

**Melina Eronen**

## **KOHTI 6G-AIKAA**

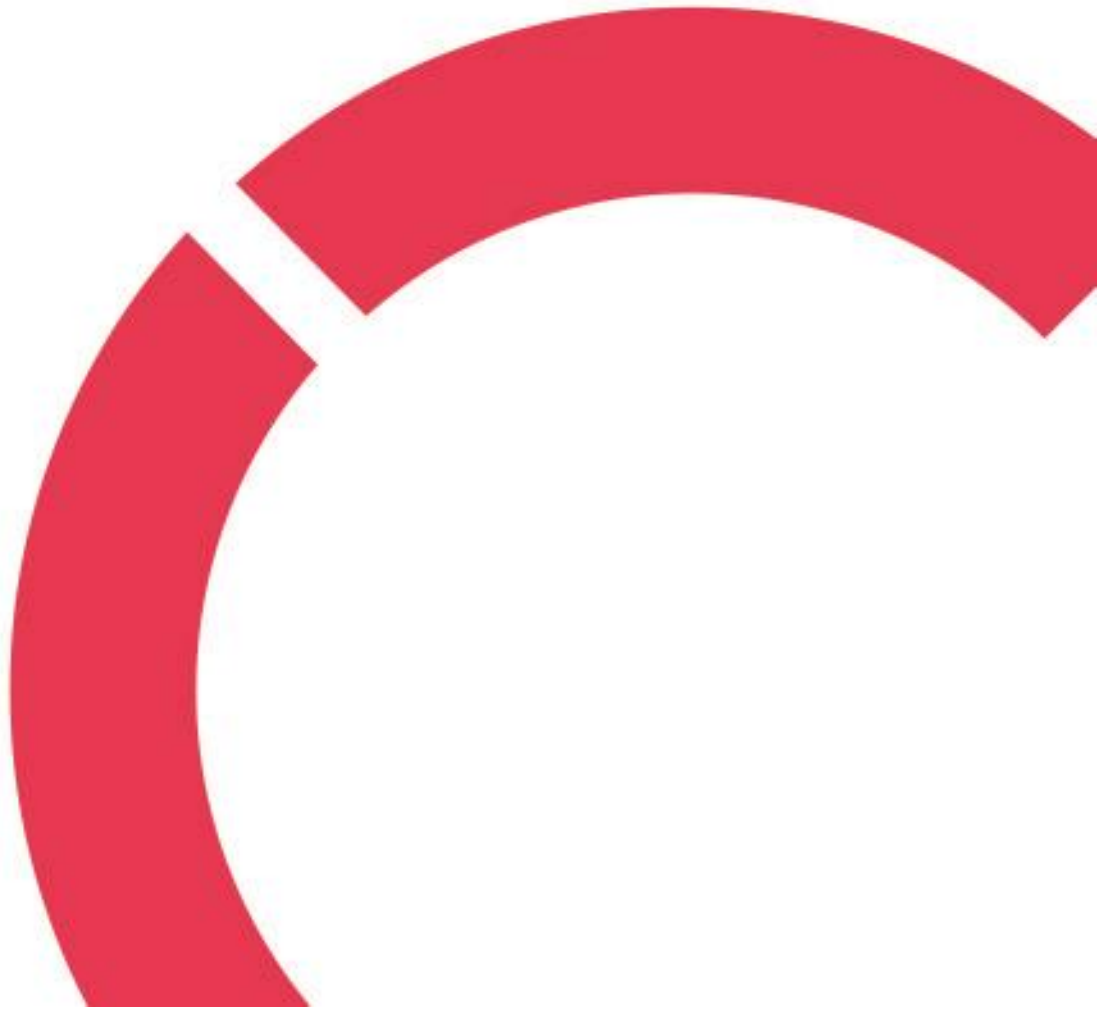
**6G-verkon haasteet, mahdollisuudet ja vaikutukset IT-alan-yrityksiin**

**Opinnäytetyö**

**CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU**

**Tieto- ja viestintäteknikan koulutus**

**Huhtikuu 2024**



**TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ**

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Huhtikuu 2024	<b>Tekijä/tekijät</b> Melina Eronen
<b>Koulutus</b> Insinööri (AMK), tieto- ja viestintätekniikka	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
<b>Työn nimi</b> KOHTI 6G-AIKAA. 6G-verkon haasteet, mahdollisuudet ja vaikutukset IT-alan-yrityksiin		
<b>Työn ohjaaja</b> Henry Paananen	<b>Sivumäärä</b> 29	
<p>Opinnäytetyöni tarkoituksena oli puolistrukturoidun haastattelun avulla tutkia, miten IT-alan yritykset valmistautuvat 6G-aikaan ja selvittää minkälaisia mahdollisuuksia ja haasteita se tuo yrityksille mukanaan. Lähteenä opinnäytetyössäni käytin yritysten haastatteluja, tieteellisiä julkaisuja ja tutkimustietoa 6G:tä kehittämässä olevilta osapuolilta. Tutkimukseni teoriaosuudessa kävin läpi langattomien mobiiliverkkojen sukupolvia aina 1G-verkoista 6G-verkkoihin asti. Tämän jälkeen kerroin perusteellisemmin 6G-verkkojen teknistä- perusteita ja haasteita, 6G-verkkojen tuomia mahdollisuuksia, tietoturvalisuus asioita sekä kestävää kehitystä. Menetelmät ja aineistot käyn lyhyesti läpi, jonka jälkeen kerroin yritysten haastattelun tuloksista. Opinnäytetyön pohdintaosuudessa teen päätelmiä ja pohdin saatuja tuloksia.</p> <p>Nykyinen 5G-tekniikka vastaa osittain kuluttajien tämänhetkisiin tarpeisiin, mutta tulevaisuudessa me tulemmme tarvitsemaan entistä suorituskykyisempää ja varmempaa verkkoa. Tähän 6G nähdään ratkaisuna. 6G:n kehitys on vasta alussa, mutta sen uskotaan vastaavan kaikkiin tuleviin vaatimuksiin ja tarpeisiin. Verkolta odotetaan suurempaa kapasiteettia, nopeaa tiedonsiirtoa ja olematonta verkkovii-vettä. Näitä vaatimuksia edelliset matkapuhelinverkon sukupolvet eivät ole pystyneet lunastamaan. 6G-verkko toimii terahertsin taajuudella. Nämä ominaisuudet edistävät uusien innovaatioiden synty-mistä.</p>		

<b>Asiasanat</b> 6G-teknologia, haasteet ja mahdollisuudet, IT-alan yritykset, innovaatiot, kestävä kehitys, laajennetut palvelut ja sovellukset, liiketoimintamahdollisuudet, tekoäly ja koneoppiminen, tietoturva, valmistautuminen, ympäristövaikutukset, älyliikenne
---

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> April 2024	<b>Author</b> Melina Eronen
<b>Degree programme</b> Engineer (AMK), information and communication technology		
<b>Name of thesis</b> TOWARDS THE 6G TIME. The challenges, opportunities, and effects of the 6G network on IT companies		
<b>Centria supervisor</b> Henry Paananen		<b>Pages</b> 29
<p>The purpose of my thesis was to utilize semi-structured interviews to explore how companies in the IT sector are preparing for the era of 6G and to uncover the opportunities and challenges it presents to these companies. In my thesis, I utilized company interviews, scientific publications, and research data from organizations involved in the development of 6G.</p> <p>In the theoretical portion of my research, I examined the evolution of wireless mobile networks, spanning from 1G networks to 6G networks. Following this, I delved into the technical foundations and challenges of 6G networks, the opportunities they offer, as well as issues pertaining to information security and sustainable development.</p> <p>I will briefly outline the methods and materials used before discussing the findings from the company interviews. In the reflection section of the thesis, I draw conclusions and reflect upon the obtained results.</p> <p>While the current 5G technology partially satisfies consumers' present needs, there is a growing demand for an even more robust and secure network in the future. 6G is regarded as the solution to this demand. Although the development of 6G is still in its early stages, it is anticipated to fulfill all future requirements and expectations. The network is expected to provide greater capacity, rapid data transfer, and virtually no network latency, features that previous generations of mobile networks have struggled to achieve. Operating at terahertz frequencies, the 6G network is poised to catalyze the emergence of new innovations.</p>		

### Key words

6G technology, Artificial intelligence and machine learning, Business opportunities, Challenges and opportunities, Environmental effects, Extended services and applications, Innovations, Information security, Intelligent traffic, IT companies, Preparation, Sustainable development

## **KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**

### **1G**

Ensimmäinen sukupolven matkapuhelinverkko

### **2G**

Toisen sukupolven matkapuhelinverkko

### **3G**

Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkko

### **4G**

Neljännän sukupolven matkapuhelinverkko

### **5G**

Viidennen sukupolven matkapuhelinverkko

### **6G**

Kuudennen sukupolven matkapuhelinverkko

### **AMPS**

(Advanced Mobile Phone System) on digitaalinen matkapuhelinjärjestelmiä, jotka otettiin käyttöön Yhdysvalloissa 1980-luvulla.

