Kohti parempaa tulevaisuutta!

Teknologian mahdollisuudet ja uhat kestävän kehityksen edistämisessä

Risto Linturi

Sisällys

1. Johdanto 4

2. Teknologiamurrokset arvonluontiverkostoittain 6

2.1. Henkilöliikenne – kohti autonomista sähköistä henkilöliikennettä palveluna 7

2.2. Tavaraliikenne – kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta 8

2.3. Tavaroiden valmistus – kohti joustavaa ja yksilöllistä lähituotantoa 10

2.4. Ravinto – kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa 11

2.5. Energia – kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja 13

2.6. Materiaalit – kohti uusiutuvia materiaaleja ja kiertotaloutta 15

2.7. Rakennettu ympäristö – kohti kaupunkia autonomisena asumiskoneena 16

2.8. Vaihdanta – kohti etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja 18

2.9. Etävaikuttaminen – kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja 20

2.10. Työn korvaus koneilla - kohti työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä 21

2.11. Työ ja ansainta – kohti omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä 23

2.12. Terveys – kohti ennakoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa 24

2.13. Toimintakyvyn avusteet – kohti vajavaisen ihmisen teknisiä avusteita 26

2.14. Havainnot ja tietäminen – kohti itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa 28

2.15. Osaaminen ja sen näyttö – kohti AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista 29

2.16. Elämykset – kohti robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä 31

2.17. Turvallisuus – kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta 33

2.18. Yhteistyökyky – kohti talkoita ja kansainvälisiä luottamusalustoja 34

2.19. Tarkoituksellisuus – kohti tekojen ja yhteisötyön suoraa palkitsevuutta 36

2.20. Valtarakenteet – kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa 37

3. Agenda 2030 tavoitteiden kiteytykset ja tavoitekohtainen teknologiakehityksen analyysi 40

3.1. Tavoite; poistaa köyhyys sen kaikissa muodoissa kaikkialta: 43

3.2. Tavoite; poistaa nälkä, saavuttaa ruokaturva, parantaa ravitsemusta ja edistää kestävää maataloutta: 43

3.3. Tavoite; taata terveellinen elämä ja hyvinvointi kaiken ikäisille: 44

3.4. Tavoite; taata kaikille avoin, tasa-arvoinen ja laadukas koulutus sekä elinikäiset oppimismahdollisuudet: 45

3.5. Tavoite; saavuttaa sukupuolten välinen tasa-arvo sekä vahvistaa naisten ja tyttöjen oikeuksia ja mahdollisuuksia: 45

3.6. Tavoite; Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille: 46

3.7. Tavoite; varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille: 46

3.8. Tavoite; edistää kaikkia koskevaa kestävää talouskasvua, täyttä ja tuottavaa työllisyyttä sekä säällisiä työpaikkoja: 47

3.9. Tavoite; rakentaa resilienttiä infrastruktuuria sekä edistää kestävää teollisuutta ja innovaatioita: 47

3.10. Tavoite; vähentää eriarvoisuutta maiden sisällä ja niiden välillä: 48

3.11. Tavoite; taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat: 49

3.12. Tavoite; varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys: 49

3.13. Tavoite; toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan: 50

3.14. Tavoite; säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä: 50

3.15. Tavoite; suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen: 51

3.16. Tavoite; edistää rauhanomaisia yhteiskuntia ja taata kaikille pääsy oikeuspalveluiden pariin; rakentaa tehokkaita ja vastuullisia instituutioita kaikilla tasoilla: 52

3.17. Tavoite; tukea vahvemmin kestävän kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta: 52

4. Yhteenveto 54

1. Johdanto

Tämä raportti esittelee kattavan teknologialähtöisen maailmanparannusohjelman ja arvioi sen YK:n kestävän kehityksen kriteerien avulla. Raportin kuvaamat 20 visiota uudistavat yhteiskunnan kaikki organisoidun arvonluonnin verkostot ja muodostavat yhteensopivan kokonaisuuden. Kokonaisuus osoittaa, miten eri aloilla kehittyvien radikaalien teknologioiden yhteisvaikutus voi muuttaa maailmaa. Samat visiot on aiemmassa työssä esitetty ja osoitettu sekä mahdollisiksi että ennakointinäkökulmasta uskottaviksi. Tässä raportissa ne on kiteytetty helpommin luettavaan muotoon ja arvioitu niiden toteutumisen vaikutus kestävän kehityksen tavoitteiden näkökulmasta.

Teknologiakehityksen merkityksestä kestävän kehityksen edistämiseksi vallitsee laaja yhteisymmärrys. Systemaattisia vaikutusanalyysejä yhteiskuntien kaikki osa-alueet kattaville toimintatapavisioille ei kuitenkaan tätä ennen ole tiedossa. Erillisten teknologioiden mahdollisia hyötyjä on toisaalta arvioitu laajasti. (WIPO 30.8.2020, World Economic Forum 24.9.2019, UNCTAD 6.5.2019, Institute for Transformative Technologies 2019, IISD 27.9.2019, PWC 17.1.2020, WSJ/Deloitte 23.9.2019)

YK:n kestävän kehityksen toimintaohjelma, Agenda2030, on kunnianhimoinen valtioiden laajasti hyväksymä ja poliittisesti sitova asiakirja. Toimintaohjelman keskeisimpänä sisältönä on 17 tavoitetta, jotka jakautuvat 169 alatavoitteeseen. Näihin liittyvän kansallisen toimenpideohjelman seuranta on eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan tehtävä. Tähän tehtävään liittyen tulevaisuusvaliokunta on päättänyt selvittää tarkemmin teknologian roolia ja mahdollisuuksia erityisesti kestävän kehityksen edistämisessä.

Tulevaisuusvaliokunta on tehnyt systemaattista teknologian ennakointia, jonka seurauksena on julkaistu seitsemän radikaalit teknologiat -raporttia. Näistä tuorein on kokonaisvaltainen ennakointiraportti, Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 - Yhteiskunnan toimintamallit uudistava radikaali teknologia (Linturi&Kuusi 2018). Siinä analysoidaan ja kuvataan radikaalien teknologioiden mahdollistama transformaatio yhteiskunnan kaikilla osa-alueilla. Visioiden aikajänne on 10 vuotta varhaiseen toiminnalliseen toteutumiseen ja 20 vuotta laajaan yhteiskunnalliseen vaikutukseen.

Tässä raportissa esitellään ensimmäinen versio menetelmästä, jolla ennakoidaan teknologiamurrosten vaikutuksia kestävään kehitykseen ja Agenda 2030 -tavoitteisiin. Yksittäisten teknologioiden vaikutuksia ei tässä arvioida, sillä ne riippuvat teknologioiden käyttötavoista. Perustellumpaa on arvioida teknologioiden mahdollisia systeemisiä yhteisvaikutuksia. Tässä arvioinnin kohteeksi on valittu 20 teknologiamurroksen uskottavasti mahdollistamaa uutta toimintatapaa. Ne on ensin muotoiltu systeemisiksi visioiksi. Varsinainen arviointi nojautuu tavoitteisiin ja yleisiin kausaalisiin oletuksiin mm. tuotannon tekijöiden, valtarakenteiden ja tiedon vaikutuksista esimerkiksi tavoitteina esiintyviin eriarvoisuuden, tuottavuuden ja ulkoishaittojen mittareihin.

Menetelmää testataan kahdessa vaiheessa: Ensin siis kiteytetään Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 -raportissa tunnistetut 20 transformaatiota tiiviiksi visioiksi. Tämän jälkeen arvioidaan kunkin vision ennakoidut vaikutukset Agenda 2030 tavoitteisiin visioiden aikajänteellä.

Tarkastelunäkökulma on globaali ja aikajänteeltään pitkä. Radikaalit teknologiat harvoin kypsyvät laajaan vaikuttavuuteen yhdessä vuosikymmenessä. Toimintamallit on kuitenkin valittu siten, että ponnistelu kestävän kehityksen hyötyjen saavuttamiseksi niiden avulla voi alkaa heti. Transformaatiot voivat toteutua 2030-luvun kuluessa.

2. luvussa kuvataan teknologiamurrosten visiot. Teknologioiden sijaan keskitytään kehityksen mahdollistamiin uusiin yhteiskunnallisiin toimintatapoihin eli sosioteknisiin systeemeihin. Visiokohtaisesti esitetään myös transformaatioiden teknologiset oletukset, vision vaikutukset Agenda 2030 -tavoitteisiin ja murroksen keskeiset jännitteet.

3. luvussa esitellään ensin arviointimenetelmän laadinnan perusteet ja tämän jälkeen menetelmän keskeiset mittarit kunkin Agenda 2030 -tavoitteen osalta. Samalla esitetään tavoitekohtaisesti ne teknologiamurrosvisiot, joiden vaikutus kunkin tavoitteen edistämiseen arvioidaan suurimmaksi.

4. luvussa tarkastellaan sekä menetelmää että tuloksia kokonaisuutena. Menetelmä on toimiva, mutta sitä voi tarkentaa monin tavoin. Jokainen esitetyistä teknologiamurrosvisioista arvioidaan kokonaisuuden kannalta myönteiseksi.

Visiot on tarkoituksella kirjoitettu tavoittelemisen arvoisiksi, rohkeiksi, mutta mahdollisiksi rakenteiksi, askelmerkeiksi ja keinoiksi kohti nykyistä parempaa maailmaa. Visiot eivät ole ongelmattomia, niiden toteutumiseen sisältyy riskejä ja uhrauksia. Visiot eivät ole deterministisiä ennusteita eivätkä toteudu ponnistuksitta. Nyt tunnistetut ja tunnistamattomatkin jännitteet voivat estää vision toteutumisen ja kääntää teknologian hyödyt haitoiksi. Visiot ovat siis mahdollisia tulevaisuuksia, kunnes ne tehdään todeksi. Maailma voi muuttua nykyistä paremmaksi ja radikaalien teknologioiden visioitu rooli globaalien haasteiden ratkaisussa on suuri, jos niin yhdessä tahdomme.

Tekijä kiittää valiokuntaa ennakointimenetelmää kehittävästä ja sisällöltään tärkeästä toimeksiannosta sekä valiokuntaneuvos Olli Hietasta sekä valiokunnan pysyvää asiantuntijaa Maria Höyssää monista tärkeistä neuvoista ja kannustuksesta. Kiitos myös visioiden alkuperäisten versioiden työstämiseen osallistuneelle Osmo Kuuselle ja Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 -teoksen käsikirjoitusvaiheessa visioita kommentoineille kansallisen innovaatiojärjestelmän kymmenille asiantuntijoille. Suuri kiitos kuuluu myös niille sadoille Tulevaisuusvaliokunnan Radikaalit innovaatiot -joukkoistus-ryhmän jäsenille, joiden keräämään aineistoon tämäkin raportti pohjautuu. Erityinen kiitos seuraaville henkilöille, jotka ovat kommentoineet tämän käsillä olevan raportin luonnoksia: Arto Aalto, Kari Alanne, Kate Alhola, Timo Ali-Vehmas, Nea Barman, Juha Ekberg, Veikko Hintsanen, Grändi Hytönen, Mika Järvenpää, Kari Kaakko, Jari Kaivo-oja, Arno Karatmaa, Pekka Ketola, Antti Kiikka, Antti Kolari, Juha Krapinoja, Osmo Kuusi, Mikael Lakso, Jarkko Lammi, Kaija Linturi, Tatu Lund, Jukka Matikainen, Leena Merisaari, Marko Miinin, Tatu Mäkilä, Janne Nevalainen, Ville Nokipii, Tarja Ollas, Janne Ollenberg, Merja Penttilä, Jarmo Perttula, Matti Pyykkönen, Tapio Rinne, Auvo Rouvinen, Janne Saarikko, Tuomas Santakallio, Jouni Särkijärvi, Markku Tahkokorpi, Minna Takala, Laura Tiilikainen, Mikko Unkuri, Timo Vakkilainen,

2. Teknologiamurrokset arvonluontiverkostoittain

Teknologiakehitys mahdollistaa arvonluonnin uudenlaisin keinoin. Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037 -raportissa sekä sen jälkeisessä aktiivisessa seurantatyössä on joukkoistetusti koottu ja arvioitu yli 2.000 tiede- ja teknologiauutista radikaalien teknologioiden kehityksestä. Havaintojen potentiaalinen merkitys on analysoitu jakamalla yhteiskunnan organisoitu toiminta ensisijaisen päämääränsä perusteella 20 eri arvonluontiverkostoon. Kuhunkin arvonluontiverkostoon on kehitetty nykyiselle toimintatavalle vaihtoehto, jonka uusi teknologia näyttäisi mahdollistavan. Toimintatavan määrittelyssä on otettu huomioon erilaisten sidosryhmien intressit, arvot ja normit sekä mm. uudet ammatit ja toimintatapaan liittyvät riskit ja ristiriidat. Vaihtoehtoiset toimintatavat on otsikoitu seuraavasti:

Henkilöliikenne: kohti autonomista sähköistä henkilöliikennettä palveluna
Tavaraliikenne: kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta
Tavaroiden valmistus: kohti joustavaa ja yksilöllistä lähituotantoa
Ravinto: kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa
Energia: kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja
Materiaalit: kohti uusiutuvia materiaaleja ja kiertotaloutta
Rakennettu ympäristö: kohti kaupunkia autonomisena asumiskoneena
Vaihdanta: kohti etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja
Etävaikuttaminen: kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja
Työn korvaus koneilla: kohti työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä
Työ ja ansainta: kohti omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä
Terveys: kohti ennakoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa
Toimintakyvyn avusteet: kohti vajavaisen ihmisen teknisiä avusteita
Havainnot ja tietäminen: kohti itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa
Osaaminen ja sen näyttö: kohti AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista
Elämykset: kohti robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä
Turvallisuus: kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta
Yhteistyökyky: kohti talkoita ja kansainvälisiä luottamusalustoja
Tarkoituksellisuus: kohti tekojen ja yhteisötyön suoraa palkitsevuutta
Valtarakenteet: kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa

Tässä luvussa nämä uudet toimintatavat kuvataan kiteytettyinä visioina. Ne eivät toteudu automaattisesti. Kyse on mahdollisista tavoitteista, joiden saavuttaminen edellyttää teknologisen kehityksen lisäksi yhteiskunnan toimia esimerkiksi osaamisen kehittämisen, investointien ja lainsäädännön tasolla. Teknologiat itsessään mahdollistavat monenlaisia toimintatapoja, joista toimijat ja yhteiskunta yhdessä muovaavat haluamansa sosiotekniset valtavirrat. Tähän valitut visiot ovat tarkoituksellisen positiivisia ja olettavat yhteiskuntien kykenevän laajasti yhteistyöhakuiseen toimintaan. Utopioista ei kuitenkaan ole kyse. Visiot ovat arvioiden mukaan selkeästi saavutettavissa.

