

Toni Alho

**ROBOTIIKKA SOSIAALI- JA TERVEYSALAN PROSES-  
SIEN TEHOSTAJANA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA  
2020

# TIIVISTELMÄ

Alho, Toni

Robotiikka sosiaali- ja terveysalan prosessien tehostajana

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 32 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatin tutkielma

Ohjaaja: Takala, Arttu

Tutkielma tarkastelee kirjallisuuskatsauksen muodossa, miten robotiikan ja erityisesti palvelurobotiikan tiedetään vaikuttavan sosiaali- ja terveysalan prosesseihin. Tarkastelun aineistona on käytetty ensisijaisesti tietojärjestelmätieteen alan laadukkaita julkaisuja, mutta palvelurobotiikan ollessa alalla hyvin nuori ilmiö, on tukena käytetty myös muita tutkimusta tukevia julkaisuja. Tutkielma tuo ilmi palvelurobotiikan hyödyntämisen ajurit, ominaiset piirteet, hyödyt ja haasteet sosiaali- ja terveysalan prosesseissa, sekä tarkastelee tietojärjestelmätieteiden suhdetta robotiikkaan. Tutkimuksen tuloksena on havaintoja sosiaali- ja terveysalan prosesseille ominaisten piirteiden sekä palvelurobotiikalle tunnistettujen ominaisuuksien yhteensopivuudesta.

Asiasanat: robotiikka, palvelurobotiikka, sosiaali- ja terveysala, prosessi-innovointi, kyber-fyysiset järjestelmät, sosio-tekniset järjestelmät

## **ABSTRACT**

Alho, Toni

Robotics as an enhancer of social and health sector's processes

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 32 pp.

Information Systems Science, Bachelor's Thesis

Supervisor: Takala, Arttu

The study, in a form of literature review, inspects how robotics, precisely service robotics, are known to affect the processes of social and health care sector. The reviewed material is primarily from qualified publications from the area of information systems science, though service robotics being a young subject on this area, supporting material of other sources is also used. The study finds out drivers for exploiting service robotics and their distinctive properties alongside the encountered opportunities and challenges of utilizing service robotics. Attention is also paid on the relationship between information systems science and service robotics. As a result, the study forms observations of compatibility of the attributes of social and health sector's processes and the known properties of service robotics.

Keywords: robotics, service robotics, social and health sector, process innovation, cyber-physical systems, socio-technical systems

## KUVIOT

KUVIO 1 Robottien luokittelu IFR mukaan ISO 8373:2012 -standardiin perustuen .....	11
KUVIO 2 TUG logistiikkarobotti .....	13
KUVIO 3 RIBA - potilaan nostamisen avuksi tarkoitettu robotti.....	13
KUVIO 4 Tietojärjestelmätieteiden palvelurobotiikan tutkimuksen kiinnostuksen kohteita .....	15

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIOT

SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	ROBOTIIKKA JA ROBOTIT.....	9
2.1	Sosiaali- ja terveysalan robotiikka .....	12
2.2	Robotiikka tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta .....	14
2.3	Robotit erilaisten järjestelmien osina.....	15
3	PALVELUROBOTIIKAN HYÖDYNTÄMINEN SOSIAALI- JA TERVEYSALAN PROSESSEISSA.....	17
3.1	Robotit prosesseissa .....	18
3.2	Hyödyt.....	20
3.3	Haasteet .....	22
4	YHTEENVETO.....	26
	LÄHTEET .....	28
	INTERNET-LÄHTEET .....	31

# 1 JOHDANTO

Robottiikan kenttä on todella moniulotteinen, jatkuvasti elävä, jopa tavoittamaton (Pagliarini & Lund, 2017) ja tietojärjestelmätieteiden tarkastelun kohteena varsin uusi alue. Robottiikkaa on hyödynnetty teollisuudessa tehokkaasti jo vuosikymmeniä, mutta palvelualoille se on edelleen tekemässä tuloaan. Jakautunut tilanne on johtunut robottien kyvykkyydestä suorittaa teollisuudelle ominaisia tarkasti toistuvia prosesseja, jollaisia palvelualoilla ei juurikaan ole, tai niiden korvaaminen robotilla ei ole ollut mielekästä. Lisäksi teollisuuden prosesseissa ihmisten korvaaminen roboteilla on alentanut oleellisesti enemmän ihmisten altistumista vaarallisille, toisteisille ja muuten ikävystyttävälle töille, sekä vähentänyt merkittävästi tuotantokustannuksia. Palvelualan prosesseissa robottiikka ei ole aiemmin onnistunut tekemään tätä tehokkaasti. (Sprenger & Mettler, 2015.)

Robottiikan ala on kuitenkin kehittynyt, ja teollisuuden lisäksi palvelualoille on kehittymässä mahdollisuuksia hyödyntää robottiikkaa, ja erityisesti palvelurobottiikkaa, toiminnoissaan. Palvelurobotiikalla pystytään suorittamaan ihmiskeskeisessä ympäristössä autonomisesti kokonaisia prosesseja tai prosessien osia, joiden suorittamiseen on aiemmin tarvittu ihmistä. Palvelualoilla työn siirtäminen ihmisiltä roboteille on mielekkäintä tylsissä, vaarallisissa ja likaisissa tehtävissä, kuten on ollut teollisuuden parissakin (Riek, 2017). Erityisesti palvelurobotiikan on tunnustettu olevan soveltamis- ja käyttökelpoista juuri sosiaali- ja terveysalalla, jota voidaan pitää yhtenä palvelurobotiikan lupaavimmista käyttökohteista (Garmann-Johnsen, Mettler & Sprenger, 2014; Pagliarini & Lund, 2017). Kehittyneissä maissa kasvava hoitajapula ja sosiaali- ja terveysalan resurssien kehittyvä puute ovat erityisen merkittäviä ajureita palvelurobotiikan käyttöön- otolle ja tehokkaalle hyödyntämiselle.

Robottiikka, kuten myös varhainen palvelurobotiikka, on ollut perinteisesti tietotekniikan sekä insinööritieteiden tutkimusala, mutta tietojärjestelmätieteiden kasvava kiinnostus käyttäjänäkökulmaan sekä palvelukeskeisyyteen ovat tuoneet myös sitä lähemmäs samoja asioita käsittävää palvelurobotiikkaa (Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015). Tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta tarkasteltuna palvelurobotit voidaan nähdä kyber-fyysisinä tietojärjestelminä (Sprenger & Mettler, 2015), sosio-tekniisena ilmiönä (Garmann-

Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015) ja prosesseja muovaavana digitalisaation ilmiönä (Brenner et al., 2014). Lähestymistapoja palvelurobotiikkaan, sekä palvelurobotiikan ja tietojärjestelmätieteiden yhteen tuomiseen on siis monia.

Robotiikkaan liittyvät julkaisut ovat merkittävältä osin olleet puhtaan teknisiä, eikä tietojärjestelmätieteiden alalla olla edelleenkään julkaistu suuria määriä etenkin robotiikkaan ja sosiaali- ja terveysalaan liittyviä tieteellisiä julkaisuja. Garmann-Johnsen et al. (2014) ovat kartoittaneet tietojärjestelmätieteiden tutkimuksen kannalta relevantteja robotiikkaan ja sosiaali- ja terveysalaan liittyviä julkaisuja, löytäen 33, ja koostaneet niistä kirjallisuuskatsauksen. He ovat havainneet julkaisujen käsittävän vain vähän tietoa robotiikan hyödyntämisestä sosiaali- ja terveysalalla, mutta toteavat toisaalta juuri sellaisten julkaisujen tarpeen olevan suurta. Palvelurobotiikkaan liittyvä tietojärjestelmätieteiden tutkimus onkin selkeästi kasvattamassa alaansa, niin tarpeen, kuin tiedeyhteisön kasvavan mielenkiinnonkin myötä.

Palvelurobotiikka on siis varsin nuori, mutta merkittävä ilmiö, jonka vaikutukset sosiaali- ja terveysalaan ovat ja tulevat olemaan huomattavat. Alati vanheneva väestö, lääkärin heikkenevä suhde potilaiden määrään, ja hoitajien määrän väheneminen ovat mainittavia maailmanlaajuisia ongelmia (Alaiad & Zhou, 2013), joihin voidaan hakea ratkaisuja palvelurobotiikan avustuksella mm. tehottamalla hoitohenkilöstön työtä, lyhentämällä hoitajaksoja ja mahdollistamalla vanhusten itsenäinen asuminen nykyistä pidemmälle. Andersson et al. (2016) ovat todenneet, että Suomessa roboteilla voitaisiin korvata ainakin 20 prosenttia hoitajien työstä, vapauttaen se tärkeämpään välittömään hoitotyöhön. Heidän mukaansa Suomen terveydenhuollon odotetaan myös tarvitsevan 10 prosenttia ja vanhushoivan jopa 20 prosenttia enemmän työvoimaa vuoteen 2026 mennessä. Tutkielma tulee selvittämään miten palvelurobotiikalla on mahdollista keventää näitä tarpeita.

Robotiikan hyödyntäminen sosiaali- ja terveysalalla vaatii runsaasti huomiota prosessien suunnitteluun. Mahdollisen muutosvistarinnan ja muiden ihmisten haasteiden lisäksi palvelurobotiikan hyödyntämistä sosiaali- ja terveysalalla hankaloittavat hyvin monimutkaiset, ihmiskeskeiset sekä vaikeasti mallinnettavat, ja siten robotisoitavat, prosessit. Näiden lisäksi on huomioitava monimutkaiset kyber-fyysiset järjestelmät, ja siis robottien mahdollisuudet toimia yhdessä toimintaympäristönsä digitaalisen ja fyysisen infrastruktuurin kanssa, sekä palvelurobotiikan käyttöönotolle tavanomaisia suuria investointeja hillitsevät taloudelliset vaatimukset. Juuri näiden haasteiden selvittämiseksi tietojärjestelmätieteellinen näkökulma palvelurobotiikan hyödyntämiseen on erityisen merkittävässä roolissa.

Tietoa tullaan tarvitsemaan erityisesti siitä, kuinka ihmisten suorittamia prosesseja on suunniteltu tai voidaan suunnitella uudelleen robotin toteutettavaksi, mitä palvelurobottien tuominen sosiaali- ja terveysalan prosesseihin edellyttää ja mikä on ominaista robotin suorittamalle prosessille. Lisäksi oleellista on selvittää, miten palvelurobotin suorittama prosessi lopullisesti eroaa aiemmasta

ihmisen suoritteesta, ja mitä tämän uuden prosessin suorittaminen saattaa edelleen vaatia myös ihmisiltä.

