

**Asia:** VNS 16/2022 vp Valtioneuvoston tulevaisuusselonteon 1. ja 2. osa Näkymiä seuraavien sukupolvien Suomeen.

**Aihe:** Radikaalien teknologioiden yhteiskuntaa muuttavien vaikutusten ja niiden sääntelyn näkökulma. Vuonna 2018 vaikuttavimmiksi ennakoitujen radikaaliteknologioiden mahdollisia vaikutuksia tällä vuosikymmenellä, toisaalta tunnistamaan muita sellaisia radikaaleja teknologioita, joiden kehitys on viime vuosina merkittävimmin edistynyt.

**Tausta:** Tulevaisuusselonteon tehtävänä on tunnistaa päätöksenteon kannalta tärkeitä, tulevaisuudessa erityistä huomiota vaativia asioita. Tiivistelmässä korostetaan kartoitetun yhteiskunnallisia, teknologisia, taloudellisia, ympäristöllisiä ja poliittisia muutoksia.

Tulkitsen seuraavassa teknologiaa laajasti yhteiskunnan, talouden, ympäristön ja politiikan muutostekijänä, jolta osin tulevaisuusvaliokunnan julkaisema laaja yhteiskunnan eri osa-alueet leikkaava raportti Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018 - 2037 selkeästi havainnollistaa. Mainitussa raportissa esimerkiksi tekoälykehitykselle on osoitettu ja arvioitu yli 300 erilaista yhteiskunnallisesti olennaista vaikutusta.

### **Raportin Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 ennakoimat muutokset**

Raportin Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 tunnistamat vaikutuksiltaan 20 merkittävintä teknologiaa ovat arvioidussa tärkeysjärjestyksessä seuraavat. Lausunnon lopussa on kuvattu nopeimmat etenijät laajemmin. Kommentoin lyhyesti muutosten etenemistä ja regulaatiotarpeita tai laajoja muita julkishallinnon toimien tarpeita:

1. Neuroverkot ja syväoppiminen (12) - käsitellään tarkemmin eniten edenneiden yhteydessä. Vaatii selkeästi vakavaa ja syvää reagointia useilla hallinnonaloilla jo seuraavalla vaalikaudella.
2. Robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä (28) - käsitellään tarkemmin eniten edenneiden yhteydessä. Asia on kohtuullisesti toistaiseksi huomioitu regulaatiotasolla, mutta vaikutukset kaavoitukseen ja ratahankkeisiin tulisi analysoida.
3. Kuvantaminen ja paikannus (6) - aihe tarkemmin eniten edenneiden yhteydessä kohdassa (100) sisältöstandardit. Kaupunki- ja aluemallit tulisi yhtenäistää tuoreiden virtuaalimallien standardien mukaiseksi valtakunnalliseksi malliksi, jonka tarkkuus on rakennusten ulkoseinien tasolla ja riittävä robottiliikenteeseen sekä moninaisiin teollisuuden, turismin, kaupunkisuunnittelun, logistiikan ja kunnossapidon Metaversesovelluksiin. Vastuu mallin yhtenäisestä toimivuudesta tulisi siirtää kunnilta valtiolliselle tasolle.
4. AI:n tekemä globaali työ (96) - aihe käsitellään eniten edenneiden yhteydessä. Vaatii selkeää hahmottamista jaa mahdollisesti vastuurajojen huomioimista regulaatiotasolla, mutta erityisesti

reagointia ainakin hallinnon kehittämisen, turvallisuuden, kilpailukyvyn ja osaamisen kehittämisen osalta.

5. DNA-luenta ja kirjoittaminen (2) - aihetta sivutaan eniten edenneiden yhteydessä kohdassa 60 Perimän editointitekniikat. Riskien minimointi edellyttäisi, vaikka se paradoksaaliselta kuulostaakin, geenimanipuloinnin kaupallisten edellytysten helpottamista kasvin- ja eläinjalostuksessa. (Laaja perustelu raportissa Geeniteknologian kehitys 208-2020)

6. Aurinkosähkön nopea kehitys (70) - asia etenee ilman erityistä huomiointia. Tuulienergian massiivinen lisäys sen sijaan edellyttää toimia, mm. Laajoja julkisia investointeja, joita on käsitelty eniten edenneiden kohdissa 72 ja 76, energiavarastot ja vedyn edullinen säilytys.

7. Kaupallisen alustatyön välittäminen (19) - ei huomioita, asia etenee ennakkoidusti.

8. Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaus (11) - asia käsitelty eniten edenneiden joukossa, vaatii huomiota, erityisesti, koska kotimarkkinaa suojannut kielimuuri poistuu. Erityistä regulointitarvetta ei ole, mutta suomenkielisiä syntetisoituja puhujia on vain ilmeettömään selkokieleen. Mikäli halutaan suomen säilyvän tekoälyn ilmaisuvoimaisena kielenä, tulee asiaan panostaa. Markkina ei näytä asiaa hoitavan.

9. Ympäristön reaaliaikainen 3D-hahmotus (16) - aihe etenee odotetusti. Regulaatiivisia toimia vaadittaisiin työturvallisuuden parantamiseksi ja kustannuksia sekä riskejä aiheuttavien työtehtävien koneellisen seurannan selkeäksi sallimiseksi. Koneellinen tunnistus voi hälyttää ihmisen tehdessä jonkin itselle tai muille vaaraa aiheuttavan virheen. Samaten valvonta tulisi sallia harjoitteluvaiheessa neuvonta- ja opetustarkoituksissa ja opetussuoritteiden keräämiseksi.

10. Materiaalitutka / hyperspektrikamera (5) - aihe edennyt, mutta odotettua hitaammin. Ei edellytä toimia.

11. Akkujen ja kondensaattoreiden nopea kehitys (73) - aihe edennyt ja siihen on reagoitu.

12. Tavaroiden 3D-tulostus (38) - julkishallinnon tulisi muuttaa huoltovarmuuteen liittyviä säädöksiä tai käytäntöjä siten, että 3D-tulostimia ja niihin liittyvää osaamista olisi maassa riittävästi kriisiajan tarpeisiin. Yksi keino tähän olisi se, että Puolustusvoimat valmistaisi osan helposti 3D-tulostimilla valmistettavista tarvikkeistaan itse. 3D-tulostimien hyöty kriisitilanteissa havaittiin käytännössä pandemian aiheuttaessa mm. hengityskoneiden osien saatavuusongelmia ja monia muita saatavuusongelmia.

13. VR-lasit ja lisätty todellisuus (20) - aihe edennyt eikä vaadi erityistä reagointia.

14. Laskentatehon radikaali kasvu (26) - aihe käsitelty eniten edenneiden joukossa.

15. Nelikopterit ja muut lentävät dronet (30) - aihe on edennyt ja siihen on reagoitu.

16. Kuluttajahintaiset kehon analysaattorit (3) - aihe on edennyt, ja regulaatiotarpeena on vastuukysymysten selvittäminen siten, että kuluttajakäytössä olevia henkilön tilaa jatkuvasti seuraavia laitteita ja niiden dataa voisi lääkäri tietyin edellytyksin käyttää ilman, että joutuu vastuuseen virheellisesti toimivan laitteen aiheuttamista ongelmista. Etälääketiede tulisi muutoinkin reguloida sitä helpottavaksi ja mm. diagnosointitapoja kehittää etälääketieteeseen.

17. Verbot/chatbot -keskustelevat ja kirjalliset robotit (15) - aihe käsitelty eniten edenneiden joukossa. Vaatii huomattavaa julkishallinnon reagoitua, ja myös vastuurajojen tarkastelua.

