

Digikehittäminen ja mikropalvelut Turun kaupungilla

TURUN YLIOPISTO
Tulevaisuuden teknologioiden laitos
Pro gradu -tutkielma
Kesäkuu 2018
Tuomas Piippo
Ohjaajat:
Sami Hyrynsalmi
Sampsa Rauti

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO
Tulevaisuuden teknologioiden laitos

TUOMAS PIIPPO: Digikehittäminen ja mikropalvelut Turun kaupungilla

Pro gradu -tutkielma, 109 sivua, 4 liitesivua
Tietojenkäsittelytiede
Kesäkuu 2018

Vakiintuneiden organisaatioiden IT-toimintoihin kohdistuu kahdenlaisia keskenään ristiriitaisia vaatimuksia. IT-toiminnoilta vaaditaan toisaalta ketteryyttä ja kokeellisuutta, kun organisaatiot pyrkivät sekä hyödyntämään uusien teknologioiden tuottamia mahdollisuuksia että vastaamaan perinteisiä liiketoimintamalleja haastavien toimijoiden kilpailuun. Toisaalta ne joutuvat ylläpitämään ja kehittämään hallitusti, ennakoitavasti ja kustannustehokkaasti organisaation nykyistä toimintaa tukevia IT-järjestelmiä.

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan bimodaalisen, eli samanaikaisesti kahdella tavalla toimivan IT-toiminnon tarkoituksenmukaisuutta ja mahdollista toteutustapaa Turun kaupungilla. Tutkimuksen tarkoituksena on syventää ymmärrystä siitä, miten kokeellinen ja ketterä digitaalinen informaatioteknologia sekä vakauteen ja toimintavarmuuteen pyrkivä perinteinen IT muodostavat organisaation toimintaa ja tavoitteita tukevan yhtenäisen kokonaisuuden.

Tutkimus toteutetaan tapaustutkimuksena, joka hyödyntää sekä julkista aineistoa että etnografista aineistonkeruuta. Tuloksena kuvataan Turun kaupungille toimintamalli kahden rinnakkaisen IT-toiminnon toimintatavan käyttöönottamiseksi, tunnistetaan mallin vaikutukset organisaation järjestelmäarkkitehtuuriin sekä tarkastellaan mikropalveluja toteutustapana digitaalisen IT:n järjestelmäkehitykselle.

Asiasanat: bimodaalinen IT, mikropalveluarkkitehtuuri, kokonaisarkkitehtuuri, ohjelmistoarkkitehtuuri, Turun kaupunki

UNIVERSITY OF TURKU
Department of Future Technologies

TUOMAS PIIPPO: Digital development and microservices at the City of Turku

Master's Thesis, 109 pages, 4 pages of appendices
Computer Science
June 2018

The IT functions of established organisations constantly face two kinds of conflicting requirements. On one hand, the IT functions need to be agile and experimental, to support the organisations in their efforts to leverage the potential of new technologies as well as to respond to new kinds of competition that challenges existing business models. On the other hand, they need to maintain and develop the organisations' existing IT systems in a coordinated, foreseeable and cost-efficient manner.

This master's thesis examines the appropriateness and feasibility of a bimodal IT function – i.e. an IT function operating concurrently in two separate modes – at the City of Turku. The aim of the study is to deepen the understanding on how experimental and agile digital IT, and stable and reliable traditional IT can form a coherent IT function that supports the organization's targets and operations.

The study is conducted as a case study that utilizes both public sources as well as ethnographic material collection. As the result, the study produced a bimodal operating model for the City of Turku, identified its effects on the organization's information systems architecture and examined microservice architecture as an approach for digital IT development.

Keywords: bimodal IT, microservice architecture, enterprise architecture, software architecture, City of Turku

SISÄLLYS

1	Johdanto.....	1
2	Digitaalinen ja perinteinen IT	7
2.1	Tarve kahdelle rinnakkaiselle toimintatavalle.....	7
2.2	Bimodaalinen IT	9
2.3	Liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhteensovittaminen.....	13
2.4	Liiketoiminta ja bimodaalinen IT-toiminto	21
2.4.1	Bimodaalisuuteen siirtyminen	21
2.4.2	Bimodaalisen IT-toiminnon ja liiketoiminnan yhdenmukaisuus	22
2.4.3	Bimodaalisuuden järjestämistavat	24
2.4.4	Bimodaalisuuden elinkaari.....	27
2.5	Yhteenveto luvusta	28
3	Kokonais- ja ohjelmistoarkkitehtuurit.....	30
3.1	Arkkitehtuuri yleisesti.....	30
3.2	Kokonaisarkkitehtuuri.....	31
3.2.1	Kokonaisarkkitehtuurin hyödyt	32
3.2.2	Kokonaisarkkitehtuurin viitekehykset	34
3.2.3	Kokonaisarkkitehtuurin näkökulmat	41
3.3	Ohjelmistoarkkitehtuuri	44
3.4	Yhteenveto luvusta	47
4	Mikropalveluarkkitehtuuri.....	48
4.1	Mikropalveluarkkitehtuuri osana arkkitehtuurityylien jatkumoa.....	48
4.2	Monoliittiset sovellukset mikropalvelujen vastakohtana.....	49
4.3	Palvelukeskeinen arkkitehtuuri mikropalvelujen edeltäjänä.....	54
4.3.1	Palvelukeskeisen arkkitehtuurin käsitteitä	55
4.3.2	Palvelukeskeisen arkkitehtuurin suunnitteluperiaatteita.....	56

4.3.3	Palvelukeskeisen arkkitehtuurin toteutustapoja	58
4.3.4	Palvelukeskeisen arkkitehtuurin haasteita	59
4.4	Mikropalveluarkkitehtuuri	60
4.4.1	Mikropalveluarkkitehtuurin suunnitteluperiaatteita	60
4.4.2	Mikropalveluarkkitehtuurin toteutustapoja.....	63
4.4.3	Mikropalvelujen kehittäminen	65
4.4.4	Mikropalveluarkkitehtuurin haasteita.....	66
4.5	Monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluarkkitehtuurin vertailu.....	69
4.6	Yhteenveto luvusta	71
5	Bimodaalinen IT ja mikropalveluarkkitehtuuri Turun kaupungilla.....	74
5.1	Taustaa	74
5.2	Nykytila.....	76
5.2.1	Strateginen yhdenmukaisuus.....	76
5.2.2	Bimodaalinen toimintatapa	79
5.3	Tavoitetila	86
5.3.1	Bimodaalinen toimintatapa toiminnan eri osa-alueilla	86
5.3.2	Tavoitetila strategisen yhdenmukaisuuden näkökulmasta.....	91
5.3.3	Tavoitetila tietohallintostrategian näkökulmasta.....	92
5.3.4	Eri arkkitehtuurityylit tavoitetilassa	94
5.4	Yhteenveto luvusta	99
6	Yhteenveto.....	100
6.1	Aineistot.....	100
6.2	Johtopäätökset	101
6.3	Rajoitteet ja jatkotutkimuskohteet	102
	LÄHTEET.....	105
	LIITE A.....	110

KUVIOT

Kuva 1. Strategisen yhdenmukaisuuden malli (mukaillen Hendersson ja Venkatraman 1993, s. 476)	15
Kuva 2. Strategisen yhdenmukaistamisen ensimmäinen näkökulma: Strategian toteuttaminen	17
Kuva 3. Strategisen yhdenmukaistamisen toinen näkökulma: Teknologiatransformaatio	18
Kuva 4. Strategisen yhdenmukaistamisen kolmas näkökulma: Kilpailullinen potentiaali.	19
Kuva 5. Strategisen yhdenmukaistamisen neljäs näkökulma: Palvelutaso.....	20
Kuva 6. Liiketoiminnan ja bimodaalisen IT-toiminnon yhteensovittaminen.	23
Kuva 7. Digitaalisen IT-toiminnon ja sitä vastavan liiketoiminnan yhteensovittaminen.	23
Kuva 8. Projektikohtainen toimintatavan valinta	24
Kuva 9. IT-toiminto jakautuneena kahteen toimintatapaan	25
Kuva 10. IT kahtena erillisenä toimintona.	26
Kuva 11. Bimodaalisen IT-toiminnon vaiheet (Haffke ym., 2017a, muokattu).....	27
Kuva 12. JHS 179:n suunnittelurakenteiden kokonaisuudet (JUHTA 2017b, s. 27, muokattu).	37
Kuva 13. Kokonaisarkkitehtuurin sisältöviitekehys (JUHTA 2017b, muokattu).	39
Kuva 14. Kokonaisarkkitehtuurin arkkitehtuurikuvausten viitekehys (JUHTA 2017b)	40
Kuva 15. Monoliittinen sovellus, palvelukeskeinen arkkitehtuuri ja mikropalveluarkkitehtuuri jatkumona.....	48
Kuva 16. Monoliittinen ja mikropalveluihin perustuva verkkosovellus.....	50
Kuva 17. Moduulien välinen vuorovaikutus monoliittisessa ja mikropalveluista koostuvassa sovelluksessa.....	52
Kuva 18. Esimerkki mikropalvelun rakenteesta.....	61

Kuva 19. Järjestelmän monimutkaisuuden vaikutus sen toteutustyön tuottavuuteen (Fowler 2015a).	67
Kuva 20. Palvelujen hienojakoisuuden vaikutus järjestelmän ominaisuuksiin (Zahed ym. 2013).	68
Kuva 21. Turun kaupungin organisaatorakenne (lähde: https://www.turku.fi/organisaatio).....	74
Kuva 22. Turun kaupungin kehittämismalli (Turun kaupunki 2014).....	75
Kuva 23. Lähestymistavat strategisen yhteensopivuuden ja toiminnallisen integraation saavuttamiseksi. (Hendersson ja Venkatraman, 1993)	77
Kuva 24. Turun kaupunki- ja tietohallintostrategia strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta tarkasteltuina.	78
Kuva 25. Sekä toimintaa että informaatioteknologiaa koskevan standardisoinnin vaikutuksia.....	82
Kuva 26. Keskitetyn standardoinnin ja hajautetun yksilöllisen IT:n painotukset toiminnan eri osa-alueilla (mukaiu, Silvius 2007)	83
Kuva 27. Hahmotelma Silviuksen esittämästä mallista kunnan toimintaympäristössä..	85
Kuva 28. Esimerkki service blueprint -tyyppisestä prosessikaaviosta	87
Kuva 29. Kaupungin toiminnan ja IT:n yhteensovittaminen ja eri osa-alueiden toteutustapoja. (Horlachin ym. esittämää mallia mukaillen).....	89
Kuva 30. Digitaalisuuden, yhteisten palvelujen ja standardoinnin vaikutusten hahmottelua	90
Kuva 31. Näkemys eri osa-alueiden tarkoituksenmukaisimmista toteutustavoista.....	98

TAULUKOT

Taulukko 1. Perinteisen ja digitaalisen IT:n piirteitä (mukaillen Horlach ym, 2016)....	10
Taulukko 2. Taltiointijärjestelmien ja osallistavien järjestelmien ominaisuuksia (mukaillen Moore 2011)	12
Taulukko 3. Osa-alueilla tehtävät valinnat.....	16
Taulukko 4. Monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluihin perustuvan arkkitehtuurin piirteitä Strîmbei ym. (2015).	70
Taulukko 5. Tavoitetilan ja tietohallintostrategian riskien ja haasteiden vastaavuus.....	94
Taulukko 6. Eri osa-alueiden toteutustapojen arviontia.....	96

1 Johdanto

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan ketteryyteen ja nopeuteen pyrkivän digitaalisen IT:n tarkoituksenmukaisuutta ja mahdollista mikropalveluihin perustuvaa toteutustapaa Turun kaupungin digitaalisten palvelujen kehittämisessä.¹

Useat yksityiset ja julkiset organisaatiot ovat viime vuosina käynnistäneet erilaisia digitalisaatiohankkeita, joissa toteutetaan tyypillisesti organisaation asiakkaille näkyviä palveluja uutta teknologiaa ja ketteriä toimintatapoja hyödyntäen. Tällaiset hankkeet voivat koskea kokonaan uusien digitaalisuuden mahdollistamien palvelujen kehittämistä tai esimerkiksi yhtenäisemmän asiakaskokemuksen tarjoamista käytetystä asiointikanavasta riippumatta.

Digitaalisuuden tuottamien mahdollisuuksien hyödyntäminen ja sen haasteisiin vastaaminen aiheuttaa uudenlaisia vaatimuksia vakiintuneiden organisaatioiden IT-toiminnolle. Organisaatiot pyrkivät sekä hyödyntämään uusien digitaalisten teknologioiden tuottamia mahdollisuuksia että vastaamaan uusien, usein jo lähtökohtaisesti digitaalisuuteen perustuvien ja perinteisiä liiketoimintamalleja haastavien toimijoiden kilpailuun. Vakiintuneet organisaatiot joutuvat toimimaan tässä nopeasti muuttuvassa ympäristössä huomioiden samalla nykyistä toimintaansa tukevat perinteiset IT-järjestelmänsä. (Haffke, Kalgovas & Benlian, 2017a.)

Ristiriita ketteryyden ja nopeuden sekä toisaalta vakauden ja turvallisuuden vaatimuksille on useissa organisaatioissa ratkaistu *bimodaalisella*, eli kahta eri toimintatapaa noudattavalla IT:llä. Tällöin organisaatiot kehittävät kahta rinnakkaista IT-kokonaisuutta: perinteistä, tyypillisesti erityisesti organisaation sisäisiä toimintoja tukevaa IT:tä sekä uutta digitaalista, usein asiakkaille näkyviä palveluja toteuttavaa IT:tä. (Haffke ym, 2017a; Horlach ym, 2016.)

Taustana mikropalveluihin perustuvan toteutustavan selvittämiseksi ovat olleet muun muassa haasteet sähköistä asiointia ja yleisemmin digitaalisten palvelujen toteuttamista

¹ Digitaalisuudella ei tässä yhteydessä viitata epäjatkuvaan ja diskreetteihin arvoihin perustuvaan esitystapaan, vaan tietynlaiseen organisaation IT-toiminnon toimintatapaan. Kahdella rinnakkaisella tavalla toimivan IT-toiminnon mallia kuvannut tutkimusyhtiö Gartner kutsuu toisaalta ennakoitavuutta ja toisaalta kokeellisuutta tavoittelevia toimintatapoja yksinkertaisesti ”tilassa 1” ja ”tilassa 2” toimimiseksi (Gartner, 2017). Tässä työssä käytetään näistä toimintatavoista Horlacin, Drewsin ja Schirmerin (2016) käyttämiä käsitteitä perinteinen IT ja digitaalinen IT. Samoin tutkielmassa käytetty digikehittämisen käsite viittaa tämän kokeellisuutta, ketteryyttä ja nopeutta tavoittelevan toimintatavan hyödyntämiseen.

ja prosessien digitalisointia tukevan alustaratkaisun löytämisessä. Toimin tätä kirjoittaessani kehittämispäällikkönä Turun kaupungin konsernihallintoon kuuluvalla Strategia ja kehittäminen -vastuualueella. Vastuualue on selvittänyt aiemmin mikropalvelujen käyttömahdollisuuksia sähköisen asioinnin toteuttamiseen sekä yhteistyössä Espoon kaupungin kanssa että puitesopimustoimittaja Integration House Oy:n kanssa toteutettuna toimeksiantona. Sekä tämä esiselvitys- ja suunnittelutyö että aiempi osallistumiseni julkishallinnon asiointiportaalin toteutustyöhön ovat vahvistaneet näkemystä siitä, että yhdestä laajasta ohjelmistosta koostuvien, useita eri palveluja sisältävien asiointialustojen toteutus on varsin haasteellista. Mikropalveluja voidaan pitää vastakohtana tälle niin kutsutulle monoliittiselle toteutustavalle.

Aihetta tarkastellaan arvioimalla digitaalisuuden ja perinteisen IT:n ristiriitaisia vaatimuksia ja niihin vastaamista Turun kaupungin toimintaympäristössä. Oletuksena on, että uusien teknologioiden hyödyntämisen, ketteryyden ja nopeuden vaatimukset myös Turun kaupungille ja sen IT-toiminnoille ovat lisääntyneet, mutta tarve perinteiselle ennakoitavalle ja kustannustehokkaalle IT-toiminnoille ei ole poistunut. IT-toimintoon kohdistuu siis usein keskenään ristiriitaisia ja päinvastaisia vaatimuksia. Kaupunki ylläpitää useita toiminnalleen ja esimerkiksi potilasturvallisuudelle keskeisiä järjestelmiä, joiden sisältämien tietojen tulee ehdottomasti olla oikeellisia ja käytettävissä. Toisaalta sähköistä asiointia ja digitaalisia palveluja kehitettäessä kaupungin palvelujen asiointikokemus vertautuu helposti Netflixin ja Amazonin kaltaisiin kuluttajille suunnattuihin palveluihin. Tämä tekee kaupungista kiinnostavan tapaustutkimuksen kohteen digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon yhdistämistä koskevaan työhön.

Asiakkaille näkyvät digitaaliset palvelut liittyvät miltei aina kaupungin sisäisiin, perinteisen IT:n piiriin kuuluviin järjestelmiin. Vaikka asiakkaan käyttämiä palveluja kehitettäisiin ketterästi, asiakaslähtöisesti ja uusimpia teknologian mahdollisuuksia hyödyntäen, asettavat vakauden ja virheettömyyden tyyppisiä vaatimuksia painottavat perinnejärjestelmät ja toimintatavat yhtenäisen järjestelmäkokonaisuuden muodostamiselle haasteita. Tästä johtuen arvioitaessa mikropalveluja digitaalisen IT-toiminnon järjestelmien toteutustapana tarkastellaan myös niiden liittämistä muihin perinteisen IT-toiminnon järjestelmiin.

Työn tavoitteena on siis syventää ymmärrystä siitä, miten kokeellinen ja ketterä digitaalinen informaatioteknologia sekä vakauten ja toimintavarmuuteen pyrkivä perinteinen IT muodostavat organisaation toimintaa tukevan tarkoituksenmukaisen ja yhtenäisen

kokonaisuuden. Työ jatkaa samalla myös Turun kaupungin esiselvitystyötä mikropalvelujen hyödyntämisestä kaupungin digitaalisten palvelujen toteutustapana.

Työssä tarkasteltava tutkimusongelma on,

- *miten mikropalveluarkkitehtuurilla toteutettu digitaalinen informaatioteknologia toteutetaan perinteisen IT:n tukeman toiminnan rinnalle?*

Tutkimusongelma voidaan jakaa seuraaviin kysymyksiin:

- *Onko bimodaalinen IT-toiminto tarkoituksenmukainen toimintatapa Turun kaupungille?*
- *Miten bimodaalinen toimintatapa tulisi Turun kaupungin toimintaympäristössä toteuttaa?*
- *Miten mikropalveluarkkitehtuuri soveltuu digitaalisen informaatioteknologian toteutustavaksi?*

Tutkimus tehdään tapaustutkimuksena, joka hyödyntää sekä julkista aineistoa että etnografista aineistonkeruuta. Eriksson ja Koistinen (2014, s. 4) määrittelevät tapaustutkimuksen tarkastelevan ”yhtä tai useampaa tapausta, joiden määrittely, analysointi ja ratkaisu on tapaustutkimuksen keskeisin tavoite”. He jakavat tapaustutkimukset luonteeltaan intensiivisiin ja ekstensiivisiin tapaustutkimuksiin. Näistä intensiivinen tapaustutkimus pyrkii tutkimuksen kohteen tiheään kuvaamiseen, tulkintaan ja ymmärtämiseen, tehden tapauksesta siten teoreettisesti mielenkiintoisen. Ekstensiivinen tapaustutkimus taas vertailee useita tapauksia ja pyrkii siten selittämään ilmiöitä tai kehittämään uutta teoriaa. Tämä tutkimus voidaan Erikssonin ja Koistisen esittämää jakoa käyttäen luokitella intensiiviseksi tapaustutkimukseksi, joka pyrkii osallistuvan havainnoinnin kautta soveltamaan edellä kuvattuja bimodaalisen IT-toiminnon ja mikropalveluarkkitehtuurin malleja Turun kaupungin toimintaan. Näiden mallien kuvaukset perustuvat julkisiin aineistoihin. Turun kaupungin toimintaympäristön kuvaus perustuu puolestaan etnografiseen aineistonkeruuseen, jonka voidaan katsoa tuottavan kaupunkiorganisaation muodostamasta monimutkaisesta teknisestä ja sosiaalisesta ympäristöstä intensiivisen tapaustutkimuksen vaatiman tiheän kuvauksen.

Etnografisessa aineistonkeruussa tutkija kerää kohteestaan laajasti tietoa esimerkiksi tutkimuksen kohteena olevien ihmisten päivittäiseen elämään osallistumalla. Tutkimuksessa käytettävää tietoa ei siis kerätä etukäteen suunnitellun rakenteen, kuten kyselyn,

ohjaamana, vaan vuorovaikutteisesti havainnoimalla ja tulkitsemalla tutkimuskohdetta osana kohteensa sosiaalista maailmaa. (Hammersley & Atkinson 1983.)

Tämä pro gradu -työ koostuu kahdesta osasta. Luvut 2–4 muodostavat työn teoreettisen osan, jossa käsitellään aiemman tutkimuksen ja kirjallisuuden perusteella tutkimuskysymyksille keskeisiä aihepiirejä. Teorialukujen aihepiirit käsittelevät sekä työn aiheena olevia bimodaalisen informaatioteknologian mallia ja mikropalveluarkkitehtuuria että nämä kaksi aihepiiriä yhdistäviä kokonais- ja ohjelmistoarkkitehtuuria. Luvuissa 5–6 tarkastellaan tutkimuskysymyksiä tapaustutkimuksen kohteeksi valitun Turun kaupungin toimintaympäristössä ja esitetään niiden tarkastelussa tehtyjä huomioita.

Työ alkaa johdantoluvulla, jonka jälkeisessä toisessa luvussa aloitetaan työn teoreettisen viitekehyksen tarkastelu. Luvussa esitetään yleisesti vakiintuneiden organisaatioiden haasteita digitaalisuuden hyödyntämisessä ja esimerkiksi siitä aiheutuvaan uudelleen kilpailuun vastaamisessa. Tarkastelua syvennetään tutkimalla organisaation toiminnan ja sitä tukevan informaatioteknologian yhteensopivuutta kuvaavaa Henderssonin ja Venkatramanin (1993) strategisen yhdenmukaisuuden mallia. Malli esittää, millaisista osa-alueista organisaation toiminnan ja IT-toiminnon voidaan katsoa koostuvan ja miten varmistetaan, että ne muodostavat yhdessä tarkoituksenmukaisen kokonaisuuden. Digitaalisuuden ja perinteisten toimintatapojen välisen ristiriidan sekä organisaation toiminnan ja sitä tukevan informaatioteknologian välisen suhteen tarkastelun jälkeen esitetään työn keskeisenä aiheena oleva bimodaalisen IT-toiminnon malli. Mallin tarkoituksena on vastata organisaatioon sen toimintaympäristöstä kohdistuviin kahdenlaisiin vaatimuksiin kahdella eri toimintatavalla ja eri tapoihin jakautuneella IT-toiminnolla. Bimodaalisen IT:n mallia tarkastellaan erityisesti Horlachin ym. (2016) ja Haffken ym. (2017a) esityksiin pohjautuen. Luvun tavoitteena on siis luoda käsitys digitaalisuuden tuomista haasteista vakiintuneelle organisaatiolle, sekä siitä, millä tavalla bimodaalinen IT pyrkii niihin vastaamaan.

Kolmas luku tarkastelee kokonaisarkkitehtuuria. Kokonaisarkkitehtuuri yhdistää organisaation tavoitteet ja strategian sen liiketoimintaprosesseihin ja edelleen toimintaprosesseja tukeviin tietojärjestelmiin ja niiden tekniseen toteutukseen. Kokonaisarkkitehtuuri toimii siten yhdistävänä viitekehyksenä tarkasteltaessa sekä organisaation strategisen tason valintoihin sisältyvää bimodaalista toimintatapaa että toisaalta mikropalveluarkkitehtuuria tietojärjestelmien teknisenä toteutustapana. Kokonaisarkkitehtuuria tarkastellaan erityisesti valtion- ja kunnallishallinnolle suunnatun JHS 179 -viitekehyksen

(JUHTA, 2017b) kautta. Koska tarkoituksena on esimerkiksi viitekehyksen arvioinnin sijasta kuvata viitekehyksen avulla yhteys organisaation toiminnan ja tietojärjestelmien välillä, on pääasiallisena lähteenä käytetty tieteellisten artikkelien sijasta viitekehyksen dokumentaatiota. Luvun lopussa tarkastellaan ohjelmistojen sisäistä toteutustapaa kuvaavaa ohjelmistoarkkitehtuuria. Ohjelmistoarkkitehtuuriin liittyvien käsitteiden ja näkökulmien tarkastelu auttaa hahmottamaan arkkitehtuurin suunnitteluun liittyviä valintoja ja reunaehtoja, ja pohjustaa siten kolmen eri ohjelmistoarkkitehtuurityylin tarkastelamista seuraavassa luvussa.

Neljäs luku tarkastelee työn keskeisenä aiheena olevaa mikropalveluarkkitehtuuria, mutta päättyy siihen kahta muuta arkkitehtuurityyliä tarkastelemalla. Mikropalveluarkkitehtuurin voidaan katsoa kehittyneen palvelukeskeisestä arkkitehtuurista, joka taas vastaa niin kutsutussa monoliittisessa arkkitehtuurissa tunnistettuihin haasteisiin. Yhdestä laajasta ohjelmistosta koostuva monoliittinen arkkitehtuuri määritellään yleensä lähinnä useista pienistä ja itsenäisistä ohjelmiston osista koostuvien arkkitehtuurien vastakohdaksi, ja sitä ei siten välttämättä voida pitää omana arkkitehtuurityylinään. Myös tässä tarkastelussa monoliittinen arkkitehtuuri esitetään mikropalveluarkkitehtuurin ominaisuuksien kautta – haasteina, joihin mikropalveluihin perustuva arkkitehtuurityyli vastaa. Palvelukeskeinen ja mikropalveluarkkitehtuurityyli esitetään sen sijaan selkeämmin omina arkkitehtuurityyleinään, joita kuvaavat niiden suunnitteluperiaatteet sekä niiden toteutuksessa tyypillisesti käytetyt menetelmät. Kaikki arkkitehtuurityylit on kuvattu tarkkuustasolla, joka mahdollistaa niiden hyödynnettävyyden arvioinnin tapaustutkimuksen kohteena olevan Turun kaupungin toiminnan eri osa-alueilla. Eri arkkitehtuurityylejä esitetään paitsi tieteellisten artikkelien sisältöihin viitaten, myös perustuen Lewisin ja Fowlerin (2014) esittämiin ohjelmistoprojekteista syntyneisiin käytännön kokemuksiin.

Viidennessä luvussa siirrytään tarkastelemaan tutkimuskysymyksiä Turun kaupungin toimintaympäristössä. Luvun aluksi kuvataan Turun kaupungin toiminnan nykytilaa strategisen yhdenmukaisuuden ja bimodaalisen IT:n mallien kautta. Tässä yhteydessä vastataan työn ensimmäiseen tutkimuskysymykseen tarkastelemalla, kohdistuuko kaupungin toimintaan ja siten sen IT-toimintoon kahdenlaisia vaatimuksia, joihin voisi olla tarkoituksenmukaista vastata IT-toiminnon bimodaalisella toteutustavalla. Nykytilan

kuvauksesta siirrytään tarkastelemaan, miltä bimodaalisen toimintatavan käytön tavoite-tila voisi Turun kaupungilla näyttää ja miten sitä tuettaisiin mikropalveluarkkitehtuuriin perustuvalla informaatioteknologialla.

Tutkielman viimeisessä luvussa tarkastellaan yhteenvetona tutkimuksen toteutustapaa ja johtopäätöksiä. Luvussa arvioidaan edellä kuvattujen tulosten perusteella, miten tutkimus kasvattaa ymmärrystä digitaalisen ja perinteisen IT:n tarkoituksenmukaisista toteutustavoista ja mikropalveluarkkitehtuurin soveltuvuudesta digitaalisen informaatioteknologian yhteydessä käytettäväksi. Lisäksi esitetään tutkimuksessa käytettyihin aineistoihin ja menetelmiin liittyviä huomioita ja niistä aiheutuneita rajoitteita. Luvun lopuksi esitetään mahdollisia tutkimuksen aihepiiriin liittyviä jatkotutkimusaiheita.

Liitteessä A esitetään Turun kaupungin toiminnan kehittämisen näkökulmasta laadittu lyhyt yhteenveto tutkimuksen tuloksista.

2 Digitaalinen ja perinteinen IT

Tässä luvussa tarkastellaan samanaikaisesti digitaalisella ja perinteisellä tavalla toimivan bimodaalisen IT-toiminnon tarvetta, piirteitä ja toteutustapoja. Luvun aluksi tarkastellaan yleisellä tasolla tarvetta kahdelle rinnakkaiselle toimintatavalle organisaatiossa niin IT-toiminnon järjestämisessä kuin organisaation muussakin toiminnassa.

Erilaisten toimintatapojen tarpeen tunnistamisen jälkeen eritellään digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon toteutustavan välisiä eroja ja tarkastellaan lyhyesti toteutusvaihtoehtoja bimodaalisen IT-toiminnon järjestämiselle sekä toimintatavan vaikutuksia organisaation toiminta- ja tietojärjestelmäarkkitehtuurin näkökulmista. Lopuksi tarkastellaan bimodaalisuuden elinkaarta, eli kahtia jakautuneeseen toimintatapaan siirtymistä ja toisaalta siitä yhtenäiseen toimintatapaan palaamista.

2.1 Tarve kahdelle rinnakkaiselle toimintatavalle

Mikä saa organisaation kehittämään tietoisesti saman toiminnon toteuttamiseksi useita rinnakkaisia toimintatapoja? Koskeeko bimodaalisuus vain IT-toimintoa, vai pyritäänkö siihen muussakin organisaatioiden toiminnassa?

Digitaalisuus tarkoittaa julkisessa keskustelussa sekä talouden ja tekniikankin kielessä usein muuta, kuin sen alkuperäistä, täsmällisiin lukuarvoihin liittyvää merkitystä. Yritykset kertovat usein vastaavansa digitaalisuuden haasteisiin tai hyödyntävänsä digitaalisuuden mahdollisuuksia. Tällöin voidaan katsoa digitaalisuuden tarkoittavan yritysten toimintaympäristössä tapahtuvia, digitaaliseen teknologiaan perustuvia muutoksia, joihin yritysten tulee reagoida. Tätä digitaalisten teknologioiden muokkaamaa ja mahdollistamaa yritysten toimintaympäristöä voidaan kutsua digitaaliseksi taloudeksi (engl. *digital economy*).

Mesenbourg (2001) esittää digitaalisen talouden muodostuvan kolmesta pääasiallisesta osasta:

- laitteiden, ohjelmistojen, tietoliikenneverkkojen, tukipalvelujen ja inhimillisen pääoman muodostamasta digitaalisen talouden mahdollistavasta infrastruktuurista (engl. *e-business infrastructure*),
- tietoverkon yli suoritetuista liiketoimintaprosesseista (engl. *e-business*), sekä
- tietoverkon yli myydyistä tuotteista ja palveluista (engl. *e-commerce*).

Yritysten ja organisaatioiden digitaalisuuteen vastaamista tai sen hyödyntämistä voidaan ajatella tähän perinteisestä taloudesta digitaaliseen talouteen siirtymiseen sisältyviksi toimenpiteiksi. Tämä perinteisestä taloudesta digitaaliseen talouteen siirtyminen, eli uusien toimintatapojen omaksuminen ja toisaalta uudenlaiseen kilpailuun vastaaminen, on vaatinut useiden vakiintuneiden organisaatioiden IT-toiminnolta bimodaalisen toimintatavan omaksumista (Haffke ym, 2017a). Tässä toimintatavassa digitaalinen osa IT-toiminnosta tuottaa asiakkaille uutta teknologiaa hyödyntäviä palveluja ketterästi, nopeasti ja asiakaslähtöisesti. Perinteinen IT-toiminto taas keskittyy organisaation sisäiseen toimintaan ja pyrkii takaamaan sille vakaan, turvallisen ja suorituskykyisen IT-järjestelmien kokonaisuuden.

Rinnakkainen perinteisillä ja perinteistä irrotetuilla tavoilla toimiminen vakiintuneissa organisaatioissa ei koske pelkästään IT-toiminnon järjestämistapaa. Useilla vakiintuneilla yrityksillä osa toiminnasta on organisoitu sisäisiksi start-up -yrityksiksi, jotka pystyvät toimimaan ilman yritykselle sen historian aikana muodostuneiden toimintatapojen painolastia. Märijärvi ym. (2016, s. 23) esittävät vakiintuneiden yritysten käynnistämät start-up:it erityisesti yhtenä yritysten keinoista uusiutua. Vakiintuneet yritykset kehittivät tyypillisesti kyvykkäiksi pitämään yllä nykyisenlaista toimintaansa ja toimimaan johdonmukaisesti ja ennustettavasti. Tämä kasvattaa yritysten operatiivista tehokkuutta, mutta rajoittaa niiden kykyä uusiutumiseen. Märijärven ym. (2016, s. 41–42) kuvauksen mukaiset yrityksen sisäiset start-up:it saavat toisaalta vapauksia yrityksen toimintatavoista, mikä mahdollistaa uusien liiketoimintamallien nopean kehittämisen ja kokeilun, mutta hyötyvät silti yrityksen osaamisesta, voimavaroista ja tukipalveluista.

Myös digitaalinen IT-toiminto voitaneen sen organisointitavasta riippuen ajatella enemmän tai vähemmän eräänlaisena organisaation sisäisenä start-up -yrityksenä, joka hyötyy organisaation osaamisesta ja voimavaroista, mutta joka pystyy toimimaan perinteistä IT-toimintoa ketterämmin. Vaikka digitaalista IT-toimintoa ei olisikaan järjestetty omaksi organisaatioyksiköksi, voidaan organisaation kuitenkin todeta irrottaneen osan toiminnastaan toimimaan erillään vakiintuneista toimintatavoista.

2.2 Bimodaalinen IT

Edellä kuvattiin, miten asteittainen perinteisestä taloudesta digitaaliseen talouteen siirtyminen on edellyttänyt organisaatioilta usein samanaikaista toimimista kahdella eri tavalla – digitaalisella ja perinteisellä. Organisaatioiden IT-toiminnoille tämä on tarkoittanut kahdenlaisia vaatimuksia ja samoin usein kahdella eri tavalla toimimista. Tarkastellaan seuraavaksi, mitä digitaalinen ja perinteinen IT:n toimintatapa tarkoittavat käytännössä.

Digitaalisesta ja perinteisestä toimintatavasta koostuvan bimodaalisen IT:n käsite tuli suuren yleisön tietoisuuteen tutkimusyhtiö Gartnerin raportissa vuonna 2013 (Aron & McDonald, 2013), ja sitä koskevaa keskustelua on käyty akateemisen tutkimuksen sijasta pääosin yritysmaailmassa. Keskustelun käsitteistö ei ole vakiintunutta, ja toimintatapaa on kutsuttu myös muun muassa kahden nopeuden IT:ksi (engl. dual speed IT tai two speed IT). (Horlach ym., 2016.)

Gartner (2017) määrittelee bimodaalisen IT:n tarkoittavan IT-toiminnon järjestämistä kahdella erillisellä tavalla, joista ensimmäinen keskittyy ennakoitavuuteen ja toinen kokeellisuuteen. Näistä tavoista ensimmäinen soveltuu käytettäväksi hyvin tunnetuilla ja ennakoitavilla alueilla, ja toinen kokeellisemmilla ja uuden luomista vaativilla alueilla.

Horlach ym. (2016) kuvaavat ensimmäistä toimintatapaa perinteiseksi ja toista digitaalisiksi IT:ksi. He esittävät näille IT-toiminnon toteutustavoille taulukon 1 mukaiset piirteet.

Taulukko 1. Perinteisen ja digitaalisen IT:n piirteitä (mukaien Horlach ym, 2016)

Perinteinen IT		Digitaalinen IT
Vakaas	<i>Tavoite</i>	Ketteryys ja nopeus
IT-keskeinen	<i>Kulttuuri</i>	Liiketoimintakeskeinen
Kaukana asiakkaasta	<i>Etäisyys asiakkaasta</i>	Lähellä asiakasta
Suorituskyvyn ja turvallisuuden parantaminen	<i>Käynnistäjä</i>	Lyhyen aikavälinen trendit markkinoilla
Palvelujen suorituskyky	<i>Arvo</i>	Liiketoimintatilaisuudet ²
Turvallisuus ja luotettavuus	<i>Palvelujen fokus</i>	Innovaatio
Vesiputousmalli	<i>Lähestymistapa</i>	Iteratiivinen ja ketterä kehitys
Taltiointijärjestelmiä	<i>Sovellukset</i>	Osallistavia järjestelmiä
Hidas	<i>Palvelujen toimittamisen nopeus</i>	Nopea

Horlachin ym. (2016) mukaan perinteinen IT-toiminto pyrkii tuottamaan IT-palveluja tehokkaasti ja luotettavasti. Sitä kuvaavat muun muassa vakauden, korkean suorituskyvyn ja turvallisuuden tavoittelu.

Perinteisen IT:n järjestelmät ovat usein taltiointijärjestelmiä (engl. *systems of record*), jotka on luotu ja tarkoitettu tietojen keräämiseen, tallennukseen ja käsittelyyn. Näitä järjestelmiä kehitetään vesiputousmallin mukaisesti pitkäkestoilla, hallituilla ja selkeästi vaiheistetuilla projekteilla. (Horlach ym. 2016.)

Digitaalinen IT toimii perinteistä IT:tä itsenäisemmin laajemman organisaation sisällä. Se vastaa organisaation toimintaan liittyviin lyhytaikaisiin markkinoiden trendeihin,

² Alkuperäinen Horlachin ym. (2016) viittaama, ja Gartnerin käyttämä käsite on ”*business moment*”. Se viittaa asiakkaan tilanteeseen, johon on mahdollista vastata useilla toisiinsa kytköksissä olevilla palveluilla. Esimerkkinä Gartner käyttää tilannetta, jossa älykäs asunto tunnistaa lievän vesivahingon, ehdottaa talon käyttäjälle maalausta ja tilaa automaattisesti maalaustarvikkeet. Kts. <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/the-rise-of-the-business-moment/>, viitattu 16.11.2017

tuottaen niihin vastaavia digitaalisia palveluita. Digitaalista IT:tä kuvaavat ketteryys, liiketoimintakeskeisyys, nopeus ja innovaatioiden tavoittelemine. Digitaalisen IT:n järjestelmät ovat tyypillisesti osallistavia järjestelmiä (engl. *systems of engagement*), jotka mahdollistavat tiedon käsittelyn sijasta käyttäjiensä välistä vuorovaikutusta ja yhteistyötä. (Horlach ym. 2016.)

Moore (2011) esittää Kirscherin ja Kenneyn (2014) viittaamassa artikkelissaan taltiointijärjestelmien ja osallistavien järjestelmien välisiä eroja. Mooren esittämät, taulukon 2 mukaiset ominaisuudet kuvaavat yritysten käyttämiä perinteisiä ja digitaalisia järjestelmiä erityisesti yritysten sisällönhallinnan (engl. *enterprise content management*) näkökulmasta, mutta esitettyjen ominaisuuksien voidaan katsoa kuvaavan perinteisiä yritysjärjestelmiä ja käyttökokemukseltaan kuluttajatasoisempia digitaalisen IT:n järjestelmiä yleisemminkin.

Taulukko 2. Taltiointijärjestelmien ja osallistavien järjestelmien ominaisuuksia (mukailten Moore 2011)

Taltiointijärjestelmät (perinteinen IT)		Osallistavat järjestelmät (digitaalinen IT)
Transaktiot	<i>Fokus</i>	Vuorovaikutus
Johtamisjärjestely ³	<i>Hallinta</i>	Yhteistyö
Faktat, päivämäärät, velvoitteet	<i>Keskeiset elementit</i>	Näkemykset, ideat, nyanssit
Yksi lähde totuudelle	<i>Arvo</i>	Avoin foorumi
Tarkkuus ja täydellisyys	<i>Suorituskyky</i>	Ajankohtaisuus ja saatavuus
Toimitettua	<i>Sisältö</i>	Yhteinen
Dokumentit (teksti, grafiikka)	<i>Ensisijainen taltion tyyppi</i>	”Keskustelut” (tekstipohjaiset, kuvat, ääni, video)
Helppoa	<i>Haettavuus</i>	Vaikeaa
Käyttäjät koulutetaan käyttämään järjestelmää ja heille tarjotaan siihen tukea	<i>Käytettävyys</i>	Käyttäjä ”tuntee” järjestelmän kuluttajakokemuksen pohjalta
Säännelty	<i>Pääsy</i>	Tapauskohtainen ja avoin
Pysyvä	<i>Tallennus</i>	Väliaikainen
Turvallisuus (omaisuuden turvaaminen)	<i>Menettelytavan painopiste⁴</i>	Yksityisyys (käyttäjien turvaaminen)

Mooren (2011) järjestelmiä koskevasta kuvauksesta voidaan katsoa korostuvan perinteisen IT:n pyrkimys oikeellisuuteen mm. tietojen sisällössä, niihin kohdistuvassa pääsyn-

³ Engl. *Command & control*

⁴ Engl. *Policy focus*

hallinnassa, käyttäjien osaamisessa. Digitaalisen IT:n voidaan ajatella toimivan epämuodollisemmin ja vähemmän suunnitellusti. Järjestelmät suunnitellaan käytettäväksi kuluttajille suunnattujen sovelluksien kaltaisesti ja ilman erillistä koulutusta. Järjestelmiin tallennettava tieto on vähemmän täsmällistä ja etukäteen suunniteltua, eikä siihen pääsyä tai sen elinkaarta välttämättä suunnitella yhtä täsmällisesti.

Vaikka edellä kuvatuille toimintatavoille on kirjallisuuden perusteella haastavaa antaa yksikäsitteisiä määritelmiä, antanevat Mooren (2011) ja Horlachin ym. (2016) kuvaukset ja niiden perusteella esitetty pohdinta riittävän ymmärryksen perinteisen ja digitaalisen IT:n eroavaisuuksista sekä niihin kohdistuvissa tavoitteissa että niiden toteutustavoissa.

2.3 Liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhteensovittaminen

Edellä kuvattiin perinteisesti ja digitaalisesta toimintatavasta koostuvaa bimodaalista IT-toimintoa. Bimodaalisen IT-toiminnon tarpeen todettiin edellä liittyvän organisaation toimintaympäristöön ja siihen, että toiminnon tulee kyetä vastaamaan kahdenlaisiin vaatimuksiin. Toisin sanoen voidaan todeta, että IT-toiminnon tulee olla yhdenmukainen organisaation toimintaympäristön vaatimusten kanssa. Tarkastellaan seuraavaksi mitä tällaisella yhdenmukaisuudella (engl. *alignment*) tarkoitetaan.

