

Santeri Saarinen

**Vertaileva tutkimus Esineiden Internetin ja perinteisten  
tekniologioiden välillä vanhusten hoidon näkökulmasta**

Tietotekniikka Pro Gradu-tutkielma

26. tammikuuta 2024

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

**Tekijä:** Santeri Saarinen

**Yhteystiedot:** santeri.j.saarinen@student.jyu.fi

**Ohjaaja:** Ari Viinikainen

**Työn nimi:** Vertaileva tutkimus Esineiden Internetin ja perinteisten teknologioiden välillä vanhusten hoidon näkökulmasta

**Title in English:** A comparative study between Internet of Things and traditional technologies from the perspective of elderly care

**Työ:** Pro Gradu-tutkielma

**Opintosuunta:** Tietotekniikka

**Sivumäärä:** 73+0

**Tiivistelmä:** Vertaileva tutkimus Esineiden Internetin ja perinteisten teknologioiden välillä vanhusten hoidon näkökulmasta.

**Avainsanat:** Esineiden Internet, vanhusten hoito, tietotekniikka, teknologia, puettava teknologia, monitorointi, terveyden hoito,

**Abstract:** A comparative study between the Internet of Things and traditional technologies from the perspective of care for the elderly.

**Keywords:** Internet of Things, care for the elderly, information technology, technology, wearable technology, monitoring, health care

## Tiivistelmä

Vanhustenhoidon tilannetta ja sen haasteita ollaan tutkittu ympäri maailmaa useiden vuosien ajan. Ihmisten elinolosuhteiden ja terveydenhuollon parantuminen ovat johtaneet keski-ään nousuun, mikä puolestaan johtaa epätasapainoiseen suhteeseen työssäkäyvien ja vanhusten välillä. Ennusteiden mukaan yli 80-vuotiaiden määrä yli kolminkertaistuu vuosien 2017–2050 välillä maailmanlaajuisesti. Kansan vanheneminen tulee aiheuttamaan merkittäviä haasteita terveydenhuollolle ja yhteiskunnalle. Yhtenä ratkaisuna vanhustenhoidon avuksi on ehdotettu ja kehitetty erilaisia esineiden internet-tekniologioita, joiden uskotaan voivan vapauttaa terveydenhuollon resursseja automatisoimalla terveyden seuranta ja ennaltaehkäisemällä terveysongelmien eskaloitumista. Tutkimuksen tavoitteena on vertailla IoT-tekniologioita perinteisiin tekniologioihin vanhustenhoidon näkökulmasta ja esittää syitä puolesta ja vastaan, miksi IoT-tekniologioita kannattaa ottaa käyttöön.

Tutkimuksen metodiksi valittiin vertaileva tutkimus, jonka aineistoa kerättiin Google Scholarista ja sciencedirect.com-sivustoilta. Koska aiheesta on jo tehty laajalti tutkimusta, hakusanojen määrää pyrittiin pitämään suhteellisen pienenä, ja tutkittavat julkaisut pyrittiin valitsemaan pääasiassa 2000-luvulta. Tutkimuksen aikana käydään läpi vanhustenhoidon tilanne ja sen haasteet eri maissa ympäri maailmaa. Tutkimuksessa määritellään yleisellä tasolla IoT- ja perinteiset tekniologiat, sekä annetaan käytännön esimerkkejä eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja vanhustenhoidon tekniologioista. Esineiden internetin ja perinteisten tekniologioiden hyödyt ja haasteet käydään läpi, ja niiden pohjalta suoritetaan vertailu.

Riippuen vertailtavista käyttötapausten hyödyt voivat olla erittäin selkeästi haittoihin verrattuna. Tutkimuksen aikana kuitenkin osoitettiin, että vaikka IoT-tekniologiat tarjoavat hyötyjä perinteisiin tekniologioihin verrattuna, on tapauksia, joissa hyödyt eivät ole välttämättä aina niin suoraviivaisia. IoT:n käyttöönotto voi aiheuttaa epäilyksiä yritysten, terveydenhoidon ammattilaisten ja vanhusten keskuudessa, mutta tutkimuksista löytyy myös positiivisia reaktioita tekniologioiden käyttöönottoon. On tosin huomioitava, että IoT:n haasteet ja epäilykset tekniologiaa kohtaan tulee ottaa vakavasti jo tekniologioiden suunnitteluvaiheessa. IoT vaikuttaa kuitenkin olevan luonnollinen jatkumo perinteisille tekniologioille ja etenkin pitkällä aikavälillä parempi ratkaisu.

## Esipuhe

Olen kevästä 2016 lähtien ollut kirjoilla Tietotekniikan laitoksella Jyväskylän yliopistolla, ja kevästä 2021 lähtien olen työskennellyt vaihtelevissa tehtävissä HMD Globalilla Nokian puhelimien sekä toimipisteen kehittämien sovellusten parissa. Ajatus Pro Gradun tekemisestä omalle työpaikalle oli välillä houkutteleva, mutta päädyin kuitenkin jatkamaan Pro Graduani saman teemaisilla aiheilla, joista olin kirjoittanut kandidaatin tutkielmani. Pidän vanhustenhoidon IoT-teknologioita tärkeänä ja mielenkiintoisena tutkimuksen aiheena ja toivon, että se voi auttaa lähivuosikymmenten aikana vastaan tulevien vanhustenhoidon haasteiden kanssa.

Toivon, että tutkimukseni toimii motivaationa yhteistyöhön tietotekniikan ja lääketieteen opiskelijoiden ja tutkijoiden välillä sekä auttaa vanhustenhoidosta vastaavia toimijoita tekemään päätöksiä IoT:n käyttöönotosta.

Kiitos Pro Gradu ohjaajalleni Ari Viinikaiselle kärsivällisyydestä ja avusta tutkimuksen aiheen ideoinnissa.

Kiitos kihlatulleni, Pinjalle, kun jaksoit kannustaa projektin saattamiseen loppuun, ja kiitos tyttärelleni, Pepille, kun suostuit menemään kiltisti nukkumaan, jotta sain aikaa kirjoittaa.

Santeri Saarinen Jyväskylä 22.12.2023

## **Kuviot**

Kuvio 1. Käännös Weigong ym. tutkimuksessa esitellystä IoT-järjestelmän kerrosarkkitehtuurista .....	14
Kuvio 2. Käännös Riyadh Al-Shaqi ym. tutkimuksessa esitellystä AALS-järjestelmän arkkitehtuurista.....	21
Kuvio 3. Al-Sarawin ym. tutkimuksessa esiteltyjä syitä miksi yritykset eivät ole ottaneet IoT-teknologioita käyttöönsä.....	44
Kuvio 4. S. Al-Sarawin ym. tutkimukseen haastateltujen yritysten IoT:hen liittyviä huolia	46

## **Taulukot**

Taulukko 1. Käännös YK:n "World Population Ageing 2019" taulukosta 65 vuotta täyttäneiden määrän muutoksista alueittain 2019 ja 2050 .....	5
Taulukko 2. Käännös YK:n "World Population Ageing 2019" taulukosta 80 vuotta täyttäneiden määrän muutoksista alueittain 2019 ja 2050 .....	5
Taulukko 3. Kooste IoT- ja perinteisten teknologioiden vertailusta .....	59

## Sisällys

1	JOHDANTO .....	1
2	AINEISTON KERÄÄMINEN .....	2
3	VANHUSTENHOIDON TILANNE JA HAASTEET .....	4
4	TEKNOLOGIOIDEN ESITTELY YLEISESTI.....	11
4.1	Esineiden Internet .....	11
4.2	Perinteiset teknologiat.....	13
5	VANHUSTENHOIDON ESINEIDEN INTERNET .....	16
5.1	Puettavat teknologiat .....	17
5.2	Kotona asumista tukevat teknologiat .....	20
5.2.1	Tekoälyyn pohjautuvat IoT-teknologiat.....	24
6	VANHUSTENHOIDON PERINTEISET TEKNOLOGIAT .....	26
6.1	Puettavat teknologiat .....	27
6.2	Kotona asumista tukevat teknologiat .....	28
6.3	Hätäpalvelut ja terveyden monitorointi ulkoisilla teknologioilla .....	29
7	ESINEIDEN INTERNET VERTAILU PERINTEISIIN TEKNOLOGIOIHIN .....	31
7.1	Esineiden Internetin Hyödyt .....	31
7.1.1	Oppittavuus .....	33
7.1.2	Muistettavuus .....	34
7.1.3	Tehokkuus.....	34
7.1.4	Luotettavuus .....	35
7.1.5	Tyytyväisyys .....	36
7.1.6	Taloudellisuus .....	39
7.2	Esineiden Internetin Haasteet.....	42
7.2.1	Kyberturvallisuus .....	44
7.2.2	Saavutettavuus ja skaalautuvuus .....	49
7.2.3	Kustannukset.....	50
7.2.4	Eettisyys.....	51
7.3	Perinteisten Teknologioiden Hyödyt ja haasteet .....	52
8	TULOKSET.....	57
9	YHTEENVETO.....	61
	LÄHTEET .....	63

# 1 Johdanto

On yleisesti tiedossa, että väestön keski-ikä kasvaa ympäri maailmaa. Väestön ikääntyminen herättää huolta vanhusten hoidon kantokyvyn kestävydestä ja on johtanut useiden uusien teknologisten ratkaisujen kehittämiseen vanhusten hoidon avuksi. Vanhusten hoidon, kuten myös yleisen terveydenhoidon rinnalle, on kehitetty laaja kirjo erilaisia teknologioita, joita käytetään niin sairaaloissa kuin myös vanhainkodeissa ja hoivakodeissa. Esineiden internetin (IoT) yleistymisen myötä myös IoT-teknologioita on alettu kehittää vanhusten hoidon tueksi.

Tutkimuksen tavoitteena on vertailla vanhusten hoidossa käytettäviä IoT-teknologioita perinteisempiin teknologioihin. Perinteiset teknologiat tässä yhteydessä tarkoittavat mitä tahansa teknologioita, jotka eivät kuulu IoT:n määritelmän alaisuuteen. Tutkimuksessa esitellään vanhusten hoidon tilannetta, teknologioiden ominaisuuksia, hyötyjä ja haittoja, sekä luodaan vertailuja teknologioiden välille ja pyritään löytämään tapoja yhdistellä erilaisia teknologioita, mikäli havaitaan että tästä on vanhusten hoidolle hyötyä. Vertailtavia teknologioita ovat muun muassa terveydenhoidon hyväksi toimivia puettavia teknologioita, erilaisia terveyden monitorointilaitteistoja, teknologioita, jotka tukevat itsenäistä asumista, sekä hätäpalveluita. Hyötyjä, haittoja ja riskejä pyritään tarkastelemaan muun muassa taloudellisesta, resurssi-, skaalautuvuuden ja tietoturvan näkökulmista.

Tutkimuksen metodiksi valittiin vertaileva tutkimus, sillä se sopii hyvin erilaisten teknologioiden tutkimiseen, jotka suorittavat samaa tehtävää eri tavoin. Tässä tutkimuksessa vertailaan käytännössä vanhaa ja uutta teknologiaa keskenään, ja tämä tutkimusmuoto soveltuu siihen mallikkaasti. Vertailun lisäksi pyritään arvioimaan teknologioita myös rinnakkain tutkimassa toisiaan. Tästä näkökulmasta voidaan yrittää löytää hyötyjä, joita teknologiat mahdollistavat toinen toisilleen. Vertailuista luodaan helposti luettavia taulukoita, joilla pyritään helpottamaan teknologioiden vertailua ja tiedon tiivistämistä.

## 2 Aineiston kerääminen

Pro Gradun aineistoa kerättiin Google Scholarista ja sciencedirect.com-sivustoilta. Hakusanojen määrää pyrittiin pitämään suhteellisen pienenä, jotta tulosten määrä pysyisi hallittavana. Tavoitteesta huolimatta aiheeseen liittyviä artikkeleita löytyi niin runsaasti, että kaikkia tekstejä ei tämän tutkimuksen rajoissa voitu käydä läpi.

Hakusanoiksi valittiin seuraavat termit:

- Esineiden internet
- Esineiden internet hyödyt terveydenhuollossa
- IoT teknologiat
- IoT terveydenhuolto
- IoT tietoturva
- IoT vanhustenhoito
- Puettavat teknologiat
- Terveyden monitorointi
- Terveydenhoito teknologiat
- Terveydenhoidon tietoturva
- Vanhustenhoito teknologiat
- Vanhustenhoito kustannukset
- AI-powered virtual assistants elderly care
- Ambient Assisted Living Systems
- Benefits of iot in elderly care
- Elderly care costs
- Elderly Care Technologies
- Health Monitoring
- Healthcare Security
- Healthcare Technologies
- Internet of Medical Things
- Internet of Things
- IoMT Technologies



- IoT Elderly Care
- IoT Health Care
- IoT Technologies
- IoT Security

Tutkimukseen hyväksyttävää aineistoa pyrittiin rajoittamaan perehtymällä pääsääntöisesti vain teksteihin, jotka on julkaistu 2000-luvun puolella. Tähän sääntöön voidaan tehdä poikkeus, mikäli vastaan tulee todella olennainen teksti tutkimuksen näkökulmasta tai mikäli sopivia lähteitä ei löydy riittävästi.

Hakutulosten otsikoita käydään läpi, ja oleelliset tulokset otetaan ylös tarkempaan tarkasteluun. Ylös otetuille teksteille suoritetaan toinen karsintakierros, jonka aikana tekstien tiivistelmät luetaan ja päätetään, otetaanko teksti mukaan tutkimukseen. Valitut tekstit luetaan, tekstistä riippuen, läpi joko kokonaisuudessaan tai mikäli tekstissä on selkeästi erotettavissa oleva oleellinen luku, oleellisen osuuden verran.

Akateemisten lähteiden lisäksi tutkimuksen aikana perehdytään EPTA:n (European Parliamentary Technology Assessment) vuonna 2019 julkaistun raportin "Technologies in care for older people". Tavoitteena on saada yleiskuva siitä, millä mallilla vanhustenhoito tällä hetkellä on teknologisesta näkökulmasta. Raportti kattaa vain Euroopan alueen, mutta tarjoaa silti hyvää yleistietoa 2000-luvun vanhustenhoidon tilanteesta. Tutkimuksen toteuttamiseen ei tarvita dataa, jota pystyttäisiin yhdistämään yksittäisten ihmisten terveydentilaan, turvallisuuden tai mihinkään muuhun yksilöivään ominaisuuteen.

### 3 Vanhustenhoidon tilanne ja haasteet

Vanhustenhoidon tilannetta ja sen haasteita on tutkittu ympäri maailmaa. Vuoden 2019 European Parliamentary Technology Assessment (EPTA) -raportin, "Technologies in care for older people", mukaan maailmanlaajuisesti yli 80-vuotiaiden ihmisten määrän ennustetaan yli kolminkertaistuvan vuosina 2017–2050 ja nousevan 137 miljoonasta 425 miljoonaan. Väestön ikääntymisen kerrotaan vaikuttavan väestön terveyteen, ja vamman tai toimintarajoitteen vuoksi pidempää hoitoa tarvitsevien määrä todennäköisesti lisääntyy kaikissa maissa, mikä vaikuttaa merkittävästi kestävään kehitykseen. Raportissa korostetaan yhteisten ponnistelu- jen merkitystä aktiivisen ja terveen ikääntymisen tukemiseksi sekä ikääntyneiden oikeuksien parantamiseksi. Valmistautuminen onkin tärkeää, sillä raportin mukaan Euroopassa väestöra- kenne muuttuu nopeasti ikääntyneiden osuuden kasvaessa. Raportissa arvioitiin, että vuoteen 2030 mennessä ikääntyneiden (60+ vuotiaat) osuus Euroopan väestöstä on yli 25 prosenttia, vähentäen suhteessa työikäisten määrää ikääntyneisiin (Papadimitriou ym. 2019).

Yhdistyneiden kansakuntien (YK) talous- ja sosiaaliasioiden osaston teettämän "World Po- pulation Ageing 2019" -raportti ilmoittaa ennusteessaan lähes identtisiä lukuja. Taulukko 1 ja Taulukko 2 esittävät käännökset YK:n raportissa esitellyistä taulukoista (Table I.1 ja Table I.2), joissa esitetään vuoden 2019 ja 2050 väliset erot 65 vuotta ja 85 vuotta täyttäneistä (Economic ja Social Affairs 2020). Taulukoista voidaan havaita merkittävää kansan ikäänty- mistä poikkeuksetta ympäri maailmaa, mikä todennäköisesti aiheuttaa painetta sekä yleiselle terveydenhuollolle että vanhustenhoidolle.

EPTA:n ja YK:n raporttien lisäksi vanhusten hoidon tilanteesta on kirjoitettu laajalti akatee- misissa piireissä ympäri maailmaa. Zhanin ja Montgomeryn tutkimus "Gender And Elder Care In China: The Influence of Filial Piety and Structural Constraints" nostaa esiin Kiinan vanhustenhoidon kohtaamia yksilöllisiä haasteita, jotka osin johtuvat Kiinan toteuttamasta vuosien 1979-2015 yhden lapsen politiikasta. Tutkimuksen mukaan Kiinassa asuvien suur- ten ikäluokkien (syntyneet 1950-1970) yhden lapsen perheiden kerrotaan kohtaavan uusia haasteita, kun vanhustenhoidon vastuuta ei voida jakaa jälkeläisten sisarusten kesken, kuten aiemmissa sukupolvissa ollaan totuttu tekemään. Tämän kerrotaan vaikuttavan nykyisiin hoi- totottumuksiin ja tapoihin sekä kulttuuristen arvojen ja perheen resurssien kontekstissa van-

<b>Alue</b>	<b>65 tai yli 2019 (M)</b>	<b>65 tai yli 2050 (M)</b>	<b>Muutos</b>
Maaailma	702,9	1548,9	120 %
Saharan eteläpuolinen Afrikka	31,9	101,4	218 %
Pohjois-Afrikka ja Länsi-Aasia	29,4	95,8	226 %
Keski- ja Etelä-Aasia	119,0	328,1	176 %
Itä- ja Kaakkois-Aasia	260,6	572,5	120 %
Latinalainen Amerikka ja Karibia	56,4	144,6	156 %
Australia ja Uusi-Seelanti	4,8	8,8	84 %
Muu Oseania	0,5	1,5	190 %
Eurooppa ja Pohjois-Amerikka	200,4	296,2	48 %

Taulukko 1. Käännös YK:n "World Population Ageing 2019" taulukosta 65 vuotta täyttäneiden määrän muutoksista alueittain 2019 ja 2050

<b>Alue</b>	<b>80 tai yli 2019 (M)</b>	<b>80 tai yli 2050 (M)</b>	<b>Muutos</b>
Maaailma	143.1	426.4	197.9 %
Saharan eteläpuolinen Afrikka	3.7	12.4	238.1 %
Pohjois-Afrikka ja Länsi-Aasia	5.2	20.3	291.0 %
Keski- ja Etelä-Aasia	18.5	62.6	239.0 %
Itä- ja Kaakkois-Aasia	48.6	177.0	264.1 %
Latinalainen Amerikka ja Karibia	12.0	41.4	245.2 %
Australia ja Uusi-Seelanti	1.2	3.3	168.4 %
Muu Oseania	0.1	0.2	269.1 %
Eurooppa ja Pohjois-Amerikka	53.9	109.1	102.6 %

Taulukko 2. Käännös YK:n "World Population Ageing 2019" taulukosta 80 vuotta täyttäneiden määrän muutoksista alueittain 2019 ja 2050

hustenhoidon näkökulmasta. 1990-luvun loppuun mennessä yhden lapsen perheiden määrän kerrotaan olleen 85-96 prosenttia koko väestöstä, joten laajuudeltaan vanhustenhoidon haasteet tulevat olemaan merkittäviä tulevaisuudessa. Vanhuksien kerrotaan myös joutuneen kärsimään Kiinan kaupunkien talous- ja terveydenhuoltouudistuksista muita väestönosia kielteisemmin. Eläkkeiden ja terveysetujen kerrotaan muuttuneen epäluotettaviksi tai arvomiksi vanhusten taloudellisen ja fyysisen avun tarpeiden lisääntyessä (Zhan ja Montgomery 2003). Kiinalla tuntuu olevan melko ainutlaatuinen tilanne vanhustenhoidon näkökulmasta katsottuna, johtuen monilta osin suoritetusta yhden lapsen politiikasta. On mahdollista, että suuret ikäluokat tuottavat Kiinalle muita maita suurempia ongelmia. Silti lähtökohtaisesti vanhustenhoidon haasteet näyttävät olevan samankaltaisia kuin monissa muissa maissa.

Toinen Aasiaan sijoittuva vanhustenhoidon tilanteesta tuleva tutkimus on D. Jamunan "Issues of Elder Care and Elder Abuse in the Indian Context". Tutkimuksen kirjoittamisen hetkellä Intian väestöstä 7 % oli vanhuksia, joista kaksi kolmasosaa asui kylissä ja lähes puolet köyhissä oloissa. Erialaisten terveysongelmien kerrotaan olevan yleisiä monille 65 vuotta täyttäneille. Nivel tulehdus, osteoporoosi, verenkiertohäiriöt, arterioskleroosi, pahanlaatuiset kasvaimet ja kaatumisten aiheuttamat murtumat ovat joitakin yleisimpiä tutkimuksissa esiin nostettuja terveysongelmia Intiassa. Tutkimuksessa kerrottiin myös laaja-alaisesta vanhusten hyväksikäytöstä ja väkivaltaisista hoidoista, joita kuvaillaan vaikeasti ratkaistavina ongelmina.

Tutkimuksessa esiinnostetun aluetutkimuksen mukaan 71 % vanhuksista asui lastensa kanssa, 26,3 % asui yksin omahoitoa harjoittaen, ja vain 2,73 % oli laitoksissa. Ongelmien vakavuuden lisääntymistä perusteltiin yhteisen perheen hupenemisella, kaksoisura-perheiden määrän kasvulla, mahdollisilla muutoksilla jälkeläisten arvoissa, elinajanodotteen kasvulla sekä pitkäkestoisella vanhuudella, jolle kerrotaan olevan ominaista köyhyys ja avuntarpeen kasvu. Vanhusten hyväksikäytön ja huonon kohtelun ei kerrota olevan uusi ilmiö, mutta se on noussut tutkimuksen mukaan huomion kohteeksi vasta 1970-luvulla. Vanhusten hyväksikäyttöä kerrotaan olevan vaikea poistaa kokonaan perheistä, mutta tilanteen lieventämiseksi tutkimuksen tekohetkellä ehdotettiin perheneuvontapalvelujen perustamista ja koulutusta (PhD 2003). Tässä tutkimuksessa pyritään nostamaan esiin teknologioita, joilla voitaisiin potentiaalisesti parantaa vanhustenhoidon tilannetta myös kotihoidossa oleville ja toivon mu-

kaan samalla lievittää juuri syitä vanhusten kokemalle väkivallalle ja kaltoin kohtelulle.