18. M2M-kauppa ja muu verkkokauppa (93) - aihe edennyt ja siihen on reagoitu.

19. Pilvilaskenta- ja tallennuspalvelut (95) - aihe edennyt ja siihen on reagoitu.

20. Ubiikki ympäristö ja tavaroiden internet (41) - aihe on edennyt hitaasti, ja vaikka mahdollisuus tavaroiden geneerisistä digitaalisista kaksosista helpottaisi kunnossapitoa, logistiikkaa, turismia, kauppaa, hallintoa ja lukuisia muita toimintoja, ei se toteudu ilman julkista veturia.

Näiden lisäksi tämän lausunnon lopussa on käsitelty nopeimmin edenneet. Äsken todettujen lisäksi siihen kuuluvat seuraavat:

Avaruuden helpompi saavuttaminen (35)

Biotekninen liha ja lihaimitaatiot (66)

Pienydinvoimalat (fissio ja fuusio) (79)

Kulkuneuvojen uudet voimanlähteet (tässä erityisesti sähkölentokoneet) (83)

Käänteinen oppiminen ja osaamisen näyttö (87)

Robottiekosysteemien rajapinnat (92)

Globaali langaton laajakaista (94)

Digitaide ja digielämysalustat (tässä vain digitaide) (98)

### **Tulevaisuusselonteon sisältö:**

Tässä kohden kommentoin Tulevaisuusselontekoa erityisesti sen teknologianäkemyksen osalta.

Lukuohjeessa todetaan selonteon ennakointiaineiston perustuvan vuosien 2020 ja 2021 dialogeihin. Tämä osoittaa prosessin hitautta, joka ei ole omiaan osoittamaan ennakkoinnin ketteryyttä. Ehkä Suomi reagoi kriiseihin ketterästi, mutta ei ennakoi ketterästi. Kehittämistarve onkin lukuohjeessa todettu. Ketteryyden puutteen lisäksi huomio kiinnittyy siihen, että teknologia on pääosin koristelun roolissa. Eri teknologioille ei ole osoitettuja kausaalisia vaikutuksia luukun ottamatta joitakin jo tapahtuneita ilmiöitä. Lisäksi suuria ja laajavaikutteisia teknologia-alueita puuttuu tai ne piiloutuvat yleiskäsitteiden, kuten uusiutuva energia-, tekoäly- tai digitalisaatio, taakse. Tämä on merkittävä ongelma, koska teknologian on povattu vaikuttavan radikaalisti erityisesti liikenteeseen ja viestintään, mutta myös geopolitiikkaan, ihmisten arkeen, työhön, yrityksiin ja julkishallintoon. Muutoksia tulisi ennakoida, mutta teknologiavaikutusten osalta nyt niin ei ole tehty. Kyse lienee ennakointimenetelmään liittyvästä ongelmasta, johon palaan tämän osan lopussa.

Skenaariovalinnoissa huomio on kiinnittynyt hitaisiin muutostrendeihin, joiden pääasialliset vaikutukset näkyvät vasta valitun aikajälteen jälkeen. Nopeammin vaikuttavien taloudellisten ja teknologisten murrosten vaikutuksia näiden avulla ei saada selkeästi esiintuoduiksi. Erityisesti tekoälyn ja robotisaation moniin erilaisiin tulevaisuuksiin jakautuvat vaikutukset jäävät helposti sivuun tarkastelusta.

Luku 2.3 korostaa osaamista ja koulutusta pitkästi. Se sivuuttaa kuitenkin täysin sen, miten nuoret ja nuoret aikuiset katsovat Youtubesta ohjeet ongelmatilanteissa tai käyttävät tekoälyavusteisia sovelluksia täydentääkseen taitojaan. Oppiminen siirtyy kiihtyvällä nopeudella tarpeen ja tilanteen mukaiseksi ja osaaminen tukiälyjen avustamaksi. Näkemys tulevaisuuden oppimisesta on kysymys, joka koskettaa mm. Yleisradiota sisällöntuottajana sekä viestintää yleisesti. Näkökulma osaamisen kehittämiseen, jonka arvatenkin opetusministeriö on tuottanut, on laitostunut, eikä vastaa lähitulevaisuutta. ChatGPT on varhainen oire tulevasta, ja OpenAI:n GPT-3 on eduskunnan kokeiluissakin jo osoittanut tulevaisuuden suuntaa. Vaikutukset oppimiseen osana viestintää ja koulutusjärjestelmän ulkopuolella ylittävät lähitulevaisuudessa kirjastolaitoksen ja Yleisradion vaikutukset. Oppiminen työssä ja arjessa ohittaa laitostuneen oppimisen merkityksen.

Luku 2.4 toistaa totutun väitteen tutkimuksesta kilpailukyvyn edellytyksenä ja mainitsee sanan tekoäly, mutta orientaatio näyttää olevan kansallisesta tutkimustiedosta ja datasta kansallisiin ja vientiä harjoittaviin yrityksiin. Tietoliikenteen ja erityisesti Metaversumin sekä tekoälyn seurauksena arvoverkot ovat muotoutumassa huomattavasti globaalimmiksi. Tutkimustieto siirtyy paikasta riippumatta eikä sidos kansallisen tutkimuksen ja viennin välillä ole merkitykseltään aiemman tasoinen toisin kuin sidos nopean omaksumisen ja menestyksen kohdalla on. Nopean omaksumisen merkityksestä selonteko ei totea mitään, ja 2000-luvun ajan Suomi on ollut yllättävän hitaan omaksujan ja soveltajan roolissa. Tutkimuksen painottaminen menestyksen avaimena kaventaa näkökulmia ja hidastaa nopeaa omaksumista. Raportin jättää näissä kohdin toivomisen varaa, eikä ennakkoinnista näiltä osin voi puhua. Sama koskee lukuja 2.5 ja 2.6.

Luku 3.1 on laaja ja käsittelee kansainvälistä toimintakenttää. Ohuet viittaukset sosiaalisen median vaikutukseen mm. demokratiaan ja hyvin yleisluontoiset huomautukset teknologisesta kyvykkyydestä valtablokkien välillä jäävät ainoiksi teknologiahuomioiksi ja kauttaaltaan voi sanoa, ettei mitään teknologiaan liittyvää ennakkointia teknologiatehityksen vaikutuksista poliittisiin muutostekijöihin edes yritetä pohtia. Ottaen huomioon teknologian valtaisan ja nopeasti kasvavan merkityksen sekä valtapoliitikassa että talouspolitiikassa, tämä on yllättävää, mutta toistaa sitä, miten ulkoministeriö on tyypillisesti tätä näkökulmaa edistänyt. Viestinnän kentässä tekoälyn rooli erityisesti kielimuurien ylittäjänä ja kansallisten kulttuurien omaksujana ei saisi jäädä huomiotta. Sama koskee robotiikan tehokasta leviämistä ja kansainvälisten toimijoiden kykyä viimekädessä hallita robottien toimintaa ja havaintoja valtiorajojen yli. Esimerkiksi Apple, Samsung ja Microsoft voisivat halutessaan pysäyttää suurimman osan Venäjän puhelu- ja tietoliikenteestä, Tesla voisi kerätä tietoja kaikkialta ja halutessaan pysäyttää Norjan henkilöautoliikenteen. Puhuttaessa ennakkoinnista vuoteen 2040, näitä näkymiä ei saisi

jättää avaamatta, koska niillä on merkittävä vaikutuksensa globaaliin valtapolitiikkaan ja blokkirajojen rakenteisiin, mutta myös kauppapolitiikkaan.