Nadler ja Tushman esittävät, että kaksi komponenttia ovat yhdenmukaisia (engl. *aligned*), kun niiden tarpeet, vaatimukset, tavoitteet, päämäärät ja/tai rakenteet ovat keskenään johdonmukaisia.^{5,6} (Baker & Jones 2008, s. 5.)

Yhdenmukaisuutta kuvaavissa malleissa nämä tarkasteltavat komponentit vaihtuvat sen mukaan, mistä näkökulmasta organisaatiota tarkastellaan. Baker ja Jones (2008) kuvaavat aiemman kirjallisuuden perusteella viisi eri malleissa esiintyvää yhdenmukaisuuden näkökulmaa:

- liiketoiminnan yhdenmukaisuus (engl. *business alignment*) organisaation strategian ja sen organisaatorakenteiden ja resurssien välillä,

⁵ "the degree to which the needs, demands, goals, objectives, and/or structure of one component are consistent with the needs, demands, goals, objectives, and/or structure of another component" (Baker & Jones 2008, s. 5)

⁶ Baker ja Jones (2008) toteavat samassa yhteydessä yhden määritelmän soveltamisen olevan haasteellista, koska yhdenmukaisuudesta puhutaan eri asiayhteydessä tarkastelun kohteesta riippuen.

- IT:n yhdenmukaisuus IT-strategian ja IT-resurssien välillä,
- kontekstuaalinen yhdenmukaisuus (engl. *contextual alignment*) organisaation kilpailullisen toimintaympäristön ja sen sisäisten resurssien välillä,
- rakenteellinen yhdenmukaisuus (engl. *structural alignment*) organisaation resurssien ja IT-resurssien välillä, ja
- strateginen yhdenmukaisuus organisaation strategian ja liiketoiminnan välillä.

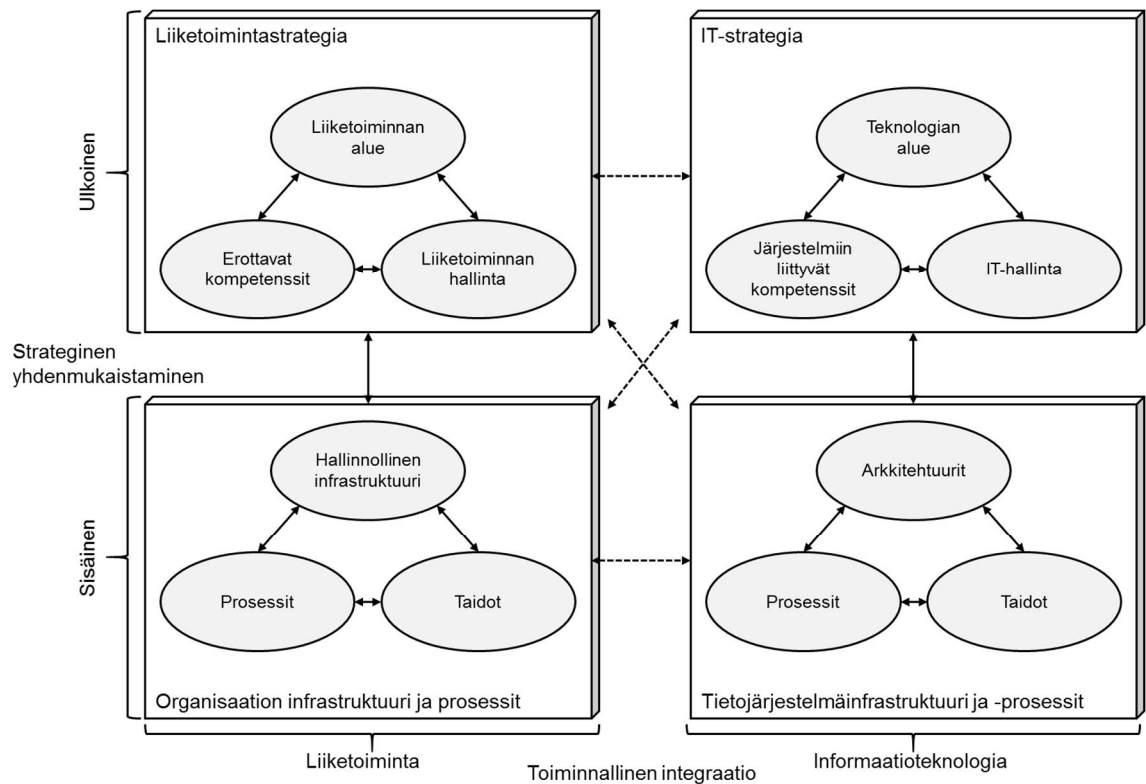
Tässä tutkielmassa organisaation tietojärjestelmien ja sen muiden piirteiden välistä yhdenmukaisuutta tarkastellaan Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämän **strategisen yhdenmukaisuuden mallin** (engl. *strategic alignment model*) kautta. Organisaation liiketoiminnan ja IT-toiminnon välistä suhdetta kuvaava malli on Bakerin ja Jonesin (2008) esittämää useista lähteistä koostettua mallia suppeampi, mutta tutkielmassa käytettäväksi arvioituista malleista parhaiten tunnettu ja yleisimmin käytetty. Mallin käyttö tutkielmassa on tarkoituksenmukaista erityisesti sitä koskevan ja sitä hyödyntävän tutkimuksen suuren määrän takia.

Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämä malli jaottelee organisaation toiminnan kuvan 1 mukaisesti toisaalta ulkoiseen ja sisäiseen sekä toisaalta liiketoiminnan ja informaatioteknologian toimialueisiin. Kokonaisuuden yhdenmukaisuus koostuu strategisesta yhteensopivuudesta (engl. *strategic fit*), eli yhdenmukaisuudesta ulkoisen ja sisäisen toimialueen välillä, sekä toiminnallisesta integraatiosta (engl. *functional integration*), eli liiketoiminnan ja informaatioteknologian välisestä yhdenmukaisuudesta. Toisin sanoen malli siis korostaa tarvetta samanaikaiselle liiketoiminnan ja IT-toiminnon väliselle yhteensopivuudelle sekä organisaation sisäisen toiminnan strategianmukaisuudelle.

Mallissa esitetty ulkoinen toimialue tarkoittaa organisaation toimintaympäristöä. Toimintaympäristö käsittää organisaation kilpailijat ja yhteistyökumppanit, sekä muun muassa yrityksen kilpailijoistaan erottavat strategiset tekijät. Sisäinen toimialue taas tarkoittaa organisaation rakenteen, prosessien, osaamisen ja kyvykkyyksien kaltaisia sisäisiä seikkoja. (Henderson ja Venkatraman, 1993.)

Malliin sisältyvä jaottelu liiketoiminnan ja informaatioteknologian välillä taas erottelee toisistaan organisaation toiminnan ja informaatioteknologian, eli muuta toimintaa tukevan IT-toiminnon. Kun organisaation toiminta jaetaan osa-alueisiin näiden toimialuei-

den perusteella ensin sisäiseen ja ulkoiseen ja toisaalta liiketoimintaan ja informaatio-tekniikkaan, muodostuu jaottelun seurauksena neljä strategista kokonaisuutta: *i*) liiketoimintastrategia, *ii*) IT-strategia, *iii*) organisaation infrastruktuuri ja prosessit, sekä *iv*) tietojärjestelmäinfrastruktuuri ja -prosessit. (Henderson ja Venkatraman, 1993)



Kuva 1. Strategisen yhdenmukaisuuden malli (mukaillen Hendersson ja Venkatraman 1993, s. 476)

Organisaation strateginen yhdenmukaisuus muodostuu näiden edellä kuvattujen toimialueiden (ja siten niiden muodostamien neljän strategisen kokonaisuuden) välisistä suhteista. Esitettyä mallia ja osien välisiä suhteita on havainnollistettu kuvassa 1.

Ulkoisella alueella tapahtuvaa liiketoiminta- ja IT-strategioiden yhdenmukaistamista kutsutaan **strategiseksi integraatioksi**. Sisäisten toimialueiden, eli organisaation ja tietojärjestelmien infrastruktuurin ja prosessien yhdenmukaistamista kutsutaan **operatiiviseksi integraatioksi**. (Henderson ja Venkatraman, 1993.)

Organisaation strategiset valinnat eri osa-alueilla voidaan jakaa taulukon 3 mukaisten aihepiirien valintoihin.

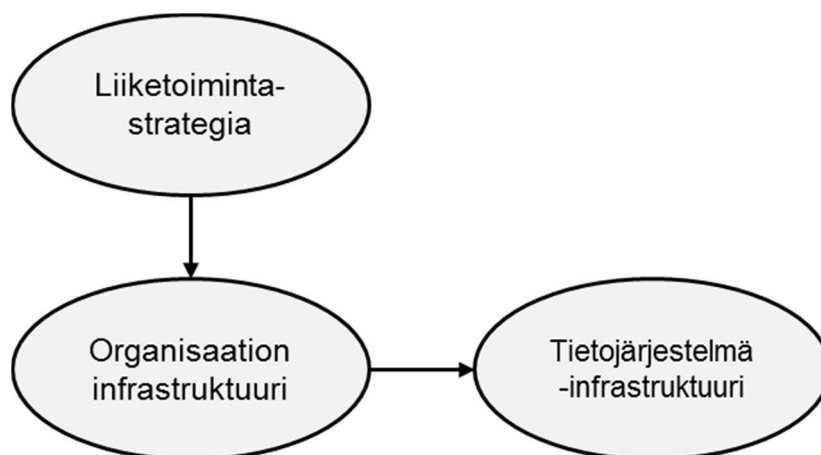
Taulukko 3. Osa-alueilla tehtävät valinnat

Liiketoimintastrategia	<ul style="list-style-type: none"> • Liiketoiminnan alue: organisaation ulkoista toimintaympäristöä koskevat valinnat, kuten sen markkinoiden valinta ja sijoittuminen kilpailijoihin nähden. • Erottavat kompetenssit: organisaation valinnat sen kilpailijoista erottumiseen, mm. hinnoittelu, laatu ja valitut jakelukanavat. • Liiketoiminnan hallinta: organisaation valitsemat kumppanit, suhteet sidosryhmiin ym.
IT-strategia	<ul style="list-style-type: none"> • Teknologian alue: liiketoiminnan strategian tukemiseen käytettäväksi valitut teknologiat • Järjestelmiin liittyvät kompetenssit: liiketoiminnan strategian tukemiseen tietojärjestelmiltä vaadittuihin laatuvaatimukseen sekä informaatioteknologian osaamiseen liittyvät valinnat • IT-hallinta: toimittajat ja kehittämiskumppanit, joita vaaditaan haluttujen järjestelmiin liittyvien kompetenssien saavuttamiseen
Organisaation infrastruktuuri ja prosessit	<ul style="list-style-type: none"> • Hallinnollinen infrastruktuuri: organisaation rakennetta, hallintamalleja, rooleja ja vastuita koskevat valinnat • Prosessit: liiketoimintastrategioiden suorittamiseen vaadittavien prosessien suunnittelussa tehtävät valinnat • Osaaminen: liiketoiminnan strategian suorittamiseen vaadittavaan osaamiseen liittyvät valinnat
Tietojärjestelmäinfrastruktuuri ja prosessit	<ul style="list-style-type: none"> • Arkkitehtuurit: käytettäviä sovelluksia, laitteistoja ja ohjelmistoja määrittävät, sekä tietoarkkitehtuuria koskevat valinnat • Prosessit: tietojärjestelmien käyttö- ja ylläpitoprosesseihin ja työskentelytapoihin liittyvät valinnat • Osaaminen: organisaation IT-infrastruktuurin käyttöön ja ylläpitoon tarvittavan osaamisen hankintaan, kasvattamiseen ja ylläpitoon liittyvät valinnat

Tarkastellaan seuraavaksi, miten näillä edellä kuvatuilla neljällä alueella tehtävillä valinnoilla varmistetaan kaikkien osa-alueiden strateginen yhdenmukaisuus. Henderson ja Venkatraman (1993, s. 477) esittävät, että alueiden kahdenvälisen yhdenmukaisuuden tarkastelu ei ole tarkoituksenmukaista. Heidän mukaansa esimerkiksi keskityttäessä ulkoiseen toimialueeseen ja varmistettaessa ainoastaan liiketoimintastrategian ja IT-strategian yhdenmukaisuus, on merkittävä mahdollisuus sille, että sisäisen toimialue – eli organisaatio- ja tietojärjestelmäinfrastruktuuri – muodostuvat keskenään ristiriitaisiksi.

Yhdenmukaisuuden varmistaminen vaatii Hendersonin ja Venkatramanin (1993, s. 477) mukaan toimialueiden sisäisen, kahdenvälisen yhdenmukaistamisen sijasta toimialuerajat ylittävää, kolme osa-aluetta käsittävää tarkastelua. He esittävät tarkastelulle neljä eri näkökulmaa: liiketoimintastrategiaa ajurina käyttävät strategian toteuttaminen ja teknologiatransformaation näkökulmat sekä IT-strategiasta lähtevät kilpailullisen potentiaalin ja palvelutason näkökulmat.

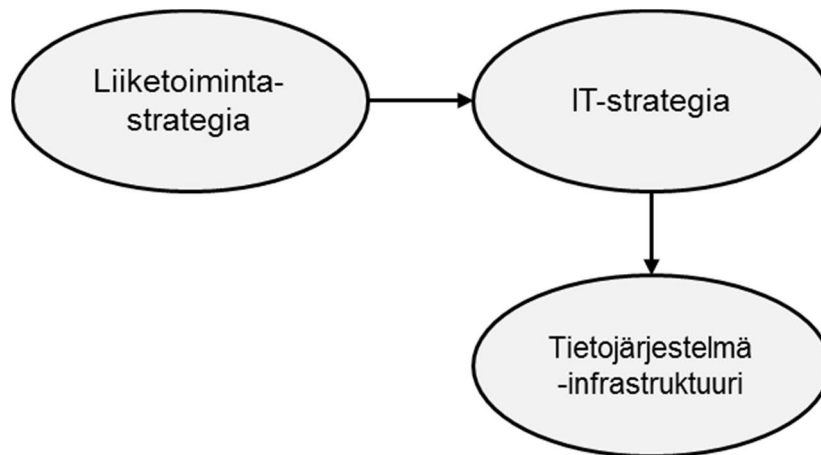
Ensimmäisessä esitetyistä strategisen yhdenmukaistamisen näkökulmista, **strategian toteuttamisen näkökulmassa**, strategisen yhdenmukaisuuden tarkastelu aloitetaan kuvan 2 mukaisesti ajurina käytettävästä organisaation liiketoiminnalle määritellystä strategiasta. Tästä liiketoimintaa koskevasta strategiasta johdetaan sekä organisaation infrastruktuuriin liittyvät päätökset että niistä seuraavat tietojärjestelmäinfrastruktuurin ja prosessien toteutustavat.



Kuva 2. Strategisen yhdenmukaistamisen ensimmäinen näkökulma: Strategian toteuttaminen

Henderson ja Venkatraman (1993) toteavat strategian toteuttamisen näkökulman olevan mallissa esitetyistä näkökulmista kenties yleisimmin käytetty ja laajimmin ymmärretty, koska se vastaa perinteisen hierarkkisen organisaation ylhäältä alas suuntautuvaa ohjausrakennetta.

Teknologiatransformaation näkökulma käyttää strategian toteuttamisen näkökulman tavoin liiketoimintastrategiaa (kuva 3) muun suunnittelun ajurina, mutta siinä tietojärjestelmäinfrastruktuurin ja prosessien suunnitteluun päädytään liiketoimintastrategiasta johdetun IT-strategian kautta. Näkökulma jättää siis organisaation sisäisen rakenteen ja toteutustavan huomiotta IT:n toteutustavan rajoitteena ja keskittyy sen sijasta tarkastelemaan ensin millainen IT-strategia tukee parhaiten liiketoimintastrategiaa.



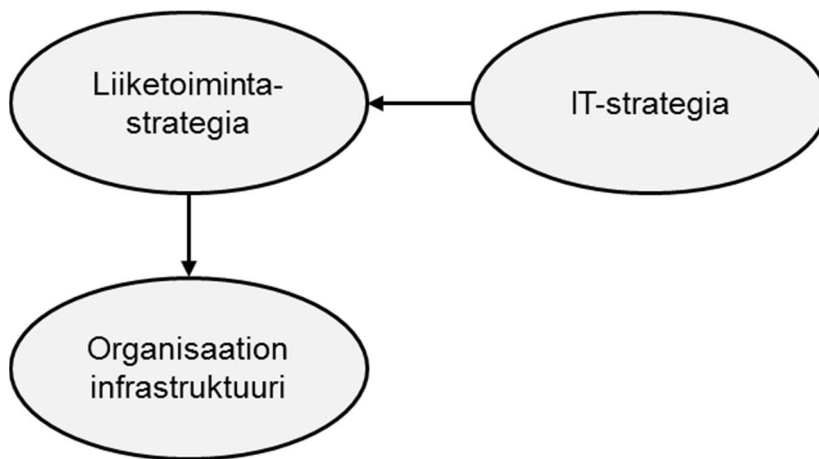
Kuva 3. Strategisen yhdenmukaistamisen toinen näkökulma: Teknologiatransformaatio

Sekä strategian toteuttamisen että teknologiatransformaation näkökulma lähtevät edellä kuvatusti liiketoimintastrategian määrittelystä ja päätyvät tietojärjestelmäinfrastruktuurin ja IT:n prosessien suunnitteluun, joskin eri reittejä. Samoin organisaation liiketoiminta- ja IT-johdon roolit eroavat näissä näkökulmissa toisistaan. Strategian toteuttamisen näkökulmassa organisaation ylin johto toimii strategian muotoilijana, ja IT strategian kustannuspaikkamaisesti toimivana toteuttajana. Teknologiatransformaation näkökulmassa liiketoiminnan johto tuottaa liiketoimintastrategiaa tukevan teknologiavision, jota IT-toiminto strategiallaan toteuttaa. IT-johto toimii tällöin ”teknologia-arkkitehtinä”, suunnitellen ja toteuttaen visiota vastaavan tietojärjestelmäinfrastruktuurin. IT-toiminnon arviointi perustuu tällöin sisäisen näkökulman sijasta enemmän ulkoiseen

vertailuun ja organisaation sijoittumisen arviointiin muihin IT-toimijoihin nähden. (Henderson ja Venkatraman, 1993)

Kahdesta ensimmäisestä näkökulmasta eroten kolmas ja neljäs Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämä strategisen yhdenmukaisuuden näkökulma lähtevät liiketoimintastrategian sijasta IT-strategian määrittelystä. IT-strategialähtöiset näkökulmat pyrkivät tuottamaan teknologian mahdollistamana uusia liiketoimintastrategioita.

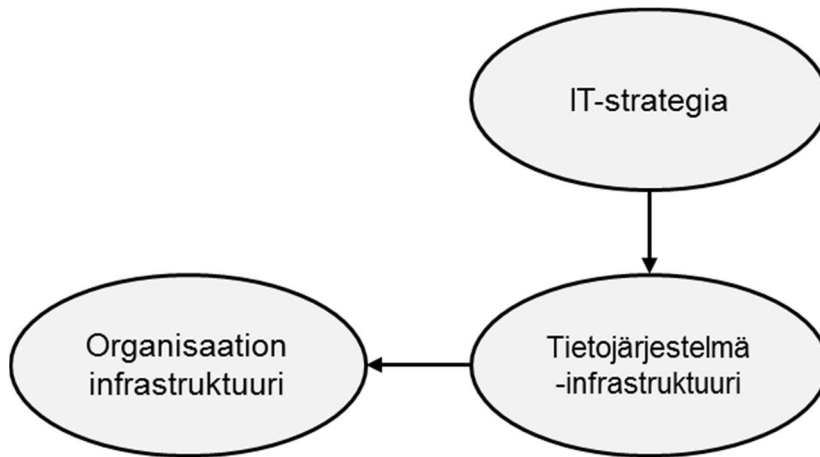
Kilpailullisen potentiaalin näkökulmassa (kuva 4) pyritään hyödyntämään markkinoiden uusia teknologisia kyvykkyyksiä.



Kuva 4. Strategisen yhdenmukaistamisen kolmas näkökulma: Kilpailullinen potentiaali.

Tässä näkökulmassa organisaation sijoittuminen IT-markkinalla vaikuttaa sen liiketoimintastrategiaan. Sijoittuminen IT-markkinalla ja uudet teknologiset kyvykkyydet voivat esimerkiksi vaikuttaa valittuun liiketoiminnan alueeseen niiden mahdollistamien uusien tuotteiden ja palvelujen muodossa, vaikuttaa organisaation muista markkinoiden toimijoista erottaviin osaamisiin ja luoda uusia kumppanuuksia.

Palvelutason näkökulma keskittyy ”maailmanluokan” IT-toiminnon kehittämiseen. Lähtökohtana strategisen yhteensopivuuden saavuttamiselle on tällöin IT-strategian luonti ja sen kanssa yhdenmukaisen IT-toiminnon järjestämistavan suunnittelu, mikä mahdollistaa IT-toiminnolle kapasiteetin liiketoiminnan tarpeisiin vastaamiseen.



Kuva 5. Strategisen yhdenmukaistamisen neljäs näkökulma: Palvelutaso.

Liiketoimintastrategia toimii palvelutasonäkökulmassa huomioitavana tekijänä ainoastaan epäsuorasti sen tuottamien liiketoiminnan operatiivisen tason tarpeiden kautta. Kuten liiketoimintastrategiaa ajurin käytävissä näkökulmissa, liiketoiminnan ja IT-toiminnon johdot toimivat myös molemmissa IT-strategialähtöisissä näkökulmissa erilaisissa rooleissa.

Kilpailullisen potentiaalin näkökulmassa liiketoiminnan johto tuottaa liiketoimintavision, joka kuvaa ulkoisten teknologisten muutosten aiheuttamia vaikutuksia liiketoimintastrategiaan. IT-johto toimii tällöin katalyyttina, joka kuvaa ulkoisessa toimintaympäristössä tapahtuvista teknologisista muutoksista aiheutuvia uhkia ja mahdollisuuksia. Tässä näkökulmassa IT-toimintoa arvioidaan markkinaosuuden ja uusien tuotteiden esittelyn kaltaisilla liiketoiminnan mittareilla.

Palvelutason näkökulmassa liiketoiminnan johto toimii priorisoijana, joka määrittelee, miten rajalliset resurssit tulisi kohdentaa sekä ulkoisesti IT-markkinaan nähden että organisaation sisäisesti. IT-toiminnolla on tällöin toiminnallisen johdon rooli, jossa se pyrkii vastaamaan sisäisenä IT-liiketoimintana liiketoimintajohdon asettamiin vaatimuksiin.

Yhteenvedona strategisen yhteensovittamisen mallista sen voidaan todeta korostavan ulkoisen toimintaympäristön merkitystä myös organisaation IT-toiminnon järjestämiselle. IT-toiminnon piirteitä ei tarkastella ainoastaan organisaation liiketoimintaan ja sitä ohjaavaan strategiaan nähden, vaan myös ulkoisesti muuhun IT-markkinaan nähden.

Malli esittää perinteiselle liiketoimintastrategiasta liiketoiminnan ja IT-toiminnon toteuttamistavan johtavalle strategian toteuttamisen näkökulmalle kolme vaihtoehtoista tarkastelutapaa. Lisäksi malli kuvaa vaihtoehtoisia rooleja liiketoiminta- ja IT-johdolle esitettyjen näkökulmien yhteydessä noudatettavaksi.

2.4 Liiketoiminta ja bimodaalinen IT-toiminto

Edellä tarkasteltiin liiketoiminnan ja IT:n yhdenmukaisuuden tavoitetta, ja erilaisia lähestymistapoja sen saavuttamiseksi. Tarkastellaan seuraavaksi, miten organisaatiot päätyvät järjestämään IT-toimintonsa kahdella eri toimintatavalla toteutetuksi ja miten kahdesta toimintatavasta koostuva IT-toiminto tukee edellä kuvattua strategista yhdenmukaisuutta.

2.4.1 Bimodaalisuuteen siirtyminen

Haffke ym. (2017a) esittävät, että digitaaliseen ja perinteiseen toimintatapaan jakautuminen liittyy liiketoiminnan vaatimukseen tehokkaammasta tuesta digitaalisille toimintatavoille. Lisääntyvät organisaation ulkoiset ja sisäiset digitaalisuuteen liittyvät vaatimukset vaativat IT-toiminnolta enemmän **ketteryyttä** sekä samanaikaista **kokeellisuutta ja tehokkuutta**⁷ kuin perinteiset IT:n hallintamenetelmät mahdollistavat.

IT-toimintoa koskevat kokeellisuuden ja innovatiivisuuden, eli teknologian uusien hyödyntämistapojen löytämisen, vaatimukset ovat ristiriidassa IT:n perinteisten tavoitteiden ja toimintatapojen, kuten kustannusten alentamisen ja pieninä muutoksina tapahtuvan kehittämisen kanssa.

IT:n ketteryuden vaatimuksella Haffke ym. (2017a) tarkoittavat IT-toiminnon kyvykkyyttä tunnistaa innovaatioiden mahdollisuuksia ja vastata niihin nopeasti. Tällainen IT-toiminto pystyy sopeutumaan nopeasti organisaation ulkoisen toimintaympäristön muutoksiin ja hyödyntämään tunnistamia mahdollisuuksia. Edellä kuvatun liiketoiminnan ja IT:n strategisen yhdenmukaisuuden mallin näkökulmasta tarkasteltuna he toteavat IT-toiminnon ketteryuden tarkoittavan kyvykkyyttä korjata liiketoiminnan ja IT:n väliset

⁷ Horlach ym. (2016) kutsuvat kokeellisuuden ja innovatiivisuuden vaatimusta IT:n *monikätsyydeksi* (engl. *ambidexterity*), viitaten tällä toisaalta teknologian mahdollisuuksien kokeelliseen tutkimiseen (engl. *explorative*) ja toisaalta olemassa olevan teknologian hyödyntämiseen (engl. *exploitative*).

epäjohdonmukaisuudet nopeasti. Tiwana ja Konsynski (2010) esittävät, että IT:n ketteryyden vaatimukset eivät kohdistu pelkästään IT:n kykyyn tukea organisaatiota ketterästi, vaan myös sen kykyyn toteuttaa omaa toimintaansa koskevia muutoksia.

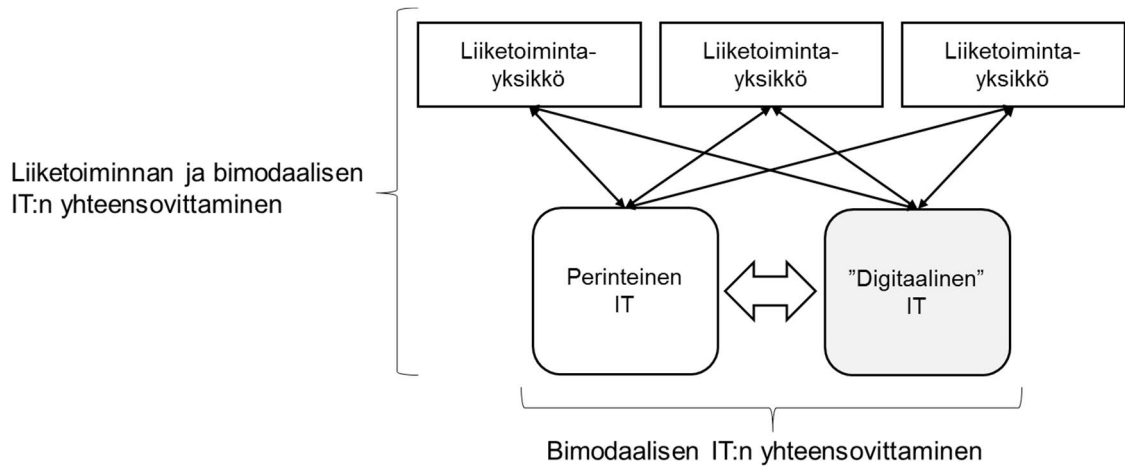
Kolmanneksi syyksi ketteryyden ja kokeellisuuden vaatimusten ohella bimodaalisuuden siirtymiselle Haffke ym. (2017a) esittivät tarpeen rakenteelliseen yhdenmukaisuuteen IT-toiminnon ja liiketoiminnan välillä. He toteavat, että digitaalisuuden muokatessa liiketoimintaa, ilmenee usein tarpeita muokata liiketoiminnan rakenne vastaamaan organisaation uutta palvelutarjoamaa. Tämä voi vaatia vastaavia rakenteellisia muutoksia myös IT-toiminnolta, mikäli esimerkiksi tietyt digitaalisuuteen painottuneet liiketoimintayksiköt tarvitsevat IT-toiminnolta muita yksiköitä enemmän tukea.

Bimodaalisen IT-toiminnon esitetään siis tukevan liiketoiminnan ja IT-toiminnon yhdenmukaisuutta vastaamalla kolmeen keskeiseen liiketoiminnasta aiheutuvaan tarpeeseen. Tarkastellaan seuraavaksi, miten bimodaalinen IT-toiminto vaikuttaa Hendersonin ja Venkatramanin (1993) strategisen yhdenmukaistamisen mallissa esitettyyn liiketoiminnan ja IT-toiminnon yhdenmukaistamiseen, eli näiden alueiden yhteensopivien strategioiden ja toimintatapojen valintaan.

2.4.2 Bimodaalisen IT-toiminnon ja liiketoiminnan yhdenmukaisuus

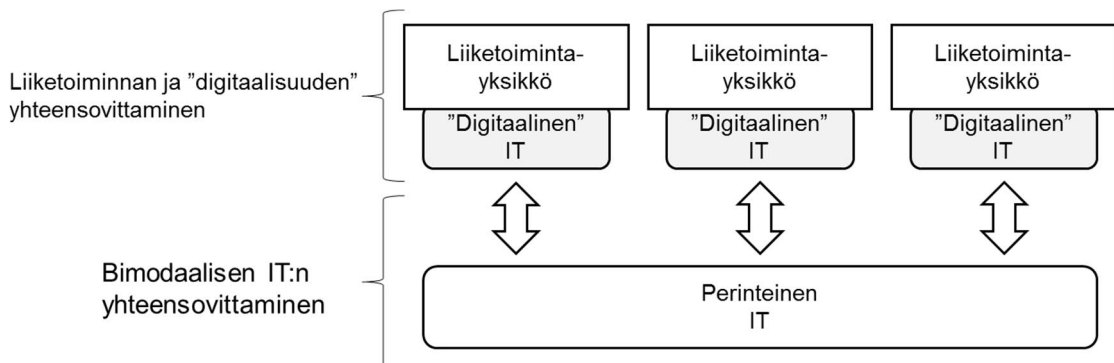
Horlachin ym. (2016) mukaan kahdella tavalla toimiva IT-toiminto aiheuttaa kahdenlaisia uusia huomioitavia seikkoja Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämän strategisen yhdenmukaistamisen mallin soveltamiseen – vaatimuksen digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon yhteensovittamisesta (kuva 6) sekä kahden keskenään erilaisen toimintatavan huomioimisesta organisaation liiketoiminnan strategiassa ja operatiivisessa toiminnassa (kuva 7).

Vaatus **digitaalisen ja perinteisen IT:n saattamisesta keskenään yhteensopiviksi** johtuu siitä, että asiakkaille tarkoitetut digitaalisen IT:n järjestelmät käyttävät tyypillisesti perinteisen IT:n piirissä olevien taustajärjestelmien tietoja. Tällöin digitaalisen IT:n ketterien ja kokeilevien toimintatavat vaativat perinteisen IT:n järjestelmiltä ja arkitekhtuurilta muutoksia, jotteivat ne omalla toiminnallaan hidasta tai estä digitaalisen IT:n toimintatapoja.



Kuva 6. Liiketoiminnan ja bimodaalisen IT-toiminnon yhteensovittaminen.

Toinen Horlachin ym. (2016) esittämä tarve on **liiketoiminnan sovittaminen digitaalisen ja perinteisen IT:n erilaisiin toimintatapoihin**. Irrrotettaessa aiemmasta IT-toiminnosta digitaalisella tavalla toimivia osia, voidaan ne liittää osaksi aiemmin puhtaasti liiketoimintaan kuuluneita organisaatioyksiköitä. Niiden tavoitteet ja toiminta tulee tällöin kuvan 7 mukaisesti saattaa yhteensopivaksi niitä vastaavan liiketoiminnan strategian ja operatiivisen toiminnan kanssa.



Kuva 7. Digitaalisen IT-toiminnon ja sitä vastavan liiketoiminnan yhteensovittaminen.

Hendersonin ja Venkatramanin (1993) mallin kautta tarkasteltuna Horlachin ym. (2016) esittämien huomioiden voitaneen katsoa vaikuttavan sekä strategiseen yhdenmukaistamiseen että toiminnalliseen integraatioon – perinteisen ja digitaalisen IT:n yhteensovittaminen on huomioitava informaatioteknologian toimialueen sisäisessä strategisessa yhdenmukaistamisessa, ja liiketoiminnan sovittaminen bimodaaliseen IT-toimintoon taas

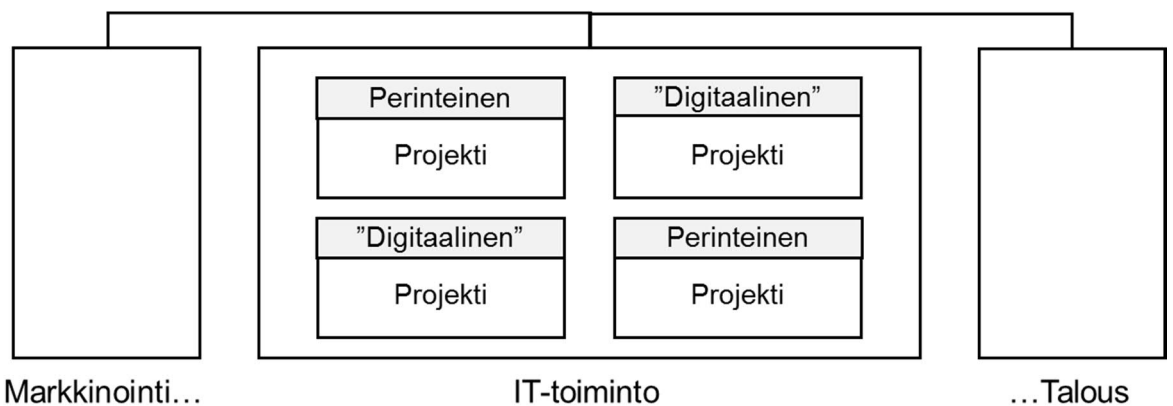
vaikuttaa liiketoiminnan ja informaatioteknologian toimialueiden välisessä toiminnallisessa integraatiossa.

Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämistä neljästä strategisen yhdenmukaistamisen näkökulmasta perinteisen IT-toiminnon voidaan katsoa vastaavan erityisesti liiketoiminnan strategiasta lähtevien näkökulmien (strategian toteuttaminen ja teknologiatransformaatio) tarpeisiin – tavoitteena on tuolloin liiketoiminnan strategiaa vastaavan tietojärjestelmäkokonaisuuden ja prosessien muodostaminen. Digitaalinen IT-toiminto taas tukee tässä tarkastelussa IT-strategiaa ajurina käyttäviä näkökulmia (kilpailullinen potentiaali ja palvelutaso), joissa pyritään tunnistamaan ja hyödyntämään tietojärjestelmien ulkoisella toimialueella teknologian tuottamia mahdollisuuksia, ja hyödyntämään niitä liiketoiminnassa.

2.4.3 Bimodaalisuuden järjestämistavat

Tarkastellaan seuraavaksi millä tavoin kaksi rinnakkaista toimintatapaa näkyvät IT-toiminnon organisaatorakenteessa. Haffke ym. (2017a) tunnistavat kolme tyypillistä järjestämistapaa digitaaliselle ja perinteiselle IT-toiminnolle – projektikohtaiset toimintatavat, IT-toiminnon jakautumisen kahteen erilaiseen toimintatapaan sekä jakautumisen kahteen erilliseen toimintoon.

Ensimmäisessä Haffken ym. (2017a) kuvaamista bimodaalisen IT-toiminnon toimintatavoista, projektikohtaisessa toimintatavassa, osa organisaation projekteista voidaan kuvan 8 mukaisesti toteuttaa organisaation ja sen IT-toiminnon tavallisesti noudattamista prosesseista poikkeavasti.

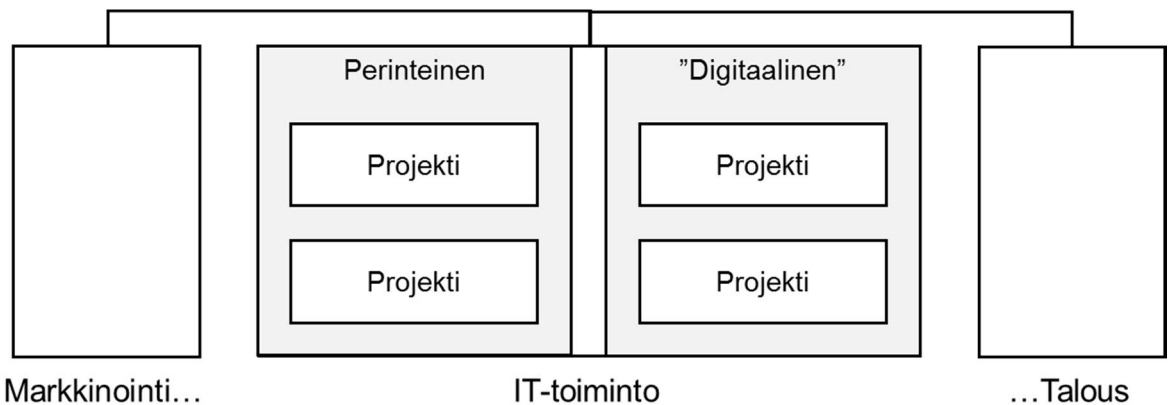


Kuva 8. Projektikohtainen toimintatavan valinta

Projektikohtainen bimodaalinen toiminta tarkoittaa Haffken ym. (2017a) kuvaamissa esimerkkitapauksissa käytännössä kevyemmällä prosesseilla toimivaa, kokeilevampaa ja virheitä hyväksyvämpää toimintatapaa. Haasteena digitaalisten toimintatapojen käyttöönotolle todetaan projektikohtaisen toimintatavan esimerkkitapausten yhteydessä muun muassa henkilöstön osaaminen ja uudenlaisen työskentelytavan omaksuminen sekä vahvasti säännellyillä aloilla sääntelyn ja siihen liittyvien tarkasti määriteltyjen prosessien huomioiminen.

Huomionarvoisena seikkana projektikohtaisesta toimintatavan valinnasta voidaan todeta, että esitetty malli ei näytä tarkastelevan projektien tuottamien tietojärjestelmien elinkaaren myöhempiä vaiheita. Esimerkkitapausten kuvauksissa käytetyistä pilottiprojektin ja prototyypin käsitteistä voitaneen päätellä, että näissä tapauksissa digitaalisilla toimintatavoilla tuotetut palvelut ja sovellukset ovat kokeiluluontoisia, ja oletettavasti niiden käytön jatkuessa perinteisempien IT-toiminnon palvelutuotannon menetelmien piiriin siirrettäviä.

Toisessa Haffken ym. (2017a) esittämässä tyypillisessä bimodaalisen IT:n järjestämistavassa IT-toiminto on kuvan (9) mukaisesti jaettu rakenteellisesti kahteen erilaiseen toimintatapaan.

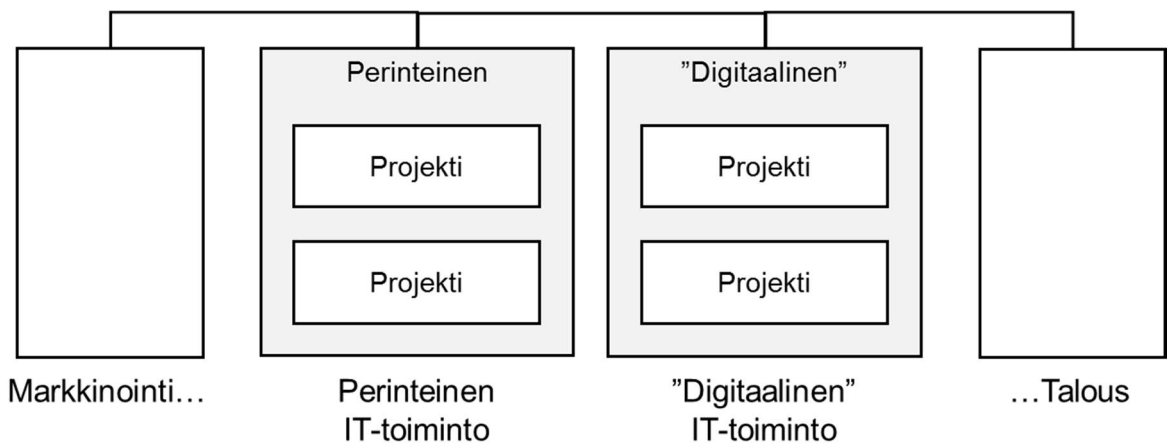


Kuva 9. IT-toiminto jakautuneena kahteen toimintatapaan

Haffke ym. (2017a) esittävät kahteen erilaiseen toimintatapaan jaetun IT-toiminnon toteuttamisesta eri toimialojen yritysten tekemiä valintoja kuvaavia esimerkkejä. Yhteistä

näille kuvatuille esimerkeille on tarve ylläpitää ja kehittää nykyisiä järjestelmiä ja toisaalta innovoida ja hyödyntää uusista teknologioista aiheutuvia mahdollisuuksia.

Viimeinen ja pisimmälle viety Haffken ym. (2017a) tunnistama bimodaalisuuden toteutustapa on digitaalisen IT-toiminnon järjestäminen kuvan 10 mukaisesti perinteisestä IT-toiminnosta kokonaan erillisenä organisaatioyksikkönä. Haffken ym. (2017a) esittämässä esimerkkitapauksessa uuden digitaalisen IT-toiminnon perustamista käytettiin myös tarkoituksellisesti organisaation sisäisenä viestinnällisenä keinona innovatiivisemman ajattelutavan ja kulttuurin kasvattamiseksi. Tarkastellussa esimerkissä olemassa olevan perinteisen IT-toiminnon ei katsottu soveltuvan digitaalisuuden edistäjäksi sen toiminnan pääpainon ollessa kustannustietoisessa nykyjärjestelmien ylläpidossa ja koska sen ei katsottu riittävällä tasolla tuntevan yrityksen ydinliiketoimintaa.



Kuva 10. IT kahtena erillisenä toimintona.