Tässä tutkielmassa pyritään koostamaan jo tunnistetut ja ennustettavissa olevat robotiikan vaikutukset sosiaali- ja terveysalan prosesseihin, sekä luodaan käsitys siitä mitä prosessien robotisointi edellyttää, mitä ominaista näissä prosesseissa on, sekä minkälaisia hyötyjä ja haasteita palvelurobottien hyödyntämiseen liittyy osana näitä prosesseja. Tutkimusprosessi alkoi merkittävään yhteiskunnalliseen haasteeseen vastaamisesta, ja tutkielman aiheen muovaaminen ja rajaaminen kehittyi tietojärjestelmätieteiden alalla havaittujen mielenkiinnon kohteiden, sekä jo luodun tiedon pohjalta määritellyn kentän ympärillä.

Tiedonhankintaprosessi aloitettiin hakemalla robotiikkaa sekä sosiaali- ja terveysalaa käsitteleviä aineistoja tietojärjestelmätieteiden laadukkaina tunnetuista julkaisuista hyödyntäen Association for Information Systemsin (AIS) ja IEEE:n sähköisiä kirjastoja (AISEL ja IEEE Xplore), sekä Scopusin, Proquestin ja Google Scholarin hakuja. Käytettyjä hakusanoja olivat pääasiassa "robotics", "healthcare", "hospital" ja "processes" eri muodoissaan. Ensimmäisen hakukierroksen jälkeen tunnistettiin, ettei löydettyissä tietojärjestelmätieteiden julkaisuissa ole merkittävästi robotiikkaa käsitteleviä julkaisuja, joten tutkielman ainestopohjaa laajennettiin laskemalla julkaisujen laatuvaatimusta ja laajentamalla haku myös muiden informaatioteknologian alan julkaisuihin. Lisäksi tunnistettiin tarve hyödyntää kyber-fyysisiä sekä sosio-tekniisiä järjestelmiä käsitteleviä julkaisuja, joten hakuun sisällytettiin termit "cyber-physical systems" sekä "socio-technical systems". Aineiston keräämisessä hyödynnettiin myös alkuperäisessä haussa löydettyjen ja tutkielman kannalta tärkeimmiksi tunnistettujen julkaisujen lähteitä. Hakukierrosten jälkeen kertyneestä aineistopohjasta karsittiin pois muun muassa kaikki ohjelmistorobotiikkaa käsittelevät julkaisut, sekä ne julkaisut, joiden sisältö ei liittynyt suoraan tai välillisesti palvelurobotiikkaan. Näin koostettiin mahdollisimman kattava aineistopohja tutkielman tekemiseksi.

Tämän kirjallisuuskatsauksena toteutetun tutkielman tutkimuskysymykseksi on asetettu "miten robotiikka vaikuttaa sosiaali- ja terveysalan prosesseihin?" Tutkimuskysymykseen vastausta löytämään käytetään muutamia apukysymyksiä, kuten "mihin prosesseihin robotiikka voi vaikuttaa?", "miten prosessin suorittaminen ihmisen ja robotin välillä eroaa toisistaan?" ja "mitä ihmisen korvaaminen robotilla prosessin suorittajana onnistuneesti vaatii?"

Tutkielma tulee tutustumaan ensin itse robotiikan kenttään ja siihen, miten palvelurobotiikkaa voidaan lähestyä tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta. Lisäksi selvitetään, minkälaiden tunnistettujen järjestelmien osina palvelurobotteja voidaan käsitellä. Tämän jälkeen perehdytään palvelurobotiikan vaikutuksiin itse sosiaali- ja terveysalan prosesseissa; miltä sosiaali- ja terveysalan prosessien kenttä näyttää, mitä ajureita prosessien muuttamiseen on tunnistettavissa, mitä robottien tuominen prosesseihin edellyttää ja minkälaiset seikat ovat ominaisia prosesseille, joiden toimijoina on robotteja. Lisäksi selvitetään palvelurobottien käyttämisen hyödyt ja haasteet, ja viimeiseksi koostetaan tutkielman aikana luodut havainnot.



## 2 ROBOTIIKKA JA ROBOTIT

Robotiikka ja robotit on suhteellisen nuori ja monin tavoin määriteltävä tieteen ja tekniikan ala, jolle ei ole varsin vakiintuneita määritelmiä ja taksonomioita. Robotiikka (robotics) voidaan mm. määritellä robottien suunnittelun, valmistamisen ja käyttämisen oppina ja tieteenä (ISO, 2012). Se on perinteisesti liitetty erityisesti insinööritieteisiin ja tietotekniikkaan, mutta robotiikan kehityksen ja uusien sovellutusten ja käyttöalueiden myötä robotiikasta on tullut myös tietojärjestelmätieteiden kiinnostuksen kohde (Garmann-Johnsen et al., 2014).

Robotti (robot) puolestaan määritellään ISO:n (2012) mukaan jonkin asteista autonomisuutta omaavaksi, vähintään kahdella ohjelmoitavalla akselilla liikuteltavaksi mekanismiksi, joka liikkuu ympäristössään suorittaakseen sille annettuja tehtäviä. ISO:n määritelmä on yksiselitteisin ja myös kansainvälisen robotiikan kattojärjestö International Federation of Roboticsin (IFR) käyttämä. Tämä määritelmä kuitenkin sulkee pois joitakin roboteiksi miellettyjä artefakteja, kuten ohjelmistorobotit sekä monet nanorobotit.

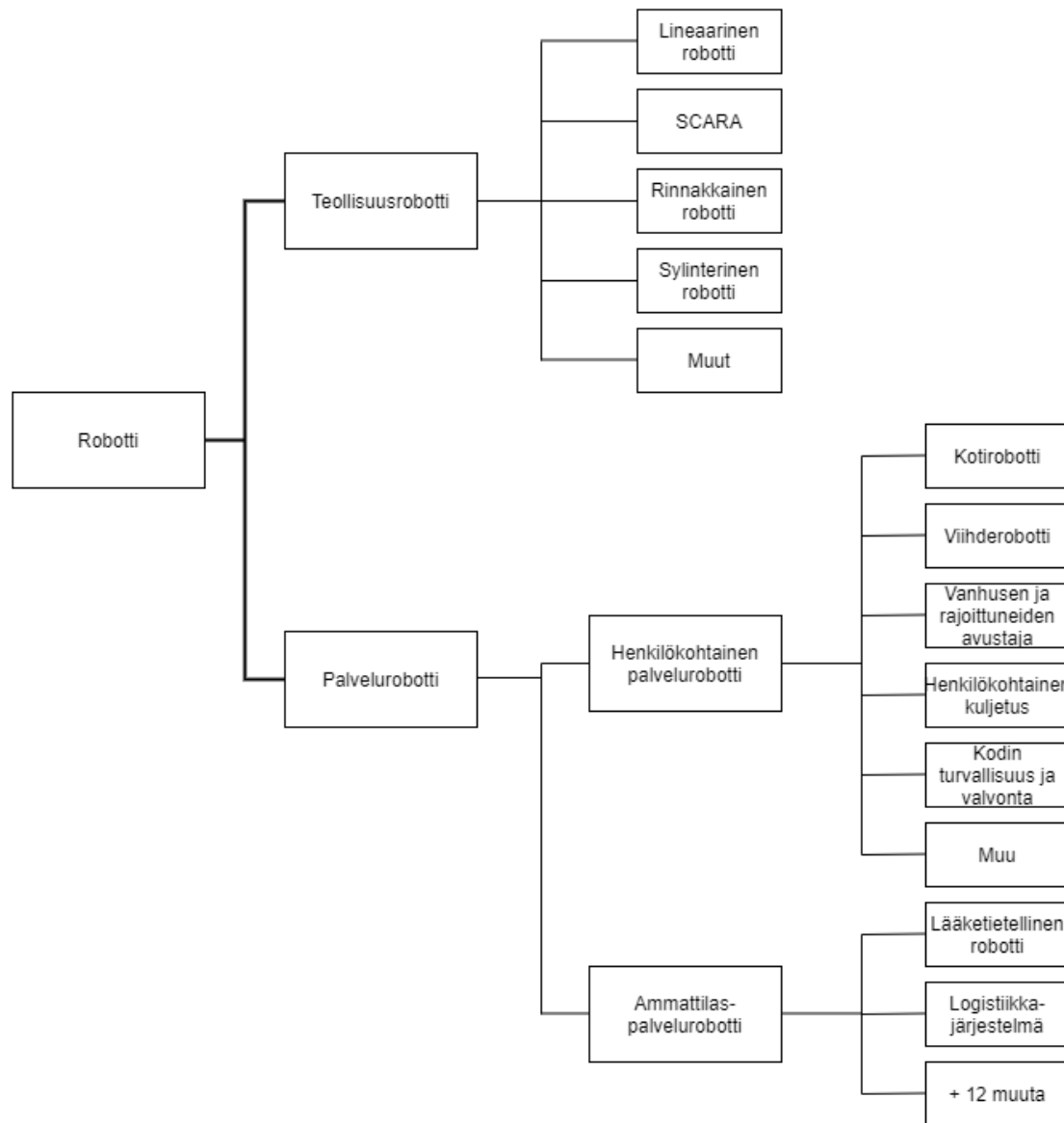
Muita määritelmiä robotille on muun muassa Merriam-Websterin (2018) määritelmät, joista ensimmäisen mukaan robotti on elävää olentoa muistuttava kone, joka kykenee liikkumaan itsenäisesti ja suorittamaan monimutkaisia toimintoja. Tämä määritelmä korostaa robotin ulkonäköä ja fyysisiä ominaisuuksia, sulkien myös pois edellä mainitut ohjelmisto- ja nanorobotit. Merriam-Websterin toinen määritelmä puolestaan määrittelee robotin laitteeksi, joka suorittaa automaattisesti monimutkaisia ja usein toistuvia tehtäviä, viitaten erityisesti teollisuusrobotteihin.