Bookmanin ja Kimbrelin artikkelissa "Families and Elder Care in the Twenty-First Century" kirjoitettiin Yhdysvaltojen vanhustenhoidon tilanteesta. Tutkimuksen mukaan vaikka suurin osa amerikkalaisista tietää väestön keski-ikä kasvavan, niin siitä huolimatta vanhustenhoidosta, terveydenhuollosta ja sosiaalisesta tuesta ollaan huonosti informoituja. Tutkimuksesta todetaan noin 80 miljoonan amerikkalaisen, eli 20 % väestöstä, olevan 65 vuotta tai vanhempia ja 2.3 % olevan vähintään 85-vuotias vuoteen 2030 mennessä (Bookman ja Kimbrel 2011). Kyseessä on merkittävä osuus populaatiosta, ja tulee varmasti vaatimaan teknologisia ja kulttuurisia panostuksia Yhdysvalloilta. Aiemmin esiin tullessa EPTA-raportissa huomioitiin se, että Yhdysvalloissa ollaan jo osin implementoitu IoT-teknologioita vanhustenhoitoon. Raportin mukaan puettavien IoT-laitteiden, kuten älykellojen ja kunnonseurantalaitteiden avulla voidaan seurata käyttäjän fyysistä toimintaa, perusvitaalit ja nukkumistavat. Raportti nostikin esille sen, että vuonna 2017 Yhdysvalloissa oli käytössä yli 40 miljoonaa Fitness Tracker IoT:tä. Raportti ennusti myös, että terveydenhuoltoa tukevat IoT-laitteet, eli Internet of Medical Things (IoMT), käyttö maailmanlaajuisesti laajenee nopeasti ja kasvaa yli 300 miljoonasta IoMT-laitteesta vuonna 2017 yli 400 miljoonaan laitteeseen vuonna 2018 (Papadimitriou ym. 2019).

Vanhustenhoidon tilannetta Afrikassa tutkittiin Habte-Gabr:n ym. tutkimuksessa "The Elderly in Africa". Tutkimuksessa nostettiin esiin seitsemän havaintoa Afrikan vanhustenhoidon tilanteesta:

- Ikääntyneiden osuus kokonaisväestö kasvaa nopeasti. Epäsuotuisissa ilmasto-oloissa esiintyvää aliravitsemusta sekä lois- ja tartuntatautilannetta ollaan yhdistetty kansan ikääntymiseen. Tutkimuksen mukaan Afrikalla ei ole resursseja terveydenhuoltopalvelujen lisäämiseen.
- Tutkimuksen kirjoittamisen hetkellä miesten kerrotaan olevan perheiden pääasiallinen tulonlähde, joka asettaa leskeytyneet sairastumis riskissä olevat naiset huonoon asemaan.
- Iäkkäiden sairauksien kulkua ei tunneta hyvin. Raportoitujen tietojen kerrotaan olevan pääosin peräisin sairaalahoidoista tai -känneistä.
- Työssäkävien sosiaaliturvan ja eläkkeen kerrotaan olevan riittämättömät. Ainoan tur-

van kerrotaan usein olevan perhe tai kertynyt omaisuus. Elinkustannusten nousun ja muutokset nuorten asenteissa hoitaa vanhempiaan nähdään suurina uhkina vanhusten hoidolle.

- Ikääntyneiden kerrotaan jäävän eläkkeelle vain mikäli he rampautuvat työkyvyttömissä. Elinajan pidentyessä ennustetaan myös rampautuneiden vanhusten määrän kasvavan.
- Vanhusten terveyteen vaikuttavat henkilökohtaiset tekijät ja elämäntavat tulisi tutkimuksen mukaan ottaa huomioon tautien, kuten sepelvaltimotaudin ja syövän ennaltaehkäisemiseksi.
- Afrikassa ei ole tutkimuksen mukaan kansallista terveysohjelmaa vanhustenhuollolle.

(Habte-Gabr, Blum ja Smith 1987)

Läpikäydyistä havainnoista näkee taloudellisen ahdingon lisäksi rakenteellisia puutteita vanhusten hoidon järjestämisessä, sekä sukupuolitaso-arvon vaikutteita. On todennäköistä, että ongelmat pahentavat toisiaan. Sosiaaliturvan puute voi johtaa yksilön taloudelliseen ahdinkoon, mikä potentiaalisesti pakottaa vanhukset työskentelemään työkyvyttömyyteen asti, mikä puolestaan voi rasittaa nuorempaa sukupolvea ja johtaa vanhusten hoidon asenteiden muutoksiin. On argumentoitavissa, että Afrikan tilannetta pystyttäisiin kohentamaan vanhusten hoidon taloudellisilla ja rakenteellisilla parannuksilla. Taloudellisten ongelmien näkökulmasta katsottuna vanhusten hoitoon tarkoitettujen teknologioiden tulisi luultavasti olla matalakustanteisia, jotta niitä voitaisiin ottaa käyttöön myös ekonomisesti heikommassa asemassa olevissa maissa.

Myös Frostin ym. tutkimuksessa "Care of the Elderly: Survey of Teaching in an Aging Sub-Saharan Africa" tutkittiin Afrikan vanhusten hoitoa. Frostin ym. tutkimus keskittyi Saharan eteläpuolen vanhusten hoidon tilanteeseen ja erityisesti lääketieteelliseen koulutukseen ja sen ongelmiin. Tutkimuksen mukaan Saharan eteläpuolisen Afrikan (SSA) nopeasti ikääntyvä väestö asettaa haasteita terveydenhuoltojärjestelmille. Lääkäreiden kerrotaan tarvitsevan erikoisosaamista ollakseen valmiita reagoimaan ikääntymiseen liittyvien sairauksien määrän kasvuun. SSA:ssa kerrotaan olevan suuri määrä lääketieteellisiä kouluja, mutta koulutuksen sisällöstä nostetaan selkeitä ongelmia vanhusten hoidon näkökulmasta. Yhdeksi merkittävimmistä parantamisen kohteista nostetaan vanhusten hoidon kouluttamiseen varattu aika,

joka on alle 10 tuntia opetusaikaa koko koulutusohjelman aikana. Opetusajan katsotaan olevan riittämätön kattamaan vanhuksien kohtaamia terveysongelmia ja kieli vanhusten hoidon matalasta prioriteetista. Vanhusten hoidon ongelma-alueiksi nostetaan myös oppimistulokset ja opetuksen sijainti. Tutkimuksen mukaan harvoilla lääketieteellisillä kouluilla oli tutkittavia vanhustenhoitoon liittyviä oppimistuloksia, joiden avulla voitaisiin kohentaa mielipiteitä vanhusten hoidon opettamisen tärkeydestä. Opetuksen kerrotaan tapahtuneen lähinnä sairaaloissa. Tutkimuksessa esitetään, että voisi olla vanhusten hoidon etujen mukaista siirtää osa vanhusten hoidon opettamisesta yhteisön keskuuteen, jotta opiskelijoita saataisiin kannustettua pitämään vanhuksia toimivina yhteiskunnan jäseninä (Frost ym. 2015). Vanhusten hoidon opetuksen ongelmat voivat tulla vastaan myös IoT-teknologioita käyttöön otettaessa. Onkin tärkeää, että lääketieteen opiskelijat, kuten myös jo työssä oleva henkilökunta, saavat riittävän koulutuksen uusien teknologioiden käytöstä, jotta laitteistosta saadaan mahdollisimman paljon hyötyä. IoT-teknologioiden avulla voidaan potentiaalisesti vapauttaa aikaa tehtävistä, jotka perinteisillä teknologioilla vaativat terveydenhuollon henkilökunnan läsnäoloa, jotta resursseja voitaisiin ohjata esimerkiksi henkilökunnan koulutukseen.

Myös Eurooppa kohtaa osin samoja ongelmia kuin muukin maailma. EPTA:n raportin mukaan Saksassa on yksi teollisuusmaiden alhaisimmista syntyvyyksistä, mikä on osa syy siihen, että maan uskotaan johtavan väestön 80-vuotiaiden ja sitä vanhempien osuuden kasvamiseen 5 %:sta (2013) 13 %:iin vuonna 2060. Työikäisten määrän puolestaan kerrotaan laskevan tutkimuksen tekohetken 61 %:sta 51 %:iin. Ongelma ilmenee korostettuna Itä-Saksassa, josta Saksojen yhdistymisen jälkeen muutti 1,8 miljoonaa ihmistä, jotka koostuivat pääosin nuorista, työkykyisistä ja naisista. Terveystieteiden ja pitkäaikaishoidon näkökulmasta tämän väestörakenteen kehityksen kerrotaan aiheuttavan ongelmia muun muassa kroonisten sairauksien hoidossa. Raportissa mainittujen tilastojen mukaan vuonna 2017 pitkäaikaishoidon tarpeessa olevien henkilöiden määrä Saksassa oli 3,4 miljoonaa, joista joka neljäs oli kokopäiväisesti hoivakodeissa ja noin 75 % kotona avohoitajien tuella tai ilman (Papadimitriou ym. 2019). Saksan keski-ikä nousu vaikuttaa olevan samassa linjassa muun maailman kanssa.

Samaisessa EPTA:n raportissa käytiin läpi myös Suomen tilannetta. Raportin mukaan vuonna 2018 Suomen 5,5 miljoonasta ihmisestä 1,2 miljoonaa oli yli 65-vuotiaita eli noin 20 %

koko väestöstä, sijoittuen EU-maiden kuuden iäkkäimmän kansan joukkoon. Mikäli syntyvyys ja kuolleisuus jatkavat nykyisellä tahdilla, yli 65-vuotiaiden osuuden uskotaan nousevan 25 %:iin vuoteen 2030 mennessä ja yli 33 %:iin vuoteen 2050 mennessä. Noin 400 000 vanhuksen kerrotaan asuvan yksin ja kotihoidon palveluja sai vuonna 2018 noin 56 000 yli 75-vuotiasta henkilöä. Omaishoitajien kerrottiin käyvän kotihoitoa saavien vanhusten luona vähintään 60 kertaa kuukaudessa 35 %:lle vanhuksista, mutta tästä huolimatta jopa 86 % kotihoitopalveluja saaneista vanhuksista oli aliravittuja tai vaarassa tulla aliravituksi. Raportista käy ilmi, että vanhusten määrä kasvaa eniten suurissa kaupungeissa, sillä edellisiin sukupolviin verrattuna pian 65 vuotta täyttävät asuvat useammin kaupungeissa ja kaupunkien laitamilla. Suomen vanhusten digiosaamisessa näytti olevan suuria eroja käyttäjien välillä. Raportin mukaan noin 60 % yli 75-vuotiaista ei ollut koskaan käyttänyt Internetiä, kun taas 19 % käytti sitä useita kertoja päivässä. Internetin käytön määrästä huolimatta noin 84 % vanhuksista kerrottiin saavan tarvittaessa apua digitaalisten laitteiden käytössä (Papadimitriou ym. 2019). Jälleen kerran on havaittavissa samankaltaisia ongelmia kuin muualla ympäri maailmaa. Voidaan todeta, että keski-ään nousun haasteet tulevat koskettamaan kaikkia sijainnista tai vauraudesta huolimatta. Luonnollisesti valtioiden välillä voi olla suuriakin eroja valmistautumisessa. EPTA:n raportti nostaa esiin osan Suomen yliopistosairaaloiden ympärille perustetuista vanhuksille tarkoitetuista asuintiloista, jotka mahdollistavat pidemmän kotona asumisen, ja korostaa Suomen poliittisen tahdon myönteisen otteen digitalisaatiosta. Raportissa mainitaan muun muassa vuosien 2015-2019 hallituksen perustama valiokunta, jonka tarkoituksena on edistää digitalisaatiota arjessa, sekä hallitusohjelmasta noussut Hyvinvoinnin tekoäly ja robotiikka -ohjelma (Hyteairo), jonka tarkoituksena kerrotaan olleen tutkia tekoälyn ja robotiikan mahdollisuuksia auttaa vanhuksia asumaan kotonaan pidempään (Papadimitriou ym. 2019). Voidaankin sanoa, että Suomi on jo ottanut ensimmäisiä askeleita kohti teknologisia ratkaisuja vanhustenhoidossa ja nähtäväksi jää, millaista roolia IoT-laitteet tulevat Suomessa kantamaan.



## 4 Teknologioiden esittely yleisesti

Tässä luvussa esitellään yleisesti, mitä tutkimuksessa tarkoitetaan termeillä "Esineiden Internet" ja "perinteiset teknologiat". Luvun pääpaino on Esineiden Internetillä ja sen toiminnallisuuden kuvaamisella, sillä perinteiset teknologiat voidaan määrittää yksinkertaisesti tarkoittamaan tässä yhteydessä teknologioita, jotka eivät mahdu Esineiden Internetin määritelmään.

### 4.1 Esineiden Internet

Esineiden Internet eli IoT käsittää laajan skaalan erilaisia teknologioita eri käyttötarkoituksiin, kuten Kinza Shafique ym. tutkimuksessa nostetaan esiin. Tutkimuksessa mainitaan muun muassa lisätty todellisuus (augmented reality), videoiden suoratoisto, itseohjautuvat autot sekä terveydenhuolto (Shafique ym. 2020). IoT:n laajuus on aiheuttanut erimielisyyttä akateemisissakin piireissä käsitteen merkityksestä, kuten voidaan havaita mm. Somayya Madakam:n ym. kirjallisuuskatsauksesta. Tutkimuksen mukaan IoT:lla ei ollut, tutkimuksen kirjoittamisen hetkellä, ainutlaatuista määritelmää, jonka maailman käyttäjyhteisöt hyväksyisivät. Vaikka erilaisten ryhmien, kuten akateemikkojen, tutkijoiden, ammattihenkilöiden ja innovaattoreiden, kerrotaan määrittelevän termin eri tavoin, kaikille määritelmille on yhteistä ajatus siitä, että kyseessä ovat järjestelmät, joissa esineet, eivät ihmiset, luovat dataa. Tutkimuksen visio parhaasta esineiden internetin määritelmästä on: "Avoin ja kattava verkosto älykkäitä objekteja, jotka pystyvät automaattisesti järjestäytymään, jakamaan tietoa, dataa ja resursseja, reagoimaan ja toimimaan tilanteisiin ja ympäristön muutoksiin" (Somayya Madakam 2015). Perehtymällä muihinkin määritelmiin IoT:sta voidaan todeta, että IoT yleisesti tarkoittaa itsenäisiä laitteita, jotka ovat yhteydessä verkkoon ja keräävät sekä lähettävät tietoa automaattisesti haluttuun järjestelmään. Sisällöltään määritelmät ovat suhteellisen samanlaisia keskenään, suurin ero tuntuu olevan siinä, kuinka yksityiskohtaisesti IoT-teknologiaa esitetään.

Kinza Shafique ym. tutkimuksessa "Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios" käsitellään IoT:n nykytilannetta sekä esitellään sen erilaisia käyttötapoja. Tut-

kimuksessa esitellään myös mistä osista IoT-laitteet koostuvat. Tutkimuksen mukaan IoT-arkkitehtuuri voidaan jakaa kolmeen eri komponenttiin:

- Laitteistoon (Hardware): Laitteisto koostuu anturisolmuista, eli sulautetuista tietoliikenne ja liitännäpiireistä.
- Väliohjelmistoon (Middleware): Väliohjelmisto sisältää datan tallennus-, analysointi- ja käsittelyresurssit.
- Esityskerrokseen (Presentation layer): Esityskerros koostuu tehokkaista visualisointityökaluista, jotka ovat yhteensopivia eri alustojen kanssa eri sovelluksiin ja esittävät tiedon loppukäyttäjälle ymmärrettävässä muodossa.

(Shafique ym. 2020)

Shafique ym. tutkimuksen IoT-määritelmän lisäksi, In Leen ja Kyoochun Leen tutkimuksessa "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises", mukaan IoT-pohjaisten tuotteiden ja palveluiden käyttöönotto vaatii viittä IoT-teknologiaa:

- Radiotaajuinen etätunnistus (Radio frequency identification)
- Langattomat anturiverkot (Wireless sensor networks)
- Väliohjelmistot (Middleware)
- Pilvilaskenta (Cloud computing)
- IoT-sovellusohjelmisto (IoT application software)

(Lee ja Lee 2015)

Somayya Madakam ym. tutkimuksessa esiteltiin rakenteen lisäksi myös näkemyksiä onnistuneen IoT:n käyttöönoton edellytyksistä. Tutkimuksessa mainitaan:

- Dynaaminen resurssien kysyntä
- Reaaliaikaiset tarpeet
- Kysynnän eksponentiaalinen kasvu
- Sovellusten saatavuus
- Tietosuoja ja käyttäjien yksityisyys
- Sovellusten tehokkaat virrankulutukset
- Sovellusten toteuttaminen lähellä loppukäyttäjiä

- Pääsy avoimeen ja yhteentoimivaan pilvijärjestelmään.

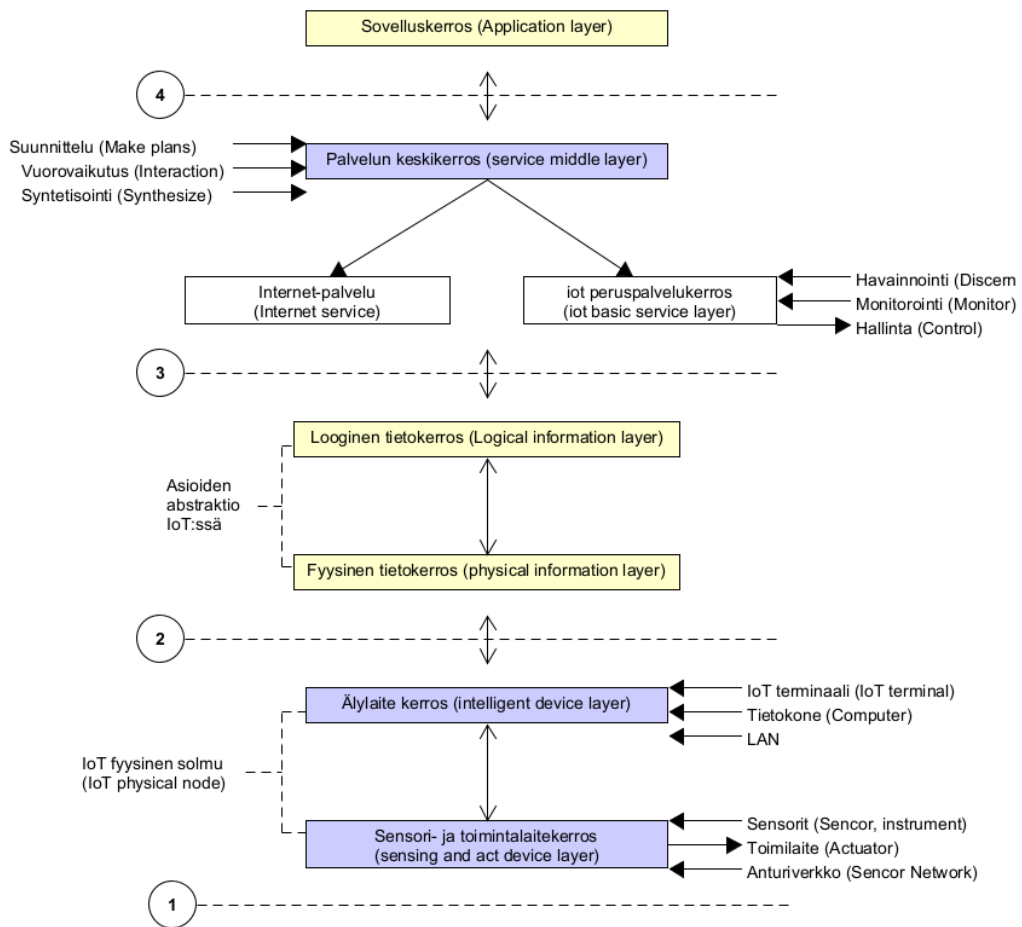
(Somayya Madakam 2015)

Weigong ym. toteuttamassa tutkimuksessa "A General Architecture of IoT System" IoT-järjestelmäarkkitehtuuri esitetään seitsenkerroksisena. Kuten Weigong ym. tutkimuksessa esitellystä kuvauksesta voidaan havaita, arkkitehtuurin alimmalla osalla (kerros 1) ovat IoT-laitteistot, jotka on jaettu kahteen kerrokseen: sensori- ja toimilaittekerrokseen sekä älylaitteen kerrokseen. Alimmalla kerroksella suoritetaan muun muassa asioiden havaitseminen. Ylempi kerros (kerros 2) sisältää järjestelmän tietokerrokset, jotka jakautuvat fyysiseen tietokerrokseen ja loogiseen tietokerrokseen. Tietokerrokset vastaavat tiedonkeruusta ja tallennuksesta järjestelmässä. Kerros 3 on palvelukerros, joka jakautuu IoT:n peruspalvelukerrokseen sekä palvelun keskikerrokseen. Ylimmän kerroksen (kerros 4) kerrotaan olevan sovelluskerros (Lv ym. 2017).

Kuten yllä esitellyistä IoT:n määritelmistä ja rakenteista voidaan todeta, IoT:n määritelmässä on hiukan eroja. Määritelmän eroistaan huolimatta yleistuntuma IoT:sta tuntuu olevan yhteinen. Jokaisesta määritelmästä voidaan löytää yhteisiä elementtejä, ja on selvää, että yksinkertaistettuna kaikki määritelmät sisältävät laitteiston, joka havaitsee tietoa antureiden avulla ilman käyttäjän syötteitä, sisältää tavan siirtää ja kerätä tietoa talteen internetin välityksellä, sekä potentiaalisesti erillisen sovelluksen, jonka avulla kerättyä tietoa pystytään tarkastelemaan ilman että tietoa keräävien järjestelmien kanssa tarvii olla fyysisesti tekemisissä. On sanomattakin selvää, että näin laajaan määreeseen mahtuu monenlaisia eri tarkoituksiin tarkoitettuja teknisiä laitteita, mutta lueteltujen ominaisuuksien avulla voidaan tästä huolimatta jo karsia teknologioita, joita tämän tutkimuksen aikana kuvaillaan termillä "perinteiset teknologiat".

## **4.2 Perinteiset teknologiat**

Tässä tutkimuksessa termillä "perinteiset teknologiat" tarkoitetaan mitä tahansa teknologioita, jotka eivät kuulu Esineiden internetin määritelmään. Teknologiat voivat olla analogisia tai digitaalisia ja voivat olla yhteydessä internetiin, kunhan ne eivät kerää ja lähetä tietoa itsenäisesti toiselle järjestelmälle IoT-järjestelmien tapaan. Tämän tutkimuksen kannalta ei



Kuvio 1. Käännös Weigong ym. tutkimuksessa esitellystä IoT-järjestelmän kerrosarkkitehtuurista

ole oleellista luetella kaikkia mahdollisia teknologioita, jotka tähän määritelmään soveltuvat. Sen sijaan esimerkki laitteistoja etsitään niiden käyttötarkoituksen mukaan. Jotkut esiteltyt teknologiat saattavat olla argumentoitavissa, ovatko ne IoT-laitteita vai eivät. Nämä laitteet katsotaan olevan lähtökohtaisesti perinteisiä teknologioita tämän tutkimuksen piirissä.