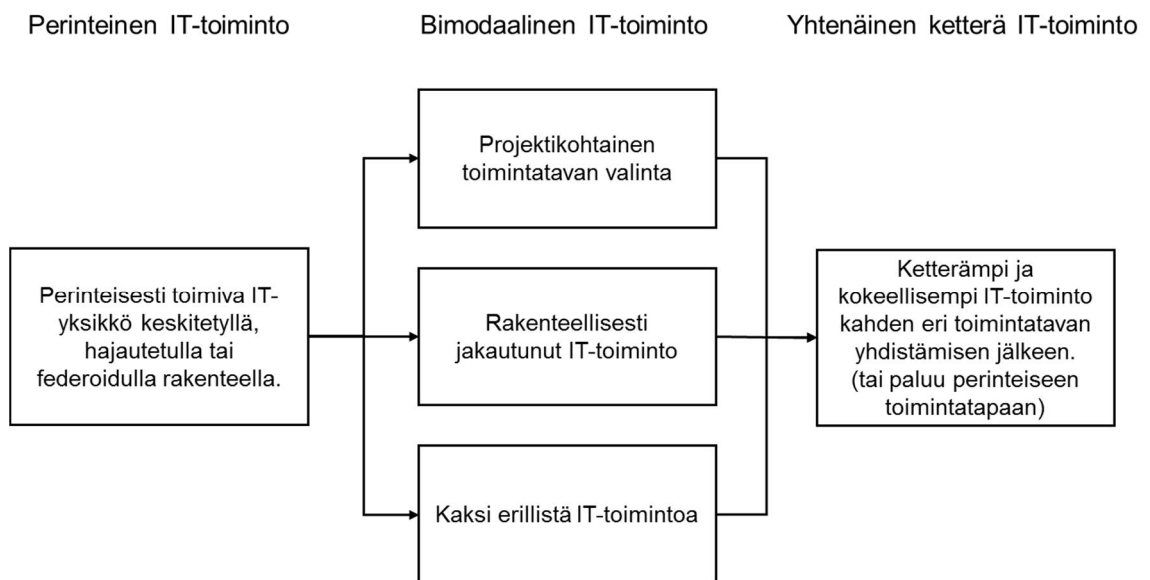
Haffke ym. esittävät myös yritysostot erääksi tavaksi päätyä kahden erillisen IT-toiminnon malliin. Heidän kuvaamassaan esimerkkitapauksessa yritysoston jälkeen päädyttiin ostetun yrityksen innovatiivinen IT-toiminto säilyttämään erillään ostajan perinteisemmin toimivasta IT-toiminnosta. (Haffke ym., 2017a)

2.4.4 Bimodaalisuuden elinkaari

Aiemmin tarkasteltiin bimodaaliseen toimintaan siirtymistä sekä kahden erilaisen toimintavana järjestämisen vaihtoehtoja. Tarkastellaan seuraavaksi, millainen elinkaari bimodaalisella IT-toiminnoilla on, eli vaihtuuko sen järjestämistapa bimodaalisuuden aikana ja palataanko siitä yhtenäiseen toimintatapaan.

Haffken ym. (2017a) kuvaamissa tapauksissa osa yrityksistä oli siirtynyt projektikohtaisesta toimintatavasta (1. esitetty toteutustapa) rakenteellisesti jakautuneeseen IT-toimintoon (2. esitetty toteutustapa), ja toisaalta osa myös rakenteellisesta jakautumisesta kahdena erillisenä toimintona toimimiseen (3. esitetty toimintatapa). Yksikään aineiston yrityksistä ei ollut kuitenkaan siirtynyt järjestyksessä kaikkien esitettyjen kolmen toimintatavan läpi.

Haffke ym. (2017a) esittävät yhtenä keskeisistä tekemistään havainnoista, että digitaaliseen ja perinteiseen IT-toimintoon jakautuminen on tilapäinen ja lyhyt vaihe IT-toiminnon kehityksessä ja pitkäkestoisemmässä digitaalisuuden vaatimukseen vastaavassa muutoksessa (kuva 11).



Kuva 11. Bimodaalisen IT-toiminnon vaiheet (Haffke ym., 2017a, muokattu).

Haffke ym. (2017a) toteavat tarkastelemillaan organisaatioilla olleen miltei poikkeuksetta IT-toiminnon johdon tavoitteena siirtyä koko toiminnon osalta yhtenäiseen, ketterään ja digitaalisuutta paremmin tukevaan toimintatapaan, ja bimodaalinen toimintatapa

toimi tässä muutoksessa tilapäisenä siirtymävaiheena. Kolme heidän tarkastelemistaan yhdeksästätoista organisaatiosta oli sekä siirtynyt bimodaaliseen toimintatapaan että jatkanut muutosta siirtymällä yhtenäiseen ketterämpään ja kokeellisempaan IT-toimintoon. Toisessa artikkelissaan Haffke ym. (2017b) esittävät tarkemmin jälleen yhdistyneen IT-toiminnon sisäistä toteutustapaa. He kuvaavat IT-toiminnon toimivan tällöin projekteissaan ja ulkoisten sidosryhmiensä näkökulmasta ketterästi, ja ainoastaan perinnejärjestelmien ylläpito noudattaa perinteisiä toimintatapoja.

2.5 Yhteenveto luvusta

Tässä luvussa esitettiin bimodaalisen, eli digitaalisesta ja perinteisestä toimintatavasta koostuvan IT-toiminnon keskeisiä seikkoja. Luvun alussa esitettiin yleisellä tasolla digitaalista taloutta, ja tarkasteltiin sen vakiintuneille organisaatioille aiheuttamia haasteita. Organisaatioiden vakiintuneiden toimintatapojen todettiin olevan usein operatiivisesti tehokkaita, mutta rajoittavan niiden kykyä uusiutumiseen. Kahdella eri tavalla toimiva IT-toiminto todettiin voitavan nähdä sisäisten start-up -yritysten kaltaisena keinona toisaalta varmistaa organisaation nykyisen toiminnan häiriintymättömyys ja toisaalta pyrkiä hyötymään digitaalisuuden mahdollisuuksista.

Luvun toisessa kohdassa tarkasteltiin perinteisen ja digitaalisen IT-toiminnon piirteitä pääosin Horlachin ym. (2016) esittämän luonnehdinnan perusteella. Vaikka akateemisen tutkimuksen ulkopuolella syntyneille toimintatavoille oli haastavaa löytää täsmällisiä määritelmiä, muodostavat esitetyt ominaisuudet käsityksen perinteisen ja digitaalisen IT:n eroavaisuuksista. Yhteenvetona voidaan perinteisen IT-toiminnon painottavan toiminnan jatkuvuuden ja kustannustehokkuuden kaltaisia seikkoja, kun taas digitaalinen IT-toiminto pyrkii ketterästi ja kokeilevasti hyödyntämään teknologian tuomia mahdollisuuksia.

Luvun kolmannessa kohdassa tarkasteltiin Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämää strategisen yhdenmukaisuuden mallia. Mallin tarkastelu auttaa lukijaa hahmottamaan, millaisia huomioitavia seikkoja liittyy organisaation toiminnan ja sitä tukevan IT-toiminnon suunnitelmien ja käytännön tason toiminnan yhdenmukaisuuden varmistamiseen. Hendersonin ja Venkatramanin esittämä malli tarkastelee organisaatiota toisaalta sisäisestä ja ulkoisesta, ja toisaalta liiketoiminnan ja tietojärjestelmien kautta. Nämä

kaksi tarkastelutapaa muodostavat neljä kokonaisuutta liiketoimintastrategia (liiketoiminta, ulkoinen), IT-strategia (tietojärjestelmät, ulkoinen), organisaation infrastruktuuri ja prosessit (liiketoiminta, sisäinen), sekä tietojärjestelmäinfrastruktuuri ja -prosessit (tietojärjestelmät, sisäinen). Hendersonin ja Venkatraman (1993) esittävät myös neljä eri etenemistapaa näiden kokonaisuuksien yhdenmukaistamiseksi.

Strategisen yhdenmukaisuuden käsitteen ja mallin tarkastelun jälkeen esitettiin luvun viimeisessä kohdassa liiketoiminnan ja bimodaalisen IT-toiminnon yhteensovittamiseen liittyviä seikkoja. Aluksi tarkasteltiin, millaiset seikat saavat organisaatiot päättämään kahteen erilaiseen toimintatapaan siirtymisestä. Haffken ym. (2017a) mukaan organisaatiot vaativat IT-toiminnolta ketteryyttä, eli kykyä hyödyntää nopeasti teknologian tuottamia mahdollisuuksia, sekä kaksikäisyyttä, eli samanaikaista pyrkimystä sekä innovatiivisuuteen ja kokeellisuutta että operatiiviseen tehokkuuteen.

Bimodaalisuuteen siirtymisen kuvaamisen jälkeen tarkasteltiin toimintatavan vaikutusta liiketoiminnan ja IT-toiminnon yhdenmukaisuuden varmistamiseen sekä tunnistettuja tapoja organisoida näillä eri tavoilla tehtävä työ. Viimeisenä tarkasteltiin bimodaalisesti toimivien IT-toimintojen kehittymistä ajan kuluessa. Bimodaalisuuden todettiin olevan tyypillisesti väliaikainen vaihe laajemmassa IT-toiminnon kehittämisessä liiketoiminnan tarpeisiin ketterämmin vastaavaksi ja digitaalisuutta hyödyntäväksi toiminnoksi.

3 Kokonais- ja ohjelmistoarkkitehtuurit

Edellisessä luvussa kuvattiin vakiintuneiden organisaation haasteita digitaalisuuteen liittyviin haasteisiin vastaamisessa, sekä esitettiin bimodaalisen IT-toiminnon malli liiketoiminnan tehokkaammaksi tukemiseksi informaatioteknologian avulla. Tässä luvussa tarkastellaan kokonais- ja ohjelmistoarkkitehtuuria sekä niihin liittyviä käsitteitä.

Luvun tarkoituksena on erityisesti luoda ymmärrys siitä, miten organisaatiota kuvaava kokonaisarkkitehtuuri yhdistää sen strategian ja tavoitteet käytännön toimintaprosesseihin ja niitä tukevaan teknologiaan. Toisaalta erityisesti ohjelmistojen sisäisiä toteutustapoja käsittelevän ohjelmistoarkkitehtuurin peruskäsitteiden tarkastelu auttaa hahmottamaan seuraavassa luvussa käsiteltävän mikropalveluarkkitehtuurin piirteitä.

Luvun alussa tarkastellaan hyvin lyhyesti yleistä arkkitehtuurin käsitettä. Tämän jälkeen siirrytään tarkastelemaan laajinta näkökulmaa arkkitehtuurityölle – organisaation toiminnan tasolta lähtevää ja organisaation käyttämien tietojärjestelmien tarkastelutasolle päätyvää kokonaisarkkitehtuuria. Tämän yhteydessä esitetään läheisesti kokonaisarkkitehtuurin hyödyntämiseen liittyviä kokonaisarkkitehtuurin viitekehyksiä ja valitaan niistä tämän työn pohjana käytettävä viitekehys. Kokonaisarkkitehtuuriin liittyvien käsitteiden ja näkökulmien esittelyn sekä tarkastelun viitekehysten valinnan jälkeen siirrytään tarkastelemaan ohjelmistoarkkitehtuuria ja siihen liittyviä käsitteitä.

3.1 Arkkitehtuuri yleisesti

Arkkitehtuurille on esitetty kirjallisuudessa useita määritelmiä. IEEE-standardointijärjestön määritelmää, joka esittää arkkitehtuurin tarkoittavan ”järjestelmän tai organisaation perustavanlaatuista rakennetta, joka ilmenee sen osissa, sen osien keskinäisissä ja ympäristöönsä liittyvissä suhteissa sekä sen suunnittelua ja kehittymistä ohjaavissa periaatteissa.”⁸ (IEEE 2000, s. 3). Standardin käsitteistössä järjestelmä ymmärretään hyvin laajasti – se voi tarkoittaa esimerkiksi organisaatiota tai ohjelmistoa, ja voi olla ihmisen tekemä tai luonnon muovaama.

⁸ *”the fundamental organization of an enterprise (or system) embodied in its components, their relationships to each other, and to the environment, and the principals guiding its design and evolution”*

Ohjelmisto- ja kokonaisarkkitehtuureilla tarkoitetaan tämän määritelmän kautta tarkasteltuina pohjimmiltaan samankaltaista kuvausta järjestelmän arkkitehtuurista – kokonaisarkkitehtuurissa tarkasteltava järjestelmä on usein organisaatio tai sen osa, kun taas ohjelmistoarkkitehtuurissa järjestelmänä tarkastellaan ohjelmistoa.

Vaikka pohjimmiltaan kokonais- ja ohjelmistoarkkitehtuurit kuvaavat samankaltaisesti järjestelmien osia ja niiden välisiä suhteita, eroavat ne tarkastelunsa kohteen lisäksi toisistaan myös muun muassa kuvaamisessa käytettävien menetelmien ja viitekehysten osalta. Tarkastellaan seuraavaksi kokonaisarkkitehtuuria.

3.2 Kokonaisarkkitehtuuri

Kokonaisarkkitehtuuri (engl. *enterprise architecture*) on organisaation toiminnan tarkastelussa käytetty menetelmä ja näkökulma. Edempänä tarkasteltavan ohjelmistoarkkitehtuurin tapaan sekin kuvaa tarkastelunsa kohteen osia ja rakenteita – valitusta tarkastelun näkökulmasta riippuen esimerkiksi organisaation liiketoimintaprosesseja, palveluita ja tietojärjestelmiä. Kokonaisarkkitehtuuri sitoo nämä organisaation perusrakenteet yhteen siten, että niistä muodostuu yhtenäinen ja saumattomasti toimiva kokonaisuus (JUHTA 2017b, s. 23).

Kokonaisarkkitehtuurille on esitetty useita toisistaan osin eroavia määritelmiä. Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunta (JUHTA 2017b, s. 3) esittää kokonaisarkkitehtuurin olevan organisaation ”toiminnan, prosessien ja palvelujen, tietojen, tietojärjestelmien ja niiden tuottamien palvelujen muodostaman kokonaisuuden rakenne.”

Valtioneuvoston kanslian (2008) mukaan ”kokonaisarkkitehtuuri on kokonaisvaltainen toiminnan kehittämiseen tarkoitettu lähestymistapa. Se on strategisen johtamisen väline, jonka avulla yhtenäistetään toiminnan kehittämistä ja informaatio- ja viestintäteknologian hyödyntämistä julkishallinnossa. Sen avulla kehitetään organisaation toimintaa, tietoja, tietojärjestelmiä ja teknologiaa yhtenä kokonaisuutena.”

Kokonaisarkkitehtuurilla voidaan siis näiden määritelmien mukaan tarkoittaa ainakin sekä tietynlaista kuvausta⁹ kohdealueestaan että lähestymistapaa ja työmenetelmää, joka tuottaa tällaisen kuvauksen. Sekä lähestymistavalle että siinä tuotettavalle kuvaukselle

⁹ Organisaation erilaisia rakenteita koskevan kuvauksen lisäksi kokonaisarkkitehtuurilla voidaan viitata myös itse näihin rakenteisiin, on niitä kuvattu tai ei.

voitaneen katsoa olevan yhteistä niiden tarkastelun laaja näkökulma, joka ylittää toimintaprosesseista ja niitä tukevien tietojärjestelmien tekniseen toteutukseen asti. Kuvauksen kohdealueena voi olla useista organisaatioista muodostuva kokonaisuus, tai yksittäinen organisaatio tai sen osa.

Tarkastellaan seuraavaksi, miten organisaatiot hyötyvät kokonaisarkkitehtuurista.

3.2.1 Kokonaisarkkitehtuurin hyödyt

Kokonaisarkkitehtuuria voidaan edellisessä luvussa tarkastellun Hendersonin ja Venkatramanin (1993) esittämän strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta tarkasteltuna pitää keinona sekä strategisen yhdenmukaisuuden että toiminnallisen integraation edistämiseen. Mallin sanastolla esitettynä kokonaisarkkitehtuuri auttaa ymmärtämään, kuvaamaan ja hallinnoimaan organisaation liiketoiminnan infrastruktuuria ja prosesseja, toteuttamaan ne liiketoiminnan strategian mukaisiksi sekä integroimaan informaatioteknologian ja liiketoiminnan yhteensopivaksi kokonaisuudeksi.

Ross, Weill & Robertson (2006) esittävät kokonaisarkkitehtuurin menetelmänä, jolla luodaan organisaation toimintamallia (engl. *operating model*) toteuttava ydinprosessien ja niitä tukevien keskeisten järjestelmien muodostama toiminnan perusta (engl. *foundation for execution*). Toimintamalli määrittää tavoitellun prosessien integroinnin ja standardoinnin tason, jonka vaatimuksia kokonaisarkkitehtuuri toteuttaa. IT-hallintamalli (engl. *IT engagement model*) kuvaa menetelmät, joilla varmistetaan yksittäisten IT-projektien ja yrityksen tavoitteiden keskinäinen vastaavuus.

Ross ym. (2006) esittävät, että edellä mainituista kolmesta kokonaisuudesta muodostuvaa toiminnan perustaa tarvitaan seuraavan kaltaisten organisaatioiden ulkoisessa toimintaympäristössä tapahtuneiden muutosten takia:

- Organisaatioiden tietojärjestelmäkokonaisuuden kasvava monimutkaisuus estää järjestelmien kehittämistä. Vakiintuneiden organisaatioiden olemassa olevat järjestelmät muodostavat usein toisiinsa tiiviisti liittyvän kokonaisuuden, johon tehtävät muutokset ovat kalliita ja riskialttiita.
- Liiketoiminnan ketteryys on riippuvainen toiminnan perustasta. Ross ym. (2006) esittävät, että organisaation pysyvien ydinprosessien standardointi ja digitalisointi vapauttavat voimavaroja mm. uusien tuotteiden ja uuden liiketoiminnan kehittämiseen.

- Organisaatioihin kohdistuva sääntely ja raportointivaatimukset aiheuttavat uusia vaatimuksia. Toiminnan perusta ja kokonaisarkkitehtuuri toimivat kilpailuetuna, kun organisaation tulee kyetä tuottamaan toiminnastaan uutta sääntelyn vaatimaa tietoa.
- Toiminnan perustan toteuttaminen on halvempaa ja vähemmän riskialtista kuin sen toteuttamatta jättäminen. Ross ym. (2006) esittävät, että toiminnan perusta voidaan toteuttaa projekti kerrallaan, hyödyntäen organisaatiossa muutenkin toteutettavia projekteja.

Tarkastellaan seuraavaksi, millaisia hyötyjä kokonaisarkkitehtuurityö tuottaa organisaatiolle. Kokonaisarkkitehtuurin hyötyjä on kuvannut muiden muassa Niemi (2006). Hän luokittelee kokonaisarkkitehtuurilla saavutettavat hyödyt mitattaviin ja ei-mitattaviin sekä vahvasti ja heikosti kokonaisarkkitehtuuriin liitettäviin.

Vahvasti kokonaisarkkitehtuuriin liitettäviä mitattavia hyötyjä ovat Niemen (2006) mukaan kasvaneet mittakaavaedut (engl. *economies of scale*), parantunut yhteensopivuus ja integrointi, lisääntynyt uudelleenkäytettävyys, lisääntynyt standardointi, alentuneet kustannukset ja lyhentyneet prosessin läpimenoajat (engl. *cycle time*). Vahvasti kokonaisarkkitehtuuriin liitettäviä, ei-mitattavia hyötyjä ovat: kehittyvä kokonaisarkkitehtuurin hallinta (engl. *evolutionary EA governance*), parantunut päätöksenteko ja kokonaiskuvan muodostuminen organisaatiosta.

Niemen (2006) yhtenä kokonaisarkkitehtuurin ei-mitattavista hyödyistä esittämää kokonaiskuvan muodostamista organisaatiosta voitaneen ajatella keskeiseksi kokonaisarkkitehtuurin tuottamaksi hyödyksi, joka välillisesti mahdollistaa muita hyötyjä. Ymmärrys organisaation muodostavista osista – muun muassa toiminnasta, prosesseista, tietojärjestelmistä – mahdollistaa sekä nykytilan ymmärtämisen, että organisaation tavoitteita vastaavan tavoitetilan muodostamisen sekä sen saavuttamiseksi tarvittavan muutoksen hallitun suorittamisen. Kokonaisarkkitehtuurityön tuotokset toimivat myös kommunikatiiväliseinä: ne auttavat organisaation eri toimijoita ymmärtämään paremmin toistensa toimintaa ja kehittämään yhteistyötä (JUHTA, 2017b).

3.2.2 Kokonaisarkkitehtuurin viitekehukset

Edellä kuvattiin kokonaisarkkitehtuuritarkastelun laajuutta ja siitä saatavia hyötyjä. Tarkastellaan seuraavaksi, miten kokonaisarkkitehtuuria käytännössä tehdään.

Kokonaisarkkitehtuuria tarkastellaan tyypillisesti jonkin etukäteen valitun viitekehysten kautta. Tarkastelulle ennalta valittu viitekehys ohjaa organisaatiota kuvaavan arkkitehtuurin muodostamista ja sen käyttöä, määrittäen esimerkiksi tarkastelussa käytettävät näkymät ja käsitteet, ja auttaen siten hallitsemaan organisaation toiminnan tarkasteluun väistämättä liittyvää monimutkaisuutta. Viitekehysten sisältämien kuvausten yksityiskohtaisuus vaihtelee; osa niistä tyytyy esittämään kuvattavat asiat, ja jotkut voivat sisältää esittämilleen näkymille mm. valmiita kuvauspohjia.

Itse arkkitehtuurikuvauksissa käytettävien näkymien, käsitteiden ja dokumenttipohjien kaltaisten arkkitehtuurikuvauksen osien lisäksi viitekehukset pyrkivät ohjaamaan tyypillisesti myös arkkitehtuurin kuvaamistyötä. Ne voivat kuvata vaihtelevalla tarkkuudella mm. arkkitehtuurityössä noudatettavia prosesseja, näiden prosessien syötteiden ja tuotosten kuvauksia sekä prosesseissa noudatettavia periaatteita ja käytäntöjä.

Arkkitehtuurin viitekehukset voivat olla yleisiä ja toimialariippumattomia, tai erityisesti tietyllä toimialalla sovellettaviksi tarkoitettuja. Lisäksi yritykset voivat luoda omia viitekehymiä käyttöönsä tai yhdistellä ja muokata yleisiä malleja käyttöönsä sopiviksi hybridiviitekehymiksi. Cameronin ja McMillanin (2013) aineistossa yli puolet (54%) yrityksistä käytti kokonaisarkkitehtuurin viitekehymenään tällaista yhdisteltyä viitekehystä.

Tarkastellaan seuraavaksi kokonaisarkkitehtuurin kuvaamiseen ja kehittämiseen tarkoitettuja kokonaisarkkitehtuuriviitekehymiä. Koska työn tarkoituksena on tarkastella esitettyjä bimodaalisen IT-toiminnon, kokonaisarkkitehtuurin ja mikropalveluarkkitehtuurin aihepiirejä julkishallinnon ja tarkemmin Turun kaupungin toimintaan sovellettuina, tarkastellaan kokonaisarkkitehtuuriviitekehymistä kattavimmin julkishallinnolle kehitettyä JHS 179 -viitekehystä. Tätä ennen tarkastellaan lyhyesti Zachmanin viitekehystä sekä TOGAF-viitekehystä, johon JHS 179 pohjautuu.

Zachmanin viitekehys

Kokonaisarkkitehtuurin viitekehysten tarkastelu on luonnollista aloittaa Zachmanin viitekehymisestä, jota pidetään yleisesti ensimmäisenä kokonaisarkkitehtuurin viiteke-

hyksenä. Viitekehys perustuu Zachmanin havaintoihin rakentamisen ja lentokoneeteollisuuden kaltaisista, monimutkaisia järjestelmiä tuottavista toimialoista, ja niiden yhtäläisyyksistä tietojärjestelmien kehittämiseen (Zachman, 1987).

Lähtökohtana kohdealueen tarkastelussa ovat eri roolien edustamat näkökulmat. Viitekehys kuvaa kohdealueensa suunnittelijan (engl. *planner*), omistajan, järjestelmän suunnittelijan (engl. *designer*), toteuttajan, ohjelmoijan ja käyttäjän näkökulmista. Näiden roolien katsotaan edustavan yleistä kohdealue- ja toimialariippumatonta prosessia, jossa abstraktin suunnitelman perusteella suunnitellaan ja toteutetaan konkreettinen tuotos.

Näkökulmien tarkastelutaso etenee suurista kokonaisuuksista ja liiketoiminnasta kohti teknistä toteutusta ja sen yksityiskohtia. Näkökulmia tarkastellaan kuudella eri abstraktiotasolla eri kysymysten kautta. Tarkastellut kysymykset ovat mitä, miten, missä, kuka, milloin ja miksi. Näkökulmien pilkkominen näiden kysymysten kautta tarkasteltavaksi vähentää näkökulmaan liittyvää monimutkaisuutta (Zachman, 2002).

Eri roolien kautta esitetyt näkökulmat ja kysymysten kautta tarkastellut abstraktiotasot muodostavat taulukon, jonka soluissa esitetään näkökulmaa ja abstraktiotasoa vastaava arkkitehtuuriin sisältyvä malli. Näin Zachmanin esittämä viitekehys jakaa monimutkaisen kohdealueen edellä kuvatusti yksinkertaisempiin näkökulmiin ja malleihin.

Zachmanin viitekehys kuvaa organisaation tai kohdealueen kattavat näkökulmat sekä sitä kuvaavan arkkitehtuurin muodostamat mallit, mutta ei sisällä prosessia tai menetelmiä tämän kuvauksen laatimiseen (Cameron & McMillan, 2013). Tarkastellaan seuraavaksi myös arkkitehtuurityötä ohjaavaa ja sen tuotoksia kuvaavaa TOGAF-viitekehystä.

TOGAF

The Open Group Architecture Framework (lyh. *TOGAF*) on laajalti tunnettu ja käytetty¹⁰ kokonaisarkkitehtuurin viitekehys. Jos edellä kuvattua Zachmanin viitekehystä ajatellaan lähinnä kohdealueen tarkasteluun ja pilkkomiseen käytettävänä käsitteellisenä kehyksenä, voidaan TOGAF:ia ajatella sekä loogisena viitekehystenä että joukkona työkaluja tuon kehyksen mukaisen arkkitehtuurityön toteuttamiseen.

¹⁰ Cameronin ja McMillanin (2013) aineistossa yleistä viitekehystä käyttäneistä organisaatioista ylivoimaisesti suurin osa käytti TOGAF:ia. Myös useasta lähteestä yhdisteltyä hybridiviitekehystä käyttävät organisaatiot kertoivat käyttäneensä yleisimmin TOGAF:ista lainattuja osia.

Lähimpänä Zachmanin viitekehysten sisältöä olevana TOGAF:in osana voitaneen pitää arkkitehtuurin sisällön viitekehystä (engl. *architecture content framework*), joka kuvaa ja luokittelee arkkitehtuuria kuvaavat erilaiset tuotokset.

Toiseksi erityisen huomionarvoiseksi piirteeksi TOGAF:issa voidaan katsoa sen sisältämä arkkitehtuurin kehittämismenetelmä (engl. *Architecture Development Method*). Menetelmä kuvaa yksityiskohtaisen iteratiivisen prosessin kohdealueen arkkitehtuurin kehittämiseen. Prosessi koostuu kymmenestä vaiheesta, jotka puolestaan jakautuvat yksittäisiin tehtäviin. Vaiheet kattavat arkkitehtuurityön sen valmistelusta ja sillä tavoiteltavan vision muodostamisesta eri alueiden arkkitehtuurien laatimiseen ja niissä kuvattujen muutosten toteuttamiseen.

Lisäksi TOGAF sisältää menetelmiä ja ohjeistusta arkkitehtuurin kehittämismenetelmän soveltamiseen, mallin arkkitehtuurien ja niihin perustuvien ratkaisujen luokitteluksi, teknisiä järjestelmiä ja integroitua tietoinfrastruktuuria kuvaavat referenssimallit sekä mallin organisaation kokonaisarkkitehtuuritoiminnon järjestämiseksi.

JHS 179

Julkisen hallinnon tietohallinnon neuvottelukunnan julkaisema kokonaisarkkitehtuurin suunnittelua ja kehittämistä koskeva JHS-suositus 179 on Suomessa valtion- ja kunnalishallinnossa yleisesti käytetty kokonaisarkkitehtuurin viitekehys. Se on osa julkishallinnon tietohallinnolle tarkoitettuja JHS-suosituksia, joiden ”tavoitteena on parantaa tietojärjestelmien ja niiden tietojen yhteentoimivuutta, luoda edellytykset hallinto- ja sektorirajoista riippumattomalle toimintojen kehittämiseksi sekä tehostaa olemassa olevan tiedon hyödyntämistä” (JUHTA, 2017a). JHS 179 perustuu edellä kuvattuun yleiseen ja toimialariippumattomaan TOGAF-viitekehukseen, ja soveltaa sen sisältöä julkishallinnon toimialalle.

Tarkastellaan seuraavaksi viitekehysten kuvauksen aluksi kokonaisarkkitehtuuriin liittyviä keskeisiä käsitteitä vielä JHS 179 -viitekehysten näkökulmasta.

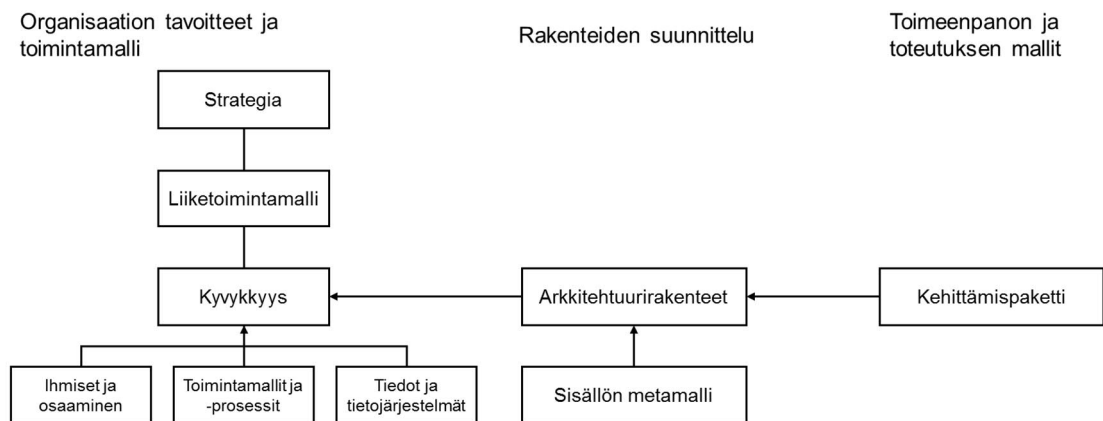
JHS 179 -suositus määrittelee **kokonaisarkkitehtuurin** olevan ”organisaation tai muun kohteena olevan kokonaisuuden rakenteen kuvaus, jota käytetään toiminnan kehittämisessä. Kokonaisarkkitehtuurin avulla on mahdollista hallinnoida ja kehittää organisaatioiden tai muiden valittujen kohteiden toimintaa systemaattisesti.” (JUHTA 2017b, s. 12.)

Kokonaisarkkitehtuurimenetelmän todetaan olevan ”menetelmä, jonka avulla kehitetään suunnitelmallisesti ja systemaattisesti kohteena olevaa kokonaisuutta tai sen rajattua osaa” (JUHTA 2017b, s. 12).

Arkkitehtuurin viitekehysten suositus määrittelee olevan ”malli, jonka mukaan organisaation tai muun kehittämiskohteen rakenteita jäsennetään, hallitaan ja kehitetään” (JUHTA 2017b, s. 10).

Edellä kuvatusti JHS 179 liittyy kokonaisarkkitehtuurin ja toiminnan kehittämisen hyvin tiiviisti toisiinsa – kokonaisarkkitehtuuri on määritelty käyttötarkoituksensa kautta organisaation kehittämisessä käytettäväksi rakenteeksi.

Viitekehys jäsentää kokonaisarkkitehtuuria hyödyntävän kehittämisen kuvan 12 mukaisesti kolmeen vaiheeseen: organisaation toimintamallin tai -mallien määrittelyyn, arkkitehtuurirakenteiden tunnistamiseen ja suunnitteluun sekä kehittämisen toimeenpanoon ja toteutukseen. (JUHTA 2017b, s. 25–27.)



Kuva 12. JHS 179:n suunnittelurakenteiden kokonaisuudet (JUHTA 2017b, s. 27, muokattu).

Lähtökohtana kehittämiselle on organisaation strategiaprosessi. JHS 179 ei edellytä käyttämään tai määrittelemään sisältönsä tietyntyyppistä strategiaprosessia, mutta tarjoaa strategiatyöhön välineitä ja toisaalta ohjaa sitä määritellyillä strategiaprozessilla tarvittavilla tuotoksilla.

Strategiaa ja sen sisältämiä toimenpiteitä syötteenään käyttävä organisaation **toimintamallin tai -mallien määrittely** kuvaa, millaisella (liike-)toimintamallilla strategian

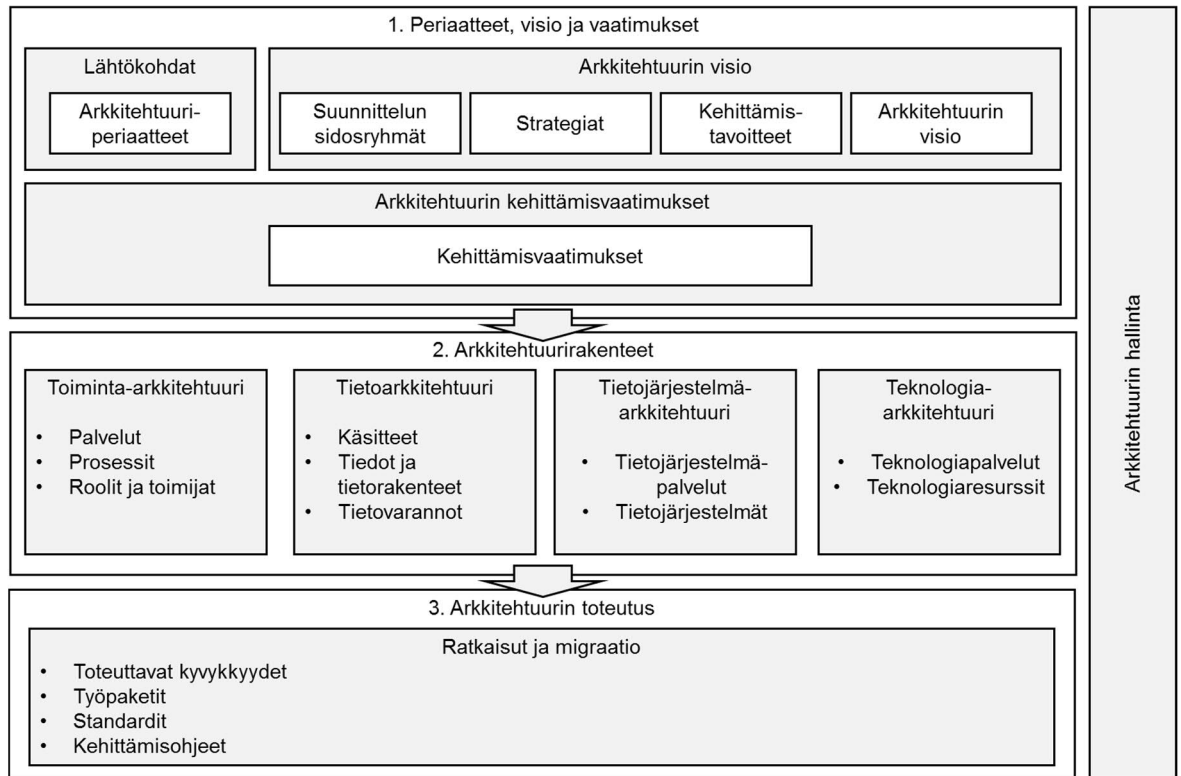
asettamattavat vaatimukset voidaan toteuttaa. Viitekehys ei kuvaa täsmällisesti liiketoimintamallilta vaadittavaa sisältöä, vaan toteaa sen yleisesti kuvaavan tapaa, jolla organisaatio järjestää toimintansa.

Eräs tapa tarkastella liiketoimintamallia on katsoa sen koostuvan organisaation kyvykkyyksistä. Kyvykkyydellä tarkoitetaan ”organisaation kykyä ja taitoa saavuttaa päämääriensä mukaisia vaikutuksia toiminnassa ja sen tuloksissa”.

Kyvykkyydet toimivat JHS 179 -viitekehyksessä keskeisenä rajapintana muodostamien toimintamallien ja organisaation kyvykkyyksiä toteuttavien arkkitehtuurirakenteiden välillä. **Arkkitehtuurirakenteiden tunnistaminen ja suunnittelu** esittää, millaisista prosesseista, tiedoista, järjestelmistä ja teknologioista kyvykkyydet muodostetaan siten, että niistä muodostuu yhtenäinen ja saumattomasti yhteen toimiva kokonaisuus. Arkkitehtuurirakenteiden kuvausten perusteella muodostetaan kehittämistoimenpiteiden toteuttamissuunnitelmat.

Tarkastellaan seuraavaksi arkkitehtuurirakenteiden tunnistamista ja suunnittelua tukevia arkkitehtuurisisällön ja -kuvausten viitekehysä.

Arkkitehtuurisisällön viitekehys sisältää toiminnan kannalta olennaiset rakenteet, jotka on ryhmitelty aikajärjestyksessä kokonaisarkkitehtuurityön vaiheiden mukaisesti periaatteisiin, visioon ja vaatimuksiin liittyviin sisältöihin, arkkitehtuurirakenteisiin sekä arkkitehtuurin toteutukseen ja toteutettavuuteen liittyviin sisältöihin.



Kuva 13. Kokonaisarkkitehtuurin sisältöviitekehys (JUHTA 2017b, muokattu).

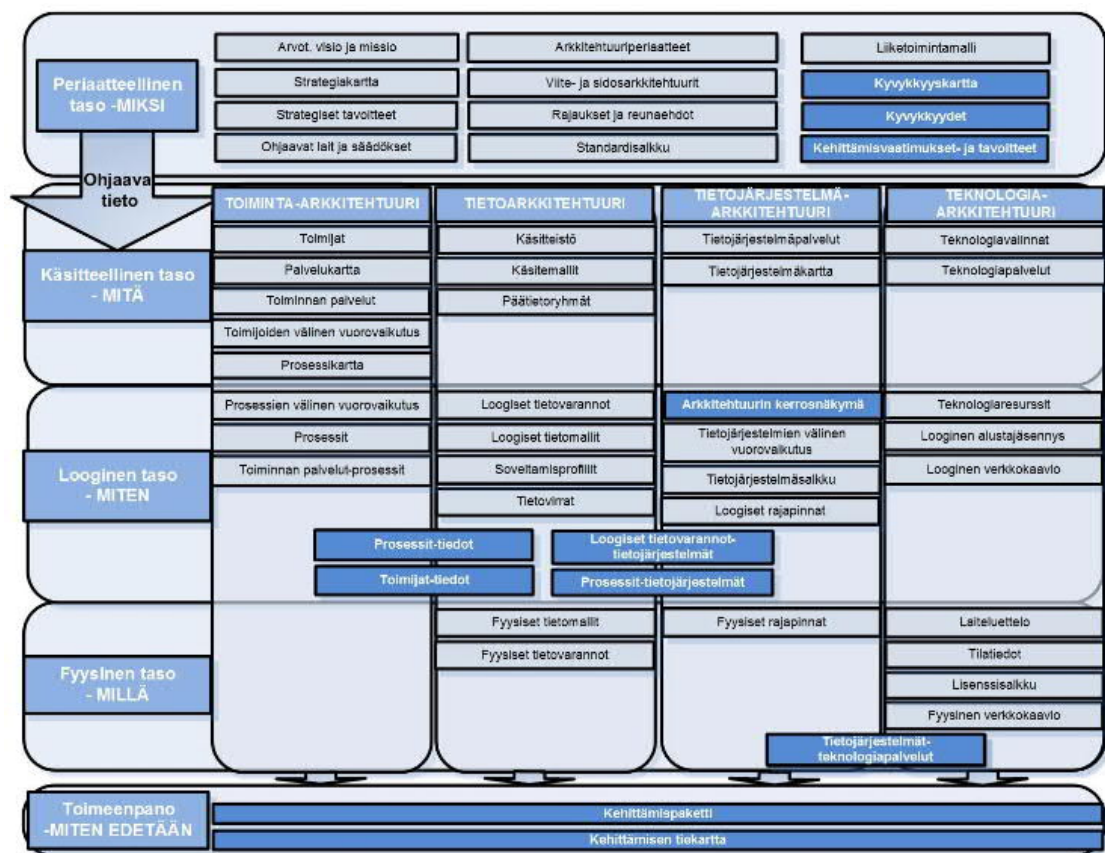
JHS 179 -viitekehysten mukaisen arkkitehtuurityön perustana on **arkkitehtuurin periaatteiden, vision ja vaatimusten** tunnistaminen. Arkkitehtuurin lähtökohtana tunnistetaan tarkasteltava kehittämiskohde ja sen rajaukset, sekä muodostettavaa arkkitehtuuria ohjaavat periaatteet. Arkkitehtuurivision muodostamisella esitetään hahmotelma arkkitehtuurin kohteen tulevaisuudesta. Lisäksi arkkitehtuurityön alkuvaiheessa tunnistetaan sidosryhmät ja niiden vaatimukset, ja sovitetaan ne yhteen. Arkkitehtuurivision tarkoituksena on varmistaa koko arkkitehtuurityön ajan, että suunnittelun kohde ja suunta ovat jatkuvasti selvillä. (JUHTA, 2017b.)

Arkkitehtuurirakenteet ovat edellä kuvatusti organisaation toiminnan vaatimia ja sen kyvykkyyksiä toteuttavia rakenteita. Arkkitehtuurirakenteet auttavat jäsentämään arkkitehtuurin kohteen nykytilaa sekä kuvaamaan sen arkkitehtuurivision mukaista tavoitetilaa. Tunnistetut arkkitehtuurirakenteet on jaoteltu viitekehyksessä toiminta-, tieto-, tietojärjestelmä- ja teknologia-arkkitehtuurin näkymien mukaisesti. Näitä kokonaisarkkitehtuurin näkymiä tarkastellaan lähemmin kohdassa 3.2.3.

Arkkitehtuurin toteutuksen sisällöillä varmistetaan suunnitellun arkkitehtuurin toteutettavuus. Tällöin arkkitehtuurirakenteilla kuvatun tavoitetilan perusteella muodostetaan

esimerkiksi hankkeiden työlistojen (engl. *backlog*) tai työpakettien muodossa esitettäviä kehitystoimenpiteitä.