Robotteja voidaan jaotella monin eri tavoin, mutta tarkasteltaessa koko robotiikan kenttää, luontevin ja vakiintunein tapa jaottelulle on robottien käyttötarkoitus. Robotteja jaoteltaessa on syytä huomioda, että ripeästi muuttuva robotiikan kenttä on pakottanut siihen liittyvän standardoinnin uudistumaan, mikä on johtanut siihen, että viralliset standardit ovat ajoittain jäljessä ja jopa ristiriitaisia (Haidegger et al., 2013). Tyypillisimmän jaottelun, ISO-standardin (2012), mukaisesti robotit voidaan jaotella teollisuusrobotteihin (industrial robots) ja palvelurobotteihin (service robots). Robottien jaottelu näihin luokkiin tehdään vain robotin käyttötarkoituksen, ei minkään muun ominaisuuden, perusteella. Käytännössä kaikki robotit, joita ei käytetä teollisuuden automaation toimintoihin, ovatkin palvelurobotteja.

Palvelurobotteja on määritelty myös monilla muilla tavoin, mutta yksittäistä määritelmää ei ole pystytty yleisesti hyväksymään palvelurobottien monimuotoisuudesta johtuen (Garmann-Johnsen et al., 2014; Haidegger et al., 2013). Esimerkiksi Garmann-Johnsen et al. (2014) ovat esittäneet tutkimuksessaan palvelurobotiksi minkä vain laitteen tai koneen, joka kykenee suorittamaan osittain tai täysin automaattisesti ihmisille hyödyllisiä toimintoja. Tässä tutkielmassa kuitenkin keskitytään ISO:n sekä IFR:n määritelmän mukaisiin palvelurobotteihin,

eli robotteihin jotka ”suorittavat ihmisille tai välineille hyödyllisiä tehtäviä, poiluettuna teollisuuden automaatio-sovellutukset”.

Palvelurobotit voidaan luokitella edelleen niiden käyttötarkoituksen mukaisesti ensin henkilökohtaisiin (personal service robot) sekä ammattikäyttöisiin (professional service robot) palvelurobotteihin, ja toiseksi niiden tarkan käyttötarkoituksen mukaan. Varsin kuvaavasti luokitellut ammattikäyttöiset palvelurobotit toimivat sairaaloissa, terveyskeskuksissa ja muissa ympäristöissä, joissa sosiaali- ja terveysalan ammattilaiset työskentelevät ja missä alan palveluita tuotetaan. Henkilökohtaiset palvelurobotit puolestaan toimivat potilaan omassa elinympäristössä esimerkiksi asumisen, liikkumisen tai kuntoutumisen tukena. Toisin kuin palvelurobotit, teollisuusrobotit on luokiteltu vain niiden fyysisten ominaisuuksien ja liikeratojen mukaan, käyttötarkoituksella ei ole niiden luokittelun suhteen merkitystä. Kuviossa 1 on kuvattuna tämä IFR:n esittämä tapa luokitella robotit ISO-8373:2012 -standardin mukaisesti.



KUVIO 1 Robottien luokittelu IFR mukaan ISO 8373:2012 -standardiin perustuen (Alho, Neittaanmäki, Hänninen & Tammilehto, 2018, s. 4)

Robottijärjestelmä on puolestaan tarkemmin määritelty systeemiksi, joka koostuu robotista tai roboteista, niiden efektoreista eli fyysisten toimintojen toteuttajista, sekä robotin toimintaa tukevista koneista, välineistä, laitteista ja sensoreista (ISO, 2012). Palvelurobottien tapauksessa robottijärjestelmän robotin toimintaa tukevia välineitä voisivat olla esimerkiksi kuljetusrobotin lastinpurkualueen osoittamiseen käytettävä työkalu, robottien välisen viestinnän laitteet tai kodinvalvontarobotin toimintaa tukevat kamerat ja sensorit. Tutkielman aineistoissa ei mainittavasti olla käsitelty robottijärjestelmiä.

## 2.1 Sosiaali- ja terveysalan robotiikka

Palvelurobotiikan on tunnistettu olevan erityisen soveltamis- ja käyttökelpoista sosiaali- ja terveysalalla, ja sitä voidaanakin pitää yhtenä palvelurobotiikan tärkeimmistä käyttökohteista (Garmann-Johnsen et al., 2014; Pagliarini & Lund, 2017; Riek, 2017). Väitettä tukee monien mahdollisten ympäristöjen ja tilanteiden joukko, joissa robotiikkaa voidaan käyttää hyödyksi. Palvelurobotiikka voidaan hyödyntää sairaaloissa, terveyskeskuksissa, kouluissa ja vanhainkodeissa tukemaan niin kognitiivisesti, aistillisesti kuin fyysisestikin vammautuneita, auttamaan sairaita ja loukkaantuneita sekä tukemaan ja avustamaan hoitohenkilöstöä (Riek, 2017). Terveyskeskuksissa ja sairaalaympäristössä robotiikalla on erityisesti käyttökohteita potilaiden tarkkailussa ja arvioinnissa, sairaalatarvikkeiden kuljetuksessa, hoitajien työskentelyn helpottamisessa ja vammojen ehkäisyssä sekä leikkaussalikäytössä (Pagliarini & Lund, 2017). Näissä tapauksissa voitaisiin hyödyntää ammattilaispalvelurobotteja, kun taas kouluissa ja vanhainkodeissa henkilökohtaiset palvelurobotit voisivat olla tukemassa oppimista, kuntoutumista tai vanhusten itsenäistä asumista. Kuhunkin näistä tehtävistä on tyypillisesti juuri kyseistä tehtävää varten suunniteltu robotti, ja erilaisten sosiaali- ja terveysalan robottien määrä onkin varsin suuri.

Kun tarkastellaan sosiaali- ja terveysalan robotiikkaa, sitä voidaan edelleen luokitella tarkastelulle mielekkäämpään tapaan muuten kuin ammattilaispalvelurobotteihin ja henkilökohtaisiin palvelurobotteihin. Palvelurobotit voidaan esimerkiksi jakaa edellä mainitun jaon tavoin Garmann-Johnsenin et al. (2014) esittämällä Mettlerin ja Raptisin (2012) jaolla klinisen maailman (clinical world) ja kuluttajamaailman (consumer world) robotteihin. Tällöin jako tehtäisiin käyttöympäristön perusteella, kuluttajamaailman robottien toimiessa kotihoidossa tai tuetun asumisen ympäristöissä, kun taas klinisen maailman robotit sijoittuisivat sairaala- ja terveyskeskusympäristöihin. Haidegger et al. (2013) puhuvat puolestaan lääketieteellisistä (medical) ja ei-lääketieteellisistä (non-medical) roboteista. Käytännössä klinisen maailman robotit vastaavat lääketieteellisiä robotteja, ja kuluttajamaailman robotit ei-lääketieteellisiä robotteja. Toisaalta esimerkiksi sairaalan logistiikkarobotti sijoittuisi ei-lääketieteellisen robotin kategoriaan, mutta toisaalta toimisi kliinisessä maailmassa.

Haidegger et al. (2013) esittelevät myös kolme luokkaa joihin palvelurobotit voidaan jaotella niiden suhteesta ihmisiin perusteella. Tämä voi olla mielekäs tapa jaotella robotteja etenkin palvelurobotiikan ihmiskeskeisen näkökulman yleistyessä. Näistä ensimmäiseen luokkaan kuuluvat robotit, jotka tekevät likaisia, vaarallisia tai tylsiä tehtäviä, kuten puhtaanapitoa, tavaroiden toimittamista tai potilaiden liikuttelua. Tämän luokan robotteja voidaan pitää tarpeellisimpina ja käyttökelpoisimpina (Garmann-Johnsen et al., 2014; Riek, 2017). Luokan 1 robotit ovat myös yleisimpiä käytössä olevia palvelurobotteja, esimerkkejä näistä ovat muun muassa yksinkertaiset siivousrobotit, kuljetusrobotit kuten TUG (kuvio 2), sekä potilaiden nostamiseen tarkoitettut robotit kuten RIBA (kuvio 3). Edellä esiteltyjen klinisen ja kuluttajamaailman, sekä lääketieteellisen ja ei-

lääketieteellisen maailman robottien luokittelussa luokan 1 robotteja voidaan sijoittaa kaikkiin näistä luokista.



KUVIO 2 TUG logistiikkarobotti (Aethon, 2020)



KUVIO 3 RIBA - potilaan nostamisen avuksi tarkoitettu robotti (RIKEN-TRI, 2020)

Luokan 2 robottien tehtävä on vähentää potilaiden epämukavuutta esimerkiksi viihdyttämällä ja avustamalla heitä. Tämän luokan robottien on mm. havaittu kohentavan vanhusten elämänlaatua ja aktivoivan heitä. Tällaisia robotteja kutsutaan myös sosiaalisiksi roboteiksi, ja niillä on käyttökohteita myös henkisessä kuntoutuksessa ja muistisairauksien hoidossa. (Khosla et al., 2016.) Tämänkin luokittelun monimutkaisuutta kuvaa, että edellä mainittu potilaiden nostamiseen tarkoitettu robotti voidaan asettaa myös tähän luokkaan, sen suorittaessa ihmiselle vaaralliseksi luokiteltua tehtävää mutta myös vähentämällä potilaan epämukavuutta (Haidegger et al., 2013). Luokan 2 robotteja voidaan luokitella niin kliinisen ja kuluttajamaailman kuin lääketieteellisen ja ei-lääketieteellisenkin maailman robotteihin.

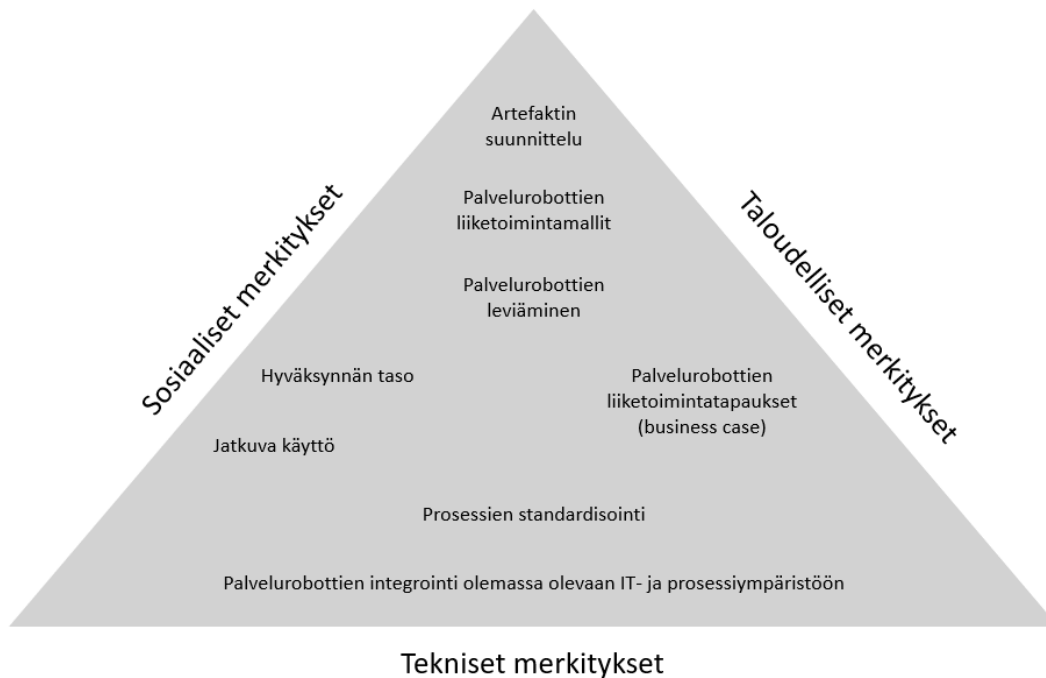
Luokan 3 robotit puolestaan ovat suorasti ihmisen kanssa toimivia robotteja, kuten leikkaus-, diagnostiikka- tai kuntoutusrobotteja. Tämä luokka on varsin yksiselitteinen, käsittäen vain lääketieteellisiä ja kliinisen maailman robotteja.