Kuvaukset ovat optimistisia. Ei syvennytä vaihtoehtoihin, joissa ihmiset aiheuttavat teknologisen katastrofin vaikkapa ydinsodan tapaan. Monet uudet teknologiat avaavat tällaisia dystooppisiakin vaihtoehtoja. Vaikka epäonnisia tulevaisuuksia ei kuvata, pyritään visioiden toteutumisen oletukset ja kehityksen vastavoimat kuitenkin mainitsemaan. Samaten huomautetaan visioiden myötä syntyvistä haitoista ja riskeistä.

Tulevaisuus on ihmisten käsissä. Tavoitteet ovat hyvin moninaisia, eikä teknologinen kehityskään ole täysin yllätyksetöntä. Siksi tässä raportissa kuvatut uhkat, mahdollisuudet ja vastakkainasettelut tarjoavat parhaimmillaankin vain osittaisen näkymän.

Kunkin vision kuvaus on globaali ja mahdolliseksi arvioitu tavoitetila esimerkkien havainnollistamana. Visioiden hyödyt Agenda 2030 -tavoitteiden näkökulmasta on kuvattu omina kappaleinaan. Vision toteutumiseen vaadittu teknologinen ja teknologiapoliittinen taso on esitetty tämän jälkeen. Vision arvioidut haitat ja toteutumista estävät jännitteet kuvataan omassa kappaleessaan. Metodi, jolla hyödyt ja haitat arvioidaan, kuvataan luvussa 3. Yhteenveto havainnoista esitetään luvussa 4.

2.1. Henkilöliikenne – kohti autonomista sähköistä henkilöliikennettä palveluna

Nykytila: Ihmisillä on jatkuva tarve siirtyä paikasta toiseen. Kuljettajalliset henkilöautot, kevytliikennevälineet ja joukkoliikennevälineet ovat muodostaneet arvonluonnin valtavirran. Viimeaikainen teknologiamurros on jo tehnyt yleisiä digitaalisesti vuokrattavista kaupunkipyöristä ja sähköavusteisista potkulaudoista.

Teknologiamurroksen visiona on robotisoitu sähköinen palveluliikenne. Robottiauto noutaa kuljetuksen tarvitsijan hänen toivomastaan paikasta tai pysäkiltä ja jatkaa automaattisesti seuraavan kuljetettavan luokse vapauduttuaan. Kuljetusmuodon vaihto on helppoa, koska parkkipaikkaa ei tarvitse etsiä eikä autoa noutaa tai palauttaa. Haja-asutusalueilla käytetään pieniä sukkuloita, runkoreiteillä siirrytään joukkoliikennevälineisiin, keskustoissa sekä muutoin haluttaessa käytetään kevytliikennevälineitä ja katettuja kävelyreittejä. Kaupunkitunnelit ja sähköiset robotisoidut ilmataksit ratkaisevat osan ruuhkien ongelmista kiireisimmille matkaajille.

Palvelukäytössä liikennevälineiden käyttöaste kasvaa moninkertaisesti ja esimerkiksi henkilöautojen kokonaismäärä vähenee radikaalisti jakamistalouden mekanismein. Parkkialueiden tarve romahtaa kaupunkitilaa vapauttaen sekä asuinalueiden, työpaikkojen että palveluiden lähellä. Autojen sähköistyminen kasvattaa autojen käyttöikää ja vähentää sekä huolto- että käyttökustannuksia. Näiden lisäksi niin joukkoliikenne kuin henkilöautoliikennekin muuttuvat tuotantokustannuksiltaan nykyistä halvemmiksi kuljettajakustannuksen poistuessa ja kaluston käytön tehostuessa.

Murroksen reunaehdot: Visiossa oletetaan akkuteknologian kehittyvän nykyistä paremmiksi siten, että akkujen valmistus tai kierrätys ei aiheuta merkittävää haittaa luonnolle. Oletetaan myös, että akkujen hinta laskee ja akut kestävät miljoonan kilometrin ajon niin, että akkujen osuus kilometrikohtaisesta kustannuksesta henkilöautossa laskee alle yhteen senttiin ajokilometriä kohden. Tekoälyn oletetaan kehittyvän sellaiseksi, että auto selviää omalla toiminta-alueellaan vakioreiteistä ja auton joutuessa outoon tilanteeseen palvelukeskuksen kauko-ohjaus voi opastaa auton eteenpäin. Tekoälyn ei siis edellytetä selviävän kaikissa paikoissa ja olosuhteissa itsenäisesti, mutta oletetaan, että esimerkiksi yksi kauko-ohjaaja sataa autoa kohden riittää. Lisätietoja Tulevaisuuspankissa akkukehityksestä, robottiautoista ja ilmatakseista.

Agenda 2030 -vaikutukset: Teknologiamurros tarjoaa köyhyyden poistamiseen monia eväitä. Liikkumisen vapaus voidaan autonomisen palvelun avulla saavuttaa aiempaa pienemmin kustannuksin ja omistamatta ajoneuvoa. Terveyttä murros edistää vähentämällä tartunta- ja onnettomuusriskejä sekä ihmiselle haitallisia ympäristövaikutuksia. Naisten asemaa murros edistää sivuuttamalla ajokorttitarpeen ja auton omistamisen, jotka joissakin yhteiskunnissa ovat keskittyneet miehille. Liikenteen sähköistäminen irrottaa sen öljyriippuvuudesta ja kasvattaa energiatehokkuutta. Samalla paikallisesti tuotettu aurinkoenergia saa lisää varastointikapasiteettia. Yksilöllisen liikkumisen helpottuminen tuottaa merkittävää ja laajaa lisäarvoa, joka edistää kestävää talouskasvua. Eriarvoisuuden vähentämistä murros auttaa vähentämällä liikkumisen muuttuvia ja kiinteitä kustannuksia sekä rajallisten resurssien käyttöä. Kaupunkeja ja asuinalueita murros parantaa laajentamalla työssäkäynnin mahdollisuuksia, kasvattamalla liikkumisen turvallisuutta sekä vähentämällä kaupunkien ympäristökuormaa. Henkilöliikennettä edellyttävä turismi, kulutus ja tuotanto muuttuvat vähemmän ympäristöä kuormittaviksi. Kansainvälisten ilmastotoimien näkökulmasta systeemiset liikkumisen muutokset synnyttävät yhteistyömotiivin, joka vauhdittaa globaalia kehitystä. Palveluna tarjottu henkilöliikenne kehittyy tehokkaimmin globaalin tekoälyn avustamana. Tämä synnyttää laajan yhteistyön. Oikeudellisesta näkökulmasta autonomiset järjestelmät estävät suuren osan tyypillisestä väkivallan uhasta ja tarjoavat luotettavan näytön rikostapauksissa rikosten ja vastuukysymysten selvittämiseksi.

Keskeiset jännitteet: Autonominen liikenne ei kykene ilman ihmisen apua vastaamaan kaikkiin tilanteisiin ja vaatii vielä ainakin 2030-luvulla alueellisen, liikennevälineitä tukevan palvelukeskuksen toimiakseen luotettavasti. Uhkana on, että palveluihin syntyy oligopolisia rakenteita. On myös mahdollista, että taloudellisesti heikommille tai harvaanasutuille alueille autonomisen liikenteen palveluiden tarjonta on rajallista. Palveluiden perustaminen on myös teknisesti vaativaa ja nojautuu joidenkin harvojen yhtiöiden kehittämiin teknologioihin. Palveluiden markkinahinta riippuukin siksi kilpailutilanteesta ja liiketoimintamalleista, mutta myös valtioiden säätelytoimista ja osallisuudesta kehitykseen. Aineettomien oikeuksien keskittymisen vuoksi ei ole täysin kiistatonta, että murros vähentäisi kehittyneiden ja kehittyvien maiden tuottavuuseroja, vaikka näin muutoin olisikin. Todennäköisimmät robottiliikenteen liiketoimintamallit ovat kaupallisia ja toimijoidensa hallitsemia, joten ei ole todennäköistä, että kaupunkilaisten tai kaupunkien ympäristön vaikutus tähän kaupunkiliikenteen suunnitteluun toteutuisi laajasti muutoin kuin kaavoituksen ja asiakkuuden kautta.

2.2. Tavaraliikenne – kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta

Nykytila: Fyysisten tuotteiden siirto tuotantoketjussa valmistajalta tarvitsijalle tai käyttäjältä toiselle on globaali tarve. Logistiikan arvonluonnin valtavirroista merkittävimmät ovat nykyisellään suurten homogeenisten raaka-aine-erien siirto tuotantoketjussa ja valmiiden tuotteiden siirto valmistajalta jakelijoiden kautta vähittäisliikkeisiin, joista asiakkaat nämä noutavat. Verkkokauppa on viime aikoina nopeasti kasvattanut yksilöllisten posti- ja kuriiritoimitusten osuutta hankintaketjussa.

Teknologiamurroksen visiona on tavaroiden robotisoitu ja yksilöllinen kuljettaminen tuottajalta tai haltijalta tarvitsijalle. Vision mukaan älykkäät robotit kuormaavat

tai purkavat tavarat yksilöllisesti heterogeenisiin kuljetus- tai varastotiloihin. Autonomiset rekat, jakeluautot, vesi- tai ilmaliikennedroonit, kevytliikennekuljettimet sekä alustatalouden joukkoistamat ihmiset siirtävät tavaroita lajitteluasemien välillä ja suoraan käyttäjilleen tai esimerkiksi korttelikohtaisiin lokerikkoihin. Tavaroiden asiakirjat, eräänlaiset digitaaliset kaksoset löytyvät tavaran tunnistimen avulla verkosta. Digitaalisen kaksosensa avulla tavara suorittaa huolintansa ja luovuttaa esimerkiksi lokerikkojen avaimet tai kuljetusasiakirjat monipolvisen kuljetusreitin kullekin toimijalle.

Robotisoitu toiminta vähentää suurten tukkuerien ja välivarastojen tarvetta. Tuote kulkee käsityöläiseltä suoraan kuluttajalle lähes yhtä edullisesti kuin massatuote kulkee nykyään suuresta tehtaasta jättimarkettiin. Digitaalisten kaksosten avulla tietoturva, anonymiteetti ja joustavuus paranevat, kun asiakirjat ovat digitaalisesti suojattu, kukin kuljetusketjun osa tietää vain seuraavan toimituspisteen ja etenemistä voidaan seurata sekä lopullista osoitetta muuttaa kuljetuksen aikana. Tavaroiden noutoon perustuva vähittäiskauppa muuttuu pääosin tarpeettomaksi. Myös kestokulutustavaroiden yhteiskäyttö, jakamistalous ja kierrätys helpottuvat digitaalisten kaksosten avulla.

Murroksen reunaehdot: Visio toteutuu vaiheittain. Monet kuormauksen ja lajittelun vaiheet ovat jo robotisoituneet. Laajempi automaatio edellyttää tavaran ominaisuudet ja kuormattavuuden tunnistavia ja autonomiseen kuljettamiseen soveltuvia robotteja, joiden prototyyppejä on jo laajasti kokeilussa. Robottien ei tarvitse selvitä autonomisesti kaikista tilanteista, mikäli operoija kauko-ohjaa niitä vaativissa tilanteissa. Hajautettu jakelu edellyttää kotitalouksien läheisyyteen jakelurobottien käytettävissä olevia lokerikkoja. Kuljetustoimen hajautuminen eri toimijoille ja joukkoistetuksi vaatii tavaroiden yksilöllisten tunnisteiden ja niihin liittyvien asiakirjojen standardointia oikeudenhaltijoiden tavoitettavissa oleviksi digitaalisiksi kaksosiksi. Tulevaisuuspankissa kevyet tavarankuljettimet, dronet ja tavaroiden internet.