Arkkitehtuurikuvausten viitekehys esittää kuvaustapoja tarkasteltaviksi valituille arkkitehtuurisisällöille. Jos arkkitehtuurisisällön viitekehysten ajatellaan käsittävän kaikki arkkitehtuurityössä mahdollisesti tarvittavat sisällöt, voidaan arkkitehtuurikuvausten viitekehysten katsoa sisältävän hyväksi havaitut kuvaustavat näille sisällöille. Yhtä sisältöön voi tällöin liittyä useita kuvaustapoja. Kuvaustavat on ryhmitelty niiden abstraktiotason mukaan. Näitä viitekehyksessä tunnistettuja tasoja ovat periaatteellinen taso (miksi?), käsitteellinen taso (mitä?), looginen taso (miten?) ja fyysinen taso (millä?).



Kuva 14. Kokonaisarkkitehtuurin arkkitehtuurikuvausten viitekehys (JUHTA 2017b)

Eri sisältöjä koskevat kuvaukset ovat käytännössä luetteloita, matriiseja, kaavioita tai tekstiä. Osa niistä keskittyy yhteen näkökulmaan liittyvän sisällön kuvaamiseen, ja osa esittää eri näkökulmien välisiä yhteyksiä.

Esimerkiksi palvelukartta voi sisältää luettelon kaikista organisaation tarjoamista palveluista, kuvaten siten toiminta-arkkitehtuurin näkökulmaan liittyvä sisältöä. Palvelukartan voidaan ajatella vastaavan kysymykseen ”mitä palveluja organisaatio tuottaa” ja olevan siten yksi toiminta-arkkitehtuuria esittävästä käsitteellisen tason kuvauksista.

Toisena esimerkkinä voidaan tarkastella prosessitiedot -matriisia, joka taas yhdistää toiminta-arkkitehtuuriin sisältyvät liiketoimintaprosessit niissä tietoarkkitehtuurin näkökulmaan sisältyviin tietoihin.

Tarkastellaan seuraavaksi lähemmin edellä mainittuja toiminta-, tieto-, tietojärjestelmä- ja teknologia-arkkitehtuurin näkökulmia.

3.2.3 Kokonaisarkkitehtuurin näkökulmat

Edellä todetusti kokonaisarkkitehtuuria tarkastellaan tyypillisesti jonkin etukäteen valitun viitekehyksen kautta. Viitekehykset määrittävät tarkastelussa käytettäviä näkymiä ja käsitteitä, auttaen siten osaltaan hallitsemaan monimutkaisuutta, joka väistämättä liittyy organisaation monimutkaisen toiminnan tarkasteluun. Arkkitehtuurinäkökulmien käytön voidaan katsoa perustuvan tarpeeseen tarkastella monimutkaista kokonaisuutta yksi näkökulma kerrallaan. Tämän tarkoituksena on helpottaa suunnittelutyötä muistuttaen kehittämiskohteeseen liittyvistä erilaista näkökulmista ja niiden keskinäisistä riippuvuuksista (JUHTA 2016b).

JHS 179 -viitekehyksessä käytettävä organisaation toiminnan ja tietojärjestelmien muodostaman kokonaisuuden jaottelu toiminta-, tieto-, sovellus- ja teknologia-arkkitehtuuriin perustuu edellä esitetystä TOGAF-viitekehyksessä käytettävään jäsenyyseen. Tämän tyyppinen jaottelu on toisinaan hieman mukailtuna hyvin laajasti käytössä. Ensimmäisen tai erään ensimmäisistä näitä näkymiä käyttävistä arkkitehtuuriviitekehyksistä esitti Stephen Spewak vuonna 1992 (Spewak ja Tiemann 2006).

Seuraavassa tarkastellaan JHS-179 -viitekehykseen sisältyviä toiminta-, tieto-, sovellus- ja teknologia-arkkitehtuurin näkökulmia JHS-suosituksen sisällön (JUHTA 2017b) mukaisesti.

JHS 179 määrittelee **toiminta-arkkitehtuurin** kokonaisarkkitehtuurin näkökulmaksi, joka kuvaa organisaation toiminnalliset rakenteet. Organisaation toiminnallisilla rakenteilla tarkoitetaan muun muassa organisaation sidosryhmiä, palveluita ja tuotteita sekä

prosesseja ja organisaatorakennetta. Toiminta-arkkitehtuurin piiriin sisältyvät itse toiminnan rakenteiden lisäksi myös organisaation visioiden ja strategian kaltaiset toiminnan kehittämisen perusrakenteet.

Toiminta-arkkitehtuurin voidaan ajatella ohjaavan muiden näkökulmien mukaista kehittämistä, sillä se esittää muun muassa organisaation asiakkailleen tarjoamat palvelut, joita esimerkiksi organisaation tietojärjestelmillä tuetaan.

Toiminta-arkkitehtuurin käsitteellinen taso esittää, mitä organisaatiossa tai kehitettävällä osa-alueella tehdään sekä mitkä ovat sen toimintaan liittyvät toimijat ja palvelut. Loogisella tasolla näkökulma kuvaa, miten toimitaan tarkemmalla tasolla eli mitkä ovat toimintaan liittyvät prosessit ja miten prosessit ja niissä liikkuvat tiedot liittyvät toisiinsa. Toiminnan fyysistä tasoa ei yleensä kuvata osana toiminta-arkkitehtuuria.

Tietoarkkitehtuuri on ”kokonaisarkkitehtuurin näkökulma, joka kuvaa organisaation käyttämät tiedot sekä tietojen rakenteet ja suhteet”. (JUHTA 2017b, s. 18.)

Toiminta-arkkitehtuurin voidaan ajatella ohjaavan tietoarkkitehtuuria siten, että tietoarkkitehtuurin tulisi sisältää toiminnan tarvitsemat ja käyttämät tiedot. Sen avulla pyritään luomaan organisaation tai muun kehittämiskohteen yhteinen näkemys keskeisestä tietopääomasta ja helpottamaan tiedon jakamista, hyödyntämistä ja löytämistä.

Tietoarkkitehtuurin käsitteellisellä tasolla kuvataan, mitä tietoa organisaation toiminnassa tarvitaan, käytetään ja tuotetaan, sekä miten tämä tieto liittyy muihin tietoihin (JUHTA, 2017b). Eräs keskeinen tietoarkkitehtuurin käsitteellisen tason tuotos on käsittemalli, joka kuvaa organisaation tai muun kehittämiskohteen toiminnan keskeiset käsitteet, käsitteiden tietosisällöt ja niiden väliset loogiset suhteet. Käsittemalli auttaa yhdistämään esimerkiksi organisaation eri toiminnoissa tai erityisesti laajan kehittämiskohteen eri organisaatioissa käytettävät käsitteet yhtenäiseksi malliksi. Tämä malli toimii muuta kehittämistyötä tukevana työvälineenä, jolla varmistetaan esimerkiksi kehitettävien tietojärjestelmien semanttinen yhteensopivuus. Toinen keskeinen käsitteellisen tason tuotos ovat päätietoryhmät, jotka antavat yleiskuvan organisaatiossa tai kehittämisen kohteessa käsiteltävistä tietoaaineistoista.

Loogisella tasolla tietoarkkitehtuuri tarkastelee toiminnan kannalta keskeisiä tietovarantoja, niiden välisiä suhteet sekä sitä, miten tietoa käytetään. Tarkastelun keskeisiä tuotoksia ovat loogisten tietovarantojen sekä loogisten tietomallien sekä soveltamisprofiilien ja tietovirtojen kuvaukset.

Loogisella tietovarannolla tarkoitetaan toiminnalle ja palveluille olennaista, yhteisesti hallinnoitua joukkoa tietoja tai tietoaineistoja. Vaikka loogisen tietovarannon tiedot voivat käytännössä sijaita useissa eri järjestelmissä, muodostavat ne loogisen tason tarkastelussa yhden toisiinsa liittyvien tietojen kokonaisuuden. Loogiset tietomallit taas täydentävät käsitelmälle lisäämällä niissä esitetyille käsitteille tarvittavia attribuutteja.

Tietoarkkitehtuurin fyysinen taso esittää, missä organisaation tai muun kehityskohteen tuottama ja käyttämä tieto fyysisesti sijaitsee. Fyysistä tasoa kuvattavia tuotoksia ovat organisaation käyttämien tietokantojen, rekisterien ja rajapintojen sisältöjä kuvaavat fyysiset tietomallit ja fyysiset tietovarannot.

Tietojärjestelmäarkkitehtuuri tarkastelee tietoarkkitehtuurissa kuvattuja keskeisiä tietoja käsitteleviä sovelluksia ja niiden muodostamia sovelluskokonaisuuksia, ja määrittää sovellusten keskinäiset suhteet ja riippuvuudet sekä niiden keskeiset ominaisuudet. Tietojärjestelmäarkkitehtuuri ei ota kantaa sovellusten tekniseen toteutukseen, vaan määrittelee, millaiset sovellukset ovat tarpeen organisaatiolle ja mitä tietojärjestelmäpalveluita niiden tulee toteuttaa tietoarkkitehtuurin kuvaamien tietojen käsittelyn ja esittämisen toteuttamiseksi organisaation eri toimijoille ja toisille tietojärjestelmille.

Käsitteellisellä tasolla tietojärjestelmäarkkitehtuuri kuvaa ylätasolla, mitä sovelluksia ja sovelluskokonaisuuksia organisaatio hyödyntää tukeakseen toimintaansa. Tarkastelun keskeisenä tuotoksena on tietojärjestelmäpalveluiden kuvaus. Tietojärjestelmäpalveluilla tarkoitetaan sekä käyttöliittymän kautta käytettäviä loppukäyttäjäpalveluja sekä rajapinnan kautta käytettäviä automatisoituja sovelluspalveluita.

Tietojärjestelmäarkkitehtuurin loogisella tasolla kuvataan, miten sovelluksia käytetään tietoarkkitehtuuriin sisältyvien tietojen siirrossa ja toiminnan tukena. Keskeinen loogisen tason tarkastelun tuotos on arkkitehtuurin kerrosnäkyvä, joka kuvaa miten tietojärjestelmät, tietojärjestelmäpalvelut ja tietovarannot tukevat sekä toisiaan että toiminnan prosesseja ja palveluja. Looginen tietojärjestelmäarkkitehtuuri sisältää myös mm. eri tietojärjestelmien välisen vuorovaikutuksen, tietojärjestelmäsalkun ja loogisten rajapintojen kuvaukset.

Fyysisen tietojärjestelmäarkkitehtuurin keskeisenä kuvauksena ovat fyysiset riippuvuudet tietojärjestelmien ja teknologioiden välillä, eli esimerkiksi sitä, millä teknologioilla tietojärjestelmät on toteutettu.

Teknologia-arkkitehtuuri tarkastelee organisaatiossa käytettäviä teknologioita, standardeja, rakenteita ja infrastruktuuria siten, että niiden muodostama kokonaisuus tukee organisaation toimintaa ja tavoitteita parhaalla mahdollisella tavalla. Käsitteellisellä tasolla teknologia-arkkitehtuuri tarkastelee organisaation teknologiavalintoja ja niille asetettuja tai asetettavia vaatimuksia sekä ylätason teknologiapalveluja. Teknologiavalintojen kuvaamisen avulla pyritään yhtenäistämään käytettäviä teknologioita, kehittämään organisaation perusteknologioihin liittyvää osaamista, tehostamaan ylläpitotoiminnan laatua sekä lisäämään kustannustehokkuutta vähentämällä organisaatiossa käytettäviä keskenään erilaisia laitteistoja ja ohjelmistoja. Ylätason teknologiapalveluilla tarkoitetaan loogisella tasolla tarkasteltavien teknologiaresurssien tarjoamia konkreettisia palveluja.

Loogisella tasolla teknologia-arkkitehtuurin osalta kuvataan teknologiaresurssit, looginen alustajäsennys ja looginen verkkokaavio. Teknologiaresursseja ovat esimerkiksi ohjelmistotuotteet ja suoritusympäristöt, joiden avulla toteutetaan edellä mainittuja teknologiapalveluja. Looginen alustajäsennys tarkoittaa tietojärjestelmäarkkitehtuuriin sisältyvää kerrosarkkitehtuurin kuvauksen esittämällä mistä loogisista osista teknologiapalvelut koostuvat. Looginen verkkokaavio taas kuvaa tietoliikenneverkkojen loogisen rakenteen ja niiden yhteydet sidosryhmien verkkoihin ja tietovarantoihin.

Viimeisenä tarkasteltavana osa-alueena fyysinen teknologia-arkkitehtuuri kuvaa käytössä olevat konkreettiset teknologiat, niiden ominaisuudet sekä niiden elinkaaret. Fyysisen tason teknologia-arkkitehtuuria kuvaavia tuotoksia ovat laiteluettelo, fyysisten laitteiden tiedot, lisenssisalkku ja fyysinen verkkokaavio.

Kokonaisarkkitehtuurin näkökulmia tarkasteltaessa nähdään siis tarkastelun tarkkuustason etenevän organisaation asiakkailleen tarjoamien palvelujen tasolta aina tietojärjestelmien yhteydessä käytettävien laitteiden ja laitteiden tarkasteluun asti. Sen toimintalähtöisen tarkastelun ei kuitenkaan voida katsoa kiinnittävän erityisesti huomiota organisaation käyttämien ohjelmistojen sisäiseen toteutustapaan. Tarkastellaan seuraavaksi tätä tarkastelevaa ohjelmistoarkkitehtuurin näkökulmaa.

3.3 Ohjelmistoarkkitehtuuri

Kokonaisarkkitehtuurin todettiin edellä organisaation rakennetta ja ominaisuuksia tietyistä näkökulmista tarkastelevaa kuvausta, eli yksinkertaistettua mallia organisaation

eri piirteistä. Samoin ohjelmiston arkkitehtuurin voidaan katsoa olevan yksinkertaistettu malli ohjelmistosta (Koskimies & Mikkonen, 2005). Perusluonteeltaan monimutkaisten, näkymättömien ja vaikeasti hahmotettavien ohjelmistojen tarkastelu arkkitehtuurin keinoin auttaa erottamaan niiden keskeiset piirteet lukemattomien yksityiskohtien joukosta – näkemään metsän puilta.

Ohjelmiston arkkitehtuuria voidaan haluta esittää eri käyttötarkoituksia varten erilaisilla tarkkuustasoilla, erilaisista näkökulmista ja erityyppisinä kuvauksina. Mallilla voidaan haluta tarkastella esimerkiksi millaisiin osiin ohjelmiston lähdekoodi on jaettu (staattinen kuvaus) tai miten se käyttäytyy suorituksen aikana (dynaaminen kuvaus). Ohjelmiston kehittäjät saattavat haluta tietää millaisista osista järjestelmä koostuu (looginen näkymä) tai miten järjestelmän eri osat sijoitetaan toimimaan useammalle tietokoneelle (fyysinen näkymä). (Koskimies & Mikkonen 2005, s. 35–38.)

Taylorin, Medvidovicin ja Dashofyn (2010, s. 58) esittämän määritelmän mukaan ohjelmistojärjestelmän arkkitehtuuri on tärkeimpien järjestelmään kohdistuneiden suunnittelupäätösten joukko¹¹. Nämä suunnittelupäätökset voivat liittyä mihin tahansa järjestelmän piirteeseen, kuten järjestelmän osien väliseen rakenteeseen, sen suoritusenaikaiseen toimintaan, osien väliseen vuorovaikutustapaan, järjestelmän ei-toiminnallisiin ominaisuuksiin tai järjestelmän tekniseen toteutustapaan.

Edellä esitettyjen kuvausten perusteella **ohjelmistoarkkitehtuurin** voidaan katsoa tarkoittavan ohjelmiston ominaisuuksiin liittyviä tärkeimpiä periaatteita. Nämä periaatteet muodostuvat järjestelmän suunnittelussa tehtyjen päätösten tuloksena ja ne ohjaavat järjestelmän kehittymistä koko sen elinkaaren ajan. Ohjelmistoarkkitehtuuriin voidaan erilaisia arkkitehtuuriin liittyviä käsitteitä tarkasteltaessa viitata myös konkreettisena arkkitehtuurina, sillä se kuvaa jonkin yksittäisen konkreettisen ohjelmiston arkkitehtuuria.

Ohjelmiston toteutukseen liittyviä periaatteita ja suunnittelupäätöksiä kuvattaessa on tarkoituksenmukaista käyttää yleisesti tunnettuja kuvausmenetelmiä ja käsitteitä. Yksikäsitteistä ja täsmällistä **arkkitehtuurin kuvauskieltä** (engl. *architecture description language*, lyh. *ADL*) käytettäessä ohjelmistoarkkitehtuuri voidaan esittää mahdollisimman yksiselitteisesti ilman luonnollisesta kielestä aiheutuvia väärinkäsityksiä ja monitulkinnallisuuksia.

¹¹ ”A software system’s architecture is the set of principal design decisions made about the system.”

Jos arkkitehtuurilla kuvataan konkreettisen toteuttavan tai jo toteutetun ohjelmiston piirteitä, **meta-arkkitehtuurilla** tarkoitetaan itse arkkitehtuurikuvauksen kuvausta – arkkitehtuurin arkkitehtuuria. Koskimies ja Mikkonen (2005, s. 33) esittävät meta-arkkitehtuurin kuvaavan ”käsitteistön ja mekanismit, joilla varsinaisia arkkitehtuurikuvauksia annetaan”. Meta-arkkitehtuuri voidaan katsoa tällöin tietyn aihepiirin arkkitehtuurien kuvaamiseen soveltuvaksi laajennukseksi arkkitehtuurin kuvauskielelle. Toisaalta jos arkkitehtuurin määritellään tarkoittavan tärkeimpiä ohjelmistoa koskevia suunnittelu päätöksiä, voidaan meta-arkkitehtuuri ajatella laajemmin varsinaista arkkitehtuuria koskevinä keskeisinä päätöksinä.

Referenssiarkkitehtuuri eroaa meta-arkkitehtuurista kuvaamalla ratkaisun tietynlaisten ohjelmistojen toteuttamiseksi. Siinä missä meta-arkkitehtuuri kuvaa arkkitehtuuria, kuvaa referenssiarkkitehtuuri monistettavaa ratkaisutapaa. Taylor ym. (2010, s. 58) määrittelevät referenssiarkkitehtuurin joukoksi tärkeimpiä suunnittelupäätöksiä, jotka ovat samanaikaisesti sovellettavissa useisiin toisiinsa liittyviin järjestelmiin. Näiden järjestelmien Taylor ym. (2010) toteavat olevan tyypillisesti saman sovellusalueen järjestelmiä¹².

Arkkitehtuurityyli on referenssiarkkitehtuuria väljempään kohdealueeseen sovellettava arkkitehtuuri. Taylor ym. (2010, s. 73) määrittelevät arkkitehtuurityylin nimetyksi kokonaisuudeksi arkkitehtuurillisia suunnittelupäätöksiä, jotka ovat sovellettavissa annetussa kehityskontekstissa, rajoittavat kontekstin puitteissa suunniteltavan järjestelmän arkkitehtuurillisia suunnittelupäätöksiä ja tuottavat hyödyllisiä ominaisuuksia tuotettuihin järjestelmiin.¹³

Seuraavassa luvussa tullaan tarkastelemaan kolmea erilaista – monoliittista, palvelukeskeistä ja mikropalveluihin perustuvaa – arkkitehtuurityyliä.

¹² ”A reference architecture is the set of principal design decisions that are simultaneously applicable to multiple related systems, typically within an application domain, with explicitly defined points of variation.”

¹³ ”An architectural style is a named collection of architectural design decisions that (1) applicable in a given development context, (2) constrain architectural design decisions that are specific to a particular system within that context and (3) elicit beneficial qualities in each resulting system.”

3.4 Yhteenveto luvusta

Tässä luvussa tarkasteltiin kokonaisarkkitehtuurin ja ohjelmistoarkkitehtuurin käsitteitä. Luvun alussa tarkasteltiin lyhyesti sekä yleistä arkkitehtuurin määritelmää sekä kokonaisarkkitehtuurin käsitettä. Kokonaisarkkitehtuurille todettiin olevan tunnusomaista laaja katsantokanta, joka ylittää toimintaprosesseista ja niitä tukevien tietojärjestelmien tekniseen toteutukseen asti. Kuvauksen kohdealueena voi olla useista organisaatioista muodostuva kokonaisuus, yksittäinen organisaatio tai sen osa. Kokonaisarkkitehtuuria voidaan näin ollen ajatella yhtenä menetelmänä strategisen yhdenmukaisuuden saavuttamiseen, eli organisaation ulkoisen toimintaympäristön ja sisäisen toiminnan sekä toisaalta (liike-)toiminnan ja sitä tukevan informaatioteknologian yhdenmukaisiksi saattamiseen.

Kokonaisarkkitehtuuria todettiin voitavan tarkastella kilpailuetua tuottavana menetelmänä, jolla luodaan organisaation toimintamallia (engl. *operating model*) toteuttava ydinprosessien ja niitä tukevien keskeisten järjestelmien muodostama toiminnan perusta. Kokonaisarkkitehtuurilla saavutettaviksi hyödyiksi tunnistettiin kasvaneet mitta-kaavaedut, parantunut yhteensopivuus ja integrointi, lisääntynyt uudelleenkäytettävyys, lisääntynyt standardointi, alentuneet kustannukset ja lyhentyneet prosessin läpimenoajat sekä kehittyvä kokonaisarkkitehtuurin hallinta, parantunut päätöksenteko, ja kokonaiskuvan muodostuminen organisaatiosta.

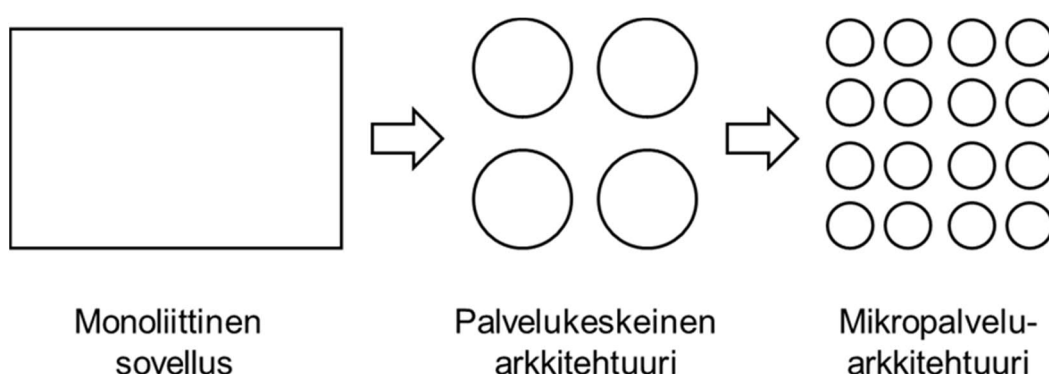
Kokonaisarkkitehtuurin tarpeen ja sillä saavutettavien hyötyjen tarkastelusta siirryttiin esittämään yksityiskohtaisemmin kokonaisarkkitehtuurin sisältöä. Sisältöä tarkasteltiin erityisesti julkishallinnolle suunnatun JHS 179 -viitekehyksen kautta. Viitekehyksen todettiin määrittelevän mm. arkkitehtuurisisältöjen ja -kuvausten mallit sekä arkkitehtuurityön etenemistä kuvaavan mallin. Erityistä huomiota kiinnitettiin viitekehykseen sisältyviin toiminta-, tieto-, tietojärjestelmä- ja teknologia-arkkitehtuurin näkökulmiin. Kokonaisarkkitehtuurin tarkastelun jälkeen esitettiin vielä ohjelmistoarkkitehtuuriin liittyviä käsitteitä.

4 Mikropalveluarkkitehtuuri

Tähän mennessä työssä on tarkasteltu liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuuteen liittyviä kysymyksiä, esitetty yhdenmukaisuutta tukeva bimodaalisen IT-toiminnon malli, sekä tarkasteltu kokonaisarkkitehtuuria organisaation strategian, prosessit ja tietojärjestelmät yhdistävänä menetelmänä. Tässä viimeisessä teorialuvussa esitetään keskeisiä piirteitä mikropalveluarkkitehtuurista, jonka soveltuvuutta digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon yhtenäistämiseen työssä arvioidaan. Arkkitehtuurityyli pyrittään esittämään tarkkuustasolla, joka mahdollistaa tämän.

4.1 Mikropalveluarkkitehtuuri osana arkkitehtuurityylien jatkumoa

Mikropalveluarkkitehtuuri esitetään usein seuraavassa kohdassa käsiteltävän monoliittisen arkkitehtuurin vastakohtana, ja toisaalta vaihtoehtoisena toteutustapana tai seuraavana kehitysaskeleena palvelukeskeiselle arkkitehtuurille (engl. *service-oriented architecture*, lyh. *SOA*). Näitä kolmea arkkitehtuurityyliä voidaan tarkastella kuvan 15 mukaisena jatkumona, jossa monoliittinen, palvelukeskeinen ja mikropalveluista koostuva toteutustapa asettuvat niin niiden yleistymisajankohdan, moduulien välisten riippuvuuksien vahvuuden kuin toteutettavien ohjelmistomodulien koon mukaiseen järjestykseen.



Kuva 15. Monoliittinen sovellus, palvelukeskeinen arkkitehtuuri ja mikropalveluarkkitehtuuri jatkumona..

Eri arkkitehtuurityylien tarkastelu auttaa hahmottamaan, millaisia aiemman arkkitehtuurityylin haasteita sekä palvelukeskeisellä arkkitehtuurilla että mikropalveluilla on py-

ritty ratkaisemaan. Toisaalta on jatkumon eri kohtia tarkasteltaessa huomattava, että arkkitehtuurityylit eivät ole korvanneet toisiaan siten, että palvelukeskeinen arkkitehtuuri tai mikropalvelut olisivat tehneet monoliittisen toteutustavan yleisesti vanhentuneeksi tai epätarkoituksenmukaiseksi. Siksi kaikkien kolmen tyylin tarkastelu auttaa työhön sisältyvässä tapaustutkimuksessa tunnistamaan tarkoituksenmukaiset käyttökohteet kullekin tavalle toteuttaa sovelluksia.

Luvun alussa tarkastellaan monoliittista arkkitehtuuria ja siihen liittyviä haasteita. Samassa yhteydessä tarkastellaan jo myös työn pääasiallisena aiheena olevaa mikropalveluarkkitehtuuria niiltä osin, kuin se vastaa esitettyihin haasteisiin.

Monoliittisen arkkitehtuurin jälkeen siirrytään tarkastelemaan palvelukeskeistä arkkitehtuuria, siihen liittyviä käsitteitä ja sen soveltamisessa noudatettavia suunnitteluperiaatteita, jotka pätevät myös mikropalvelujen suunnittelussa. Lisäksi tarkastellaan lyhyesti palvelukeskeiselle arkkitehtuurille vakiintuneita teknisiä toteutustapoja. Palvelukeskeisestä arkkitehtuurista siirrytään tarkastelemaan lopulta tarkastelemaan lähemmin mikropalveluarkkitehtuuria ja sen yksityiskohtaisempia toteutustapoja.

4.2 Monoliittiset sovellukset mikropalvelujen vastakohtana

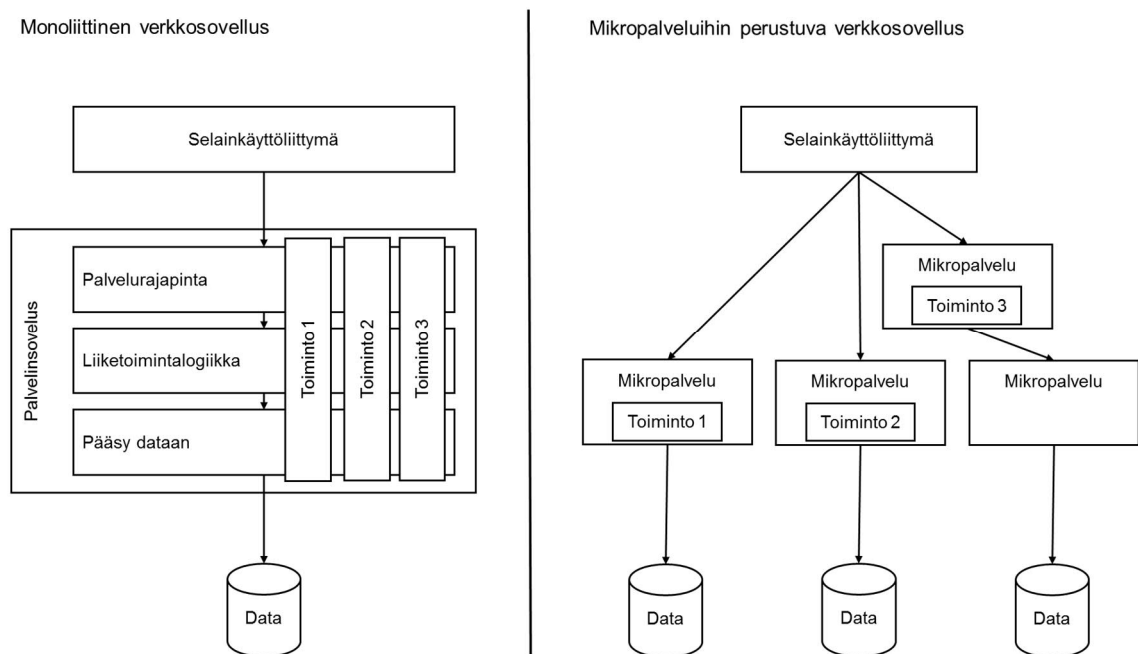
Mikropalveluarkkitehtuuria koskevan tarkastelun aluksi on aiheellista tarkastella ohjelmistoihin liittyviä haasteita, joita mikropalveluarkkitehtuurilla on pyritty ratkaisemaan. Mikropalveluihin perustuva ohjelmistoarkkitehtuuri esitetään kirjallisuudessa tyypillisesti vastakohtansa, **monoliittisen arkkitehtuurin**, kautta tarkasteltuna.¹⁴ Monoliittista arkkitehtuuria noudattavat ohjelmistot ovat kokonaisuudessaan toteutettuja yhdeksi käyttöjärjestelmän prosessissa suoritettavaksi ohjelmaksi. Vaikka tällaiset ohjelmistot koostuvat tyypillisesti useista toisistaan loogisesti erillisistä moduuleista, kaikki niiden moduulit sisältyvät samaan ohjelmaan, eikä niitä voida suorittaa erillisesti toisistaan.

Esimerkiksi verkkosovellusten perinteinen monoliittinen toteutustapa perustuu kuvan 16 mukaisesti palvelimella suoritettavaan sovellukseen, joka huolehtii niin selaimella suoritettavan käyttöliittymän muodostamisesta ja lähettämisestä käyttäjälle, käyttöliittymästä tehtävien palvelukutsujen käsittelystä, liiketoimintalogiikasta kuin tyypillisesti

¹⁴ Monoliittista arkkitehtuuria mikropalvelujen vastakohtana käsittelevät esimerkiksi Lewis ja Fowler (2014), Dragoni ym. (2017) ja Strimbei ym. (2015).

tietokantaan tallennettujen sovelluksen tietojen muokkaamisesta. Merkittävä osa sovelluksesta koostuu tyypillisesti jostakin sovelluksen toteutuksen pohjaksi valitusta ohjelmistokehyksestä, joka sisältää verkkosovelluksille yhteisiä toistuvia piirteitä, kuten selaimelta tulevien HTTP-pyyntöjen käsittelyn ja niihin vastaamisen tai selaimessa esitetävän HTML-sivun muodostamisen.

Monoliittisessa toteutustavassa myös kaikki sovellukseen sisältyvä liiketoimintaa tukeva toiminnallisuus on toteutettu tähän samaan sovellukseen. Esimerkiksi tuntikirjanpitojärjestelmä voisi sisältää sekä työntekijöille tarkoitetun tehtyjen työtuntien syöttötoiminnallisuuden että syötettyihin tietoihin perustuvan palkanlaskentatoiminnallisuuden.



Kuva 16. Monoliittinen ja mikropalveluihin perustuva verkkosovellus.

Keskeisinä haasteina monoliittisessa toteutustavassa voidaan Lewisin ja Fowlerin (2014) esittämän mukaisesti pitää ainakin

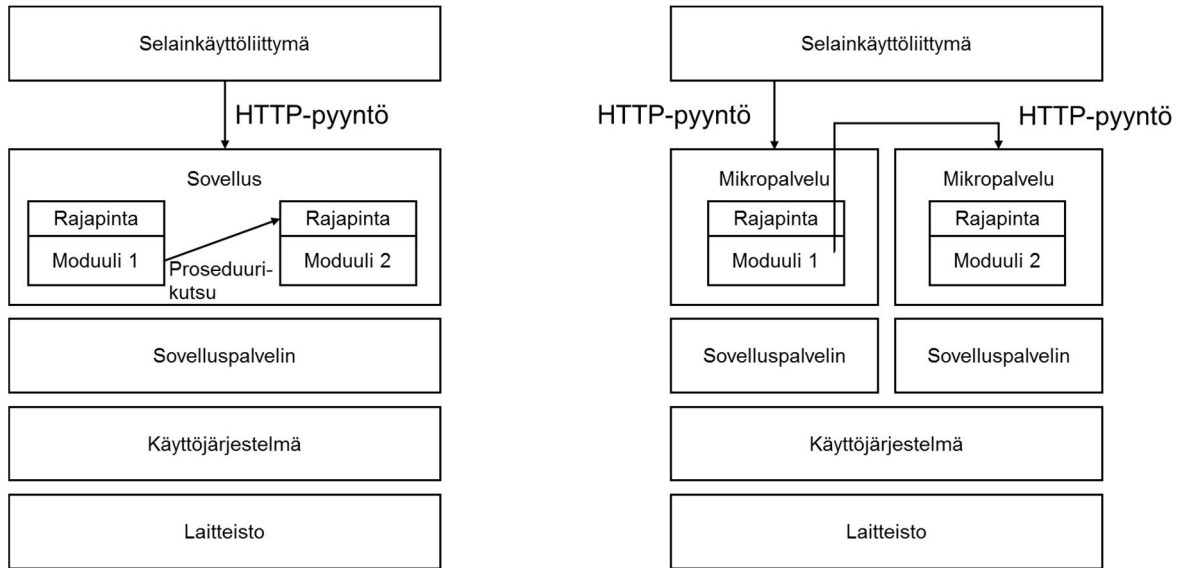
- laajoihin ohjelmistoihin muodostuvaa monimutkaisuutta, joka aiheuttaa sovelluksen elinkaaren aikana ongelmia sen jatkokehityksessä ja ylläpidossa,
- sovelluksen pitkäkestoisesta kääntämisestä ja asennuksesta aiheutuvaa ohjelmistokehityksen ja -testauksen hidastumista,
- sovelluksen suorituskyvyn kasvattamista sen käytön lisääntyessä, sekä

- sovellusten toteutuksessa käytettävien ohjelmointikielten sekä ohjelmistokehysten ja -kirjastojen valinnan rajoittumista.

Tarkastellaan seuraavassa lähemmin näitä haasteita, ja esitetään, miten mikropalveluihin perustuva toteutustapa vastaa niihin.

Tarkasteltaessa monoliittisille sovelluksille monimutkaisuudesta aiheutuvia haasteita, on aiheellista todeta, että monoliittiset sovellukset voivat rakentua hyvin rajatuista moduuleista, noudattaen tarkoituksenmukaista ohjelmistoarkkitehtuuria ja säilyä ylläpidettävänä koko elinkaarensa ajan. Ohjelmistokehityksessä on jo kymmeniä vuosia sitten tunnistettu tarve koostaa laajat ohjelmistot moduuleista, jotka ovat keskenään vuorovaikutuksessa **rajapintojen** kautta. Koskimies ja Mikkonen (2005) esittävät rajapinnan välineeksi erottaa toisistaan se, *mitä* halutaan saada aikaiseksi ja *miten* tämä saavutetaan. Rajapinta antaa moduulin käyttäjälle ne tiedot, joita hänen tulee sitä käyttäessään tietää. Moduulin sisäinen toteutustapa taas määrää sen, miten rajapinnassa kuvattu toiminnallisuus toteutuu. Kun ohjelmiston moduuli käyttää toista moduulia, muodostuu niiden välille riippuvuus. Rajapinnan käytön voidaan katsoa heikentävän tätä riippuvuutta, koska käytetyn moduulin sisäisen toteutustavan muutokset eivät vaikuta sitä hyödyntäviin moduuleihin. Ohjelmistoarkkitehtuurissa pyritään yleensä vähentämään ohjelmiston eri osien välisiä riippuvuuksia, sillä ne hankaloittavat muun muassa ohjelmiston ylläpidettävyyden, sen osien uudelleenkäytettävyyden ja kehitystyön hajauttamisen kaltaisia tavoitteita (Koskimies & Mikkonen 2005).

Edellä todetusti hyvä ohjelmistoarkkitehtuurin suunnittelu mahdollistaa riippuvuuksien vähentämisen myös monoliittisten sovellusten osien välillä. Koska moduulit suoritetaan kuitenkin samassa käyttöjärjestelmän prosessissa, ovat ne väistämättä melko vahvassa sidoksessa keskenään. Toisaalta saman prosessin sisällä toimimisesta on myös hyötynsä – esimerkiksi prosessin sisällä moduulista toiseen tehty proseduurikutsu on kertaluokkaa nopeampi kuin toiseen mikropalveluun HTTP-pyyntönä tehty kutsu (kuva 17).



Kuva 17. Moduulien välinen vuorovaikutus monoliittisessä ja mikropalveluista koostuvassa sovelluksessa.

Käytännössä monoliittisille ohjelmistoille suunnitellun ohjelmistoarkkitehtuurin ja modulaarisen rakenteen ylläpito osoittautuu usein haastavaksi ohjelmiston elinkaaren aikana. Ohjelmistoon kohdistuvat vaatimukset voivat esimerkiksi elinkaaren aikana muuttua siten, että ohjelmistolle alun perin suunniteltu arkkitehtuuri ei tue niitä. Ohjelmistoa kehittävä henkilöt voivat vaihtua useita kertoja ohjelmiston elinkaaren aikana, ja siihen toteutettavat uudet ominaisuudet voidaan toteuttaa alkuperäisen arkkitehtuurin vastaisesti. Toisin sanoen ohjelmistolle suunniteltu arkkitehtuuri ja rakenne voivat ajan kuluessa päästä rapautumaan useista eri syistä.

Martin (2003) esittää tunnusmerkkejä, jotka kertovat ohjelmiston elinkaaren aikana tapahtuvasta ohjelmiston rakenteen rapautumisesta – ohjelmistoon tehdyt muutokset vaativat lisää muutoksia ohjelmiston eri osiin ja toisaalta aikaansaavat virhetilanteita vaikeasti ennakoitavissa paikoissa ohjelmistossa, ohjelmistosta on vaikeaa eriyttää muualla uudelleenkäytettäviä osia, se sisältää tarpeetonta monimutkaisuutta ja turhaan toistuvia rakenteita ja sen toimintaa on vaikeaa hahmottaa sen lähdekoodia tarkastelemalla. Huonosti rakentunut ohjelmisto myös houkuttelee muutostilanteissa arkkitehtuurin vastaisiin ratkaisuihin, jotka entisestään huonontavat ohjelmiston rakennetta.

Mikropalveluihin perustuvassa toteutustavassa yksittäisten palvelujen rakenteen voidaan ajatella säilyvän niin yksinkertaisena, että sen sisäinen toteutustapa on helpommin ymmärrettävissä ja hallittavissa. Moduulien erottaminen toisistaan eri sovelluspalveli-

milla toimiviin mikropalveluihin myös pakottaa käyttämään niitä suunnitellusti rajapintoja hyödyntäen ja auttaa siten säilyttämään sovellukselle suunniteltua arkkitehtuuria. Toisaalta mikropalveluihin perustuva toteutustapa luo monoliittiseen toteutukseen verrattuna uudenlaista monimutkaisuutta, jota tarkastellaan edempänä.

Toinen käytännönläheinen haaste monoliittisesti toteutettujen ohjelmistojen kehittämisessä on, että sovellukseen tehtyjen muutosten testaus ja käyttöönotto vaativat tyypillisesti koko sovelluksen kääntämisen, asentamisen ja uudelleenkäynnistämisen. Vaikka muutos tehtäisiin vain yhteen sovelluksen useista moduuleista, sen testaaminen ja käyttöönotto voi kestää käytännössä yhtä pitkään kuin laajempien, useita moduuleja koskevien muutosten tekeminen.

Mikropalveluina kehitettävän sovelluksen eri moduuleja voidaan kehittää, testata ja päivittää toisistaan riippumattomasti. Kun mikropalvelun kehitystyö organisoidaan siten, että kehittäjätiimit työskentelevät yksittäisen mikropalvelun parissa (esimerkiksi tunti-kirjauspalvelu) monoliittisen sovelluksen arkkitehtuurikerroksen sijasta (esimerkiksi datakerros), saadaan palveluun tehdyt muutokset vietyä tuotantokäyttöön asti erittäin nopeasti. Mikropalvelujen ympärille organisoitumisen lisäksi tätä tavoitetta edesautetaan mikropalvelujen yhteydessä laajalti käytetyllä toistuvan työn automatisoinnilla. Edempänä tarkastellaan lähemmin mikropalvelujen kehittämisessä yleisesti käytettäviä välineitä ja menetelmiä.

Kolmas edellä todettu monoliittisten sovellusten haaste liittyy niiden käsittelykapasiteetin kasvattamiseen, eli niiden skaalautumiseen, sovelluksen käytön kasvaessa. Koska sovelluksen eri moduulit toimivat yhtenäisenä kokonaisuutena yhdessä käyttöjärjestelmän prosessissa, joudutaan suorituskykyä tyypillisesti kasvattamaan luomalla sovelluksesta useita ilmentymiä (engl. *instance*) toimimaan rinnakkain eri palvelimilla. Esimerkiksi vuorovaikutteisen verkkosovelluksen tapauksessa sovellukselle eri käyttäjien selainkäyttöliittymistä tulevat pyynnöt ohjataan tällöin kuormanjakajan kautta näille rinnakkain toimiville sovelluksen ilmentymille käsiteltäviksi.

Mikropalveluina toteutettavassa sovelluksessa suorituskyvyn kasvattaminen voidaan tehdä edellä kuvattua tapaa täsmällisemmin. Kasvaneesta käytöstä aiheutuva suorituskyvyn tarpeen kasvu voi kohdistua epätasaisesti sovelluksen eri moduuleihin, jolloin itsenäisinä mikropalveluina toteutettujen moduulien ilmentymiä voidaan tarpeen mukaan lisätä, luomatta samalla uusia tarpeettomia ilmentymiä muista moduuleista.

Neljäs ja viimeinen edellä tunnistettu haaste monoliittisten sovellusten toteutuksessa on, että samaan sovellukseen toteutettavat moduulit tulee ja kannattaa tyypillisesti toteuttaa samalla ohjelmointikielellä ja hyödyntäen samoja ohjelmistokehyksiä. Koska moduulit käännetään yhdeksi käyttöjärjestelmän suorittamaksi ohjelmaksi, tulee niiden tyypillisesti olla toteutettu samalla kääntäjän ymmärtämällä ohjelmointikielellä, joitakin poikkeuksia (esimerkiksi suorituksen aikaisesti tulkattavia sovelluksen osia) lukuun ottamatta.