## 2.2 Robottiikka tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta

Robottiikka on tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta todella nuori tutkimuksen ala, johtuen erityisesti sen tutkimuksen kohteiden aiemmasta luonteesta mekaanisina ja tietojärjestelmätieteisiin liittymättöminä laitteina. Nykyään kuitenkin ihmiskeskeisissä ympäristöissä toimivaan ja ihmisten tarpeita suorittavaan palvelurobotiikkaan on alettu kiinnittää enemmän huomiota kahdesta syystä.

1. Tietojärjestelmätieteet ovat jatkuvasti käyttäjälähtöisempi tieteenala, johon informaatioteknologian ubiikkiudesta (Brenner et al., 2014; Hess et al., 2014).
2. Palveluroboteista on tullut osa sosio-teknisiä (socio-technical) ja digitaalisfyysisiä (digital-physical) ts. kyber-fyysisiä järjestelmiä, joissa käyttäjät ja laitteet ovat todella lähellä toisiaan (Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015).

Lisäksi palvelurobottien kehityksen myötä myös niihin liittyvien kysymysten ja haasteiden määrä on kasvanut. Syntyneet kysymykset ovat otollisia juuri tietojärjestelmätieteille, ja voidaankin siis todeta myös palvelurobotteihin liittyvän tietojärjestelmätieteellisen näkökulman tarpeen kasvaneen. (Garmann-Johnsen et al., 2014.) Kuviossa 4 on kuvattuna tietojärjestelmätieteiden mielenkiinnon kohteita palvelurobotiikan kentässä.



KUVIO 4 Tietojärjestelmätieteiden palvelurobotiikan tutkimuksen kiinnostuksen kohteita (Sprenger & Mettler, 2015, s. 272)

### 2.3 Robotit erilaisten järjestelmien osina

Palvelurobotteja voidaan tarkastella monien erilaisten järjestelmien osina. Merkittävimmin tarkastelua voidaan tehdä kyber-fyysisten järjestelmien (cyber-physical systems, CPS), sosio-tekniisten järjestelmien (sosio-technical systems) sekä palvelujärjestelmien (service systems) ja tarkemmin ihmiskeskeisten palvelujärjestelmien (human-centered service systems, HCSS) osina. Palvelurobottien käsittely erityisesti kyber-fyysisten ja sosio-tekniisten järjestelmien osana on keskeisessä roolissa robottien hyödyntämisen onnistumisessa.

Kyber-fyysiset järjestelmät ovat systeemejä, joiden osat, erilaiset laitteet kuten robotit, toimivat ja vuorovaikuttavat sekä fyysisessä että digitaalisessa ympäristössä. Fyysisessä ympäristössä toimivat laitteet siis pystyvät toimimaan esimerkiksi ihmisten kanssa samalla kun suorittavat tiedon prosessointia ja siirtoa. Tämä mahdollistaa muun muassa näiden laitteiden toimintojen tehokkaan seuraamisen, ohjaamisen ja koordinoinnin. (Baheti & Gill, 2011; Rajkumar, Lee, Sha & Stankovic, 2010.)

Kyber-fyysiset järjestelmät voidaan edelleen käsittää palvelumuotoilun tuloksena, ts. palveluinnovaationa joka on löytänyt tavan luoda lisäarvoa uusien teknologioiden ja informaation avulla (Peters et al., 2016). Kehitys muun muassa sensoreiden, tiedonsiirron ja laskentatehon saralla on mahdollistanut

edistyneempien ja ennen täyttymättä jääneet vaatimukset toteuttavien kyberfyysisten laitteiden toteuttamisen esimerkiksi sairaalaympäristöihin. Samalla teknisten haasteiden sijaan ratkottavien ongelmien painopiste on alkanut siirtyä sosio-tekniisiin ja taloudellisiin haasteisiin (Alaiad & Zhou, 2015; Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015).

Peters et al. (2016) korostavat tietojärjestelmätieteiden palvelukeskeisyyttä, ja siis sen huomioimista myös kyber-fyysisiä järjestelmiä tarkastellessa. He itse asiassa laajentavat kyber-fyysisten järjestelmien käsitteen kyber-fyysisiin järjestelmiin ja palveluihin (cyber-physical systems and services, CPSS), jonka kuvaamiseen he lainaavat Tuunanen, Myersin ja Cassabin (2010) määritelmää kuluttajatietojärjestelmistä:

Järjestelmiä, jotka integroivat järjestelmä-arvon tarjoaman kuluttaja-arvon ajureihin, ja siten mahdollistavat kuluttaja-arvon yhteiskehittämisen informaatioteknologian mahdollistamien prosessien kehityksen ja toteutuksen kautta (Tuunanen et al., 2010, s. 48).

Garmann-Johnsen et al. (2014) korostavat palvelurobottien olemusta sosio-teknišenä ilmiönä, palvelurobotti kun on sidottu sosiaaliseen kontekstiin. He korostavat myös Brennerin et al. (2014) näkemystä itse käyttäjien merkityksestä, mikä tarkoittaa erityisesti sosiaalisten tekijöiden huomioimista palvelukontekstissa. Tämä ilmenee niin robottien ulkonäön suunnittelun huomioimisena, kuin käyttäjien toiminnan ja tarpeiden ymmärtämisen vaatimuksina.

Peters et al. (2016) puhuvat myös palvelurobottien tarkastelusta osana ihmiskeskeisiä palvelujärjestelmiä. Heidän mukaansa ihmiset ovat kriittinen osa kaikille palvelujärjestelmille, joten ihmistekijää voidaan korostaa puhumalla palvelujärjestelmistä tarkemmin ihmiskeskeisinä palvelujärjestelminä. Nämä järjestelmät erottuvat heidän mukaansa muista sosio-tekneisistä järjestelmistä ”arvonluontinsa riippuvuudella kyvykkyyksien jakamisesta erilaisten ekonomisten kokonaisuuksien välillä”.

Ihmiskeskeiset palvelujärjestelmät ovat huomattavasti vähemmän huomioitu lähestymistapa palvelurobotteihin, kuin palvelurobottien käsittely osana kyber-fyysisiä tai sosio-tekneisiä järjestelmiä. Viimeksi mainittuja järjestelmiä kohtaan kohdistuu myös laajemmin mielenkiintoa ja tutkimusta tietojärjestelmätieteiden kentässä. On huomionarvoista, että niiden saralla tehdyt havainnot ovat hyvin sovellettavissa myös palvelurobotiikkaan, palvelurobottien ollessa esimerkiksi kyber-fyysisten ja sosio-tekneisten järjestelmien toimijoita.



### 3 PALVELUROBOTIIKAN HYÖDYNTÄMINEN SOSIAALI- JA TERVEYSALAN PROSESSEISSA

Michael Hammerin (2015) mukaan ”Kaikki työ on prosessityötä” (Bygstad, Hanseth, Siebenhertz & Øvrelid, 2017). Hän on määritellyt liiketoimintaprosessin ”kokoelmana aktiviteetteja, jotka ottavat sisäänsä vähintään yhden syötteen ja luovat tulosteen, jolla on arvoa asiakkaalle” (Hammer, 2015). Tämä määritelmä sopii myös sosiaali- ja terveysalan prosesseihin, asiakkaan ollessa useimmissa tapauksissa potilas tai palvelua tuottava henkilöstö. Bygstad et al. (2017) ovat kuitenkin todenneet, että siinä missä prosessiajattelulla on teollisuuden ja kuluttajasektorin puolella jo pitkät perinteet, sen harjoittaminen on osoittautunut paljon haastavammaksi terveydenhuollon sektorilla.

Bygstad et al. (2017) kuvaavat myös itse prosessien muovaamista, prosessi-innovointia, monimutkaisena ja epälineaarisenä ilmiönä. Tätä prosessi-innovointia voi heidän lainaamansa Thomas Davenportin (1994) mukaan kuvata myös työn uudelleensuunnitteluna informaatioteknologian kautta. Tämä tarkoittaa yleensä kokonaisen prosessin tai sen osien automatisointia, tarkoituksena tehdä siitä tehokkaampi tai informatiivisempi.

Puhuttaessa itse sosiaali- ja terveysalan kentästä, sitä voidaan kuvata ennen kaikkea laajana ja monimuotoisena. Siihen sisältyy mm. ennaltaehkäisemiseen, diagnostiikkaan, lääketieteellisiin toimiin kuten leikkauksiin ja terapiaan, hoivaan, sekä lyhytaikaiseen ja pitkäaikaiseen hoitoon liittyviä toiminteita. Tässä kentässä monia toiminteita tuetaan jo robotiikan keinoin, ja yhä useampia voidaan vielä tulla tukemaan. (Butter et al., 2008.)

Tarkastelun helpottamiseksi sosiaali- ja terveysalan työt voidaan jakaa ensiksi välittömään ja välilliseen hoitotyöhön. Välitön hoitotyö käsittää itse hoitotoimenpiteet ja tutkimukset, sekä potilaiden avustamisen ja ohjaamisen työt. Välillisen hoitotyön alle voidaan puolestaan laskea niin hoidon suunnittelu, valmistelu ja dokumentointi, kuin potilaiden ja tavaroiden siirtäminen sekä lääkehoito. Välillisen hoitotyön osuuden on arvioitu olevan noin 65 %, kun varsinaisen, välittömän hoitotyön osuus on noin 35 %. Näistä erityisesti välillisen hoidon töissä nähdään robottien pystyvän korvaamaan ihmistyötä. (Andersson et al., 2016.) Välillisen ja välittömän hoitotyön lisäksi on tunnistettavissa vielä erikseen kotihoidon kenttä.