## 5 Vanhustenhoidon Esineiden Internet

Esineiden internetin käyttöä vanhustenhoidon yhteydessä ollaan tutkittu ympäri maailmaa, ja uusia teknologioita kehitetään jatkuvasti. On todennäköistä, että terveydenhuollon Esineiden internet (Internet of Medical Things eli IoMT) -teknologioita aletaan käyttämään vanhustenhoidon ohella lähiaikoina. EPTA:n raportissa esiintyvien asiantuntijamielipiteiden mukaan IoMT-laitteiden käytön ennustetaan lisääntyvän. IoMT-laitteet, kuten sydänmittarit ja tahdistimet, keräävät ja lähettävät potilaan terveystilastoja eri verkkojen kautta terveydenhuollon tarjoajille seuranta- ja etäkonfigurointia ja interventioita varten (Papadimitriou ym. 2019). On kuitenkin hyvä muistaa, että vaikka teknologioiden käyttö vanhustenhoidossa todennäköisesti yleistyy, se ei tarkoita, etteikö hoitohenkilökuntaakin tarvita. Terveystilastojen ja antureiden antamien tuloksien pohjalta vanhusten tai heidän läheistensä ei tule itse diagnosoida tilannetta, vaan diagnoosit ja lopullinen analyysi tulee hoitohenkilökunnan toimesta. Tieto voi kuitenkin antaa kiinnostuneelle loppukäyttäjälle pientä osviittaa siitä, mihin suuntaan terveys on menossa.

Malwaden ym. suorittaman tutkimuksen "Mobile and Wearable Technologies in Healthcare for the Ageing Population" mukaan IoT on kehittyvä teknologia, joka yhdistää erilaisia jokapäiväisiä laitteita ja järjestelmiä, jotta ne voivat vaihtaa tietoa ja kommunikoida muiden laitteiden ja ihmisten kanssa. Myös Malwaden tutkimuksen mukaan IoT:lla uskotaan olevan keskeinen rooli vanhusten terveydenhuollon parantamisessa. Tutkimuksessa mainitaan termit mobiiliseuranta- ja hoitojärjestelmät (eng. Mobile monitoring and care systems) eli MMC, joihin kerrotaan kuuluvan terveydenhuollon seuranta- ja konsultointijärjestelmiä, joita voidaan käyttää terveydenhuollon kokeman taakan keventämiseen. MMC-laitteiden ei kerrota olevan pelkästään IoT-laitteita, vaan ne voivat sisältää myös perinteisempiä laitteita. Tutkimuksen mukaan MMC:n eri tarkoituksiin voivat kuulua mm. putoamisen havaitsemisjärjestelmät, elintoimintojen seuranta, kognitiiviset avustajat ja sänkytunnistimet (Malwade ym. 2018). On todennäköistä, että terveyden ja vanhustenhoito tulee kehittymään nykyistäkin teknologiapitoisemmaksi. Monitoroinnin etämahdollisuudet mahdollistavat potentiaalisesti hätätapauksissa valmiudessa olevien työntekijöiden määrän nostamisen, mikäli terveydenhuollon nykyistä taakkaa saadaan kevennettyä teknologioiden avulla.

Thanos G. Stavropoulos ym. kirjallisuuskatsaus "IoT Wearable Sensors and Devices in Elderly Care: A Literature Review" luokittelee IoT-teknologioita, jotka voivat kuulua

- Puettaviin teknologioihin (Engl. wearables)
- Älypuhelimisiin (Engl. smartphones)
- Robotiikkaan (Engl. robotics)
- Älykoteihin (Engl. smart home)
- Ympäristöantureihin (Engl. environmental sensors)
- Sisätila paikannukseen (Engl. indoor positioning)
- Biometrisiin antureihin (Engl. biometric sensors)
- Kiinteisiin kameroihin (Engl. fixed cameras)
- Puettaviin kameroihin (Engl. wearable cameras)
- Mikrofoneihin (Engl. microphone)
- sovelluksiin (Engl. applications)

Mainittujen luokkien kerrotaan viittaavan tiettyihin laitteistoihin, sekä ohjelmistoihin ja tekoälyalgoritmeihin, jotka eivät vaadi toimiakseen edellisten luokkien IoT-laitteistokomponenttia (Stavropoulos ym. 2020). Tässä tutkimuksessa vanhusten hoidon IoT-teknologioita pyritään jakamaan eri kategorioihin niiden ominaisuuksien ja käyttötarkoitusten mukaan. Osa esitellyistä teknologioista voi kuulua myös useampaan kategoriaan.

## **5.1 Puettavat teknologiat**

Thanos G. Stavropoulos ym. tutkimuksen mukaan puettavat teknologiat ovat hallitsevassa asemassa kirjallisuudessa niiden kasvavan suosion ja kohtuuhintaisuuden vuoksi (Stavropoulos ym. 2020). Puettavat teknologiat tulevatkin lähes poikkeuksetta vastaan perehtyessä vanhusten hoitoon liittyviin IoT-teknologioihin. Malwade ym. tutkimus määrittelee puettavat teknologiat ja anturit työkaluiksi, jotka voivat auttaa ikääntyvän väestön jatkuvassa seurannassa. Puettavien teknologioiden kerrotaan olevan tärkeässä roolissa mm. ikääntyvän väestön fyysisen aktiivisuuden seurannassa. Esimerkkeiksi nostetaan elintärkeiden parametrien jatkuva seuranta, fyysisen aktiivisuuden seurantalaitteet ja kaatumisilmaisimet. Seurantalaitteiden kerrotaan pystyvän lähettämään signaalin lääkäreille, perheenjäsenille tai hoitohenki-

lökunnalle, ongelmatilanteissa, jotta he voivat ryhtyä tarvittaviin toimenpiteisiin (Malwade ym. 2018). Muhammad Fathoni Akbarin tutkimuksen "Assistive and wearable technology for elderly" mukaan puettavat teknologiat lisäävät perheiden ja terveystyöntekijöiden tehokkuutta, tuottavuutta, palvelua ja osallistumista. Puettavien teknologioiden tavoitteena kerrotaan olevan muuttaa vanhusten terveystyöntekijöiden siten, että he ovat itsekin motivoituneempia kiinnittämään huomiota terveyteensä (Akbar, Ramadhani ja Putri 2018). Vaikuttaa kuitenkin olevan selvää, että puettavissa IoT-teknologioissa on paljon potentiaalia vanhusten hoidon helpottamisessa.

Wang ym. tutkimus "A Review of Wearable Technologies for Elderly Care that Can Accurately Track Indoor Position, Recognize Physical Activities and Monitor Vital Signs in Real Time" esittelee erilaisia älyvaatetknologioita. Tutkimuksessa nostetaan mm. esiin erilaisia älypaitoja, joiden tehtävänä on seurata ihmisen erilaisia fysiologisia ominaisuuksia esimerkiksi harjoittelun aikana. Tutkimuksessa nostettiin esille mm.

- HeddokoTM:n älypaidat keräävät koko kehon biomekaanisia tietoja, joita voidaan tarkastella reaaliajassa tai tallentaa myöhempää toistoa varten matkapuhelinsovelluksen kautta
- Hexoskin, Cityzen Sciences, Ralph Lauren Polo ja Athos ovat kehittäneet terveyteen liittyviä älypaitoja, jotka voivat mitata sydämen ja hengitystiheyden sekä käyttäjän harjoitusten intensiteetin.
- Mimo Baby ja Owlet Baby Care kehittävät älyvaatteita vauvoille, jotka voivat seurata unen tilaa, hengitystä, kehon asentoa ja suuntausta ja välittää tiedot seurantasovellukseen.

(Wang, Yang ja Dong 2017).

Malwade ym. tutkimuksessa nostetaan esiin stressitason hallinta puettavien teknologioiden avulla. Tutkimuksen mukaan vanhuksilla on alttiimpia kohonneelle stressitasolle, mikä kerrotaan voivan aiheuttaa muun muassa aivohalvauksen, sydän- ja verisuonitauteja, kognitiivisia heikkenemisiä ja muita mielenterveyshäiriöitä. Puettavia antureita kerrotaan voivan käyttää stressin havaitsemiseen, ja galvaniseen iho reaktioon (engl. galvanic skin response) perustuvaa jännitysanturia voitaisiin myös käyttää jännityksen havaitsemiseen (Malwade ym. 2018).



Puettavat teknologiat selvästi voivat kiinnittää huomiota erilaisiin ongelmatilanteisiin ja niiden estoon, mutta on myös tärkeää nostaa esille se, että itse anturien data ei itsekseen paranna vanhusten tilannetta suuntaan eikä toiseen. Onkin tärkeää, että opitun tiedon pohjalta tehdään konkreettisia toimenpiteitä vanhusten elämän parantamiseksi. Esimerkiksi edellä mainittu stressin havaitseminen vaatii helpottuakseen stressin tiedostamisen lisäksi sen aiheuttajien havaitsemista ja laaja-alaisempia toimenpiteitä stressin laskemiseksi.

Muhammad Fathoni Akbarin käy läpi tutkimuksessaan "Assistive and Wearable Technology for Elderly" markkinoilla olevia puettavia teknologioita ja niiden ominaisuuksia. Tutkimuksessa esiteltyjä tekniikoita käytettiin muistuttamaan vanhuksia lääkkeiden otosta, muodostamaan hätätilanteissa yhteyden hoitohenkilökuntaan ja seuraamaan terveyteen liittyviä parametreja anturien avulla.

Esiteltyjä teknologioita olivat muun muassa:

- Sähköistetyn pyörätuolin haptisen sauvaohjaimen (Engl. Haptic Joystick) kanssa käytettävä ihon venytyslaite, jonka kerrotaan helpottavan pyörätuolin käyttöä tarjoamalla mekaanista palautetta, joka puolestaan voi tarjota paremman tasapainon onnettomuuksien minimoimiseksi.
- Älykäs verenpainemittari (Engl. Smart Blood Pressure Meter), puettava IoT-laite jonka kerrotaan pystyvän ottamaan yhteyden suoraan vanhusten läheisiin ja lääkäreihin ongelmatapauksissa.
- Pocketfinder GPS-seurantalaitteiden kerrotaan havaitsevan vanhusten sijainnin älypuhelimien avulla, jopa 60 päivän ajan.
- Puettava hoitojärjestelmän (Engl. Wearable Care System) kerrotaan olevan suunniteltu seuraamaan parametreja, kuten sykettä, hengitystiheyttä, kehon lämpötilaa ja vanhusten asentoa, joita voidaan seurata tietokonesovelluksen avulla.
- Puettavat älykoti-teknologioiden (Engl. Wearable Smart Home -teknologies) kerrotaan olevan rannekellomainen laite, jonka avulla vanhusten kerrotaan pystyvän hallitsemaan esimerkiksi sammuttaa tai sytyttää valot ja lukita ulko-ovet.

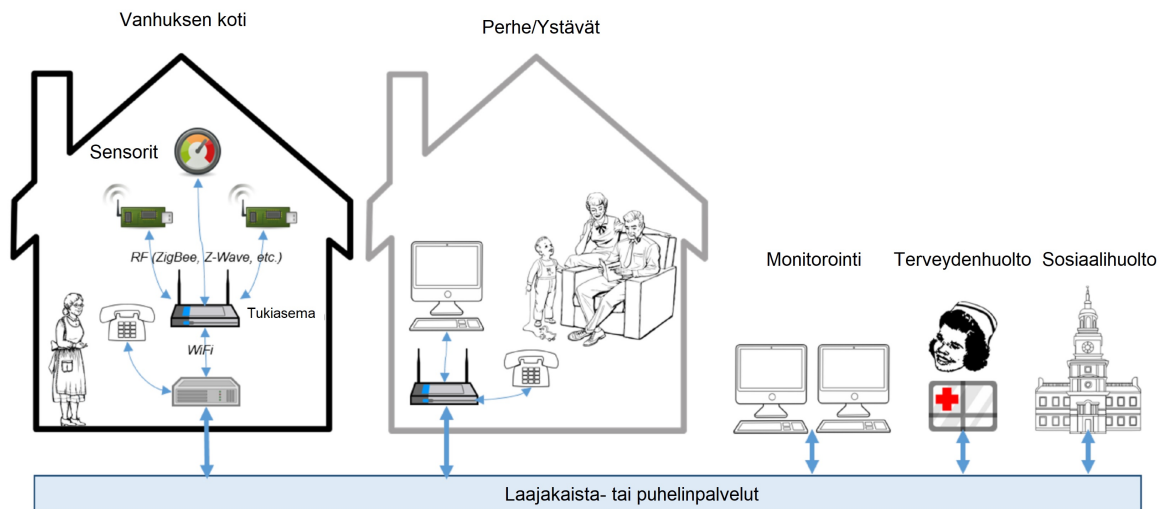
(Akbar, Ramadhani ja Putri 2018)

Läpikäydyistä puettavista esimerkkilaitteista voidaan havaita, että merkittävä paino on ase-

tettu automatisoidulle tiedonkeräämiselle. Vanhuksilta itseltään ei vaadita useiden laitteiden kohdalla aktiivista panostusta laitteiden käyttöönottoon, vaan käytännössä IoT-laitteen päälle pukeminen usein riittää. Vaikuttaakin siltä, että monissa laitteissa työläin osuus on itse laitteen pukeminen päälle ja sen lataaminen. Kehittyneinkään puettava teknologia ei auta, mikäli vanhus laiminlyö laitteen käytön tai virran seurannan. Onkin erityisen tärkeää, että puettavia teknologioita käyttäville vanhuksille tarjotaan riittävä perehdytys laitteen käyttöön ja lataamiseen liittyen. Puettavissa laitteissa tärkeässä roolissa tuntuu olevan myös niiden huomaamaton sulautuminen arkeen. Pieni koko ja vähäinen vaiva tuntuvat olevan tärkeässä roolissa laitteiden yleistymisen kannalta.

## 5.2 Kotona asumista tukevat teknologiat

Kotona asumista tukevat teknologiat mielletään tässä tutkimuksessa kotiin sijoitettaviksi teknologioiksi, joiden avulla pyritään monitoroimaan, helpottamaan ja hätätilanteessa auttamaan vanhusten arjessa. Useita esiteltyjä teknologioita voitaisiin arkikielessä mieltää älykoteknologioiksi. Osa kotona asumista tukevista teknologioista kuuluu myös puettavaan teknologiaan, mutta tässä kappaleessa keskitytään lähtökohtaisesti kotiin sijoitettaviin teknologioihin. Nämä teknologiat voidaan määrittää olevan tietotekniikka-avusteisen asumisen järjestelmiä (engl. Ambient Assisted Living eli AAL tai AALS-järjestelmiä). AAL-järjestelmää kuvaillaan Thanos G. Stavropoulosin ym. kirjallisuuskatsauksessa käyttäjän arkea häiritsemättöminä, mahdollisimman huomaamattomina kotiin sijoitettuina aputeknologioina (Stavropoulos ym. 2020). Myös Riyad Al-Shaqin ym. tutkimuksessa "Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly" kannetaan huolta ikääntyneiden henkilöiden hoidon riittävydestä kotona tapahtuvien, hyvinvointia uhkaavien, ennalta-arvaamattomien tilanteiden sattuessa. Tutkimuksessa mainitaan myös AALS-teknologiat, joiden kerrotaan olevan kustannustehokas keino vanhusten hoidon parantamiseksi. Hoitokotien ja sairaaloiden kerrotaan olevan kalliita, ja kustannukset nousevat entisestään, mikäli vanhus tarvitsee erikoishoitoa perinteisin tavoin potilaan kotiin (**Ambient Assisted Living**). Onkin tärkeää pitää mielessä, että vanhusten hoidon haasteet ovat globaali ongelma ja koskevat myös köyhempiä maita. Kustannusten huomioiminen uusien teknologioiden kehityksessä on tekijä, joka voi mahdollistaa teknologioiden leviämisen laajemmin, sekä potentiaalisesti nopeammin.



Kuvio 2. Käännös Riyad Al-Shaqi ym. tutkimuksessa esitellystä AALS-järjestelmän arkkitehtuurista

Unen seurannan ja hallinnan teknologioille tuntuu olevan vanhusten hoidon näkökulmasta kysyntää, sillä kuten Brienne Minerin ja Meir H. Krygerin "Sleep in the Aging Population" tutkimuksessa todetaan, jopa 40–70 % iäkkäistä aikuisista kärsii kroonisista unihäiriöistä, joista jopa 50 % tapauksista jää diagnosoimatta (Brienne Miner 2016). Varsinkin diagnosoimattomissa tapauksissa kotona käytettävät teknologiat voivat mahdollistaa tarvittaessa laajemmat selvitykset unettomuuden syihin ja hoitoa. Esiteltyjen teknologioiden joukossa voi myös olla laitteistoja ja sovelluksia, joiden avulla vanhusten unen laatua voidaan potentiaalisesti parantaa, mikä osaltaan auttaa vanhuksia asumaan itsenäisesti omassa kodissaan.

Muhammad Akbarin tutkimuksessa kotona asumisen tueksi esitellään älypistorasioita, joiden kerrotaan varoittavan potentiaalisista vaaratilanteista. Älypistorasioiden kerrotaan pysyvän alentamaan hellan lämpötilaa tilanteissa, joissa vanhuksat unohtavat valmistaa ruokaa, estäen hellan syttymisen ja potentiaalisen tulipalon. Älypistorasian yhteydessä kerrotaan olevan myös painike hätätilanteita varten, jota painamalla vanhuksen läheiset saavat suoraan tiedon omaan vastaanotinlaitteeseensa (Akbar, Ramadhani ja Putri 2018). Teknologia vaikuttaa hyödylliseltä erityisesti muistisairaudesta kärsiville. Laitteiston automatisointi sekä hätätilanteen sattuessa laitteen yksinkertaisuus mahdollistavat ripeämmän reagoimisen tulipalon

vaaran ehkäisemiseen, sekä leviämisen hallitsemiseen. Monimutkaisempi järjestelmä voisi aiheuttaa ongelmia esimerkiksi muistisairaiden tai liikuntavammasta kärsivien vanhusten keskuudessa.

Thanos G. Stavropoulos ym. kirjallisuuskatsaus "IoT Wearable Sensors and Devices in Elderly Care: A Literature Review" käsittelee myös AAL-teknologioita. Kirjallisuuskatsauksessa koottiin useiden aiempien tutkimusten määritelmiä AAL:lle. Esiteltyjen älykodin teknologioiden kuvailtiin pyrkivän olemaan mahdollisimman huomaamattomia, minkä auttaa se, että laitteet ovat yleensä ambient-tilassa. Laitteet siirtyvät aktiiviseen tilaan havaitessaan vanhuksen toimintaa. Esimerkeissä mainitaan kodin sisäpaikannusjärjestelmiä, joissa korostetaan ihmisen toiminnan tunnistamista yhteistyössä biometristen antureiden kanssa, jotka mittaavat mm. vitaalitoimintoja, verenpainetta ja glukoosia. Teknologioiden kerrotaan olevan tarkoitettu tarjoamaan sosiaalista tukea, sekä tehostamaan terveyden seurantavalmiuksia. Konkreettisine esimerkkeinä mainitaan mm. sänkyjen läsnäoloanturi, ympäristöanturit, kuten kaasuilmaisimet sekä kaatumisen havaitsemiseen tarkoitettut monianturiset järjestelmät, jotka käyttävät älykodin antureita yhteistyössä puettavien teknologioiden kanssa. Älykodin sisätiloissa tapahtuvaan paikannukseen voidaan tutkimuksen mukaan käyttää myös mikrofoneja äänen ja puheen tallentamiseen. Näiden teknologioiden avulla voidaan parantaa terveydenhuoltoa ja tarjota tarkempaa seuranta erilaisiin terveysongelmiin (Stavropoulos ym. 2020). Esiteltyt teknologiat antavat paljon vaihtoehtoja helpottamaan kotona asumista. Tapauskohtaisesti useampia teknologioita pystyy käyttämään myös yhtäaikaan, etenkin jos teknologiat eivät vaadi itse vanhukselta toimia. Vanhuksen oma vointi, terveydelliset haasteet ja halut tulee luonnollisesti ottaa huomioon valittaessa, mitä teknologioita kotona asumisen tueksi päätetään ottaa käyttöön.

Chanjoo Leen ym. "Internet of Things: Technology to Enable the Elderly" tutkimuksessa integroitiin yksinkertaisia ja edullisia avoimen lähdekoodin IoT-teknologioita yksin asuvien vanhusten koteihin. Tavoitteena oli auttaa ikääntyneitä hyödyntämään käyttäjäystävällisiä IoT-teknologioita arjen helpottamiseksi. Tutkimuksen aikana käytettyjä IoT-teknologioita olivat:

- Valo- ja oviohjain: Valo-ohjainta voidaan käyttää rakennuksen valojen kytkimien kauko-ohjaukseen. Oviohjain antaa pääsyn rakennukseen. Kun käyttäjä painaa avauspaini-

ketta Android-sovelluksessa tai vierailijan kasvot tunnustetaan kasvojentunnistuksen avulla, oven lukko avautuu viiden sekunnin ajaksi.

- Ovikello: Ovikellopalvelu mahdollistaa ovella olijan tunnistamisen ja oven avauksen etänä.
- Kasvojentunnistus: Kasvojentunnistus toteutetaan ovikellon kautta vierailijan tunnistamiseksi.
- Liiketunnistus: Järjestelmä lähettää push-ilmoituksen Android-sovellukseen, kun henkilön liikettä ei havaita. Siihen sisältyy passiivinen infrapunatunnistin , joka havaitsee liikettä 90–110 asteen kulmassa ja enintään 2,4 metrin matkalta, kun se on asennettu kattoon.
- Sisälämpötilailmoitus: Lämpötilailmoitusjärjestelmä tarjoaa reaaliaikaista sisäilman lämpötilaa. Järjestelmä viestii lämmitysjärjestelmää viilentämään tai lämmittämään huoneilmaa, mikäli huoneen lämpötila on liian matala tai korkea.
- Älykäs roskakori: Jäteastiassa olevan anturi mittaa jätteen määrän ja ilmoittaa tietyn rajan jälkeen käyttäjälle tilanteesta, ennen jätteen täyttymistä.

Chanjoo Leen ym. tutkimuksen tavoitteena oli tehdä vanhusten päivittäisistä tehtävistä helpompia ja vaivattomampia. Tutkimus keskittyi muun muassa liikkeen, lämpötilan ja roskakorin täyttymiseen liittyvien tietojen keräämiseen erilaisilla sensoreilla ja tiedon välittämiseen verkon kautta. Tutkimus ennusti, että IoT-tekniikan käyttö kasvaa, ja niitä voidaan tarjota hyödyllisinä palveluina yhä useammille vanhuksille (Lee ym. 2018).