### **ARP**

eli autoradiopuhelin oli Suomen ensimmäinen kaupallisesti toiminut julkinen matkapuhelinverkko

### **Blockchain-teknologia**

hajautettu tietokantateknologia, joka mahdollistaa tietojen tallentamisen ja jakamisen hajautetusti useiden tietokoneiden tai solmujen välillä. Se koostuu tiettyjen lohkojen (blocks) muodostamasta ketjusta (chain), jossa jokainen lohko sisältää tietyn määrän transaktioita tai tietoa.

## **CMOS**

(Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) on puolijohdetekniikka, jota käytetään elektroniikan piireissä ja erityisesti digitaalisissa integroiduissa piireissä.

## **DDoS-hyökkäys**

(distributed denial-of-service attack) eli hajautettu palvelunestohyökkäys

## **GB/s**

Gigatavu sekunnissa

## **Gbps**

Gigabitti per sekunti

## **GHz**

Gigahertsi

## **GSM**

(Global System for Mobile Communications) eli matkapuhelinverkkostandardi

## **HD**

(High Definition) tarkoitetaan videota tai kuvaa, jolla on korkeampi resoluutio kuin standardimääritelmän mukainen.

## **HSPA+**

(High Speed Packet Access Plus) 3G-verkon siirtostandardi

## **IoT**

(Internet of Things) esineiden internet

## **IP**

(Internet Protocol) perusprotokolla tietojen lähettämiseen ja vastaanottamiseen internetissä.

**ITU-R**

(International Telecommunication Union) kansainvälinen televiestintäliitto ja sen radioviestinnästä vastaava sektori

**Kbps**

Kilobittiä sekunnissa

**LTE**

(Long Term Evolution) langaton tiedonsiirtotekniikka, joka on suunniteltu 4G:lle.

**Mbps**

Megabittiä sekunnissa

**MEC**

(Multi-access edge computing) monikäyttöinen reunalaskenta

**Mesh-verkko**

Sen avulla pystytään luomaan isoonkin kotiin yksi nopea ja yhtenäinen Wi-fi-verkko ilman katvealueita. Verkko muodostetaan yhden tai useamman reitittimen avulla.

**MHz**

Megahertsi

**MIMO-tekniikka**

(Multiple-Input and Multiple-Output) langattoman tiedonsiirron tekniikka. Siinä tiedon lähetykseen ja vastaanottamiseen käytetään yhtä aikaa useampaa antennia.

**NFV**

(Network functions virtualization) verkkotoimintojen virtualisointi.

**NMT**

(Nordic Mobile Telephony) eli pohjoismainen matkapuhelinjärjestelmä

**NTP**

(Network Time Protocol) verkon aikaprotokolla

**SDN**

(Software-defined networking) ohjelmiston määrittämä verkko

**TDMA**

(Time-division multiple access) mediaverkkojen jaettu kananvankäyttömenetelmä

**Tt/s**

Teratavu sekunnissa

**UMTS**

(Universal Mobile Telecommunications System) maailmanlaajuinen liikkuvan televiestinnän järjestelmä

**VLC**

avoimen lähdekoodin mediasoitinohjelmisto.

**VoLTE**

(Voice over LTE) 4G puhelu

**WiMAX**

(Worldwide Interoperability for Microwave Access) langaton laajakaistatekniikka

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 MOBIILITEKNOLOGIAN KEHITYSPOLKU: 1G VERKOISTA 6G:N AIKAAN.....</b>	<b>2</b>
2.1 Mobiiliverkkojen historia ja kehitys .....	2
2.2 6G teknologian perusteet .....	4
2.3 6G:n haasteet ja mahdollisuudet .....	6
2.3.1 Tekniset haasteet .....	6
2.3.2 Mahdollisuudet.....	6
2.3.3 Liitettävyys.....	7
2.3.4 Verkko, joka pystyy aistimaan.....	7
2.3.5 Digitaalinen kaksonen.....	8
2.3.6 Teollisuus 5.0 .....	8
2.3.7 Älyliikenne .....	8
2.3.8 Hologrammit ja laajennettu todellisuus.....	9
2.4 Tietoturva 6G verkossa.....	9
2.5 6G ja kestävä kehitys .....	10
<b>3 MENETELMÄT JA AINEISTOT .....</b>	<b>12</b>
<b>4 TULOKSET.....</b>	<b>13</b>
4.1 Teknologian valmistelu ja päivitykset .....	13
4.2 Liiketoimintamahdollisuudet .....	14
4.3 Haasteet ja mahdollisuudet .....	15
4.4 Tietoturva.....	15
4.5 Eettiset kysymykset ja kestävä kehitys .....	16
<b>5 POHDINTA JA PÄÄTELMÄT.....</b>	<b>17</b>
<b>6 YHTEENVETO .....</b>	<b>19</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>16</b>

# 1 JOHDANTO

Teknologian kehitys on aina ollut jatkuvassa muutoksessa, joka on muovannut yhteiskuntaamme perustavanlaatuisella tavalla. Tämä pätee erityisesti langattomiin viestintäteknologioihin, joiden historia kuvaa innovaatioiden ja teknologisen edistyksen kulkua. Aina alkaen ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkoista eli 1G-verkoista, jotka merkitsivät matkapuhelinteknologian syntyä, olemme ottaneet asteittaisia kehitysaskelia 2G:n, 3G:n ja 4G:n kautta aina viime vuosikymmenen merkittävään virstanpylvääseen, 5G-verkkoon. Nämä kehitysaskelleet ovat olleet paljon enemmän kuin pelkkiä nopeuden ja kapasiteetin parannuksia; ne ovat avanneet ovia uusille sovelluksille ja muuttaneet tapaamme kommunikoida ja hyödyntää tietoa. 6G-verkkojen kehitys ja käyttöönotto tulevaisuudessa avaa meille vielä enemmän mahdollisuuksia.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia 6G-verkon vaikutuksia IT-alan yrityksiin ja sitä millaisia mahdollisuuksia ja haasteita tämä jatkuvasti kehittyvä teknologia tuo tullessaan. 6G muuttaa tapaamme ymmärtää tiedonsiirtoa, datan käsittelyä ja digitaalisen infrastruktuurin toimintaa. Se mahdollistaa myös uudenlaiset sovellukset ja palvelut merkittäväällä parannuksella nopeudessa, kapasiteetissa sekä latenssissa. Vaikka 6G:n tuo meille paljon mahdollisuuksia, liittyy siihen myös haasteita niin tekniikan kuin turvallisuudenkin osalta.

## **2 MOBIILITEKNOLOGIAN KEHITYSPOLKU: 1G VERKOISTA 6G:N AIKAAN**

Teknologia kehittyy jatkuvasti ja niin myös matkapuhelinverkot. 1G-verkot ovat mahdollistaneet meille langattoman viestinnän käytön, jonka jälkeen nopeus, luotettavuus ja monipuolisuus on huomattavasti parantunut jokaisen sukupolven jälkeen ja 6G-verkkojen odotetaan mullistavan maailmaa entistään.

Tällä hetkellä 6G on vielä kehitys- ja tutkimusvaiheessa, mutta sen odotetaan tarjoavan tulevaisuudessa entistä suurempia nopeuksia, alhaisempaa viivettä ja parempaa luotettavuutta kuin edeltäjänsä 5G. Tekoäly ja kehittyneet langattomat sensoriverkot luovat perustan entistä älykkäämmälle yhteiskunnalle ja 6G:n odotetaan tuovan merkittäviä parannuksia teollisuuden automaatiojärjestelmiin, terveydenhuollon palveluihin sekä tuovan markkinoille aivan uudenlaisia sovelluksia ja innovaatioita. (Mikrobitti 2023.)

### **2.1 Mobiiliverkkojen historia ja kehitys**

Ensimmäisen sukupolven matkapuhelinverkko eli 1G käytti analogista radiotekniikkaa. Alussa tukiasemaa ei pystynyt vaihtamaan ja käytettävä kanava oli määriteltävä itse. Järjestelmät olivat myös maakohtaisia, NTP pohjoismaissa, AMPS Yhdysvalloissa sekä TASC Iso-Britanniassa. Posti- ja lentäintilaitos avasi pelkästään Suomessa toimivan ARP-verkon vuonna 1971. Se käytti 150 MHz:n radiotekniikkaa, joka toimi hyvin maastossa. (Korhonen 1999.)