Sosiaali- ja terveysalan prosessien muuttamiseen robottien avulla löytyy monia ajureita. Pakottavimpana ajurina voidaan nähdä erityisesti kehittyneissä maissa heikkenevään hoitosuhteeseen vastaaminen. Kun hoitotyön tekijöiden määrä vähenee suhteessa pidempi-ikäiseen ja sairastavampaan väestöön, hoitohenkilöstön rajalliset resurssit täytyy saada hyödynnettyä tehokkaammin (Andersson et al., 2016; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014; Riek, 2017). Tätä sivuten roboteilla pystytään myös suorittamaan esimerkiksi vähemmän invasiivisia leikkauksia (Butter et al., 2008; Pagliarini & Lund, 2017; Riek, 2017; Sprenger & Mettler, 2015), joiden ansiosta hoitajaksot lyhenevät merkittävästi. Tämä osaltaan vapauttaa hoitotyön resursseja ja vähentää toimenpiteen

jälkeistä toipumisaikaa. Kotihoidon robotit edelleen sallivat joidenkin hoitoprosessien siirtämisen potilaan kotiin, jolloin hoidon toteuttaminen vaatii vähemmän resursseja (Alaiad & Zhou, 2015).

Robottien sisällyttäminen sosiaali- ja terveysalan prosesseihin mahdollistaa myös hoitotyön laadun, turvallisuuden ja tehokkuuden parantamisen. Roboteilla pystytään vähentämään inhimillisten virheiden määrää ja siten madaltamaan oleellisesti erilaisten hoitovirheiden riskiä, eli parantamaan hoidon turvallisuutta (Alaiad & Zhou, 2015; Bepko, Moore & Coleman, 2009; Bloss, 2011; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014). Myös itse hoitotyön tekijöiden turvallisuuden parantamiselle on tarvetta, Riekin (2017) lainaaman yhdysvaltalaisen National Institute for Occupational Health and Safety (NIOSH) mukaan terveydenhoidon työ on yksi Yhdysvaltain vaarallisimpia teollisia töitä. Heidän työturvallisuuttaan pystytään parantamaan esimerkiksi potilaiden siirtämiseen soveltuvilla roboteilla (Alaiad & Zhou, 2013; Butter et al., 2008) tai mahdollistamalla turvallisempi työskentely suuren tartuntatautiriskin alueilla, kuten Ebola-alueella, etähoidon robottien avulla (Riek, 2017).

Palvelualojen työn tuottavuus on kehittynyt merkittävästi hitaammin kuin muiden alojen tuottavuus (Andersson et al., 2016), minkä voidaan nähdä rajoittavan yhteiskunnan vaurauden ja hyvinvoinnin kehitystä. Palvelurobotit kuitenkin mahdollistavat myös palvelualojen prosessien tehokkaamman suorittamisen jokaisena viikonpäivänä ja kaikkina kellonaikoina (Sprenger & Mettler, 2015). Täten palvelurobotiikalla voidaan tarjota kustannussäästöjä, tehostaen prosesseja myös muin tavoin, ja kohentaen siten työn tuottavuutta (Alaiad & Zhou, 2015; Andersson et al., 2016; Bloss, 2011; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014).

### 3.1 Robotit prosesseissa

Kuten todettua, prosessiajattelu on havaittu sosiaali- ja terveysalalla haastavaksi (Bygstad et al., 2017). Robottien tuominen prosesseihin vaatii monia asioita huomioitavaksi niin suunnitteluvaiheessa, käyttöönotossa, kuin itse uudistetun prosessin aikanakin. Kun robotteja tarkastellaan kyber-fyysisen järjestelmän osana, on luontevaa aloittaa tarkastelu näiden järjestelmien asettamista vaatimuksista ja ominaisuuksista.

Gruettner, Richter ja Basten (2017) määrittelevät kyber-fyysisen järjestelmän laskennallisten ja fyysisten prosessien integraatioksi, jossa nämä prosessit yleensä vaikuttavat toisiinsa palautesilmukoiden avulla. Heidän lainaamansa Alhon ja Mattilan (2015) mukaan kyber-fyysiset järjestelmät suorittavat näitä monimutkaisia laskutoimituksia ja kriittisiä tehtäviä autonomisesti, mikä asettaa järjestelmille kaksi erityisen vaadittua ominaisuutta; käyttövarmuuden ja joustavuuden. Käyttövarmuuden vaatimus luonnollisesti korostuu edelleen ihmisten terveydelle ja hyvinvoinnille kriittisten järjestelmien tapauksessa.

Kyber-fyysisten järjestelmien toimintaympäristössä on toisaalta varauduttava kohtaamaan fyysisen ympäristön epävarmuutta ja kohinaa. Tämä "ajan ja tilan täydellisen synkronisuuden puute" pakottaa järjestelmän sietämään tai eristämään sen osien häiriöitä niin fyysisessä ympäristössä kuin kyberympäristössäkin (Rajkumar et al., 2010). Kehitys kyber-fyysisten järjestelmien tutkimuksessa tarkoittaa kuitenkin aiempaa tarkempia ja nopeammin reagoivia järjestelmiä, jotka pystyvät toimimaan joustavammin myös muuttuvissa ja vaikeasti ennakoitavissa ympäristöissä, sekä lisäksi ympäristöissä joissa ihmistyön tekeminen olisi mahdotonta tai vaarallista. Kyber-fyysisten järjestelmien kehittyessä ne siis tulevat mahdollistamaan organisaatioiden kattavamman autonomian ja paremman tehokkuuden. (Gruettner et al., 2017.)

Kun prosessia ryhdytään muokkaamaan robottitoimijan mukaan tuomiseksi, prosessit täytyy formalisoida roboteille. Prosessia formalisoidessa saatetaan havaita, että ihmisen suorittama prosessi on hyvin joustava verrattuna robotin suorittamaan prosessiin. Siksi palvelurobotti tarvitsee selkeästi määritellyn ja standardisoidun prosessin, välttääkseen ongelmatilanteet yllättävissäkin työnkulun muutoksissa. Tämä vaatimus asettaa ensimmäisiä rajoituksia robotin tuomiselle prosessiin; mikäli prosessin formalisointi on mahdotonta tai erityisen haastavaa, siitä ei saada vakaata tai optimoitua prosessia, jota robotti voisi suorittaa ennustettavasti. (Sprenger & Mettler, 2015.)

Samoin prosessin uudelleensuunnittelun aikana on tärkeää tarkastella, pystyvätkö nykyinen digitaalinen infrastruktuuri ja siihen sijoittuva uudelleensuunniteltu prosessi tukemaan toisiaan. Näiden välinen epäsuhta luo haasteita prosessin uudelleensuunnittelulle, ja robotin sisällyttämiselle prosessiin. (Bygstad et al., 2017.) Jos digitaalista infrastruktuuria joudutaan muokkaamaan palvelurobotin ehdoilla, on huomioitava myös näiden muutosten taloudelliset vaikutukset.

Voidaan siis havaita, että huolimatta robottien kyvykkyydestä suorittaa monimutkaisia toimintoja, niiden tuominen osaksi vaikeasti ennustettavassa fyysisessä ympäristössä tapahtuvia prosesseja saattaa asettaa prosessien uudelleensuunnittelulle suuria haasteita. Kyber-fyysisten järjestelmien monimutkaisesta ja vaikeasti ennustettavan ympäristön luonteesta johtuen yksinkertaisten prosessien suorittaminen onkin tavoiteltavaa palveluroboteille. (Pagliarini & Lund, 2017.)

Yksinkertaisten prosessien tavoiteltavuus koskee ennen kaikkea ohjelmoituja robotteja. Robotit voivat osallistua prosesseihin ennalta ohjelmoidun lisäksi myös esiohjattuna, tai reaaliajassa ohjattuna (Bzura et al., 2012). Reaaliaikaisesti ohjattuna robotti, esimerkiksi leikkausrobotti, pystyy toimimaan ennalta-arvaamattomammassa ympäristössä ja suorittamaan luonnollisesti monimutkaisempia tehtäviä. Tämä tosin tapahtuu autonomian kustannuksella.

Palvelurobottien tuominen ihmisen suorittamaan prosessiin ei myöskään johda tilanteeseen, jossa ihminen ei enää olisi osana prosessia. Ihmisillä on vähintäänkin yhteinen työympäristö robottien kanssa (Garmann-Johnsen et al.,

2014; Haidegger et al., 2013; Sprenger & Mettler, 2015; Tan, Holovashchenko, Mao, Kannan & DeRose, 2015), jolloin palvelurobotit pitää onnistua sulauttamaan yhä ihmiskeskeiseen työympäristöön (Sprenger & Mettler, 2015). Yleensä prosessia ei voi myöskään automatisoida täysin, vaan ihmisen rooli jää olemaan erilaisissa muodoissa. Niissä ihanteellisissakin tapauksissa, joissa prosessi voidaan automatisoida täysin, ihmistä tarvitaan edelleen valvomaan prosessia ja ratkaisemaan välttämättä vastaan tulevia poikkeustilanteita (Tan et al., 2015). Puhtaan automatisoinnin sijaan voidaankin puhua palveluiden puoliautomatisoinnista (Sprenger & Mettler, 2015), ihmistekijän huomioimisesta prosessissa, eli "ihmisen sisällyttämisestä silmukkaan" (Tan et al., 2015), tai vähiten automatisoiduissa tapauksissa myös robotin roolin jättämisestä ihmisen työn tehostajaksi tai tukijaksi (Andersson et al., 2016).

Ihmisen välttämättömyys osana prosessia luo uudistetuille prosesseille ja robottien niihin sisällyttämiselle vaatimuksen myös henkilökunnan kouluttamisesta (Garmann-Johnsen et al., 2014). Kouluttaminen voi liittyä uudistetun prosessin ja robotin roolin ymmärtämiseen tai itse robotin käyttämiseen. Lisäksi tapauksissa joissa palvelurobotti tuodaan osaksi kotihoitoa, potilas tai muu robotin käyttäjä täytyy kouluttaa siihen.