Luku 3.2 oli pääosin vallitsevaa puhetta toistavaa ja ennakointia IPCC:n havaintojen lisäksi oli vain vähän. Massiivisen suunnitellun tuulivoiman lisäksi, joka siis tulee aiheuttamaan valtaisan volatilitietin sähköntuotantoon, sivuutti katsaus robotisaation, jonka merkitys maataloudessa tulee olemaan suuri ja peltotilkulta toiselle itsekseen siirtyvä robotti vaatii huomiota. Samaten sivuutettiin sisäviljely, ja solumaataloudesta puhuttiin, vaikka kyse bioteknologiassa siltä osin on pikemmin kaupunkimaisesta ruokatuotannosta ja solumaatalouden tuore käsite hämärtää muutosta. Elintarviketuotannon murros tulee vaikuttamaan logistiikkavirtoihin olennaisesti ja tähän tulisi jo 2040 mennessä varautua mm. kaavoituksessa ja liikennesuunnittelussa. Ennakointia siis oli hyvin vähän ja huomiota sivumääräisesti hyvin paljon jo tuttuihin asioihin.

Luku 3.3 alkaa korostamalla Suomen mahdollisuuksia datapohjaisessa arvonaluonnissa, joka tuntuu melkoisen epärealistiselta ottaen huomioon Suomen pienen koon ja suomalaisten yritysten vähäisen otteen laajoista globaaleista asiakastiedoista globaalista verkkokaupasta puhumatta. Myös suomalaisten yritysten valtaisa hitaus virtuaalisen maailman standardeihin siirtymiseksi on osoitus siitä, että olemme ohittamassa mahdollisuutemme samalla tavalla kuin Nokia ohitti ne vuosikymmen sitten. Metaversumi on standardoitumassa ja esimerkiksi 2.000 organisaation Metaverse Standards Forumissa Nokia on ainoa merkittävä suomalaisjäsen.

Pääosa Metaverse Standards Forumin yhteisiksi valitsemista standardeista on jo laajassa käytössä, mutta Suomessa yliopistoasiantuntijatkaan eivät ole niistä tietoisia. Jos oikeasti haluaisimme, olisi esimerkiksi Yle yksi edelläkävijöistä noiden standardien käyttäjänä ja Suomi olisi Metaversestandardien mallinnettuna verkossa. Paikkatieto-ohjelmistojen kehittäjät ja standardoijat ovat Metaversekehityksen tärkeimpiä tukijoita, mutta Suomessa asiaa ei tunneta ja mallinnus on valtakunnallisesti hajanaista. Kukin kunta mallintaa itse mitä mallintaa ja samoin yritykset ja valtio. Lopputuloksena tämä Suomen totuttu vahva alue jää ulkomaisten toimijoiden haltuun. Asialla on olennainen logistiikkaulottuvuus, etenkin robottien liikkueessa itsenäisesti tavaroita kuljettamassa, ja olennainen viestinnällinen ulottuvuus fyysisen liikkumisen ja digitaalisten kaksosten kommunikoidessa laajennetussa todellisuudessa. Ennakoinnin tarve olisi suuri, koska pääosa kansallisesta epäyhtenäisyydestä toteutetaan nyt julkisin varoin, ja Suomi ei Metaversekehityksestä tällä tavoin hyödy eikä päädy hallitsemaan omaa virtuaalitilaansa.

Työn murroksessa etätyöstä puhuminen ei vaikuta ennakoinnilta, arvonaluonnin kohdalla ei pohdita digitaalisen tuotannon hinnan nopeaa rapautumista ja tuotetun arvon siirtymistä kuluttajille, vaan pohditaan vain rahallista arvoa nykyisten tuotantorakenteiden mukaisina. Tekoälyn ja erityisesti generatiivisen teknologian vaikutus, robotisaatio sekä Metaversumiin syntyvä standardointi rapauttavat yhteisvaikutuksena aineettoman arvonaluonnin taloudellista merkitystä nopeasti.

Suomen roolia arvoverkossa ei pohdita. Ei myöskään pohdita ennakoitua työn siirtymistä itsepalveluksi eli omatarvetyöksi. Työn muuttuminen paikkaan sitomattomaksi on dramaattinen muutos, joka tulisi osoittaa, koska mikä tahansa osa digitaalisesta työstä voidaan sijoittaa mihin

tahansa maailmassa, ja tekoäly jo nykyisellään poistaa kielimuurin lähes kokonaan. Robottien kauko-ohjaus on sekin valtiorajat ylittävää etätyötä, kuten Metaversetyökin.

### Luku 3.4

Yleisellä tasolla teknologiakehityksestä olisi voinut puhua samalla tavalla jo 25 vuotta sitten. Selonteossa on vahvana edelleen tutkimuspainotteinen teknologiatyöntö, kun avainasemassa monessa digitalisaatiokysymyksessä on soveltamisen edelläkävijyys. Tämä edelläkävijyyden näkeminen julkisen sektorin yhtenä avaintehtävänä ontuu, ja tutkimuksen korostaminen innovaatioiden alkuun panevana voimana aiheuttaa usein kehityksen rajautumisen pääosin vain siihen, mitä Suomessa kehitetään alusta lähtien. Tämä on esimerkiksi tekoälyn osalta johtanut selkeään hitauteen monien laajavaikutteisten käytännön sovellusten osalta. Emme ole osanneet integroitua siihen kehitykseen, josta muodostuu dominoiva toimintamalli, vaan olemme tehneet kehitystä sen rinnalle. Suomi on aiemmin ollut nopea omaksuja, joka on kyennyt kehittämään maailmalla keksittyjä teknologioita hyödyntäviä käytäntöjä ja lisäämään niihin omiakin keksintöjään. Huomio tulisi suuremmalta osin kohdistaa siihen, miten muualla kehitettyjä teknologioita voitaisiin nopeammin omaksua, jota tarkoitusta tutkimuspainotteisen kehittämisen korostaminen yksinomaaisena näkemyksenä ei palvele. Ilman nopeaa muiden teknologian omaksumista, Suomi ei integroidu globaaliin verkostomaiseen innovaatioympäristöön muutoin kuin suurten erikoistuneiden vientiyritystensä kautta.

Teknologiamurros kokonaisuudessaan kuitataan vähin sanoin ja harvoin esimerkein. Digitalisaatiosta puhutaan sanoin, joita olisi voitu käyttää 1990-luvulla tai sanoin, joiden merkitystä ei avata. Puhutaan teknologianeutraaliudesta, kun kyse valtaosin on viestivästä teknologiasta, jossa kommunikaatorajapintojen standardointi on täysin olennaista eikä se ole teknologianeutraali asia.

Informaatioympäristöstä puhutaan, mutta ei todeta, että valtaosin kaikki suomalaisia koskeva informaatio on kansainvälisten alustatalouden yritysten käsissä, globaali informaatio on tekoälyn päivittäistä ruokaa ja tällä kaikella tulee olemaan hallitseva merkitys tulevaisuudessa sekä liiketoiminnassa, käytettäessä tuotantokoneita, arjessa ja päätöksenteossa.

Avaruudesta puhutaan onnistumatta kertaakaan mainitsemaan Elon Muskin hallitseman SpaceX:n ja Starlinkin käytännössä suvereenia asemaa toimintakentässä. Puhutaan kuitenkin Suomen liiketoimintapotentiaalista osoittamatta mitään suuntaa, jossa se realisoituisi.