Malwade ym. tutkimuksessa nostetaan esiin telelääketiede (engl. Telemedicine). Telelääketieteen kerrotaan koostuvan etäterveyden seurannasta ja sosiaalihuollosta. Järjestelmän kerrotaan koostuvan muun muassa kotiin sijoitetuista antureista ja ilmaisimista, sekä tuki-, tieto- ja viestintäteknologioista (esim. internet, puhelimet ja tekstiviestit), joiden avulla voidaan tarjota turvallista terveyden seurantaa, hoitoa ja neuvontaa terveydenhuoltoon varten. Tutkimuksen mukaan järjestelmien yhteyteen voi myös ottaa puettavia teknologioita, joiden anturien avulla pystytään kartoittamaan tietoa vanhuksen elintiloinnoista (Malwade ym. 2018). Mainitut viestintäteknologiat ovat hyvä esimerkki teknologioista, jotka voivat auttaa yksinäisyyden hoidossa. Näin esimerkiksi vanhukset, joilla on haasteita liikkua kotinsa ulkopuolella, voivat pitää yhteyttä läheisiinsä, hoitohenkilökuntaan tai muihin kontakteihinsa.

### 5.2.1 Tekoälyyn pohjautuvat IoT-tekniologiat

Tekoälyn käyttö on lyhyessä ajassa löytänyt tiensä suosioon niin yritysten, oppilaitosten kuin myös yksityishenkilöiden käytössä. Vanhustenhoito ei ole poikkeus, ja uusia tekoälyteknologioita ollaan alettu kehittämään vanhustenhoidon avuksi. Tekoälyn avulla on mahdollista kehittää muun muassa virtuaaliavustajia tai seuralaisrobotteja, jotka voivat tarjota kognitiivista stimulaatiota, apua lääkityksen muistutuksiin sekä tarjota vanhuksille keskustelua yksinäisyyden vähentämiseksi ja henkisen hyvinvoinnin parantamiseksi.

Velibor Božićin kirjoitus "IMPLEMENTATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENT (AI) SOLUTIONS TO HELP ELDERLY PEOPLE", listaa esimerkkejä onnistuneista tekoälyratkaisuista ikääntyneiden hyödyksi eri maissa:

- Japani

Robottiseuralaisia, kuten PARO-terapiarobottia, tarjoamaan emotionaalista tukea ikääntyneille hoitokodeissa ja sairaaloissa.

Äly-WC:t hyödyntävät antureita tunnistuen terveysongelmia ja auttavat ongelmien varhaisessa havaitsemisessa.

- Singapore

Silverline-mobiilisovellus tarjoaa yksilöllisiä terveys- ja elämäntapavinkkejä ikääntyneille.

- Yhdysvallat

CarePredict on tekoälyllä varustettu etäseurantajärjestelmä, joka analysoi päivittäisiä toimintoja ja käyttäytymismalleja ikääntyneiden avustetun asumisen laitoksissa.

- Alankomaat

Robottivälineistä, kuten ZORA-robotista, joka auttaa ikääntyneitä kognitiivisilla peleillä ja fyysisillä harjoituksilla.

Virtuaalitodellisuushoitoa käytetään ikääntyneiden ahdistuksen vähentämiseen ja mielialan parantamiseen.

- Etelä-Korea

Tekoälyllä varustettuja seurantajärjestelmiä, jotka seuraavat henkilöiden liikkeitä, unenlaatua ja terveysindikaattoreita.

- Kiina

Tekoälyllä varustettuja älykotijärjestelmiä, jotka automatisoivat kodin hallintatehtäviä ja seuraavat terveydentilaa.

(Božić 2023). Listasta voidaan nähdä, miten tekoälyratkaisuja ollaan jo onnistuneesti hyödynnetty eri maissa vastaamaan ikääntyneiden tarpeisiin. Ratkaisut hyödyntävät eri tavoin tekoälyteknologioita ikääntyneiden hoidon, hyvinvoinnin ja elämänlaadun parantamiseksi ikääntyneille kansalaisille. Tekoälyn käyttö on vielä alkutekijöissään, joten on todennäköistä että vanhustenhoito tulee tulevaisuudessa näkemään vielä paljon innovaatioita edellä esiteltyjen teknologioiden lisäksi. Tässä tutkimuksessa tekoälyn tarkastelu jätetään maininnan tasolle ja keskitytään pääsääntöisesti laajemmin levinneiden IoT-teknologioiden tarkasteluun. On kuitenkin suositeltavaa että tulevaisuudessa tehdään erillistä tutkimusta vanhustenhoiton IoT-teknologioista keskittyen tekoälyä käyttäviin teknologioihin, sekä niiden tuomiin uusiin mahdollisuuksiin.

## 6 Vanhustenhoidon Perinteiset Teknologiat

Ikääntyneiden hoidossa käytetään useita teknologioita, jotka eivät kuulu IoT-teknologioihin. Läpikäydyissä tutkimuksissa esiteltiin mm. seuraavia perinteisiä teknologioita:

- **Hätäilmoitusjärjestelmät:** Mahdollistavat avun pyytämisen hätätilanteissa. Koostuvat yleensä kaulassa roikkuvasta tai ranteen ympärille kiedottavasta riipuksesta, jossa on painike, jota painamalla voi kutsua apua. Vaihtoehtoisesti hätäilmoitusjärjestelmä voi olla myös kiinteistöön sijoitettavia, joita löytyy mm. sairaaloista ja muista terveydenhuollon keskuksista, sekä usein myös ostoskeskusten ja kauppojen julkisesti esteettömistä WC-tiloista.
- **Lääkehoitolaitteet:** Auttavat ikääntyneitä hallitsemaan lääkitystään muistuttamalla ja annostelemalla oikeat annokset oikeaan aikaan. Ne voivat olla esimerkiksi pillerikoteloita, joissa on sisäänrakennettuja hälytyksiä tai automaattisia lääkeannostelijoita.
- **Kaatumisen tunnistusjärjestelmät:** Kaatumisen tunnistuslaitteet on suunniteltu havaitsemaan kaatumisia ja hälyttämään automaattisesti hoitajille tai hätäpalveluille. Ne voidaan kantaa riipuksina tai integroida käyttöön erilaisiin wearable-laitteisiin, kuten kelloihin tai älykelloihin.
- **Kotiseurantajärjestelmät:** Käyttävät kodissa sijoitettuja antureita ikääntyneiden toimintojen ja hyvinvoinnin seurantaan. Ne voivat havaita poikkeavaa käyttäytymistä, liikkeen muutoksia tai hätätilanteita ja lähettää hälytyksiä hoitajille tai perheenjäsenille.
- **Lääketieteelliset puettavat-laitteet:** Sisältävät esimerkiksi sykemittareita, verenpaineittareita, glukoosimittareita ja pulssioksimetrejä. Näiden laitteiden avulla ikääntyneet voivat seurata elintoimintojaan kotona ja jakaa tarvittaessa tietoja terveydenhuollon ammattilaisten kanssa.
- **Apuvälineet:** Kävelytukia, keppejä, tukikaiteita ja kuulokojeita, käytetään laajasti tukemaan ikääntyneiden liikkuvuutta ja itsenäisyyttä.
- **Etäterveysratkaisut:** Mahdollistaa lääketieteellisen konsultaation, seurannan ja hoidon etänä videopuheluiden tai puhelinkonsultaatioiden avulla.

Nämä ovat vain muutamia esimerkkejä ei-IoT-teknologioista, joita käytetään ikääntyneiden



hoidossa. Edellä mainittuja ja vastaavia perinteisiä teknologioita esitellään luvun aikana käytävissä jo tehdyissä tutkimuksissa. Esimerkiksi Frank G. Miskellyn tutkimus "Assistive technology in elderly care" esitteli laajan skaalan perinteisiä teknologioita, joita ehdotettiin tukemaan vanhusten hoitoa jo 2000 luvun alussa.

Tutkimuksessa nostettiin esiin mm.:

- Yhteisö-hälyttimet (Community alarms)
- Videoseuranta
- Terveysmittarit
- Kaatumisen ilmaisimet

(Miskelly 2001)

Esitellyissä teknologioissa on havaittavissa joitain yhtenäisyyksiä IoT-laitteiden kanssa. Selkeänä erona on havaittavissa, että internetin sijaan, esitellyt laitteet käyttävät potentiaaliseen tiedonsiirtoon puhelin ja radioyhteyksiä.

## **6.1 Puettavat teknologiat**

Frank G. Miskellyn tutkimuksessa esiteltiin IoT-laitteita edeltäviä puettavia teknologioita, jotka muistuttavat käyttötarkoitukseltaan suuresti vastaavia IoT-laitteita. Esitelty terveysmittari on rannekellomainen jatkuvasti pulssia, ihon lämpötilaa ja liikettä tarkkaileva laite. Laitteen kerrotaan muodostavan kuvaajan käyttäjän terveydentilasta muutaman päivän ajalta, ja kaikki terveydentilan poikkeamat muodostavat hälytyksen. Laite on suunniteltu havaitsemaan muun muassa kaatumisen, pyörtymisen ja tajuttomuuden. Hälytys välittyy radiolinkin kautta monilinkkiin, joka muodostaa hätäpuhelun paikkakunnan hälytyskeskukseen. Hälytys lähetetään myös, mikäli terveysmittarin ja monilinkin etäisyys kasvaa tietyn mitan yli. Kaatumisen ilmaisimien kerrotaan olevan pienikokoisia laitteita, jotka on suunniteltu käytettäväksi vyötärön tai rinnan yläosassa. Laitteiden kerrotaan käyttävän kiihtyvyyksmittaria ja kallistusmittaria kaksivaiheisena tunnistusmekanismina väärin hälytysten määrän vähentämiseksi. Kiihtyvyyksanturin tehtävänä kerrotaan olevan kaatumisten havaitseminen ja kallistusmittarien tehtävänä puolestaan määrittää käyttäjän suunnan (Miskelly 2001). Terveysmittarin

ja monilinkin etäisyyden tarkastelu voi varoittaa läheisiä tai terveydenhuollon henkilökuntaa tilanteessa, jossa muistisairas on lähtenyt itsekseen kodistaan, jolloin potentiaaliseen vaaratilanteeseen voidaan reagoida. Nykyisiin IoT-teknologioihin verrattuna teknologian selkeänä heikkoutena on kykenemättömyys seurata vanhuksen reaaliaikaista sijaintia. Esimerkkita-pauksessa muistisairaahan vanhuksen kotoa tai hoitokodista poistuminen siis havaitaan, mutta vanhus pitää löytää ilman laitteiston mahdollistamaa sijaintitietoa.

## **6.2 Kotona asumista tukevat teknologiat**

On hyvä huomioida, että osaa edellä mainituista puettavista teknologioista voidaan pitää myös kotona asumista tukevinä teknologioina. Puettavien teknologioiden lisäksi on kuitenkin liuta muita teknologioita, jotka tukevat kotona asumista. Kotona asumisen tueksi perinteisten teknologioiden näkökulmasta löytyy myös mm. telehoivaa tukevia teknologioita. Mohanraj Karunanithin tutkimuksen "Monitoring technology for the elderly patient" mukaan telehoiva on osa laajempaa infrastruktuuria, joka hyödyntää seurantateknologioita erityisesti koti-/yhteisöseurantaan potilaiden elintoiminnoissa ja toiminnallisessa tilassa tapahtuvien kliinisten prosessien suorittamiseksi etänä. Britannian terveysministeriön kerrotaan määritelleen telehoidon palveluna, joka tarjoaa terveydenhuollon ja sosiaalihuollon turvaa käyttäjälle yleensä heidän omassa kodissaan tukemaan vanhempien tai vammautuneiden ihmisten itsenäisyyttä ja hyvinvointia. Joitakin näistä teleterveysjärjestelmistä kerrotaan olevan Initial/Attendo, Tunstall Telecom, Docobo ® ja Philips Medical System (Karunanithi 2007). Yksinkertaisimmillaan palo- ja häikävaroitimet ovat jo itsessään kotona asumista tukevia teknologioita, kuten myös esimerkiksi kahvinkeitinien, hellien ja uunien aikakatkaisimet. Esimerkiksi aikakatkaisimet voivat auttaa muistisairaudesta kärsivää vanhusta tilanteissa, joissa hella tai vastaava paloturvallisuutta vaarantava laite on unohtunut päälle. IoT-teknologioita edeltävät kotona asumista helpottavat teknologiat vaikuttavat tarjonnan apua osaan ongelmista, mitä kotona asumisesta on saattanut koittaa vanhuksille. Järjestelmät eivät kuitenkaan vaikuta yhtä automatisoiduilta kuin myöhemmät IoT-teknologiat tarjoavat.

Shelgikar ym. tutkimuksen "Sleep Tracking, Wearable Technology, and Opportunities for Research and Clinical Care" mukaan kuluttajalähtöiset unenseurantatekniikat, kuten sovellukset ja puettavat laitteet, olivat suosittuja unihäiriöpotilaiden ja laajemman väestön kes-

kuudessa. Näiden tekniikoiden kerrotaan tarjoavan mm. passiivisen unenseurannan, ääniympäristön seurannan, kuorsauksen tunnistamisen sekä aktiiviset toimenpiteet unen laadun parantamiseksi. Vaikka suurimman osan sovelluksista ja laitteista kerrotaan olevan suunnattu nuorille ja keski-ikäisille, osa keskittyy erityisesti vanhusten tarpeisiin ja tarjoaa ratkaisuja esimerkiksi unettomuuden, tarkkaavaisuushäiriön ja posttraumaattisen stressihäiriön hoitoon. Unenseurantateknologioiden kerrotaan tarjoavan mahdollisuuksia potilaiden, terveydenhuollon ammattilaisten ja tutkijoiden väliseen yhteistyöhön yksilöiden ja väestön terveyden parantamiseksi (Shelgikar, Anderson ja Stephens 2016). Unen seurannan perinteisillä teknologioilla voidaan saada potentiaalisia hyötyjä vanhusten unen laatuun. Kuten monien muidenkin perinteisten teknologioiden kanssa, tässäkin tapauksessa IoT-teknologiat tarjoavat automatisoidumman ratkaisun mahdollistamalla reaaliaikaisen tiedonsiirron seurattavan kohteen ja seuraavan terveydenhoidon ammattilaisen ja järjestelmän välillä.

### **6.3 Hätäpalvelut ja terveyden monitorointi ulkoisilla teknologioilla**

Hätäpalvelut ja terveyden monitorointi ulkoisilla teknologioilla ovat perinteisillä teknologioilla lähtökohtaisesti terveyskeskuksissa, sairaaloissa ja vastaavissa ympäristöissä käytettäviä teknologioita. Frank G. Miskellyn tutkimuksessa esitelty videoseuranta järjestelmä toimi puhelinlinjoja käyttäen, mahdollistaen reaaliaikaisen värillisen ja äänellisen videokuvan siirtämiseksi. Järjestelmän kerrotaan olevan suunniteltu ensisijaisesti turvallisuusalan etäseurantaan, mutta videoseurantajärjestelmiä ollaan käytetty myös kotiloissa. Videokuvan seuraajan on mahdollista skannata tiloja panoroimalla, kallistamalla ja zoomaamalla kameraa elektronisesti määrittääkseen potilaan vointia. Järjestelmän kerrotaan olevan yhteensopiva ja yhdistettävissä muihin hälytyksiin, kuten muodostamalla videopuhelun läheiselle, joka voi nähdä ja arvioida tilanteen ja kutsua apua. Yhteisö-hälyttimien kerrotaan olevan hälytysjärjestelmiä, jotka koostuvat vetonarulaitteesta, jossa on äänirasia. Laitteiston avulla käyttäjä pystyy puhumaan ohjauskeskuksen tai vartijan kanssa. Yhteisö-hälyttimien avulla vanhus pystyy soittamaan paikalle apua tilanteissa, joissa hoitaja ei ole paikalla. Kuvailtujen hälytysjärjestelmien kerrotaan kytkeytyvän puhelinverkon kautta, ja kaikki puhelut ohjataan etäpuhelukeskukseen. Lisäksi myynnissä kerrotaan olevan myös kannettavia hälytysyksiköitä, joita käyttäjät voivat käyttää omassa kodissaan (Miskelly 2001). Videoseuranta terveyskes-

kuksessa on normaalia, mutta kotona sijaitseva videoseuranta vaikuttaa teknologialta, joka ei välttämättä saa kannatusta itse vanhuksien puolelta. Kotona kuvaavat kamerat voidaan nähdä yksityisyyttä uhkaavina. Yhteisö-hälyttimet tuntuvat olevan vielä tänäkin päivänä terveyskeskuksissa näkyvillä. Hälyttimiä sijoitetaan mm. terveyskeskusten yleisiin wc-tiloihin, millä luultavasti pyritään saamaan apua paikan päälle, mikäli asiakas saa sairaskohtauksen tai kaatuu henkilökunnan katseen ulkopuolella.

Mohanraj Karunanithin tutkimus "Monitoring technology for the elderly patient" nostaa sydän-, hengitys- ja neurodegeneratiivisten sairauksien hoidossa tarvittavan seurannan tärkeyden. Tutkimuksessa mainitaan IoT-teknologioita edeltäviä vastaavilla funktioilla olevia teknologioita, kuten kuluttajälähtöisiä unenseurantateknologioita ja automaattisia verenpaimittareita, sydämen rytmin, verenpaineen ja unen seurantaan (Karunanithi 2007). Mainituilla automaattisilla terveystittareilla ollaan pystytty kuvausten perusteella keräämään tietoja terveyden tilasta.

## 7 Esineiden Internet vertailu Perinteisiin teknologioihin

Uusien teknologioiden implementointi kantaa omat haasteensa. IoT:lla on potentiaalia korvata joitain perinteisiä teknologioita, mutta korvaamisesta saatavat potentiaaliset hyödyt tulee kartoittaa. IoT:n ja perinteisten teknologioiden välistä vertailua voidaan suorittaa useista eri näkökulmista. Teknologioiden vertailussa käytetään mm. Muhammad Fathoni Akbar ym. tutkimuksessakin lainattua Fisk ym. tutkimusta "Can adapting the homes of older people and providing assistive technology pay its way?", jossa nostetaan esille viisi tärkeää ominaisuutta, jotka tulisi löytyä teknologioista, joita hyödynnetään vanhusten hoidossa. Esiteltyt teknologioilta kaivattavat ominaisuudet ovat:

- Oppittavuus, eli se kuinka vaikeaa uusia teknologioita ja työkaluja on opetella käyttää ja miten helposti ne saadaan implementoitua esimerkiksi vanhainkodille käyttöön.
- Tehokkuus, eli miten hyvin teknologiat suoriutuvat tehtävistään ja säästävätkö ne esimerkiksi resursseja muille työtehtäville.
- Muistettavuus, eli se että teknologioiden käytettävyydessä on huomioitu että mm. turhautumista ja ajanhukkaa vältetään. Voidaan arvioida vertailemalla aikaa aiemmin suoritettujen tehtävien uudelleensuorittamisesta.
- Luotettavuus, eli kuinka helposti tuotteen käytössä voi tapahtua virheitä ja miten virhetilanteet käsitellään.
- Tyytyväisyys, eli kuinka mielekästä teknologian käyttö on.

(Lansley, McCreadie ja Tinker 2004)

Yllämainittujen ominaisuuksien lisäksi vertailussa pyritään myös selvittämään IoT:n ja perinteisten teknologioiden eroja taloudellisesta näkökulmasta, siten kun se on mahdollista.

### 7.1 Esineiden Internetin Hyödyt

Esineiden Internet tarjoaa laajan kirjon erilaisia teknologioita, joita voidaan käyttää perinteisten teknologioiden tilalla. Malwade ym. tutkimuksessa uskotaan kotona asumista helpottavien teknologioiden olevan yksi lupaavimmista tavoista tarjota parempaa hoitoa, hyvin-

vointia ja itsenäistä elämää vanhuksille diagnosoinnin, hoidon, kuntoutuksen ja etäopetuksen avulla. Tutkimus nostaa älykodit yhdeksi harvoista teknologioista, jotka voivat vähentää terveydenhuollon kustannuksia, sekä lääkärikäyntien määrää samalla parantaen elämänlaatua (Malwade ym. 2018).

Chanjoo Leen ym. tutkimuksessa esiteltiin kotona asumista helpottavia teknologioita. Tutkimuksen mukaan päivittäiset tehtävät voivat olla rasittavia yksin asuvalle vanhukselle, mutta IoT:n käyttö joissakin näistä tehtävistä voi olla kätevämpää. Esimerkiksi esiteltiin mm. ovikello, joka avaa oven kasvojentunnistuksen avulla ja painamalla avauspainiketta Android-sovelluksessa, jonka avulla vanhuksen ei itse tarvitse nousta ja kävellä avaamaan ovea. Tutkimuksessa esiteltiin myös Android-sovellus, joka näyttää antureiden keräämän liike-, lämpötila- ja roskakorin tiedot, joiden avulla kodinhoitoon liittyvien tehtävien seuraaminen ja tekeminen voivat helpottaa (Lee ym. 2018).

Thanos G. Stavropoulos ym. tutkimuksessa koottiin useamman eri tutkimuksessa havaittuja IoT:n hyötyjä. Hyödyiksi tutkimuksessa mainittiin mm. esiteltyjen puettavien teknologioiden ulkonäkö, mukavuus, helppokäyttöisyys ja puhdistettavuus, sijainti, turvallisuus, koko ja paino loppukäyttäjien näkökulmasta. Tutkimuksessa mainittiin myös IoT-sensorit, joiden avulla tunnistettiin nukkuvan koehenkilön liiallisia aktiivisuustasoja, poikkeavia unirytmeyksiä ja toistuvaa käyttäytymistä, jotka kaikki viittasivat mahdolliseen Alzheimerin tautiin (Stavropoulos ym. 2020). IoT:n hyödyt tuntuvat olevan hyvin perusteltuja useissa eri lähteissä. Esimerkkejä löytyy mm. vanhusten arjen helpottamisesta, terveystietojen automaattisesta keräämisestä, onnettomuuksien ja sairauksien ennaltaehkäisyyn sekä raportoinnista, kustannusten madaltamisesta, terveydenhoidon avustamisesta ja yksinäisyyden hoidossa.

Srizongkhram ym. tutkimuksessa "Critical Factors for Adoption of Wearable Technology for the Elderly: Case Study of Thailand" esiteltiin IoT teknologioiden positiivisia tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa päätökseen implementoida niitä vanhustenhoidon avuksi. Nämä tekijät sisälsivät:

- Terveys: Voivat johtaa käyttäjän terveyteen liittyviin positiivisiin tuloksiin. Esimerkiksi käyttäjä voi käyttää laitteita terveystietojensa tarkistamiseen ja seuraamiseen.
- Perhe: Toiminnot, jotka voivat johtaa positiivisiin tuloksiin käyttäjälle ja hänen per-

heenjäsenilleen. Esimerkiksi laitetta voidaan käyttää viestintävälineenä, jonka avulla käyttäjä voi kommunikoida perheenjäsentensä kanssa.

- Palkitsevuus: Edut, joita käyttäjä saa käyttäessään laitetta mm. Yhdistääkseen, kommunikoidakseen ja jakaakseen tietoa muiden laitteiden kanssa, kuten matkapuhelien, tablettien ja kannettavan tietokoneen. Tämän tekijän kerrotaan ottavan huomioon käyttäjän positiivisen tuntemuksen pelkästään käyttölaitteen omistamisesta.
- Kiinnostus ja intohimo: positiiviset kokemukset, jotka syntyvät laitteiden käytöstä syntyvistä uusista kokemuksista, sekä uusista tuttavuuksista ja kommunikoinnista muiden ihmisten kanssa.
- Rahallisen arvo: Asiakkaan odotukset käytettyyn rahamäärään liittyen käyttölaitteeseen. Tekijä ei rajoitu vain hintaan, vaan sisältää myös yleisen toiminnallisuuden, tuotteen kestävyuden ja yrityksen tarjoaman palvelun jälleenmyynnin (Srizongkham, Shirahada ja Chiadamrong 2018).