Agenda 2030 -vaikutukset: Logistiikan visioitu murros kasvattaa hyvinvointia ja parantaa sen jakautumista, sillä visio vähentää yksilöllistä lisäarvoa tuottavien erikoistavaroiden kuljetuskustannuksia. Samalla visio kasvattaa pienten ja keskisuurten tuotannollisten toimijoiden mahdollisuuksien tasa-arvoa ja pääsyä edulliseen jakelukanavaan sekä haja-asutusalueiden tavaroiden saantia. Yksilöllisen logistiikan tehostuminen edistää taajamien lähialueilla sijaitsevien tilojen ja suoramyynnin kilpailukykyä suhteessa elintarviketukkureiden jakelukanaviin.

Robotisoitu logistiikka mahdollistaa terveydenhuollon diagnostiikkavälineiden toimittamisen telelääketieteen tarpeisiin sekä yksilölliset lääketoimitukset alueille, joilla terveydenhuollon kattavuus on heikko. Robotisoitu logistiikka edistää naisten tasa-arvoa vähentäen sekä riippuvuutta tavaroiden noutoon käytetyistä henkilöautoista että fyysisestä voimasta. Tuotannollisten työntekijöiden tuottavuus kasvaa yksilöllisesti tehtyjen ja muiden erikoistavaroiden jakelun helpottuessa. Innovatiivisuus lisääntyy, kun pääsy tehokkaaseen logistiikkakanavaan ei ole suurten tukkukaupan toimijoiden kontrolloima tai suurista toimitusmääristä riippuva.

Keskeisillä verkkokaupan globaaleilla toimijoilla on erittäin laaja tuotevalikoima ja sen kautta selkeä motiivi edistää robotisoitua yksilöllistä jakelua. Avoimena logistiikkakanavana vision mukaisesti toteutuessaan tämä saattaa myös kehitysmaat tehokkaan logistiikan piiriin, avaa tehokkaita toimituskanavia kehitysmaiden tuotteille ja vähentää

tuottavuuseroja sekä arvonluonnin riippuvuutta kaupan suurista toimijoista. Kaupunkien ja niitä ympäröivien alueiden yhteistyömahdollisuudet myös paranevat logistiikan suosiessa aiempaa pienempiä toimijoita ja toimituseriä. Kierrätys tehostuu tavaroiden yksilöllisen tunnistamisen, lajittelun ja kuljetuksen robotisoinnin avulla.

Keskeiset jännitteet: Visio ei täysin tyydytä niiden tarpeita, joille kaupassa käynti on sosiaalinen kokemus. Visio saattaa myös aiheuttaa työttömyyttä vähentäessään logistiikan henkilösidonnaisuutta ja korvaamalla sitä pääomavaltaisella robotisaatiolla. Mikäli automatisoidut logistiikan rakenteet syntyvät suurten kaupan toimijoiden suljettuina järjestelminä, saattavat tuotannollisia työpaikkoja hajauttavat edut jäädä saavuttamatta. Lisätessään yksilöllistä ja heterogeenista tavaraliikennettä, kasvattaa visio myös helposti pakkausmateriaalien kulutusta. Anonymisoitu ja joukkoistettu robottijakelu mahdollistaa myös vaarallisten räjähteiden ja kemikaalien kuljetuksen rikollisissa tarkoituksissa. Autonomisesti liikkuvat logistiikkarobotit ovat lisäksi helposti valjastettavissa terroristisiin tarkoituksiin, ellei niiden valvonta ole riittävän huolellista.

2.3. Tavaroiden valmistus – kohti joustavaa ja yksilöllistä lähituotantoa

Nykytila: Elämäntapamme on tavaroiden täyttämä. Olipa kyse asusteista, laitteista tai kalusteista, ne valmistetaan nykyään sarjoina keskitetysti, suurissa automatisoiduissa tehtaissa. Sieltä laaja jakeluketju toimittaa ne käyttäjille. Massaräätälöintiä on kehitetty ja monet tuotantolinjat kykenevät jonkin asteiseen joustavuuteen, mutta arvonluonnin valtavirta on keskitetyssä ja vakioidussa teollisuustuotannossa.

Teknologiamurroksen visiona on joustava lähituotanto siten, että asiointialueiden paikalliset tuotantolinjat valmistavat yksilöllisesti suuren osan kunkin alueen tavaroista ja niiden osista. Esimerkkinä toimii kädellinen, älykäs robotti, joka tekee tuotteet asiakkaansa mittoihin taitavan käsityöläisen tavoin. Toinen esimerkki on 3D-tulostus. Kaupan takahuoneen 3D-tulostin tuottaa esimerkiksi silmälasikehykset, lampunvarjostimet tai työkalujen kahvat käyttäjän fysiologian ja mieltymysten mukaan. Yksilöllisyyden lisäarvo on ilmeinen. Pääosa visioidusta tuotannon ja palvelun työstä on paikallista. Materiaalivalinnoissa voidaan suosia paikallisuutta. Paikallisen kyvykkyyksien yhdistelyyn syntyy alustaosuuskuntien tukemia verkostoja. Varastointi- ja logistiikkakustannukset sekä hävikki vähenevät. Paikalliselle suunnittelulle ja kulttuurille avautuu kilpailukykyinen kanava suhteessa suurten tuotantolaitosten kanaviin. Visiossa suuri osa tavaroiden ja komponenttien tekemiseen tarvittavista digitaalisista malleista on saatavilla joko hyvin edullisesti tai avoimen joukkoistuksen piirissä maksuttomasti.

Kaikkea ei valmisteta paikallisesti. Monimutkaisesti valmistettavat osat, kuten digitaaliset muisti- tai prosessoripiirit valmistettaan edelleen keskitetysti. Yksilöllisyydestä, kulttuurisidoksista tai vähäisistä toimituskustannuksista hyötyvät tuotteet tai tuotteiden osat ja kokoonpano viimeistelytöineen suoritettaan paikallisesti. Myös yksilöllinen osa asiakastarpeen selvittämisestä ja huomioimisesta tapahtuu paikallisesti. Merkittävä osa tuotannosta saattaa visiossa siirtyä paikallisten tai globaalisti ketjuuntuneiden palveluiden osaksi esimerkiksi tuotannollisten alustaosuuskuntien muodossa.

Murroksen reunaehdot: Paikallisen tuotannon kilpailukyky globaalin massatuotannon kanssa on teknologisesti sidoksissa tuotantotyökalujen joustavuuteen, eli siihen, miten lyhyitä ja monipuolisia sarjoja voidaan tehokkaasti tuottaa. Tuotantokustannus voi ylittää massatuotannon kustannuksen, jos yksilöllisyys, paikallisuus tai logistiikkakustannus tuottavat riittävästi lisäarvoa. 3D-tulostimet kehittyvät nopeasti ja ovat jo joiltakin osin saavuttamassa vision edellyttämän tason erityisesti muovi- ja komposiittimateriaaleista tehdyissä tuotteissa. Maksuttomia ja edullisia mallikirjastoja on myös kasvavassa määrin saatavilla ja avoimen yhteiskehityksen piirissä. Sama koskee hybridituotteita rajapintoineen, joissa jokin ydinosa on sarjavalmistettu, mutta yksilöllinen osa on tulostettavissa. Robotteihin, jotka vastaavat ihmisen kätevyyttä käsityöläisenä, on edelleen matkaa, mutta kehitys etenee nopeasti. Tulevaisuuspankissa 3D-tulostimet ja kädelliset robotit sekä robottiräätäli.

Agenda 2030 -vaikutukset: Joustavan paikallisen tuotantokyvyn kasvu vähentää riippuvuutta erityisesti kriisitilanteissa helposti häiriintyvästä kansainvälisestä kaupasta. Monipuolisen paikallisen tuotannon lisääntyminen kasvattaa inklusiivisuutta ja mahdollisuuksien tasa-arvoa samalla vähentäen syrjäytymisriskiä ja henkisiä ongelmia. Paikallinen joustava tuotanto on työnä pääosin monipuolista ja laaja-alaista nojautumatta kapeaan teoreettiseen osaamiseen ja sopii laajemmalle joukolle ihmisiä kuin teoreettispainotteinen korkeasti automatisoitu teollisuustyö. Murros edistää itseoppimista, opetusta ja osaamisen näyttöä, kun oppimisen myötä suunnitellut tavarat ja laitteet voidaan helposti valmistaa. Tämä myös tekee opetuksesta ja oppimisesta aiempaa houkuttelevampaa. Talouskasvua murros edistää helpottaessaan suunnittelijoiden ja pienyritysten uusien tuotteiden ja yksilöllisen lisäarvon pääsyä markkinoille. Arvonluonti ei enää ole niin suurelta osin riippuvaista suurten teollisten toimijoiden hallitsemista rakenteista, kuten kapea-alaisesta insinööriosaamisesta tai tuotanto- ja jakelukoneistosta. Tämä vähentää sekä eriarvoisuutta alueiden välillä että alueiden sisällä. Kehittyvien maiden paikallinen innovaatio-osaaminen kehittyy, osallistumismahdollisuudet tuotannolliseen toimintaan ja suunnitteluun lisääntyvät.

Keskeiset jännitteet: Joustava tuotanto helpottaa rikollista toimintaa. Tuoteväärennösten ja valvottujen tuotteiden, kuten aseiden valmistus helpottuu. Aineettomien oikeuksien loukkaaminen helpottuu ja organisoidun toiminnan valvonta saattaa vaikeutua. Tuotannon paikallistuessa myös verotus voidaan ohittaa helpommin. Joustavan tuotannon ketjuuntuminen globaaleiksi järjestelmiksi, joissa paikalliset verkoston osat tulostavat ketjun hallitsemia 3D-malleja, saattaa ohjata arvonluonnin hyötyjä keskitetympään suuntaan. Teknologia itsessään tarjoaa selkeät rajapinnat ja tällaisen keskittymisen voi sopivin säädöksin estää.

2.4. Ravinto – kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa

Nykytila: Elintarviketuotanto perustuu pääosin teollisen mittakaavan viljelyyn ja karjatalouteen, joista syntyvä elintarvikeraaka-aine kausivarastoidaan, käsitellään teollisesti ja jaellaan keskitetysti. Jakelusta kuluttajille vastaavat vähittäiskauppa, laitos- ja työpaikkaruokalat, torikauppa sekä ravintolat. Lihaa imitoivat valmisteet ja kaupunkiviljely ovat vähitellen asettumassa kilpailemaan perinteisen tuotannon kanssa.

Teknologiamurroksen visiona on elintarvikeraaka-aineiden lähituotanto päivittäisenä paikallisena prosessina sekä ruoan yksilöllinen valmistus tuoreista raaka-aineksista robottikeittiöissä tai ihmisvoimin. Kasvit kasvatetaan vesiviljelynä kerroksittain ja tarvittaessa LED-valojen avulla. Ravintokasveissa pinta-alatarve on vain 1-5% peltoviljelyn tarvitsemasta, joten kasvatus voi tapahtua kaupunkien tunneleissa, kellaritiloissa ja katoilla tai parvekkeilla. Rehukasvien viljely ei vision mukaan ole tarpeen, koska liha tuotetaan bioteknisin menetelmin sammioissa tai lihan makuisia ja ravinnepitoisuudeltaan vastaavia elintarvikkeita tuotetaan sisäviljellyistä kasveista. Elintarviketuotannon ollessa paikallista ja jatkuvaa, tarvitaan varastointia, säilöntää ja kuljetusta vain poikkeustapauksissa. Keittiörobotit valmistavat ruoka-annokset kullekin ruokailijalle henkilökohtaisten mieltymysten, metabolian ja allergioiden mukaan.

Visio vähentää maatalousmaan tarvetta radikaalisti, vaikka osa peltoalasta tarvittaisiinkin aurinkoenergian tuotantoon. Elintarviketeollisuuden kemikaalien käyttö ja elintarvikkeiden hävikki vähenevät. Tuore, prosessoimaton ruoka on elintarviketeollisuuden tuotteita tai kausiviljelyn satona varastoituja elintarvikkeita ravinnepitoisempaa. Metaboliaan ja mieltymyksiin sovitettu ravinto on selkeä lisäarvo. Sisäviljelyssä GMO-tuotteet eivät muodosta riskiä luonnolle eivätkä ympäristöhaitat ja kasvi- tai eläintaudit leviä.