Energiateknologia-osio sivuuttaa täysin sen, miten valtaisalla määrällä suunniteltu tuulivoiman lisäys ylittää tuulisina päivinä hetkellisen sähkön kulutuksen. Tämä tarvitsee seurakseen täysin uudentyyppistä teollisuutta ja sähkön varastointia, johon mm. liikennejärjestelmä voi ottaa osaa. Esitetty kuvaus ei kohtaa edes nyt selkeästi näkyvissä olevia haasteita sähkön siirron ja varastointitarpeen osalta puhumatta, että siinä miltään osin ennakoitaisiin teknologian tulevaa kehitystä. Vetytalouden roolia tai merkitystä ei ole edes mainittu.

Luvusta 3.5 teknologiavaikutukset ovat jo tapahtuneen kuvausta ja ennakointi puuttuu.

Luvussa 4 sanotaan, että edellä kuvatut muutostekijät on kuvattu epävarmuustekijöiden valossa. Kuten on jo todettu, muutostekijöiden joukosta puuttuu kokonaisuuteen olennaisesti vaikuttavia

teknologisia, jo melko hyvin ennakoitavissa olevia kehityksiä, erityisesti tekoälyyn, robotisaatioon ja virtualisaatioon liittyen, ettei skenaarioihin voi suhtautua kuin kapeina ja yllätyksettöminä nykytilan jatkumoina vastaten ajatuksellisesti 90-luvun alun ennusteita, joista internetin ja älypuhelinien mahdollisuus on jätetty pois.

Kokonaisuuden ongelmana on se, että teknologia, joka vaikuttaa keskeisesti kaikkiin kivikauden jälkeisiin rakenteisiin ja kaikkiin yhteiskunnan osa-alueisiin on selonteossa nostettu erilliseksi saarekkeeksi, jossa on vain ylimalkaisesti todettu digitalisaation lisääntyvän, osoittamatta oikeastaan muuta kuin jo vallitseva tilanne, ja varsinaisten tarkasteltavien sektoreiden muutokset on kuvattu ikään kuin teknologiakehitys ei niihin vaikuttaisi. Kausaalisuhteiden analyysin puutteet osoitan viittaamalla raporttiin Kohti parempaa tulevaisuutta, joka voisi toimia mallina kurinalaisemmalle metodologiselle otteelle.

Luvussa 5 on omat ansionsa teknologiavaikutusten ennakkoinnin suurista puutteista huolimatta. Toisaalta puhe Suomesta mm. kyberturvallisena maana samanaikaisesti globaalin alustatalouden ja paikasta riippumattoman ja globaalisti ristiinkytetyn tietoverkon oloissa vaikuttaa ristiriitaiselta. Kilpailuedut on myös esitetty sektoreittain, vaikka työnjako viittaa yhä suurempaan murrokseen arvoketjun osien suunnassa. Tämä tietoliikenteen mahdollistama kehitys jää raportissa huomaamatta, ja sillä on vaikutuksensa Suomen kilpailukyvyyn ja kyberturvan hahmottamisessa.

Leimallisia osoituksia kausaalisuhteiden puutteesta ovat mm. lukuisat maininnat tekoälystä ja sen vastapainona ymmärryksen puute, miten monet tekoälyn osa-alueet tuhoavat aineettoman arvonluonnin taloudellisen merkityksen ja rapauttavat sen tavalla, joka auttaa kuluttajaa, mutta ei tuottajaa. Ei siis ole lainkaan ilmeistä, että missään skenaariossa voitaisiin puhua kestävästä talouskasvusta, edes vaikka hyvinvointi globaalisti lisääntyisi. Samaten tekoälyn vaikutus monikielisessä ympäristössä toimintaan sivuutetaan ja päinvastoin mm. korostetaan edessä olevia kielten osaamattomuuteen liittyviä ongelmia. Tuore kehitys on osoittanut, että tekoäly tulee korvaamaan erityisesti monia aiemmin korkean lisäarvon tehtäviä ja aineettomasta arvonluonnista voi tulle erittäin edullista ja kilpailtua ja sen osuus kansantuotteesta voi supistua.

Osa 2 sisältää ajatuksen ennakkoinnin paremmasta huomioinnista ja on sellaisenaan tärkeä. Tulisi kuitenkin varmistaa, ettei ennakointi tapahtuisi nykyisyyteen kiinnittyneiden ministeriöiden tiedoin vaan ennakkoinnissa olisi jatkuvasti ja kaikilta osiltaan mukana voimakas alustettu elementti, jonka kautta valmistelijoille avautuisi muuttuva toimintaympäristö esimerkiksi teknologian keinoin, ja kausaalisuhteiden avaaminen teknologioiden kehityksestä eri politiikkasektoreiden muutoksiin. Tulevaisuus tulisi ottaa päätöksenteossa huomioon ja pohja sille on huomattavasti tässä esitettyä syvemmissä teknologisen kehityksen ymmärtämisessä.

Käytetyt menetelmät eivät tällaisinaan johda tulevaisuuden ymmärtämiseen tai ennakointiin ja puute liittyy ensisijaisesti siihen, ettei teknologiakehitykseen ja sen yhteiskunnallisiin vaikutuksiin liittyvää ennakointitietoa ole menetelmän osallistujille siten tuotu, että se olisi tuloksiin vaikuttanut. Todella monet valtapolitiikan, kaupan, turvallisuuden ja arjen muutoksista ovat juonnettavissa teknologian muutoksiin keskeisenä ajurina, mutta tästä kokonaisuudesta ja menetelmäkuvauksesta se näkökulma puuttuu.

Menetelmän kaksi keskeistä puutetta näkemykseni mukaan ovat siis ensinnäkin se, että teknologia on erillinen osuus eikä poikkileikkaava ajuri, jonka vaikutukset kuhunkin sektoriin tulisi ennakoida ja toiseksi se, että ilmeisesti teknologiakehitystä on arvioitu sitä tuntemattomien toimesta, joille ei ennen pohdintaa ole riittävästi kuvattu, mikä on mahdollista. Suosittelen siis työpajoihin selkeää virikkeellistä alustusta tulevaisuuden niistä ajureista ja muutostekijöistä, jotka eivät kuulu arvioijien oman työn keskeiseen osaamisalueeseen. Ennakointi on vaikea tehtävä, ellei kausaalisen ymmärryksen rakentamiseksi tarvittavia tietoja ole annettu. Lisäksi tulisi huolehtia siitä, että abstraktilla makrotasolla työskentelemään tottuneet ihmiset selvittäisivät kausaaleista konkreettisin esimerkein, mitä ylätasen puhe oikeasti tarkoittaa. Tämä tarkoittaa riittävän tarkkoja visioita esimerkiksi siitä, mitä se Suomen merkittävä rooli avaruusteknologiassa voisi olla ja miten se voisi konkretisoitua, tai mitä lisäarvoa kvanttilaskennasta on salasanojen murtamisen lisäksi, joita ei jo nykyisin supertietokonein voi hoitaa ja, joita ei silti niilläkään vielä tehdä. Kausaalisella analyysillä karsitaan pois se, millä ei ole kuvattavaa sisältöä.

## **Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 -raportin jälkeiset olennaisimmat muutokset raportoituun ennakointiin**

Tässä on listattu erityisen huomattavalla tavalla edenneet teknologiat.