### **7.1.1 Oppittavuus**

Teknologioiden opittavuus on tärkeässä roolissa siinä, kuinka niin hoitotyötä tekevät kuin vanhuksat kokevat teknologioiden käytön. Hankalasti opittavat teknologiat voivat aiheuttaa turhautumista, mikä puolestaan voi johtaa haluttomuuteen opetella tai ottaa käyttöön teknologioita. Laitteistojen helppokäyttöisyys voi myös säästää resursseja, kun kouluttamiseen ei tarvita liikaa aikaa. Malwade ym. tutkimuksessa korostetaan, että hyvän käyttöliittymäkokemuksen ja helppokäyttöisyyden, siirrettävyyden ja päivittäisten toimintojen häiriöttömyyden onnistunut toteutus voivat minimoida käyttäjien hämmennystä ja stressiä, edistäen teknologian käyttöä vanhusten keskuudessa (Malwade ym. 2018). Teknologian helposti opittavuus voi auttaa sen leviämässä yleiseen käyttöön, sekä vanhusten että terveydenhoidon ammattilaisten keskuudessa, joissa voi olla suuria eroja teknisessä osaamisessa.

Muhammad Akbarin tutkimuksessa puhuttavien teknologioiden koon pienuutta ja helppokäyttöisyyttä kehitetään. Puettavat teknologiat on luotu integroitumaan arkielämään ja yksinkertaistamaan ihmisen työtä, mikä on yleistynyt varsinkin silmikkonäyttöjen (engl. Head-mounted display) kehityksen myötä. Puettavasta teknologiasta on tämän myötä tullut laajasti käytettyä ja käyttäjäystävällistä tekniikkaa (Akbar, Ramadhani ja Putri 2018). Silmikkonäy-

töt eivät itsessään näytä vielä olevan yleisessä käytössä vanhustenhoidossa, mutta niillä voi olla rooli puettavien teknologioiden normalisoinnissa.

### **7.1.2 Muistettavuus**

Teknologian muistettavuus kulkee osittain käsi kädessä sen opittavuuden kanssa. Mikäli teknologia on helposti opittavaa, on yleensä opitun muistaminenkin helpompaa, jolloin teknologian käyttöä ei tarvitse opetella uudelleen. Kuten opittavuudessa, myös hyvä käyttäjäkokemuksen suunnittelu ja automatisointi voivat vaikuttaa suuresti loppukäyttäjän kokemukseen teknologian muistettavuudesta. Ioana Iancun tutkimuksen "Designing mobile technology for elderly. A theoretical overview" mukaan teknologian mahdollisuus jäädä mieleen liittyy muun muassa siihen, kuinka helppoa sen käyttö on opetella uudelleen käyttötäun jälkeen. Tutkimuksen mukaan käytettävyyden periaatteiden mukaisesti se, miten hyvin käyttäjät voivat käyttää toiminnallisuutta opittavuuden, tehokkuuden ja muistettavuuden näkökulmasta, tulee huomioida jo ohjelmiston suunnitteluvaiheessa (Iancu ja Iancu 2020). On huomioitava, että osa loppukäyttäjistä voi kärsiä muistisairauksista, joten muistettavuuden huomioiminen on tärkeässä roolissa teknologioita suunniteltaessa. Käyttöä voidaan helpottaa muistettavuuden näkökulmasta suoraviivaistamalla prosesseja sekä tarjoamalla muistutuksia loppukäyttäjälle.

### **7.1.3 Tehokkuus**

Wangin ym. tutkimuksen mukaan puettavien teknologioiden ja anturitekniikoiden kehitys on parantanut palvelujärjestelmien mahdollisuuksia auttaa vanhuksia. Tehokkaiden seuranta- ja hälytysjärjestelmien kerrotaan auttavan muun muassa äkillisten sairauksien sekä kaatumisten seurausten lieventämisessä (Wang, Yang ja Dong 2017). Teknologioiden tehokkuuden parantamisella voi olla positiivisia vaikutuksia siihen, millaista teknologiaa on käyttäjä. Nopeiden, responsiivisten teknologioiden käyttö voi olla mielekkäämpää terveydenhoidon ammattilaistenkin näkökulmasta. Mitä vähemmän aikaa itse laitteiston ja järjestelmien käyttöön, tiedonkeruuseen ja asentamiseen menee, sitä enemmän aikaa jää diagnosointiin ja muihin terveydenhuollon tehtäviin. IoT-laitteiden kyky kerätä ja käsitellä tietoa automaattisesti jo itsessään on suuri potentiaalinen helpotus. Esimerkiksi puettavien teknologioiden avulla kerätyt ter-



veystiedot voidaan automaattisesti järjestää helpommin luettaviksi malleiksi. Automatisoitu tiedonkerääminen voi myös mahdollistaa automatisoidut hälytykset ja paikkatietojen tarjoamisen hätätyöntekijöille, ja mitä nopeammin tieto hädästä saadaan auttajille, sitä paremmat mahdollisuudet on estää ongelmien eskaloituminen.

Shelgikar ym. tutkimuksessa esiteltiin hyötyjä kuluttajille suunnattujen teknologioiden käytössä. Tutkimuksessa mainittiin muun muassa kuluttajien itseseurantajärjestelmät, joiden kerrotaan kannustavan henkilökohtaiseen voimaannuttamiseen. Käyttäjien kerrotaan voivan seurata untaan, jonka avulla he voivat yhteensovittaa elämäntapojaan asetettujen tavoitteidensa kanssa. Tutkimuksessa mainitaan myös seurantalaitteet, jotka eivät ole kiinnitettäviä, vaan unen seurantatiedot voidaan kerätä patjoista, lakanoista, tyynyistä tai yöpöydistä. Valinnan tunteen kerrotaan mahdollistavan osallistumismahdollisuuksia, joita kliiniset diagnoosit eivät tarjoa. Ajan myötä tapahtuvan datan keräämisen kerrotaan voivan olla etu kuluttajien unen seurantateknologioissa (Shelgikar, Anderson ja Stephens 2016). Tehokas oman terveyden seuranta voi mahdollistaa henkilökohtaiseen tietoon pohjautuvat elämäntapamuutokset. Riittävä tehokkuus voi tehdä laitteiden käytöstä miellyttävämpää ja tarjota laajemman kannan tiedon.

#### **7.1.4 Luotettavuus**

Teknologian luotettavuutta voidaan arvioida useammasta eri näkökulmasta, kuten onko teknologian keräämät tiedot luotettavia, onko teknologian tarjoaja luotettava, tai onko esimerkiksi teknologian tietoturva riittävällä tasolla. Puhuttaessa ihmisten terveystiedoista luotettavuus on erityisen tärkeässä asemassa. Mikäli laite kerää virheellistä tietoa, se voi johtaa väärin diagnooseihin, joilla voi olla potentiaalisesti hengenvaarallisia seurauksia. Kyseenalainen teknologian tarjoaja puolestaan voi myydä laitteiden keräämiä henkilökohtaisia terveystietoja mainostajille. Huono tietoturva puolestaan voi aiheuttaa henkilökohtaisten terveystietojen joutumisen pahantahtoisten tahojen käsiin, joilla on riittävä tekninen tietämys heikosti turvattujen IoT-laitteiden haavoittuvuuksista. Luotettavuus on myös tärkeää teknologioiden yleisen mielikuvan ylläpitämisessä. Mikäli teknologia on jatkuvasti ongelmiansa takia otsikoissa, se todennäköisesti vaikuttaa siihen, kuinka todennäköisesti niitä otetaan laajemmin käyttöön.

Suman Bhattacharyan ym. tutkimuksen, "Internet of Things (IoT) enabled assistive care services: Designing for value and trust", mukaan luottamus on kriittisessä asemassa käyttäjän ja teknologian välillä sekä käyttäjän ja avustavan asumisen palvelujen tarjoajien välillä. Luottamuksen puute voi johtaa siihen, että palveluita ei haluta käyttää, mikä vaikeuttaa suuresti teknologioiden implementointia arkeen. Palveluiden automaation määrä, yksityisten tietojen käsittely ja siirto eri palveluiden välillä liittyvät eettisiin kysymyksiin, turvallisuuteen ja yksityisyyteen, jotka voivat aiheuttaa epäilystä loppukäyttäjissä. Tutkimuksen mukaan luottamukseen perustuva palveluiden suunnittelu voi helpottaa joitain näistä eettisistä kysymyksistä ja edistää teknologian parempaa omaksumista (Bhattacharya, Wainwright ja Whalley 2017). Mikäli teknologian halutaan ottaa laajemmin käyttöön vanhustenhoidossa, on tärkeää, että luottamusta käyttäjien ja teknologioiden välille luodaan aktiivisesti. Teknologian käytön vastustelu haittaa selkeästi tavoiteltuja positiivisia etuja, joita teknologioiden käytöllä haetaan. On siis tärkeää, että palvelujen tarjoajat ja loppukäyttäjät ovat yhtämieltä teknologioiden implementoinnista arjen avuksi.

### **7.1.5 Tyytyväisyys**

Teknologiasta seuraavaa tyytyväisyyden tunnetta voidaan tarkastella kahdesta näkökulmasta. Ensimmäinen näkökulma liittyy tyytyväisyyteen itse teknologian toiminnallisuuteen, kuten siihen, miltä teknologian käyttö tuntuu, laitteiden ulkonäköön tai siihen, miten hyvin laite suoriutuu tehtävästään. Toinen näkökulma liittyy tyytyväisyyteen siitä, mitä teknologian käytöllä mahdollistetaan ja koetuista hyödyistä, kuten sosiaalisen elämän aktivoituminen, oireiden helpottuminen tai lääkärinpalveluihin pääsy kotisohvalta. Tyytyväisyys on luonnollisesti yksilöllistä, ja teknologian käyttöönoton onnistumiseen vaikuttavat moninaiset tekijät.

Riyad Al-Shaqin tutkimus "Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly" korostaa kotona asumisen merkitystä vanhusten hyvinvoinnin kannalta. Tutkimuksen mukaan koti on keskeisessä asemassa itsenäisen, terveellisen ja sosiaalisesti aktiivisen elämän mahdollistamisessa. Kodin tulisi olla suunniteltu ja varustettu oikealla infrastruktuurilla tarjoamaan erilaisia palveluita, jotka tukevat vanhusten tarpeita. Teknologiat, jotka tarjoavat helpon pääsyn terveydenhuollon-, hoivatuon-, kaupan-palveluihin sekä kulttuuri- ja sosiaalisiin aktiviteetteihin kotikäyttöön soveltuvilla ratkaisuilla, ovat olennaisessa roolis-

sa iän tuomien haasteiden, kuten eristäytymisen, yksinäisyyden ja fyysisen sekä henkisen heikkenemisen, kompensoinnissa (Riyad Al-Shaqi 2016). Teknologiat, jotka positiivisesti vaikuttavat vanhusten sosiaaliseen elämään, lisäävät yleistä tyytyväisyyttä ja parantavat elämänlaatua.

Srizongkham ym. "Critical Factors for Adoption of Wearable Technology for the Elderly: Case Study of Thailand" -tutkimuksen tavoitteena oli selvittää tekijöitä, jotka vaikuttavat asiakkaiden odotuksiin puettavien teknologioiden käyttöönotossa. Tutkimuksessa olleet puettavat teknologiat sisälsivät älykellon, lokaation seurantalaitteen ja älylasit. Tutkimus osoitti, että ikääntyneiden puettavien teknologioiden käyttöönoton kriittinen tekijä on terveysarvotekijä, jolla kerrotaan olevan seuraavia ominaisuuksia:

- Tekninen uutuus: Ikääntyneet päättivät ottaa puettaviateknologioita käyttöönsä, jos se pystyi parantamaan käyttäjän hyvinvointia. Esimerkiksi laite pystyi muistuttamaan käyttäjää ottamaan lääkkeensä oikeaan aikaan.
- Käyttöliittymä: Ikääntyneet päättivät ottaa teknologian käyttöön, jos sille pystyi tallentamaan käyttäjän henkilötiedot, suunnittelemaan päivittäiset toiminnot ja muistuttamaan käyttäjää suunnitelman tapahtumista.
- Liikunta sovellus: Ikääntyneet valitsivat teknologian käyttöön, jos se pystyi seuraamaan liikuntamittareita, kuten kävelyä tai juostua matkaa, kulutettuja kaloreita ja sydämen sykettä.

Tutkimuksessa oli mukana sekä ikääntyneitä että hoitajia, ja tyytyväisyys sekä koettu hyöty teknologian käytöstä ovat keskeisiä tekijöitä siinä, haluavatko ikääntyneet ottaa teknologiat osaksi arkeaan (Srizongkham, Shirahada ja Chiadamrong 2018).

Mohanraj Karunanithin tutkimuksessa perinteisten verenpainemittareiden teknologian käyttö oli rajoittunutta johtosarjojen tai tallentimien vuoksi. Kuluttajalähtöisissä seurantateknologioissa, erityisesti ikääntyneiden kohdalla, haasteena on laitteiden tarve olla huomaamattomia ja käyttäjystävällisiä, jotta ne eivät häiritse potilaiden hyvinvointia ja päivittäisiä toimintoja (Karunanithi 2007). Tämä haaste on ratkaistu monilla eri markkinoilla olevilla IoT-teknologioilla, kuten puettavilla antureilla erilaisissa muodoissa, kuten ranteissa, sormuksissa ja kelloissa. Teknologian kehitys on mahdollistanut entistä pienempien ja kevyempien

antureiden integroimisen puuttaviin varusteisiin.

Tae Hee Jon ym. tutkimuksessa "Elderly Perception on the Internet of Things-Based Integrated Smart-Home System" pyrittiin selvittämään ikääntyneiden suhtautumista älykoteknologioihin ryhmähaastatteluiden avulla. Tutkimuksessa käsiteltiin neljää tekijää (koettu mukavuus, koettu käytettävyys, koettu yksityisyys ja koettu hyöty). Tutkimuksen odottamaton löydös oli, että lähes kaikki ikääntyneet osallistujat suhtautuivat myönteisesti älykotijärjestelmien yksityisyyden hallintaan, mikä oli ristiriidassa monien aiempien tutkimusten kanssa. Sen sijaan, että haastatellut olisivat kokeneet kielteisiä reaktioita yksityisyyden suhteen, ikääntyneet osallistujat korostivat haluaan jakaa reaaliaikaista seurantatietoaan potentiaalisti avuliiden tahojen, kuten perheenjäsenten ja ystävien kanssa. Tutkimus vahvisti, että ikääntyneet käyttäjät kokevat älykotijärjestelmien edut ylittävän mahdolliset kielteiset reaktiot (Jo, Ma ja Cha 2021). Positiivinen reaktio yksityisyyden hallintaan voi olla seurausta teknologian yleistymisestä ja sen käytön tulemisesta arkipäiväisemmäksi vanhusten keskuudessa.

Blaine Reederin ym. tutkimuksessa "Older Women's Perceptions of Wearable and Smart Home Activity Sensors" seurattiin kymmenen 57–70-vuotiaan naisen käyttökokemuksia puettavien ja kotona asumista tukevien teknologioiden kanssa. Tutkimuksessa naiset arvioivat teknologioiden hyviä ja huonoja puolia sekä ilmaisivat omia mielipiteitään, huoliaan ja parannusehdotuksiaan. Enemmistö tutkimukseen osallistujista suosi puettavia teknologioita älykoteknologien sijaan. Molempia teknologioita pidettiin kuitenkin hyväksyttävänä ja hyödyllisinä. Puettavien teknologioiden suosio voi johtua testaaajien aktiivisista elämäntavoista, jotka hyötyivät enemmän teknologioista, jotka tukivat heidän elämäntyyliään. Älykoteknologioiden hyödyt tunnustettiin, mutta ne nähtiin paremmin sopivan vanhemmille ikäryhmille. Eräs osallistuja kommentoi tutkimuksen aikana: "Mielestäni jollekin, etenkin vanhuksille, kotipohjainen järjestelmä, kun he heikkenevät, kun he ovat enemmän kotonaan, on ehdottomasti joitakin etuja... heidän ei tarvitsisi ajatella sitä, jos heidän muistinsa alkaa hieman pettää, hoitaja tai hoitotarjoaja voisi seurata sitä, kun taas muiden laitteiden kanssa, jos he unohtavat laittaa sen päälle, jos he tekevät jotain, jos he tekevät jotain, tiedäthän, on kaikenlaisia teki-jöitä, joita et voi kontrolloida muiden laitteiden kanssa" (Reeder ym. 2020). Tutkimustulokset osoittavat, että monet testatut teknologiat saivat myönteistä palautetta, mutta osallistujat

ilmaisivat myös kritiikkiä, havaintoja ja huolenaiheita, jotka käsitellään myöhemmin.

### 7.1.6 Taloudellisuus

Malwade ym. tutkimuksessa esiteltyjen kotona-asumista tukevien teknologioiden kerrotaan mahdollistavan sen että hoidon tarjoajat, lääkärit ja perheenjäsenet voivat seurata vanhusten terveyttä matkustamatta lääkärikeskukseen. Tämä itsessään jo vähentää tarvittavia taloudellisia resursseja, mutta tutkimuksessa ennustetaan lisäksi tekniikka paranevan ja halvenevan tulevina vuosina, jolloin sitä otetaan yhä paremmin käyttöön (Malwade ym. 2018).

Riyad Al-Shaqi tutkimuksessa "Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly" esiteltiin kirjo eri tarkoituksiin soveltuvia IoT-laitteita ja niiden hintoja.

Sensori	Käyttötarkoitus	Hinta ((US\$))
Magneettikytkin	Havaitsee ovien, ikkunoiden, kaappien jne. avaamisen	5.00 ± 0.75
Lämpötila-anturi	Havaitsee ympäristön tai veden lämpötilan	9.00 ± 2.00
Fotosensori	Havaitsee valaistustason	5.00 ± 1.25
Painematto	Mittaa painetta pinnoilla	25.00 ± 5.00
Vesivirta-anturi	Mittaa virtausta hanoissa ja suihkuissa	24.00 ± 3.00
Infrapunaliiketunnistin	Havaitsee liikettä	35.00 ± 2.00
Kotitalouslaitteet	Lähettää signaaleja, kun käyttäjä kytkee laitteet päälle/pois päältä	30.00 ± 5.00
Teho/virta-anturi	Lähettää numeerisia arvoja sähkönkulutuksen mukaan	120.00 ± 3.00
Voima-anturi	Havaitsee liikettä ja kaatumisia	33.00 ± 5.00
Savu/lämpöanturi	Havaitsee savua tai tulipaloa	18.00 ± 6.00
Biosensori	Seuraa ihmisen elintoimintoja	180.00 ± 5.00

Tutkimuksen mukaan kyseisen taulukon tiedoissa esitetään suuntaa antavia kustannustietoja tammikuulta 2015 eri yhdysvaltalaisilta toimittajilta. Kustannusten vaihtelun kerrotaan johtuvan muun muassa teknologian, laitepakkausten ja yksikkömäärien mukaan (Riyad Al-

Shaqi 2016). Jo näistä vuoden 2015 hinnoista voidaan nähdä, että monet IoT-teknologiat ovat todella halpoja.

Kaichang Cui ym. tutkimuksen "Influencing factors of the treatment level of elderly care workers and their career development prospects" mukaan hoitohenkilökunta on useissa maissa alhaisesti palkattua. Tästä huolimatta eri maiden välillä palkoissa voi olla suuriakin eroja. Kiinassa hoitajan palkka voi kuukaudessa vaihdella esimerkiksi 3000 ja noin 7000 yuanin välillä ( 380-900 €) (Cui ym. 2023). Suomessa Suomen lähi- ja perushoitajaliiton terveyspalvelualan työehtosopimuksen mukaan hoitotyöntekijän palkka on noin 2100 €/kk (Perushoitajaliitto SUPER 2023). Näinkin erilaisista hintatasoista nähdään, että varsinkin halvemman pään teknologiat ovat varsin edullisia verrattuna henkilökunnan kustannuksiin. Tarkoituksena ei luonnollisesti ole korvata henkilöstöä vaan siirtää tehtäviä, jotka teknologia pystyy toteuttamaan. On myös huomioitava, että kyseisissä hinnoissa huomioidaan vasta itse laitteen hinta. Muita kuluja tulee olemaan muun muassa teknologioiden asennus, koulutus, ylläpito sekä yleinen hallinnointi.

Riyad Al-Shaqin tutkimuksessa kotiautomasoinnin yhtenä tavoitteena kerrotaan olevan kotitalouden ylläpitokustannusten minimointi. Hoitolaitos- ja sairaalahoidon kerrotaan olevan lähtökohtaisesti kallista, ja mikäli potilaan asuinpaikan takia joudutaan tekemään erikoisjärjestelyjä, kustannukset kasvavat entisestään. Itsenäisen elämisen mahdollistavat teknologiat ikääntyneille, kuten AALS-järjestelmät, nähdään olennaisessa roolissa hoitokustannusten laskemisessa. Teknologioiden kerrotaan voivan merkittävästi vähentää terveydenhuollon kustannuksia sekä fyysistä taakkaa terveydenhuollon tukijoilta ja perheenjäseniltä (Riyad Al-Shaqi 2016). IoT-teknologiat voivat mahdollistaa matkustukseen ja laitteiston siirtoon liittyvien kulujen leikkauksia. Matkustuksen vähentäminen voi myös madaltaa kynnystä ottaa hätätilanteessa yhteyttä terveydenhoitoon, mikäli yhteyden voi tehdä omasta kodista käsin.

Nazmiye Balta-Ozkan ym. tutkimuksen "Social barriers to the adoption of smart homes" mukaan osallistuneiden kesken uskottiin älykotitekniologioiden toimivan mahdollisuutena lisätä vapaa-aikaa, säästää rahaa, helpottaa elämää ja tarjota tukea avustettuun elämään osallistujien ikääntyessä. Energiankulutuksen vähentäminen houkutti erityisesti laskun maksajia. Tutkimuksen sovellus tarjosi huonekohtaisen tiedon energiankulutuksesta, joka arvioitiin hyödylliseksi, koska se auttaisi talouksia paikantamaan ja vähentämään energiankulu-

tustaan ja siten vähentämään kustannuksia (Balta-Ozkan ym. 2013). Useissa tutkimuksissa tarkastellaan IoT:n tuomia säästöjä palvelua tarjoavan yrityksen näkökulmasta, mutta näyttää myös siltä, että IoT:lla voidaan tehdä muitakin säästöjä vanhuksen näkökulmasta kuin vähentää sairaalakäyntien määrää. Energiankulutuksen tarkkailu ja terveysongelmien ennakointi havaitseminen ja siten potentiaalisesti kalliiden operaatioiden välttäminen ovat yksiä taloudellisista hyödyistä, joita teknologioita käyttävä vanhus voi saavuttaa.