Murroksen reunaehdot: Aurinko- ja tuulienergian sekä kasvivalojen tehokkuuden tulee parantua ja kustannusten edelleen laskea, jotta visio voi toteutua laajasti. Aurinkoenergian tuotannon tulee olla riittävää ja perustua ympäristöhaitoiltaan vähäisiin ohutkalvoihin. Kerrosviljelyyn soveltuvia lajikkeita tulee kehittää eri tuoteryhmiin. Vision oletus on, että ravintokasvien tuotanto jatkuvana prosessina vaatii 70-90% nykyistä vähemmän maatalousmaata ja proteiinituotanto 90-95% vähemmän maatalousmaata suhteessa tuotantomääriin. Näissä luvuissa on mukana energiatuotannon vaatima pinta-ala. Luvuissa on oletettu jalostettujen ravintokasvien energiahyötysuhteeksi 10%, kun valaistus tapahtuu optimaalisessa rytmissä. Valoa tuotetaan tarkasti suunnattuna kasvin pinnoille ja vain tarvittavalla aallonpituudella. Robottikeittiöiden odotetaan yleistyvän ensin ravintoloissa ja laitosruokailussa kalliin palkkakustannuksen maista alkaen. Maaperän ja teknologian sekä työvoiman hinnasta riippuu, onko vision mukainen prosessi enemmän tai vähemmän pääomavaltainen ja muuttuvilta kustannuksiltaan korkeampi kuin nykyinen, mutta kilpailukyky paranee aikaa myöten. Tulevaisuuspankissa geenimanipuloidut kasvit, keinoliha, sisäviljely ja robottikädet.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visiolla ei ole suoraa vaikutusta köyhyyteen, mutta se poistaa kytkennän elintarviketuotannon ja viljelykelpoisen maaperän välillä. Visio helpottaa erityisesti edullisen proteiinipitoisen ravinnon saantia ja laskee sen tuotantokustannuksia. Ravintotuotannon rajoitteet ja ympäristöhaitat vähenevät. Kriisitilanteissa ongelmallinen riippuvuus muilla alueilla tuotetusta ravinnosta tai keskitetysti hallituista ravintovaroista vähenee.

Karjatalouden loppuminen vähentää eläimistä ihmiseen leviävien tartuntatautien riskiä ja yksilöllisesti valmistettu tuore ravinto parantaa terveen elämän edellytyksiä. Sisäviljelyn ja bioteknisen lihan tuotannon vaatiessa vain murto-osan peltoviljelyn ja karjatalouden vesimäärästä ja viljelyn lisäksi toimiessa suljetun kierron perusteella, kaikenlaiset maatalouden haitat ympäristölle vähenevät. Pääosa maatalousmaasta voidaan palauttaa luonnontilaan. Näillä seikoilla on merkittävä vaikutus niin CO2-

päästöjen vähentämiseen kuin luonnontilaisten ekosysteemien palauttamiseen ja kemikalisoitumisen vähentämiseen.

Ravinnon jatkuva pientuotanto nopeuttaa elintarviketuotannon opiskelua, koska opetuksen ja kokeilujen ei tarvitse noudattaa luonnollisten satokausien rytmiä. Vapaampi rytmi tekee opiskelusta houkuttelevampaa lisäten myös innovaatiomahdollisuuksia. Kasvaviin tiloihin ja keskitettyyn elintarviketeollisuuteen sekä laajasti automatisoituun jakelujärjestelmään verrattuna vision mukainen paikallinen kaupunkiviljely yksilöllisine robottikeittiöineenkin voi olla huomattavan työvoimavaltaista. Hajautettu paikallinen tuotanto on omiaan vähentämään tuottavuuseroja sekä alueiden että valtioiden välillä. Ilmastonmuutos vaikeuttaa maataloutta, mutta vision mukainen tuotanto voi toimia tehokkaasti myös muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa.

Keskeiset jännitteet: Sisäviljely kasvattaa elintarviketuotannon energiatarvetta ja vision onnistumisen edellytyksenä on yhä edullisemmaksi muuttuva ja nopeasti määräänsä lisäävä uusiutuva energia. Yhtenäinen sähkömarkkina saattaa vaikeuttaa sisäviljelyn edellytyksiä. Ruokakulttuurin muuttaminen vision suuntaan saattaa olla haasteellista. Nykyisten proteiinilähteiden käyttöön liittyy huomattavan monia arvoihin, osaamiseen, tottumuksiin, normeihin ja sopimuksiin liittyviä sidoksia. Maatalousmaan palauttaminen luonnontilaan vaikuttaa viljelysmaan arvoon ja synnyttää jännitteitä. Maataloustöistä, elintarvikekaupasta ja ravintola- sekä laitosruokailun piiristä vapautuu visiossa laajasti työvoimaa, jonka tulisi ohjautua uusiin tehtäviin. Tässä on huomattava, että myös maatalous, elintarviketeollisuus ja kauppa kasvattavat automaatiotaan ja kilpailukykyään jatkuvasti.

2.5. Energia – kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja

Nykytila: Globaali energiatuotanto perustuu pääosin hiilen, luonnonkaasun ja öljyn polttamiseen. Hiilineutraalien tuotantomuotojen osuus oli vuonna 2019 maailmanlaajuisesti vain 15%, josta vesivoiman osuus on suurin. Energiavarastojen osuus tuotannon ja kulutuksen tasaajana on vähäinen lukuun ottamatta energiaraaka-aineiden varastoja. Kysynnän vaihteluihin reagoidaan säätämällä tuotantoa. Aurinko- ja tuulivoiman osuus kasvaa nopeasti ja se kasvattaa energiavarastojen tarvetta. Merkittävä osa energiantuotannosta on keskitettyä ja massiiviseen jakeluinfrastruktuuriin perustuvaa sekä energiaraaka-aineiden, jalostuksen että sähkön- ja lämmöntuotannon osalta.

Teknologiamurroksen visio perustuu fossiilisen energian korvaamiseen ja hajautetun hiilivapaan energiatuotannon ja varastoinnin merkittävään kasvuun. Kehitteillä olevat joustavat ja tehokkaat aurinkoenergiakalvot integroidaan tulevaisuudessa valmistusvaiheessa kaikkiin pintarakenteisiin. Suuri osa rakennetuista pinnoista on valjastettu aurinkoenergian tuotantoon. Leijaenergia laskee tuulivoiman kustannuksia ja lisää käyttökohteita. Paikallisesti tuotetusta ja varastoidusta uusiutuvasta energiasta tulee laajoilla alueilla sekä fossiilista energiaa että muuta keskitetysti tuotettua ja jaeltua energiaa edullisempaa. Synteettiset polttoaineet valmistetaan tehokkaasti ja edullisesti katalyyttien avulla vedestä ja hiilidioksidista. Prosessit ovat nopeasti käynnistyviä, pääomia vain vähän sitovia ja sen vuoksi energialähteenä käytetään aurinko- ja tuulienergian halpaa tuotantohuippujen aikaista ylikapasiteettia.

Pohjoisilla alueilla lämpökaivot yleistyvät energian pitkäaikaisvarastoina synteettisen polttoaineen rinnalla. Sähkön ja erityisesti paikallisesti tuotetun sähkön osuus energian kulutuksessa lisääntyy, mikä näkyy mm. liikenteen sähköistymisenä. Pohjoisten alueiden toimitusvarman sähkön keskimääräinen tuotantokustannus laskee hitaammin kuin kustannus aurinkoenergialle ympärivuotisesti suotuisammilla alueilla. Prosessien sähköistyminen ja energiatuotannon hajautuminen vähentävät teollisen tuotannon mittakaavaetujen merkitystä. Kehitys suosii haja-asutusalueita, jotka kykenevät vastaamaan paikallisen aurinkoenergian tuotannon pinta-alatarpeisiin kaupunkeja paremmin. Koska energiansaanti ei enää riipu keskitetyistä jakeluinfrastruktuureista laskee modernisoinnin kustannus kehittymättömillä haja-asutusalueilla.

Murroksen reunaehdot: Aurinko- ja tuulienergian sekä energiavarastojen teknologioiden tulee kehittyä nykyistä tehokkaammiksi ja edullisemmiksi, jotta visio voi toteutua. Kalvomaisten aurinkokennojen hyötysuhteen oletetaan visiossa nousevan 30%-40% tasolle kustannuksen laskiessa siten, että uudisrakennusten aurinkopaneelin sisältävä katto- tai seinäpinta ei juurikaan nosta rakennuskustannuksia. Synteettisen polttonesteen pientuotannon pääomakustannuksen tulee laskea murto-osaan vuosituotannon arvosta, jotta visio voisi toteutua pohjoisilla, talvella lähes auringottomilla leveyspiireillä. Synteettisistä polttonesteistä tehokkaasti lämpöä ja sähköä tuottavien polttokennojen ja mikroturbiinien hinnan oletetaan laskevan radikaalisti. Akkujen hinnan oletetaan puoliintuvan 10 vuoden välein samalla, kun kapasiteetti kaksinkertaistuu ja käyttöikä moninkertaistuu, mutta akkujen ei visiossa odoteta soveltuvan energian pitkäaikaisvarastointiin. Tulevaisuuspankissa aurinkoenergian kehitys, lämpökaivot, synteettiset polttoaineet, sähkövarastot ja akut sekä polttokennot.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visio vähentää köyhyyttä tarjoamalla edullisen keinon energiatuotantoon. Samalla riippuvuus keskitetystä energiainfrastruktuurista ja fossiilisista polttoaineista vähenee. Ravintokasvien viljelypinta-alasta kilpailevia biopolttoaineita ei visiossa tarvita. Pääosan energian tuotantoon ja kulutukseen liittyvistä muuttuvista kustannuksista sekä fossiilisen ja bioenergian haitoista poistuu. Paikallisen tuotannon riippumattomuus rakenteista kasvattaa kriisinsietokykyä ja mahdollisuuksien tasa-arvoa sekä kykyä selvitä muuttuvissa ilmasto-olosuhteissa. Visio vähentää energiatuotannon hiilidioksidipäästöjä radikaalisti, mutta kasvattaa elektroniikkaromun kierrätystarvetta. Toisaalta sähköverkkojen ja kaukolämpöverkkojen tarve vähenee samalla, kun luotettavan ja kestävän energian saanti helpottuu.

Edullinen kiintein kustannuksin tuotettu sähkö helpottaa mm. puhtaan veden tuotantoa suolaisen veden alueilla. Tuotantohuippujen ylijäämäsähköllä voidaan tuottaa puhtaan veden ohella muitakin helposti varastoitavia raaka-aineita ja materiaaleja. Sähkön käyttö polttoaineiden sijaan kasvattaa tyypillisesti prosessien hyötysuhdetta. Paikallinen tehokas sähkön tuotanto tekee edullisen sähkönsaannin mahdolliseksi infrastruktuuriltaan kehittymättömillä seuduilla. Vision mukainen toiminta on nykyistä valtavirtaa hajautetumpaa ja työvaltaisempaa. Osaamisvaatimus hajautettujen järjestelmien asentamisessa, käyttöönotossa ja ylläpidossa on vähäinen ja tuo lisäarvoa laajoille markkinoille, joten teknologia edistää selkeästi talouskasvua ja työllisyyttä. Sähkön helppo paikallinen saatavuus edistää muun tuotannon kehittymistä kestävään suuntaan paikallisesti ja globaalisti eriarvoisuutta vähentävällä tavalla. Samalla syrjäseutujen sähköistyminen saattaa niiden alueiden väestön digitalisaation piiriin.

Keskeiset jännitteet: Vision mukainen toiminta kasvattaa asuntojen lämmityksen pääomasidonnaisuutta haja-asutusalueilla verrattaessa sitä lämmitykseen energia-raaka-aineita polttamalla. Köyhimpien alueiden auttamistapana tämä vastaa kaivojen tekoa, joka vaatii vauraampien apua. Ympäristöhaittojen väheneminen on riippuvainen siitä, miten haitattomista materiaaleista vision mukaiset laitteistot tehdään ja, miten energiaromun kierrätys järjestetään. Energian hinnan lasku ei näy kuluttajille, jos edullinen tuotanto ei vastaa kysyntää ja markkinahinta määräytyy kalleimman tuotantomuodon mukaan. Jännitteitä syntyy myös sähkönsiirtoverkon kustannusjaossa monien käyttäjien irtautuessa verkosta ja fossiilisesta energiasta riippuvan liiketoiminnan edellytysten heiketessä syntyvistä eturyhmien välisistä kiistoista.

2.6. Materiaalit – kohti uusiutuvia materiaaleja ja kiertotaloutta

Nykytila: Globaalisti tavaroiden tuotannossa käytettyjen raaka-aineiden ensisijainen lähde on kaivannaisteollisuus ja toissijaisesti biotalous. Sekä kaivannaiset että biotekniset raaka-aineet käsitellään tavallisimmin laajasti kemikaaleja käyttävillä, energiaintensiivisillä prosesseilla. Nämä synnyttävät laajoja ympäristöhaittoja. Raaka-aineiden käyttöä on ryhdytty vähentämään kierrätyksen avulla. Materiaalitekniikan piirissä kehitetään jatkuvasti prosesseja biotekniseen ja kestävään suuntaan, jonka lisäksi kaivannaiset pyritään tuottamaan ympäristöystävällisemmin keinoin.