Pääosa mainitun alkukevällä 2018 julkaistun laajan raportin ennakoimasta teknologiakehityksestä on edennyt odotetulla tavalla, ja vaikutuksien odotetaan olevan edelleen ennakoidun kaltaiset. Seuraavassa kiinnitetään huomiota teknologioihin, joiden kypsyystasossa on merkittävää etenemistä joko kansallisesti tai globaalisti tai, joiden merkitys ja mahdolliset vaikutukset ovat olennaisesti kasvaneet. Tähän ryhmään kuuluvat sekä ne, joissa merkitys on kasvanut olosuhteiden muutoksen vuoksi, mutta myös ne, joiden täyttämistä ei aiemmassa raportissa ole osattu nähdä yhtä laajana kuin, miltä se nyt vaikuttaa. Globaalin näkökulman ohella korostetaan tässä lausunnossa Suomi-kontekstia. On selvä, että Ukrainan sota ja muu kiristynyt maailmanpoliittinen tilanne, vihreä siirtymä ja Covid-19 vaikuttavat arvioihin, mutta en tässä taustoita näitä yksityiskohtaisesti vaan jätän ilmeiset kytkennät toteamatta. Lukunumerot ovat raportin Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 mukaiset.

Arvonluontiverkostotarkastelua ei tässä tehdä eikä uutta pisteytystä, ainoastaan sanalliset huomiot.

## **11 Puheentunnistus, puhesynteesi ja tulkkaus**

Kypsyys / rahoitus: Kypsyudessa on siirrytty selkeästi tasolta 6 tasolle 7. Kyse on siis markkinaläpimurrosta, ja seuraukset alkavat näkyä organisaatioiden toimintatavoissa. Kilpailevia puheentunnistuksen ja puhesynteesin tuotteita on markkinoilla runsaasti. Useilla kielillä laatu ei poikkea ihmisäänestä, ja ihmisäänen kloonaukset on kaupallisesti saatavilla. Myös laulun tuottaminen siten, ettei tavallinen musiikin kuluttaja erota sitä ihmisäänestä on jo kaupallistettu

jokaisen saataville. Tuotteiden hinta on kaupallisessa käytössä kymmeniä euroja kuukaudessa. Parhaat käännösohjelmat kilpailevat laadussa ammattikäntäjien kanssa.

Merkityksen kasvu: merkitys on nähty verrattain suureksi jo raportissa.

Kansallinen näkökulma: suomalaisia synteettisiä puhujia on ainoastaan yksi selkokieltä rauhallisen tasaisesti puhuva mies ja kolme ääneltään toisiaan muistuttavaa naista. Käyttömahdollisuudet riittävät asiasisältöjen ja vuorovaikutuksen sovelluksiin, mutta ei näytelmiin tai peleihin, jos puheessa tarvitaan persoonallisuutta tai tunteita. Tämä on lähivuosina muuttumassa ongelmaksi, ellei suomen kieltä monipuolisesti puhuvia koneita tule.

## **12 Neuroverkot ja syväoppiminen**

Kypsyys / rahoitus: Erityisesti generatiiviset hermoverkkomallit ovat tehneet selkeän markkinaläpimurron aiemmasta tasosta 5 tasolle 7, jonka seurauksena sekä Microsoft että Google ovat suunnanneet strategioitaan uudestaan. Erilaisten arvioiden mukaan generatiiviset mallit vaikuttavat lähivuosina lähes kaikkien suunnittelutyöhön, ohjelointiin, raportointiin ja muuhun sisällöntuotantoon, taiteeseen, tutkimukseen, koulutukseen, markkinointiin, viestintään, harrasteisiin ja arkeen. Tuottavuusvaikutus useissa laajoissa koulutetuissa työntekijäryhmissä on radikaali. Yksi tekoälyn apua käyttävä ihminen voi suoriutua usean aiempia menetelmiä käyttävän ihmisen työtehtävistä. Mikäli hintajousto tai innovatiivisuus ei kasvava tarvittavan työn määrää, seuraa tästä selkeä työn määrällinen väheneminen.

Merkityksen kasvu: Merkitys oli jo raportin teknologioista suurin, ja merkittävän kypsymisen seurauksena realisoituu työpaikoilla ja ihmisten arjessa merkittävällä tavalla jo seuraavan vaalikauden aikana. Vaikutukset voivat mittaluokaltaan vastata tämän vaalikauden aikaisia kriisejä. Mutta niistä poiketen kyse ei ole tilapäisestä vaan jatkuvasti kasvavasta rakenteisesta muutostarpeesta hieman vihreän siirtymän tavoin, mutta laajemmin kaikkien työhön vaikuttaen.

Kansallinen näkökulma: Vaikka voisi kuvitella, että Suomessa oltaisiin tekoälyn mahdollisuuksista tietoisia, ovat laajimmin vaikuttavan generatiivisen tekoälyn vaikutukset olleet väheksyttyjä ChatGPT:n tuoreeseen laajaan kokeiluaaltoon saakka. Kaupallinen soveltaminen ja organisoitu käyttö toimintojen tehostamiseksi on Suomessa aloittamatta ja kokeilut ovat yksittäisten aktiivisten ihmisten harrastuneisuuden varassa. Organisaatiot eivät ole millään tavoin varautuneet. Tämä tulee näkymään kilpailukyvyssä sekä julkistalouden veroasteen että yritysten puutteellisen tehokkuuden kautta. Oppilaitokset tai pikemmin oppilaat ja opiskelijat ovat heränneet moniin mahdollisuuksiin, mutta muutos tulee olemaan niin nopea, ettei heidän astumistaan työelämään voi odottaa.

## **15 Verbot/Chatbot -keskustelevat ja kirjalliset robotit**

Kypsyys / rahoitus: Keskustelevat kirjalliset robotit ovat selkeästi realisoituneet generatiivisten hermoverkkomallien osana. Aiemmat opetettuihin vastauksiin ja tunnistettuihin kysymyksiin perustuvat mallit ovat pääsääntöisesti epäonnistuneet useimmissa kokeiluissa, vaikka niitä

organisaatioiden palvelusivuilla vielä käytetään. Laajojen kielimallien kypsyys palvelutyyppeissä keskusteluissa on noussut tasolta 5 tasolle 6 ja lähestyvät selkeästi markkinaläpimurtoa. Edellä viitatu neuroverkot sisältävät jo tekstiä tuottavat generatiiviset mallit yhtenä osanaan ja ne siis ovat monissa eri tehtävissä jo selkeän hyödyllisiä asiantuntijakäytössä tai muussa käytössä, jossa käyttäjä on valmis tarkistamaan tietojen oikeellisuuden. Tässä kohden laajan markkinavalmiuden rajana voi pitää sitä, että keskustelubotti on hyödyllinen käydessään monipuolista keskustelua rajatusta aihealueesta luotettuna tahona. Siihen on monilla alueilla vielä jonkin verran matkaa.

Merkityksen kasvu: merkitys on selkeästi kasvanut aiemmasta useissa arvонуontiverkostoissa, koska laajojen kielimallien sisältämän massiivisen tietomäärän ja kielimallien muihin tietojärjestelmien kytkemisen avulla mahdollisuudet ovat olennaisesti laajentuneet.

Kansallinen näkökulma: samat huomiot kuin edellä. Lisäksi Suomessa laaja valtiollinen tekoälyhanke suuntautui kokeiluissaan umpikujaksi osoittautuneeseen suuntaan, ja laajojen kielimallien mahdolliseen läpimurtoon ei uskottu. Yllätyksellistä on, miten hyvin Microsoftin rahoittaman OpenAI:n GPT-3 ja ChatGPT nykyään osaavat käydä keskustelua suomeksi. Parannus auttavasta kielitaidosta lähes virheettömään kielitaitoon on tapahtunut muutamassa kuukaudessa. Tämän asian käytännön merkitys on dramaattinen. Globaalien yritysten robotit kykenevät käymään järkevää keskustelua suomeksi. Kotimarkkinaa ei enää suojaa mikään kielimuuri. Samaten huijausyritykset ja erilaiset vaikuttamisyritykset tapahtuvat virheettömällä suomen kielellä. Toisaalta myös suomalaiset halutessaan, jos täällä ollaan aktiivisia, voivat asioida vieraskielisten ihmisten kanssa kielimuurien estämättä.