Prosessien uudelleensuunnitelun ja robottien siihen sisällyttämisen tavoitteena tai edellytyksenä on yleensä luoda enemmän säästöjä kuin kuluja (Sprenger & Mettler, 2015). Kaikkiin edellä esiteltyihin huomioihin liittyykin myös taloudellisia vaikutuksia, aina henkilökunnan kouluttamisen vaihtoehtokustannuksesta prosessien uudelleensuunnitelun suoriin kustannuksiin sekä itse robottien hankinta- ja ylläpitokuluihin. On siis huomioitavaa, että palvelurobotiikkaan liittyvät kysymykset voivat olla teknisten ja sosiaalisten kysymysten lisäksi taloudellisia, ja nämä tekijät eivät ole erillään toisistaan (Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015).

## 3.2 Hyödyt

Palvelurobotiikalla voidaan saavuttaa lukuisia hyötyjä sosiaali- ja terveysalan prosesseissa. Hyötyjä voidaan jaotella niin haasteiden ja ongelmien ehkäisemiseen ja ratkaisemiseen, vallitsevan tilanteen parantamiseen, uuden mahdollistamiseen, säästöjen luomiseen sekä niin potilaiden kuin työntekijöidenkin tyytyväisyyden kohentamiseen. Monimuotoisessa sosiaali- ja terveysalan prosessikentässä yksittäisillä ratkaisuilla voi olla vaikutuksia useampaankin osa-alueeseen.

Vaikuttavin ongelma, johon robotiikalla haetaan ratkaisua, on heikenevään hoitosuhteeseen vastaaminen (Andersson et al., 2016; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014; Riek, 2017). Suhteessa kasvavaan hoidettavien ihmisten määrään, vähenevän hoitohenkilökunnan tulee pystyä kohdistamaan rajalliset resurssit tehokkaasti. Erityisesti välillisen hoitotyön

siirtäminen roboteille tukee tätä, esimerkiksi kuljetusrobottien (Andersson et al., 2016; Bloss, 2011) avulla. Näiden prosessien uudellensuunnittelu ja robottien avustamana toteuttaminen on myös osoittautunut toimivaksi ja kustannuksia säästäväksi (Andersson et al., 2016; Bloss, 2011).

Muita robotiikalla ratkaistavissa olevia nykyisiä ongelmia ja haasteita ovat myös monenlaiset inhimillisistä virheistä (Alaiad & Zhou, 2015; Bepko et al., 2009) tai järjestelmävirheistä (Bepko et al., 2009) syntyvät vaaratilanteet ja virheet. Hoitovirheiden, erityisesti lääkitykseen liittyvien virheiden vähentäminen on todettu selväksi palvelurobotiikan tuomaksi hyödyksi (Alaiad & Zhou, 2015; Bepko et al., 2009; Bloss, 2011; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014). Todistettusti vähenevien virheiden myötä myös potilaiden suurimman sairaalavierailun aikaisen ahdistuksen syy, hoitovirheen pelon, on havaittu vähenevän (Bepko et al., 2009). Tämä voidaan lukea myös oleelliseksi hyödyksi erityisesti tapauksissa, joissa potilas välttelee hoitoon hakeutumista hoitovirheen pelossa.

Potilasturvallisuuden lisäksi myös sosiaali- ja terveystalouden ammattilaisten työturvallisuutta pystytään parantamaan robotiikan avulla. Palveluroboteilla voidaan teettää erityisen mieluisasti automatisoitavissa olevat tylsät ja vaaralliset työt (Andersson et al., 2016; Bepko et al., 2009; Garmann-Johnsen et al., 2014; Riek, 2017), mikä tukee henkilöstön henkistä ja fyysistä hyvinvointia. Riek (2017) puhuu laajennetusti kolmesta lisäarvoa tuottamattomasta työtehtävästä; likaiset, vaaralliset ja tylsät työt. Näiden robotisointi keventää hoitohenkilöstön ylikuormitusta ja ehkäisee edelleen virheille altistavaa työympäristöä, ja vaikuttaa siten epäsuorasti myös inhimillisten virheiden määrään.

Robotiikan tuomiin hyötyihin on luettavissa myös itse sosiaali- ja terveystalouden palvelun laadun paraneminen (Alaiad & Zhou, 2015; Andersson et al., 2016; Bepko et al., 2009; Butter et al., 2008; Bygstad et al., 2017; Sprenger & Mettler, 2015) sekä sitä tuottavan henkilöstön työn laadun paraneminen (Andersson et al., 2016; Bepko et al., 2009; Bloss, 2011; Garmann-Johnsen et al., 2014; Riek, 2017; Sprenger & Mettler, 2015). Asiakastyytyväisyydellä on oma itseisarvonsa, mutta henkilöstön suurempi tyytyväisyys laadukkaamman työn myötä parantaa edelleen työhyvinvointia, hoidollisia tuloksia, hoitotyön taloudellisuutta sekä tehokkuutta (Alaiad & Zhou, 2015; Andersson et al., 2016). Tekniset, sosiaaliset ja taloudelliset vaikuttimet ovat siis myös hyötyjen muodossa hyvin tiiviisti yhteydessä toisiinsa.

Uuden mahdollistamisen saralla robotiikka on osoittanut vaikuttavuutensa leikkausrobottien muodossa. Leikkaussalirobottien avulla pystytään suorittamaan vähemmän invasiivisia, eli elimistön sisälle ulottavia, leikkaustoimenpiteitä, joihin ihmiskirurgi ei yksin kykenisi. Tämän lisäksi leikkausrobotit mahdollistavat leikkaustoimenpiteiden suorittamisen etänä, eli potilaan ja kirurgin ei tarvitse sijaita samassa tilassa, tai edes valtiossa. (Alaiad & Zhou, 2015; Butter et al., 2008; Van Devender, Glisson, Campbell & Finan, 2016.) Myös muissa lääketieteellisissä toimenpiteissä, kuten ultraäänitutkimuksissa ja palpattivissa, eli käsin tunnustelemalla suoritettavissa, tutkimuksissa voidaan

hyödyntää robotiikkaa niiden suorittamiseksi ammattilaisen sijainnista riippumatta (Stollnberger et al., 2014).

Varsinaisen hoidon laadun parantamisen lisäksi palvelurobotiikan avulla on mahdollista parantaa asiakkaiden huomioimista palvelussa. Kyber-fyysisen järjestelmän osana robotit pystyvät hyödyntämään muualla sijaitsevaa potilasdataa tai oppimaan käyttäjänsä toiminnan perusteella, mikä mahdollistaa personoidumpaa hoitoa ja palvelua erityisesti kotihoidon parissa (Ho, Sato-Shimokawara, Yamaguchi & Tagawa, 2016; Khosla, Nguyen & Chu, 2016). Samoin kotihoidon asiakkaille voidaan robotiikan ansiosta mahdollistaa suurempaa itsenäisyyttä pidemmäksi aikaa, minkä on havaittu tuottavan sosiaalisia ja taloudellisia hyötyjä (Butter et al., 2008; Rajkumar et al., 2010) ja kohentavan kotihoidon asiakkaiden hyvinvointia yleensä (Alaiad & Zhou, 2013, 2015; Khosla et al., 2016; Rajkumar et al., 2010). Varsinaisena ennahtehkäisevänä hoitona kotihoidon robotiikalla pystytään myös ehkäisemään kaatumisia ja niiden seurauksia (Andersson et al., 2016). Kaikille näille hyödyille ominaista on että ammattilaisen ja potilaan ei tarvitse olla samassa sijainnissa, vaan potilas saa yhteyden sosiaali- ja terveysalan ammattilaiseen tarvittaessa, sallien tavanomaista kotihoitoa suurempaa yksityisyyttä.

Robottien tuominen osaksi prosesseja kehittää tyypillisesti toiminnan tehokkuutta ja hyödyttää sitä myöten luonnollisesti säästöjen muodossa (Alaiad & Zhou, 2015; Andersson et al., 2016; Bloss, 2011; Butter et al., 2008; Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015). Konkreettisia taloudellisia säästöjä on saavutettu erityisesti kuljetusroboteilla. Bloss (2011) mainitsee TUG-logistiikkaroboteilla automatisoidun jopa 80 prosenttia El Caminon sairaalan kuljetuksista, mikä vastaa noin 650 000 dollarin säästöjä.

Kaiken kaikkiaan palvelurobotiikka mahdollistaa lukuisia hyötyjä sosiaali- ja terveysalalla. Erityisesti turvallisuuden ja koko sektorin toimintaedellytysten parantaminen heikkenevään hoitosuhteeseen ja kohoaviin kustannuksiin vastaamalla ovat merkittäviä tekijöitä palvelurobotiikan hyötyjä tarkasteltaessa. Näiden suurten hyötyjen lisäksi palvelurobotiikalla pystytään kehittämään ja parantamaan monia prosesseja, tehden niistä niin sosiaali- ja terveysalan ammattilaisille, kuin asiakkaillekin mieluisampia.

### 3.3 Haasteet

Robotiikan hyödyntämisessä sosiaali- ja terveysalan prosesseissa on yhä lukuisia haasteita, joiden voidaan nähdä liittyvän inhimillisiin tekijöihin, robottien rajoitteisiin liittyviin tekijöihin, sosiaali- ja terveysalalle ominaisiin tekijöihin sekä turvallisuuteen liittyviin tekijöihin. Alaiad ja Zhou (2015) ovat kuvanneet haasteiden mittakaavaa Heekin (2002) huomiolla; yli 40% IT-kehitystyöstä useilla sektoreilla, sisältäen terveysalan, on epäonnistunut tai hylätty. Heidän lainaamansa Berg, Aarts ja Van Der Lei (2013) ovat todenneet tämän luvun takana olevan oleellisesti sosio-tekniikan ulottuvuuksien vähänlainen ymmärrys,

etenkin ymmärrys ihmisten ja organisaatioiden tavoista omaksua informaatioteknologiaa. Samoin negatiivisesti ovat vaikuttaneet demografisten tekijöiden vaikutusten ymmärryksen puute (Alaiad & Zhou, 2015).

Ennen itse prosessien uudelleensuunnittelua ja muiden haasteiden ratkomista, robottien tuominen sosiaali- ja terveysalan prosesseihin kohtaa haasteita jo monimutkaiseen sosio-tekniiseen ympäristöön tultaessa (Alaiad & Zhou, 2015; Garmann-Johnsen et al., 2014). Haaste ei koske vain palvelurobotiikkaa, vaan on koko informaatioteknologian kentälle yhteinen (Brenner et al., 2014), joten sosio-tekniisille järjestelmille ominaisten ongelmien ja haasteiden ymmärtäminen on ensiedellytyksiä myös palvelurobottien tuomisessa ihmiskeskeisiin prosesseihin.