Teknologiamurroksen visiossa materiaalit tuotetaan ja kierrätetään kestävin tavoin. Rakennusbetoni on korvattu hiilineutraaleilla vastineilla, esimerkiksi niin kutsutulla vihreällä betonilla, bioteknisesti auringonvalossa kivettyvillä tiilillä sekä lujilla luonnonkuituihin perustuvilla komposiiteilla. Hiilidioksidia on ryhdytty käyttämään teollisena raaka-aineena mm. hiilivetyjen, muovien ja nanohiilten valmistuksessa. Teräs valmistetaan hiilidioksidineutraalisti aurinkoenergian ja vedyn avulla. Uusiutuvista raaka-aineista kehitetyt nanomateriaalit korvaavat pääosan kaivannaisista. Hiivojen, sienten sekä bakteerien huoneenlämmössä tuottamat raaka-aineet ja materiaalit korvaavat monet kemianteollisuuden tuotteet.

Tuotteiden, komponenttien ja pakkausten merkinnät sekä materiaaleja tunnistavat sensorit mahdollistavat yhdessä tekoälyn kanssa tehokkaan robotisoidun kierrätyksen ja kierrätysmateriaalien käytön raaka-aineena. Materiaalit kehitetään yhä määrätietoisemmin joko biohajoaviksi tai helposti kierrätettäviksi. Kiertotalouden kehitys synnyttää teolliskaupallisia symbiooseja, joissa tuotteiden koko elinkaari on suunniteltu.

Murroksen reunaehdot: Hiilidioksidin kaappausteknologioiden ja reaktioissa käytettyjen katalyyttien odotetaan kehittyvän siten, että hiilivetyjen ja nanohiilen tuotanto uusiutuvan energian avulla on kustannustehokasta. Betonin ja teräksen valmistus aiheuttaa nykyhetkellä valtaosan materiaaleihin liittyvistä hiilidioksidipäästöistä kaivosteollisuuden energiankulutuksen ohella. Teräksen jalostus uusiutuvaan energiaan ja vetyyn perustuvilla menetelmillä etenee jo teollisten investointipäätösten tasolla. Sementin korvaaminen hiiltä sitovilla materiaaleilla etenee kehityslaboratorioiden kokeiluissa ja menetelmien odotetaan kypsyvän laajaan käyttöön soveltuviksi. Bioteknisten prosessien ja nanomateriaalien odotetaan kehittyvän ominaisuuksiltaan riittävästi

korvatakseen merkittävän osan kaivannaisista ja energiaintensiivisistä tai ympäristöhaittoja aiheuttavista prosesseista ja materiaaleista. Kierrätyksen odotetaan tehostuvan olennaisesti nykyisestä ja integroituvan systeemiseksi kiertotaloudeksi. Tulevaisuuspankissa vihreä betoni, vihreä teräs, CO2 raaka-aineena, uudet lujat ja kevyet materiaalit, nanomateriaalit kuituina, biotekninen valmistus ja kiertotalous.

Agenda 2030 -vaikutukset: Vision vaikutus köyhyyteen on ristiriitainen. Toisaalta riippuvuus kaivannaisista vähenee, mutta uudet materiaalit eivät välttämättä ole aiempia edullisempia. Bioteknologiaan perustuvien materiaalien korvatessa kaivannaisia ja prosessien muuttuessa vähemmän energiaintensiivisiksi, on kuitenkin järkevää olettaa muuttuvien kustannusten laskevan. Suurteollisuuden korvautuminen pienemmillä prosesseilla kasvattaa joka tapauksessa mahdollisuuksien tasa-arvoa.

Kaivosteollisuuden alasajo ja prosessiteollisuuden kehitys uusiutuvan energian suuntaan vähentävät fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Siirtyminen kemianteollisuuden keinoista bioteknologiaan vähentää ihmiselle ja luonnolle vaarallisia ympäristöhaittoja merkittävästi. Tämä edistää puhtaan veden saantia, terveyttä ja vesiekosysteemien kestävyyttä. Vision vaikutus kulutus- ja tuotantotapojen kestävyyteen on suuri ja ilmeisen myönteinen sekä raaka-aineiden kestävyyden että haitallisten päästöjen osalta.

Talouskasvuun visiolla on myönteinen vaikutus tuotannon uudistumisen ja hajauttamisen kautta. Talouskasvua edistää myös irtautuminen rajallisista resursseista uusiutuviin raaka-aineisiin. Kierrätys ja bioteknologia nojautuvat perinteistä teollisuutta enemmän paikallisiin materiaaleihin ja työvoimaan. Lisäksi ne ovat työvoimavaltaisempia ja hajautettuina vähemmän eriarvoistavia kuin kaivannaisiin perustuva teollisuus.

Keskeiset jännitteet: Sekä teräs että betoni ovat edullisia ja tarkoituksiinsa hyvin soveltuvia materiaaleja, joiden tuotanto- ja käyttö osataan hyvin. Niiden korvaaminen ekologisesti kestävämmillä materiaaleilla vaatii merkittäviä yhteiskunnallisia insentiivejä. Perinteisen materiaaliteknologian investoinnit ovat pitkäkestoisia ja ne tulisi kuolettaa, jos niiden käytöstä luovutaan. Päätöksiin liittyy myös työllisyysvaikutuksia. Uusiutuvia raaka-aineita käyttävät prosessit vaativat omat investointinsa, jotka saattavat olla tuotantoon nähden suurempia kuin perinteisen teknologian investoinnit. Toisaalta prosessien hajautus ja paikallisten raaka-aineiden käyttö kompensoivat korvaavien tuotteiden kustannuksia. Monet uusiutuvia materiaaleja ja kierrätysmateriaaleja käyttävät prosessit ovat teknisesti vaativia, eikä niitä välttämättä ole helppo saada käyttöön vähiten kehittyneillä alueilla. Uusiin menetelmiin saattaa myös liittyä runsaasti aineettomia oikeuksia. On mahdollista, ettei visio ainakaan aluksi auta vähentämään alueiden välistä eriarvoisuutta vaikka se vähentäisikin alueiden sisäisiä eroja.

2.7. Rakennettu ympäristö – kohti kaupunkia autonomisena asumiskoneena

Nykytila: Valtaosa rakentamisesta ja rakennetun ympäristön kunnossapidosta on edelleen henkilövaltaista, vaikka konevoimaa käytetään runsaasti. Katuja ja teitä lukuun ottamatta ympäristö on rakennettu ihmisen kuljettavaksi. Kaupunkien rakenteet on järjestetty suurelta osin erillisiin työ- ja asiointialueisiin sekä asuinalueisiin.

Rakennettu ympäristö uudistuu hitaasti. Tilojen käyttötavat muuttuvat kuitenkin jatkuvasti kohti digitalisoituvan yhteiskunnan uusia tarpeita ja mahdollisuuksia.

Teknologiamurroksen visiona on autonomista henkilö- ja tavaraliikennettä suosiva infrastruktuuri, jossa rakentaminen ja kunnossapito on suurelta osin robotisoitu. Yksityisomisteisten henkilöautojen vaihtuminen yhteisiin robottikuljettimiin vapauttaa runsaasti kaupunkitilaa. Kauppakeskusten tilantarve vähenee myös verkkokaupan ansiosta. Etätyön ja etäasioinnin vuoksi kotien käyttötarkoitukset laajenevat ja asuntojen tilantarve kasvaakin samalla kun toimitilojen tarve vähenee. Laajeneva osa rakennetuista pinnoista tuottaa aurinkoenergiaa, joka varastoidaan ja käytetään paikallisesti.

Rakentamisen ja kunnossapidon sekä jakelun robotisointi edellyttää rakennetun ympäristön muuttumista robottien helposti kuljettavaksi. Asuntojen läheisyyteen tehdään vakioituja tavaroiden jättölokerikkoja. Jätehuolto sekä sisä- ja ulkotilojen siivous on visiossa robotisoitu. Lisätty todellisuus ja rakennusten digitaaliset kaksoset poistavat rakentamisen ja kunnossapidon osaamisvajetta. Rakennusvirheet vähenevät kehityksen myötä sekä ihmisten että robottien tehtävissä. Rakentamisen robotisaatio etenee vähitellen muotittomasta valusta robottimuuraukseen ja pintakäsittelyyn, mutta myös tehdastekoisten huone-elementtien valmistukseen. Virtuaalimaailmahuoneet ja sisäviljelyhuoneet sekä asuinrakennusten robottiyhteiskeittiöt ovat esimerkkejä uusista vision mukaisista elementeistä. Haja-asutusalueille toimitettavat ”off grid” -tyyppiset tehdasvalmisteiset asumismoduulit alkavat yleistyä sisältäen autonomiset energia-, vesi-, elintarviketuotanto- ja biojätejärjestelmänsä.

Murroksen reunaehdot: Autonomisesti liikkuvat robotit eivät toimi ilman laajaa, julkista latausjärjestelmää. Visiossa odotetaan robotiikan kehittyvän tekoälyn ja kaukoohjauksen avulla siten, että robotit ja ihmiset voivat liikkua turvallisesti yhteisillä reiteillä. Työkalujen ja muiden tavaroiden manipuloinnin tulee myös onnistua ammattitaitoisen ihmisen tavoin, jotta visio voi toteutua. Etätyön ja etäpalveluiden odotetaan lisääntyvän yksilöllisen tavaroiden jakelun ja robottikeittiöiden sekä yhteiskäyttöisten virtuaalimaailmojen myötä. Tulevaisuuspankissa robottiauto henkilö- ja tavaraliikenteessä, herkät robottisormet ja kädet, rakennusten ja rakenteiden 3D-tulostus, robotisoidut palvelut, makean veden tuottaminen, LED-viljely, ”off-grid”-asuminen.

Agenda 2030 -vaikutukset: Kaupunkien ja rakennusten toiminnallisuuden kehittäminen parantaa pääomien ja lisäarvon tuoton suhdetta vähentäen myös muuttuvia kustannuksia. Kriisinsieto kasvaa toimintojen hajautuneen rakenteen avulla. Logistiikan tehostuminen vähentää erityisesti elintarvikejakelun kustannuksia. Etätyön suosiminen ja automaatio vähentävät työmatkaliikenteen kustannuksia, tartuntatauteja sekä onnettomuuksia. Kunnossapidon ja rakentamisen robotisaatio puolestaan vähentää fyysisen voiman merkitystä ja ohittaa laajasti miesten hallitsemia työtehtäviä. Rakennusten muuttuminen enemmän energiaomavaraisiksi vähentää energiatuotannon keskittymistä, energiatuotannon haittoja ja sidonnaisuutta fossiilisista energialähteistä sekä edesauttaa energian saatavuutta infrastruktuuriltaan heikoilla alueilla. Toimintojen sähköistyminen ja automatisoituminen parantavat energiatehokkuutta.

Vision mukainen kehitys edistää talouskasvua vähentämällä pullonkaularesurssien käyttöä ja ulkoishaittoja sekä tuottamalla merkittävää uutta asiakaslisäarvoa laajoille markkinoille. Kestävän infrastruktuurin lisäksi innovatiivisuus edistyy hajautuksen ja

toiminnallisen sujuvuuden kasvaessa. Älykkääseen hajautettuun robotiikkaan on helppo lisätä ja sovittaa uutta toiminnallisuutta. Eriarvoisuutta visio vähentää robotisaation sarjavalmisteisen luonteen avulla. Robotit ovat luonnostaan samantaitoisia. Tuotekehityksen jälkeinen monistaminen tuottaa vain vähäisen muuttuvan kustannuksen, joten tuotteissa ja palveluissa on kannattavaa pyrkiä mahdollisimman laajoille markkinoille. Kehitys oletettavasti tehostaa laadukasta asuntotuotantoa ja kunnossapitoa vähentäen samalla laadukkaan ja heikkotasoisen asumisen kustannuseroja.

Robotisoitu kunnossapito, tehokas logistiikka ja kasvanut energiaomavaraisuus vähentävät kaupunkien aiheuttamia ulkoishaittoja. Ne myös edesauttavat kestäviä tuotantoja kulutustapoja sekä turvallisia kaupunkirakenteita. Robotisoitu toiminta helpottaa sääntelyä ja edistää mahdollisuuksia ilmastonmuutoksen vastaiseen toimintaan, rikollisuuden vähentämiseen, osaamisvaihtoon ja tilastointiin.

Keskeiset jännitteet: Kehittyneet maat pystyisivät omaksumaan vision kehittyviä maita nopeammin, mutta uudisrakentaminen on nopeinta kehittyvissä maissa. Visio korvaa monia rakentamiseen, logistiikkaan ja kunnossapitoon liittyviä työtehtäviä pääosin autonomisilla roboteilla. Tuottavuuskasvu on riippuvainen siitä, syntyykö riittävästi lisäarvoa ja osaamista näiden työpaikkojen korvaamiseen. Kaupunki asumiskoneena saattaa aiheuttaa haittaa myös vähentämällä ihmisten arkista liikuntaa. Yhdeksi ongelmaksi voi nousta vision mukaisen toiminnan laaja sidos aineettomiin oikeuksiin ja globaalisti kaupallisin perustein kehitettyjen ohjelmistojen keskeinen vaikutus automaation toimintatapoihin.

2.8. Vaihdanta – kohti etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja

Nykytila: Globaali vähittäiskaupan valtavirta perustuu edelleen myymälöihin ja noutokauppaan. Omistuksen siirto tehdään kassalla; tuotteet valitaan markkinointiviestien ja omien havaintojen perusteella. Yritysten välisessä kaupassa messuesittelyillä, henkilökohtaisilla neuvotteluilla, monimutkaisilla kahdenvälisillä alihankintaverkostoilla ja pitkäkestoisilla alihankintasopimuksilla on merkittävä rooli. Verkkokauppa muuttaa nopeasti sekä vähittäiskauppaa, tukkuliikkeitä että alihankintaa.