Siihen, kuinka paljon kustannuksia voidaan vähentää IoT-teknologioiden avulla, tutkittiin muun muassa Petra Maresova ym. tutkimuksessa "An effectiveness and cost-estimation model for deploying assistive technology solutions in elderly care". Tutkimuksen mukaan vanhustenhoitoa avustavien teknologioiden käyttöönotto on yksi merkittävimmistä trendeistä. Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida ja osoittaa kustannukset sekä niihin liittyvät hyödyt IoT-ratkaisujen tarjoamisesta ikääntyneille. Viiden vanhuksille tarkoitetun avustavan laitteen yhdistelmän optimaalisen ratkaisun myötä kustannussäästöt olivat tutkimuksen kumulatiivisen simulaation mukaan 37.8 % (182 miljardia CZK) ajanjaksolla 2021–2060. Mallilla pystyttiin huomioimaan tuloksissa myös maakohtaiset erot hoitajien palkoissa. Eri mallien välillä säästöt vaihtelivat 37.6 %:sta 39.8 %:iin. Tulosten perusteella suurimmat säästöt saadaan maista, joissa hoitajien palkat ovat korkeammat (Maresova ym. 2023). Tulos on looginen kun vertaillaan Riyad Al-Shaqin tutkimuksessa esiteltyjen laitteiden hintoja Stephen Allain tutkimuksen esimerkki maiden hoitohenkilökunnan palkkaeroihin. Myös Anil Chackon ym. tutkimuksessa "Security and Privacy Issues with IoT in Healthcare" otettiin huomioon IoT-teknologioiden potentiaaliset säästöt. Tutkimuksen mukaan keskimääräinen päivittäinen kustannus yhdelle potilaalle oli yli 1700 dollaria vuonna 2013, ja Yhdysvallat käyttävät terveydenhuoltoon tutkimuksen tekohetkellä 18 % bruttokansantuotteestaan, ja määrän ennustetaan vain jatkavan kasvuaan tulevina vuosina. Tutkimuksessa nostetaan yhdeksi ratkaisuehdotukseksi potilaiden etäseurantajärjestelmät (engl. Remote Patient Monitoring, RPM). Tutkimuksessa mainitaan BodyGuardian-etäseurantajärjestelmä, jonka kerrotaan auttavan lääkäreitä hienosäätämään annettua hoitoa samalla kun potilaat voivat elää elämäänsä ilman rajoituksia. Lääkintähenkilökunnan kerrotaan voivan pitää silmällä potilaidensa tilaa ja puuttua tarvittaessa hätätilanteisiin sekä mahdollistavan säännöllisen seurannan korkean riskin potilaiden tilanteesta. Tutkimuksen mukaan teknologiat voivat mahdollistaa 305 miljardin dollarin säästöt digitaalisen terveydenhuollon avulla, joista jopa 200 miljardia dollaria voisi

tulla kroonisten sairauksien hallinnasta, pääosin poistamalla tarpeettomia ja tuhlatuja kuluja. Potentiaaliset säästöt eivät lopu siihen, sillä tutkimuksessa arvioidaan, että potilaiden etäseurantateknologia yhdessä sähköisen terveystietojen kanssa voivat säästää terveydenhuoltoa yhteensä jopa 700 miljardia dollaria 15–20 vuoden aikana (Chacko ja Hayajneh 2018). Arvioidut pitkän aikavälin säästöt ovat merkittäviä. Hyöty tulee tutkimusten perusteella olemaan suurempi rikkaammilla mailla, joille myöskään IoT:n käyttöönottoon liittyvät aloituskustannukset eivät ole yhtä suuri ongelma kuin köyhemmille maille. Vanhustenhoidon ongelmat koskevat kuitenkin niin köyhiä kuin rikkaitakin maita. Teknologioiden yleistyminen rikkaissa maissa luultavasti johtaa siihen, että laitehinnat laskevat, ja köyhempienkin valtioiden on helpompi alkaa ottamaan niitä käyttöönsä.

## 7.2 Esineiden Internetin Haasteet

IoT voi paperilla kuulostaa mutkattomalta ratkaisulta moniin vanhustenhoidon ongelmiin, mutta on hyvä myös tarkastella haasteita, mitä teknologioiden käytöllä on. IoT:n haasteita, haavoittuvuuksia ja ongelmia on tutkittu laajasti. Blaine Reederin ym. tutkimuksessa koottiin iäkkäiden naisten keskuudessa heränneitä huolia teknologioiden käytöstä.

- Käyttöön liittyvät anturit tuovat mahdollisia haasteita käyttöönotolle ja käytettävyydelle:

Osa tutkimukseen osallistujista oli huolissaan käyttöön liittyvistä antureista, ja siitä miten heidän pitäisi muistaa käyttää anturia oikein. Muut haasteet liittyivät tutkimuksen mukaan hankaluuteen käyttää teknologioita tai häiriöihin toiminnassa. Kritiikkiä sai myös eräs testatuista antureista, joka ei testajan istuessa pysynyt paikallaan. Huolta aiheutti myös se pitääkö anturit riisua aina ennen wc:n tai suihkun käyttöä.

- Tietojen jakaminen perheenjäsenten tai terveydenhuollon tarjoajien kanssa herättää vain vähän huolenaiheita:

Tutkimuksen mukana osallistujat raportoivat vain vähän huolenaiheita henkilökohtaisten aktiviteettitietojen jakamisesta perheenjäsenten tai terveydenhuollon tarjoajien kanssa. Suurimman osan osallistujia kerrotaan kannattaneen tietojen jakamisesta läheisten ihmisten kanssa. Osa osallistujista ei ollut yhtä varmoja tietojen jakamisesta.

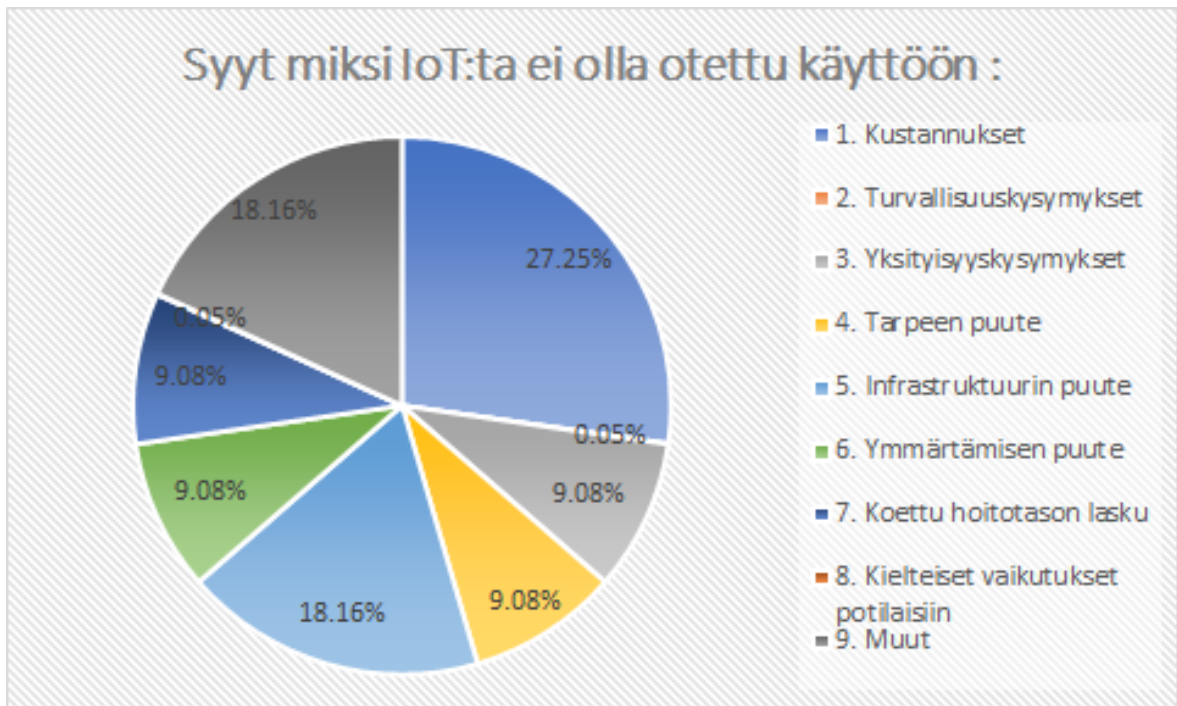


- Aktiivisuus-sensorit herättävät mahdollisia yksityisyyskysymyksiä: Tutkimuksen mukaan, suurin osa osallistujista nosti esiin yksityisyyteen liittyviä huolenaiheita antureiden ja älykotisensoreiden käyttöön liittyen. Tutkimuksessa nostetaan myös huoli yksityisyyskysymyksistä talon murtautumiseen liittyen. Huolta aiheutti tietojen kerääminen kotona olemisesta ja tiedon päätyemisestä väriin käsiin.

Tutkimuksen aikana nostettiin myös laitteen esteettisyyden tärkeys. Laitteen ulkonäkö koettiin potentiaalisesti esteeksi puettavien teknologioiden käyttöönotossa (Reeder ym. 2020). Tutkimuksessa esitellyistä haasteista huolimatta tutkimukseen osallistujille tuntui jääneen pääosin positiivinen kuva teknologioiden käytöstä.

Tae Hee Jon ym. tutkimuksen keskusteluryhmähaastatteluista selvisi, että tutkimukseen osallistuneiden vanhusten pääasialliset huolenaiheet liittyivät älykotisensoreiden käyttämisen ja käyttämisen epämukavuuteen, päivittäisten toimintojen keskeytyksiin liittyvään hankaluuteen sekä erilaisten älykotisensorien soveltamisen monimutkaisuuteen, kuten vaikeuteen hallita sensorien toimintoja ja ymmärtää sensorin näyttötiedot. Tämän lisäksi tutkimuksessa vastaajilla heräsi erityisesti voimakkaampia negatiivisia reaktioita liittyen älykotisensorien säännölliseen akkujen lataamiseen ja niiden uudelleen asettamiseen (Jo, Ma ja Cha 2021). Tutkimuksen huomioiden pohjalta voidaan todeta käytettävyyden suunnittelun ja koulutuksen tärkeys teknologioiden käyttöönotossa vanhusten hoidon apuvälineenä. Puettavien laitteiden kohdalla akkujen lataaminen ja laitteiden uudelleen pukeminen päälle, pois oton jälkeen, voivat aiheuttaa ongelmia teknologioiden käytössä. Esimerkiksi muistisairaana käyttäjän kohdalla riski laitteiden jäämiseen lataamatta tulee ottaa huomioon. On kuitenkin huomioitava, että useat, kuten kotona asumista tukevat teknologiat, toimivat verkkovirralla, joten tätä ongelmaa ei onneksi koske kaikkia teknologioita.

S. Al-Sarawin ym. tutkimuksessa "The Cyber Security Risks of Using Internet of Things (IoT) Within the Domiciliary Care Sector", haastateltiin 15 vanhustenhoitoon erikoistunutta yritystä heidän käyttämistään IoT-teknologioista. Tutkimus osoitti, että 33,33 prosenttia viidestätoista tutkitusta hoitoyrityksestä ei käyttänyt mitään teknologiaa hoitopalveluissaan, ja kaiken kaikkiaan 18,18 prosenttia valitsi, etteivät he halua ottaa käyttöön mitään IoT-laitteita. Tutkimuksessa selvitettiin, mitä huolia näillä yrityksillä oli. Huolet on koottu kuvioon 3 (S. Al-Sarawi ja Alzubaidi 2017).



Kuvio 3. Al-Sarawin ym. tutkimuksessa esiteltyjä syitä miksi yritykset eivät ole ottaneet IoT-teknologioita käyttöönsä

Kuvaajasta nähdään osa haasteista mitä IoT-teknologioiden tulee päihittää, ennen kuin yritykset ottavat askelia IoT-teknologioiden implementointiin. Tutkimuksen otanta oli suhteellisen pieni, joten ei voida täysin luottaa, siihen mitkä kaikki syyt, ja kuinka todennäköisesti, johtavat päätökseen olla ottamatta IoT-teknologioita käyttöön vanhustenhoidon yhteydessä. Tutkimus kuitenkin antaa osviittaa siitä, mitä yleisimmät syyt voivat olla.

### 7.2.1 Kyberturvallisuus

IoT-laitteet keräävät ja viestivät dataa internetin välityksellä laitteilta tietojärjestelmiin, josta tieto viedään terveydenhuollon ammattilaisten käyttämille ohjelmistoille. Kyberturvallisuus on yksi merkittävimmistä haasteista, joita IoT-teknologioiden, kuten myös minkä tahansa nettiin kytkettyjen palveluiden, tulee ottaa huomioon teknologioiden kehityksessä ja ylläpidossa. Vanhustenhoidon IoT-laitteet voivat kerätä mm. henkilökohtaisia terveystietoja ja sijaintitietoja, jotka on kriittistä pitää turvassa pahan taholta tulevilta uhilta. Anil Chacko ym. tutkimuksessa mainitun BodyGuardian-etäseurantajärjestelmän kerrotaan käsittelevän

turvallisuusvaatimuksia useilla tavoilla. Järjestelmän kerrotaan erottavan potilastunnistetiedot ja havaintotiedot, sekä salaavan tiedot laitteella, siirron aikana ja varastoinnissa (Chacko ja Hayajneh 2018). Kyseisessä tapauksessa laitteen kyberturvallisuus on otettu huomioon useammalla tasolla, mikä antaa kuvan siitä, että turvallisuus on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa.

Wang ym. tutkimuksen mukaan perinteiset älyvaatteet eivät pysty seuraamaan tarkkaa sijaintia. Tästä johtuen, mikäli vanhusten luokse pystytään lähettämään hätätilanteessa nopeasti apua, suositellaan tutkimuksessa käyttämään tarkkaan paikannukseen tarkoitettuja puettavia teknologioita älyvaatteiden rinnalla (Wang, Yang ja Dong 2017). Tällä tavalla voidaan potentiaalisesti estää hätätilanteen eskaloituminen pahempaan suuntaan. Tarkan paikannuksen huono puoli on, että mikäli sijaintitiedot päätyvät väärin käsiin, niitä voidaan käyttää pahanaikaisiin tarkoituksiin.

S. Al-Sarawin ym. tutkimuksen haastatteluista selvisi, mitä turvallisuuteen liittyviä huolenaiheita yrityksillä oli vanhustenhoidon IoT-laitteita kohtaan. Vastausten perusteella vanhusten potilastietojen joutuminen väärin käsiin näytti keränneen kaikkein eniten huolta eri yrityksillä. Kooste vastausten turvallisuushuolista löytyy kuvioista 4.

Tutkimuksessa esiteltiin myös yleisiä tapoja tunnistaa ja määrittää haavoittuvuuksia, hyökkäystapoja ja riskiarviota. Yleisiä tutkimuksessa nostettuja haavoittuvuuksia olivat:

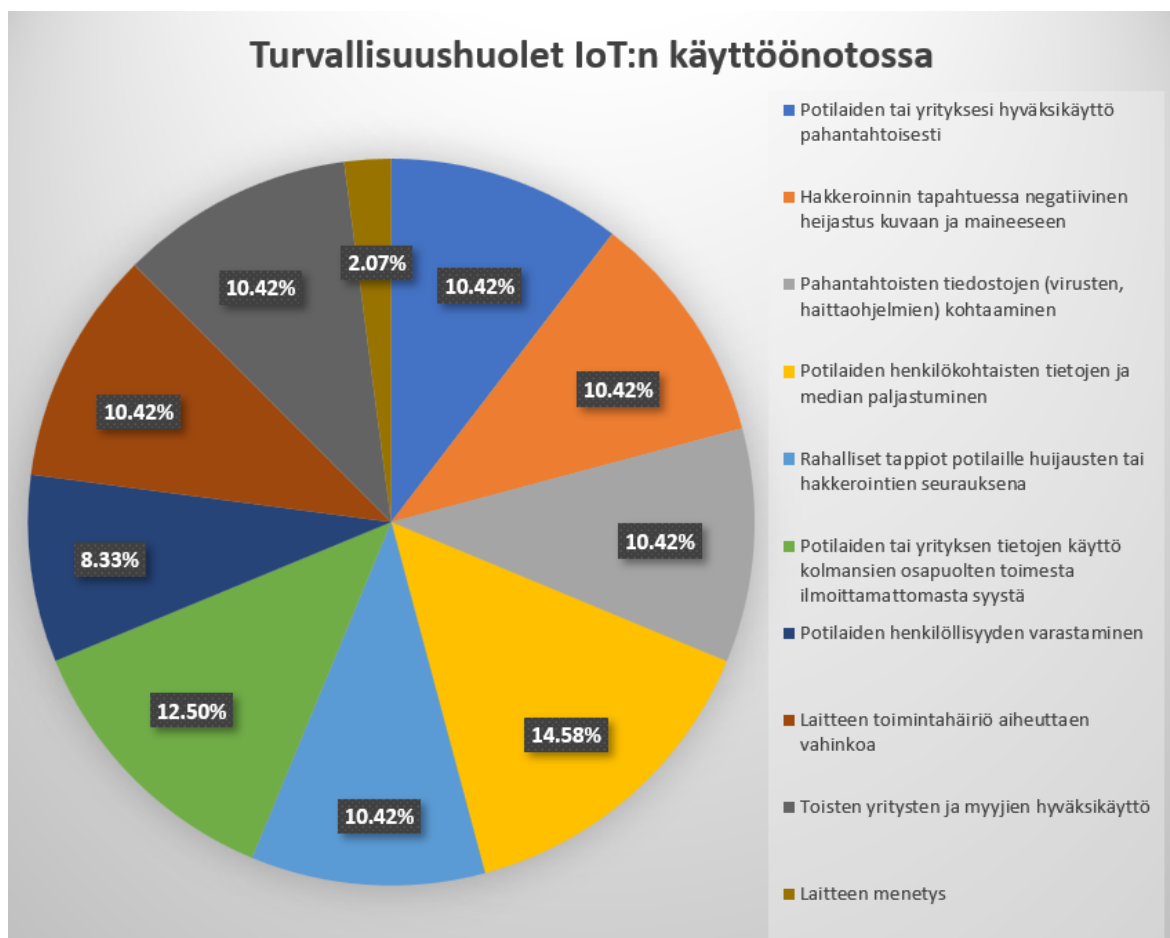
- Hakkerointi: Useat älylaitteet kytkettyinä samaan verkkoon voi johtaa siihen, että herkkiin laitteisiin, kuten virtalähteisiin ja lääketieteellisiin laitteisiin voidaan kohdistaa hyökkäyksiä.
- 5G:n kaistanleveyden laajentuminen:

Ohjelmistopohjainen hallinta: 5G-verkkoa hallitaan ohjelmistolla

Ohjainohjelmiston menettäminen asettaa koko verkon vaaraan

- Verkkotoiminnot ovat nykyään virtualisoituja ohjelmistoja
- Verkko on hajautettu ja niiden välillä toimii ohjelmistopohjainen reititys

Hyökkäystavoiksi tutkimuksessa mainitaan mm. yrityksen työntekijän suorittama tiedostojen ja laitteiden sabotointi. Tahallinen pääsyn anto hakkerille järjestelmään levittämällä



Kuvio 4. S. Al-Sarawin ym. tutkimukseen haastateltujen yritysten IoT:hen liittyviä huolia

kriittistä tietoa tai asettamalla aikapommeja, jotka aktivoituvat työntekijän lähdettyä yrityksestä. Tutkimuksen mukaan mm. tyytymättömät työntekijät voivat kantaa kaunaa yritystä tai esimiestä kohtaan ja sabotoivat projektia tai laitetta. Sisäiset uhat voivat olla myös tahattomia, ja voivat johtua sekä työntekijästä että käyttäjästä. Niihin kuuluvat mm. :

- Järjestelmäongelmat
- Huono koulutus voi johtaa huonoon/puutteelliseen asennukseen
- Huono koulutus turvallisuusmääräyksistä
- Työntekijän tai ikääntyneen järjestelmän epäasianmukainen käyttö tai uteliaisuus
- Onnettomuus saa laitteen toimimaan väärin, nollaamaan tai lopettamaan toimintansa

Tutkimuksessa listattiin mahdollisten kompromissien seuraukset:

- Terveyden ja turvallisuuden vaarantuminen
- Rahalliset vahingot
- Terveysseurannan keskeytyminen ja arvokkaiden tietojen menetys
- Tietojen ja henkilökohtaisten tietojen varastaminen
- Sääntelyvaatimusten ja noudattamisten rikkominen
- Yksityisyyden loukkaaminen
- Yrityksen maineen vahingoittuminen
- Elämänlaadun heikkeneminen

Tutkimuksen mukaan vahingon vakavuus arvioidaan seurausten perusteella. Vahingon vakavuutta voidaan pisteyttää siten, että kokonaispisteet ottavat huomioon uhan ja seuraukset sekä määrittävät vaikutukset (S. Al-Sarawi ja Alzubaidi 2017). Tutkimuksesta voidaan huomata, että kyberturvallisuus ei tarkoita pelkästään ohjelmakoodin turvallisuuden huomioimista, vaan myös inhimillisillä tekijöillä on suuri merkitys.

Anil Chackon ym. tutkimuksessa otettiin kantaa erilaisiin haavoittuvuuksiin ja konkreettisiin menetelmiin, miten vanhustenhoidon IoT-laitteita kohtaan voidaan hyökätä. Tutkimuksen yksi esimerkki oli hajautettu palvelunestohyökkäys (DDoS), jossa useita järjestelmiä käytetään yhtä järjestelmää vastaan aiheuttaen palveluneston, sekä pyrkien kaatamaan sen. Tutkimuksessa mainittiin myös Mirai-malware, joka oli tutkimuksen tekohetkellä tarttunut lähes puoleen miljoonaan IoT-laitteeseen. Jotkut lääketieteelliset IoT-laitteet, kuten sydämentah-

distimet, voivat vain lähettää tietoja, toiset voivat lähettää ja vastaanottaa. Tämän kerrotaan altistavan osan potilaista hakkeroinnille, joka voi vahingoittaa heitä. Vaihtoehtoisesti laitetta voidaan myös käyttää päästäkseen käsiksi lääketieteellisiin tietoihin. Tutkimuksen mukaan huoli esimerkiksi sydämentahdistimien, insuliinipumppujen ja defibrillaattorien haavoittuvuudesta kasvaa, kun terveydenhuollon laitokset luottavat yhä enemmän automatisoituihin laitteisiin. Sairaalan IoT-laitteiden kerrotaan voivan olla haavoittuvia hakkeroinnille, jos laitteisiin ei ole asennettu viimeisimpiä tietoturvapäivityksiä. Tutkimuksessa mainitaan esimerkkinä tapaus, jossa vuonna 2015 kaksi tietoturvatutkijaa löysi yli 68 000 terveydenhuollon järjestelmää, jotka olivat alttiina verkossa. Tutkijat ovat myös pystyneet osoittamaan, miten hakkeri voi saada laitteen toimimaan virheellisesti ja aiheuttaa sokin, joka olisi sydämelle vaarallinen, käyttäen sydämen tahdistinta. Tutkimuksen mukaan vaikka yksilön vahingoittaminen on mahdollista, tällaista ei ole vielä todistetusti tehty laboratorion ulkopuolelle.