NMT verkko otettiin Japanissa käyttöön vuonna 1979, Pohjoismaissa ja Suomessa hieman myöhemmin vuonna 1981. Verkko käytti ensin 450 MHz:n taajuutta, mutta pian otettiin käyttöön myös 900 MHz:n taajuus ja se oli nopeudeltaan 1–2,4 Kbp/s. (Universidad Internacional de Valencia 2018.)

Toisen sukupolven matkapuhelinverkko 2G oli edeltäjänsä ominaisuuksiltaan paljon tehokkaampi järjestelmä, joka perustui digitekniikkaan. Faksit, tekstiviestit, langaton datansiirto sekä puheen salaustulivat mahdolliseksi 2G-verkon ansiosta. (Korhonen 1999) 2G-verkoista suosituin on GSM. Se otet-

tiin käyttöön Suomessa vuonna 1991 ja se käyttää 900–1800 MHz:n taajuutta. Parannuksena 1G-verkkoon, puhelun siirto tapahtui digitaalisesti. GSM-tekniikka perustuu TDMA:n, laajaspektrisen lähetykseen sekä taajuushyppelyyn. (Suvilehto 2011, 25–36)

Kolmannen sukupolven UMTS-verkot otettiin käyttöön Suomessa vuonna 2004. Aluksi 3G-verkot kattoivat vain isot kaupungit sekä pääkaupunkiseudun, mutta myöhemmin ne kattoivat koko suomen. Tiedonsiirrosta tuli puhumisen rinnalla yksi tärkeimpiä ominaisuuksia kännykässä. 3G-verkot ovat mahdollistaneet meille internetin käytön puhelimissa. (FiCom 2018.)

Neljännän sukupolven matkapuhelinverkko eli 4G tarjoaa jo paljon enemmän palveluita sekä nopeampaa siirtonopeutta kuin edeltäjänsä 3G ja se suunniteltiin korjaamaan matkapuhelin- ja tiedonsiirtoverkkojen nopeus- ja kapasiteettiongelmat. IP-osoitepohjaiset multimediapalvelut sekä tiedonsiirtonopeus parani 4G:n tulon myötä. Sen avulla on pystytty mahdollistamaan HD-laatuiset videot, visuaaliset käyttöliittymät sekä puhelimelle ja tietokoneelle välitettävät paikkapohjaiset tiedot esimerkiksi säästä tai liikenteestä. Yksi merkittävä parannus on myös se, että 4G-verkon avulla voitiin yhtenäisenverkon alle yhdistää järjestelmät, verkot sekä päätelaitteet. (Moes 2023, luku ”4G LTE: A Step Forward”.)

2008 Kansainvälinen televiestintäliitto ITU-R määrittä 4G:lle nopeus- ja yhteysstandartit, niiden mukaan mobiiliyhteyksien huippunopeuden tuli olla 10 Mbps/s. sekä kiinteiden yhteyspisteiden ainakin 1 GB/s. Muita 4G-standardeja on LTE, WiMAX sekä HSPA+. Niistä eniten käytetty on LTE. (Moes 2023, luku ”Understanding 4G: The Fourth Generation of Mobile Network Technology”)

4G ja 5G verkkojen tulo markkinoille on saanut aikaan sen, että vanhempia tekniikoita alettiin alas ajamaan. Niiden ylläpito ei ole enää taloudellisesti kannattavaa, koska asiakkaat ovat siirtyneet jo uudempiin tekniikoihin. Suomessa Ahvenanmaalla toimiva Ålcom ilmoitti vuonna 2022 aloittavansa alas ajamaan 2G-verkkoa ja sen on tarkoitus lopettaa toimintansa vuoden 2024 aikana. Manner Suomessa 2G-verkko toimii vielä toistaiseksi. Telia ja Elisa sammuttivat 3G-verkon Suomessa vuonna 2023 ja DNA tammikuussa 2024. Vapautuneet taajuuskanavat saadaan 4G- ja 5G-verkkojen käyttöön. Asiakkaalle tämä tarkoittaa sitä, että jos puhelin ei VoLTEa, se käyttää 2G-verkkoa puhelussa, jolloin ei voi käyttää nettiä samaan aikaan. (Minh 2022.)

Viidennen sukupolven matkapuhelinverkko eli 5G edustaa suurta edistysaskelta matkapuhelinverkoissa. Se on tällä hetkellä uusin käytössä oleva matkapuhelinverkko. 5G-verkko on suunniteltu yhdis-

tämään kaikenlaiset koneet, laitteet sekä esineet. 5G-verkon enimmäisnopeus on jopa 100 kertaa suurempi kuin edeltäjänsä 4G:n. Muita parannuksia edeltäjänsä nähden on suurempi kapasiteetti, pienempi latenssi, yhtenäinen alusta sekä taajuuksien parempi käyttö. 5G hyödyntää myös spektrin bitit. (Mobiilitutka 2023.)

Pienempi latenssi on suuren nopeuden ansiota. Tämä mahdollistaa myös IoT:n ja tekoälyn käytön. Verkkojen kuormitus vähenee suuren kapasiteetin ansiosta, joten suurissa tapahtumissa verkko toimii huomattavasti paremmin. 5G on nopeudeltaan 1–10 Gbp/s ja taajuudeltaan 3–300 GHz. (Universidad Internacional de Valencia 2018.) Suomessa on tällä hetkellä neljä operaattoria: DNA, Telia, Elisa sekä Moi ja heiltä kaikilta löytyy 5G-liittymä. 5G-verkon rakentaminen ja kehitys jatkuu edelleen, eikä se ole vielä yhtä suuressa kuluttajakäytössä kuin 4G. (Mobiilitutka 2023.)

## **2.2 6G teknologian perusteet**

Kuudennen sukupolven matkapuhelinverkon eli 6G:n uskotaan ottavan vielä suuremman edistysaskeleen langattomassa viestinnässä kuin 5G. 6G pystyy hyödyntämään korkeampia taajuuksia ja se mahdollistaa entistä suuremman kapasiteetin sekä pienemmän latenssin. 6G:n tavoitteena on jopa yhden mikrosekunnin viiveaika, mikä on tuhat kertaa nopeampi kuin 5G:n yhden millisekunnin latenssi, joka laajentaa 5G-sovellusten käyttömahdollisuuksia ja mahdollistaa uusia innovatiivisia sovelluksia. 6G-verkon odotetaan tarjoavan myös äärimmäisen suuren datansiirtonopeuden, jopa 1Tt/s. 5G-verkkojen lisäominaisuus mobiilireunalaskenta tulee olemaan integroitu osa 6G-verkon rakennetta, jolloin viestintä- ja laskentainfrastruktuurien välinen yhteistyö paranee, joka mahdollistaa tekoälyn tehokkaamman käytön sekä kehittyneemmän tuen mobiililaitteille. (Kranz & Christensen 2023, kappale ”What is 6G?”)

6G-teknologian kehitys on jo hyvässä vauhdissa ja Suomi on yksi niistä kärkimaista, jotka ovat mukana kehittämässä sitä. Vuonna 2018 Oulun yliopisto Suomessa käynnisti 6G Flagship tutkimusohjelman, jonka tavoitteena on muodostaa perusta 6G-teknologialle vuoteen 2020 mennessä. (Kranz & Christensen 2023, kappale ”Who is working on 6G technology?”.) Suomen kilpailukyvyyn lisäämiseksi on perustettu vuonna 2022 6G Finland verkosto, sen perusti kymmenen perustajajäsentä, jotka olivat: Aalto yliopisto, Nokia Bell Labs, Helsingin yliopisto, Tampereen yliopisto, LUT, Oulun yliopisto,

VTT, Puolustusvoimien tutkimuslaitos ja BusinessOulu. Hexa-X-II on EU:n rahoittama eurooppalainen 6G-lippulaivahanke, jota Suomi johtaa ja Suomen rooli on muutenkin merkittävä muissakin EU:n 6G-hankkeissa. (6G Finland 2024.)

Maailmalla Yhdysvallat, Alankomaat, Japani, Kiina, Etelä-Korea sekä Taiwan ja suuryrityksistä Nokia, Samsung, Ericsson, Intel ja Huawei ovat alkaneet kehittämään 6G-teknologiaa. 6G:n odotetaan tulevan kaupallisille markkinoille vuoteen 2030 mennessä. Etelä-Korea aikoo ottaa käyttöön uutta teknologiaa sekä ohjelmistoja, jotta se pääsee tavoitteeseensa julkaista 6G ensimmäisenä maailmassa jo vuonna 2028. (Kadia 2024.)