Samaan haasteeseen liittyvät myös monoliittisen ohjelmiston moduulien yhteiset riippuvuudet ohjelmistokirjastoihin. Sovellusta varten toteutettavat moduulit käyttävät yleensä valmiita ohjelmistokirjastoja osana toimintaansa. Esimerkiksi palkanlaskusovellus voisi hyödyntää valmista ohjelmistokirjastoa, johon on toteutettu rahasummilla tehtävään laskentaan liittyviä tietorakenteita ja proseduureja. Kun useat moduulit käyttävät samaa kirjastoa, voi aiheutua tilanteita, joissa ohjelmistokirjaston päivittäminen uuteen versioon auttaa korjaamaan ongelman toisessa moduulissa, mutta rikkoo aiemmin toimineen toisen moduulin.

Ohjelmiston moduulien toteuttaminen itsenäisissä mikropalveluissa mahdollistaa tarkoituksenmukaisten ohjelmointikielten sekä ohjelmistokehysten ja -kirjastojen vapaamman tapauskohtaisen valinnan. Yksittäisen mikropalvelun toteutukseen voidaan tällöin valita esimerkiksi palvelua kehittävä tiimin osaamista vastaava tai tietynlaisten ongelmien ratkomiseen hyvin soveltuva ohjelmointikieli. Käytettävät ohjelmistokehykset ja -kirjastot eivät muodostu riippuvuudeksi muille moduuleille, joten myös niiden valinta ja versiointi koskevat vain yksittäistä mikropalvelua.

Monoliittisten sovellusten haasteiden tarkastelu on aiheellista päättää toteamalla mikropalveluihin perustuvan toteutustavan aiheuttavan omanlaisiaan haasteita, joita tarkastellaan edempänä.

4.3 Palvelukeskeinen arkkitehtuuri mikropalvelujen edeltäjänä

Tarkastellaan seuraavaksi, millaisia arkkitehtuureja voidaan luonnehtia palvelukeskeiseksi. Tarkastelun aluksi esitetään palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin liittyviä keskeisimpiä käsitteitä. Tämän jälkeen kuvataan palvelukeskeisessä arkkitehtuurissa noudatettavia suunnittelun periaatteita.

4.3.1 *Palvelukeskeisen arkkitehtuurin käsitteitä*

Palvelukeskeisen arkkitehtuurin (kuten myöhemmin esiteltävän mikropalveluarkkitehtuurinkin) lähtökohtana on niin toiminnan kuin ohjelmistojenkin jakaminen itsenäisiin palveluihin.

Palvelulle on palvelukeskeisen arkkitehtuurin yhteydessä esitetty useita keskenään samansuuntaisia määritelmiä. The Open Group (2007) esittää palvelun olevan toistettavan ja määritellyn tuotoksen tuottavan liiketoiminnan aktiviteetin looginen esitys. Tällainen aktiviteetti voi olla esimerkiksi asiakkaan luottoluokituksen tarkastaminen tai säätiedon toimittaminen. Erlin (2008) mukaan palvelua voidaan ajatella toisiinsa liittyvien kyvykkyyksien kokoelmana. Näin ajateltuna palvelu koostuu nämä kyvykkyydet toteuttavasta sisäisestä logiikasta ja palvelun käyttäjälle esitetystä kuvauksesta tai sopimuksesta palvelun hyödyntämiseksi.

Palvelulle valitusta täsmällisestä määritelmästä riippumatta palveluille on keskeistä, että niiden käyttäjien ei tarvitse tuntea palvelun sisäistä rakennetta tai toteutustapaa, vaan he voivat käyttää palvelua siitä annetun kuvauksen – **palvelun rajapinnan** – perusteella. Rajapinta voi arkkitehtuurikuvauksen tasosta riippuen tarkoittaa loogista kuvausta, jonka perusteella asiakas voi esimerkiksi käyttää palveluntarjoajan palvelua (liiketoiminta-arkkitehtuuri) tai teknisen rajapinnan täsmälliseen kuvauskieleen perustuvaa määrittelyä (järjestelmäarkkitehtuuri). Yhteistä rajapinnan käsitteelle tarkastelutasosta riippumatta on, että se kuvaa palvelua sen käyttäjän näkökulmasta palvelun, ja piilottaa palvelun sisäisen toteutustavan.

Koska palvelun toteutustapa ei näy sen käyttäjälle, voidaan useista palveluista koostaa **palvelujen kompositio**, joka näyttäytyy käyttäjälleen yhtenä rajapintana, mutta käyttää rajapinnassa kuvattua toiminnallisuuden toteuttamiseen koordinoitusti useita yksityiskohtaisempia palveluja. Esimerkiksi tilauksen käsittely -palvelu voisi koostua toimintaa koordinoivasta logiikasta, joka muun muassa tarkastaa tuotteen varastotilanteen yhdestä palvelusta ja tarkastaa oletetun toimitusajan toiselta palvelulta.

Palvelun käsitteen laajuudesta johtuen tässä työssä pyritään sekaannusten välttämiseksi tarvittaessa kutsumaan palveluja joko **liiketoiminnan palveluiksi** tai **teknisiksi palveluiksi**. Liiketoiminnan palvelut ovat lähempänä arkielämän käsitystä palvelusta, jossa asiakas käyttää palveluntuottajan tarjoamaa palvelua tuntematta välttämättä sen toteutustavan yksityiskohtia. Tekniset palvelut taas ymmärretään Legnerin ja Heutschin

(2007) esittämän määritelmän mukaisesti ohjelmistojen toisille sovelluksille tarjoamana vakaana ja uudelleenkäytettävänä, liiketoiminnan tarkkuustasolla ja laajalti käytetyillä standardeilla esitettynä toiminnallisuutena.¹⁵ Yleisellä tasolla palveluista puhuttaessa tai asiayhteyden tehdessä täsmällisemmän merkityksen selväksi puhutaan näiden sijasta vain palveluista.

4.3.2 Palvelukeskeisen arkkitehtuurin suunnitteluperiaatteita

Palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin liittyvien käsitteiden ohella keskeinen tapa määritellä arkkitehtuurityyliä on siihen sisältyvien suunnitteluperiaatteiden tunnistaminen. Tarkastellaan seuraavaksi palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin sisältyviä suunnitteluperiaatteita Erlin (2008) esittämän mukaisesti.

On huomionarvoista, että periaatteet liittyvät usein vahvasti toisiinsa ja niiden noudattaminen tukee toisten periaatteiden toteutumista. Standardoidun palvelusopimuksen, löyhien sidosten, abstrahoinnin ja palvelujen löydettävyyden voidaan katsoa liittyvän erityisesti palvelusopimuksen muodostamiseen, kun taas loppujen esitettävistä periaatteista voidaan katsoa liittyvän myös palvelun sisäiseen toteutustapaan.

Standardoitu palvelusopimus (engl. *standardized service contract*). Palvelun ja palvelurajapinnan määrittelyn yhteydessä todettiin, että palvelujen käyttäjille julkaistaan niiden käyttöä koskeva sopimus, jonka avulla palvelun toteutustapaa ei tarvitse sitä käytettäessä tuntea. Erl (2008, s. 71) toteaa näiden sopimusten yhdenmukaisuuden olevan kenties tärkein palvelukeskeisen suunnittelun periaate.

Liiketoiminta-arkkitehtuuria tarkasteltaessa nämä kuvaukset vastaavat suurelta osin arkikielen sopimuksen käsitettä – ne määrittävät esimerkiksi vastuut ja palvelutasot palveluntarjoajan palvelua käytettäessä. Järjestelmäarkkitehtuuritasolla ”palvelusopimukset” ovat tyypillisesti palvelun eri rajapintojen kuvauksia. Näiden kuvausten standardointi sekä mahdollistaa palvelujen paremman yhteentoimivuuden että tekee palvelujen tarkoituksen ja kyvykkyyksien ymmärtämisestä helpompaa.

Palvelujen löyhät sidokset (engl. *service loose coupling*). Palvelujen löyhillä sidoksilla tarkoitetaan, että palveluja ei suunnitella toisistaan vahvasti riippuvaisiksi. Sidoksella

¹⁵ ”Services represent abstract software elements and/or interfaces which provide other applications with stable, reusable software functionality at an application-oriented, business-related level of granularity using widely applied standards.” (Legner & Heutsch 2007)

tarkoitetaan mitä yhteyttä kahden palvelun välillä. Esimerkiksi edellä kuvatulle tilausten käsittely -palvelulle muodostuisi sidos varastotilanne- ja toimitusaikapalveluihin. Sidosten löyhyys tai tiukkuus taas määräytyy sen perusteella, kuinka paljon keskenään sidoksissa olevat palvelut tietävät toisistaan.

Palvelujen abstrahointi (engl. *service abstraction*). Palvelujen abstrahointi liittyy läheisesti palvelun jakamiseen sisäiseen toteutukseen ja ulospäin näkyvään palvelusopimukseen. Abstrahoinnilla tarkoitetaan, että palvelun käyttäjille esitetään palvelusta ainoastaan ne tiedot, joita palvelun käyttämiseen tarvitaan. Esimerkiksi mitä enemmän eri tietoja palvelun palvelusopimuksessa julkaistaan, sitä vahvemmiten muodostuvat sidokset palvelun ja sen käyttäjien välille.

Palvelujen uudelleenkäytettävyys (engl. *service reusability*). Liiketoiminnan näkökulmasta tarkasteltuna palvelujen uudelleenkäytettävyys mahdollistaa liiketoiminnan aktiiviteettia tukevan teknisen palvelun käytön osana useita liiketoimintaprosesseja. Uudelleenkäytettävät palvelut voivat sisältää liiketoiminnan toimintalogiikkaa, mutta soveltuvalta silti käytettäväksi osana useampaa liiketoimintaprosessia. Toisten uudelleenkäytettävien palvelujen kyvykkyydet voivat taas olla niin yleisluontoisia, että niitä voidaan käyttää missä liiketoimintaprosessissa tahansa.

Palvelujen autonomisuus (engl. *service autonomy*). Autonomiset palvelut pystyvät suorittamaan toimintalogiikkaansa itsenäisesti, niiden ympäristössä tapahtuvista muutoksista riippumatta. Palvelun autonomiaa voidaan tarkastella sekä suorituksen että suunnittelun aikaisena. Suosituksen aikainen autonomia tarkoittaa, että palvelu toimii itsenäisesti ajonaikaiseen suoritussympäristöönsä nähden. Suunnittelun aikainen autonomia tarkoittaa, että palvelun omistaja voi muuttaa palvelua itsenäisesti.

Palvelujen tilattomuus (engl. *service statelessness*). Palvelujen toteuttaminen mahdollisimman vähän tilatietoa sisältäväksi tukee palvelujen autonomisuutta ympäristöönsä nähden ja vähentää sen resurssienkulutusta. Erl (2008, s. 336) tunnistaa kolme eri tilatiedon tyyppiä: sessio-, konteksti- ja liiketoimintadatan. Sessiodatalla tarkoitetaan usean palvelukutsun yhdistävän tunnistetiedon säilyttämistä palvelussa. Tällöin palvelukutsun käsittelyn yhteydessä voidaan kutsussa välitetyn ja palveluun tallennetun tunnistetiedon avulla yhdistää käsiteltävä kutsu aiempiin palvelun käyttäjän tekemiin kutsuihin. Koostettujen palvelujen yhteydessä voi olla tarpeellista ylläpitää sessiodatan lisäksi myös kontekstidataa, joka auttaa koordinoimaan palvelujen kutsumista. Liiketoimintadata liittyy liiketoiminnan aktiviteettiin, jota palvelu tukee.

Palvelujen löydettävyys (engl. *service discoverability*). Palvelujen löydettävyyteen pyritään kuvaamalla palvelujen metatiedoilla, jotka mahdollistavat sekä ihmisten että sovellusten tekemän tulkitsemisen. Tulkinnan mahdollistamisen voidaan katsoa vaativan edellä kuvatun palvelusopimusten standardoinnin periaatteen noudattamista; yhdenmukaiset kuvaustavat helpottavat tulkintaa molemmissa tapauksissa.

Palvelujen koostettavuus (engl. *service composability*). Palvelujen koostettavuus liittyy vahvasti keskeiseen palvelukeskeisestä arkkitehtuurilla tavoiteltavaan hyötyyn: uusien palvelujen toteuttamiseen aiemmin toteutettuja palveluja hyödyntäen.

Palvelujen koostettavuus liittyy vahvasti palvelujen uudelleenkäytettävyyden periaatteen. Koostettavaksi soveltuvien palvelujen tulee olla uudelleenkäytettäviä, mutta tämän lisäksi Erl (2008) tunnistaa niille kaksi erityispiirrettä: koostettavat palvelut tarvitsevat erityisen tehokkaan suoritusympäristön ja palvelusopimuksen tulee olla joustava palvelun käyttäjän ja palvelun välillä välitettävän datan muodosta.

4.3.3 *Palvelukeskeisen arkkitehtuurin toteutustapoja*

Tarkastellaan seuraavaksi, millaisilla tuotteilla ja teknologioilla palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin perustuvia järjestelmiä tyypillisesti toteutetaan.

Viestinvälitys. Kenties tyypillisin tapa palvelukeskeisen arkkitehtuurin palvelujen väliselle kommunikoinnille on SOAP-protokollan käyttö. SOAP määrittelee standardoidut muodot palveluille lähetettävälle palvelukutsuille sekä niiltä saataville vastauksille. Standardoitujen viestien tarkoituksena on piilottaa palvelun sisäinen toteutustapa ja -teknologia, ja tehdä siten esimerkiksi eri ohjelmointikielillä toteutetut palvelut keskenään yhteensopiviksi. Toinen yleinen toteutustapa palvelurajapintojen toteutukselle ovat REST-rajapinnat¹⁶, joissa järjestelmän palvelut esitetään resursseina, joihin voidaan kohdistaa jokin HTTP-protokollan määrittämistä operaatioista.

Palvelusopimusten kuvailu. SOAP-protokollaa noudattavia rajapintoja kuvataan tyypillisesti WSDL-kuvauskielellä¹⁷. Se esittää palvelun kutsumiseen tarvittavat tiedot – esimerkiksi palvelun kutsuttavat operaatiot sekä niiden vastaanottamat ja palauttavat tietotyypit.

¹⁶ Representational State Transfer

¹⁷ Web Services Definition Language

Palvelujen löytäminen. Palvelujen löytämiseen käytetty UDDI-standardi määrittelee, miten palveluja voidaan julkaista ja löytää.

Edellä kuvatut standardit muodostavat yhtenäisen kokonaisuuden, joka mahdollistaa palvelun löytämisen ja sen käytön. UDDI-standardin mukaisen hakemiston käyttäjä voi esimerkiksi hakea hakemistosta palvelua tietyllä hakukriteerillä, vastaanottaa haulla löytyneen palvelun WSDL-kuvauksen, ja WSDL-kuvauksessa esitetyn rajapinnan mukaisesti kutsua sitä SOAP-viestillä.

Eräs luonteenomainen piirre palvelukeskeisen arkkitehtuurin toteutukselle on **palveluväylien** käyttö. Palveluväylät ovat ohjelmistoja, jotka välittävät, reitittävät ja muuntavat viestejä palvelujen välillä. Niiden käytöllä pyritään esimerkiksi välttämään suoria ohjelmistojen välisiä integraatioita, joiden hallinnan ja toteutuksen voidaan ajatella muodostuvan haastavaksi palvelujen ja niiden välisten mahdollisten yhteyksien määrän kasvaessa.

Palveluväylät voivat sisältää myös toiminnallisuuksia liiketoimintaprosessien kuvaamiseen ja suorittamiseen. Esimerkiksi BPEL-kuvauskielellä voidaan yksittäisiä palveluja koostaa osaksi liiketoimintaprosesseja, joissa palveluja kutsutaan prosessin tietyissä vaiheissa. Nämä prosessit voidaan julkaista palveluväylästä jälleen SOAP-protokollan mukaisina palveluina. Näin palveluväylään voi muodostua yksittäisten palvelujen lisäksi koosteisia palveluita, jotka yhdistelevät yksittäisiä palveluja halutun toiminnallisuuden aikaansaamiseksi.

4.3.4 Palvelukeskeisen arkkitehtuurin haasteita

Palvelukeskeisen arkkitehtuurin käyttöönottoon ja soveltamiseen on tunnistettu liittyvän useita haasteita. Näistä osan voidaan katsoa liittyvän pohjimmiltaan palvelukeskeisen arkkitehtuuriin itseensä (esimerkiksi palvelujen oikean tarkkuustason valitseminen) ja osan sille vakiintuneisiin toteutustapoihin (esimerkiksi Web services -protokollien monimutkaisuus). Tämän mikropalveluja käsittelevän työn puitteissa palvelukeskeisen arkkitehtuurin periaatteisiin liittyvät haasteet voidaan katsoa kiinnostavammiksi, sillä ne oletettavasti koskevat myös mikropalveluarkkitehtuurin soveltamista. Näitä tunnistettuja haasteita käsitellään edellä mikropalvelujen yhteydessä.

4.4 Mikropalveluarkkitehtuuri

Luvun alussa todetusti mikropalveluja voidaan pitää osana jatkumoa, jossa sekä sovelluksen itsenäisten moduulien koko että niiden keskinäinen riippuvuus pienenevät. Monoliittisessa arkkitehtuurissa sovellus muodostaa yhden kokonaisuuden, jonka sisältämät moduulit ovat tiukasti sidoksissa toisiinsa. Palvelukeskeisessä arkkitehtuurissa sidokset ovat tätä löyhempiä ja moduulit useisiin itsenäisiin palveluihin jaettuina.

Mikropalveluarkkitehtuurissa sovelluksen toiminnallisuus on pilkottu yhä pienemmiksi kokonaisuuksiksi ja ne on toteutettu entistä vähemmän riippuvaisiksi toisistaan. Mikropalveluihin toteutetut sovelluksen moduulit kutsuvat toisiaan yleensä ohjelmistokirjastoille tyypillisten proseduurikutsujen sijasta tietoverkon ylitse. Koska ne toteutetaan toisistaan täysin itsenäisinä kokonaisuuksina, niissä käytetyt ohjelmointikielet sekä ohjelmistokehykset ja -kirjastot voivat erota toisistaan. Lisäksi niiden suorituksena aikana moduuleja voidaan käynnistää, sammuttaa ja päivittää täysin itsenäisesti muihin palveluihin toteutettuihin moduuleihin vaikuttamatta.

Samoin kuin edellä palvelukeskeisen arkkitehtuurin tarkastelussa, on myös mikropalveluja tarkoituksenmukaista tarkastella erikseen niiden suunnitteluperiaatteiden ja toisaalta niiden toteutuksessa tyypillisesti sovellettavien toteutustapojen osalta.

Tarkastellaan aluksi, millaisia periaatteita mikropalvelujen suunnitteluun liittyy.

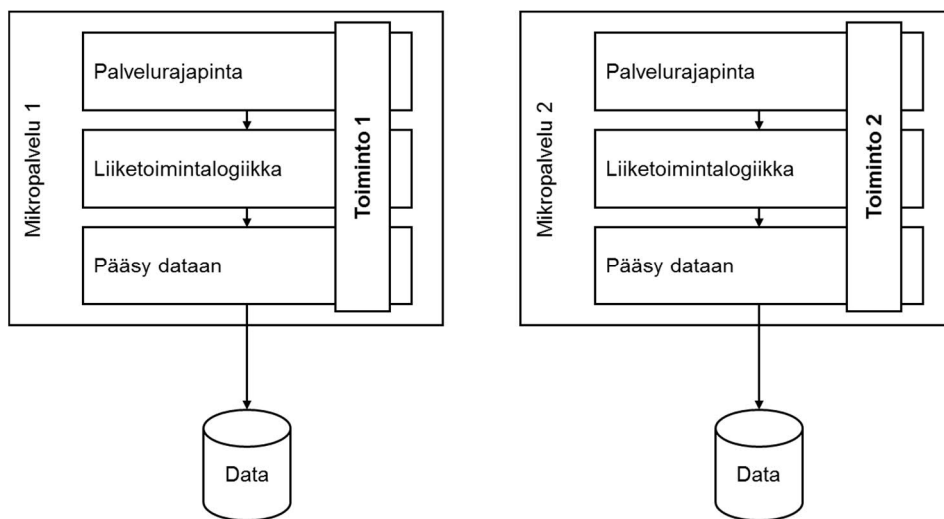
4.4.1 Mikropalveluarkkitehtuurin suunnitteluperiaatteita

Edellä todettiin mikropalveluja voitavan tarkastella eräänä toteutustapana palvelukeskeiselle arkkitehtuurille. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna mikropalveluarkkitehtuuri noudattaa aiemmin esitettyjä palvelukeskeisen arkkitehtuurin periaatteita – mikropalvelut tyypillisesti toteuttavat standardoitua palvelusopimusta, niiden väliset sidokset ovat löyhiä, ne esitetään abstrahoidusti, ja ovat uudelleenkäytettäviä, autonomisia, tilattomia ja koostettavia, sekä ne voidaan toteuttaa keskitetyn palvelurekisterin kautta löydettäväksi.

Mikropalveluarkkitehtuurille ei ole esitetty yleisesti hyväksyttyä täsmällistä määritelmää, joka auttaisi erottamaan sitä noudattavat arkkitehtuurit yksikäsitteisesti muista palvelukeskeisistä arkkitehtuureista. Täsmällisen määritelmän puutteesta huolimatta voidaan edellä kuvattujen yleisempien piirteiden lisäksi tunnistaa suunnitteluperiaatteita,

jotka ovat osin päällekkäisiä edellä kuvattujen periaatteiden kanssa, mutta koskevat erityisesti mikropalvelujen suunnittelua.

Yhden liiketoiminnan palvelun tukeminen. Keskeinen mikropalvelujen suunnitteluun vaikuttava piirre liittyy niiden nimen mukaisesti palvelun laajuuteen: mikropalvelut toteutetaan pieninä, yhtä liiketoiminnan palvelua tukevana teknisinä palveluina. Ne toteutuvat kuvan 18 mukaisesti yhden tarkasti rajatun liiketoiminnan käsitteistöllä määritellyn toiminnon ja sisältävät kaikki siihen tarvitsemansa tekniset toiminnallisuudet. (Lewis & Fowler, 2014.)



Kuva 18. Esimerkki mikropalvelun rakenteesta

Korkea koheesio ja löyhät sidokset. Yhden liiketoiminnan palvelun tukeminen liittyy läheisesti mikropalveluilla tavoiteltuun yhden vastuun periaatteeseen. Yleisiä ohjelmistokehityksen hyviä käytäntöjä kuvaavassa kirjassaan Martin (2003) esittää, että moduulilla tulisi olla vain vastuu ja siten vain yksi syy muuttua. Mikäli mikropalvelulla on useita vastuita, voi yhteen sen yhteen tehtävään liittyvä muutos olla ristiriidassa sen toisen vastuun kanssa. Kun palvelulla on vain yksi vastuu, liittyvät kaikki sen osat saman toimintoon, eli niillä on korkea koheesio. Toisaalta tähän vastuuseen liittyvät muutokset eivät vaadi muutoksia muihin palveluihin, eli palvelujen väliset sidokset ovat löyhiä.

Yksinkertainen vuorovaikutus. Korkean koheesio ja löyhien sidosten saavuttamiseksi mikropalvelujen välinen tiedonvälitys pyritään tyyppillisesti toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaiseksi, säilyttäen palvelujen vuorovaikutukseen liittyvän liiketoiminnon.

mintalogiikan palvelujen sisällä. Vastakohtana tälle ovat palvelukeskeisen arkkitehtuurin yhteydessä usein käytetyt toteutustavat, joissa palvelujen vuorovaikutuksen mahdollistavat ohjelmistot sisältävät myös muun muassa liiketoimintalogiikkaa ja -sääntöjä, välitettävälle tiedolle tehtäviä muunnoksia sekä viestien reititykseen liittyvää toiminnallisuutta. (Lewis ja Fowler, 2014.)

Yksinkertaisiin vuorovaikutusmekanismeihin pyrkimisen voidaan katsoa noudatettavan yhden vastuun periaatetta: vastuuta palvelujen välisestä tiedonvälityksestä, liiketoimintasääntöjen ylläpidosta ja suorittamisesta tai palvelujen yhteistoiminnan orkestroinnista jonkin laajemman liiketoiminnan tarvitseman toiminnon toteuttamiseksi ei sekoiteta keskenään.

Hajautettu hallinnointi. Aiemmin todetusti mikropalvelut ovat toteutustavoiltaan varsin itsenäisiä toisistaan, ja tekniset rajoitteet eivät estä niiden kehittäjiä valitsemasta vapaasti kunkin palvelun toteutukseen parhaiten soveltuvia ohjelmointikieliä ja ohjelmistokirjastoja.

Lewisin ja Fowlerin (2014) mukaan mikropalveluihin perustuvassa ohjelmistokehityksessä pääpaino onkin etukäteen tehtävän, myöhempää suunnittelu- ja toteutustyötä ohjaavan hallinnoinnin (engl. *governance*) sijasta hyödyllisten ja uudelleenkäytettävien ohjelmiston osien levittämisessä ja jakamisessa.

Hajautettu tiedonhallinta. Mikropalvelut käyttävät toteuttamansa liiketoiminnan palvelun käsitteitä ja ylläpitävät tyypillisesti siihen liittyviä tietoja omassa tietokannassaan. Ne siis toteuttavat käsittelemiensä tietojen pysyvästallennuksen (engl. *persistence*). Samoin kuin ohjelmointikielien ja ohjelmistokirjastojen osalta, tämä mahdollistaa kunkin palvelun tiedoille parhaiten soveltuvan, usein perinteisiä relaatiotietokantoja yksinkertaisemmän tallennustavan valinnan. (Lewis & Fowler, 2014.)

Useisiin palveluihin hajautettuun tiedonhallintaan liittyy väistämättä haasteita muun muassa transaktioiden käsittelyssä – mikäli esimerkiksi tilauksen toimitus ja maksu olisi toteutettu omiin palveluihinsa, tulee molempien toimenpiteiden onnistua tai molempien peruuntua. Perinteiset relaatiotietokannat tukevat tällaisten riippuvuuksien määrittelyä tietojen välille, mutta mikropalvelujen hajautetun tiedonhallinnan mallissa niiden valvonta tulee toteuttaa esimerkiksi palveluja käyttävään sovellukseen tapauskohtaisesti (Lewis & Fowler, 2014).

Virheisiin varautuminen. Edellä kuvatusti mikropalveluarkkitehtuuri eroaa monoliittisistä sovelluksista toteuttamalla sovelluksen moduulien toiminnallisuuden omina itsenäisinä palveluinaan. Käyttöjärjestelmän prosessin sisällä tapahtuvan proseduurikutsun sijasta moduulit kutsuvat toisiaan tällöin tyypillisesti verkkoyhteyden ylitse. Verkkoyhteyden käyttö moduulien välisissä kutsuissa tarkoittaa, että mikä tahansa kutsu voi yhteyden puuttumisen takia epäonnistua.

Virhetilanteiden mahdollisuus vaatii palvelujen toteutuksessa sekä virhetilanteisiin varautumista ja niistä toipumista että palvelujen suorituksenaikaisen monitoroinnin mahdollistamista. Palveluja tarkastellaan sekä teknisten virhetilanteiden ja suorituskyvyn (esimerkiksi kuinka monta pyyntöä järjestelmä käsittelee sekunnissa) että liiketoiminnan mittarien osalta (esimerkiksi kuinka monta tilausta järjestelmä on vastaanottanut minuutissa). (Lewis ja Fowler, 2014.)

4.4.2 Mikropalveluarkkitehtuurin toteutustapoja

Tarkastellaan seuraavaksi lyhyesti, miten ja millaisilla teknologioilla mikropalveluja tämänhetkisten käytäntöjen mukaan tyypillisesti toteutetaan. Liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuuden tarkkuustasolta alkaneen tarkastelun yhteydessä yksittäisten tuotteiden ja teknologioiden tasolle menevä esitys voi vaikuttaa turhan yksityiskohtaiselta, mutta sen voidaan myös katsoa konkretisoivan mikropalvelujen toteutustapaa ja auttavan esimerkiksi kaupunkiorganisaatioon kohdistuvien osaamisvaatimusten arvioinnissa mikropalveluarkkitehtuuria sovellettaessa.

Ohjelmistokehykset. Vaikka mikropalveluilla pyritään toteuttamaan yksi liiketoiminnan tarvitsema selkeästi rajattu toiminto, vaaditaan niiltä usein keskenään hyvin samankaltaista toiminnallisuutta: palvelujen tulee esimerkiksi käsitellä vastaanottamiaan tietyn muotoisia viestejä, joiden käsittelyn perusteita ei kannata jokaiseen palveluun toteuttaa alusta alkaen.

Mikropalvelujen toteuttamiseen ja rungoksi tarkoitettuja ohjelmistokehyksiä on toteutettu runsaasti eri ohjelmointikielille. Tyypillisesti ohjelmistokehykset sisältävät palvelinsovelluksen, joka suorittaa mikropalveluja, ja erilaisia valmiita toiminnallisuuksia esimerkiksi REST-rajapintojen toteuttamiseen, JSON-muotoisen tiedon käsittelyyn ja palvelun tilan mittaamiseen.

Esimerkkejä mikropalvelujen kehittämiseen tarkoitetuista ohjelmistokehyksistä ja työvälineistä ovat Dropwizard ja Spring Boot, joista molemmat perustuvat Java-ohjelmointikieleen.

Kommunikointi. Sekä mikropalvelujen ja niitä käyttävien sovellusten välinen että mikropalvelujen keskinäinen kommunikointi voidaan toteuttaa useilla tavoilla. Mikropalvelujen viestinnän yhteydessä käytettävät tuotteet ja menetelmät ovat tyypillisesti merkittävästi palvelukeskeisen arkkitehtuuria kevyempiä ja yksinkertaisempia. Suoraviivaisimpana toteutustapana palvelujen väliselle kommunikoinnille voidaan pitää suoria rajapintakutsuja palvelusta toiseen. Kutsuttavien palvelujen osoitteet voivat olla tällöin osana kutsuvan palvelun asetuksia.

Viestinvälitys voi perustua myös yksinkertaisiin, esimerkiksi RabbitMQ:n kaltaisiin viestinvälitysohjelmistoihin, joihin palvelut sekä lähettää viestejä että rekisteröityä tietynlaisten viestien vastaanottajiksi. Näitä viestinvälitystuotteita voidaan verrata palvelukeskeisen arkkitehtuurin yhteydessä käytettäviin palveluväyliin, mutta ne ovat merkittävästi yksinkertaisempia, ja sisältävät vähemmän organisaation (liike-)toimintaan liittyvää logiikkaa.

Palvelujen välinen kommunikointi voi olla synkronista tai asynkronista – synkronisessa viestinnässä viestin lähettäjä odottaa saavansa viestiin vastauksen, asynkronisessa viestinnässä viesti lähetetään odottamatta vastausta. Synkronisessa kommunikoinnissa yleisin tapa on toteuttaa HTTP-pyynnöillä ja -vastauksilla toteutettuja REST-rajapintoja. Asynkronisessa viestinvälityksessä käytetään erilaisia viestinvälitysprotokollia, kuten AMQP:ta. Välitettävän viestin sisältönä käytetään JSON:in ja XML:n kaltaisia kuvaustapoja.

Suoritusympäristö. Mikropalveluja suoritetaan usein ohjelmistokonteissa (engl. *software container*). Kun perinteiset virtuaalikoneet simuloivat kokonaista tietokonetta käyttöjärjestelmineen, sovelluksineen ja kirjastoineen, ohjelmistokontit eristävät samassa isäntäkäyttöjärjestelmässä suoritettavat sovellukset toisistaan. Ohjelmistokonteilla on useita etuja virtuaalikoneisiin nähden – ne ovat suorituskyvyltään virtuaalikoneita tehokkaampia ja niiden hallinnointi on yksinkertaisempaa. Toisaalta virtuaalikoneen käyttö mahdollistaa suoritettavan sovelluksen täydellisemmän ja varmemman eristämisen ympäristöstään. (Herrera-Izquierdo & Grob, 2017.)

4.4.3 Mikropalvelujen kehittäminen

Tarkastellaan seuraavaksi, miten mikropalveluihin perustuvan sovelluksen kehittäminen eroaa monoliittisen sovelluksen kehitystyöstä.

Mikropalveluja käsittelevissä katsannoissa arkkitehtuurityylin mukaiseen ohjelmistokehitykseen esitetään usein liittyvän DevOps-toimintatavan (esim. Balalaie, Heydarnoori & Jamshidi, 2016). Toimintatavan nimi tulee ohjelmiston elinkaaren eri vaiheista – kehityksestä (engl. *development*) ja tuotannosta (engl. *operation*) – jotka toimintatapa yhdistää yhden tiimin tehtäväksi. Ketterän ohjelmistokehityksen yhdistettyä ohjelmistojen määrittely-, suunnittelu-, toteutus- ja testaustyövaiheet yhdeksi kokonaisuudeksi, DevOps-toimintatavan voitaneen ajatella liittyvän myös ohjelmiston ylläpidon ja tuotannon vaiheet osaksi samaa iteratiivista prosessia.

Mikropalveluja kehittävät tiimit ovat poikkitoiminnallisia (engl. *cross-functional*) ja ne muodostetaan liiketoiminnan kyvykkyyksien ympärille. Poikkitoiminnallisuudella tarkoitetaan, että tiimillä on kaikki tarvittava osaaminen palvelujensa kehittämiseen. Tiimi voi sisältää esimerkiksi käyttöliittymäsuunnittelu-, projektinhallinta- ja tietokantaosaamista. Vastakohta tälle poikkitoiminnallisuudelle olisi, että näille eri teknisille osa-alueille olisi muodostettu omat tiiminsä, jotka työskentelisivät useiden palvelujen kehittämisessä oman erikoisosaamisensa osalta. (Lewis & Fowler, 2014.)

Tiimit vastaavat kehittämästään palvelusta koko sen elinkaaren ajan. Tiimien työskentelytapa muistuttaa tällöin enemmän tuotekehitystä kuin perinteistä ohjelmistoprojektia, jossa valmis tuotos luovutetaan projektin päätteeksi toisen tahon ylläpidettäväksi. Tämän voidaan katsoa tukevan myös kehitettävästä palvelusta tiimin kesken jaettua vastuuta ottavan kulttuurin muodostumista, ja kasvattavan ohjelmiston kaikkien ohjelmiston kehitykseen ja ylläpitoon sisältyvien työvaiheiden toteutuksen laadukkuutta. (Lewis & Fowler, 2014.)

Keskeisenä piirteenä mikropalvelujen kehittämiselle ja ylläpidolle voidaan pitää työskentelytapojen ja kulttuurin lisäksi myös laajaa toistuvien tehtävien automatisointia. Ohjelmiston testauksen ja asentamisen kaltaisten tehtävien automatisointi sekä nopeuttaa muutosten tekemistä ohjelmistoon ja vapauttaa aikaa enemmän arvoa tuottaviin tehtäviin että vähentää toistuvassa rutiinistyössä ihmisten toisinaan tekemiä virheitä.

Automatisointi mahdollistaa esimerkiksi jatkuvan jatkuva integraation (engl. *continuous integration*) käytännön, jossa ohjelmiston lähdekoodiin tehdyn yksittäisen muutoksen

seurauksena koko ohjelmisto voidaan kääntää ja testata automaattisesti, ja ohjelmistoa kehittävän tiimin saatavilla on jatkuvasti uusimmat muutokset sisältävä versio ohjelmistosta.

Toinen keskeinen hyöty automaatiosta on jatkuvan toimituksen (engl. *continuous delivery*) mahdollistaminen. Tällöin ohjelmiston viimeisin versio on koska tahansa julkaitavissa tuotantokäyttöön, ja julkaisuajankohta voidaan päättää pikemminkin liiketoiminnan tarpeiden kuin ohjelmiston kehittämiseen liittyvien rajoitteiden mukaisesti. Fowler (2013) määrittelee jatkuvan toimituksen mallin vaativan, että ohjelmisto on asennettavissa koko sen elinkaaren ajan, sitä kehittävä tiimi priorisoi ohjelmiston toimitettavassa kunnossa pysymisen uusien toimintojen lisäämisen edelle, ohjelmiston tuotantovalmiudesta on jatkuvasti saatavilla tietoa, ja mikä tahansa versio ohjelmistosta voidaan asentaa mihin tahansa ympäristöön¹⁸ napin painalluksella.

Muita kehitys- ja ylläpitotyöhön vaikuttavia teknologioita on esimerkiksi edellä kuvattu virtualisoinnin ja erityisesti ohjelmistokontteihin perustuvan virtualisoinnin käyttö ohjelmistojen asennukseen ja niiden skaalaamiseen.

4.4.4 Mikropalveluarkkitehtuurin haasteita

Vaikka mikropalvelut on tässä tarkastelussa esitetty monoliittisen ja palvelukeskeisen arkkitehtuurin kautta kulkeneen kehityksen lopputuloksena, ei sen voida ajatella olevan näitä yksikäsitteisesti parempi ohjelmistojen toteutustapa. Kuten muiden arkkitehtuurityylien, myös mikropalvelujen käyttöön liittyy haasteita, joita tulee käyttökohteittain arvioida mikropalveluihin perustuvan toteutustavan tuottamia hyötyjä vasten.

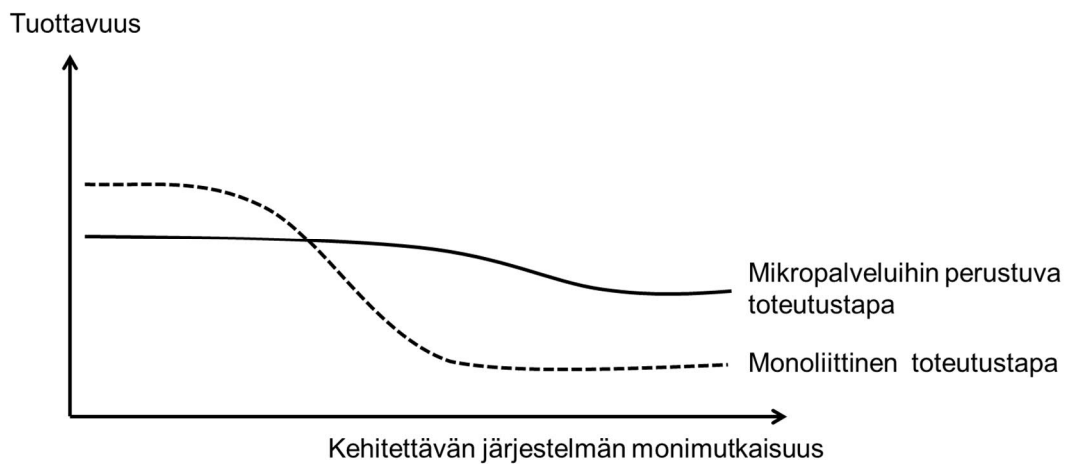
Mikropalvelujen käytön haasteiksi voidaan todeta ainakin niiden toteutustavasta aiheutuva ylimääräinen monimutkaisuus ja työmäärä, niiden hallintaan liittyvä monimutkaisuus, haasteet palvelujen integroinnissa sekä oikean rajauksen löytäminen palvelujen välille.

Toteutustavasta aiheutuva monimutkaisuus. Mikropalvelujen toteutustapaan liittyy tietty määrä ylimääräistä työtä monoliittiseen toteutustapaan verrattuna. Tämä työmäärä aiheutuu mikropalvelujen toteutukseen liittyvistä piirteistä ja käytännöistä, kuten esimerkiksi verkkoyhteyksistä aiheutuviin virhetilanteisiin varautumisesta tai palvelujen

¹⁸ Tyypillisesti tällaisia ympäristöjä ovat esimerkiksi ohjelmiston kehitys-, testi- ja tuotantoympäristö.

suorituksenaikaisen monitoroinnin toteuttamisesta, joihin ei tyypillisesti ainakaan samassa laajuudessa jouduta paneutumaan yhdestä laajasta kokonaisuudesta koostuvaa monoliittista sovellusta toteutettaessa.

Järjestelmän monimutkaisuuden kasvaessa kuvan 19 mukaisesti monoliittisen järjestelmän toteutustyön tuottavuus alenee kuitenkin nopeammin, kuin mikropalveluihin perustuvaa järjestelmää kehitettäessä. Näin ollen mikropalvelujen käyttö muuttuu kannattavaksi, kun kehitettävänä on riittävän laaja ja monimutkainen järjestelmäkokonaisuus. (Fowler 2015a.)



Kuva 19. Järjestelmän monimutkaisuuden vaikutus sen toteutustyön tuottavuuteen (Fowler 2015a).

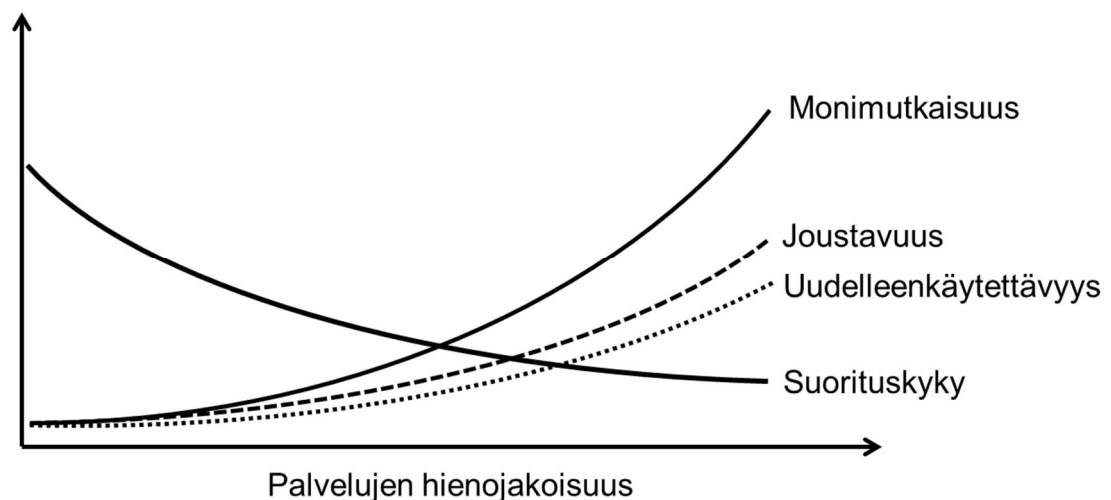
Hallintaan liittyvä monimutkaisuus. Samoin kuin mikropalvelujen toteutuksen yhteydessä, voidaan niihin liittyvä monimutkaisuus ajatella haasteeksi myös mikropalveluista koostuvan järjestelmän ylläpidon ja tuotannon aikana. Toteutustavan hyötyjä tulee myös tästä syystä verrata siitä aiheutuviin haasteisiin järjestelmän arkkitehtuuriä valittaessa.