Lähtökohtaisesti ihmiskeskeisinä nähdyt prosessit täytyy formalisoida roboteille soveltuviksi, ja tämä luo merkittäviä haasteita ja jopa esteitä palvelurobottien hyödyntämiselle sosiaali- ja terveysalalla. Merkittäviä haasteita robottien hyödyntäminen kohtaa monimutkaisissa havainnointi- ja käsittelytehtävissä, luovissa älykkyyttä vaativissa tehtävissä sekä sosiaalista älykkyyttä vaativissa tehtävissä (Frey & Osborne, 2013). Yleensäkin monimutkaiset tehtävät ovat roboteille haastavia (Frey & Osborne, 2013; Garmann-Johnsen et al., 2014; Pagliarini & Lund, 2017; Riek, 2017), eivätkä siis mielekkäimpiä robotisoitavia tehtäviä.

Palvelurobottien teknisten vaatimusten puolesta on hyvissä ajoin myös huomioitava robottien yhteensopivuus liitettävien rajapintojen kanssa (Sprenger & Mettler, 2015), kyber-fyysisen järjestelmän osana jokaisen järjestelmän osan tulee luonnollisesti kyetä kommunikoimaan keskenään. Tässä vaiheessa voidaan kohdata merkittäviä haasteita mahdollisesti puuttuvien tai vaikeasti toteutettavien teknisten rajapintojen johdosta. Tämän lisäksi robottien ja ympäristön fyysinen yhteensopivuus on merkittävässä roolissa, etenkin tilanteissa joissa robotisoitava prosessi sijaitsee ympäristössä, jota ei ole suunniteltu robotille (Alaiad & Zhou, 2015; Frey & Osborne, 2013). Positiivisena huomiona sairaalat on tyypillisesti suunniteltu suurille renkaiden päällä liikkuville kappaleille (Frey & Osborne, 2013) mikä osaltaan vähentää fyysiseen ympäristöön liittyviä haasteita.

Kun robotti on liitetty osaksi prosessia, se menettää osan ihmisen suorittaman prosessin joustavuudesta (Sprenger & Mettler, 2015). Haasteeseen vastaamisen ensimmäinen vaihe on rajata ja formalisoida prosessi, jolloin robotille voidaan luoda selkeät ohjeet. Monet lukuisien muuttujien ja tekijöiden muovaamat sosiaali- ja terveysalan prosessit ovat kuitenkin haastavia formalisoitavia, ja palvelurobotiikka ei välttämättä mainituista haasteista johtuen sovellu niiden suorittamiseen. Jos tällaiseen prosessiin kuitenkin liitetään robottitoimija, ihmisen täytyy kyetä hoitamaan lukuisat vastaan tulevat poikkeustilanteet. Riek (2017) huomauttaa myös etteivät terveyden liittyvät ongelmat tapaa olla suljettuja tai määriteltyjä, minkä vuoksi ratkaisut eivät myöskään voi olla "yksi-koko-sopii-kaikille" -ratkaisuja. Hän esittää tämän haasteen ratkaisuksi robottien kyvyn oppia ja omaksua uutta tehtäviä suorittaessaan.

Palvelurobottien toimiessa ihmisten parissa yhteisessä ympäristössä ja yleensä myös yhteisissä prosesseissa, on otettava huomioon myös monenlaiset ihmislähtöiset haasteet. Varsinaisen sosiaali- ja terveysalan toiminnon osana robotit työskentelevät eri tavoin haavoittuvaisten, kuten vammautuneiden, häiriöityneiden, loukkaantuneiden ja sairaiden ihmisten parissa. Tämä asettaa roboteille vaatimuksia niin potilaiden fyysisen kuin henkisenkin turvallisuuden takaamiseksi. (Riek, 2017.)

Potilaiden suhtautuminen robotteja kohtaan voi myös luoda omia haasteitaan sosiaali- ja terveysalan palveluiden toteuttamiseksi. Palvelurobotit epäinhimillistävät palveluita, ja inhimillisyyden puute voi vähentää asiakkaiden, eli potilaiden asiakastytyväisyyttä (Sprenger & Mettler, 2015). Alaiad ja Zhou (2013) ovat myös havainneet palvelurobottien onnistuneen hyödyntämisen olevan riippuvainen potilaiden halusta ottaa robotit osaksi sosiaali- ja terveysalan palvelua. Kotihoidon tapauksessa robottien hyväksynnässä on havaittu myös demografisia eroja käyttäjien välillä, etenkin iän ja sukupuolen suhteen. Nämä erot on myös otettava huomioon kotihoidon prosesseja uudelleensuunnitellessa (Alaiad & Zhou, 2015). Alaiad & Zhou (2015) huomauttavat myös että monessa kotihoidon tapauksessa teknologia on suunniteltu ammattilaisten käytettäväksi kliinisessä ympäristössä, jolloin käyttöympäristön ja käyttäjän muuttaminen voi johtaa odotettua heikompaan palvelun tasoon.

Potilaiden lisäksi sosiaali- ja terveysalan työntekijöiden suhtautumisella robotteihin on merkittävä vaikutus. Uuden teknologian tavallisesti kohtaama muutosvastarinta on todellinen haaste myös palvelurobottien käyttöönoton suhteen (Garmann-Johnsen et al., 2014; Sprenger & Mettler, 2015). Sprenger ja Mettler (2015) ovat tunnistanee palvelurobottien käyttämisen johtavan jopa pelkoon työn menettämisestä, ja siihen liittyvän vastarinnan asettavan palvelurobotiikan hyödyntämisen vaaraan. Heidän mukaansa myös ihmisten roolin muuttuminen prosesseissa luo muutosvastarintaa palvelurobotteja kohtaan.

Kyber-fyysisille laitteille ominaisesti turvallisuus on merkittävä tekijä, etenkin toimittaessa terveydelle kriittisten toimintojen ja arkaluontoisten terveystietojen parissa. Laitteiden fyysisen turvallisuuden lisäksi on siis huomioitava monet mahdolliset haasteet tietoturvan kanssa. Käytännössä jokainen uusi sosiaali- ja terveysalan järjestelmän osana toimiva laite luo monien hyötyjensä lisäksi uuden pinnan mahdolliselle hyökkäykselle. (Van Devender et al., 2016.)

Haidegger et al. (2013) ovat tunnistanee tarpeen palvelurobottien standardisoinnille, koskien turvallisuuden lisäksi myös laitteistoa, käyttöliittymiä, laatua ja vastuita. Toisaalta Riek (2017) on myös tunnistanut turvallisuuden ja laskennan suorittamisen vuoksi hitaasti etenevien robottien aiheuttavan turhautumista käyttäjissään, eli heikentävän käyttäjäkokemusta ja -tyytyväisyyttä. Erikoisena havaintona sekä standardisoinnin puutteen, että sen asettamien vaatimusten voidaan siis nähdä luovan myös haasteita palvelurobottien hyödyntämiselle.



Palvelurobottien hyödyntämiselle sosiaali- ja terveysalan prosesseissa on lukuisia haasteita, joissa korostuu erityisesti sosio-tekniset ja toisaalta myös taloudelliset haasteet (Alaiad & Zhou, 2015; Garmann-Johnsen et al., 2014). Sosio-teknisten haasteiden kohtaaminen on yhteistä koko informaatioteknologian alalla, kun keskiössä on itse ihminen (Brenner et al., 2014), jonka haavoittuvuuteen, toimintaan ja suhtautumiseen liittyvät haasteet korostuvat entisestään, kun palvelurobotteja tuodaan sosiaali- ja terveysalan prosesseihin. Palvelurobottien tuominen osaksi prosessia on myös haastava tehtävä niin kyber-fyysisten järjestelmien kuin prosessien formalisoinnin tuomien haasteiden kannalta.

## 4 YHTEENVETO

Tämä tutkielma kokosi yhteen sitä tietoa, mitä palvelurobotiikasta on kirjoitettu erityisesti tietojärjestelmätieteiden näkökulmasta, mutta myös muiden tieteenalojen julkaisujen tukena. Robotiikkaan ja sen hyödyntämiseen liittyy paljon mahdollisuuksia ja haasteita erityisesti sosiaali- ja terveysalalla, jota voidaan pitää yhtenä palvelurobotiikan tärkeimmistä soveltamiskohteista. Etenkin palvelurobotiikan hyödyntämiseen liittyvien haasteiden ja uuden tutkimuksen tarpeen painopiste on siirtymässä jatkuvasti enemmän robotiikalle perinteisestä teknisestä maailmasta tietojärjestelmätieteiden mielenkiinnon alueille, joissa tarkastellaan niin teknisiä, sosiaalisia, kuin taloudellisiakin merkityksiä. Tietojärjestelmätieteiden alan tutkimusta palvelurobotiikan saralta tarvitaan erityisesti kyberfyysisiin ja sosio-tekniisiin järjestelmiin liittyvissä kysymyksissä, sekä ihmisenäkökulman ja taloudellisten tekijöiden huomioimisessa.

Yhteiskunnallisia, demografisia haasteita kohdattaessa palvelurobotiikan hyödyntämisestä saattaa tulla jopa välttämätöntä sosiaali- ja terveysalan toiminnan tason ylläpitämiseksi tulevaisuudessa. Siinä missä teollisuustyön tuottavuus on lähihistoriassa moninkertaistunut useita kertoja teknologian, eikä vähiten robotiikan, kehityksen ansiosta, palvelualojen tuottavuus ei ole kyennyt hyödyntämään teknologiaa vastaavalla tavalla. Palvelurobotiikan avulla on kuitenkin mahdollista vähentää palvelualojen, ja siis sosiaali- ja terveysalan, tuottamattoman työn teettämistä arvokkaalla ihmistyövoimalla. On todistettu, että muun muassa jo sairaalaympäristöissä hyötynsä näyttäneet logistiikkarobotit kykenivät tuottamaan merkittäviä säästöjä, ja vapauttamaan siten ihmistyövoimaa arvokkaampaan työhön. Samalla saavutetaan hyötyjä sosiaali- ja terveysalan työntekijöiden sekä asiakkaiden turvallisuuden ja hyvinvoinnin parantuessa.