Tekoälyn ja koneoppimisen uskotaan olevan yksi merkittävimmistä tekniikoista, joka mahdollistaa 6G-teknologian. Tekoälyn kyky käsitellä suurta määrää dataa auttaa verkon hallinnassa ja toiminnan optimoinnissa, kun taas mobiiliverkkojen rakenteiden kehittyessä lisää, koneoppimista voidaan käyttää apuna verkon toiminnan optimoinnissa. On hyvä olla tietoinen siitä, että tekoälyn kehitys on vasta alussa ja se tulee tulevaisuudessa tarjoamaan ennennäkemättömiä mahdollisuuksia. (Jiang, Han & Habibi 2021.) Muita 6G-teknologian mahdollistavia tekniikoita ovat miehittämättömät ilma-alukset, optinen langaton viestintä, terahertsi taajuus, joka mahdollistaa suuret tiedonsiirto nopeudet, 3D-verkko ja langaton tiedon sekä energian siirto tukee nopeaa tiedonsiirtoa silloin kun matkapuhelintukiasema ei ole lähellä. (Rytönen 2023.)

5G:ssä on ollut jo käytössä massiivisia MIMO-järjestelmiä ja 6G:ssä nämä järjestelmät tulevat kasvamaan entisestään vastaamaan uusia vaatimuksia. MIMO-teknologia on ollut keskeinen osa 5G:tä ja tulee olemaan myös sitä 6G:ssä. Se tarjoaa tehokkaan tavan tiedonsiirtoon. Suuren tiedonsiirtonopeuden ja paremman kapasiteetin ovat mahdollisia teknologian käyttämien useiden antennien ansiosta. 6G-verkoissa modulaatiomenetelmien kehittäminen ja käyttöönotto ovat tarpeellisia, koska järjestelmien vaatimukset ovat hyvin erilaisia ja myös keilanmuodostusarkkitehtuurin parantaminen ja hajautettujen antennijärjestelmien kehittäminen ovat tärkeitä tutkimuskohteita. (Tataria, Shafi, Molisch, Dohler, Sjöland & Tufvesson 2021, kappale 5B1.)

## **2.3 6G:n haasteet ja mahdollisuudet**

Nykyään meillä käytössä oleva uusien matkapuhelinverkko 5G ei ole vielä täyttänyt niitä kaikkia lupauksia, joita siltä odotettiin ja verkon kehitys on edelleen kesken. Tämä muistuttaa meitä siitä, että teknologioiden kehittäminen ja haasteiden ratkaisu on aikaa vievää. Teknisten haasteiden lisäksi uuteen teknologiaan aina liittyy uudenlaiset turvallisuusriskit.

### **2.3.1 Tekniset haasteet**

6G-teknologian kehityksessä on noussut esiin kaksi suurta haastetta, joihin ei ole löydetty vielä ratkaisua. 6G-verkko käyttää niin suuria taajuuksia, joita nykyisellä teknologialla ei vielä pystytty saavuttamaan ja korkeissa taajuuksissa on vielä sekin ongelma, että signaalien liike on huonompaa ja ne eivät kykene läpäisemään esteitä. Myöskään kaupallisia ratkaisuja terahertsin soluverkoille ei ole saatavilla. Radiopiirit täytyy tulevaisuudessa suunnitella uudella tekniikalla, koska tutkijat eivät ole löytäneet keinoa päästä transistorin teoreettiseen nopeuteen, kun cmos-puolijohdeteknologialla valmistetut transistorit ovat äärirajoilla jo nyt. Tiivis kaupunkirakentaminen hidastaa lisäksi signaalien kulkua. (Pulliainen 2021.)

### **2.3.2 Mahdollisuudet**

Jokainen mobiiliverkon sukupolvi on avannut uusia käyttökohteita, joihin vanhemmat teknologiat eivät ole pystyneet. 6G:n uskotaan olevan kaikilta osin parempi ja tehokkaampi kuin edeltäjänsä 5G. 6G-verkolta odotetaan parempaa tiedonsiirtonopeutta sekä kapasiteettia, lyhyempää viivettä, luotettavampia sekä vakaampia yhteyksiä sekä merkittävää parannusta paikannustarkkuuteen ja liikkuvuuteen. Tulevaisuudessa verkkoon tullaan kytkemään yhä enemmän laitteita samanaikaisesti, joten 6G:n moninkertainen laitekapasiteetti varmistaa mobiiliverkon toimintakyvyn myös silloin. Tavoitteena on saavuttaa jopa 99.999999 % luotettavuus, eli miljoonaa yhteyttä kohden tapahtuisi vain harvoja katkoksia ja verkon odotetaan toimivan luotettavasti jopa 1000 km/h nopeudella. (Tataria, Shafi, Molisch, Dohler, Sjöland & Tufvesson 2021, kappale 1.)

Matala viive ja verkon varmuus ovat erityisen tärkeitä, koska tulevaisuudessa yhä useammat laitteet ja järjestelmät käyttävät mobiiliverkkoa osana toimintaansa ja erityisen herkkiä ovat teollisuuden automaation kriittiset järjestelmät. Tulevaisuudessa mobiiliverkot ovat yhtä tarpeellisia yhteiskunnassamme, kuin mitä sähköverkot nykyään meille on. 6G tulee olemaan kokonaisvaltainen tekijä maailmassa tulevaisuudessa ja sen keskeinen tavoite on luoda verkko, joka yhdistää digitaalisen, fyysisen ja inhimillisen maailman tiiviisti yhteen. (Tataria, Shafi, Molisch, Dohler, Sjöland & Tufvesson 2021, kappale 2.)

6G-tekniikan avulla pystytään tulevaisuudessa kehittämään yhteiskuntaa useilla eri aloilla, koska 6G:n tarjoama erittäin pieni latenssi ja terahertsin nopeus auttavat kehittämään uusia keksintöjä sekä teknologioita. Seuraavaksi käyn läpi esimerkkejä käyttökohteista, joissa 6G verkon ominaisuuksia voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää.

### **2.3.3 Liitettävyyys**

Jo 5G:ssä käytössä ollut URLLC-palvelua aiotaan kehittää eteenpäin vastaamaan 6G:n yhteysvaatimukseen, jolloin mobiiliverkon käyttö on mahdollista sellaisissakin laitteissa, jotka vaativat erittäin luotettavaa sekä viiveetöntä yhteyttä. Jos verkossa on yhtä aikaa käyttökohteita, jotka vaativat suurta datansiirtonopeutta, molempien vaatimuksia ei välttämättä pystytä täyttämään, joten 6G mobiiliverkoissa tulee olemaan aliverkkoja täyttämään käyttökohteiden vaatimuksia. Langattomuus avasi monelle alalle uusia mahdollisuuksia ja kaapeleiden viemä tila voitaisiin käyttää jotenkin muuten. (Nokia, luku ”Extreme connectivity”)

### **2.3.4 Verkko, joka pystyy aistimaan**

Yksi keskeisistä ominaisuuksista 6G:lle olisi sen taito aistia ympärillä olevia esineitä sekä ihmisiä. Verkko pystyy keräämään signaaleita, jotka sinkoutuvat esineistä, jonka avulla verkko pystyy analysoimaan esineen sijainnin, materiaalin, muodon sekä tyyppin ja luo fyysisestä maailmasta peilin. Nämä tiedot yhdistettynä tekoälyyn sekä koneoppimiseen antaa uusia tietoja fyysisestä maailmasta ja tekee verkosta kognitiivisemmän. (Nokia, luku ”A network that can sense”)

### **2.3.5 Digitaalinen kaksonen**

Digitaalinen kaksonen on virtuaalinen kopio, joka on tehty fyysisen maailman objekteista, jolloin pystytään luomaan täysin automatisoidusti useita kopioita alkuperäisestä kappaleesta. Tämä on herättänyt paljon kiinnostusta jo tässä vaiheessa eri teollisuuden aloilla. (Jiang, Han, Habibi 2021) Yksi potentiaalinen käyttökohde digitaalisille kaksosille on ohjelma, mikä on luotu älykkäiden kaupunkien käyttöön. (Uusitalo, Rugeland, Boldi, Strinati, Demestichas, Ericson, Fettweis, Filippou, Gati, Hamon, Hoffmann, Latva-Aho, Pärssinen, Richerzhagen, Schotten, Svensson, Wikström, Wymeersch, Ziegler & Zou 2021, luku 3)