Palvelujen integrointi. Galen Gruman and Alan Morrison esittävät mikropalvelujen sopivan huonosti käyttökohteisiin, joissa tarvitaan palvelujen laajaa integrointia (Strömbeim ym. 2015). Mikropalveluille tyypillinen niiden käsittelemien tietojen tallentaminen palvelukohtaiseen tietokantaan tukee palvelujen autonomisuutta, mutta aiheuttaa edellä kuvatuksi merkittäviä esteitä esimerkiksi transaktioiden toteuttamiselle (Lewis & Fowler 2014).

Oikean rajauksen löytäminen. Fowler (2015b) toteaa mikropalveluihin perustuvan järjestelmän arkkitehtuurisuunnittelussa haasteeksi oikeiden rajausten löytämisen järjestelmäkokonaisuuden jakamisessa palveluihin.

Oikeanlaisen liiketoiminnan osa-alueisiin perustuvan rajauksen tekemisen voidaan ajatella vähentävän esimerkiksi integraatioiden tarvetta palvelujen välillä – kun liiketoiminnan palvelut rajataan toisistaan riittävän itsenäisiksi kokonaisuuksiksi, niitä pystytään tukemaan mikropalveluilla, jotka sisältävät kaikki liiketoiminnan palvelun suorittamiseen tarvittavat tiedot.

Yksittäisten mikropalvelujen pilkkomisen liian pieniksi kokonaisuuksiksi voidaan katsoa kuvan 20 mukaisesti haittaavan myös kehitystyön tuottavuutta (kasvattamalla ylimääräistä monimutkaisuutta) ja järjestelmän suorituskykyä.



Kuva 20. Palvelujen hienojakoisuuden vaikutus järjestelmän ominaisuuksiin (Zahed ym. 2013).

Kehitystyön tuottavuus alenee, kun merkittävä suhteellinen osuus hyvin pienen toiminnon toteuttavan palvelun lähdekoodista liittyy vähäisen liiketoimintalogiikan sijasta esimerkiksi palvelun vastaanottamien viestien käsittelyyn ja niihin vastaamiseen. Järjestelmän suorituskykyä liian pieniin toisiinsa yhteydessä oleviin palveluihin perustuva toteutustapa haittaa, koska se lisää palvelujen välillä tietoverkon yli tehtäviin kutsuja, joihin liittyy aina viivettä.

4.5 Monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluarkkitehtuurin vertailu

Tarkastellaan luvun lopuksi vielä Strîmbein ym. (2015) esittämää yhteenvetoa monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluarkkitehtuurin piirteistä. Taulukossa 4 tarkastellaan kansainväliseen eri yliopistojen väliseen järjestelmäkehitykseen liittyviä haasteita ja niistä aiheutuvia vaatimuksia, sekä sitä, miten eri arkkitehtuurityylit vastaavat näihin esitettyihin vaatimuksiin.

Ottamatta kantaa yksittäisten vaatimusten täsmällisiin merkityksiin tai toteutumisen arviointiin eri arkkitehtuurityylien kohdalla, Strîmbein ym (2015) esitystä voitaneen tulkita siten, että mikropalvelut tukevat kaikkia vaatimuksia, toisin kuin esimerkiksi monoliittinen arkkitehtuuri. Niitä voidaan siis näiden vaatimusten toteuttamiseksi soveltaa tilanteessa kuin tilanteessa. Kuitenkin edellä mikropalvelujen haasteiden yhteydessä kuvatuksi toteutettavan järjestelmän tulee olla riittävän monimutkainen mikropalveluilla toteutettavaksi, jotta niistä aiheutuva ylimääräinen monimutkaisuus ja työmäärä eivät muodostu liian suuriksi.

Taulukko 4. Monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluihin perustuvan arkkitehtuurin piirteitä Strömbein ym. (2015).

Vaatus	Monoliittinen arkkitehtuuri	Palvelukesk.- arkkitehtuuri	Mikropalvelu- arkkitehtuuri
Liiketoiminnan vaatimukset			
Joustavat toimintaprosessit	Kyllä*	Kyllä	Kyllä
Alueelliset erityispiirteet: maa, kieli tai maantieteellinen alue	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Integraatio: Alueelliset eroavaisuudet	Ei	Kyllä	Kyllä
Orkestrointi: Globaalit yhteneväisyydet	Ei	Kyllä*	Kyllä*
Tekniset vaatimukset			
Integraatio: Autonomiset perinnejärjestelmät	Ei	Kyllä	Kyllä*
Integraatio: Alustojen eroavaisuudet	Ei	Kyllä	Kyllä
Integraatio: Toiminnallisen joustavuuden maksimointi	Ei	Kyllä*	Kyllä
Hallittu integraatioiden monimutkaisuus	Ei	Kyllä	Kyllä*
Toiminnallinen autonomisuus	Kyllä	Kyllä*	Kyllä
Skaalautuvuus	Kyllä*	Kyllä	Kyllä
Useiden käyttäjien pääsy	Kyllä*	Kyllä	Kyllä*
Verkko- ja mobiiliyhteys	Ei	Kyllä	Kyllä
Datan integrointi ja välitys	Ei	Kyllä	Kyllä*
Joustavat ohjelmistoratkaisut	Ei	Kyllä*	Kyllä
Suorituskyky: vasteajan minimointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä*
Suorituskyky: viiveen minimointi	Kyllä	Kyllä	Kyllä
Offline- ja online-käsittely	Ei	Ei	Kyllä

Kyllä*-merkinnällä tarkoitetaan, että vaatimusta ei tueta täysin, mutta se voitaisiin toteuttaa tietyissä olosuhteissa tai ottaen huomioon joitakin poikkeuksia. (Strömbein ym. 2015)

4.6 Yhteenveto luvusta

Tässä luvussa käsiteltiin mikropalveluarkkitehtuuria ja sitä edeltäneitä monoliittista ja palvelukeskeistä arkkitehtuuria. Vaikka esitettyjen arkkitehtuurityylien voitaneen katsoa kehittyneen ratkaisemaan edeltäjiensä ongelmia, liittyy niihin kaikkiin omanlaisiaan haasteita, eikä mitään niistä voida katsoa täysin vanhentuneeksi tai nykyjärjestelmiin soveltumattomaksi. Tästä johtuen kaikkien kolmen arkkitehtuurityylin käsittely auttaa seuraavassa, Turun kaupungin toimintaa tarkastelevassa luvussa arvioimaan kutakin kaupungin toiminnan osa-aluetta tukevalle informaatioteknologialle tarkoituksenmukaisen teknisen toteutustavan.

Luku aloitettiin tarkastelemalla monoliittista arkkitehtuuria, ja erityisesti sen haasteita. Monoliittisen arkkitehtuurin todettiin usein monimutkaisuudestaan johtuen rapautuvan elinkaarensa aikana, eli ohjelmistoon sen elinkaaren aikana tehdyt muutokset rikkovat sille alun perin suunniteltua arkkitehtuuria ja rakennetta. Lisäksi haasteiksi todettiin monoliittisen rakenteen ohjelmistokehitykselle aiheuttamat viiveet, suorituskyvyn skaalaimisen haasteet ja se, ettei ohjelmiston moduulien teknisiä toteutustapoja, eli käytettyjä ohjelmointikieliä ja ohjelmistokehyksiä voida valita tarpeen mukaisesti moduulikohtaisesti.

Monoliittisen arkkitehtuurin jälkeen siirryttiin tarkastelemaan palvelukeskeistä arkkitehtuuria. Tarkastelun yhteydessä kuvattiin palveluihin ja niiden tekniseen toteutukseen liittyviä käsitteitä ja esitettiin palvelukeskeiselle arkkitehtuurille olennaisia suunnitteluperiaatteita. Palvelukeskeisen arkkitehtuurin suunnitteluperiaatteiden todettiin tyypillisesti pätevän myös mikropalveluarkkitehtuureihin, missä yhteydessä niitä tarkennetaan vielä mikropalveluihin liittyvillä periaatteilla. Palvelukeskeisen arkkitehtuurin tarkastelun lopuksi esitettiin yleisiä ja vakiintuneita toteutustapoja palvelukeskeiselle arkkitehtuurille, ja esitettiin sitä koskevaa kritiikkiä. Palvelukeskeisen arkkitehtuurin haasteiden katsottiin liittyvän usein pääosin sen toteutustapoihin, eikä niinkään arkkitehtuurityyliin itseensä tai siinä noudatettaviin suunnitteluperiaatteisiin.

Luvun lopuksi tarkasteltiin tämän työn keskeisenä aiheena olevaa mikropalveluarkkitehtuuria. Samoin kuin palvelukeskeisen arkkitehtuurin tarkastelussa, mikropalvelujen osalta erotettiin toisistaan niiden keskeiset suunnitteluperiaatteet ja toisaalta niille tyypilliset tekniset toteutustavat.

Mikropalvelujen todettiin rakentuvan yleensä yhden tukemansa liiketoiminnan tarvitseman kyvykkyyden ympärille. Ne toteutetaan tukemaan tätä palvelua siten, että ne eivät sisällä ylimääräistä toiminnallisuutta tai tarpeettomia riippuvuuksia muihin palveluihin, ja niiden välinen vuorovaikutus pyritään toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaiseksi, säilyttäen palvelujen vuorovaikutukseen liittyvän liiketoimintalogiikan palvelujen sisällä. Lisäksi, koska mikropalveluarkkitehtuuria noudatettaessa sovelluksen moduulit on hajautettu kommunikoimaan verkon ylitse, tulee niihin perustuvia ratkaisuja suunniteltaessa varautua lähtökohtaisesti verkkoyhteyksistä johtuviin virhetilanteisiin.

Mikropalvelujen todettiin sisältävän tyypillisesti palveluun liittyvien tietojen pysyvää tallennuksen. Tämän todettiin toisaalta mahdollistavan kunkin palvelun tiedoille parhaiten soveltuvan tallennusteknologian valinnan, mutta toisaalta aiheuttavan epäilemättä uudenlaisia haasteita organisaation laajuiselle tiedonhallinnalle.

Mikropalveluarkkitehtuurin toteutustavoista eriteltiin niiden toteuttamiseen käytettävien ohjelmistokehysten, kommunikointimenetelmien ja suoritusympäristön erityispiirteitä. Mikropalvelut kommunikoivat keskenään muun muassa suorilla rajapintakutsuilla palvelujen välillä, API-yhdyskäytävän kautta tai viestinvälityspalvelinta käyttäen. Tunnusomaista niiden väliselle vuorovaikutukselle ovat palvelukeskeisen arkkitehtuurin yhteydessä käytettyihin teknologioihin verrattuna kevyemmät toteutustavat.

Mikropalvelujen teknisten toteutustapojen jälkeen tarkasteltiin mikropalvelujen toteutuksessa käytettäviä työskentelymenetelmiä, DevOps-toimintatapaa ja mikropalvelujen käyttöön liittyviä haasteita. Toimintatavalle keskeiseksi piirteeksi todettiin, että palveluja kehittävät tiimit vastaavat niistä palvelun koko elinkaaren ajan. Mikropalvelujen kehityksessä noudatetuiksi keskeisiksi periaatteiksi tunnistettiin myös toistuvien työtehtävien automatisointi sekä jatkuvan integraation ja julkaisemisen periaatteet, joita noudatettaessa kehitettävän ohjelmiston haluttu versio voidaan koska tahansa julkaista käyttöön liiketoiminnan tarpeiden mukaisesti. Mikropalveluihin liittyvien haasteiden osalta todettiin erityisesti, että mikropalveluilla toteutettavan järjestelmän tulee olla riittävän monimutkainen, jotta mikropalveluista aiheutuva ylimääräinen monimutkaisuus ja työ korvautuvat niiden käytöstä saaduilla hyödyillä.

Luvun lopuksi tarkasteltiin Strîmbein ym. (2015) esitykseen perustuen monoliittisen, palvelukeskeisen ja mikropalveluihin perustuvan arkkitehtuurin vaatimustenmukaisuutta erään esimerkkijärjestelmän toteutuksessa. Mikropalvelujen todettiin Strîmbein ym. mukaan vastaavan vaatimuksiin parhaiten.

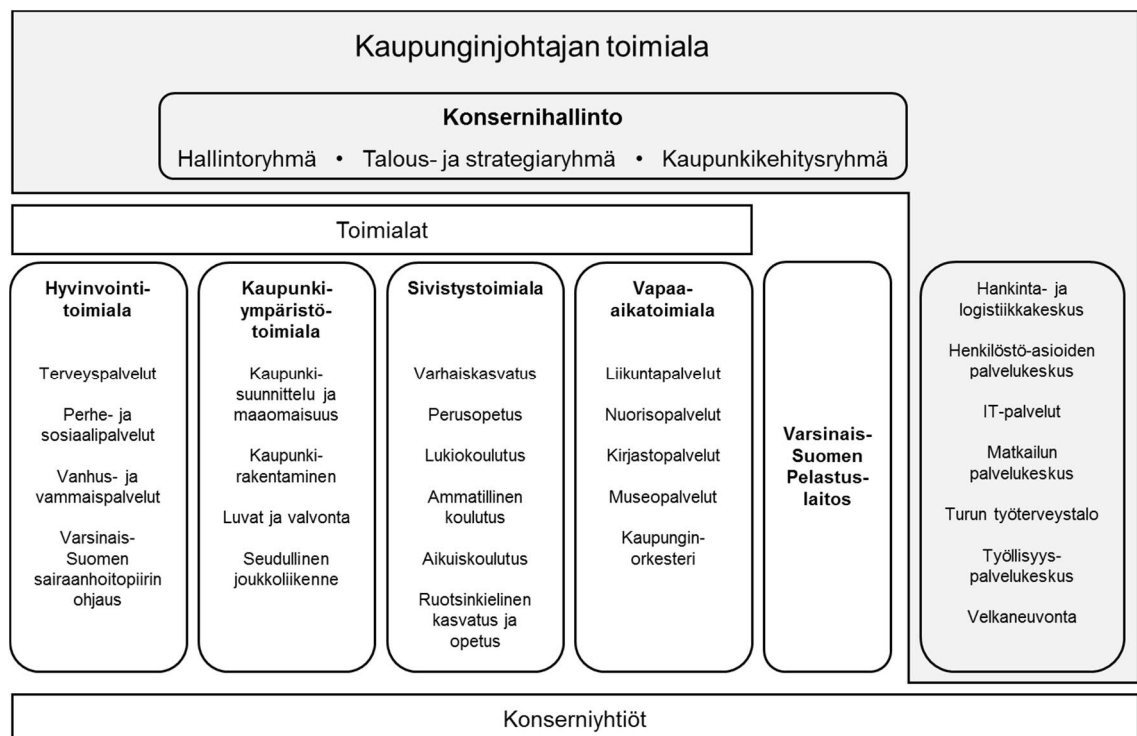
Tämän teoriaosan päättävän luvun jälkeen siirrytään tarkastelemaan edellä kuvattua liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuuden haastetta, siihen vastaavaa bimodaalisen IT-toiminnon käsitettä sekä arvioimaan mikropalveluarkkitehtuurin soveltuutta digitaalisen ja perinteisen informaatioteknologian kokonaisuuksien yhdistäjänä Turun kaupungin toimintaympäristössä.

5 Bimodaalinen IT ja mikropalveluarkkitehtuuri Turun kaupungilla

Työn toisessa osuudessa tarkastellaan bimodaalisen toimintatavan ja mikropalveluarkkitehtuurin hyödyntämismahdollisuuksia Turun kaupungin toimintaympäristössä. Aloiteaan tarkastelu käymällä lyhyesti läpi Turun kaupungin organisaatorakenne ja kaupungin kehittämistoimintaa ohjaava kehittämismalli. Tämän jälkeen siirrytään tarkastelemaan teorialuvuissa kuvattuja malleja Turun kaupungin toimintaympäristöön sovellettuina. Tarkastelun yhteydessä arvioidaan myös tutkimuskysymyksiä ja esitetään niihin liittyviä johtopäätöksiä.

5.1 Taustaa

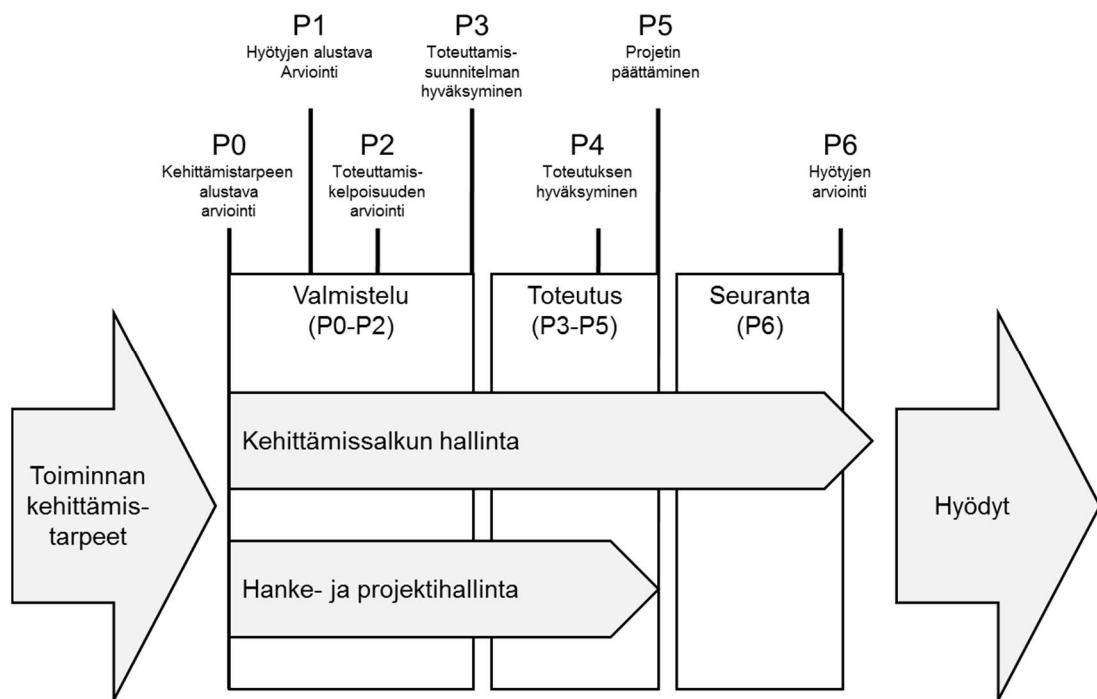
Turun kaupunki on yli kymmenen tuhannen työntekijän organisaatio, joka muodostuu kaupunginjohtajan johtamasta konsernihallinnosta ja neljästä toimialasta. Konsernihallinto huolehtii kaupunginvaltuuston, kaupunginhallituksen sekä sen jaostojen päätöksenteon valmistelusta ja päätösten toteutuksesta. Kaupunginhallituksen alaisuudessa toimii lisäksi seitsemän palvelukeskusta, Varsinais-Suomen Pelastuslaitos sekä useita konserniyhtiötä.



Kuva 21. Turun kaupungin organisaatorakenne (lähde: <https://www.turku.fi/organisaatio>)

Kaupungin IT-toiminto on järjestetty pääosin IT-palvelut -palvelukeskukseen ja toiminnan kehittämisen osalta Strategia ja kehittäminen -vastuualueelle. Näiden lisäksi IT-toiminnon keskittämistoimenpiteistä huolimatta toimialoilla ja konsernihallinnossa arvioidaan tehtävän yhä IT-palvelujen vuosittaista työmäärää vastaava määrä IT-järjestelmiin liittyvää työtä. Näiden tehtävien todetaan kaupungin tietohallintostrategiassa liittyvän pääosin toimialakohtaisten tietojärjestelmien pääkäyttäjätehtäviin sekä toiminnalliseen kehittämiseen, ja niiden todetaan vaativan usein syvällistä toimiala- tai liiketoiminta-osaamista. (Turun kaupunki, 2017.)

Kaupungin kehittämistyötä ohjataan kehittämismallilla (kuva 22). Kehittämismalliin sisältyvä kehittämissalkun hallinta varmistaa, että kaupungin kehittämisresurssien käyttö kohdistuu tavoitteiden kannalta tärkeimpiin asioihin. Hanke- ja projektihallinta taas varmistavat, että kehittämisprojektien tehtävät ja resurssit organisoidaan ja hallitaan siten, että projekteille asetetut tavoitteet saavutetaan niille suunnitellun laajuuden, aikataulun ja budjetin mukaisesti. (Turun kaupunki, 2014.)



Kuva 22. Turun kaupungin kehittämismalli (Turun kaupunki 2014)

IT-toiminnon näkökulmasta kaupungin kehittämismallilla varmistetaan, että IT-palvelut osallistuvat toimialojen kehittämisprojekteihin jo niiden varhaisessa vaiheessa ja että projektien informaatioteknologian hyödyntämiseen liittyvien osuuksien toteuttamiselle on olemassa selkeät kokonaisarkkitehtuuriin perustuvat suuntaviivat (Turun kaupunki, 2017).

5.2 Nykytila

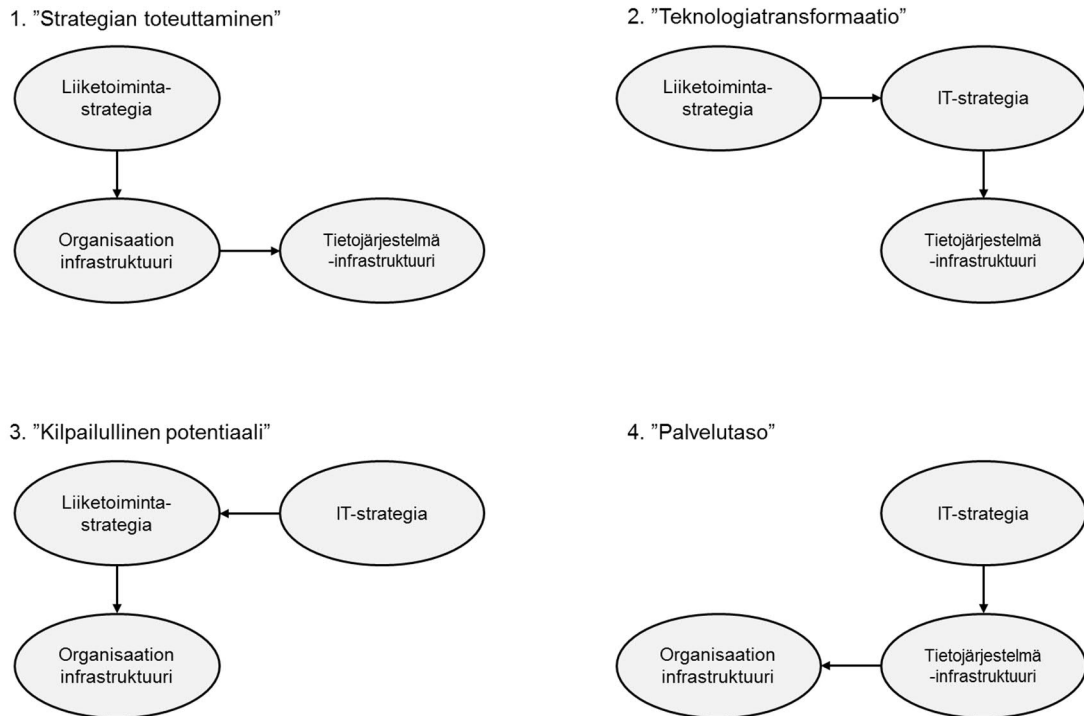
Aloitetaan tutkimuskysymysten tarkastelu kuvaamalla Turun kaupungin nykytilaa pohjautuen sen informaatioteknologian hyödyntämistä ja kehittämistä ohjaavaan tietohallintostrategiaan. Tietohallintostrategiaa tarkastellaan edellä esitettyjen strategisen yhdenmukaisuuden sekä bimodaalisen IT-toiminnon mallien näkökulmista. Eli: *onko bimodaalinen IT-toiminto tarkoituksenmukainen toimintatapa Turun kaupungille?*

5.2.1 Strateginen yhdenmukaisuus

Henderssonin ja Venkatramanin (1993) esittämä strategisen yhteensopivuuden malli käsittelee toisaalta organisaation toiminnan ja sen käyttämän informaatioteknologian ja toisaalta organisaation toimintaympäristön ja sisäisen toiminnan yhteensovittamista. Informaatioteknologiaa tulisi siis hyödyntää siten, että se vastaa organisaation toiminnan tarpeita, ja organisaation sisäisten toimintatapojen, rakenteiden ja kyvykkyyksien tulisi vastata organisaation toimintaympäristön vaatimuksia.

Ulkoisen ympäristön ja sisäisen toteutustavan yhteensopivuutta kutsutaan mallissa **strategiseksi yhteensopivuudeksi**, ja informaatioteknologian vastaavuutta toiminnan tarpeisiin taas **toiminnalliseksi integraatioksi**.

Henderssonin ja Venkatramanin (1993) malli esittää kuvan 23 mukaiset neljä vaihtoehtoisia lähestymistapaa strategisen yhteensopivuuden ja toiminnallisen integraation aikaansaamiseksi. Lähestymistavoista kaksi käyttää lähtökohtanaan (liike-)toiminnan strategiaa ja kaksi IT-strategiaa, ja ne kaikki yhdistävät esitetyistä neljästä osa-alueesta kolme toisiinsa.



Kuva 23. Lähestymistavat strategisen yhteensopivuuden ja toiminnallisen integraation saavuttamiseksi. (Hendersson ja Venkatraman, 1993)

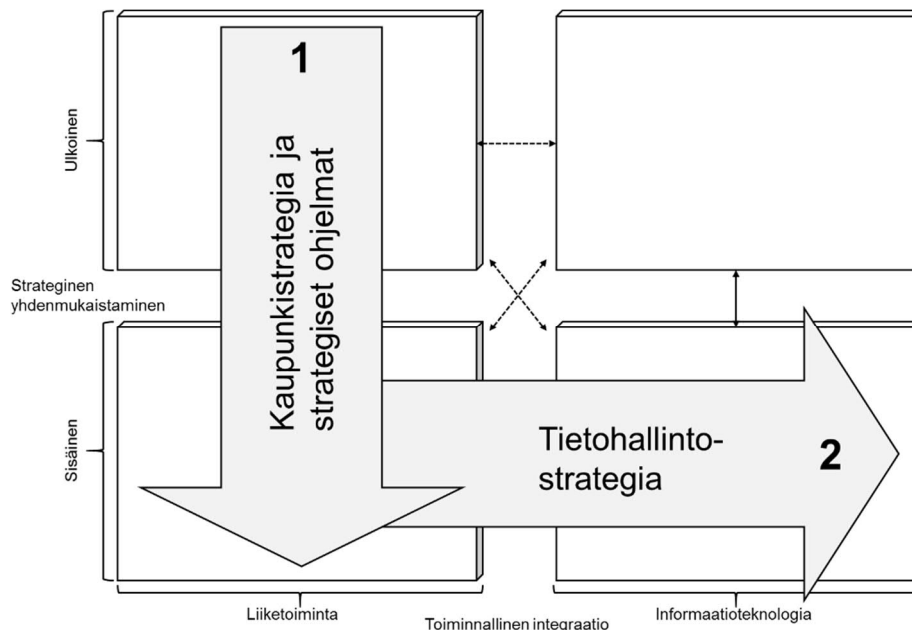
Tarkastellaan seuraavaksi, voidaanko Turun kaupungin toimintaa ja informaatioteknologiaa koskevien strategioiden katsoa noudattavan jotakin mallin esittämistä yhdenmuokaistamisen lähestymistavoista.

Turun kaupungin toimintaa ohjaa strategiahierarkia, jonka osa-alueita ohjaa vuoteen 2029 asti ulottuva kaupunkistrategia. Informaatioteknologian hyödyntämistä Turun kaupungin toiminnassa sekä IT-toimintoa ohjaa kaupungin tietohallintostrategia¹⁹. Se on yksi kaupunkitason ohjausasiakirjoista, jotka täydentävät kaupunkistrategian ja strategisten ohjelmien muodostamaa kokonaisuutta (Turun kaupunki, 2017).

Vuosille 2017–2021 laadittua tietohallintostrategiaa ohjaavat kaupunkistrategiasta ja strategisista ohjelmista johdetut tavoitteet. Strategia perustuu kaupungin konsernihallinnolta, toimialoilta ja konserniyhtiöiltä kartoitettuihin tarpeisiin sekä kaupungin tietohallintoa koskevaan riskianalyysiin.

¹⁹ Kaupungin nykyinen tietohallintostrategia koskee vuosia 2017–2021. Se käsittelee varsinaisen informaatioteknologian hyödyntämisen ja IT-toiminnon toteutustavan lisäksi myös esimerkiksi kaupungin yhteisten toimintamallien, johtamiskäytäntöjen ja osaamisen kehittämistä, minkä johdosta strategiaa haluttiin nimittää sen sisältöä paremmin kuvaavasti aiemman IT-strategian sijasta tietohallintostrategiaksi.

Strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta tarkasteltuna Turun kaupunki näyttäisi tavoittelevan strategista yhteensopivuutta ja toiminnan integraatiota soveltaen ensisijaisesti ensimmäistä Henderssonin ja Venkatramanin (1993) esittämistä lähestymistavoista – strategian toteuttamista (kuva 24).



Kuva 24. Turun kaupunki- ja tietohallintostrategia strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta tarkasteltuina.

Strategian toteuttamisen näkökulmassa yhdenmukaisuuden tarkastelu aloitetaan ulkoiseen (liike-)toimintaympäristöön nähden tehtäviä valintoja koskevasta strategiasta. Strategia kattaa muun muassa organisaation sijoittumisen kilpailijoihinsa nähden, sen valinnat kilpailijoistaan erottumiseen, organisaation valitsemat kumppanit ja suhteet organisaation sidosryhmiin. Tästä strategiasta johdetaan toiminnan sisäiseen toteutustapaan liittyvät päätökset. Päätökset koskevat esimerkiksi organisaation hallinnollista infrastruktuuria, prosesseja ja osaamisia. Näiden jälkeen tarkastellaan informaatioteknologiaan liittyviä sisäisiä kysymyksiä, kuten tietojärjestelmäinfrastruktuurin ja tietojärjestelmiin liittyvien prosessien toteutustapoja.

Turun kaupungilla tämän tarkastelun voidaan yksinkertaistetusti katsoa tapahtuvan siten, että kaupunkistrategia ja strategiset ohjelmat kattavat sekä kaupungin toiminnan tarkastelun ulkoisessa toimintaympäristössä että osin näistä johdettavat sisäisen toiminnan piirteet. Tietohallintostrategia taas tarkastelee kaupunkitasoiseen strategiaan pohjautuen

sekä toimintaan liittyviä kysymyksiä (esimerkiksi johtamiseen liittyvät käytännöt, osaamisvaatimukset) että toiminnan tukemista informaatioteknologialla.

Strategisen yhdenmukaisuuden käsittelyn lopuksi todettakoon, että eroavaisuus Hendersonin ja Venkatramanin (1993) mallissa käytetyn ja Turun kaupungin käyttämän sanaston välillä voi aiheuttaa sekaannuksia sovellettaessa mallia Turun kaupungin toimintaan: vaikka kaupunki tuottaa edellä kuvatusti aiemmin IT-strategiaksi kutsutun tietohallintostrategian, IT-strategian osa-alue ei kuvan 24 mukaisesti näyttäisi sisältyvän kaupungin käyttämäksi tunnistettuun strategisen yhdenmukaisuuden lähestymistapaan. Tämä johtuu siitä, että Henderson ja Venkatraman kutsuvat organisaation sijoittumista ulkoiseen IT-markkinaan nähden (ulkoisen–informaatioteknologia) IT-strategia -nimiseksi osa-alueeksi. Ulkoiseen IT-markkinaan nähden sijoittumista ei voitane kuitenkaan pitää keskeisenä näkökulmana kaupungin kaltaisen organisaation strategiassa.

Tarkastellaan seuraavaksi, miten bimodaalinen toimintatapa ilmenee kaupungin toiminnassa tietohallintostrategiaan nähden.

5.2.2 Bimodaalinen toimintatapa

Kohdassa 2.4 esitettiin bimodaalisen IT:n toimintamalli, jossa IT-toiminto toimii rinnakkain perinteisellä ja digitaalisuutta tukevalla toimintatavalla. Perinteistä toimintatapaa tarvitaan kustannustehokkuuden, toimintavarmuuden ja vakauden kaltaisiin vaatimuksiin vastaamiseksi ja digitaalista toimintatapaa ketteryuden ja nopeuden kaltaisten tavoitteiden toteuttamiseen.

Turun kaupungin tietohallintostrategiasta voidaan tunnistaa näitä keskenään erisuuntaisia informaatioteknologian hyödyntämiseen ja IT-toimintoon kohdistuvia vaatimuksia. Strategiassa tavoitellaan muun muassa perusjärjestelmien kustannustehokkuutta, skaalatuja, resurssien tehokkaampaa käyttöä sekä toimintaprosessien ja näitä tukevien tietojärjestelmien harmonisointia.

Toisaalta IT-palveluilta toivottiin tietohallintostrategiatyön osana tehdyssä kyselyssä tukea toimialojen ja konserniyhtiöiden toiminnan kehittämiseen – toiminnon tulisi olla ”palvelupyynnöjen ja projektien toteuttajan sijaan aktiivinen ja innovatiivinen kehittämisen tukitoiminto, jolla on hyvä toimialosaaminen”. IT-palvelujen tärkeäksi tehtäväksi todetaan ”jatkuvasti seurata teknologian kehitystä, kokeilla aktiivisesti uusia ratkaisuja

yhteistyössä strategian ja kehittämisen vastualueen kanssa ja tuoda niitä toimialojen ja konserniyhtiöiden käyttöön”. (Turun kaupunki 2017.)

Kaupunkiin ja sen IT-toimintoon voitaneen siis katsoa kohdistuvan näitä kahdenlaisia vaatimuksia. Tarkastellaan seuraavaksi, miten ne näyttäytyvät Turun kaupungin toiminnassa.

Kohdassa 2.4.3 kuvattiin Haffken ym. (2017a, s. 5464) esitykseen perustuen erilaisia tapoja bimodaalisen toiminnan järjestämiseen. Tunnistettuja vaihtoehtoja olivat projekti-kohtainen toimintatavan valinta, IT-toiminnon rakenteellinen jakautuminen kahteen toimintatapaan ja toiminta kahtena erillisenä organisaatioyksikkönä. Projektikohtaisessa toimintatavassa osa projekteista toimii niihin kohdistuvia vaatimuksia vastaavasti ketterälle digikehittämiselle tyypillisillä tavoilla, ja osa perinteisemmällä IT-projektien menetelmillä. IT-toiminnon rakenteellisen jakautumisen vaihtoehdossa IT-toiminto organisoituu sisäisesti kahdeksi eri yksiköksi, joilla on omat toimintatapansa. Selkein ero toimintatapojen välille tehdään kolmannessa vaihtoehdossa, jossa IT-toiminnon rinnalla toimii erillinen digikehittämisen yksikkö.

Horlach ym. (2016, s. 1424) esittävät näiden lisäksi toimintatavan, jossa digitaalista kehittämistä tehdään liiketoimintayksiköissä ja IT-toiminto palvelee niitä perustoimintansa ohella ja valmentajan roolissa. Erityisesti tässä toimintatavassa IT-toiminto hyödyntää Horlachin ym. mukaan tyypillisesti ulkopuolisia kumppaneita riittävien resurssien ja osaamisen varmistamiseksi. Digitaaliseen IT-toimintoon liittyvät osaamisvaatimukset on tunnistettu keskeiseksi haasteeksi niin Horlachin ym. (2016) ja Haffken ym. (2017a) esityksissä kuin Turun kaupungin tietohallintostrategiassakin.²⁰

Turun kaupungin informaatioteknologian hyödyntämisen ja digitaalisen kehittämisen voidaan katsoa toimivan osin kahteen yksikköön jakautuneena – varsinaisen IT-toiminnon toteuttamien projektien lisäksi toimialojen keskeisimmät digitalisointitavoitteet on koottu osaksi siitä erillistä, kaupungin kärkihankkeena toteuttavaa digitaalisten palvelujen kehittämishanketta. Toisaalta IT-toiminto toimii myös Horlachin ym. (2016, s. 1424) kuvaamalla tavalla organisaation sisäisen konsultin roolissa, hankkien tarvittaessa

²⁰ Horlach ym. (2016, s. 1424) esittävät osaamisvaatimusten koskevan paitsi käyttäjäkokemuksen, älykkäiden laitteiden ja robotiikan kaltaisia digitaalisen IT-toiminnon osaamisia, myös perinteiseen IT:hen liittyviä uusia tehtäviä. Perinteisen IT:n uudet osaamisvaatimukset liittyvät tarpeeseen tarjota perus-IT:tä liiketoiminnalle entistä tuoteistetumpana palveluna (ITaaS). Tämä vaatii mm. turvallisuuden ja riskienhallinnan sekä ohjelmistokehitys- ja integraatio-osaamista.

digikehittämiseen liittyvää osaamista myös organisaation ulkopuolisilta toimittajilta. Lisäksi IT-toiminto toimii myös sisäisesti projektikohtaisesti eri menetelmillä projektin kohteen mukaisesti.

Turun kaupungin voidaan todeta toimivan informaatioteknologian hyödyntämisessä samanaikaisesti sekä ketteryyden ja kokeellisuuden mahdollistavilla että perinteisillä, vakautta ja toimintavarmuutta painottavilla menetelmillä. Kaupungin ei kuitenkaan voida katsoa valinneen digikehittämislle selkeästi yhtä Horlachin ym. (2016) tunnistamista bimodaalisuuden toteutustavoista.

Jatkettaessa tietohallintostrategian tarkastelua, nähdään strategian osana tehdyssä riskien kartoituksessa todettavan nykyisen toimintatavan pohjautuvan ”vahvaan keskittämiseen ja kustannustehokkuuden tavoitteluun, mikä saattaa johtaa joustavuuden vähenemiseen asiakkaiden näkökulmasta.” (Turun kaupunki, 2017.)

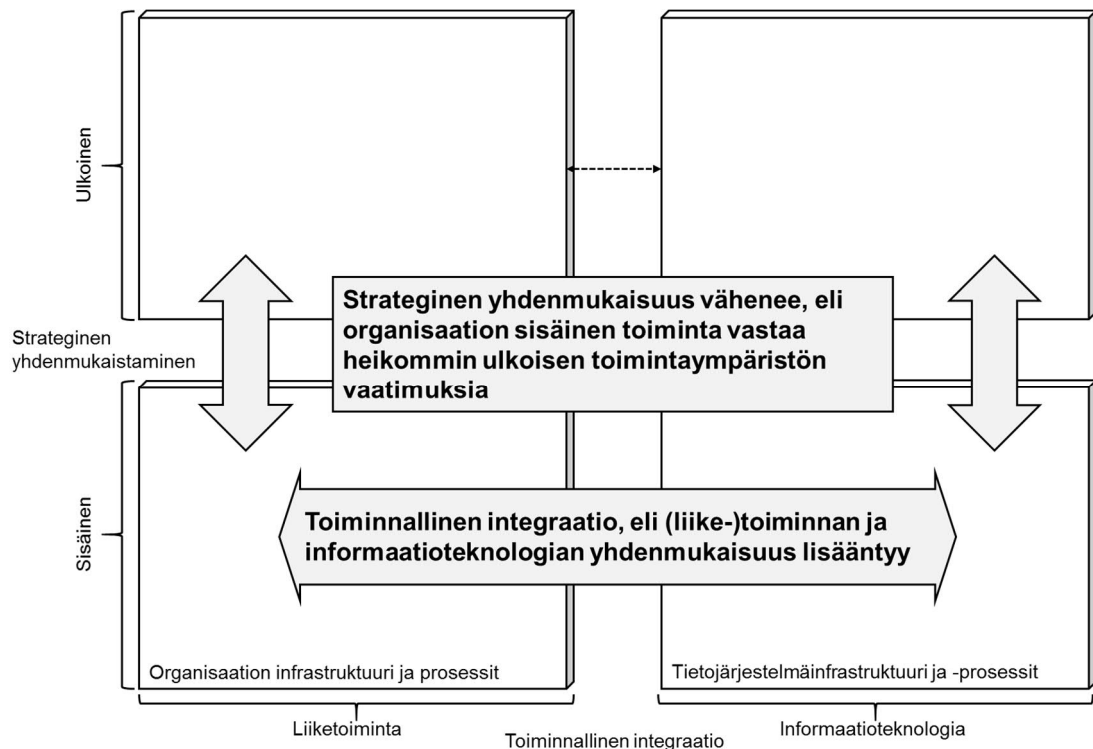
IT-toimintoon tyypillisesti kohdistuvien kustannustehokkuuden, mittakaavaetujen ja standardoinnin vaatimusten voidaan ajatella olevan ristiriidassa tai ainakin merkittävänä reunaehtona (liike-)toiminnan ja IT:n yhdenmukaisuuden vaatimukselle. Edellä kuvastusti toiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuudella (eli toiminnallisella integraatiolla) tarkoitetaan, että informaatioteknologia vastaa mahdollisimman hyvin toiminnan tarpeita.

Voidaan ajatella, että mahdollisimman tehokkaasti toimintaa tukevat järjestelmät olisivat aina kyseistä organisaatiota ja sen toimintaympäristöön muokkaantuneita yksilöllisiä prosesseja varten täydellisesti räätälöityjä. Toisaalta IT-toiminnon kustannustehokkuuteen pyritään tyypillisesti järjestelmien ja toimintatapojen yhtenäistämällä ja standardoinnilla. Näin ollen toiminnan tukemisessa informaatioteknologialla on tasapainoiltava toisaalta toiminnan vaatimusten mukaisuuden ja toisaalta standardoinnin ja harmonisoinnin välillä.

Silvius (2007) esittää, että organisaatioiden hyödyntämän informaatioteknologian standardointi on edennyt kolmessa vaiheessa. Ensimmäisenä standardointikohteena olivat IT:n perusinfrastruktuuri sekä sähköpostin ja kalenterin kaltaiset yleiskäyttöiset sovellukset. Seuraavana kohteena ovat olleet IT-toiminnon palvelutuotannon prosessit, ja kolmantena toiminnanohjaus- ja asiakastietojärjestelmien kaltaiset standardit ohjelmistopakettit.

Silviuksen (2007) esittämän standardoinnin vaikutus organisaation toimintaan on kasvanut vaihe vaiheelta, kun se on siirtynyt IT-toiminnon sisäisistä ja organisaatio- ja toimialariippumattomista toteutus- ja toimintatavoista kohti (liike-)toiminnalle keskeisiä toimintoja.