Teknologiamurroksen visiona on verkkokaupan ja alustaliiketoiminnan laajentuminen valtavirraksi. Markkinointiviestit korvautuvat kasvavassa määrin varmennetuilla vertaisarvioilla. Omakohtainen kokeilu korvautuu kuluttajan mitat ja mieltymykset omaavilla digitaalisilla kaksosilla sekä niihin sovitetulla verkkokaupan tuotteiden VR/AR-esittelymateriaalilla. Transaktiot ovat digitaalisia. Kuluttajakaupan ostokset kuljetetaan asiakkaiden lokerikkoihin tai kotiin kierrättäen pakkausmateriaalit. Fyysiset myymälät ovat pääosin keskittyneet yksilölliseen konsultointiin ja palveluun, jossa mm. otetaan mittoja ja valmistetaan esimerkiksi asusteita tai tuotetaan varaosia.

Yritysten välinen kauppa on pääosin siirtynyt alustayritysten välitettäväksi. Alustayritykset vakioivat rajapintoja, esittelyitä ja laadunvalvontaa. Ne huolehtivat myös logistiikasta, maksuliikenteestä ja sopimuksista. Alustat takaavat ja vakioivat nekin sopimukselliset tilanteet, joissa alihankkija valmistaa tuotteet tilaajan spesifikaatioiden ja

aineettomien oikeuksien mukaan. Menettely yksinkertaistaa sopimuskäytäntöjä ja luotettavien kumppanien löytämistä lisäten myös alihankinnan joustavuutta. Sopimusrikkomusten ensisijaiseksi ratkaisijaksi tulee valtioiden oikeusistuimen sijaan alustatoimija laadunvalvojineen.

Kasvava osa vaihdannasta siirtyy rahatalouden ulkopuolelle jakamistalouden yleistyessä. Yritysten välisessä toiminnassa resurssien maksuton yhteiskäyttö yleistyy etenkin aineettomien resurssien osalta. Joukkoistuksen keinoin tuotetaan lisäksi yhteisillä alustoilla aineettomia resursseja kaikkien käyttöön. Alustojen välittämä jakamistalous helpottaa myös kuluttajien välistä resurssien yhteiskäyttöä.

Murroksen reunaehdot: Vision laaja toteutuminen kuluttajatoiminnassa edellyttää logistisen infrastruktuurin kehitystä tukemaan robotisoitua kotijakelua. Tämä voi vaatia regulatiivisia toimia. Yritysten välisessä kaupassa digitalisaation, standardoinnin ja riippumattomien testauspalveluiden kehitys edesauttaa vision toteutumista. Alustatoimijat voivat nojautua omaan tai yleiseen logistiikkajärjestelmään. Yleisen logistiikan tehokas käyttö edellyttää tavaroiden yksilöllisen tunnistuksen standardointia ja kaikkien osapuolten yhteisesti käytettäviä digitaalisia kaksosia. Tulevaisuuspankissa jakelun robotisaatio, verkkokauppa, kaupalliset alustat, yhteisölliset alustat, tavaroiden digitaaliset kaksoset.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visio vähentää kaupan kustannuksia ja helpottaa tavaroiden saatavuutta etenkin syrjäisillä seuduilla. Transaktiokustannusten pieneneminen ja nykyistä avoimempi pääsy tehokkaaseen jakelukanavaan kasvattaa pienten ja syrjäisten toimijoiden ansaintamahdollisuuksia. Yhteiskehitettyjen aineettomien materiaalien vapaa saatavuus ja jakamistalous lisäävät mahdollisuuksien tasa-arvoa ja vähentävät riippuvuutta keskitetyistä rakenteista. Tämän voi odottaa vähentävän köyhyyttä ja helpottavan asiantuntijatiedon jakautumista laajasti. Avoimella yhteiskehittämisellä on erityisen suuri vaikutus oppimateriaalien saatavuuteen. Tasa-arvoa alustatalous lisää synnyttämällä sukupuolineutraalin rajapinnan kaupan osapuolten välille.

Talouskasvua visio edistää vertailtavuutta parantamalla. Transaktiokustannusten lasku ja logistiikan pullonkaulojen vähentäminen kasvattavat lisäksi vaihdannan tuomaa lisäarvoa. Asiakaslisäarvon kasvu on ilmeinen esimerkiksi valikoiman laajentumisen, uusien tuotteiden nopean markkinoillepääsyn ja kaupan globalisoitumisen kautta. Lisäarvo kasvaa hajautettuun ja työvaltaiseen suuntaan, mikäli logistiikkarakenteiden hallintaa ei käytetä tukemaan suljettuja liiketoimintaekosysteemejä. Visio on omiaan vähentämään eriarvoisuutta sekä maiden sisällä että maiden välillä avatessaan transaktiorajapintoja ja laskiessaan kaikkia transaktiokustannuksia. Alustat vähentävät korruption mahdollisuuksia ja helpottavat olennaisesti sopimusrikkomusten käsittelyä. Visio helpottaa kansainvälistä yhteistyötä.

Keskeiset jännitteet: Perinteiset jakelukanavat ovat hallinneet verkostojaan ostotoiminnasta ja logistiikasta vähittäisliikkeisiin. Kaavoittajat ovat tukeneet toimintatapaa. Verkkokaupan jäteistä Amazon pyrkii omiin logistiikkarakenteisiinsa. Tehokasta avointa jakelulogistiikkaa ei toistaiseksi ole eikä postitoimijoiden ja kuriirien pakettijakelu sellaiseen yhteistyöhön näytä joustavan ilman regulatiivisia toimia. Jakelun keskittymisen ja sulkeutumisen jatkuminen on siis selkeä riski teknologiamahdollisuuk-

sista huolimatta. Alustatoimijoiden merkittävä asema taloudellisen toiminnan solmukohtina johtaa tilanteeseen, jossa yksittäisten valtiollisten toimijoiden valta vähenee ja alustatoimijoiden valitsema toimintatapa muuttuu lakien ja asetusten kaltaiseksi alustatoimijan toimiessa tuomarina. Tämä ulottaa fyysisten tuotteiden jakeluun sen Facebookista tutun käytännön, jossa Facebook määrää amerikkalaisten normien mukaan, mitä kuvia kukin voi jakaa ystävilleen. Jos toimijan asema on riittävän vahva, merkitsee alustan normien rikkominen asiakassuhteiden ja yhteydenpidon katkeamista.

2.9. Etävaikuttaminen – kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja

Nykytila: Etävaikuttaminen on viime aikoihin saakka tapahtunut pääosin joukkoviestimien, puhelinten ja sähköisten viestien avulla. Videoneuvottelut ovat nopeasti yleistymässä ja yhä useammat laitteet ovat etävalvonnan kautta säädettävissä tai kauko-ohjattavissa. Etätyön ja etäpalveluiden yleistyminen Covid-19 -pandemian liikkumisrajoitusten aikana on vauhdittanut uusien käytäntöjen omaksumista.

Teknologiamurroksen visio muuttaa vuorovaikutteiset etäkohtaamiset olennaiseksi osaksi etävaikuttamisen valtavirtaa. Videoneuvottelut tulevat korvautumaan kohtaamisilla yhteiskäyttöisissä virtuaalimaailmoissa sekä virtuaalisilla ja fyysisillä etiäisillä. Virtuaaliset etiäiset ovat AR-lasien avulla katsojan fyysiseen ympäristöön projisoituja hahmoja, joiden eleet ja ilmeet vastaavat keskustelukumppanien liikkeitä. Fyysinen etiäinen on robotti, jonka kasvot ja eleet voivat heijastaa ohjaajansa liikkeitä. Fyysinen etiäinen voi myös olla vaikkapa kauko-ohjattu drooni, lumiaura tai harvesteri. Etiäisen ohjaaja näkee etäympäristön tai sen mallin ja kykenee mittaamaan asioita etäympäristössä tai käsittelemään niitä robotin käytettävissä olevin keinoin.

Yhteiskäyttöiset virtuaalimaailmat ovat pelimaailmojen kaltaisia, mutta tarkoitettu pelien lisäksi mm. kokouksiin, suunnittelutyöhön, opetustilanteisiin tai aineettomiin palveluihin. Virtuaalitila voi vastata todellista fyysistä tilaa tai olla täysin kuviteltu. Kohtaajat näkevät tilan ja toistensa hahmot virtuaalihuoneeseen projisoituna tai VR-lasien avulla. Virtuaalimaailman objekteja voi käsitellä ja tämä saattaa vaikuttaa myös tapahtumiin virtuaalista ympäristöä vastaavassa todellisessa tilassa. Esimerkiksi virtuaalisen laboratorion kokeet voidaan robotisoidusti toistaa fyysisessä laboratoriossa.

Etävaikuttamisen visioon kuuluu myös tekoäly. Osa etiäisistä ja jaetussa virtuaalitilassa kohdatuista hahmoista on tekoälyn ohjaamia samalla tavalla kuin osa nykyisistä sosiaalisen median viestijöistä ja yritysten palveluihin vastaavista roboteista. Tekoälyn ohjaamana yksilöllisen viestinnän keinot voidaan valjastaa joukkoviestintään. Tekoäly voi esimerkiksi tekeytyä keskusteluiden osallistujaksi tai etäpalveluiden tarjoajaksi.

Murroksen reunaehdot: Vision toteutuminen edellyttää laajasti saatavilla olevia nopeita ja alhaisen latenssin omaavia tietoliikenneyhteyksiä, esimerkiksi 5G-verkkoa. VR-lasien ja AR-lasien tulee kehittyä silmälasien tai aurinkolasien keveyteen ja silmän resoluutiota vastaavaan laatuun. Virtualisointitekniikoiden ja animointitekniikoiden tulee automatisoitua ja muuttua arkisiksi. Etiäisrobottien autonominen siirtyminen paikasta toiseen julkisissa tiloissa tulee tehdä mahdolliseksi. Kävelevien ja kätevien kädellisten robottien tulee saavuttaa kohtuullinen hintataso.

Agenda 2030 -vaikutukset: Vision mukaisessa toiminnassa riippuvuus ajasta ja paikasta vähenee. Työn voi suorittaa sijaintipaikasta riippumatta, jolloin esimerkiksi edullisten asuntojen saatavuus työssäkäyntialueella ei muodostu rajoitukseksi eikä toimitiloja tarvitse vuokrata. Tilojen ja matkojen kustannukset jäävät pois. Mahdollisuuksien tasa-arvo kasvaa olennaisesti samalla, kun riskit vähenevät.

Osaamisen siirto helpottuu etäläsnäolon keinoin suuresti. Etäopetus on jaetussa virtuaalitodellisuudessa luonnollisen oloista, mutta luokkatilat ja havaintovälineet on virtualisoitu. Etäneuvonta on AR-tekniikalla helppoa lähes missä tahansa tehtävässä. Tekoäly voi hoitaa osan opetuksesta; virtuaalinen ympäristö harjoittelumahdollisuuksineen muuttaa oppimisen houkuttelevaksi ja pelilliseksi. Tasa-arvo lisääntyy paikkasidonnaisuuden vähetessä; naisten ja tyttöjen valinnanvapaus lisääntyy ja alueellinen vallankäyttö muuttuu vaikeammaksi.

Työn tuottavuuden kasvu on ilmeinen matka-aikojen poistuessa ja osaamisen tullessa helposti kaikkialla saataville. Virtualisaatio kasvattaa asiakaslisäarvon mahdollisuuksia. Laajat markkinat ovat saavutettavissa kaikkialta ja lähes ilman resurssirajoitteita. Etiäisrobotit auttavat yhdistämään virtuaalimaailman fyysiseen maailmaan. Etiäisten ohjaus suoritettavissa mistä tahansa. Globaali viestintä standardoituu, tekoäly auttaa poistamaan globaalin virtuaalitodellisuuden kielimuureja ja monenlaisten tarpeiden tyydyttämisen kustannus laskee etenkin teknologian kypsymisen jälkeen.

Keskeiset jännitteet: Visio saattaa vähentää fyysistä liikkumista ja vieraannuttaa lähiyhteisöistä. Vision mukainen toiminta avaa myönteisen etävaikuttamisen lisäksi paljon mahdollisuuksia tuhoisalle toiminnalle. Esimerkki nykyisestä etävaikuttamisesta on droneteknologian sotilaskäyttö. Kauko-ohjattavien laitteiden yleistyminen saattaa tehdä helpoksi niiden käytön siten, että ne ohjataan toimimaan ihmisten kannalta haitallisella tai vaarallisella tavoin. Toisenlainen, esimerkiksi työlainsäädännöllinen ongelma on valtiorajat ylittävä palvelutyö, joka voi etiäisten avulla korvata paikallista fyysistäkin työtä. Työn tarjonnan ollessa runsasta, saattaa työstä kilpailu johtaa palkkatason romahtamiseen. Työn ja palveluiden siirtyminen virtuaalitodellisuuteen vaikeuttaa monissa tilanteissa oikeudenkäyttöä ja rikollisen toiminnan valvontaa.