### **2.3.6 Teollisuus 5.0**

5G käynnisti teollisuuden neljännen vallankumouksen ja viime vuosikymmenien aikana teknologisten innovaatioiden kehitys on auttanut älykkäiden tehtaiden syntyä. Seuraava teollinen vallankumous 5.0 nousee 6G:n käyttöönoton myötä. 6G-verkko tulee vastaamaan teollisuuden tarpeisiin yhdellä järjestelmällä, joka vähentää merkittävästi myös kustannuksia. Takaisinsirontaviestintä avulla nollaenergia- sekä paristottomat laitteet voitaisiin ottaa käyttöön 6G:ssä. Robotteja ja droneja voitaisiin käyttää sairaaloissa, varastoissa, pakettitoimituksissa sekä hotelli- ja ravintola-alalla. (Nokia, luku ”Moving towards Industry 5.0”)

### **2.3.7 Älyliikenne**

6G tulee mahdollistamaan meille älyliikenteen kehityksen. Autot ovat muuttuneet entistä enemmän ohjelmistoalustoiksi ja se tulee vaatimaan tulevaisuudessakin monimutkaista ohjelmistonkehitystä ja yhteensopivuutta eri järjestelmien välillä. Älyliikenteellä tarkoitetaan autonomisten ajoneuvojen liisääntymistä liikenteessä ja nopean sekä luotettavan tietoliikenteen avulla ajoneuvot pystyvät reagoimaan ympäristöönsä reaaliajassa. Autonomisten autojen avulla pystytään myös kehittämään erilaisia viihde- ja työsovelluksia matkustajille, koska heidän ei tarvitse enää itse keskittyä ajamiseen. Kehitteillä on myös erilaisia viestintäratkaisuja ilmaliikenteeseen, joka tarjoaa uusia mahdollisuuksia esimerkiksi tavaraliikenteelle sekä pelastustehtäville. (Oulun yliopisto 2023.)

### 2.3.8 Hologrammit ja laajennettu todellisuus

Laajennetulla todellisuudella tarkoitetaan ympäristöä, jossa virtuaalimaailma ja todellisuus kohtaavat. AR-lisätty todellisuus, VR-virtuaalitodellisuus ja MR-yhdistetty todellisuus ovat tekniikoita, joita laajennettu todellisuus pitää sisällään. (Rudnäs 2019) Laajennetun todellisuuden sovellusten käytöstä on tutkimusten perusteella huomattu olevan suurta hyötyä opetuksessa ja monimutkaisten mallien visualisoinnin sekä analysoinnin apuna. 6G-verkon suorituskyvyn odotetaan vastaavan paremmin laajennetun todellisuuden haasteisiin kuin 5G:n rajallinen kapasiteetti. (Gao, Xue, Ding, Peng & Pang, 2021, 1–6.)

Seuraava suuri edistysaskel, jonka 6G tulee mahdollistamaan, on hologrammiteknologia. Se vaatii kuitenkin äärimmäisen suurta tiedonsiirtonopeutta ja laskentatehoa sekä lyhyttä vasteaikaa, jotta käyttäjäkokemus olisi hyvä. Tiedon synkronoinnin on oltava myös tarkkaa. (Gao, Xue, Ding, Peng & Pang, 2021, 1–6.)

### 2.4 Tietoturva 6G verkossa

Huoli 6G-verkkojen turvallisuudesta on täysin aiheellinen. 6G-verkkojen turvallisuus on oltava paljon kehittyneempi kuin edeltäjänsä 5G:n, sisältäen älykkäitä torjuntatekniikoita ja itseään ylläpitäviä verkkoja. Tekoälyn avulla verkko pystyy reagoimaan uhkiin itsenäisesti, jolloin turvallisuus ei perustu pelkästään salausten menetelmiin, vaan tekoäly pystyy tunnistamaan verkon toiminnassa poikkeavuudet. Verkon turvallisuutta pystytään parantamaan myös jo käytössä olevilla tekniikoilla, kuten SDN, NFV, MEC sekä verkon segmentoinnilla, vaikka nämä teknologiat tuovat mukanaan myös omat turvallisuushaasteensa. IoE:n toteuttaminen 6G-verkossa tuo lisähaasteita turvallisuudelle, sillä siihen liittyy IoE-mallin kautta miljardeja heterogeenisiä laitteita. Perinteinen SIM-kortin turvamalli ei ole enää taloiseen riittävä vaan vaaditaan uusia turvallisuusratkaisuja. (Siriwardhana, Porambage, Liyanage & Ylianttila 2021, luku 2)

Uudenlaisia turvallisuustekniikoita- sekä strategioita kehitetään koko ajan lisää. Mesh-verkot tulevat yleistymään, mikä lisää haavoittuvuuksia tallaisissa hajautetuissa verkoissa, jossa jokaisella laitteella on oma verkkoyhteys. Uudet verkkoarkkitehtuurit kuten ZSM ja RAN-Core konvergenssi ovat uusia lähestymistapoja turvallisuuden parantamiseksi 6G-verkossa. 6G-verkon autonomian ja tietoturvan kehittämiseen aiotaan hyödyntää tekoälyä, erityisesti koneoppimista. Kuitenkin tekoälyn käytöllä on

omat turvallisuushaasteensa, kuten datan manipulointiin ja mallien väärinkäyttöön liittyvät hyökkäykset. Blockchain-teknologia on keskeinen osa 6G:n tietoturvan kehitystä, mutta kvanttietokoneet luovat uusia uhkia lohkoketjuille. (Siriwardhana, Porambage, Liyanage & Ylianttila 2021, luku 2B)

Sisätilojen paikannusjärjestelmissä sekä ulkona ajoneuvojen välisessä viestinnässä käytetään VLC-teknologiaa. Sen turvallisen käytön voivat estää järjestelmää kohtaan suunnatut yleiset hyökkäykset, kuten salakuuntelu, häirintä ja järjestelmien solmukompromissi. Potentiaalisia uhkia 6G-verkon tekoälyjärjestelmissä ovat siihen kohdistuvat hyökkäykset, kuten datan myrkyttäminen, datan sisään ruiskutus, tietojen muokkaus, logiikan manipulointi, mallien ohittaminen, mallin kääntäminen sekä mallien purkaminen tai jäsenyyshanalyysi. (Siriwardhana, Porambage, Liyanage & Ylianttila 2021, luku 2C)

Verkon haavoittuvuuksia pystytään myös paljastamaan tekoälyllä, jolla on kyky tehdä päätöksiä hajautetulla reunapohjaisella arkkitehtuurilla. Se voi esimerkiksi tunnistaa IoT-laitteita, jotka ovat vaarassa haavoittua ja muuntaa ne botteiksi sekä käynnistää DDoS-hyökkäyksen kriittisiä solmuja vastaan. Tekoälyn avulla pystytään esimerkiksi kehittämään entistä älykkäämpiä puolustusjärjestelmiä, kuten liikkuva kohdepuolustustekniikka ja kvanttikoneoppiminen voisivat tarjota ennakoivia keinoja häiritä tekoälyä tukevien hyökkääjien oppimisprosessia ja kehittää edistyneitä puolustustekniikoita tekoälypohjaisia hyökkäyksiä vastaan. (Siriwardhana, Porambage, Liyanage & Ylianttila 2021, luku 3)

## **2.5 6G ja kestävä kehitys**

Kestävällä kehityksellä tarkoitetaan prosessia, minkä tavoitteena on varmistaa hyvät elinolosuhteet niin meille kuin tulevillekin sukupolvillekin tasapainottamalla ympäristön, talouden ja sosiaalisten näkökulmia vaatimuksia. Kestävän kehityksen periaatteet sisältävät luonnon monimuotoisuuden ja ekosysteemien säilyttämisen, taloudellisen kasvun, ilman pitkän aikavälin velkaantumista tai luonnonvarojen tuhlaamista sekä sosiaalisen hyvinvoinnin edistämisen, kuten esimerkiksi terveys- ja koulutuspalveluiden tasa-arvon parantamisen. Kestävä kehitys pyrkii myös luomaan tasapainon ihmisen toiminnan ja luonnon kantokyvyn välille, edistämään taloudellista vakautta sekä tukemaan sosiaalista oikeudenmukaisuutta. (Ympäristöministeriö 2023.)