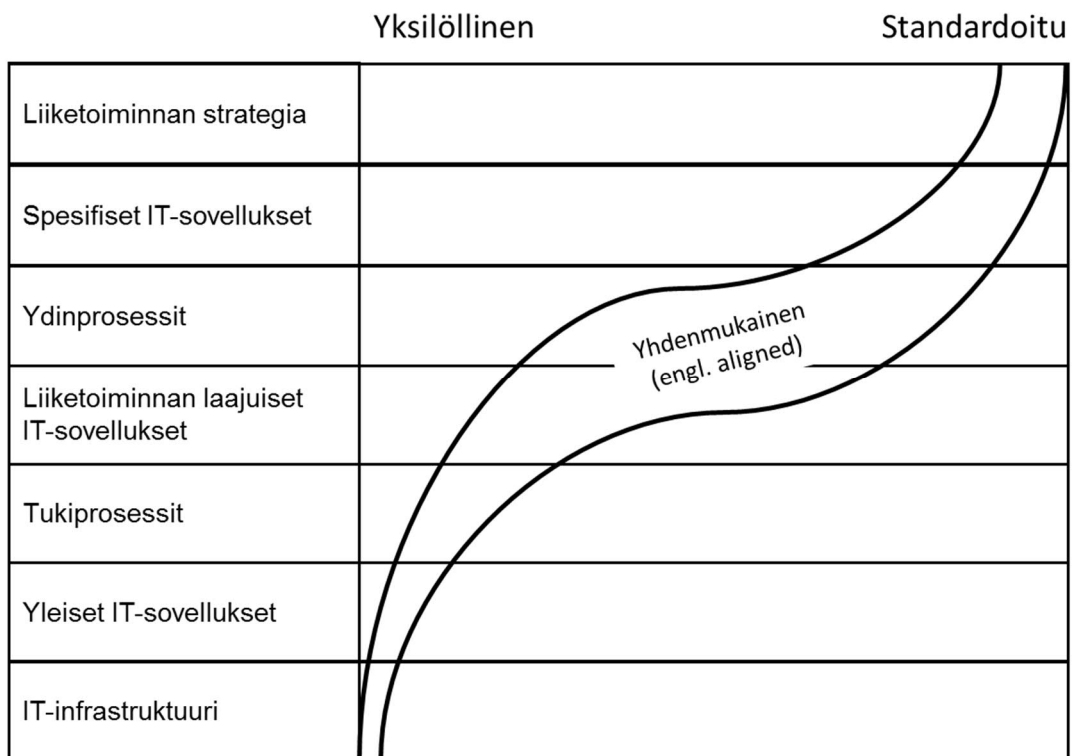
Hendersonin ja Venkatramanin malliin nähden standardointia voitaisiin ajatella kuvan 25 mukaisesti toisaalta toiminnallisen integraation lisäämisestä strategisen yhdenmukaisuuden kustannuksella, jos standardoinnin ajatellaan muokkaavan sekä organisaatio- että tietojärjestelmäinfrastruktuureja keskenään yhteensopiviksi, mutta huonommin organisaation ulkoiseen toimintaympäristöön soveltuviksi. Toisaalta se voitaisiin ajatella myös vain tietojärjestelmäinfrastruktuuria ja -prosesseja koskevana sisäisenä muutoksena, joka auttaa IT-toimintoa toimimaan kustannustehokkaasti, mutta samalla heikentää sekä ulkoisen ja sisäisen toimialueen että toiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuutta.



Kuva 25. Sekä toimintaa että informaatioteknologiaa koskevan standardisoinnin vaikutuksia.

Silviuksen (2007) näyttää mieltävän standardoinnin pääosin jälkimmäisen vaihtoehdon mukaiseksi, tietojärjestelmäinfrastruktuuria ja -prosesseja koskevaksi muutokseksi, joka kasvattaa IT-toiminnon tehokkuutta (engl. *efficiency*), mutta heikentää sen vaikuttavuutta (engl. *effectiveness*).

Jos standardointi heikentää informaatioteknologian kykyä tukea tehokkaasti organisaation toimintaa, vaatii standardoinnista saatavan kustannustehokkuuden ja toisaalta tehokkaasti toimintaa tukevan IT-toiminnon tavoittelu tasapainoilua näiden kahden tavoitteen välillä. Silvius (2007) esittää keskitetyn informaatioteknologian standardoinnin ja hajautettujen yksilöllisten toimintatapojen painotusten vaihtelevan organisaation toiminnan eri osa-alueiden välillä kuvan 26 mukaisesti.



Kuva 26. Keskitetyn standardoinnin ja hajautetun yksilöllisen IT:n painotukset toiminnan eri osa-alueilla (mukailtu, Silvius 2007)

Voidaan ajatella, että mitä lähemmin osa-alue liittyy organisaation ulkoiseen toimintaympäristöön ja esimerkiksi organisaation sijoittumiseen kilpailijoihinsa nähden, sitä enemmän painottuu toiminnan tarpeita mahdollisimman yksityiskohtaisesta vastaava informaatioteknologia. Toisaalta toteutustavaltaan organisaatio- ja toimialariippumattomilla osa-alueilla, joita ei voida pitää esimerkiksi kilpailuedun perustana, standardoinnista saavutettava kustannustehokkuus tuottaa enemmän hyötyä, kuin toimintaan räätälöidysti sovitettu IT.

Tarkasteltaessa Turun kaupungin tietohallintostrategiaa huomataan, että esitetyt kustannustehokkuuden tavoitteet painottuvat erityisesti IT-infrastruktuurin sekä toimintaprosessien ja näitä tukevien tietojärjestelmien yhtenäistämiseen. Tarkastellaan seuraavaksi, voidaanko Silviuksen (2007) esittämän mallin katsoa soveltuvan noudatettavaksi Turun kaupungin toiminnassa ja toimintaympäristössä.

Kunnan tehtävänä on edistää asukkaidensa hyvinvointia ja alueensa elinvoimaa sekä järjestää asukkailleen palvelut taloudellisesti, sosiaalisesti ja ympäristöllisesti kestävällä tavalla. Kuntien toimintaympäristöä määrittävät erityisesti kunnille asetetut lakisääteiset tehtävät²¹, joiden lisäksi kunnat voivat ottaa itselleen tarpeelliseksi katsomiaan vapaaehtoisia tehtäviä paikallisten olosuhteiden ja tarpeiden mukaisesti. (Kunnan johtamisen viitearkkitehtuuri, 2016.)

Kuntien yhteisten lakisääteisten tehtävien voitaneen katsoa tarkoittavan, että kuntien toiminnasta löytyy muihin toimialoihin nähden useampia osa-alueita, joilla yksilöllisen kilpailuedun tavoittelun sijasta toimintaa on tarkoituksenmukaista standardoida kustannustehokkuuden tavoittelemiseksi²².

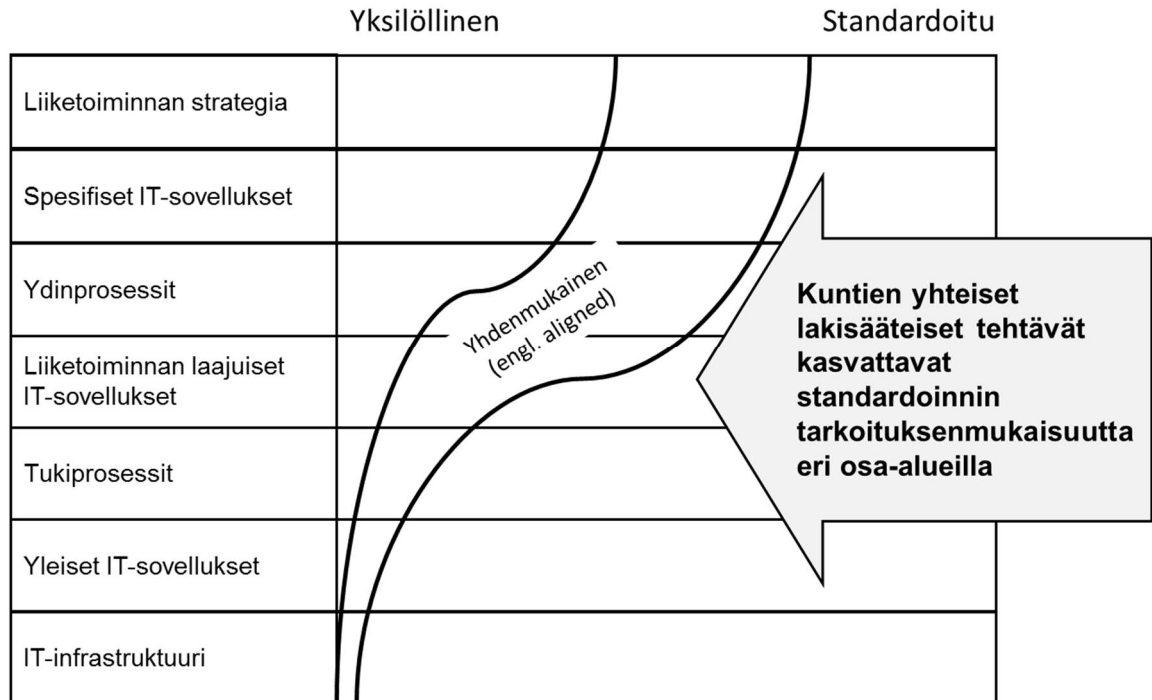
Koska esimerkiksi kuntien paikalliset toimintaympäristöt sekä poliittisen päätöksenteon linjaukset ja tavoitteet eroavat toisistaan, on kunnilla yhteisten piirteiden lisäksi myös eroavaisuuksia, jotka vaikuttavat niiden organisaation sisäiseen toimintaan. Tähän toimintaympäristöön tarkoituksenmukaisesti sijoittumalla ja organisoitumalla kunnan voidaan ajatella saavuttavan kilpailuetua sekä kansallisesti että kansainvälisesti.

Turun kaupunkia ja kuntia yleisesti koskevan version Silviuksen (2007) esittämästä mallista voitaisiinkin ehkä ajatella näyttävän kuvan 27 mukaiselta. Kunnan lakisääteisistä tehtävistä johtuen yksilöllisesti ja räätälöidysti toiminnan eri alueita tukevan informaatioteknologian rooli voitaneen ajatella tyypilliseen yritykseen nähden liittyen suppeammaksi, mutta silti merkittäväksi.

²¹ ”Vuoden 2013 alussa valmistuneen kuntien tehtäväkartoituksen (Valtiovarainministeriö 2013) mukaan kunnilla oli tuolloin 535 lakisääteistä tehtävää, jotka kuuluivat 10 ministeriön hallinnonalalle.

Kuntien lakisääteiset tehtävät koskevat karkeasti sosiaalihuollon, terveydenhuollon, opetuksen ja kulttuurin, teknisen alan ja muita palveluita.” (Kunnan johtamisen viitearkkitehtuuri 2016, s. 35)

²² Standardoinnilla voidaan tässä yhteydessä saavuttaa kustannustehokkuuden lisäksi esimerkiksi käyttäjäkokeemukseen liittyviä hyötyjä yhtenäisen asioinnin ja asiakkaalle näyttäytyvän toimintatavan muodossa.



Kuva 27. Hahmotelma Silviuksen esittämästä mallista kunnan toimintaympäristössä

(Liike-)toiminnan strategialla voidaan ehkä ajatella Silviuksen mallia kunnan toimintaympäristössä tulkittaessa tarkoitettavan kaupungin tekemiä strategisia valintoja, joilla se erottuu muista kunnista.

Tällaisina strategisina valintoina voidaan pitää esimerkiksi Smart City -aihepiirin tavoitteita toteuttavia strategisia kärkihankkeita, jotka eivät ole itsessään osa kunnan lakisääteisiä tehtäviä, mutta jotka on valittu keinoksi edistää kunnan kilpailukykyä ja hyvinvointia. Kaupunkien Smart City²³ -toimenpiteisiin voidaan katsoa liittyvän puhtaasti toiminnan kehittämisen lisäksi keskinäistä kansainvälistä kilpailua näkyvyydestä, osaajista ja investoinneista, mikä edellyttää kaupungeilta jo lähtökohtaisesti jossakin määrin yksilöllisiä ja innovatiivisia ratkaisuja standardoinnin sijasta. Strategisten hankkeiden lisäksi tilaa yksilöllisesti ja hajautetusti toiminnan tarpeisiin vastaavalle informaatioteknologi-alle jäänee erityisesti ainakin ydinprosessien ja spesifisten IT-sovellusten alueille.

²³ Smart City -käsitteen sisältö ei ole vakiintunut ja termiä käytetään useissa eri yhteyksissä. Nam ja Pardo (2011) esittävät koosteen useista määritelmistä, joista osa painottaa teknologiaa keskeisenä mahdollistajana ja osa keskittyy kaupungin tavoittelemien piirteiden kuvailuun.

Yhteenvedon Turun kaupungin nykytilan ja sitä koskevan tutkimuskysymyksen tarkastelusta voidaan todeta kaupungin IT-toiminnon strategista yhdenmukaisuutta tavoiteltavan lähestymistavalla, jossa kaupungin ulkoisesta toimintaympäristöstä ja sen toiminnan sisäisestä toteutustavasta aiheutuvat vaatimukset toimivat syötteinä tietohallintostrategialle, joka ohjaa IT-toiminnon toimintatapoja ja teknologioita näihin mahdollisimman tehokkaasti vastaaviksi. Koska kaupungin toimintaan todettiin liittyvän kahdenlaisia keskenään ristiriitaisia vaatimuksia, voitaisiin ajatella tarkoituksenmukaiseksi tukea toiminnan eri osa-alueita bimodaalisesti niille parhaiten soveltuvilla menetelmillä.

5.3 Tavoitetila

Jatketaan tutkimuskysymysten tarkastelua tavoitetilan osalta: *miten bimodaalisuus tulisi Turun kaupungin toimintaympäristössä toteuttaa?*

Turun kaupungin todettiin edellä toimivan jo osin bimodaalisesti, eli osaa sen toimintaa tukevasta informaatioteknologiasta kehitetään kokeellisuuden ja ketteryyden kaltaisia vaatimuksia vastaavasti ja osaa perinteisen IT:n menetelmiä noudattaen. Jos toiminnan eri osa-alueita halutaan bimodaalisessa mallissa tukea eri menetelmillä, voidaan ensimmäiseksi askeleeksi tätä kohti ajatella keskenään erilaisilla tavoilla tuettavien toiminnan alueiden mahdollisimman eksplisiittistä ja selkeärajaista tunnistamista.

5.3.1 Bimodaalinen toimintatapa toiminnan eri osa-alueilla

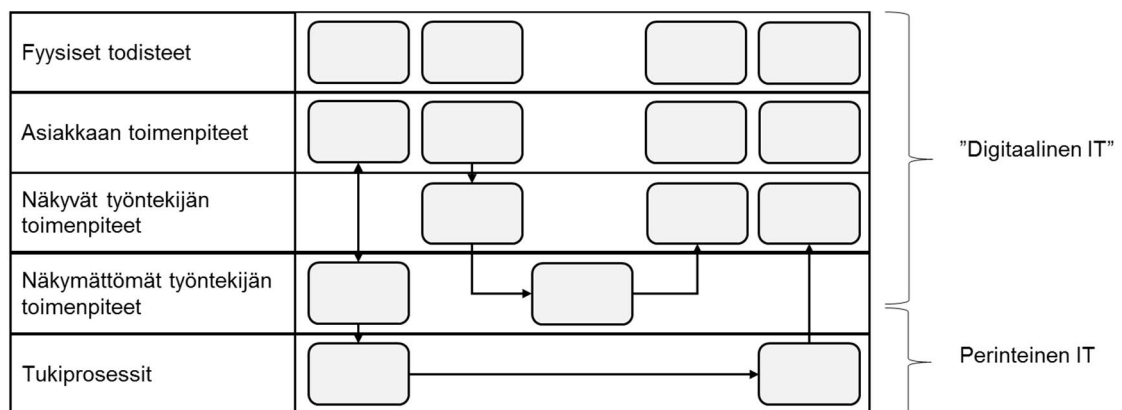
Hahmotellaan seuraavaksi mahdollista tavoitetilaa yksittäisten palveluprosessien, konserninlaajuisten kyvykkyyksien ja standardoitujen tukiprosessien osalta.

Palvelujen tukeminen digitaalisella informaatioteknologialla. Edellä kuvattiin Silviuksen (2007) esitykseen pohjautuen, miten toiminnan yksilöllisyyden ja standardisoinnin painopisteet vaihtelevat eri prosesseittain. Toimintaan yksilöllisesti vastaavan informaatioteknologian tarve painottui ydinprosesseihin sekä niitä tukeviin spesifisiin IT-sovelluksiin²⁴. Standardoinnin tarve taas liittyy liiketoiminnan laajuisiin sovelluksiin, tukiprosesseihin, yleisiin sovelluksiin ja IT-infrastruktuuriin.

²⁴ Silvius (2007) ei avaa spesifisen IT-sovelluksen käsitettä tarkemmin, mutta sen voitaneen olettaa asiayhteydestä päätellen (yleisiin ja liiketoiminnan laajuisiin sovelluksiin verrattuna) tarkoittavan organisaation yksittäisten prosessien tarpeisiin vastaavia IT-sovelluksia.

Kohdassa 2.2 todettiin perinteisen IT:n soveltuvan käytettäväksi hyvin tunnetuilla ja ennakoitavilla alueilla, ja digitaalisen IT:n kokeellisemmilla ja uuden luomista vaativilla alueilla. Arvioitaessa näiden toimintatapojen soveltuvuutta organisaation eri osa-alueille, voitaneen digitaalisen IT:n soveltamisalueen katsoa painottuvan yksilöllisesti liiketoimintaa vastaavan IT:n alueelle ja perinteisen IT:n standardoitavaksi soveltuvan toiminnan alueelle.

Lisäksi ydinprosesseja tarkasteltaessa digitaalisen IT:n voidaan katsoa painottuvan lähellä asiakasrajapintaa oleviin prosessin osiin. Esimerkiksi Bitnerin, Ostromin ja Morganin (2008) esittämällä *service blueprint* -mallilla kuvattuna prosessin voidaan katsoa koostuvan asiakkaalle näkyvistä ja asiakkaalle näkymättömistä osista. Näkyviä osia ovat verkkosivujen, palvelupisteiden ja tilauslomakkeen kaltaiset asiakaskokemukseen vaikuttavat fyysiset todisteet, asiakkaan tekemät toimenpiteet ja asiakkaalle näkyvät työntekijöiden tehtävät. Asiakas ei näe näkyvyyden rajan taakse jääviä työntekijän toimenpiteitä eikä tukiprosessien tapahtumia.



Kuva 28. Esimerkki *service blueprint* -tyyppisestä prosessikaaviosta

Kun kuvan mukaista asiakkaalle näkyvää prosessia tuetaan IT:n keinoin, voidaan karkeasti katsoa digitaalisen IT:n painottuvan asiakkaalle näkyviin osiin ja perinteisen IT:n erityisesti usein kustannustehokkuutta painottaviin tukiprosesseihin. Asiakkaaseen suu- rimmin vaikuttavien prosessin osien tukeminen ketterällä ja kokeellisuuden mahdollis- tavalla informaatioteknologialla mahdollistaa muun muassa palveluprosessien (ja niitä tukevien järjestelmien) jatkuvan kehittämisen ja havaittuihin ongelmiin reagoinnin.

Digitaalinen IT tukisi siis erityisesti kaupungin toimialojen palvelutuotannon prosesseja ja erityisesti niiden asiakasrajapintaa lähellä olevia osia. Toimialat ja konserniyhtiöt

osallistuvat nykytilassa tietohallintostrategian mukaisesti toimialakohtaisten tietojärjestelmien toiminnalliseen määrittelyyn ja kaupungin kehittämismallin mukaiseen kehittämisen koordinointiin. Yhtenä etenemismahdollisuutena digitaalisen IT-kehittämisen tukemiseksi voitaisiin kenties pitää toimialojen ketterän kehittämisen ja teknisen osaamisen kasvattamista, ja niiden entistä tiiviimpää osallistumista muihinkin kuin määrittelytyön tehtäviin ketterän kehitystyön kaikissa vaiheissa.

Asiakasrajapintaa lähellä olevaa toimintaa mahdollisimman tehokkaasti tukevien digitaalisten palvelujen kehittäminen mahdollistetaan muodostamalla esimerkiksi asiakassegmentti- tai toimialakohtaisia digikehittämisen tiimejä. Toimintaa lähellä olevat itsenäiset ja poikkitoiminnalliset tiimit toteuttavat toimialaosamiseen, ketterään kehittämiseen ja mikropalveluarkkitehtuuriin tukeutuen toimialojen digitaalisia palveluja. Palvelut toteutetaan kohdassa 4.4.1 kuvatus mukaisesti toiminnan palvelujen tai kyvykkyysympärille, ja niitä kehittävät tiimit ovat vastuussa niistä koko niiden elinkaaren ajan.

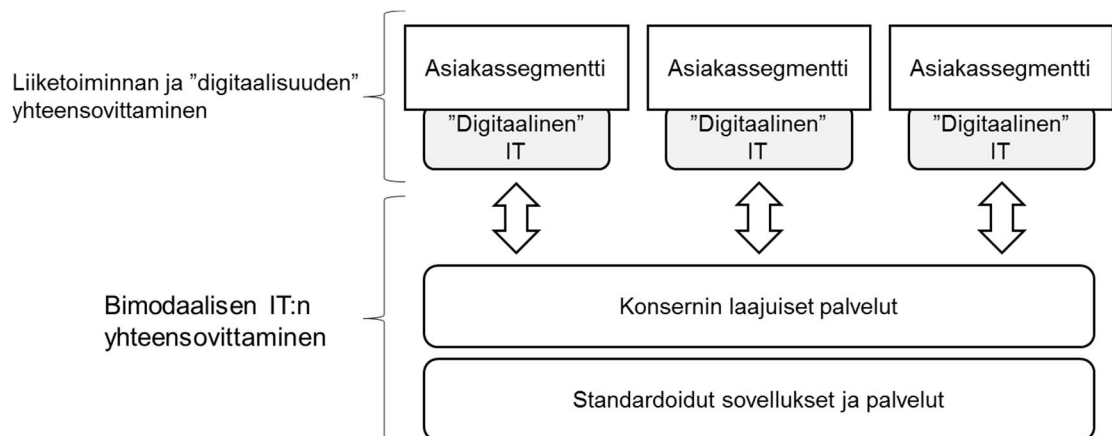
Keskeistä digitaaliselle kehittämiselle on mahdollistaa (liike-)toiminnan palvelusta vastaavalle taholle ja toimintaa tukevia teknisiä palveluja toteuttavalle tiimille riittävä autonomia. Palveluprosessille tulisi tällöin määrittää tietyt tavoitteet ja reunaehdot, joita sen tulee noudattaa. Lisäksi prosessia tukevan informaatioteknologiaratkaisun toteutuksessa tulee huomioida digitaalisia palveluja läpileikkaavat, esimerkiksi esteettömyyden, graafisen ulkoasun tai käytettävyyden tyyppisiin piirteisiin liittyvät linjaukset. Palvelujen kehittäjät tulee myös velvoittaa käyttämään saatavilla olevia konsernin laajuisesti toteutettuja maksamisen tai tunnistautumisen kaltaisia yhteisiä palveluja.

Haasteena digikehittämisen hajauttamisessa ovat erityisesti käytettävään teknologiaan liittyvät osaamistarpeet. Lisäksi hajauttamisen voidaan ajatella tarkoittavan osin paluuta aiempaan tilanteeseen, jossa toimialat kehittivät omia informaatioteknologiaratkaisujaan, jotka eivät välttämättä muodostaneet konsernin laajuisesti tarkoituksenmukaista kokonaisuutta.

Tällaista ei-toivottua ”siiloutumista” voitaneen välttää ainakin määrittelemällä selkeät rajat, joiden sisällä tiimit ja niiden tukevista palveluista vastaavat tahot voivat tehdä itsenäisiä päätöksiä, ja samoin tunnistamalla selkeästi konsernitasolla toteutettavat palvelut. Lisäksi konsernitasoisesti voidaan toteuttaa asiakkaille tarkoitettuja käyttöliittymiä ja sovelluksia, joiden osana mikropalvelujen sisältöä esitetään. Toisaalta tietyn tasoinen

siiloutuminen voidaan ehkä ajatella hintana, joka yksittäisten palvelujen tarpeisiin vastaavasta hajautetusta toteutustavasta on maksettava.

Konsernin laajuiset kyvykkydet. Yksittäisten palvelujen digitalisoinnin voidaan katsoa vaativan tuekseen kuitenkin myös yhteisesti toteutettuja osia. Esimerkiksi käyttäjän tunnistamisen, asiakkaan yhteystietojen tallentamisen tai sukulaisen puolesta tehtävän asioinnin valtuuttaminen jokaisen yksittäisen palvelun yhteydessä aiheuttaa sekä ylimääräistä työtä ja kustannuksia että heikentää asiakaskokemusta. Näitä palvelujen yhteisiä osia on tarkoituksenmukaista toteuttaa konserninlaajuisina (ja kansallisina), ja tarjota niitä käytettäviksi yksittäisiä palveluprosesseja tukevassa digikehittämisessä. Käytännössä nämä toiminnot voitaisiin tarjota digitaalisten palvelujen kehittäjille rajapintoina sekä rajapintojen käyttöä helpottavina ohjelmistomoduuleina.



Kuva 29. Kaupungin toiminnan ja IT:n yhteensovittaminen ja eri osa-alueiden toteutustapoja. (Horlachin ym. esittämää mallia mukailten)

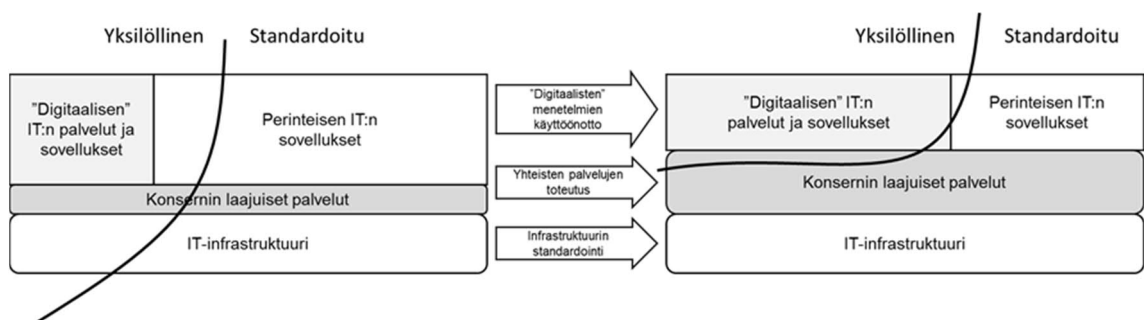
Konserninlaajuisen näkökulmien huomiointi itsenäisiin tiimeihin perustuvassa digikehityksessä vaatii väistämättä jonkinlaista konsernitasolta tehtävää ohjausta. Pakottavan konsernitasolta tehtävän ohjauksen sijasta toimialoilla kehitettäviä palveluita voitaisiin ajatella ohjattavan yhtenäisiksi ja konsernitason palveluja hyödyntäviksi myös mahdollistamisen keinoin, eli tukemalla niiden kehittäjiä suunnittelutyössä ja tarjoamalla kehittämisessä käytettäviksi esimerkiksi muualla toteutettuja valmiita komponentteja ja konsernitason palveluja. Tällöin konsernitasolla tehtävä arkkitehtuuri- ja IT-kehittämissä työ voisivat yksittäisten asiakasrajapinnan palvelujen toteutusten ohjauksen sijasta keskittyä konsernin laajuisen kyvykkyysien rakentamiseen.

Edellä kuvatut konsernitason kyvykkyudet ja niitä tukevat tekniset palvelut tulisi tunnistaa ja rajata siten, että niiden voidaan arvioida pysyvän yksittäisiin kaupungin asiakkaille tarjottaviin palveluihin nähden kohtuullisen muuttumattomina. Niitä voidaan ajatella rajapintana toiminnan täsmällisiin tarpeisiin sovitettujen digitaalisten ratkaisujen ja toisaalta kustannustehokkaan standardoidun informaatioteknologian välillä.

Standardoidut palvelut ja infrastruktuuri. Silviuksen (2007) esittämän mukaisesti yleisten toimialariippumattomien sovellusten, tukiprosessien, niitä tukevan informaatioteknologian ja IT-infrastruktuurin standardointi on usein kustannustehokkuuden saavuttamiseksi tarkoituksenmukaista.

Standardoitujen sovellusten ja palvelujen voidaan niiden varsinaisesta toteutustavasta riippumatta ajatella näyttäytyvän niitä käyttävälle organisaatiolle **monoliittisina**, koska ne on hankittu tyypillisesti palveluina tai valmistuotteina, jolloin niiden sisäinen toteutustapa näkyy kaupungille lähinnä välillisesti esimerkiksi niiden suorituskyvyn riittävyyden tai jatkokehittämisen kustannusten kautta. Niiden hankinnassa voidaan toki painottaa esimerkiksi tarvittavien rajapintojen olemassaoloa, jotta ne voidaan liittää toisiinsa ja osaksi palvelukeskeistä arkkitehtuuria.

Kaupungin palveluprosessien digitalisoinnin, yhteisten palvelujen tunnistamisen ja niiden konsernin laajuisiksi teknisiksi palveluiksi toteuttamisen sekä tukiprosessien ja IT-infrastruktuurin standardoinnin voitaneen yksinkertaistetusti ajatella vaikuttavan kaupungin informaatioteknologian kokonaisuuteen kuvan 30 mukaisesti.



Kuva 30. Digitaalisuuden, yhteisten palvelujen ja standardoinnin vaikutusten hahmottelua

Kaupungin prosesseja tukevien palvelujen ja sovellusten voidaan ajatella niitä ylläpitävän tahon tai esimerkiksi niiden muokattavuuden ja muutosten nopeuden kaltaisten ominaisuuksien perusteella jakautuvan digitaalisen ja perinteisen IT:n piiriin kuuluviksi.

Järjestäydyttäessä tukemaan palveluprosesseja digitaalisilla menetelmillä ja teknologioilla, voidaan ajatella näiden digitaalisten sovellusten osuuden kaikista sovelluksista kasvavan. Perinteisen IT:n piiriin kuuluvina sovelluksina säilyisivät edelleen muun muassa yleiset toimialariippumattomat sovellukset sekä tukiprosesseja tukevat sovellukset.

Samoin yhteisten palvelujen tunnistamisen ja toteutuksen voidaan ajatella kasvattavan niiden määrää, ja siirtävän niihin yhteiseksi katsottua toiminnallisuutta prosessikohtaisista palveluista ja sovelluksista. Sekä konsernin laajuisten palvelujen toteutus että IT-infrastruktuurin standardointi kasvattaisivat organisaation laajuisesti harmonisoidun ja standardoidun informaatioteknologian suhteellista osuutta. Lopputuloksena toimenpiteille informaatioteknologian kokonaisuus muodostuisi yhä selkeämmin digitaalisten toimintatapojen ja teknologioiden muodostamasta, asiakasprosesseja tukevasta osasta, ja toisaalta standardoidusta ja harmonisoidusta, kustannustehokkuutta tavoittelevasta osasta.

5.3.2 Tavoitetila strategisen yhdenmukaisuuden näkökulmasta

Turun kaupungin toiminnan nykytilan tarkastelu aloitettiin liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhteensopivuutta tarkastelevan Henderssonin ja Venkatramanin (1993) esittämän strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta. Kaupungin tietohallintostrategiassa esitettyjen sitä ohjaavien lähtötietojen perusteella todettiin liiketoiminnan ja IT:n yhdenmukaisuutta tavoiteltavan aloittamalla tarkastelu kaupungin ulkoisesta toimintaympäristöstä ja etenemällä siitä kaupungin toiminnan sisäiseen toteutustapaan, lopulta tätä tukevan informaatioteknologian toteutustapaan.

Tarkastellaan seuraavaksi, miltä kaupungin toimintatapa edellä kuvatussa tavoitetilassa näyttäisi strategisen yhdenmukaisuuden mallin kautta tarkasteltuna.

Horlach ym. (2016) esittävät kohdassa 2.4.2 kuvatun mukaisesti bimodaalisen IT-toiminnon aiheuttavan kaksi uutta vaatimusta strategisen yhdenmukaisuuden mallin soveltamiseen – vaatimuksen digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon yhteensovittamisesta (kuva 6) sekä kahden keskenään erilaisen toimintatavan huomioimisesta organisaation liiketoiminnan strategiassa ja operatiivisessa toiminnassa (kuva 7). Edellä kuvattuun Turun kaupungin toimintatapaan nähden tämän voidaan ajatella tarkoittavan esimerkiksi, että kaupungin tietohallintostrategia erittelisi eri toimintatavoilla tuettavat osa-alu-

et toiminnassa, ja kuvaisi molemmille toimintatavoille erilliset toimenpiteet, jolla näiden alueiden tarpeisiin vastataan. Toisaalta kuvattaisiin, miten digitaalisen ja perinteisen IT-toiminnon tehtävät ja vastuut jakautuvat niiden kesken.

Voitaneen myös ajatella, että tämän ylimääräisen suunnittelutyön oikeuttamiseksi erillisten toimintatapojen tulisi kyetä tukemaan (liike-)toimintaa sen vaatimukseen entistä täsmällisemmin vastaten. Tarkastellaan tähän liittyen tavoitetilan kuvauksen lopuksi, miten bimodaaliseen informaatioteknologian hyödyntämiseen perustuva toimintatapa vastaa tietohallintostrategiassa tunnistettuihin riskikartoituksen tuloksiin.

5.3.3 Tavoitetila tietohallintostrategian näkökulmasta

Turun kaupungin viimeisimmässä tietohallintostrategiassa riskeiksi ja haasteiksi tunnistettiin henkilöresurssien määrä ja osaaminen, vaatimusmäärittelyjen puutteellisuus projekteissa, kokonaisarkkitehtuurin irrallisuus kaupungin johtamisesta ja prosesseista, IT-palvelujen kykyyn asiakastarpeisiin vastaamiseen, yleiseen kehittämispalvelujen kysynnän suureen määrään.

IT-palvelujen toimintamalli. Selkeimmin bimodaalisen toimintatavan voidaan katsoa vastaavan IT-palvelujen nykyiseen toimintamalliin liittyvään haasteeseen.

Turun kaupungin tietohallintostrategiassa todetaan nykyisen mallin pohjautuvan keskittämiseen ja kustannustehokkuuden tavoitteluun, ”mikä saattaa johtaa joustavuuden vähenemiseen asiakkaiden näkökulmasta.” Lisäksi todetaan tarpeelliseksi pohtia ”tapoja vastata paremmin asiakkaiden yksilöllisiinkin kehittämistarpeisiin silloin kun ne ovat kaupungin strategian mukaisesti perusteltuja.” (Turun kaupunki, 2017)

Haasteeseen voidaan bimodaalista toimintatapaa soveltaen vastata tunnistamalla eksplisiittisesti, mitkä toiminnan osa-alueet tarvitsevat yksilöllistä toiminnan tukemista, ja missä toimintaa on tarkoituksenmukaisinta tukea kustannustehokkaalla ja keskitetyllä IT-toiminnolla.

Henkilöresurssien määrä ja osaaminen. Turun kaupungin tietohallintostrategia toteaa, etteivät henkilöresurssien määrä ja osaaminen eivät kohtaa kaikilta osin nykyistä ja ennakoitua tarvetta. Erityisesti haasteen katsottiin kohdistuvan projektipäälliköiden ja kokonaisarkkitehtuuriasiantuntijoiden resursointiin. (Turun kaupunki, 2017)

Esitetyn toimintamallin voidaan katsoa osin vastaavan henkilöresurssien määrään ja osaamiseen liittyvään haasteeseen. Mallissa yksittäisiä prosesseja tukevalle digitaaliselle kehittämiselle annetaan selkeät rajat ja periaatteet, joiden puitteissa palveluja kehittävät tiimit ja toiminnan palvelun omistaja voivat toimia autonomisesti. Kohdistamalla kokonaisarkkitehtuuriin liittyvää työmäärää yhä selkeämmin konsernitasoisten yhteisten palvelujen ja kyvykkyyksien ohjaamiseen yksittäisiin asiakasprosesseihin liittyvän arkkitehtuurityön sijasta, voidaan ajatella vähennettävän kokonaisarkkitehtuurityöhön käytettävää työmäärää.

Lähellä toimintaa tapahtuva digitaalisen informaatioteknologian ja myös toiminnan palvelujen kehittäminen aikaansaa epäilemättä myös uusia resurssi- ja osaamistarpeita. Olisi tutkittava tarkemmin, vähentäisikö vai lisääisikö selkeämpi jako yksilöllisten tarpeiden toteutuksen ja toisaalta toimintatapojen ja IT:n standardoinnin välillä resurssien tarvetta.

Tavoitetilassa esitetyn toimintatavan voidaan katsoa vastaavan myös Turun kaupungin tietohallintostrategiassa tunnistettuun **kokonaisarkkitehtuurin irrallisuuteen kaupungin johtamisesta ja prosesseista**. Kun kokonaisarkkitehtuuritoiminto välttyy edellä kuvatuksi ohjaamasta ja ottamasta kantaa yksittäisiä asiakasprosesseja tukevaan digitaaliseen kehittämiseen, se voi keskittyä tiiviimmin kaupungin strategisen tason tavoitteiden toteuttamiseen sekä mm. kansallisten palvelujen hyödyntämiseen ja konserninlaajuisten kyvykkyyksien rakentamiseen. Lisäksi, jos digitaalinen kehittäminen järjestetään suurelta osin projektitoiminnan sijasta jatkuvaksi toiminnaksi, vähenee kehittämismallin kautta ohjattavien projektien määrä, mikä auttaa osaltaan vähentämään **IT-toiminnon kehittämispalveluihin kohdistuvaa kysyntää** ja mahdollisesti auttaa **noudattamaan kehittämismallia paremmin** jäljelle jäävissä informaatioteknologiaan liittyvissä projekteissa.

Yhteenvedona tavoitetilan voidaan todeta vastaavan viidestä tietohallintostrategiassa tunnistetusta riskistä ja haasteesta taulukon 5 mukaisesti täysin kahteen ja osittain kolmeen.

Taulukko 5. Tavoitetilan ja tietohallintostrategian riskien ja haasteiden vastaavuus

Tietohallintostrategiassa tunnistettu riski tai haaste	Esitetyn tavoitetilan vastaaminen riskiin tai haasteeseen
Henkilöressurssien määrä ja osaaminen	Osittain
Vaatimusmäärittelyjen puutteellisuus projekteissa	Osittain
Kokonaisarkkitehtuurin irrallisuus kaupungin johtamisesta ja prosesseista	Kyllä
IT-palvelujen kyky asiakatarpeisiin vastaamiseen	Kyllä
IT-toiminnon kehittämispalvelujen kysynnän määrä	Osittain

Tavoitetilan kuvaus on esittänyt, millä tavoin mitäkin toiminnan osa-aluetta tulisi tukea informaatioteknologialla. Se ei ole kuitenkaan vielä täsmentänyt, millaisilla arkkitehtuurityyleillä eri alueiden informaatioteknologiaratkaisut tulisi toteuttaa. Tarkastellaan seuraavaksi osa-alueille tarkoituksenmukaisia arkkitehtuurityylejä.

5.3.4 Eri arkkitehtuurityylit tavoitetilassa

Edellä tunnistettiin Turun kaupungin toiminnasta osa-alueita, joiden tukemisessa informaatioteknologialla esitettiin tavoitetilassa noudatettavan erilaisia toimintatapoja. Lähellä palveluprosessien asiakasrajapintaa esitettiin toimittavan prosessin tarpeisiin tarkoin vastaavilla ja ketterillä digikehittämisen menetelmillä, kun taas kauempana asiakkaasta oleva toiminta, kuten tukiprosessit voitaisiin toteuttaa kustannustehokkaasti harmonisoimalla ja standardoimalla toimintaa ja sitä tukevia järjestelmiä. Näiden välillä voidaan ajatella olevan konserninlaajuisten yhteisten kyvykkyyksien toteutuksen, joka tukee digitaalisia palveluja ja toisaalta yhdistää ne esimerkiksi perinteisiin perusjärjestelmiin.

Näiden toiminnan osa-alueiden tarvitsemien järjestelmien teknistä toteutustapaa ja niissä pääasiallisesti noudatettavaa arkkitehtuurityyliä on sivuttu jo aiemmin, mutta tarkastellaan vielä järjestelmällisesti, millaiset tekniset ratkaisut tukevat parhaiten mitäkin osa-aluetta.

Samalla tarkastellaan viimeisenä tutkimuskysymyksenä: *miten mikropalveluarkkitehtuuri soveltuu digitaalisen informaatioteknologian toteutustavaksi?*

Taulukossa 6 on esitetty arvio eri arkkitehtuurityylien (ja niiden yhteydessä tyypillisesti sovellettavien teknisten toteutustapojen) soveltuvuudesta toiminnan eri osa-alueille. Tarkastelussa osa-alueina käytetään Silviuksen (2007) esittämää jaottelua yksinkertaistettuna.

Taulukko 6. Eri osa-alueiden toteutustapojen arviointia.

	Digitaaliset palvelut	Konsernin laajuiset palvelut	Standardoidut sovellukset ja palvelut
Monoliittinen arkkitehtuuri	<p>+/-</p> <p>Soveltuu jos ymmärretään yksittäisten palvelujen toteutustapana, ei alustana.</p>	<p>-</p> <p>Ei tue muunneltavuuden ja integroitavuuden tavoitteita.</p>	<p>+</p> <p>Tarkoituksenmukaista käyttää valmissovelluksia ja palveluita, jotka näyttäytyvät monoliittisina.</p>
Palvelukeskeinen arkkitehtuuri	<p>-</p> <p>Tyypilliset tekniset toteutustavat ja työskentelymenetelmät eivät sovellu.</p>	<p>+</p> <p>Toimii hyvin integroinnissa ja asiakasrajapintaa pysyvämpien palvelujen toteutuksessa. Samat teknologiat kuin kansallisissa palveluissa.</p>	<p>+/-</p> <p>Ei tarkoituksenmukainen valmistuotteiden korvaajana, mutta tukee niiden integrointia.</p>
Mikropalvelu-arkkitehtuuri	<p>+</p> <p>Soveltuu työskentelytapojen ja suunnitteluperiaatteiden osalta. Toisaalta esimerkiksi osaamiseen liittyviä haasteita.</p>	<p>+/-</p> <p>Toimii teknisenä toteutustapana, mutta esimerkiksi tyypilliset työskentelymenetelmät eivät kaikilta osin sovellu.</p>	<p>-</p> <p>Ei kustannustehokas toteutustapa standardoiduissa prosesseissa tai valmistuotteiden korvaajana.</p>

Jo työn johdannossa todettiin **digitaalisten palvelujen** yhteen monoliittiseen asiointialustaan tai -sovellukseen perustuvan toteutustavan olevan osoittautuneen haasteelliseksi kunnan toimintaympäristössä. Koska kunta tarjoaa useita satoja pääosin lakisääteisiä ja osin itse valitsemaansa palveluja, jotka eroavat sisällöltään merkittävästi, vaaditaan tällaiselta asiointialustalta huomattavaa muunneltavuutta. Monoliittisen ratkaisutavan ongelma korostuu, kun palveluprosesseja pyritään kehittämään ja tukemaan informaatioteknologialla muiltakin kuin niiden välittömien asiakkaalle näkyvien tehtävien osalta. Toisaalta toteutustapojen arvioinnissa korostuu monoliittisen arkkitehtuurin ”määrittely” mikropalvelujen yhteydessä lähinnä palvelukeskeisen ja mikropalveluarkkitehtuurin vastakohtana.