## **26 Laskentatehon radikaali kasvu**

Tämä kohta ei ole verrannollinen raportin vastaavaan kohtaan vaan yhdistelmä ja kuvastaa olennaista ilmiötä, joka on tärkeä pitää mielessä jatkuvana muutostekijänä.

Kypsyys / rahoitus: Vallitseva piiriteknologia ei nopeudu tai kasva samaan tahtiin kuin aiempina vuosikymmeninä, mutta raportin jälkeen nopean henkilökohtaisen tietokoneen muistin määrä ja laskentakyky ovat parantuneet noin kertaluokalla. Pilvilaskennassa ja tietoliikenteessä on tapahtunut samankaltainen muutos. Tämän lisäksi pilvipalveluiden avulla tavallisen pienitehoisen kannettavan tietokoneen, älypuhelimien tai tabletin ulottuville on tullut ns. “Streaming VR” ja pilvipohjainen tekoäly, joissa kaikki raskas laskenta suoritetaan pilvessä, ja tulokset välitetään kymmenissä millisekunneissa käyttäjälle.

Merkityksen kasvu: Arkkitehtuurimuutos tarjoaa hyvin laajalle, olemassa olevalle laitekannalle pääsyn raskaisiin 3D-sovelluksiin, ja erilaisiin tekoälysovelluksiin.

Kansallinen näkökulma: Suomen tietoliikenneverkko on hyvässä kunnossa ja soveltuu pilvipohjaisiin sovelluksiin, mutta edistykselliset veturiorganisaatiot puuttuvat.

## **28 Robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä**

Kypsyys / rahoitus: Kahden eri yrityksen robottitaksit, Alphabethin Waymo ja GM:n Cruise, ajavat ilman turvakuskea maksullisia asiakaskyytejä San Franciscossa ja sen lähikaupungeissa. Myös Phoenixissa on käytössä autonominen robottitaksipalvelu, ja toiminta on laajenemassa Los Angelesiin. Hankkeet on rahoitettu ja toiminta laajenee. Osa alkuvaiheen kehittäjistä on joutunut luopumaan kehitystyöstä. Robottiautojen kypsyys on noussut tasolta 5 tasolle 6. Autojen kyvykkyys on autonomiatermein tasolla 4, eli autot vaativat toiminta-alueensa kattavan tarkan mallin ja palvelukeskuksen, joka hoitaa ongelmatilanteet. Varsinaisesta markkinaläpimurrosta ei voi vielä puhua, koska toiminnan kannattavuudesta ei ole tietoa ja kehittäjäyritykset operoivat palveluitaan itse.

Merkityksen kasvu: Maturiteetti on kasvanut, merkitysarvio on ennallaan. Potentiaaliset säästöt kansantalouden tasolla ovat erittäin suuret.

Kansallinen näkökulma: Toistaiseksi Alphabeth ja Waymo eivät ole suorittaneet kokeiluja talviliikenteessä. Jotta toimintamalli saataisiin Suomeen, tulisi merkittävien toimijoiden kanssa käydä keskustelut. Lainsäädäntö Suomessa lienee riittävä toiminnan käynnistämiseksi.

### **35 Avaruuden helpompi saavuttaminen**

Kypsyys / rahoitus: Uudelleenkäytettävät kantoraketit ovat nyt rutiinimaisessa käytössä. SpaceX dominoi markkinaa ja lienee saavuttanut kannattavuuden. SpaceX:n tytäryhtiö Starlink on toimittanut tuhansia alhaisen kiertoradan laajakaistatietoliikennesatelliitteja avaruuteen. Kypsyys on noussut tasolta 6 tasoon 7. Avaruuden yhä edullisempi saavuttaminen on siirtynyt selkeästi kaupallisen kilpailun aikaan.

Merkityksen kasvu: Avaruuden saavuttamisen merkitys on noussut satelliittilaajakaistan myötä, ja uudelleenkäytettävien ja yhä isompien kantorakettien kehityksen myötä sekä maailmantilanteen jännitteisyyden vuoksi.

Kansallinen näkökulma: Näyttää ilmeiseltä, ettei Euroopalla ole omaa itsenäistä kykyä kilpailla SpaceX:n kustannustasolla. Kiina pyrkii siihen. Mikäli Suomi haluaisi avaruusliiketoimintaan nykyistä olennaisesti isommalla roolilla, tulisi se tehdä hakeutumalla yhteistyöhön SpaceX:n ja Starlinkin kanssa.

### **60 Perimän editointitekniikat CRISPR/Cas9 etc.**

Kypsyys / rahoitus: Genomin editointitekniikat ovat kypsyneet tutkimuksesta kokeellisiin hoitoihin, joissa geeniterapian avulla on parannettu erilaisia perinnöllisiä sairauksia aikuisissa ihmisissä. Maturiteetti on noussut tasolta 5 tasolle 6.

Merkityksen kasvu: Tekniikan helpon saatavuuden, helpon tietoteknisen mallinnuksen ja sotilaallisen tai terroristisen käytön avautuminen kasvattaa tekniikan merkitystä. Tutkimuksissa on mm. osoitettu, että geenisaksia voi levittää rajojen yli siitepölyn mukana, ja siitepölyn hedelmöittäessä kasveja, siirtyy muunneltu ominaisuus niiden perimään.

Kansallinen näkökulma: Kansallisen turvallisuuden vuoksi olisi olennaista, että geenimuuntelua voisi nykyistä helpommin käyttää hyödyllisiin tarkoituksiin esimerkiksi kasvi- ja eläinjalostuksessa sekä terveydenhoidossa. Tämä olisi olennaista, jotta alan osaaminen säilyisi ja kehittyisi, ja olisi tarvittaessa käytettävissä, mikäli Suomea uhkaisi jokin geenimuuntelun avulla toteutettu hyökkäys.

## **66 Biotekninen liha ja lihaimitaatiot**

Kypsyys / rahoitus: Useat kasvipohjaiset lihaimitaatiot ovat menestyneet markkinoilla kohtuullisesti. Soluviljelty liha on päässyt varhaiseen tuotantoon ja joinakin rajoitettuna tuotteina lähinnä koemarkkinointiin. Suomalainen Solar Foods rakentaa ensimmäistä tuotantolaitostaan. Nämä esimerkkeinä, ja osoittavat, että maturiteetin voi nostaa tasolta 5 tasolle 6.

Merkityksen kasvu: Bioteknisen proteiinin merkitys on kasvanut maailmantilanteen jännitteiden vuoksi. Prosessi mahdollistaa suuremman omavaraisuuden elintarviketuotannossa yhdessä paikallisen uusiutuvan sähköntuotannon kanssa.

Kansallinen näkökulma: Tehokkaasti tuotetun ja laadukkaan bioteknisen proteiinin valmistus voi skaalautua hyvinkin suuriin tuotantovolyymeihin, ja tarjota Suomelle yhden ratkaisun tuulisina aikoina syntyvän sähkön ylituotannon hyödyntämiseen.