6G:tä koskevia kestävä kehityksen periaatteita sekä tavoitteita käytiin läpi ensimmäisessä 6G White paper seriessä. Keskeisenä tavoitteena siinä pidettiin 6G:n kehittämistä YK:n asettamien tavoitteiden

mukaisesti. Siinä 6G-teknologialle tunnistettiin kolme keskeistä roolia kestävän kehityksen edistämisessä: se voisi toimia palveluiden tarjoajana, jotka edistävät kestävästä kehityksestä keräämällä tietoa indikaattoreista, joilla mitataan kestävästä kehityksestä sekä vahvistamalla kestävästä kehityksestä tukevaa ekosysteemiä. (Matinmikko-Blue, Yrjölä & Ahokangas, luku 4)

YK: kestävän kehityksen 231 indikaattorista vain seitsemän liittyy suoraan tieto- ja viestintäteknikkaan, mutta teknologia vaikuttaa moneen muuhunkin tavoitteeseen, joten 6G:n odotetaan edistävän näiden tavoitteiden saavuttamista ja myös uusien 6G:lle sopivien indikaattoreiden kehittämistä on ehdotettu. Ne mittaisivat 6G luotettavuutta, osallistavuutta ja kestävyyttä ja niiden avulla pystyttäisiin mittaamaan teknologian kestävyyttä monipuolisemmin, ottamalla huomioon taloudelliset, yhteiskunnalliset ja ympäristöön liittyvät näkökulmat. Kestävän kehityksen indikaattoreita tarkastellaan nykyään myös laadullisista näkökulmista, kuten käyttäjäkokemuksesta tai yksityisyydestä. (Matinmikko-Blue, Yrjölä & Ahokangas 2021, luku 4.)

6G-teknologian avulla pystytään tulevaisuudessa keräämään keskeistä tietoa kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamista paikallisella tasolla erilaisten aistimis-, sijainti-, kuvantamis- ominaisuuksien avulla. Tutkimuksissa on keskitytty vihreisiin 6G-teknologioihin, kuten arkkitehtuurimuutoksiin, energian talteenottoon sekä joustaviin, älykkäisiin materiaaleihin ja on myös esitetty nollaenergia laitteiden kehittämistä. (Matinmikko-Blue, Yrjölä & Ahokangas 2021, luku 5.)

Kestävän kehityksen näkökulmasta 6G:n kehittämisessä tulisi ottaa huomioon yhteiskunnallinen, taloudellinen ja ekologinen kestävyys. Taloudellisesti 6G:n tulisi olla kannattavaa sekä kohtuuhintaista, tuoden samalla verkostovaikutuksia yhteiskunnalle, yhteiskunnallisesti mahdollistaa kaikkien osallistuminen ja parantaa ihmisten arkea digitaalisten palveluiden kautta ja ekologisesti 6G:n tulisi olla energiatehokas ja ottaa huomioon ympäristövaikutukset kaikissa elinkaarensa vaiheissa. 6G:n käyttöönotto tulisi suunnitella niin, että se tukee YK:n kestävän kehityksen tavoitteita sen kaikilla osa-alueilla. (Matinmikko-Blue, Yrjölä & Ahokangas 2021, luku 5.1–5.3.)

### 3 MENETELMÄT JA AINEISTOT

Toteutin kvalitatiivisen tutkimukseni strukturoituna yksilöhaastatteluna viidelle IT-alan yritykselle. Haastattelulomake sisälsi ennalta määritellyt kysymykset. Kysymyksiä oli aluksi enemmän, mutta lopulta rajasin kysymykset seitsemään, jotta opinnäytetyön kokonaisuus säilyi ehjänä kokonaisuutena. Tutkimuksessa käytetyn kvalitatiivisen lähestymistavan avulla sain kokonaisvaltaisen näkemyksen yritysten näkemyksistä, haasteista ja mahdollisuuksista liittyen 6G verkkoihin. Laadullinen eli kvalitatiivinen tutkimus keskittyy laadullisten tietojen keräämiseen ja analysointiin, jotta pystytään ymmärtämään tutkittavan aiheen merkitys ja konteksti. (Heisjärvi, Remes & Sajavaara 2000, 151.)

Hyödynsin tutkimuksessani induktiivista päättelyä, jossa muodostetaan teoria ja hypoteesit aineiston keräämisen ja analysoinnin jälkeen. Tutkimusprosessi voi kehittyä ja muuttua matkan varrella, mutta se kuuluu kvalitatiivisen tutkimuksen luonteeseen. Puolistrukturoitu haastattelu mahdollisti minulle sen, että kaikki haluamani aihealueet käsiteltiin ja tietojen saaminen oli tehokasta. Vastauksia oli myös helppo vertailla keskenään analyysivaiheessa. (Heisjärvi, Remes & Sajavaara 2000, 195–197.)

## 4 TULOKSET

Opinnäytetyöni tarkoituksena on tutkia, miten IT-alan yritykset valmistautuvat 6G-aikaan ja minkälaisia haasteita ja mahdollisuuksia se tuo yritykselle mahdollisesti mukanaan. Haastattelin opinnäytetyötäni varten neljää eri IT-alan yritystä, jotka tarjosivat ohjelmistokonsultointia, Atk-laitteiden huoltoa, pelinkehitystä sekä ohjelmistojenkehityksen palveluita. Lähetin yrityksille haastattelukysymykset sähköpostilla etukäteen ja kun he olivat tutustuneet kysymyksiin, pidimme Teams-palaverin aiheesta. Haastattelu tapahtui yksilö haastatteluna.

### 4.1 Teknologian valmistelu ja päivitykset

Tutkittavia yrityksiä pyydettiin pohtimaan ensin sitä, miten yritykset aikovat valmistautua 6G-tekniikan käyttöönottoon. 6G-tekniikan käyttöönottoon valmistautuminen vaatii IT-alan yrityksiltä tulevaisuudessa erilaisia toimenpiteitä. Toimenpiteet vaihtelivat sen mukaan, minkälaisia palveluita yritykset tarjosivat. Ohjelmistokonsultointia tarjoava yritys piti keskeisenä asiana asiantuntemuksen päivitystä sekä uusien ratkaisujen kehitystä, jotka hyödyntävät 6G-tekniikan tarjoamia mahdollisuuksia. Verkostoitumista asiantuntijoiden kanssa sekä alan seminaareihin osallistumista pidettiin myös tärkeänä.

Ohjelmistoja kehittävä yritys haluaa varmistaa, että tuotteet ja palvelut olisivat yhteensopivia 6G-tekniikan kanssa, joten ohjelmistokehitystyökalut ja -ympäristöt pitää todennäköisesti päivittää tulevaisuudessa uusiin, jotta ne pystyvät hyödyntämään 6G:n tarjoamaa nopeutta ja suorituskykyä. Tarvittaessa yritys aikoo myös investoida uusiin testaus- sekä kehitysympäristöihin, jotka mahdollistavat 6G-ympäristön testauksen ja simuloinnin.

Atk-huoltoa yritys piti tärkeänä omien laitteiden päivitystä 6G yhteensopiviksi, jotta he olisivat valmiita vastaamaan asiakkaiden kasvaviin tarpeisiin. Uudet laitteet mahdollistavat nopeammat siirtonopeudet sekä suuremman kapasiteetin käytön. Yritys korosti yhteistyön tärkeyttä laitevalmistajien ja operaattorien kanssa, jotta he voivat varmistaa laitteiden ja järjestelmien toimivuuden tulevaisuudessa uusien teknologisten vaatimusten mukaisesti.

Pelinkehitys yrityksessä tärkeänä pidettiin 6G-tekniikan hyödyntämistä paremman pelikokemuksen tarjoamiseksi. 6G-tekniikka pystytään hyödyntämään monin eri tavoin tulevaisuudessa ja esimerkiksi VR/AR kokemus tulee olemaan ihan eri luokkaa kuin mikä se nyt on. Lisäksi pelien sekä sovellusten skaalautuvuus erilaisiin verkko-olosuhteisiin on tärkeää. Optimointi 6G-ympäristöön tulee varmasti vaatimaan merkittäviä teknisiä päivityksiä sekä kehitystyötä.

Kaikki yritykset pitivät tärkeänä rakentaa yhteistyötä alan toimijoiden kanssa, jotta pystytään varmistamaan, että yrityksillä on uusinta tietoa ja tekniikkaa käytettävissä. Kaikki yritykset myös mainitsivat asiakkaille tarjottavan neuvonnan tärkeäksi, että asiakkaatkin ymmärtävät 6G-tekniikan vaikutukset tulevaisuudessa ja sillä pystytään varmistamaan, että yritykset tulevat jatkossakin pysymään kilpailukyisinä.