Jos kaupungin palveluja oletetaan toteutettavaksi laajan alustan sijasta yksittäisinä sovelluksina, ja näiden sovellusten monoliittisissa toteutuksissa noudatetaan soveltuvilta osin muiden arkkitehtuurityylien yhteydessä esitettyjä yleisesti hyväksi tunnistettuja suunnittelupiirteitä, voidaan monoliittisen toteutuksen katsoa soveltuvan digitaalisten palvelujen toteutukseen. Fowler (2015b) esittääkin mikropalvelujen yhteydessä sovellettavaksi toteutustapaa, jossa sovellukset toteutetaan ensin monoliittisiksi kokonaisuuksiksi, ja pilkotaan tarvittaessa useiksi mikropalveluiksi.

Oikeaoppisiin teknisiin mikropalveluihin perustumisen sijasta digitaalisten palvelujen kehityksessä keskeisimpänä noudatettavana käytäntönä voidaan pitää mikropalveluihin liittyviä toimintatapoja, joissa poikkitoiminnalliset tiimit kehittävät (liike-)toiminnan kyvykkyyttä tukevaa teknistä palvelua läheisessä yhteistyössä toiminnan kanssa. Tämä ja muut sovellettavissa olevat mikropalveluihin liitetyt toimintatavat tukevat digikehittämistä, vaikka kehitettävän palvelun sisäinen toteutustapa olisi monoliittinen.

Mikropalveluihin liitettävä helppo skaalautuvuus voidaan katsoa mikropalvelujen muita ominaisuuksia vähemmän merkittäväksi, koska esimerkiksi kansainväliseen kuluttajille tarkoitettuun palveluun verrattuna kaupungin palvelujen kysynnällä voidaan katsoa olevan pienempi ennakoitavissa oleva vaihteluväli.

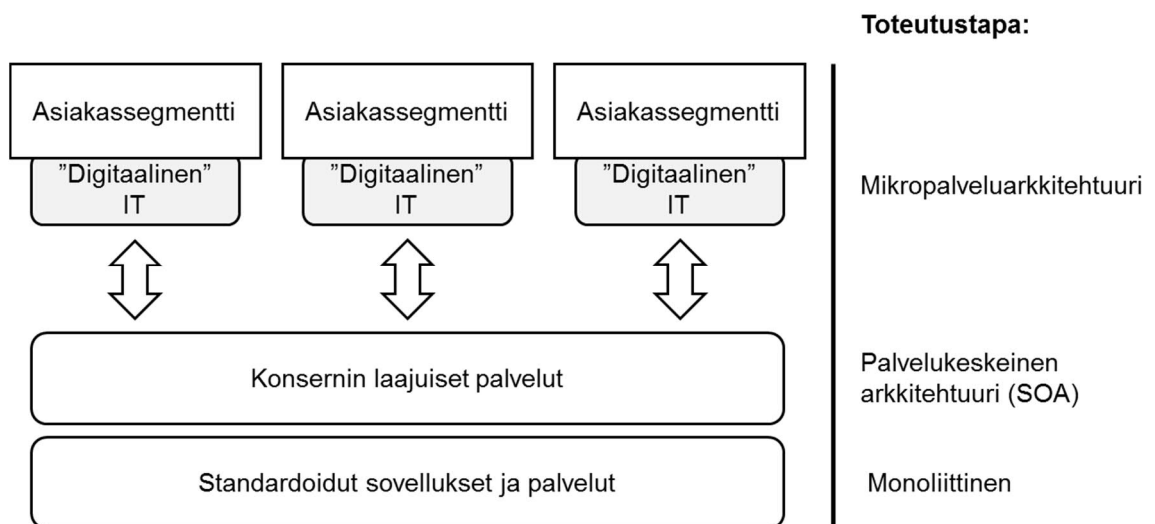
Mikropalvelujen soveltamiseen liittyy myös haasteita. Niiden voidaan katsoa liittyvän erityisesti mikropalveluihin perustuvan arkkitehtuurin suunnittelun ja toteutuksen vaatimaan osaamiseen sekä yksittäisiin palveluihin hajautettujen tietojen eheyteen ja yhdisteltävyyteen.

Konserninlaajuisten palvelujen toteutuksessa tarkoituksenmukaisimmaksi toteutustavaksi voidaan katsoa palvelukeskeinen arkkitehtuuri, jonka yhteydessä käytettävät tuotteet, standardit ja teknologiat mahdollistavat palvelujen yhdenmukaisen julkaisun ja niiden keskinäisen integroinnin. Koska yhteisiä palveluja käytetään jo niiden määritelmänkin mukaan useiden prosessien yhteydessä, muodostuu niihin runsaasti riippuvuuksia. Tästä johtuen niiden elinkaaren aikana tehtävien muutosten tulee olla hallittuja. Konserninlaajuisten palvelujen yhteydessä voidaan julkaista saumattomasti käytettäväksi myös kansallisia palveluja. Niiden voidaan ajatella muodostavan hitaasti muuttuvan ”kivijalan”, jonka päälle muokattavia ja kokeellisia asiakasprosesseja tukevia mikropalveluja voidaan toteuttaa.

Eräänä huomiona palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin liittyen voidaan todeta merkittävän osan arkkitehtuurityyliä koskevasta kritiikistä kohdistuvan sen toteutustapaan, kuten monimutkaisiin *web service* -protokolliin ja niitä toteuttaviin ohjelmistoihin. Tästä johtuen voisi olla tarkoituksenmukaista tutkia mahdollisuutta toteuttaa konsernin sisäisiä yhteisiä palveluja noudattaen palvelukeskeisen arkkitehtuurin suunnitteluperiaatteita, mutta käyttäen toteutuksessa kevyempiä esimerkiksi mikropalvelujen yhteydessä usein käytettäviä protokollia ja tuotteita.

Standardoidut sovellukset ja palvelut voidaan katsoa tarkoituksenmukaiseksi toteuttaa valmistuotteilla ja esimerkiksi pilvipalveluilla. Samalla näiden alueiden prosesseja tulisi standardoida ja harmonisoida, ja tarvittaessa sopeuttaa niitä valittujen keskeisimpien järjestelmien mukaisiksi.

Edellä kuvatusti valmistuotteet näyttäytyvät organisaatiolle yleensä monoliittisina, vaikka niiden sisäinen toteutustapa perustuisikin esimerkiksi mikropalveluihin. Yhteenvetona edellä kuvatusta mikropalveluja voitaneen pitää parhaiten digitaalisten palvelujen toteuttamiseen soveltuvana toteutustapana, palvelukeskeisen arkkitehtuurin soveltuvan konsernin yhteisten palvelujen toteuttamiseen (ja kansallisiin palveluihin liittymiseen), ja valmistuotteiden ja valmiiden palvelujen monoliittiseksi katsottavan toteutustavan sopivan standardoitujen prosessien tukemiseen (kuva 31).



Kuva 31. Näkemys eri osa-alueiden tarkoituksenmukaisimmista toteutustavoista.

5.4 Yhteenveto luvusta

Tässä luvussa tarkasteltiin digitaaliseen ja perinteiseen toimintatapaan perustuvan eli bimodaalisen IT-toiminnon mallin soveltamista Turun kaupungin toimintaympäristössä. Erityistä huomiota kiinnitettiin mikropalveluarkkitehtuurin hyödyntämiseen digitaalisen informaatioteknologian toteutuksessa.

Luvun alussa tarkasteltiin Turun kaupungin nykytilaa, ja arvioitiin, kohdistuuko siihen kahdenlaisia vaatimuksia, joiden toteuttamiseen bimodaalinen toimintatapa voisi olla tarkoituksenmukainen. Tarkastelu aloitettiin Henderssonin ja Venkatramanin (1993) liiketoiminnan ja informaatioteknologian yhdenmukaisuutta tarkastelevan mallin kautta. Kaupungin informaatioteknologian hyödyntämistä ja kehittämistä ohjaavan tietohallintostrategian perusteella liiketoiminnan ja IT:n yhdenmukaisuutta todettiin tavoiteltavan johtamalla kaupungin ulkoisen toimintaympäristön perusteella sen toiminnan sisäinen toteutustapa, ja näistä IT-toiminnon toteutustapa. Lisäksi kaupungin toimintaan todettiin tietohallintostrategian sisällön perusteella kohdistuvan sekä sen toiminnan ketterän ja räätälöidyn ”yksilöllisillä” informaatioteknologian ratkaisuilla tukemisen että toisaalta standardoinnin ja kustannustehokkuuden vaatimuksia.

6 Yhteenveto

Tämän työn tarkoituksena oli syventää ymmärrystä siitä, miten kokeellinen ja ketterä digitaalinen informaatioteknologia sekä vakauteen ja toimintavarmuuteen pyrkivä perinteinen IT muodostavat organisaation toimintaa tukevan tarkoituksenmukaisen ja yhteisen kokonaisuuden. Tarkastelussa kiinnitettiin erityistä huomiota mikropalveluarkkitehtuurin soveltuvuuteen tämän informaatioteknologian digitaalisen osuuden toteutustapana. Tarkasteltavana sovelluskohteena bimodaalisen IT-toiminnon mallille ja mikropalveluarkkitehtuurille käytettiin Turun kaupungin toimintaympäristöä. Työ toimi samalla jatkona aiemmin aloitetulle mikropalvelujen hyödyntämisestä ja digitaalisten palvelujen toteutuksen tarkoituksenmukaista toteutustapaa koskevalle selvitystyölle.

6.1 Aineistot

Työssä tarkasteltiin niin valittuja aiheeseen liittyviä yleisluontoisia teoreettisia viitekehyskiä, lähempänä käytännön kokemusten dokumentointia olevia tieteellisiä artikkeleja että joidenkin aihepiirien osalta tieteellisen tiedon sijasta toimialan käytännön kokemuksiin perustuvia kuvauksia. Kaikkien näiden tietolähteiden kuvauksia pyrittiin soveltaamaan Turun kaupungin toiminnan viitekehyksessä, ja hahmottamaan niiden perusteella tarkoituksenmukainen toteutustapa digitaaliselle kehittämiselle ja mikropalvelujen hyödyntämiselle kaupunkiorganisaatiossa.

Henderssonin ja Venkatramanin (1993) malli kuvaa organisaatiota ja sen IT-toimintoa hyvin yleisellä tasolla. Tämä yleisluontoisuus tekee siitä varsin intuitiivisen ja järjestyksellisen – on helppoa allekirjoittaa väite siitä, että organisaation tulee sovittaa sisäinen toimintatapansa ulkoiseen ympäristöönsä ja toisaalta sovitettava käyttämänsä informaatioteknologia ja toiminta tarkoituksenmukaiseksi kokonaisuudeksi. Mallia sovellettaessa sen voitaisiin ajatella sisältävän harmillisen niukasti käytännönläheisiä työvälineitä konkreettisen organisaation toiminnan tarkasteluun. Toisaalta juuri sen yleisluonteisuus mahdollistaa sen käytön viitekehysnä arvioitaessa kaksikymmentä vuotta mallin julkaisun jälkeen yleistyneiden mikropalvelujen tarkoituksenmukaisuutta.

Keskeisiä tieteellisiä lähteitä digitaalisesta ja perinteisestä IT:stä koostuvan toimintatavan tarkastelulle olivat myös Horlach ym. (2016) ja Haffke ym. (2017a). Näistä Horlach ym. (2016) tarkastelevat kirjallisuuskatsauksena bimodaalisuutta käsitteleviä – pääosin

muita kuin tieteellisiä – kuvauksia. Haffken ym. (2017a) kuvaus taas perustuu yhdeksäntoista eurooppalaisen yrityksen tarkasteluun. Molemmat artikkelit kuvaavat ansiokkaasti vähän tutkittua bimodaalisen IT:n käsitettä ja toimintatavan mukaista organisaation IT-toiminnon järjestämistä eri yrityksissä, mutta niitä täydentämään tarvittaisiin kenties tietoa myös digitaalisella ja perinteisellä tavalla tuettavaksi soveltuvan liiketoiminnan tunnistamiseksi.

Mikropalvelujen tarkastelussa tieteellisiä lähteitä hyödyllisemmäksi osoittautuivat usein käytännön kokemuksia kuvaavat blogitekstit ja muut vastaavat ammatilliset lähteet. Aihetta koskevat tieteelliset artikkelit (mm. lähteenä käytetty Strîmbei ym., 2015) viittaavat myös näihin käytännön kokemuksiin kuvaaviin lähteisiin. Tämän voidaan olettaa johtuvan aihepiirin uutuudesta ja kypsyttömyydestä, mikä toisaalta teki siitä kiinnostavan tarkastelukohteen tälle työlle.

6.2 Johtopäätökset

Työn tavoitteena oli kasvattaa ymmärrystä digitaalisen ja perinteisen IT:n tarkoituksenmukaisista toteutustavoista ja siitä, miten mikropalveluarkkitehtuuri soveltuu digitaalisen informaatioteknologian yhteydessä käytettäväksi.

Kahdella tavalla toimivan IT:n voidaan tämän tarkastelun perusteella katsoa olevan tarkoituksenmukainen toimintatapa Turun kaupungin kaltaisille vakiintuneille organisaatioille, joiden toisaalta tulee pyrkiä hyödyntämään informaatioteknologian uusia mahdollisuuksia ja vastaamaan niistä aiheutuvaan kilpailuun, ja samanaikaisesti pystyä ylläpitämään ja saamaan hyötyä nykyisistä toimintatavoistaan ja IT-järjestelmistään. Vaikka kilpailun ja kilpailuedun käsitteet eivät ehkä kaupungin toiminnan puitteissa ole yhtä suoraviivaisesti tunnistettavissa kuin yrityksiä tarkasteltaessa, joutuvat nekin vastaamaan toimintaympäristössään tapahtuviin digitaalisuuteen liittyviin muutoksiin.

Bimodaalisuuden elinkaarta, eli siihen siirtymistä ja siitä mahdollista palaamista tarkasteltaessa Haffke ym. (2017a) esittävät havaintojensa perusteella, että kahdella tavalla toimiminen on organisaatioille vain välivaihe, josta ne palaavat yhteen toimintatapaan. Tällöin organisaatio toimii aluksi rinnakkain sekä ketteryyttä ja kokeellisuutta tukevassa digitaalisessa tilassa ja perinteisessä, vakautta ja ennakoitavuutta korostavassa tilassa. Lopulta tästä kahtiajakautuneesta toimintatavasta esitetään siirryttävän kokonaan digitaaliseen toimintatapaan. Toimintatapojen yhdistäminen herättää ajatuksen siitä, voiko

tällaista lopullista toimintatapaa olla? Vaikka organisaation hyödyntämät ja sen toimintaan vaikuttavat teknologiat ja toimintatavat ajan kuluessa muuttuvat, lienee aiheellista olettaa, että uusia teknologioita ja toimintatapoja korvaamaan on aina tulossa vielä uudempia. Edellä kuvatun mukaisesti bimodaalisuutta ei välttämättä tule ajatella tilapäisenä toimintatapana, vaan jopa pysyvänä mekanismina, jolla organisaatio sekä hyödyntää sekä vakiintunutta toimintaansa ja sitä tukevaan informaatioteknologiaan jo tekemiään investointeja, ja samalla sopeutuu toimintaympäristössään tapahtuneisiin muutoksiin.

Kahden rinnakkaisen toimintatavan tarkastelun lisäksi työssä tutkittiin mikropalveluarkkitehtuurin soveltuvuutta digitaalisen informaatioteknologian toteutustavaksi. Keskeinen havainto tämän tarkastelun yhteydessä oli, että eri arkkitehtuurityyleihin näyttää liittyvän niitä noudattavien järjestelmien teknisten toteutustapojen piirteiden lisäksi myös työtapoihin ja organisoitumiseen liittyviä piirteitä. Toisin sanoen ei siis näytä olevan tarkoituksenmukaista puhua esimerkiksi mikropalveluihin perustuvan ohjelmistoarkkitehtuurin käytöstä jollakin (liike-)toiminnan osa-alueella, jos samalla ei tarkastella mikropalveluihin tyypillisesti liittyvien käytäntöjen ja työtapojen käyttöä. Tämä teki eri arkkitehtuurityylien soveltamiskelpoisuuden tarkastelun Turun kaupungin toimintaympäristössä haastavaksi, ja ohjelmistoarkkitehtuurityylien lisäksi arviointi koskee miltei väistämättä myös niiden yhteydessä tyypillisesti sovellettavia toimintatapoja.

Tähänkin nähden voidaan nähdä mielenkiintoisena lopputuloksena, että kahdesta toimintatavasta lähtenyt tarkastelu päättyi ehdottamaan kolmen arkkitehtuurityylin soveltamista toiminnan eri osa-alueilla. Jos bimodaalisen informaatioteknologian malli jakaa toiminnan digitaaliseen ja perinteiseen osuuteen, näyttää Turun kaupungin toimintaympäristöä ja järjestäytymistapaa huomioiva tarkastelu vaativan vielä perinteisen IT:n toimintatavan kahtia jakamista – tarkoituksenmukaisimmaksi tavaksi jäsentää kaupungin toiminnan tavoitetilaa osoittautui jakaa se digitaalisen IT:n, palvelukeskeiseen arkkitehtuuriin perustuvan yhteisten palvelujen kokonaisuuden ja monoliittisenä arkkitehtuurina näyttäytyvän standardoidun IT:n osa-alueisiin.

6.3 Rajoitteet ja jatkotutkimuskohteet

Tutkimuksen toteuttamiseen tunnistettiin liittyvän sekä valituista menetelmistä aiheutuneita että aineiston keräämiseen tehdyistä rajauksista aiheutuneita rajoitteita.

Tutkimus toteutettiin tapaustutkimuksena, joka hyödynsi sekä julkisia tietolähteitä että etnografista aineistonkeruuta. Eriksson ja Koistinen (2005) esittävät tapaustutkimukseen liittyvän menetelmänä yleisesti seuraavia haasteita:

- teoreettisten käsitteiden tai älyllisen rikkauden puuttuminen,
- epäselvä tapauksen määrittely,
- epäselvä tai liian yleinen tutkimuskysymyksen määrittely,
- puutteellinen aineiston analysointi, näyttö ja yhteyksien häviäminen,
- heikot yhteydet aikaisempaan tutkimukseen,
- mitäänsanomaton raportointi ja
- kontribuution vähäinen pohdinta.

Kolmeen ensimmäiseen haasteeseen pyrittiin vastaamaan määrittelemällä käytetyt teoreettiset käsitteet ja viitekehykset, tarkasteltava tapaus sekä tutkimuskysymys mahdollisimman selkeästi ja yksikäsitteisesti. Erityisesti teoreettisten käsitteiden ja viitekehysten osalta pyrittiin liittämään alun perin toisistaan irralliset eri aihepiirien viitekehykset toisiinsa tarkastelemalla organisaation strategiasta tietojärjestelmien toteutustapoihin ylettyvää kokonaisarkkitehtuurin viitekehystä. Tämän voidaan katsoa tukevan myös tapaustutkimuksen yhdistymistä aiempaan samoja teemoja ja kysymyksiä tarkastelemaan tutkimukseen. Aihepiireistä ei suoritettu järjestelmällistä kirjallisuuskartoitusta, eikä itse tutkimuksen hakuprosessia kuvattu.

Eriksson ja Koistinen (2005) esittävät, että tämän tutkimuksen kaltaisen yhteen tapaukseen keskittyvän intensiivisen tapaustutkimuksen tarkoituksena ”ei ole niinkään tehdä tapausta koskevia yleistyksiä, vaan selvittää, millä logiikalla juuri tämä ainutlaatuinen ja erityinen tapaus toimii.” Tutkimus tuotti ensisijaisesti tietoa valittujen mallien soveltumisesta Turun kaupungin toimintaan, minkä tarkastelun tuloksena oli kuvaus kaupungille luodusta digikehittämisen toimintamallista. Se siis lisäsi ymmärrystä tutkimuksessa tarkastellusta tapauksesta ja tuotti siitä uutta syvempää tietoa, mutta ei ensisijaisesti tuottanut uusia muissa tapauksissa sovellettavia yleistyksiä. Tästä huolimatta muun muassa yhteisistä lakisääteisistä tehtävistä johtuen tutkimuksessa tuotettujen tulosten ja johtopäätösten voidaan ajatella palvelevan myös muiden kaupunkien toimintaa.

Keskeiseksi aineiston keräämiseen liittyväksi rajoitteeksi – edellä kuvatun järjestelmällisen kirjallisuuskartoituksen puuttumisen lisäksi – tutkimukselle voidaan tunnistaa erityisesti Turun kaupungin monimutkainen toimintaympäristö sekä tietojärjestelmien lukumäärä. Toiminnan laajuudesta johtuen sekä kaupungin toimintoja ja prosesseja että

tietojärjestelmiä käsiteltiin yksittäisten kohteiden tarkastelun sijasta ryhminä. Toisaalta, koska tutkimuksen tarkoituksena oli muodostaa kaupungin toimintaympäristöön sovitettu malli, olisi jonkinlainen yksityiskohtien abstrahointi ollut tarpeellista, vaikka prosesseja ja järjestelmiä olisi tarkasteltu yksittäin.

Tutkimuksen aihetta voitaisiin jatkossa tutkia myös kvantitatiivisilla menetelmillä. Bimodaalisen IT-toiminnon tarvetta voitaisiin selvittää kyselytutkimuksella, joka käsittelee kuntien eri toiminnoista niiden IT-toiminnolle aiheutuvia erilaisia vaatimuksia.

Tämä auttaisi todentamaan, tulisiko eri toimintoja tukea erilaisilla toimintatavoilla, ja vastaavatko bimodaalisen IT:n mallin yhteydessä esitetyt kaksi tai tämän tutkimuksen tuloksena esitetyt kolme erilaista toimintatapaa näihin vaatimuksiin. Samoin kyselytutkimuksella voitaisiin selvittää eri arkkitehtuurityylien käyttöä ja soveltuvuutta erilaisia vaatimuksia toteuttavien järjestelmien perustana.

Mikropalveluarkkitehtuuria ja DevOps-toimintatapaa koskevaa tieteellistä tutkimusta todettiin ylipäättään olevan melko niukasti, oletettavasti aihepiirin suhteellisesta uutuudesta ja mikropalvelujen toteutustekniikoiden nopeasta kehitymisestä johtuen. Esimerkiksi mikropalveluista koostuvien järjestelmäkokonaisuuksien tietojen hallinta ja tietoturva tulevat oletettavasti vaatimaan uutta tutkimusta.

LÄHTEET

- Aron, D. & McDonald, M. (2013). Taming the Digital Dragon: The 2014 CIO Agenda http://www.gartner.com/imagesrv/cio/pdf/cio_agenda_insights2014.pdf. (viitattu 21.4.2018)
- Baker J. & Jones J. (2008). A Theoretical Framework for Sustained Strategic Alignment and an Agenda for Research. All Sprouts Content. 222
- Balalaie, A., Heydarnoori, A., & Jamshidi, P. (2016). Microservices architecture enables devops: Migration to a cloud-native architecture. *IEEE Software*, 33(3), 42-52.
- Bayley N. & Shacklady J. (2015). Gearing Up for Growth Using Multi-speed IT https://www.accenture.com/_acnmedia/Accenture/Conversion-Assets/DotCom/Documents/Global/PDF/Technology_10/Accenture-Multi-Speed-IT-PoV.pdf (viitattu 10.11.2017)
- Beimborn, D., Joachim, N., Schlosser, F., & Streicher, B. (2009). The role of IT/business alignment for achieving SOA business value-proposing a research model. *AMCIS 2009 Proceedings*, 335.
- Bieberstein, N., Bose, S., Walker, L., & Lynch, A. (2005). Impact of service-oriented architecture on enterprise systems, organizational structures, and individuals. *IBM systems journal*, 44(4), 691-708.
- Bitner, M. J., Ostrom, A. L., & Morgan, F. N. (2008). Service blueprinting: a practical technique for service innovation. *California management review*, 50(3), 66-94.
- Boerner, R. & Goeken, M. (2009). Service identification in SOA governance literature review and implications for a new method. In *Digital Ecosystems and Technologies, 2009. DEST'09. 3rd IEEE International Conference on*, 588-593.
- Cameron, B. H., & McMillan, E. (2013). Analyzing the current trends in enterprise architecture frameworks. *Journal of Enterprise Architecture*, 9(1), 60-71.
- Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A. L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R., & Safina, L. (2017). Microservices: yesterday, today, and tomorrow. In *Present and Ulterior Software Engineering*, 195-216.
- Eriksson, P., & Koistinen, K. (2014). *Monenlainen tapaustutkimus*. Helsinki: Kuluttajatutkimuskeskus.

- Erl, T. (2008). Soa: Principles of Service Design. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- Fowler, M. (2013). Continuous Delivery
<https://martinfowler.com/bliki/ContinuousDelivery.html> (viitattu 1.1.2018)
- Fowler, M. (2006). Continuous Integration
<https://martinfowler.com/bliki/ContinuousDelivery.html> (viitattu 1.1.2018)
- Fowler, M. (2015a). Microservice Premium
<https://martinfowler.com/bliki/MicroservicePremium.html> (viitattu 5.1.2018)
- Fowler, M. (2015b). Monolith First <https://martinfowler.com/bliki/MonolithFirst.html>
(viitattu 5.1.2018)
- Gartner (2017). IT Glossary – Bimodal IT. <https://www.gartner.com/it-glossary/bimodal/> (viitattu 16.11.2017)
- IEEE (2000). IEEE Recommended Practice for Architectural Description of Software-Intensive Systems. IEEE Standard 1471-2000, 2000.
- Haffke, I., Kalgovas B. & Benlian A. (2017a). The Transformative Role of Bimodal IT in an Era of Digital Business. Proceedings of the 50th Hawaii International Conference on System Sciences, Hawaii, 5460-5469.
- Haffke, I., Kalgovas, B., & Benlian, A. (2017b). Options for Transforming the IT Function Using Bimodal IT. MIS Quarterly Executive, 16(2).
- Hendersson, J. C. & Venkatraman N. (1993). Strategic Alignment: Leveraging information technology for transforming organizations. IBM systems journal, 32(1), 472-484.
- Herrera-Izquierdo, L., & Grob, M. (2017). A performance evaluation between Docker container and Virtual Machines in cloud computing architectures. Maskana, 8, 127-133.
- Horlach, B., Drews P, & Schirmer I. (2016). Bimodal IT: Business-IT alignment in the age of digital transformation. Multikonferenz Wirtschaftsinformatik (MKWI), 1417-1428.
- JUHTA (2017a). JHS-suositukset. <http://www.jhs-suositukset.fi/web/guest> (viitattu 28.11.2017)
- JUHTA (2017b). JHS 179 Kokonaisarkkitehtuurin suunnittelu ja kehittäminen.
<http://docs.jhs-suositukset.fi/jhs-suositukset/JHS179/JHS179.pdf> (viitattu 28.11.2017)

- Hammersley, M., & Atkinson, P. (1983). *Ethnography: Principles in practice*. London and New York: Tavistock Publications.
- Kirschner, B. & Kenney, P. (2014). *Lessons from the App Masters*.
<http://pages.apigee.com/rs/apigee/images/apigee-ebook-app-masters-pdf.pdf> (viitattu 12.12.2017)
- Koskimies K. & Mikkonen T. (2005). *Ohjelmistoarkkitehtuurit*. Jyväskylä: Talentum Media Oy.
- Kunnan johtamisen viitearkkitehtuuri. (2016). Helsinki: Suomen Kuntaliitto ry.
- Legner, C., & Heutschi, R. (2007). SOA adoption in practice-findings from early SOA implementations. In *Proceedings of the 5th European conference on information systems*, st. Gallen, Switzerland.
- Lewis J. & Fowler M. (2014). *Microservices*.
<https://martinfowler.com/articles/microservices.html> (viitattu 12.2.2018)
- Mesenbourg, T.L. (2001). *Measuring the Digital Economy*. U.S. Bureau of the Census.
- Moore, G. (2011) *Systems of Engagement and The Future of Enterprise IT: A Sea Change in Enterprise IT*. AIIM, Silver Spring, Maryland.
- Märijärvi ym. (2016) *The Cookbook for Successful Internal Startups*. DIGILE and N4S.
- Nam, T. & Pardo, T. A. (2011, June). Conceptualizing smart city with dimensions of technology, people, and institutions. In *Proceedings of the 12th annual international digital government research conference: digital government innovation in challenging times* (pp. 282-291). ACM.
- Niemi, E. (2008). Enterprise architecture benefits: Perceptions from literature and practice. *Tietotekniikan tutkimusinstituutin julkaisu*, 1236-1615; 18.
- Papazoglou, M. P., Traverso, P., Dustdar, S., & Leymann, F. (2007). Service-oriented computing: State of the art and research challenges. *Computer*, 40(11).
- Ross, J. W., Weill, P., & Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution*. Boston, Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Namiot, D., & Sneps-Sneppe, M. (2014). On micro-services architecture. *International Journal of Open Information Technologies*, 2(9), 24-27.

- Silvius, A. G. (2007, January). Business & IT Alignment in theory and practice. In System Sciences, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on (pp. 211b-211b). IEEE.
- Strîmbei, C., Dospinescu, O., Strainu, R. M., & Nistor, A. (2015). Software Architectures-Present and Visions. *Informatica Economica*, 19(4), 13.
- Spewak, S. (1992). *Enterprise Architecture Planning: Developing a Blueprint for Data, Applications, and Technology*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Spewak, S. & Tiemann, M. (2006). Updating the enterprise architecture planning model. *Journal of Enterprise Architecture*, 2(2), 11-19.
- Taylor, R. N., Medvidovic, N. & Dashofy E. M. (2010). *Software Architecture: Foundations, Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- The Open Group. (2007). *Service-Oriented Architecture (SOA)*.
<https://www2.opengroup.org/ogsys/jsp/publications/PublicationDetails.jsp?catalogno=w074> (viitattu 23.9.2017)
- Tiwana A. & Konsynski B. (2010). Complementarities between organizational IT architecture and governance structure. *Information Systems Research*, 21 (2010), pp. 288-304.
- Turun kaupunki (2014). Kehittämismallin käyttöönotto.
<http://ah.turku.fi/kh/2014/0929020x/3139306.htm> (viitattu 21.12.2017)
- Turun kaupunki (2016). Tiedolla johtamisen viitearkkitehtuuri.
- Turun kaupunki (2017). Tietohallintostrategia.
<http://ah.turku.fi/kh/2017/0424010x/3537214.htm> (viitattu 20.12.2017)
- Valtioneuvoston kanslia (2008). Valtioneuvoston kokonaisarkkitehtuurin toiminta-arkkitehtuuri. <http://vnk.fi/hanke?tunnus=VNK002:00/2016> (viitattu 27.11.2017)
- Zachman, J. A. (1987). A framework for information systems architecture. *IBM systems journal*, 26(3), 276-292.
- Zachman, J. A. (2002). The zachman framework for enterprise architecture. *Zachman International*, 79.

Zadeh, A. T., Sahranb, S., & Mukhtar, M. (2013). Service Identification in SMEs: Appropriate Elements and Methods. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 3(3), 279.

LIITE A

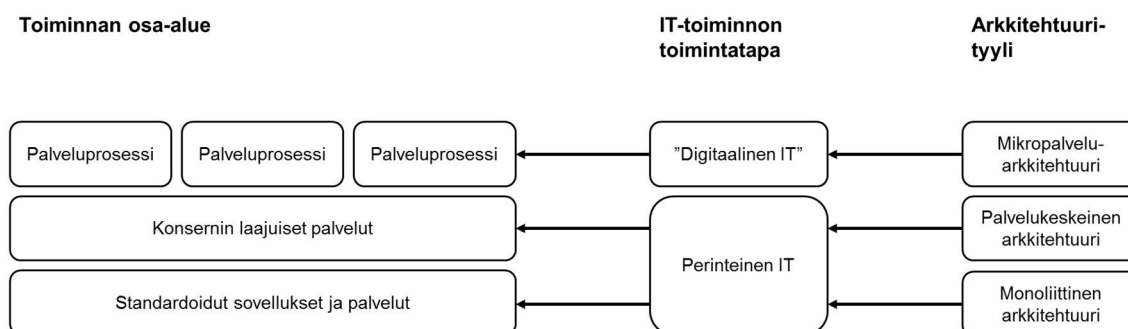
Yhteenveto työn tuloksista Turun kaupungille

Tämä pro gradu -tutkielmani tarkastelee Gartnerin esittämää kahdella rinnakkaisella tavalla toimivan, eli bimodaalisen, IT-toiminnon mallia. Bimodaalisella toimintamallilla vakiintuneet organisaatiot pyrkivät vastaamaan toimintaympäristöstään aiheutuviin kahdenlaisiin vaatimuksiin. Organisaatioihin kohdistuu vaatimuksia hyödyntää uusien digitaalisten teknologioiden tuottamia mahdollisuuksia ja vastata uusien, usein jo lähtökohdaisesti digitaalisuuteen perustuvien ja perinteisiä liiketoimintamalleja haastavien toimijoiden kilpailuun. Samaan aikaan niiden tulisi kyetä hyödyntämään nykyistä toimintamalliaan ja ylläpitämään nykyistä informaatioteknologian kokonaisuutta, jolla ne tukevat toimintaansa.

Nämä vaatimukset pakottavat organisaation IT-toiminnon toimimaan sekä ketterällä ja kokeellisella tavalla uuden teknologian mahdollisuuksien hyödyntämiseksi että vakauden, virheettömyyden ja ennakoitavuuden kaltaisia perinteisesti IT-toimintoon kohdistuvia vaatimuksia toteuttaen.

Turun kaupungin voidaan katsoa toimivan jo nyt osin digitaalisilla ja osin perinteisillä toimintatavoilla – muun muassa digitaalisten palvelujen kehittämisen kärkihanke on organisoitu varsinaisen IT-toiminnon ulkopuolelle.

Työssä tehdyn tarkastelun tuloksena voitaisiin pitää tarkoituksenmukaisena eriyttää nämä kaksi toimintatapaa toisistaan entistä selvemmin. Toimintatapojen eriyttäminen ei välttämättä tarkoita digitaalisen ja perinteisen IT:n palvelujen erottamista toisistaan organisaatorakenteessa, vaan niiden (liike-)toiminnan osa-alueiden yksikäsitteistä tunnistamista, joita tulee tukea digitaalisen IT:n toimintatavoilla. Lisäksi työssä tunnistetaan tarve tarkastella erikseen konsernitason yhteisiä palveluja ja jäljelle jäävää standardoitujen sovellusten ja prosessien kokonaisuutta.



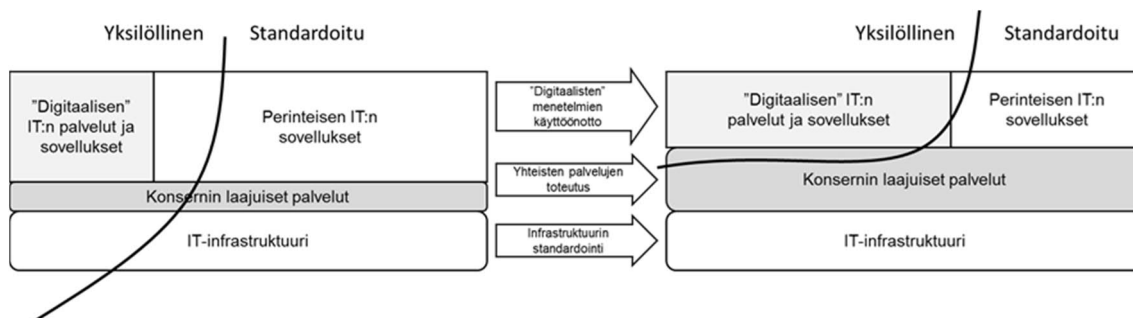
Toiminnan osa-alueita tukevat IT-toiminnon toimintatavat ja niillä pääasiallisesti sovellettavat arkkitehtuurityylit.

Työn perusteella tällainen digitaalinen IT katsotaan tarkoituksenmukaiseksi erityisesti **palveluprosessien** asiakasrajapinnan läheisyydessä. Työssä esitetyn jaottelun mukaisesti digitaalista informaatioteknologiaa ja ketteriä hyödyntävä kehittäminen voitaisiin toteuttaa muusta IT:stä ja kehittämisestä erillisenä jatkuvana toimintana, joka työskentelisi läheisessä yhteistyössä toimialojen palveluista vastaavien tahojen kanssa. Tällöin tulisi kuvata riittävällä tarkkuudella ne rajat, joiden sisällä palvelusta vastaava taho ja palvelua tukevia teknisiä palveluja kehittävä tiimi voisivat toimia mahdollisimman autonomisesti. (Liike-)toiminnan palvelun omistaja ja digitaalisten palvelujen kehittäjät voisivat tällöin muokata palvelunsa sisältöä ketterästi, kokeellisesti ja parhaaksi katsomillaan teknologioilla, huomioiden kuitenkin esteettömyyden ja graafisen ulkoasun kaltaiset konsernitasolla määritellyt linjaukset sekä konsernitasolla toteutetut yhteiset palvelut.

Palveluprosesseissa toistuvat niiden yhteiset piirteet ehdotetaan toteutettaviksi **konsernitasoisina palveluina**. Yhteisesti toteutettavat palvelut kuvattaisiin osana kaupungin kokonaisarkkitehtuuria, ja yksittäisiä palveluprosesseja tukeva digikehittäminen veloitettaisiin käyttämään niitä toteutuksissaan. Koska keskitetty IT ja kokonaisarkkitehtuuri-toiminto ohjaisivat digikehittämistä ensisijaisesti näiden toteuttamiensa yhteisten palvelujen kautta, pystyttäisiin kokonaisarkkitehtuurissa keskittymään yksittäisten teknisten palvelujen toteutuksen sijasta tunnistamaan ja suunnittelemaan konsernitasolla toimintaa parhaiten tukevia palveluja. Samoin, jos digikehittäminen organisoitaisiin asiakasrajapinnan lähellä eri palveluiden yhteydessä tehtäväksi jatkuvaksi toiminnaksi, kaupungin hankesalkkuun sisältyvien yksittäisiin palveluihin projektien määrä vähenisi, ja siten vapauttaisi kehittämisresursseja laajempien kokonaisuuksien tarkasteluun.

Konsernitasoisten yhteisten palvelujen lisäksi perinteisen IT-toiminnon tuettaviksi luetaan standardoidut prosessit.

Työssä tarkasteltiin kaupungin toiminnan jaottelua myös yksilölliset vaatimukset toteutavasti informaatioteknologialla tuettavan ja toisaalta standardoitavan toiminnan ja IT:n näkökulmista oheisen kuvan mukaisesti.



Digitaalisten menetelmien käyttöönoton, yhteisten palvelujen toteutuksen ja infrastruktuurin standardoinnin vaikutusten hahmottelua.

Kuvassa esitetysti voidaan ajatella, että toteuttamalla valittujen osa-alueiden (liike-)toimintaa tukevia sovelluksia yksilöllisesti digitaalisen IT:n toimintatavoilla ja teknologioilla, tunnistamalla ja toteuttamalla konsernin laajuisia palveluja yhä enemmän keskiteytysti, ja jatkamalla IT-infrastruktuurin ja yhteisten sovellusten standardointia ja harmonisointia, voidaan samanaikaisesti sekä standardoida yhä suurempi osa toiminnasta, ja toisaalta tukea yhä ketterämmin ja yksilöllisemmin niitä toiminnan osa-alueita, joilla kaupunki pyrkii toimimaan yksilöllisillä toimintatavoilla. Tämä voi olla tarkoituksenmukaista ainakin edellä kuvatusti asiakkaille suunnatuissa palveluprosesseissa sekä niissä kaupungin strategisissa hankkeissa, joissa pyritään erottautumaan muista toimijoista ja tuottamaan kaupungille kilpailuetua.

Työssä tarkasteltiin myös eri arkkitehtuurityylien soveltumista toiminnan eri osa-alueiden tukemiseen. Työn perusteella olisi aiheellista tutkia **mikropalvelujen** hyödyntämistä digitaalisten palvelujen kehityksessä. Mikropalvelujen soveltamisen voidaan katsoa edellyttävän sekä tiettyjen arkkitehtuuriperiaatteiden että tiettyjen työmenetelmien noudattamista. Mikropalveluja ei näiden osalta tarvitse välttämättä toteuttaa kaupungin toimintaympäristössä täysin puhtasoppisesti, vaan niihin liittyviä toimintatapoja voi-

daan soveltaa kaupungin tarpeisiin sopiviksi. Kenties keskeisimpiä sovellettavista periaatteista ovat teknisten palvelujen toteutus tukemaan yhtä (liike-)toiminnan palvelua, tarvittavan teknisen ja toimialaosaamisen yhdistävän tiimin muodostaminen tämän palvelun kehittämiseksi sekä se, että tiimi vastaa kaikista palvelun kehittämiseen ja ylläpitoon liittyvistä tehtävistä koko sen elinkaaren ajan.

Sekä digitaalisten toimintatapojen yleensä että digitaalisten palvelujen toteuttamisen mikropalveluilla voidaan katsoa aikaansaavan uusia osaamistarpeita ja joko tuottavan uusia resurssitarpeita tai kohdentavan niitä uudelleen. Turun kaupunki on pyrkinyt kehittämään IT-toimintonsa IT-palvelut -palvelukeskukseen, mutta sen toimialojen voidaan katsoa edelleen vastaavan merkittävästä osuudesta informaatioteknologian käyttöön liittyvistä tehtävistä. Toimialojen yhteisiin piirteisiin kohdistuva standardointi ja samanaikainen lähellä toimintaa tehtävä ja toiminnan tarpeita yksilöllisesti mikropalveluilla toteuttava digikehittäminen aiheuttaisivat kiistatta uusia osaamisvaatimuksia, mutta eivät välttämättä kasvattaisi toimialoilla tehtävän IT-liitännäisen työn määrää.

Kaupungin jo käyttämä **palvelukeskeinen arkkitehtuuri (SOA)** katsottiin tarkoituksenmukaiseksi toteutustavaksi konsernitason palvelujen toteuttamiselle. Näiden palvelujen voidaan jo määritelmänsä mukaan katsoa olevan laajalti käytettyjä ja siten mikropalveluja hallitummin ja hitaammin muuttuvia. Lisäksi palvelukeskeinen arkkitehtuuri yhdistää konsernitason tehtävät palvelut kansallisiin palveluihin, ja tarjoaa nämä käytettäviksi yksittäisten palveluprosessien yhteydessä toimiville mikropalveluille.

Yhteenvetona eri arkkitehtuurityylien soveltamisesta sekä toiminnan yksilöllisestä tukemisesta ja standardoinnista voidaan todeta, että esitetyssä tavoitetilassa standardoidut toimintatavat ja niitä tukevat järjestelmät muodostavat kustannustehokkaasti ja vakaasti toimivan alustan ketterälle ja kokeelliselle digikehittämiselle.