Tutkimuksessa tarjottiin myös keinoja, joilla pystytään parantamaan vanhustenhuollon IoT-laitteiden kyberturvaa. Tutkimuksen mukaan IoT-laitteiden tarjoajat ja valmistajat voivat panostaa laitteiden salaukseen ja turvalliseen käynnistykseen. Turvallisessa käynnistyksessä varmistetaan, että laitetta käynnistettäessä sen konfiguraatioita ei ole muokattu. Muita esitetyjä keinoja olivat:

- Turvatoimet tulisi sisällyttää IoT-laitteen suunnitteluun sisältäen riskiarvion suorittamisen ennen kuin laite tarjotaan markkinoille
- Varmistaa, että todennusta noudatetaan asianmukaisesti, laitteen käyttöoikeuksia rajoitetaan, laitteeseen lähetettävän käyttöjärjestelmän turvallisuus varmennetaan ja laitteiden välistä viestintää seurataan
- Käytetään monitasoista puolustusstrategiaa, jossa on useita turvakerroksia suojaamaan riskejä vastaan
- Varmistaa, että käytössä on pääsynhallintatoimenpiteet, jotka rajoittavat luvaton pääsyä tietoihin, IoT-laitteisiin ja verkoihin
- Testataan IoT-laitteen turvallisuus ennen sen käyttöön ottamista ja seurataan laitteen turvallisuutta sen elinkaaren ajan
- Luodaan turvallisuuskulttuuri, jossa työntekijät koulutetaan tunnistamaan haavoittuvuudet (Chacko ja Hayajneh 2018)

Läpi käydyt varoittavat esimerkit osoittavat, että kyberturvan uhkat voivat pahimmillaan olla vaaraksi jopa ihmishengille. Turvallisuuden huomioiminen on siis todella tärkeää huomioida IoT-laitteita kehittäessä. Kehittäjien turvatietoisuuden lisäksi on tärkeää, että muukin henkilökunta, palvelun tilaaja ja loppukäyttäjät omaavat riittävät tietoturva taidot, jotta potentiaaliset uhat eivät muutu todeksi. Yrityksellä on myös hyvä olla suunnitelma sen varalle, että ongelmia ilmaantuu. Tällöin ongelmiin voidaan reagoida mahdollisimman nopeasti, jotta todennäköisyys vakaville kyberturvallisuus uhille voi pienentyä.

### **7.2.2 Saavutettavuus ja skaalautuvuus**

IoT:n laitteistojen käyttöönotto vaatii toimiakseen internet-yhteyden. Tämä tarkoittaa, että IoT-teknologioiden hyödyntäminen vanhusten hoidon apuvälineenä voi estyä tai hankaloitua alueilla, joissa joko ei ole internetiä tai internet-yhteys on heikko. Somayya Madakam ym. kirjallisuuskatsauksessa "Internet of Things (IoT): A Literature Review" kerrotaan, että jo 31. joulukuuta 2011 Internetin käyttäjiä oli arviolta 2 267 233 742 maailmanlaajuisesti, eli 32,7 % maailman väestöstä käytti Internetiä tutkimuksen tekohetkellä (Somayya Madakam 2015). Määrä on kasvanut kuluneen reilun kymmenen vuoden sisällä, kuten pystytään päättelemään Statista-sivuston tilastoista. Tilastojen mukaan tammikuussa 2021 maailmanlaajuisesti internetin käyttäjiä oli arviolta 4,66 miljardia, mikä on noin 59,5 % maailman väestöstä (<https://www.statista.com> 2021). Tämä osoittaa, että vaikka suurimmalla osalla kansasta on pääsy internet-infrastruktuuriin, jonka avulla myös IoT-teknologioita voitaisiin ottaa käyttöön, niin siitä huolimatta noin 40 % ihmisistä elää internet-yhteyden ulottumattomissa ja joutuu tyytymään perinteisempiin teknologioihin vanhusten hoidossa. Määrä on huomattavasti pienempi kuin matkapuhelimen omistajien määrä. Bankmycell.com-sivuston tilastojen mukaan vuonna 2022 matkapuhelimien käyttäjiä on 7,26 miljardia, mikä on 91,54 % maailman väestöstä (bankmycell.com 2022). Näin ollen noin 30 % pystyy teoreettisesti käyttämään esiteltyjä mobiiliverkkoilla toimivia teknologioita. Internetin levitessä laajemmalle, myös potentiaali vanhusten hoidon IoT-laitteille tulee kasvamaan.

Itse internet-yhteyden olemassaolo ei ole ainoa este tai haaste IoT-teknologioille. Tulevaisuudessa verkkoon kytkettyjen laitteiden määrä tulee todennäköisesti kasvamaan, mikä tarkoittaa, että laitteiden tarjoajilla tulee olla resurssit tarjota palveluita suurelle määrälle laittei-

ta. Siksi IoT:n data-arkkitehtuurin on huomioitava muun muassa tietojärjestelmien skaalautuvuus. Kinza Shafique ym. tutkimuksen mukaan skaalautuvuusongelmien ratkaisemiseksi pyritään kehittämään erilaisia laajemman alueen kattavia ja itsesopeutuvia monihyppyisiä reititysprotokollia, jotka jakautuvat kolmeen alueeseen:

- Tietokeskeinen
- Paikkaperusteinen
- Hierarkkinen

Energiankulutus ja aiheuttaa myös omat haasteensa IoT laitteille. Energiankulutuskysymyksiä käsitellään käyttämällä energiankeruutekniikoita, suunnittelemalla energiatehokkaita MAC-protokollia ja monikerroksisia protokollia (Shafique ym. 2020). Energiatehokkuuden huomioiminen on tärkeää niin taloudellisista, kuin myös ilmastonmuutosta torjuvana toimenpiteenä. Energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa komponentti tasolla, mutta myös esimerkiksi optimoimalla tiedonsiirtoa.

### **7.2.3 Kustannukset**

Resul Dasin tutkimuksen mukaan IoT-ratkaisujen ja sovellusten kustannukset aiheuttavat haasteita, koska vaikka ne ovat halvempia kuin perinteiset ratkaisut ja terveydenhuollon laitteiden kustannukset, useimmat hallitukset eivät tarjoa avustusta ikääntyneille, jotka haluavat käyttää näitä järjestelmiä (Das ym. 2017). Byrokratian lisäksi S. Al-Sarawin ym. tutkimuksessa haastateltujen yritysten yleisin syy sille, ettei IoT-teknologioita oltu otettu käyttöön, oli teknologioiden kustannukset (S. Al-Sarawi ja Alzubaidi 2017). Vaikka pitkällä tähtäimellä vaikuttaa siltä, että IoT:hen sijoittaminen on taloudellisesti halvempi ratkaisu, vaatii IoT-teknologioihin siirtyminen silti taloudellisen alkupanostuksen, jotta teknologiat saadaan käyttöön. Eri mailla tulee tästä näkökulmasta olemaan suuria eroja siinä, kuinka laajalti IoT-teknologioita pystytään ottamaan käyttöön. On myös todennäköistä, että täysimittainen IoT-teknologioiden hyödyntäminen vanhustenhuollossa tulee vaatimaan säädöksiä ja toimenpiteitä valtion tai kuntien taholta. On tärkeää, että tahot, jotka vastaavat teknologioiden käyttöönotosta, korostavat teknologioiden pitkäaikaisia säästöjä.



#### 7.2.4 Eettisyys

Resul Dasin tutkimuksen mukaan yhtenä IoT:n käytön huolenaiheena on se, että teknologioita käytetään mahdollisesti korvaamaan hoitajia. Vanhusten hoidon uudet teknologiat ja sovellukset tulisi tutkimuksen mukaan käyttää täydentämään hoivaa, mutta niiden ei ehkä koskaan odoteta korvaavan sitä täysin (Das ym. 2017). On tärkeää pitää mielessä, että ihmiset ovat luonnostaan sosiaalisia, ja hoitajat tarjoavat inhimillistä vuorovaikutusta, empatiaa ja henkilökohtaista huolenpitoa, jotka ovat keskeisiä vanhusten hyvinvoinnin kannalta. Hoitajat ovat koulutettuja ja ammattitaitoisia käsittelemään monimutkaisia terveyteen liittyviä tilanteita ja tarjoamaan lääketieteellistä hoitoa ja apua.

Nazmiye Balta-Ozkan ym. tutkimuksessa tutkittiin muun muassa sosiaalisia esteitä IoT-pohjaisten älykotiteknologioiden omaksumiseen. Paljastuneita huolenaiheita ja mahdollisia esteitä älykotipalvelujen ja -tuotteiden hyväksynnälle olivat muun muassa kontrollin menetyks ja apaattisuus, teknologian luotettavuus, koettu epäolennaisuus, yksityisyyden ja tietoturvan uhka, kustannukset sekä epäluottamus teknologiaan (Balta-Ozkan ym. 2013). On kuitenkin huomioitava, että vaikka tutkimukseen vastanneet nostivat esiin huolenaiheita ja esteitä älykotien omaksumiselle, he eivät olleet kokonaan kielteisiä älykodissa asumisen mahdollisuudesta.

J.F. Coughlin ym. tutkimuksessa "Older Adult Perceptions of Smart Home Technologies: Implications for Research, Policy & Market Innovations in Healthcare" jaetaan IoT:n eettiset ongelmat kolmeen kategoriaan:

- Yksityisyys
- Luottamus
- Arvokkuuden menetys

Tutkimuksen mukaan eettiset näkökulmat vaikuttavat olevan haastateltujen ryhmän keskusteluissa eniten keskustelua herättäviä huolenaiheita. Kaksi eniten korostunutta aihetta olivat yksityisyys ja luottamus. Tutkimukseen osallistujat olivat huolissaan siitä, millä motiiveilla esimerkiksi 24/7-kotiseuranta teknologiat on kehitetty. Useampi ryhmän jäsen kysyi, oliko teknologeilla mitään eettisiä tai arvopohjaisia perusteita näiden järjestelmien kehittämiseen. Yksityisyys koettiin siis suurena huolenaiheena. Kysymykset kuten "kuinka paljon henkilö-

kohtaista tietoa kerätään" ja "kuka hallinnoi ja saa pääsyn näihin tietoihin" olivat kaikkien tutkimukseen osallistujien mielessä. Osallistujat olivat huolissaan myös siitä, voidaanko tietoja käyttää rankaisemaan ihmisiä, jotka eivät noudata määrättyjä terveystoimenpiteitä, esimerkiksi voiko terveysvakuutusyhtiö hinnoitella vakuutuksiaan tietojen pohjalta. Osa tutkimukseen osallistujista oli myös sitä mieltä, että mitä enemmän lääketieteellistä tietoa kerätään, sitä todennäköisemmin sitä väärinkäytetään terveydenhuollon tarjoajien toimesta tai mahdollistaen potentiaalisesti tunkeilevaa markkinointia (Coughlin ym. 2007).

Selkeästi eettiset teemat herättävät keskustelua vanhusten keskuudessa. Tutkimukseen osallistujat vaikuttivat suhtautuvan sekä teknologioihin että palvelujen tarjoajiin varauksella. Tutkimukseen osallistui 30 henkilöä, joista 17 oli naisia ja 13 miehiä, joten otanta ei ollut suurimmasta päästä. Tästä huolimatta esiin nousseet huolet eivät ole turhia, vaan päinvastoin. IoT:n eettiset ongelmat tulee pitää mielessä, jotta vanhusten tiedot ja turva ovat taattuina.

Yksi ratkaisu, joka voi helpottaa IoT-teknologioiden käytön vastustusta, voi olla asiasta pehdyttäminen. Vaikka monet uhat ovat todellisia, myös iso osa vastustuksesta teknologioita kohtaan voi pohjautua tuntemattoman pelkoon. Onkin tärkeää, että dialogia pidetään käynnissä ja mahdolliset harhaluulot kitketään. Toki yhtä, ellei jopa tärkeämpää, on myös varmistaa, että todelliset ongelmat IoT:ssa huomioidaan ja korjataan.

### **7.3 Perinteisten Teknologioiden Hyödyt ja haasteet**

Yksi selkeä etu perinteisille vanhustenhoidon teknologioille on se, että kaikkien perinteisten teknologioiden ei tarvitse olla yhteydessä internetiin. Teknologiat, jotka toimivat ilman internetiä, eivät ole alttiina internetin kautta tehtäville hyökkäyksille, eikä niiden toiminta vaarannu, vaikka yhteydet katkeaisivat. Toki mikäli perinteisemmät teknologiat käyttävät internetiä, kuulumatta IoT:n määritelmän alaisuuteen, ovat ne silloin myös potentiaalisten verkkohyökkäysten uhan alla. On myös huomioitava, että mikäli teknologiat käyttävät internetin sijaan radiotaajuuksia, puhelu- tai SMS-viestipalveluita tiedon siirtämiseksi, voivat nämäkin keinot altistaa tiedon kulkeutumista väärin käsiin.

James Barlow ym. 2000-luvun alussa julkaistussa tutkimuksessa "A systematic review of the benefits of home telecare for frail elderly people and those with long-term conditions"

koottiin yhteenvedoa suuresta määrästä eri vanhustenhoidon perinteisten teknologioiden hyödyistä.

- Terveysdatan seuranta: Tutkimustulokset telemonitoroinnin vaikutuksista kliinisiin tuloksiin kerrotaan olleen epäjohdonmukaisia. Suuresta tutkimusten määrästä huolimatta tuloksien mukaan, tutkimuksen teko hetkellä, noin puolet läpikäydyistä tutkimuksista viittasi kliinisiin hyötyihin, kun taas toinen puoli ei havainnut vaikutusta. Havaintojen mukaan tietyissä sairauksissa monitorointi voi auttaa vähentämään terveyspalvelujen käyttöä, mukaan lukien sairaalahoitojen ja kustannusten vähentäminen.
- Turvallisuus- ja vartiointiseuranta: Tutkimuksen mukaan oli liian vähän tutkimusnäyttöä hälytysjärjestelmien, kuten kaatumisilmaisimien ja yhteisöilmoitusten, vaikutuksista joko yksilön tai järjestelmätasolla. Täten tutkimuksen teko hetkellä ei osattu sanoa onko hälytysjärjestelmistä hyötyä.
- Tiedon tarjoaminen: Tutkimuksen mukaan ammattilaisten tarjoaman puhelintuen voidaan parantaa kliinisiä tuloksia. Puhelintuen kerrotaan liittyvän sairaalasta kotiutumisen jälkeen terveyspalvelujen käytön vähentymiseen (Barlow ym. 2007).

Tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että osa perinteisistä teknologioista pyrki ratkaisemaan samoja ongelmia jo 2000-luvun alussa kuin myöhemmin yleistyneemmät IoT-teknologiat. Teknologioiden hyödyllisyydet näyttävät olleen kyseenalaisia. On mahdollista, että teknologioista ei vielä 2000-luvun alussa saatu yhtä paljon hyötyä irti kuin myöhemmin IoT-teknologioista. IoT:n kyky kerätä ja käsitellä dataa on todennäköisesti tekijä, joka vaikuttaa positiivisesti teknologioiden hyödyllisyyteen. Lisäksi tutkimuksen teko hetkestä on kulunut lähes 20 vuotta, ja tänä aikana teknologiat, yhteyksien nopeudet ja mielipiteet teknologioiden käytöstä ovat muuttuneet.

Mohanraj Karunanithin tutkimuksessa "Monitoring technology for the elderly patient" koottiin laaja kirjo hyötyjä, joita IoT:ta edeltävillä teknologioilla oli teoreettisesti mahdollista saada.

- Monialaisen hoitotiimin edut:

Kliinikoiden, terveydenhuollon ammattilaisten ja sairaanhoitajien ajan tehokkaampi käyttö

Potilaiden terveydentilan parempi seurantakyky

Laadukkaampi hoito varhaisella valmistautumisella

Nopeampi reagointi lääketieteellisiin ongelmiin

Vähentää hoitajille aiheutuvaa taakkaa

- Potilaan hyödyt teknologioista:

Nopea pääsy hoitoon, erityisesti maaseudulla asuville

Tarpeettoman matkustuksen vähentyminen

Aikainen ongelmien havaitseminen, onnettomuuksien ja sairaalahoitojen estämiseksi

Potilaat ja heidän perheensä ovat rauhoitettuja helpon pääsyn ansiosta hoitoon kotoa käsin

Potilaita kannustetaan ottamaan vastuu omasta terveydestään

Ikääntyvät potilaat voivat säilyttää itsenäisyytensä

- Seurantateknologioiden käyttöönoton hyödyt ja odotetut tulokset:

Toiminnallisten kustannusten vähentäminen

Äkillisten sairaalahoitojen vähentäminen

Asuin-/hoitokotitarpeen vähentäminen

Tehokas resurssien kohdentaminen terveydenhuollon järjestelmässä

Potilastietojen uudelleen kirjoittamisen tarpeen vähentäminen

Aikaisempi hoitotoimenpiteiden järjestäminen

Tuen saaminen sairaalasta kotiutumiseen ja korrektimpaan tietoon perusteella tehdyt hoitosuunnitelut ja yhteistyö (Karunanithi 2007).

Kun listaa tarkastelee, on havaittavissa, että monet hyödyistä vaikuttavat samankaltaisilta

kuin mitä IoT-teknologioilla saavutetaan. Osin vaikuttaakin siltä, ettei IoT-teknologioita ja perinteisiä voi aina käsitellä toisistaan irrallisina kokonaisuuksina, vaan monet IoT-teknologiat tuntuvat olevan luonnollinen jatkumo ja kehitys vastaavanlaisista perinteisistä teknologioista.

Frank G. Miskellyn 2000-luvun alun tutkimuksessa nostettiin huoli perinteisillä teknologioilla toteutettujen laitteiden haasteista. Tutkimuksessa nostettiin haasteellisiksi esimerkiksi niveltulehduspotilaat, joilla saattaa olla vaikeuksia päästä esimerkiksi kotiin sijoitettujen hälytyslaitteiden luokse. Kuulovammaiset, jotka eivät välttämättä kuule piippausvaroitusta hälytyksen sammuttamiseksi (Miskelly 2001). Näihin mainittuihin ongelmiin on nykyään tarjolla IoT-teknologioita, jotka pystyvät huomioimaan puutteelliset aistihavainnot. Niveltulehduspotilailla voi olla esimerkiksi hälytysjärjestelmän hallintasovellus puhelimessa, jolloin heidän ei tarvitse fyysisesti mennä hälytyslaitteen luokse sitä ohjataksaan. Kuulovammaiset voivat kiinnittää huomionsa esimerkiksi ranteeseen kiinnitettävän värisevän rannekkeen avulla.

Miskellyn tutkimus ei ole suinkaan ainoa perinteisten teknologioiden haasteita tutkinut ja niitä IoT-teknologioihin vertaillut. Shelgikar ym. tutkimuksessa esitellyt perinteisten teknologioiden haasteiksi esitettiin teknologioiden kustannukset ja resurssien saatavuus, jotka kuvataan pääasiallisiksi esteiksi standardoitujen ja korkealaatuisten tietojen laajamittaiselle käytölle. IoT-teknologioiden avulla tutkimuksen mukaan samaa dataa voidaan saada huomattavasti edullisemmin. Esimerkiksi tutkimuksessa annetaan "kulta-standardina" käytetty valvottu polysomnografia, joka vaatii laitteelle omistetun tilan, koulutetun henkilökunnan sekä hallituksen hyväksymiä unilääketieteen erikoislääkäreitä, jotka ovat valmiina arvioimaan ja tulkitsemaan tiedot. IoT-teknologioiden avulla kotona tehtävän uniapnean testauksen liikuteltavuus helpottaa sen käyttöä suuremmassa mittakaavassa. Jotkut kustannus-hyöty-analyysit tukevat kotona tehtävää uniapnean testausta, kun taas toiset tukevat jaksoyön tai kokonaisuön valvottua polysomnografiaa potilaan ominaispiirteistä ja kolmannen osapuolen halukkuudesta maksaa riippuen (Shelgikar, Anderson ja Stephens 2016). Etenkin sairaaläkäytössä olevien erikoislaitteiden korvaaminen pienemmillä, halvemmilla ja potentiaalisesti mukana kuljetettavilla IoT-teknologioille toteutetuilla verrokeilla kasvattaa eroa perinteisten teknologioiden ja IoT:n käytettävyydessä.

Ahmed J. Obaidin tutkimuksessa "Assessment of Smart Home Assistants as an IoT" vertailtiin IoT-teknologioilla ja perinteisillä teknologioilla toteutettujen älykotiteknologioiden hyötyjä. IoT-teknologiana toimi "älykkäät kodin henkilökohtaiset avustajat" (engl. Smart Home Personal Assistants) eli SPA-teknologiat. SPA-teknologiat käyttävät tekoälyä sille annettujen ohjeiden purkamisessa ja salauksessa, niiden käsittelyssä ja arvioinnissa. Ne suorittavat tarvittavat tehtävät äänikomennoilla, vapauttaen käyttäjän katseen ja kädet muille tehtäville. SPA tarjoaa nopeamman ja luonnollisemman vuorovaikutuksen perinteisiin teknologioihin verrattuna. Tutkimuksen mukaan SPA on dynaamisesti kehittyvä teknologia, joka tarjoaa uusia tapoja, joilla käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa teknologian kanssa. Esimerkiksi herätyskäskyn tunnistus, puheesta tekstiksi muuntaminen ja tarkoituksen analysointi mahdollistavat sen, että teknologia eroaa edukseen perinteisistä äänikäyttöisistä laitteista, jotka käyttävät vain sisäänrakennettuja komentoja ja vastauksia. Tutkimuksen mukaan SPA hyödyntää internetpohjaisia palveluita, jotka on suunniteltu käsittelemään useita komentosarjoja, vastauksia ja kysymyksiä (Obaid 2021). IoT:n älykotiratkaisut näyttävät saaneen uuden työkalun repertuaariinsa tekoälypohjaisten palveluiden kautta. On selkeää, että perinteiset teknologiat eivät pysty päivittämään käyttämiään mallidatoja itseoppivan IoT-järjestelmän tavoin. Obaidin esimerkistä voidaan alustavasti päätellä, mihin suuntaan IoT-teknologiat todennäköisesti kehittyvät. Tekoälyn odotetaan kasvattavan näkyvyyttään ja mahdollistavan uusien, vielä ennen näkemättömien IoT-teknologioiden syntymisen vanhustenhuollon tueksi.

## 8 Tulokset

Tämän tutkimuksen aikana on osoitettu, että IoT-tekniikat tarjoavat hyötyjä perinteisiin teknologioihin verrattuna. On kuitenkin huomioitava, että hyödyt eivät ole välttämättä aina niin suoraviivaisia kuin mitä ennen tutkimuksen tekoa olisi voinut olettaa. Tutkimus osoittaa, että monille IoT-tekniikoille on ollut olemassa vastaavia hyötyjä tarjoavia perinteisiä tekniikoita. Useat vanhustenhoidossa käytössä olevat IoT-tekniikat tuntuvat tekniikoiden päivitykseltä perinteisiin teknologioihin verrattuna. Toki se, että joillain tekniikoilla hyödyt eivät ole aina täysin selkeitä, ei tarkoita, etteikö IoT:n käytölle löytynyt myös täysin selkeitä etuja ja uusia käyttötapoja.