Sosiaali- ja terveysalan prosessien automatisointi ei kuitenkaan ole kaikissa tapauksissa edelleenkaan mielekästä, tai edes mahdollista. Prosessiajattelu on todettu sosiaali- ja terveysalalla muita sektoreita haastavammaksi, johtuen muun muassa vaikeasti ennakoitavista ja toistettavista prosesseista. Tällaisten vaikeasti formalisoitavien prosessien suorittaminen palveluroboteilla ei ole tavoiteltavaa, vaan nykytiedon ja robotiikan kehityksen tasolla yksinkertaisten tehtävien suorittaminen on mielekkäintä siirtää palvelurobottien tehtäväksi. Tämä lähestymistapa prosessien robotisointiin sopii hyvin myös todettujen hyötyjen tueksi, sosiaali- ja terveysalan ammattilaiset suoriutuvat tehtävistään paremmin, kun tylsät ja toisteiset työtehtävät siirtyvät roboteille. Näin pystytään ehkäisemään henkilöstön ylikuormitusta, joka voi johtaa hoitovirheisiin ja vaikuttaa negatiivisesti työn laatuun. Palvelurobotiikalla voidaan täten saavuttaa myös välillisiä hyötyjä prosesseissa, joihin ne eivät osallistu. Samoin taloudelliset hyödyt ovat suurempia, kun ihmistyövoima siirretään vähiten tuottavista tehtävistä tuottavampiin tehtäviin. Lisäksi palvelurobottien käyttöönottoon liittyvien kustannusten näkökulmasta yksinkertaisimmat prosessit ovat taloudellisimpia robotisoitavia.

Selkeästi suurimmat palvelurobotiikan kohtaamat haasteet sosiaali- ja terveysalalla liittyvät inhimilliseen tekijään. Potilaiden ja henkilökunnan

suhtautuminen robotteihin, suoranainen muutosvastarinta ja pelko uutta teknologiaa kohtaan, sekä inhimillisyyden katoaminen palveluista tuottavat haasteita palvelurobotiikan hyödyntämiselle. Nämä sosio-tekniset haasteet, sekä prosessien robotisointiin liittyvät ongelmat muun muassa kyber-fyysiseen ympäristöön yhteensovittamisen kannalta ovat tietojärjestelmätieteille mitä otollisimpia jatkotutkimuksen kohteita.

Kaikesta huolimatta on ilmeistä, että palvelurobotiikalla on jo saavutettu, ja tullaan saavuttamaan merkittäviä hyötyjä sosiaali- ja terveysalalla. Prosessien robotisointi mahdollistaa yhteiskunnalliseen muutokseen vastaamisen taloudellisesti ja kaikkia sosiaali- ja terveysalan sidosryhmiä hyödyttävällä tavalla.

## LÄHTEET

- Alaiad, A., & Zhou, L. (2013). Patients' Behavioral Intention toward Using Healthcare Robots. *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems, Chicago, Illinois, August 15-17*, 1-11.
- Alaiad, A., & Zhou, L. (2015). The Moderating Effect of Demographic Characteristics on Home Healthcare Robots Adoption : An Empirical Study. *Proceedings of the Tenth Midwest Association for Information Systems Conference, Pittsburg, Kansas, May 14-15*, 1-11.
- Alho, P. & Mattila, J. (2015). Service-oriented approach to fault tolerance in CPSs. *Journal of Systems and Software* 105(1), 1-17.
- Alho, T., Neittaanmäki, P., Hänninen, P., & Tammilehto, O. (2018). Palvelurobotiikka. *Informaatioteknologian Tiedekunnan Julkaisuja No. 50*.
- Andersson, C., Haavisto, I., Kangasniemi, M., Kauhanen, A., Tikka, T., Tähtinen, L., & Törmänen, A. (2016). *Robotit töihin. EVA Raportti 2/2016*. Helsinki: Nextprint.
- Baheti, R., & Gill, H. (2011). Cyber-physical Systems. *The Impact of Control Technology*, 161--166.
- Bepko, R. J., Moore, J. R., & Coleman, J. R. (2009). Implementation of a pharmacy automation system (Robotics) to ensure medication safety at norwalk hospital. *Quality Management in Health Care*, 18(2), 103-114.
- Berg, M., Aarts, J., and Van Der Lei, J. (2013) ICT in Health Care: Sociotechnical Approaches. *Methods of Information in Medicine*, 4(42), 297-301.
- Bloss, R. (2011). Mobile hospital robots cure numerous logistic needs. *Industrial Robot: An International Journal*, 38(6), 567-571.
- Brenner, W., Karagiannis, D., Kolbe, L., Krüger, J., Leifer, L., Lamberti, H. J., Leimeister, J. M., Österle, H., Petrie, C., Plattner, H., Schwabe, G., Uebernickel, F., Winter, R., & Zarnekow, R. (2014). User, Use & Utility Research: The digital user as new design perspective in Business & Information Systems Engineering. *Business and Information Systems Engineering*, 1, 55-61.
- Butter, M., Rensma, A., van Boxsel, J., Kalisingh, S., Schoone, M., Leis, M., Gelderblom, G. J., Cremers, G., de Wilt, M., Kortekaas, W., Thielmann, A., Cuhls, K., Sachinopoulou, A., & Korhonen, I. (2008). Robotics in Helthcare, Final Report. In *Robotics for Healthcare, Final Report*.
- Bygstad, B., Hanseth, O., Siebenherz, A., & Ovrelid, E. (2017). Process innovation

- meets digital infrastructure in a high-tech hospital. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal, June 5-10, 801-814.*
- Bzura, C., Im, H., Liu, T., Malehorn, K., Padir, T., & Tulu, B. (2012). A taxonomy for user-healthcare robot interaction. *34th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Diego, California USA, 28 August - 1 September, 1921-1924.*
- Davenport, T. (1994) *Process Innovation*. Cambridge, MA: Harvard Business School Press.
- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2013). the Future of Employment: How Susceptible Are Jobs To Computerisation? *Technological Forecasting and Social Change, 114*, 1-72.
- Garmann-Johnsen, N. F., Mettler, T., & Sprenger, M. (2014). Service Robotics in Healthcare: A Perspective for Information Systems Researchers? *Thirty Fifth International Conference on Information Systems, Auckland*, 1-12.
- Gruettner, A., Richter, J., & Basten, D. (2017). Explaining the Role of Service-Oriented Architecture for Cyber-Physical Systems By Establishing Logical Links. *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS), Guimarães, Portugal, 1853-1868.*
- Haidegger, T., Barreto, M., Gonçalves, P., Habib, M. K., Ragavan, S. K. V., Li, H., Vaccarella, A., Perrone, R., & Prestes, E. (2013). Applied ontologies and standards for service robots. *Robotics and Autonomous Systems, 61(11)*, 1215-1223.
- Hammer, M. (2015). What is business process management? Teoksessa vom Brocke, J., Roseman, M. (toim.), *Handbook on business process management 1: Introduction, methods and information systems. (2nd Edition, 3-16)*. New York: Springer.
- Heeks, R. (2002) Information Systems and Developing Countries: Failure, Success, and Local Improvisations, *The Information Society: An International Journal, 18(2)*, 101-112.
- Hess, T., Legner, C., Esswein, W., Maaß, W., Matt, C., Österle, H., Schlieter, H., Richter, P., & Zarnekow, R. (2014). Digital Life as a Topic of Business and Information Systems Engineering? *Business and Information Systems Engineering, 6(4)*, 247-253.
- Ho, Y., Sato-Shimokawara, E., Yamaguchi, T., & Tagawa, N. (2016). Developing an Robotic System for Healthcare from the Aspect of Lifestyle. *IEEE 25th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), Santa Clara, California, June 8-10, 301-306.*

- Khosla, R., Nguyen, K., & Chu, M.-T. (2016). Socially assistive robot enabled personalised care for people with dementia in Australian private homes. *25th International Conference on Information Systems Development (ISD), Katowice, Poland, August 24-26*, 536–546.
- Mettler, T., & Raptis, D. A. (2012). What constitutes the field of health information systems? Fostering a systematic framework and research agenda. *Health Informatics Journal*, 18(2), 147–156.
- Pagliarini, L., & Lund, H. H. (2017). The future of Robotics Technology. *Journal of Robotics, Networking and Artificial Life*, 3(4), 270.
- Peters, C., Maglio, P., Badinelli, R., Harmon, R. R., Maull, R., Spohrer, J. C., Tuunanen, T., Vargo, S. L., Welser, J. J., Demirkan, H., Griffith, T. L., & Moghaddam, Y. (2016). Emerging digital frontiers for service innovation. *Communications of the Association for Information Systems*, 39(1), 136–149.
- Rajkumar, R. (Raj), Lee, I., Sha, L., & Stankovic, J. (2010). Cyber-physical systems. *Proceedings of the 47th Design Automation Conference, DAC 2010, Anaheim, California, USA, July 13-18*, 731–736.
- Riek, L. D. (2017). Healthcare Robotics. *Communications of the ACM, November*, 60(11), 68–78.
- Sprenger, M., & Mettler, T. (2015). Service Robots. *Business & Information Systems Engineering*, 57(4), 271–274.
- Stollnberger, G., Moser, C., Beck, E., Zenz, C., Tscheligi, M., Szczesniak-Stanczyk, D., Janowski, M., Brzozowski, W., Blaszczyk, R., Mazur, M., & Wysokinski, A. (2014). Robotic systems in health care. *7th International Conference on Human System Interactions (HSI), Costa Da Caparica, Portugal, June 16-18*, 276–281.
- Tan, H., Holovashchenko, V., Mao, Y., Kannan, B., & DeRose, L. (2015). Human-Supervisory Distributed Robotic System Architecture for Healthcare Operation Automation. *2015 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Kowloon, China, October 9-12*, 133–138.
- Tuunanen, T., Myers, M. D., & Cassab, H. (2010). A Conceptual Framework for Consumer Information Systems Development. *Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems*, 2(1), 47–66.
- Van Devender, M., Glisson, W., Campbell, M., & Finan, M. (2016). Identifying Opportunities to Compromise Medical Environments. *Twenty-Second Americas Conference on Information Systems, San Diego, California, August 11-14*, 1–9.

## INTERNET-LÄHTEET

Aethon. (2020). TUG T3. <https://aethon.com/products/> (noudettu 9.11.2020)

International Organization for Standardization. (2012). Robots and robotic devices – Vocabulary (ISO 8373:2012).

<https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en>

Merriam-Webster. (2018). *Robot*. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot> (noudettu 4.5.2018)

RIKEN-TRI. (2020). RIBA (Robot for Interactive Body Assistance).

<http://rtc.nagoya.riken.jp/RIBA/index-e.html> (noudettu 9.11.2020)