2.10. Työn korvaus koneilla - kohti työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä

Nykytila: Valtaosa työn tuottavuudesta perustuu koneiden ja laitteiden apuun. Koneilla on korvattu fyysistä voimaa ja automatisoitu toistuvia tai vaarallisia työvaiheita. Teknisten laitteiden avulla on myös siirretty, muokattu ja arkistoitu viestejä sekä korvattu aisteja. Koneita on kehitetty kasvavassa määrin korvaamaan työtä myös tilanteissa, joiden on aiemmin ajateltu vaativan inhimillistä harkintaa. Koneellinen kielenkääntö ja robotti-imuri ovat esimerkkejä jo yleistyneistä käytännöistä.

Teknologiamurroksen visiona autonomiset robotit ja tekoälypalvelut ottavat hoitaakseen suuren joukon tehtäviä, joihin aiemmin on kyennyt vain ihminen. Ajoneuvojen kuljetus, yksilöllisten tavaroiden suunnittelu ja valmistus, terveydentilan valvonta, asiantuntijatyyppinen havaintojen tunnistaminen ja luokittelu kuuluvat esimerkkeihin.

Monien tehtävien kustannukset voivat tekoälyn ja robottien suorittamina laskea hyvinkin radikaalisti. Esimerkiksi kielenkääntöpalvelu kuuluu maksuttomana osana sosiaalisen median toimijoiden palveluihin. Suurten kielten välillä konekäännösten laatu on keskimääräistä karkeaa ammattikäännöstä vastaava. Fyysisten robottien suorittaman työn kustannukset saattavat nekin alittaa ihmistyön kustannukset merkittävästi. Työn kustannusten lasku näkyy kilpailtujen palveluiden hinnoissa ja toiminnan tavoissa. Esimerkiksi rikkakasvitorjunnassa voidaan palata kasvimyrkyistä kitkemiseen.

Visio johtaa maailmaan, missä robottien ja tekoälyn palvelut ovat kaikkialla hyvin edullisesti saatavilla ja niitä käytetään rutiininomaisesti. Tavarat valmistetaan yksilöllisiin mittoihin ja kuljetetaan kotiin. Robotit siivoavat, kuljettavat roskat ja valmistavat yksilöllisesti ruoan. Tekoäly kertoo tarinoita ja luo virtuaalisia maailmoja, toimii digitaalisena suojelusenkelinä, kotiopettajana ja perhelääkärinä. Ihmiset keskustelevat keskenään, mitä roboteilla kannattaisi teettää seuraavaksi ja kuinka ongelmat ratkaistaan. Vaikka robotit lukevan emootioita, puuttuu niiltä visiossa edelleen inhimillisten merkitysten taju ja se yleinen älykkyys, jota monet kutsuvat terveeksi järjeksi

Murroksen reunaehdot: Visio toteutuu väistämättä ainakin osittain. Vision toteutuminen riippuu toteutumisen laajuudesta ja erityisesti halvan palvelurobotiikan yleistymisestä ja niihin liittyvän ohjelmistojen ja laitteistojen välisen rajapinnan selkeästä erottumisesta ja vakiintumisesta. Toteutumisnopeus ja laajuus riippuvat tekoälyn ja ihmisten kykyjä matkivien robottien kehityksen lisäksi regulaatiokehityksestä ja robotiikan rajapintojen standardoitumisesta. Yksityisyyden suoja saattaa erityisesti Euroopassa hidastaa palvelurobotiikan yleistymistä. Standardoituminen tai de facto -rajapintojen vakiintuminen on edellytys kyvykkyyksien nopeasti alenevalle hintakehitykselle ja palvelurobottien massamarkkinoiden kasvulle. Visio ei edellytä vahvan tekoälyn syntyä, vaan ainoastaan tutkimuslaboratorioissa jo toimivien periaatteiden ja kyvykkyyksien yhdistymistä kaupallisiksi teollisiksi tuotteiksi. Tulevaisuuspankissa puheteknologia, keskustelevat ja emotionaaliset robotit, tekoäly asiantuntijatehtävissä, robottiekosysteemien rajapinnat, globaali tekoälytyö, robotisoidut palvelut, robottiauto.

Agenda 2030 -vaikutukset: Köyhyyttä vähentää se, että massiivinen teollinen automaatio korvautuu hajautetulla robotiikalla, joka voidaan valjastaa tuotannon käyttöön paikasta riippumatta. Tuotannon riippuvuus paikallisesta osaamisesta vähenee tekoälyn toimiessa neuvonantajana tai asiantuntemusta vaativien toimien suorittajana. Elintarviketuotannossa tekoäly ja robottien apu auttaa kasvattamaan satoja ja vähentämään kasvimyrkkyjen ja lannoitteiden käyttöä. Robotit auttavat tehokkaasti myös kierrätyksessä, ympäristön haittojen tunnistuksessa ja poistossa sekä ympäristötietoisuuden leviämisessä.

Logistiikan ja kaupan varastointi- ja henkilökustannukset vähenevät ja ymmärrys terveellisestä ravinnosta lisääntyy. Tekoälyn ja robotiikan avulla kielimuurit poistuvat ja edulliset oppimateriaalit sekä korkeatasoinen opetus voidaan välittää oppijoille tehokkaasti paikasta riippumatta. Vaikutus naisten tasa-arvoon on myönteinen robottien vähentäessä fyysisen voiman merkitystä ja digitaalisten järjestelmien suhtautuessa miehiin ja naisiin pääosin yhdenvertaisella tavalla. Robotit voivat myös ehkäistä väkivaltaa ja hyväksikäyttöä.

Talouskasvua visio edistää osaamisen kehityksen kautta ja kasvattaessaan tuottavuutta. Kasvu syntyy myös hintajouston kautta, kun hyvin monet uutta lisäarvoa synnyttävät toimintatavat ja palvelut muuttuvat kannattaviksi. Kasvu voi tapahtua tavalla, jonka esteenä ei ole resurssiniukkuuksia eikä osaamispullonkauloja. Kasvu yhdistää toimintoja globaaleiksi osaamisen verkostoiksi, joissa globaalien yritysten, Wikipedian tai tiedeyhteisön tavoin osaamista kerrytetään yhteistyönä ja se jakautuu laajalti.

Keskeiset jännitteet: Robotisaatio ja tekoälykehitys korvaavat suuressa määrin nykyisiä työtehtäviä. On epäselvää, kuinka nopeasti ja missä määrin avautuvat mahdollisuudet synnyttävät uusia työpaikkoja. Kehitys aiheuttanee syrjäytymistä ja henkisiä ongelmia. Robotisoidut palvelut saattavat helposti muodostaa suljettuja hierarkkisesti johdettuja arvoketjuja, joissa valtaosalle jää asiakkaan tai alisteisen franchising-kumppanin rooli. Paikallisten toimijoiden vaikutusvalta omalla alueellaan harjoitettavaan toimintaan voi jäädä vähäiseksi. Pahimmillaan robotisaatio mahdollistaa kansalaisten laajan alistamisen ja despoottisen hallinnon sekä automatisoidun terrorismin.

2.11. Työ ja ansainta – kohti omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä

Nykytila: Ansainnan valtavirta perustuu nykyään erikoistumiseen ja vaihdantaan. Pääosa työstä suoritetaan osana organisaatiohierarkioita. Työ palkitaan rahalla, jolla ostetaan muiden ihmisten organisaatioidensa puitteissa tuottamia tavaroita ja palveluita. Kehittymättömissä talouksissa itselle tehtyä työtä kutsutaan omavaraistaloudeksi, kun teollistuneissa maissa siitä puhutaan kotitaloustyönä tai itsepalveluna. Itsepalvelun, yhteisesti talkoilla tuotetun lisäarvon ja rahatalouden ulkopuolisen vaihdannan määrä on teollisuusmaissa viimeisten vuosikymmenten aikana kasvanut.

Teknologiamurroksen visio perustuu yhteiskehittämisen ja joukkoistuksen kasvavaan helppouteen, tekoälyyn ja robotisaatioon. Wikipedia ja Youtube sekä monenlaiset erikoisalojen älypuhelinsovellukset ovat osoittaneet, miten helposti yhteistä osaamista voi kerryttää ja jakaa. Tekoäly ja kaikkialla saatavilla oleva opetusaineisto vähentävät osaamiseroja. Joustava robotiikka toisaalta vähentää suuruuden ekonomian merkitystä. Tämä on omiaan vähentämään erikoistumisen ja vaihdannan tarvetta.

Erikoistumisen ja vaihdannan väheneminen merkitsee rahatalouden ja palkkatyön vähenemistä. Sen sijaan, että ostamme jotakin, teemme sen itse. Monet tuottavat tulevaisuudessa energiansa itse. Myös ravinnon, lääkkeiden, vaatteiden ja tavaroiden tuottaminen itse tai niiden tuottaminen yhteisöllisin jakamistalouden välinein muuttuu teknisesti yhä helpommaksi. Tekoälyn ja kehittyvän mittaustekniikan avulla kykenemme tuottamaan asiantuntijatason arvioita itsellemme, olipa kyse terveydestä, ravinnosta tai työsuoritusten laadusta. Ja, milloin tekoäly ei osaa neuvoa, joukkoistus voi auttaa.

Alustatalous tarjoaa mahdollisuuden ansaita mikroyrittäjänä rahaa. Työ saattaa olla satunnaista ja sirpaleista, palkintona mainetta ja rahaa onnistumisen mukaan. Rahaa ei kuitenkaan vision mukaisessa maailmassa enää tarvita aiempaa määrää, koska suuri osa arvosta tuotetaan itselle ja rahatalouden ulkopuolella.

Murroksen reunaehdot: Visio edellyttää tekoälyn ja robotiikan kehittymistä ja toteutuu vähitellen. Teknologian lisäksi itsepalvelun kehitys lähelle omavaraisuuden tasoa edellyttää regulaatioiden liudentumista siltä osin, kun ne nyt tukevat keinotekoisesti hierarkkisia toimintamalleja. Tämä tarkoittaa esimerkiksi aineettomia monopoleja, yhteisöllisen toiminnan byrokraattisia rakenteita ja henkilötason erikoistumista ylläpitäviä pätevyysvaatimuksia. Tulevaisuuspankissa henkilökohtaiset analysaattorit, tekoälyasiantuntijat, 3D-tulostus, biomateriaalien 3D-tulostus, talkootyön alustat.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visio vähentää hyvinvoinnin riippuvuutta rahataloudesta ja mahdollistaa tarpeiden paremman tyydytyksen niille, jotka eivät pääse osallisiksi erikoistumisen ja vaihdannan tuottavuushyödyistä. Visio vähentää henkilökohtaisia tuottavuuseroja ja riippuvuutta kontrolloiduista resursseista. Mahdollisuus tuottaa itselleen ja läheisilleen tarpeiden mukaisia asioita lisää elämän merkityksellisyyttä, vähentää syrjäytymistä ja siitä johtuvia henkisiä ongelmia. Visio hajauttaa tuotantoa, laajentaa sen joustavuutta ja kasvattaa siten resilienssiä. Tarpeiden tyydytyksen riippuessa suoraan omista taidoista, kasvaa oppimisen motivaatio ja palkitsevuus.

Moderni omavaraistalous edellyttää hajautetun uusiutuvan energian laajaa yleistymistä ja johtaa energiatehokkaisiin käytäntöihin. Talouskasvusta puhuminen on ongelmallista rahan merkityksen vähentyessä, mutta hyvinvoinnin kasvua visio voi edistää vähentämällä transaktiokustannuksia ja kasvattamalla välittömien tarpeeseen kohdistuvien lisäarvojen tyydyttämisen osuutta kaikesta tekemisestä. Aineettoman suunnitteluosaamisen joukkoistus ja hajautettujen robotisoitujen työvälineiden helppo saatavuus jakamistalouden kautta kasvattaa tuottavuutta erityisesti heikosti teollistuneilla alueilla. Tuottavuuserojen osittainen irtoaminen keskitetyistä teollisista hierarkioista ja aiemmista osaamisjärjestelmistä näyttää ilmeiseltä. Tämä helpottaa paikallisen osaamisen hankintaa ja käyttöä sekä muiden paikallisten resurssien käyttöä. Kansalaisvapauksien lisääntyminen näyttää myös vision myötä ilmeiseltä.

Keskeiset jännitteet: Rahatalouden mahdollinen väheneminen vähentää julkisen talouden mahdollisuutta tulonsiirtoihin. Vision toteutuminen voi siis heikentää omavaraistalouteen kykenemättömien ihmisten toimeentuloa nykyisissä hyvinvointivaltioissa. Kasvava paikallistalous myös lisää hyväksikäytön ja väkivallan mahdollisuuksia sekä heikentää naisten asemaa. Eristäytyvä, paikallinen toiminta kasvattaa kulttuurieroja. Fyysisen vaihdannan väheneminen hidastaa yhdenvertaisten lakien ja käytäntöjen globaalia harmonisointia huolimatta vision mukaisesta globaalista osaamisvaihdosta. Valtioiden roolin ja globalisaation heikkeneminen saattaa myös vaarantaa ilmastonmuutoksen vastaiset regulatiiviset ja rahoitukselliset toimet. Omavaraistalouden laajeneminen kasvattaa helposti viljelyalaa ja muuta maankäyttöä sekä aiheuttaa muita vaikeasti kontrolloitavia ulkoishaittoja.