Alexander J. A. M. van Deursenin ja Karen Mossbergerin tutkimuksessa "Any Thing for Anyone? A New Digital Divide in Internet-of-Things Skills" kuvaillaan IoT:n ja perinteisten tekniikoiden eroja. Tutkimuksen mukaan IoT eroaa perinteisistä tekniikoista siten, että perinteiset tekniikat vaativat jatkuvan käyttäjä-laite -vuorovaikutuksen. Perinteiset tekniikat kuvaillaan usein olevan asennettu siten, että yksilöillä on vähän valtaa hallita laitteita. IoT:ta käytettäessä toiminnalliset ja muodolliset taidot ovat harvinaisempia ja vähemmän näkyviä. Laitteet ovat siis usein helpompia käyttää perinteisiin verrokkeihinsa verrattuna. Tutkimuksessa mainitaan myös, että koska IoT koostuu aistimisesta, tallentamisesta, prosessoinnista, tunnistamisesta ja verkkoyhteyksistä, jotka ovat upotettu arkipäivän esineisiin, tekniikan voi helpommin integroida käyttäjän arkeen. IoT:n kuvaillaan voivan yksinkertaistaa elämää, koska se on helppokäyttöistä, automatisoitua ja huomaamatonta (Deursen ja Mossberger 2018). IoT-tekniikoiden helppous, huomaamattomuus ja datan automaattinen käsittely ovat selkeimmät ja luultavasti merkittävimmät edut perinteisiin teknologioihin verrattuna.

Kaikki tutkimuksen aikana kootuista löydöistä ei kuitenkaan ole positiivista IoT:n näkökulmasta, vaan laitteiden käytölle voi olla konkreettisia esteitä ja jopa uhkia. Varjopuoli sille, että tietoa siirretään automaattisesti verkon yli, on se, että potentiaalinen riski tiedon päätymisestä väärin käsiin lisääntyy. IoT-tekniikoiden käyttöönottoon liittyy myös pelkoa, tiedonpuutetta ja epäilystä laitevalmistajien motiiveista, laitteiden tietoturvaan, tarpeellisuuteen, hintaan ja opittavuuteen. Epäilyksiä löytyy niin vanhusten kuin hoitohenkilökunnankin

toimesta, ja kaikille osapuolille ei vaikuta aina olevan selvää, mitä hyötyjä IoT:n käytöstä voi parhaimmillaan olla. Hyötyjä ja haittoja on koottu taulukkoon 3, joka sisältää koosteen IoT:n ja perinteisten teknologioiden eroista. On hyvä huomioida, että monet hyödyt ja haitat ovat laitekohtaisia, ja kuten tutkimuksen aikana huomattiin, joissain tapauksissa IoT ja perinteisten teknologioiden hyödyt ovat samankaltaisia. Taulukossa esitellään selkeimpiä havaintoja tarkoituksena koostaa potentiaalisia hyötyjä ja nostaa esiin haittoja eri ratkaisujen välillä.



Taulukko 3. Kooste IoT- ja perinteisten teknologioiden vertailusta

Näkökulma	IoT-teknologiat	Perinteiset teknologiat	Kommentit
Terveystietojen seuranta	Jatkuva etäseuranta, reaaliaikainen ja automatisoitu yhteys hätäkeskukseen tai hoitohenkilökuntaan	Ajoittaiset henkilökohtaiset tarkastukset	IoT tarjoaa reaaliaikaista tietoa ja voi reagoida muutoksiin paremmin kuin perinteiset teknologiat
Turvallisuus	Terveyttä seuraavat sensorit kotona asumisen tueksi ja puettavissa teknologioissa	Kaiteet ja tukikaiteet, perinteiset hälyttimet, varhaisia versioita IoT:tä vastaavista teknologioista	Välitön reagointi IoT:llä, ongelmien eskaloitumisen esto
Lääkitys	Älykkäät pillerijakelijat ja muistutukset	Manuaaliset lääkemuistutukset	Automatisointi IoT-laitteissa, tarvittavia muutoksia lääkemääriin jne. pystytään tekemään etänä, pystytään seuraamaan onko lääkkeet syöty yhdistelmä teknologioiden avulla
Käytettävyys	Jatkuva etäseuranta, reaaliaikainen ja automatisoitu yhteys hätäkeskukseen tai hoitohenkilökuntaan	Ajoittaiset henkilökohtaiset tarkastukset	IoT tarjoaa reaaliaikaista tietoa ja voi reagoida muutoksiin paremmin kuin perinteiset teknologiat
Viestintä	Videopuhelut, viestisovellukset	Puhelut, vierailut	Tehostunut yhteydenpito IoT:n avulla, pakollisten lääkärikäyntien määrää voidaan potentiaalisesti vähentää
Sosiaalinen vuorovaikutus	Virtuaaliset sosiaaliset aktiviteetit,	Yhteisötapaukset, ryhmätoiminta	Sosiaalisen osallistumisen laajentaminen
Opittavuus	Arkeen integroitavia, helposti opittavia	Vaatii usein henkilökunnan erikoiskoulutuksen	Laitteistojen helppokäyttöisyys tukee halukkuutta ottaa laitteita käyttöön
Muistettavuus	Helposti opittava teknologia jää helpommin muistiin, helpo oppia uudelleen tauon jälkeen	Vanhusten näkökulmasta muistettavuus ei merkittävää kun kyseessä terveydenhuollon toimipisteillä käytettävät laitteet	IoT usein helpompi käyttöinen, joka auttaa muistettavuudessa

Tehokkuus	Automaattinen datan keruu ja hallinta	Dataa keräävän laitteen tiedot kerätään ja käsitellään manuaalisesti	Nopeat, responsiiviset IoT-tekniikat ovat mielekkäämpiä käyttää terveydenhoidon ammattilaistenkin näkökulmasta ja voivat ennalta ehkäistä onnettomuuksien eskalaatioita
Luotettavuus	Tietojen automaattinen käsittely vähentää inhimillisen virheen vaaraa, mutta kyberuhkien pelko voi vähentää luottamusta	Tietojen käsittelyn inhimillinen aspekti	Luottamus IoT-tekniikoita kohtaan vaatii koulutusta ja avointa dialogia IoT:n ongelmista ja niiden korjauksista
Tyytyväisyys	Koettu mukavuus, koettu käytettävyys, koettu yksityisyys ja koettu hyöty.	Tyytyväisyys perinteisiin tekniikoihin voi laskea tulevaisuudessa, mikäli resurssit eivät riitä tarvittavaan hoitoon	Tyytyväisyys ja koettu hyöty tekniikoiden käytöstä, merkittävässä roolissa tekniikoiden käyttöönotossa
Taloudellisuus ja kustannukset	Alkuperäiset asennuskustannukset, voi vaatia ison alkusijoituksen laajemmalle toiminnalle, pitkällä aikavälillä selkeitä säästöjä	Jatkuvat ylläpitokustannukset, vaatii enemmän henkilöstöresursseja, voi myös vaatia suuren alkuinvestoinnin	Pitkän aikavälin säästöt IoT:ssä, suurin hyöty maissa, joissa kallis työvoima
Kyber turvallisuus	Huonolla kyberturvalla varustetut laitteet vaarassa internetin välityksellä tehdyille hyökkäyksille	Perinteiset tekniikat ilman internetiä eivät kärsi internetin välityksellä kyberuhista. Jos tietoa siirretään radiotaajuuksia, puhelu- tai SMS-viestipalveluita käyttäen, myös alttiina iskuille	IoT vaatii suuria panostuksia kyberturvallisuuteen jo laitteiden suunnittelusta lähtien. Yleisin tavoite pääsy käyttäjien tietoihin ja tietojärjestelmiin. Huono IoT kyberturva voi aiheuttaa mm. rahallista, terveydellistä, yksityisyyttä loukkaavaa vahinkoa
Saavutettavuus ja skaalautuvuus	Vaatii kattavan internet infrastruktuurin, noin 60 % väestöstä	Ei välttämättä vaadi mitään tiedonsiirto välineitä, matkapuhelin yli 91 % väestöstä	Internetin puuttuminen aiheuttaa isoja kustannuksia köyhille maille, mikäli IoT-tekniikoita halutaan ottaa käyttöön
Eettisyys	Pelko siitä kuinka paljon tietoa tulisi kerätä, kuka hallitsee, voiko tietoa käyttää yksilöä vastaan, voidaanko käyttää tekosynä hoitohenkilökunnan vähentämiseen	Dataa harvemmin kerätään yhtä paljon kuin IoT-laitteilla	

## 9 Yhteenveto

IoT-teknologiat vaikuttavat monelta osin olevan luonnollinen jatkumo perinteisille teknologioille. Tällä hetkellä vanhusten hoidon IoT:n käyttöönotto voi aiheuttaa vielä epäilyksiä, joissain ihmisissä terveydenhoidon ammattilaisten ja vanhusten keskuudessa, mutta jo tässäkin tutkimuksessa havaittiin useampi lähde, jossa teknologioita oltiin positiivisin mielin ottamassa käyttöön. IoT:n alkukustannusten aleneminen, kyberturvallisuudesta huolehtiminen, riittävä opastus ja koulutus, hyötyjen viestintä ja resurssien siirtäminen ongelmien ratkaisuun, joita ei voida vielä automatisoida, ovat vain muutamia syitä, miksi IoT:hen siirtyminen vaikuttaa järkevältä vaihtoehdolta myös vanhusten hoidon parissa.

IoT:lla on omat ongelmansa, joita perinteisillä teknologioilla ei täysin samassa mittakaavassa välttämättä ole, mutta hyödyt tuntuvat päihittävän negatiiviset aspektit. IoT:n menestys vaatii rohkeutta lähteä tekemään asioita uudella tavalla, avoimen ilmapiirin potentiaalisista ongelmista ja kyberturva lähtöisen kehitysprosessin tuotteiden suunnittelusta lähtien.

Tutkimuksen perusteella vaikuttaa siltä, että vaikka IoT:lla on vielä haasteita ratkottavanaan ennen kuin edes terveydenhuollon tarjoamat asutukset, saatika yksityiset vanhusten asunnot, olisivat kaikki varustettu arkea helpottavilla teknologioilla, niin IoT:lla tulee olemaan vielä nykyistä huomattavasti merkittävämpi rooli ikääntyvien kansojen vanhustenhuollon järjestämisessä. Perinteiset teknologiat tulevat luultavasti pikkuhiljaa vähenemään, mutta etenkin maissa, joissa internet-infrastruktuuri on vielä kesken, tullaan perinteisiä teknologioita käyttämään vielä pitkään.

IoT:sta ja vanhusten hoidosta on tarjolla paljon tutkimuksia, mutta tilaa ja tarvetta aiheen syvällisemmälle perkaamiselle löytyy. Tulevaisuudessa aiheesta voisi tehdä tarkempia jatkotutkimuksia. Alla muutama esimerkki mihin suuntaan IoT:n ja vanhusten hoidon tutkimuksia voisi viedä eteenpäin:

- Laitekohtaisia vertailuja IoT:n ja perinteisen teknologian välillä, keskittyen tarkemmin yksittäisten tiettyä tehtävää hoitaviin laitteisiin.
- Tutkimus yhteistyössä IoT-laitteita ottaneet vanhustenhoitoon keskittyneen yrityksen kanssa. Tutkimuksessa voitaisiin vertailla miten konkreettisesti vanhusten arki, yrityk-

sen resurssit ja hoitajien työkuva on muuttunut IoT:n käyttöönoton jälkeen.

- Tutkimuksia, jotka keskittyisivät yksittäisiin IoT:lla saavutettaviin etuihin. Esimerkiksi vanhusten kykyyn jatkaa kotonaan asumista, taloudellisiin hyötyihin tai IoT:n datan keruun hyötyihin.
- Tutkimus IoT:n ja tekoälyn käytöstä vanhustenhoidossa. Tässä tutkimuksessa tekoäly mainittiin ohimennen, mutta tulevaisuudessa tekoälyllä tulee luultavasti olemaan suurempi rooli IoT-laitteiden kanssa. Tutkimus aiheesta olisi kiistämättä ajankohtainen.

IoT ei ole hopealuoti, mutta se on helppo nähdä merkittävänä osana vanhustenhoidon ongelmien ratkaisuja.

## Lähteet

Akbar, Muhammad Fathoni, Ramadhani ja Riris Aulya Putri. 2018. “Assistive and wearable technology for elderly”. *Bulletin of Social Informatics Theory and Application* 2, numero 1 (heinäkuu): 8–14. <https://doi.org/10.31763/businta.v2i1.101>.

Balta-Ozkan, Nazmiye, Rosemary Davidson, Martha Bicket ja Lorraine Whitmarsh. 2013. “Social barriers to the adoption of smart homes”. *Energy Policy* 63:363–374. ISSN: 0301-4215. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.08.043>.

Barlow, James, Debbie Singh, Steffen Bayer ja Richard Curry. 2007. “A systematic review of the benefits of home telecare for frail elderly people and those with long-term conditions”. PMID: 17565772, *Journal of Telemedicine and Telecare* 13 (4): 172–179. <https://doi.org/10.1258/135763307780908058>.

Bhattacharya, Suman, David Wainwright ja Jason Whalley. 2017. “Internet of Things (IoT) enabled assistive care services: Designing for value and trust”. The 8th International Conference on Emerging Ubiquitous Systems and Pervasive Networks (EUSPN 2017) / The 7th International Conference on Current and Future Trends of Information and Communication Technologies in Healthcare (ICTH-2017) / Affiliated Workshops, *Procedia Computer Science* 113:659–664. ISSN: 1877-0509. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.08.333>.

Bookman, Ann, ja Delia Kimbrel. 2011. “Families and Elder Care in the Twenty-First Century”. *The Future of Children* 21 (2): 117–140. ISSN: 10548289, 15501558. <http://www.jstor.org/stable/41289632>.

Brienne Miner, Meir H. Kryger. 2016. “Sleep in the Aging Population”, <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jsmc.2016.10.008>.

Chacko, Anil, ja Thayer Hayajneh. 2018. “Security and Privacy Issues with IoT in Healthcare”. *EAI Endorsed Transactions on Pervasive Health and Technology* 4, numero 14 (heinäkuu). <https://doi.org/10.4108/eai.13-7-2018.155079>.

Coughlin, J.F, L.A. D’Ambrosio, B. Reimer ja M.R. Pratt. 2007. “Older Adult Perceptions of Smart Home Technologies: Implications for Research, Policy Market Innovations in Healthcare”. Teoksessa *2007 29th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, 1810–1815. <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2007.4352665>.

Das, Resul, Ayse Tuna, Senay Demirel ja Meral Yurdakul. 2017. “A Survey on the Internet of Things Solutions for the Elderly and Disabled: Applications, Prospects, and Challenges”. *International Journal of Computer Networks And Applications* 4 (toukokuu): 84–92. <https://doi.org/10.22247/ijcna/2017/49023>.

Deursen, Alexander J. A. M. van, ja Karen Mossberger. 2018. “Any Thing for Anyone? A New Digital Divide in Internet-of-Things Skills”. *Policy & Internet* 10 (2): 122–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/poi3.171>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/poi3.171>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/poi3.171>.

Economic, UN Department of, ja Population Division (2020) Social Affairs. 2020. “World Population Ageing 2019(ST/ESA/SER.A/444)”, <https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WorldPopulationAgeing2019-Report.pdf>.

Frost, Lucy, Ana Liddie Navarro, Maeve Lynch, Mark Campbell, Miriam Orcutt, Anna Trelfa, Catherine Dotchin ja Richard Walker. 2015. “Care of the Elderly: Survey of Teaching in an Aging Sub-Saharan Africa”. *Gerontology & Geriatrics Education* 36 (1): 14–29. <https://doi.org/10.1080/02701960.2014.925886>.

Habte-Gabr, Eyassu, Nancee S. Blum ja Ian M. Smith. 1987. “The Elderly in Africa”. *Journal of Applied Gerontology* 6 (2): 163–182. <https://doi.org/10.1177/073346488700600203>.

<https://www.statista.com>. 2021. “Global digital population as of January 2021”, <https://www.statista.com/statistics/617136/digital-population-worldwide/>.

Iancu, Ioana, ja Bogdan Iancu. 2020. “Designing mobile technology for elderly. A theoretical overview”. *Technological Forecasting and Social Change* 155:119977. ISSN: 0040-1625. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119977>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040162519302069>.

Jo, Tae Hee, Jae Hoon Ma ja Seung Hyun Cha. 2021. “Elderly Perception on the Internet of Things-Based Integrated Smart-Home System”. *Sensors* 21 (4). ISSN: 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s21041284>.

Karunanithi, Mohanraj. 2007. “Monitoring technology for the elderly patient”. *Expert Review of Medical Devices* 4 (2): 267–277. <https://doi.org/10.1586/17434440.4.2.267>.

Lansley, Peter, Claudine McCreadie ja Anthea Tinker. 2004. “Can adapting the homes of older people and providing assistive technology pay its way?” *Age and ageing* 33 (joulukuu): 571–6. <https://doi.org/10.1093/ageing/afh190>.

Lee, Chanjoo, Suyun Park, Yoonha Jung, Youngji Lee ja Mariah J. Mathews. 2018. “Internet of Things: Technology to Enable the Elderly”. Teoksessa *2018 Second IEEE International Conference on Robotic Computing (IRC)*, 358–362. <https://doi.org/10.1109/IRC.2018.00075>.

Lee, In, ja Kyoochun Lee. 2015. “The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises”. *Business Horizons* 58 (4): 431–440. ISSN: 0007-6813. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681315000373>.

Lv, Weigong, Fanchao Meng, Ce Zhang, Yuefei Lv, Ning Cao ja Jianan Jiang. 2017. “A General Architecture of IoT System WeigongIoTArchitecture”. Teoksessa *2017 IEEE International Conference on Computational Science and Engineering (CSE) and IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing (EUC)*, 1:659–664. <https://doi.org/10.1109/CSE-EUC.2017.124>.

Malwade, Shwetambara, Shabbir Syed Abdul, Mohy Uddin, Aldilas Achmad Nursetyo, Luis Fernandez-Luque, Xinxin (Katie) Zhu, Liezel Cilliers, Chun-Por Wong, Panagiotis Bamidis ja Yu-Chuan (Jack) Li. 2018. “Mobile and wearable technologies in healthcare for the ageing population”. *Computer Methods and Programs in Biomedicine* 161:233–237. ISSN: 0169-2607. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2018.04.026>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260717314578>.

Maresova, Petra, Lukáš Režný, Petr Bauer, Oluwaseun Fadeyi, Olaniyi Eniyewu, Sabina Barakovic ja Jasmina Barakovic Husic. 2023. “An effectiveness and cost-estimation model for deploying assistive technology solutions in elderly care”. *International Journal of Healthcare Management* 16 (4): 588–603. <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2134635>. eprint: <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2134635>. <https://doi.org/10.1080/20479700.2022.2134635>.

Miskelly, Frank G. 2001. “Assistive technology in elderly care”. *Age and Ageing* 30, numero 6 (marraskuu): 455–458. ISSN: 0002-0729. <https://doi.org/10.1093/ageing/30.6.455>.

Obaid, Ahmed J. 2021. “Assessment of Smart Home Assistants as an IoT”. *International Journal of Computations, Information and Manufacturing (IJCIM)* 1, numero 1 (joulukuu). <https://doi.org/10.54489/ijcim.v1i1.34>. <https://journals.gaftim.com/index.php/ijcim/article/view/34>.

PhD, D. Jamuna. 2003. “Issues of Elder Care and Elder Abuse in the Indian Context”. *Journal of Aging & Social Policy* 15 (2-3): 125–142. [https://doi.org/10.1300/J031v15n02\\_08](https://doi.org/10.1300/J031v15n02_08).

Reeder, Blaine, Jane Chung, Kate Lyden, Joshua Winters ja Catherine M. Jankowski. 2020. “Older women’s perceptions of wearable and smart home activity sensors”. *Informatics for Health and Social Care* 45 (1): 96–109. <https://doi.org/10.1080/17538157.2019.1582054>.

Riyad Al-Shaqi, Yacine Rezgui, Monjur Mourshed. 2016. “Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly”, <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40064-016-2272-8>.



S. Al-Sarawi, K. Alieyan, M. Anbar, ja M. Alzubaidi. 2017. “The Cyber Security Risks of Using Internet of Things (IoT) Within the Domiciliary Care Sector”, [https://eprints.lanacs.ac.uk/id/eprint/178955/1/Submitted\\_version\\_The\\_Use\\_and\\_Cyber\\_Security\\_Risks\\_of\\_Internet\\_of\\_Thing.pdf](https://eprints.lanacs.ac.uk/id/eprint/178955/1/Submitted_version_The_Use_and_Cyber_Security_Risks_of_Internet_of_Thing.pdf).

Shafique, Kinza, Bilal A. Khawaja, Farah Sabir, Sameer Qazi ja Muhammad Mustaqim. 2020. “Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios”. *IEEE Access* 8:23022–23040. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>.

Shelgikar, Anita Valanju, Patricia F. Anderson ja Marc R. Stephens. 2016. “Sleep Tracking, Wearable Technology, and Opportunities for Research and Clinical Care”. *Chest* 150 (3): 732–743. ISSN: 0012-3692. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chest.2016.04.016>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0012369216486526>.

Somayya Madakam, Siddharth Tripathi, R. Ramaswamy. 2015. “Internet of Things (IoT): A Literature Review”. 03 (05). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/jcc.2015.35021>.

Srizongkham, Shayarath, Kunio Shirahada ja Navee Chiadamrong. 2018. “Critical Factors for Adoption of Wearable Technology for the Elderly: Case Study of Thailand”. *Teoksessa 2018 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)*, 1–9. <https://doi.org/10.23919/PICMET.2018.8481990>.

Stavropoulos, Thanos G., Asterios Papastergiou, Lampros Mpaltadoros, Spiros Nikolopoulos ja Ioannis Kompatsiaris. 2020. “IoT Wearable Sensors and Devices in Elderly Care: A Literature Review”. *Sensors* 20 (10). ISSN: 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s20102826>. <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/10/2826>.

Wang, Zhihua, Zhaochu Yang ja Tao Dong. 2017. “A Review of Wearable Technologies for Elderly Care that Can Accurately Track Indoor Position, Recognize Physical Activities and Monitor Vital Signs in Real Time”. *Sensors* 17 (2). ISSN: 1424-8220. <https://doi.org/10.3390/s17020341>.

Zhan, Heying, ja Rhonda Montgomery. 2003. “Gender And Elder Care In ChinaThe Influence of Filial Piety and Structural Constraints”. *Gender Society - GENDER SOC* 17 (huhtikuu): 209–229. <https://doi.org/10.1177/0891243202250734>.