## **4.2 Liiketoimintamahdollisuudet**

Alhainen viive ja suuri datansiirtonopeus tulee avaamaan yrityksille ennennäkemättömiä mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Näitä ominaisuuksia hyödyntämällä yritykset pystyvät tarjoamaan uudenlaisia tuotteita ja palveluita asiakkailleen. Kaikki haastattelemani yritykset painottivat vastauksissaan 6G-verkon uusien ja parempien ominaisuuksien hyödyntämistä liiketoiminnassaan tulevaisuudessa. Ohjelmistokonsultointi yritys kertoi haastattelussa hyödyntävänsä niitä kehittämällä esimerkiksi reaaliaikaisia analytiikka- ja dataratkaisuja, etätyöalustoja ja virtuaalisia kokoussovelluksia, älykkäitä kaupunkiratkaisuja sekä älykkäitä terveys- ja hyvinvointisovelluksia.

Atk-huoltoa tarjoava yritys korosti haastattelussa haluavansa pysyä mukana 6G:n kehityksessä ja sitä pidettiin tärkeimpänä asiana tulevaisuuden liiketoimintamahdollisuuksia silmällä pitäen. 6G verkko tulee luomaan kysyntää uusille ja päivitetuille laitteille sekä infrastruktuurille, silloin yrityksellä on mahdollisuus tarjota huoltopalveluita asiakkaille, jotka ovat päivittämässä laitteitansa 6G yhteensopiviksi. Tulevaisuudessa pystytään esimerkiksi etäneuvontaa toteuttamaan tehokkaammin hologrammi-puheluiden avulla, mikä vähentää matkoihin kulutettua aikaa ja tehostaa työskentelyä.

Haastateltava pelinkehitystä tarjoavasta yrityksestä näki valtavasti uusia liiketoiminta mahdollisuuksia, jotka 6G-verkko tulee heidän yritykselleen avaamaan, esimerkiksi immersion vahvistamista voidaan

viedä aivan uudelle tasolle tulevaisuudessa ja uudenlaisia vuorovaikutusmahdollisuuksia pelikokemuksiin saadaan lisättyjen tietojen ja sosiaalisten toimintojen integroinnilla. Peleistä pystytään tulevaisuudessa tekemään entistä viihdyttävämpiä. Ohjelmistoyrityksen näkökulmasta uusi 6G-verkko voi avata ovia entistä älykkäämpien ja tehokkaampien ohjelmistojen ja sovellusten kehittämiseksi, kuten esimerkiksi automaatioalustat, etävalvontajärjestelmät ja IoT-ratkaisut, jotka mahdollistavat älykkäämmät tuotantoprosessit ja tehokkaamman resurssienhallinnan teollisuudessa.

### **4.3 Haasteet ja mahdollisuudet**

Haastattelussa nousi samoja haasteita ja mahdollisuuksia, joita olin itse myös käsitellyt aiemmissa kappaleissa. Kaikissa haastatteluissa tietoturva ja yksityisyyskysymykset nousivat esiin, kun käsiteltiin 6G-verkon tuomia mahdollisia haasteita yrityksille. Kaikki olivat kuitenkin luottavaisin mielin, että he tulevat löytämään parhaat tietoturvaratkaisut yritykselleen. Kaksi neljästä yrityksestä piti myös tulevia investointikustannuksia haasteena, kun osaaminen, laitteet ja infrastruktuurin päivitys voivat tulla yllyttävän kalliiksi pienelle yritykselle ja siihen on hyvä jo hyvissä ajoin alkaa valmistautumaan. Tekniset haasteet, joita ei ole pystytty vielä ratkaisemaan, mietityttivät kolmea neljästä yrityksestä. Erilaiset säännökset, jotka liittyvät uuden teknologian käyttöönottoon nousivat myös yhdessä haastattelusta esille.

Mahdollisuudet, jotka yritykset nimesivät liittyen 6G-teknologian käyttöönottoon, olivat erilaiset innovaatiot, mitkä parantavat yritysten kilpailukykyä markkinoilla, tuottavuuden ja tehokkuuden parantaminen, uusien liiketoimintamallien kehittäminen ja asiakaskokemuksen parantaminen.

### **4.4 Tietoturva**

Yrityksiltä kysyttiin, miten he aikovat varmistaa tietoturvan ja yksityisyydensuojan 6G-ympäristössä? Kaikki neljä yritystä korosti tietoturvan merkitystä 6G-ympäristössä, ja he pitivät työntekijöiden koulutusta tietoturvaan liittyen avainasemassa. Tekoälyn käyttö apuna tietoturvallisuudessa nousi esiin kolmen yrityksen haastattelussa. Sen avulla verkko pystyy reagoimaan uhkiin itsenäisesti, eikä tieto-

turvallisuus perustu pelkkiin salausmenetelmiin. Neljäs yritys piti tekoälyä myös potentiaalisena uhkana tietoturvallisuudelle, koska tekoälyyn perustuvat hyökkäykset ja myös tekoälyllä toimivat järjestelmät synnyttävät järjestelmälle ihan uudenlaisia riskejä.

#### **4.5 Eettiset kysymykset ja kestävä kehitys**

Haastatteluissa nousi muutamia eettisiä kysymyksiä esiin, jotka liittyvät myös kestäväan kehitykseen. Vihreät arvot ovat nykyään vahvasti esillä ja yritysten on myös panostettava niihin, koska asiakkaatkin osaavat vaatia sitä. Kaksi yritystä oli huolissaan 6G:n ympäristövaikutuksista, koska 6G-verkot tulevat viemään paljon enemmän energiaa kuin edeltäjänsä sekä siitä, kun laitteita aletaan vaihtamaan uusiin, elektronista jätettä tulee suuria määriä. Toisaalta verkoista kehitetään energiatehokkaita. Myös uuden infrastruktuurin rakentaminen kuormittaa ympäristöä. Yhdellä haastateltavista oli suuri luotto siihen, että 6G:n avulla pystymme ratkaisemaan monia ongelmia, jotka auttavat meitä kestävässä kehityksessä. Kaikki yritykset painottivat kierrättävänsä vanhat laitteet ja ajoittavansa uusien laitteiden vaihdon oikeaan paikkaan.

## 5 POHDINTA JA PÄÄTELMÄT

Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää, miten eri IT-alan yritykset aikovat valmistautua tulevaan 6G-aikaan ja minkälaisia haasteita ja mahdollisuuksia he siinä näkevät. 6G-teknologia uskotaan mahdollistavan paljon uusia innovaatioita ja sovelluksia eri aloilla ja muokkaavan yhteiskuntaa ja ihmisten arkea kokonaisvaltaisesti. Yritysten haastatteluista minulle jäi sellainen kuva, että yritykset aikovat valmistautua monipuolisesti tulevaan 6G-teknologian käyttöönottoon. Yritykset olivat selvästi tietoisia tulevaisuuden teknologian mahdollisuuksista sekä haasteista, ja heillä oli selvästi halua pysyä ajan tasalla teknologian kehityksessä.

Yritysten täytyy jatkossakin seurata aktiivisesti teknologian kehitystä ja reagoitava muuttuviin olosuhteisiin. Työntekijöiden kouluttaminen ja yhteistyö alan toimijoiden kanssa tulee olemaan elintärkeää yrityksille jatkossakin, jos he haluavat pysyä kilpailukykyisinä sekä edistää vastuullista liiketoimintaa. Yritykset vaikuttivat olevan myös valmiita investoimaan 6G-teknologiaan ja hyödyntämään 6G:n tarjoamia mahdollisuuksia. 6G tulee mahdollistamaan monia uusia liiketoimintamahdollisuuksia eri aloille, ja yritykset pystyvät laajentamaan omaa liiketoimintaansa 6G:n uusien ominaisuuksien ansiosta. On todella jännittävää nähdä, mitä kaikkea 6G-teknologia tulee tarjoamaan meille ja miten kaikki haasteet pystytään ratkaisemaan.

Yksi suurista 6G-teknologian haasteista on tietoturva ja kaikki neljä haastattelemani yritystä korostivat myös tietoturvan merkitystä 6G-aikakaudella. Tekoäly ja koneoppiminen nähtiin yritysten keskuudessa sekä ratkaisuna, että potentiaalisena uhkana tietoturvallisuudelle. Tekoälyn jatkuva kehitys ja sen käyttö osana verkkoa altistaa uudenlaisille uhkille. Jotta pystytään toteuttamaan täysin itseohjautuvia järjestelmiä, 6G-verkon toteutuksessa täytyy hyödyntää tekoälyä ja koneoppimista. Potentiaaliset uhkat 6G-verkkojen tekoälyjärjestelmissä ovat koneoppimiseen kohdistuvat hyökkäykset, kuten datan myrkyttäminen, datan sisään ruiskutus, tietojen muokkaus, logiikan manipulointi, mallien ohittaminen, mallin kääntäminen ja mallien purkaminen sekä jäsenyyshanalyysi.