## **72 Energian massiiviset sähkövarastot (lisätty samaan lämpökaivot)**

Kypsyys / rahoitus: Energian massiivisissa sähkövarastoissa on tapahtunut tasaista teknologista kehitystä ja mahdolliselta näyttää, että sähköä voitaisiin lähivuosisikymmeninä varastoida viikkotason tuulettomiakin jaksoja varten siten, etteivät pääomakustannukset nouse kohtuuttomiksi. Muut energiavarastot, esimerkiksi lämpökaivot ovat kypsyneet tasolle 7. Kyse on kuitenkin kokonaisuutena inkrementaalisesta etenemisestä, ei hyppäyksenomaisesta kypsymisestä.

Merkityksen kasvu: Suurten sähkövarastojen merkitys on kasvanut kaasusta luovuttaessa, ja tuulivoiman lisääntyessä erityisesti alueilla, joilla aurinkoenergian saatavuus vaihtelee suuresti ja pitkäaikaisesti. Lämpövarastot ratkaisevat samaa ongelmaa osittain.

Kansallinen näkökulma: Suhteessa tuulienergian suunniteltuun hyvin suureen rakentamismäärään, ja sähkönsiirtoverkkojen rajoitteisiin, massiiviset edulliset sähkövarastot olisivat tärkeä apu. Talven ja kesän ero ja energiavarastokysymys huomioiden, lämpökaivojen tärkeys on kasvanut.

## **76 Vedyn edullinen säilytys**

Kypsyys / rahoitus: Vetytaloudesta puhutaan, vetyä on verrattain helppo tuottaa uusiutuvan energian ylituotannolla. Vedyn avulla voidaan valmistaa hiilivapaata terästä ja monia muita vihreän siirtymän edellyttämiä päästövapaita raaka-aineita. Vedyn varastointi ja siirto on kuitenkin ongelmallista.

Merkityksen kasvu: merkitys on kasvanut nopeiden uusiutuvan energian investointien vuoksi, ja halvan vedyntuotannon näyttäessä aiempaa todennäköisemmältä.

Kansallinen näkökulma: monet tuulivoiman ja vetytalouden hankkeet kulkevat etunojassa Suomessa, ja vedyn varastointi on yksi kriittisistä tekijöistä.

## **79 Pienydinvoimalat (fissio ja fuusio)**

Kypsyys / rahoitus: Pienydinvoimaloita (fissio) on osattu rakentaa hyvin kauan. Teollinen, robotisoitu sarjavalmistus on etenemässä kokeiluihin USA:ssa. Kyse ei ole markkinaläpimurrosta, mutta lähellä sellaista ollaan hyväksyttävyyden ja teknisten valmiuksien osalta. Jotta pieniä laitoksia voitaisiin kannattavasti rakentaa, ne tulisi voida tyyppihyväksyä ja erikseen hyväksyä ainoastaan sijoituspaikka. (Fuusio ei ole olennaisesti edennyt)

Merkityksen kasvu: Maailman muuttuminen jännitteisemmäksi samalla, kun toteutetaan vihreää siirtymää, on kasvattanut erityisesti paikallisesti tuotetun lämpöenergian tarvetta, johon yksinkertaiset pienet sarjavalmistetut fissiolaitokset olisivat teknisesti sopiva ratkaisu.

Kansallinen näkökulma: Kyse on kansallisesta lainsäädännöstä. Teknologia on olemassa.

## **83 Kulkuneuvojen uudet voimanlähteet (tässä erityisesti sähkölentokoneet)**

Kypsyys / rahoitus: Sähkölentokoneita kehitetään useissa paikoissa, tyyppihyväksynnän ja sarjavalmistuksen uskotaan tapahtuvan 10-30 paikkaisille koneille vielä tällä vuosikymmenellä. Kypsyys on kasvanut tasosta 3 tasoon 5-6, ja pisimmälle ehtineillä konetyypeillä on jo suuri määrä ennakkotilauksia.

Merkityksen kasvu: Pelkän sähkölentokoneen merkitystä ei arvioitu aiemmin.

Kansallinen näkökulma: Noin 10-paikkaiset sähkölentokoneet sopivat erityisen hyvin Suomen maakuntien lentokenttäverkoston palveluun alhaisten käyttökustannustensa vuoksi, mutta myös Suomen, Ruotsin ja Viron väliseen ilmaliikenteeseen.

## **87 Käänteinen oppiminen ja osaamisen näyttö**

Kypsyys / rahoitus: Pandemia aikaansai hyppäyksenomaisen muutoksen etäoppimisen menetelmissä. ChatGPT ja muut tekoälyapuvälineet ovat yleistyneet oppilaiden keskuudessa, ja vaikuttavat myös osaamisen näyttämiseen. Instituutioiden rakenteet eivät kuitenkaan ole vielä joustaneet merkittävästi. Kypsyys on kuitenkin noussut tasolta 5 tasolle 6.

Merkityksen kasvu: Tekoälyn nopea kehitys on kasvattanut aihealueen merkitystä.

Kansallinen näkökulma: Heikentyneet oppimistulokset, osaamisesta riippuva kansantalous ja aiempaa jakautuneempi oppilasjoukko, nopeasti ikääntyvä väestö sekä kasvava elinikäisen oppimisen merkitys tekevät tästä kansallisesti erityisen merkittävän kysymyksen. Etenemisen esteet ovat rakenteellisia ja suurelta osin ainoastaan valtion toimin ratkaistavissa (OPH, OKM, TEM, YLE).

## **92 Robottiekosysteemien rajapinnat**

Kypsyys / rahoitus: Robottien kehitys on muuttunut aiempaa modulaarisemmaksi digitaalisten kaksosten ja virtuaalimaailman fysiikkakoneiden avulla. Rajapinnat ja valmiit modulaariset komponentit ovat yleistyneet ja on edetty tilanteeseen, jossa robotin suunnittelua ei tarvitse tehdä perusteista vaan on mahdollista koota robotti kuhunkin tarkoitukseen soveltuvista liikkumiseen ja tarttumiseen sekä havainnointiin ja päättelyyn sopivista osista. Kypsyys voidaan nostaa tasosta 3 tasoon 6.

Merkityksen kasvu: Tekoälyn odotettua nopeampi kielellinen kehitys ja odotettavissa oleva virtuaalimaailmojen standardoituminen kasvattavat alueen ennakoitua merkitystä edelliseen arvioon verrattuna.

Kansallinen näkökulma: Suomessa robotiikkaa kehitetään pääosin perinteisen mallin mukaisesti, eikä modulaarinen robotiikka ole keskustelun agendalla. Arjen tasolla robotteja käytetään (esimerkiksi robotti-imurit), mutta organisaatioissa robottien käyttö on edelleen harvinaista ja rajautuu valmistavaan teollisuuteen, suurvarastoihin ja joihinkin kokeiluihin. Esimerkiksi etiäisrobotteja (avatar) Suomessa ei ole kuluttajien kokeiltavaksi missään museoissa tai laitoksissa, vaikka maailmalla niiden valmistajia on kymmeniä.

## **94 Globaali langaton laajakaista**

Kypsyys / rahoitus: Elon Muskin vaikutuspiiriin kuuluva SpaceX ja sen Starlink ovat edellisen raportin jälkeen saattaneet toiminnalliseksi ennakoidun matalan kiertoradan satelliitteihin perustuvan globaalin langattoman laajakaistan. Toistaiseksi (helmikuu 2023) Starlink-satelliitteja on kiertoradalla noin 3.600 (yli puolet kaikista avaruudessa missään tarkoituksessa sinne lähetetyistä satelliiteista), ja lähivuosien suunnitelmissa on 12.000 satelliitin yhteismäärä, joka mahdollisesti laajenee myöhemmin 40.000 satelliittiin. Toiminnan arvioidaan muuttuvan erittäin kannattavaksi käyttäjämäärän kasvaessa. Kilpailijoita ei käytännössä ole, eikä muilla ole raketteja, joilla kiertoradalle voisi toimittaa tarvittavan suuren määrän satelliitteja edullisesti. Kypsyys on noussut tasosta 5 tasoon 7.

Merkityksen kasvu: Merkitys on arvioitu verrattain laajaksi eikä olennaista syytä arvion muuttamiseen ole. Samassa kohdassa kuvattu 5G-verkko globaalin robotiikkanäkemyksen osalta ei ole edennyt.

Kansallinen näkökulma: Suomessa laajakaista on haluttu tarjota koko väestölle. Harvaan asutuilla alueilla Starlink on siihen kertaluokkia edullisempi ratkaisu nykyisiin vaihtoehtoihin verrattuna. Starlink tarjoaa myös vaihtoehtoisen ja häirinnälle vähemmän alttiin ratkaisun nykyisiin merikaapeleihin ja maanpäälliseen antenniverkkoon verrattuna, joten huoltovarmuus- ja turvallisuuskäyttöön vedoten tulisi pyrkiä edistämään Starlink-satelliittilaajakaistan käyttöä sopivassa suhteessa muuhun tietoliikenteeseen. Suomelle olennaisen saariston, erämaa-alueiden, metsätyömaiden ja meriliikenteen sekä lentoliikenteen ulottaminen laajakaistan piiriin onnistuu tehokkaimmin Starlinkin avulla.

## **96 AI:n tekemä globaali työ**

Kypsyys / rahoitus: Tekoälyn avulla on ryhdytty korvaamaan merkittäviä osia asiantuntijatyöstä. Usein tekoäly ei suorita työtehtävää itsenäisesti vaan älykkään, mutta valvottavan apulaisen tavoin. Tämä ilmiö on nyt nopeasti yleistymässä ja luovan työn osalta sitä kuvataan enemmän seuraavassa kohdassa. Ellei innovatiivisuus lisäännä tai hintajousto ole olennainen, merkitsee tämä paikallisesti tehdyn työn vähenemistä. Kypsyys on noussut tasosta 4 tasoon 6 ja on lähellä markkinaläpimurtoa. Erityisen merkityksellistä tässä on tekoälyn laajojen kielimallien kyky puhua lähes virheetöntä Suomea ja niiden kyky integroitua muihin tietojärjestelmiin, mutta myös yleistyvä digitaalisten kaksosten ja reaali maailman simulaattoreiden kasvava käyttö.

Merkityksen kasvu: Merkitys on arvioitu suureksi, nyt se alkaa realisoitua.

Kansallinen näkökulma: Suomalaiset organisaatiot ja instituutiot ovat erityisen haavoittuvia, koska toistaiseksi kielimuuri ja etäisyydet ovat suojanneet monia aloja. Nyt kotimarkkina katoaa yhä useammassa asiassa ja organisaatiot altistuvat globaalille kilpailulle.

## **98 Digitaide ja digielämysalustat (tässä vain digitaide)**

Kypsyys / rahoitus: EU:n 2019 tekijänoikeusdirektiivi yhdessä tekoälyn generatiivisten mallien kanssa on muuttamassa luovaa työtä radikaalisti. Jo nyt monenlaisia tekstejä runoista kertomakirjallisuuteen ja näytelmädialogeihin voidaan tehdä tekoälyn avulla. Kuvitus ja taiteellisetkin työt syntyvät harjaantuneelta tekoälyn käyttäjältä nopeasti ilman käsin tekemisen taitoa. Myös musiikkia säveltämisestä ja sovituksesta soittoon ja lauluun saakka voi tehdä nopeasti ja laadukkaasti tekoälyn avulla. Lähivuosina tekoäly tuottaa lyhytelokuvia.

Maturiteetti on kasvanut tasosta 4 tasoon 6, koska kehitys vaikuttaa vasta rajallisesti elämysalustoihin, vaikka taiteen tuottamisen muutos kaupallistuu jo nopeasti.

Merkityksen kasvu: Luovat alat ovat radikaalin murroksen edessä. Muutos vastaa samaa kuin valokuvan tulo taidemaalareille tai äänilevyn tulo kyläpelimanneille.

Kansallinen näkökulma: luovien alojen rooli Suomessa on ollut yhteiskunnan suojeluksessa, ja nyt tulisi pohtia, miten tilanne muuttuu tekoälyn demokratisoidessa monia luovuuden osa-alueita.

## **100 AR/VR-alustat ja sisältöstandardit (tässä erityisesti sisältöstandardit)**

Kypsyys / rahoitus: Virtuaalimaailmat ovat nopeasti standardoitumassa. Paikkatietoalan, rakentamisen, elokuva- ja peliteollisuuden, kaupunkisuunnittelun, tehdassuunnittelun ja digitalisaation suurimmat organisaatiot (Apple pois lukien) ja standardointijärjestöt ovat kehittäneet yhteisiä standardeja ja jo laajasti toteuttaneet ne. Selkeimmin kehitys näkyy Metaverse Standards Forumissa, jossa nämä ja yli 2.000 muuta organisaatiota ovat kehittämässä valittuja virtuaalisten digitaalisten kaksosten standardeja yhä kattavammaksi yhteiseksi ristiintoimivaksi sisältöstandardien joukoksi, jota kutsutaan Metaverseksi. Toistaiseksi laajin käyttö on teollisen Metaversen puolella. Kypsyys yhteisten rajapintojen tarjonnassa on monilla alueilla noussut tasosta 5 tasoon 7.

Merkityksen kasvu: Erityisesti sisältöstandardien kohdalla kaupunkien, rakennusten, koneiden, materiaalien ja ihmisten digitaaliset kaksoset, fyysikaaliset simulaatiot ja näiden siirrettävyys, yhdistäminen kaikkiin paikkatietoihin ja esimerkiksi rakennusten ja tavaroiden komponenttitietoihin on jäänyt huomiotta aiemmassa arvioissa. Merkitys on radikaalisti arvioitua suurempi ja realisoituminen on alkanut.

Kansallinen näkökulma: Suomessa Metaverse yleisesti käsitetään Zuckerbergin ideaksi ihmisten kohtaamiseen, Tietoisuutta esimerkiksi teollisesta Metaversestä tai paikkatietoalan ja fyysikaalisten simulaatioiden liittymisestä asiaan ei ole. Nokia on ainoa merkittävä suomalainen organisaatio, joka on 2.000 Metaverse Standards Forumin jäsen. Tietoisuus kehityksestä puuttuu yliopistotasollakin samalla, kun alan teollisuusstandardeja luovat toimijat ovat jo valtaosin implementoineet toimivia yhteisiä ja avoimia sisältöstandardeja tuotteisiinsa. Olennaisin asia, johon Suomen tulisi herätä on, että koko Suomi tulisi pyrkiä mallintamaan näiden standardien päälle. Nyt kukin kunta tekee itse, mitä tekee ja käyttää avuksi Maanmittauslaitoksen aineistoa. Sellaisen varaan ei voi syntyä Suomen digitaalisen kaksosen taseisia palveluita. Jos kansallisia käytäntöjä ei synny, syntyy Suomen digitaalinen kaksonen kansainvälisten toimijoiden ehdoilla. Kunnollisen kansallisen yhteisiä virtuaalimaailman standardeja noudattavan Suomen digitaalisen kaksosen (rakennusten ulkoseiniin saakka, josta linkki saman standardin mukaiseen sisätilaan) puuttuminen haittaa robotiikkakehityksen lisäksi sellaista digitalisaatiota, jossa nopea omaksuja kykenee kilpailemaan globaalilla markkinalla.