Myönteistä oli huomata, että haastattelemani yritykset olivat pohtineet eettisyyden ja kestäväen kehityksen kysymyksiä, oman yrityksensä kohdalla. 6G-teknologia tulee lisäämään huomasti energian kulutusta, johon onneksi etsitään jo ratkaisuja. Teknologia myös kehittyy koko ajan, joten laitteita on muutenkin pakko jossain vaiheessa päivittää. Päivitys kannattaa kuitenkin ajoittaa niin, että juuri vaihdettuja uusia laitteita ei vaihdeta heti uudestaan, koska ne eivät tuekaan 6G:tä. Jokainen haastattelemani

yritys on ottanut vastuuta omista ympäristövaikutuksistaan ja pyrkivät toiminnassaan kestäväan kehitykseen, joka näkyy myös laajempaa yhteiskunnallisena trendinä, jossa yritykset pyrkivät yhä enemmän vastuullisempaan liiketoimintaan.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni käsitteli mobiiliteknologian kehitystä alkaen 1G-verkoista kohti 6G-aikaa. Tutkimuksessani tarkastelin mobiiliverkkojen historiaa ja kehitystä, 6G-teknologian perusteita ja sen tuomia haasteita sekä mahdollisuuksia IT-alan yritysten näkökulmasta. Muita keskeisiä osa-alueita olivat tekniset haasteet, liitettävyys, verkkojen aistiminen, digitaalinen kaksonen, teollisuus 5.0, älyliikenne, hologrammit ja laajennettu todellisuus, tietoturva sekä 6G:n vaikutukset kestävään kehitykseen.

Tutkimukseni perustana käytin neljän eri IT-alan yrityksen puolistrukturoituja haastatteluja. Tulokset jaoin teknologian valmisteluun ja päivityksiin, liiketoimintamahdollisuuksiin, haasteisiin ja mahdollisuuksiin, tietoturvaan sekä eettisiin kysymyksiin sekä kestävään kehitykseen. Pohdinnassa ja päätelmissä tein havaintoja haastattelujen pohjalta, että miten 6G-verkon käyttöönotto tulee vaikuttamaan haastattelemiini IT-alan yrityksiin.

Tutkimukseni perusteella voin todeta, että 6G-verkon käyttöönotto tulee vaikuttamaan merkittävästä niin IT-alalle kuin ihan meidän kaikkien jokapäiväiseen elämään. 6G tulee tarjoamaan runsaasti mahdollisuuksia, mutta sen käyttöönottoon liittyy vielä niin teknisiä kuin turvallisuuden ja yksityisyyteen liittyviä haasteita. Olen siitä iloinen, että teknologian kehityksessä on otettu huomioon kestävä kehityksen näkökulma. Tämä opinnäytetyö antaa toivottavasti tietoa ja näkemyksiä 6G-verkon tulevaisuudesta ja sen vaikutuksista IT-alan yrityksiin.

## LÄHTEET

- Ficom. 2018. Langattomat sukupolvet 1G, 2G, 3G, 4G, 5G...Saatavissa: <https://ficom.fi/ajankoh-taista/uutiset/langattomat-sukupolvet-1g-2g-3g-4g-5g/>. Viitattu: 11.2.2024
- Gao Y., Xue S., Ding M., Peng J., Pang J. 2021. Exploring Extended Reality with Flexible Spectrum Access in Wireless Cellular Network. IEEE Xplore. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9569526/>. Viitattu: 3.4.2024
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2000. *Tutki ja kirjoita*. 6., uudistettu painos. Jyväskylä: Tammi.
- Jiang, W., Han, B., Habibi, MA. & Schotten, HD. 2021. The Road Towards 6G: A Comprehensive Survey. IEEE Xplore. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9349624>. Viitattu: 23.3.2024
- Kadia, H. 2024. SOUTH KOREA PLANS TO LAUNCH 6G NETWORK IN 2028. Tecknexus. Saatavissa: <https://tecknexus.com/5gnews-all/south-korea-plans-to-launch-6g-network-in-2028/>. Viitattu: 15.3.2024
- Khan, A., Qadeer, M., Ansari, J. & Waheed, S. 2009. 4G as a Next Generation Wireless Network. IEEE Xplore. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5189800>. Viitattu: 1.2.2024
- Korhonen, P. 1999. Matkapuhelinten sukupolvet. TTK. Saatavissa: <https://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s99/htyo/47/1sp.shtml>. Viitattu: 1.2.2024
- Kranz, G. & Cristensen, G. 2023. What is 6G? Overview of 6G networks & technology. Techtarget. Saatavissa: <https://www.techtarget.com/searchnetworking/definition/6G>. Viitattu: 18.2.2024
- Matinmikko-Blue, M., Yrjölä, S., Ahokangas, P., Ojutkangas K. & Rossi, E. 2021. 6G and the UN SDGs: Where is the Connection? Open access. Saatavissa: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11277-021-09058-y>. Viitattu: 14.3.2024
- Mihn. 2022. 2G- ja 3G-verkon alasajo. MT-TECH. Saatavissa: <https://mt-tech.fi/2g-ja-3g-verkon-alasajo/>. Viitattu: 4.2.2024
- Mikrobitti. 2023. Mikä on 6g? Faktat 6g-verkosta ja tekniikan kehityksestä. Saatavissa: <https://www.mikrobitti.fi/uutiset/mika-on-6g-faktat-6g-verkosta-ja-tekniikan-kehityksesta/5d0a16e9-aa40-45db-bfc5-7e92bcb8ede4>. Viitattu: 23.3.2024
- Mobiilitutka. 2023. Kaikki mitä sinun pitää tietää 5G:stä. Saatavissa: <https://mobiilitutka.fi/5g/>. Viitattu: 15.2.2024
- Moes, T. 2023. What is 4G? Everything You Need to Know. Software lab. Saatavissa: <https://softwarerelab.org/blog/what-is-4g/>. Viitattu: 29.1.2023
- Nokia. 6G explained. Saatavissa: <https://www.nokia.com/about-us/newsroom/articles/6g-explained/>. Viitattu: 4.4.2024

Pulliainen, M. 2022. Tulevaisuuden nopeita 6g-verkkoyhteyksiä varjostaa 2 ongelmaa, joita tutkijat eivät ole pystyneet ratkaisemaan. Tekniikka&Talous. Saatavissa: <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/tulevaisuuden-nopeita-6g-verkkoyhteyksia-varjostaa-2-ongelmaa-joita-tutkijat-eivatole-pystyneet-ratkaisemaan/c00d8d32-6672-409a-9652-cc664913>. Viitattu: 10.4.2024

Rudnäs, N. 2019. Mitä on eXtended Reality (laajennettu todellisuus)? Seamk julkaisut. Saatavissa: <https://lehti.seamk.fi/alykkaat-ja-energiatehokkaat-jarjestelmat/mita-on-extended-reality-laajennettu-todellisuus/>. Viitattu: 1.4.2024

Rytkönen, N. 2023. *6G – mahdollisuudet ja haasteet*. Helsinki: Haaga-Helia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2023051510750>. Viitattu: 12.3.2024

Siriwardhana, Y., Porambage, P., Liyanage, M. & Ylianttila, M. 2021. AI and 6G security : opportunities and challenges. Oulun yliopisto. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021102051685>. Viitattu: 24.3.2024

Suvilehto, J. 2011. Televerkko, GSM-verkko. Aalto-yliopisto. Saatavissa: <http://www.cse.tkk.fi/fi/opinnot/T-110.1100/2011/luennot-files/06.Televerkko,%20GSM-verkko.pdf>. Viitattu: 13.2.2024

Tataria H., Shafi M., Molisch AF., Dohler M., Sjöland H. & Tufvesson F. 2021. 6G Wireless Systems: Vision, Requirements, Challenges, Insights, and Opportunities. IEEE Xplore. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9390169>. Viitattu: 20.3.2023

Uusitalo, M., Rugeland, P., Boldi, M., Strinati, E., Demestichas, P., Ericson, M., Fettweis, G., Filippou, M., Gati, A., Homon, M-H., Hoffmann, M., Latva-Aho, M., Pärssinen, A., Richerzhagen, B., Schotten, H., Svensson, T., Wikström, G., Wymeersch, H., Ziegler, V. & Zou, Y. 2021. 6G Vision, Value, Use Cases and Technologies From European 6G Flagship Project Hexa-X. IEEE Xplore. Saatavissa: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9625032?denied=>. Viitattu: 12.3.2024

Ympäristöministeriö. 2023. Mitä on kestävä kehitys? Saatavissa: <https://ym.fi/mita-on-kestava-kehitys>. Viitattu: 19.3.2024