2.12. Terveys – kohti ennakoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa

Nykytila: Lääketieteellisiin toimiin ryhdytään nykyisin ihmisen loukkaannuttua tai kokiessa itsensä sairaaksi. Tarpeen ilmettyä hakeudutaan terveydenhuollon palveluiden pariin. Ongelman syy selvitetään laboratoriotestein ja lääkärin diagnostisin keinoin.

Elämäntapaan ja lääkintään liittyvät hoito-ohjeet perustuvat väestötason malleihin, kuten käypähoitoihin ja ravitsemussuosituksiin. DNA-tutkimukset ja kansalaisten käytössä yleistyvät elintoimintoja jatkuvasti seuraavat laitteet ovat vähitellen siirtämässä huomiota yksilölliseen ennakointiin.

Teknologiamurroksen visio perustuu ihmisten digitaalisiin kaksosiin ja elintoimintojen jatkuvaan seurantaan. Digitaalinen kaksonen on ihmisen soluista elimistöön ulottuva tietokonemalli, joka perustuu yksilön perimään ja toteutetaan kulloinkin mahdollisella tarkkuudella. Malli kalibroidaan terveysrannekkeiden tai muiden henkilökohtaisten sensorien sekä laboratorioiden ja lääkärien tutkimustietojen avulla. Se auttaa ennakoimaan ongelmia, hälyttää poikkeamia havaitessaan ja ohjaa terveisiin elämäntapoihin pelillisin keinoin. Malli voi esimerkiksi näyttää kehon kunnon tulevaisuudessa, jos nykyisiä tai vaihtoehtoisia elämäntapoja jatketaan. Digitaalinen kaksonen voi myös ilmaista edeltä käsin, miten kudokset reagoivat ehdotettuun lääkitykseen.

Digitaalisen kaksosen, henkilökohtaisten mittalaitteiden ja tekoälyn avulla oireet ja muut potentiaaliset ongelmat tunnistetaan varhain eivätkä ne ehdi kehittyä vakaviksi ennen toimenpiteitä. Huoli terveydestä vähenee, kun jatkuvaan seurantaan voi luottaa. Elintapaohjeiden ja lääkinnän muuttuminen yksilölliseksi johtaa käypähoitoja ja väestöllisiä elintapasuosituksia parempiin hoitotuloksiin. Merkittävä osa lääkinnästä voidaan antaa tekoälyn ja digitaalisen kaksosen määrättäväksi apteekkien valvonnassa.

Lääketieteellisen tiedon jatkuva lisääntyminen, digitalisaatio ja yksityiskohtainen solubiologinen mallinnus johtavat kykyyn havaita erilaiset syövät tai tartuntataudit hyvin vähäisistä pitoisuuksista ja jopa jätevesistä. Tuloksista voidaan usein yksilöidä sairastuneet. Solubiologian kehitys näyttää myös johtavan keinoihin, joilla vanhenemista voidaan hidastaa ja tervettä elinikää pidentää jopa kymmenillä vuosilla.

Murroksen reunaehdot: Laboratoriotekniikka ja itsediagnostiset välineet kehittyvät nopeasti. Vision toteutuminen perustuu oletukseen siitä, että biosirut kehittyvät halvoiksi. Robotiikan ja fotoniikan menetelmät tekevät kuluttajalaitteet pienoislaboratorioiksi, joiden käyttö itsediagnostisiin testeihin ei vaadi erityistä laboratorio-osaamista. Visio toteutuu vähitellen eikä se edellytä molekyylitason digitaalisten kaksosten kokonaisvaltaista toimintaa. Teknisten reunaehtojen lisäksi on huomattava lääketieteen luonne voimakkaasti reguloituna toimintana. Vision toteutuminen edellyttää säädösten muuttamista itsediagnostiikkaa suosivaksi terveydenhuollon välineiden suurimmilla markkinoilla. Tulevaisuuspankissa DNA-lukijat, solun metabolia, solubiologinen malli, itsediagnostiikkalaitteet, biosirut, eliniän pidentäminen.

Agenda 2030 -vaikutukset: Terveysongelmat ovat merkittävä köyhyyden aiheuttaja, mutta myös osa köyhyyden seurauksia. Perinteiseen terveydenhuoltoon verrattuna visio tarjoaa hyvin edulliset keinot terveystiedon ja yksilöllisen diagnostiikan saatavuuden parantamiseen sekä kehittyneissä että kehittyvissä maissa. Yksilöllinen ja tarkka tieto pelillisessä ennakoivassa muodossa kasvattaa sekä terveystiedon että elintapoihin liittyvän tiedon vaikuttavuutta. Halvat mittalaitteet ja tekoälyn avulla tuotettu palvelu ovat helposti saatavilla niilläkin alueilla, joilla lääkärinhoitoon pääsy on vaikeaa.

Visio edistää talouskasvua parantamalla väestön terveyttä ja kasvattamalla terveystiedon lisäarvoa ennakoivaan ja yksilöllisesti terveitä elintapoja suosivaan suuntaan. Samalla helpotetaan merkittävästi lääketieteellisen tutkimusaineiston kertymistä. Eriarvoisuuden vähentämisessä itsediagnostiset välineet ja tekoäly ovat keskeisellä sijalla. Parhaita asiantuntijoita ei koskaan ole riittävästi jokaista ihmistä hoitamaan, mutta paras tekoäly on se, jolla on laajin kokemus. Parhaan tekoälyn ja itsediagnostiikkalaitteiden avustama terveydenhuolto voikin olla laajasti tarjolla. Visio auttaa saavuttamaan hyvän kansanterveyden tason ilman kalliita sairaaloita ja harvinaisia huippuosaajia.

Rauhanomaisia yhteiskuntia visio edistää tarjoamalla lupauksen pitkäikäisestä terveydestä. Samalla vision mukaiset käytännöt auttavat paljastamaan väärinkäytöksiä ja helpottavat kansalaisten pääsyä omaan terveyteensä vaikuttavaan tietoon.

Keskeiset jännitteet: Elintoimintojen jatkuva seuranta ja tietojen siirto tekoälyn vertailtavaksi saattaa vaarantaa yksityisyyden suojan. Erityisesti geenitieto ja elämäntapatiedot voivat väärissä käsissä altistaa riskeille. Elintapojen vision mukainen mittarointi saattaa johtaa elämän medikalisaatioon. Itsediagnostiikkavälineiden keräämien tietojen käyttö terveydenhuollon päätöksissä herättää kysymyksen vastuurajoista eikä sovellu tämän hetken käytäntöihin, joiden mukaan terveydenhuollon toimijat ovat vastuussa diagnoosiin käytetyistä tiedoista. Vastuita tulee jakaa enemmän laitteiden valmistajille ja käyttäjille, jotta terveydenhuolto voisi vision mukaan toimia. Terveen elinikäisen radikaali pidentyminen voisi jäykistää valtarakenteita ja kasvattaa eriarvoisuutta. Laajassa mitassa sillä olisi myös merkittävä elinympäristöä kuormittava vaikutus.

2.13. Toimintakyvyn avusteet – kohti vajavaisen ihmisen teknisiä avusteita

Nykytila: Suorituskyvyltään terveistä aikuisista poikkeavia ihmisiä avustetaan pääsääntöisesti muiden ihmisten toimesta. Lapsia ja vanhuksia sekä henkisesti vajavaisia hoidetaan laitoksissa tai avustetaan kotioloissa. Liikuntarajoitteisia avustetaan kulkemaan ja siirtämään tavaroitaan. Elintoimintoja saatetaan avustaa lääkinnällisesti ja esimerkiksi näkökyvyn tai kuulon puutteita yksinkertaisin laittein. Teknisten apuvälineiden ja proteesien kehitys on nopeutunut. Monet tutkimukselliset proteesit muistuttavat meitä jo tieteiselokuvien kyborgeista.

Teknologiamurroksen visiona fyysisesti tai henkisesti vajavaisten itsenäistä toimintakykyä tuetaan yhä teknisemmin välinein. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi toiminnallisia proteeseja, keinoelimiä, etäneuvonnan joukkoistusalustoja tai digitaalisia suojelusenkeleitä. Kehityksen tavoitteena on vähentää riippuvuutta laitoksista ja palauttaa ihmisten itsenäiset toiminnalliset vapaudet normaalin tasoisiksi. Joukkoistus auttaa tekoälyn kehittämisessä ja sen kyvyt ylittävien ongelmatilanteiden ratkomisessa.

Näkövammaisia auttava konenäkö kuvailee näkökentässä olevia esineitä, eleitä ja ilmeitä. Puheentunnistus kääntää puheen kuulovammaisille viittomiksi. Digitaalinen suojelusenkeli varoittaa kulkureittien tai tilanteiden vaaroista ja opastaa turvalliseen toimintaan tai hälyttää tarvittaessa apua. Joukkoistus neuvoo tilanteissa, joihin tekoäly ei kykene. Jalkaproteesit tai puettavat kävelyavusteet auttavat liikuntarajoitteiset pyö-

rätuoleista jaloilleen. Puettavat tukirangat ja käsien vahvistajat auttavat kantamaan tavaroita. Keinohaima, keinomunuainen, sydänlihaksen vahvistaja tai hermostolliset tahdistajat ovat yksittäisiä esimerkkejä sisäelinten toiminnan avustamisesta.

Toimintakyvyn avusteet voivat parantaa ihmisen kykyä myös normaalin tason yli. Parkinson-potilaan käsissä vapinaa poistava lusikka voi auttaa muitakin. Tavaroiden kuljettimet, lihasten vahvistajat, havaintokyvyn laajentajat ja sisäelinten toiminnan parantajat voivat kasvattaa ihmisten suorituskykyä laajasti luonnollista paremmaksi.

Murroksen reunaehdot: Teknisten avusteiden osalta kehitys on enemmän sidoksissa vajavaisia ihmisiä auttavien organisaatioiden päätöksiin kuin teknologian kehitykseen. Monet halvatkin keinot saattavat jäädä käyttämättä, jos normit eivät niitä edellytä. Muiden avusta riippuvaisilla ihmisillä ei omaehtoisten kykyjen puuttuessa useinkaan ole muuta mahdollisuutta kuin mukautua vanhoihin keinoihin, mikäli heitä hoitavien organisaatioiden rakenteet niihin ohjaavat. Vision toteutuminen ei pääosin edellytä perustavaa laatua olevaa teknologian kehitystä vaan heräämistä uusiin mahdollisuuksiin ja halua vajavaisten ihmisten itsenäisemmän elämän tukemiseen. Käytäntöjen uskotaan kehittyvän teknologisten avusteiden suuntaan. Tämä edesauttaa menetelmien yleistymistä, jatkuvaa parantumista ja halventumista. Tulevaisuuspankissa robottijalat, kyborgit, keinoelimet, ympäristön tunnistus, puheentunnistus, emootioiden tunnistus.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visio auttaa vähentämään köyhyyttä ja sen haittoja, koska se vähentää olennaisesti hoitolaitosten tarvetta ja kasvattaa tehokkaasti itsenäisen selviämisen mahdollisuuksia. Itsenäisen elämän ja työkyvyn säilyttämisen tai parantamisen merkitys köyhyyden poistajana lienee ilmeinen. Vaikkakaan visio ei varsinaisesti paranna sairauksia tai vammoja, auttaa se lieventämään tai poistamaan niiden aiheuttamia haittoja laajasti saavutettavissa olevin tavoin. Samalla vision mukainen toiminta vähentää selkeästi monia terveydellisiä riskejä. Onnettomuusriskien lisäksi syrjäytymisen ja henkisten ongelmien, väkivallan ja hyväksikäytön vaara vähenee itsenäisen toimintakyvyn palautuessa. Myös elinikäiset oppimismahdollisuudet kasvavat. Sukupuolten tasa-arvoa lisää sekä suurempi riippumattomuus fyysisestä voimasta että digitaalisen suojelusenkelin ja joukkoistuksen kautta saatavan avun mahdollisuus.

Visio edistää työllisyyttä lisäämällä työkykyä ja tukemalla itsenäistä liikkumista. Yhteiskunnan resurssien vapauttaminen laitosmaisesta huolenpidosta edesauttaa sekin talouskasvua. Eriarvoisuuden vähentäjänä visio tuottaa itsenäisen elämän ja hyvinvoinnin mahdollisuuden niille, joilta se kehollisen vajavuuden vuoksi puuttuu. Vision toteutuessa monien terveydenhuollon palveluiden kuormitus laskee ja resurssit voidaan ohjata muihin lisäarvoa tuottaviin palveluihin.

Keskeiset jännitteet: Apuvälineiden kehittämiseen ei ole syntynyt lääkekehityksen tyyppistä, toimintakykyisten potilaiden, vakuutusyhtiöiden, lääkärien ja lääketeollisuuden dynaamista rakennetta, joka vaatii jatkuvasti parhaiden hoitomenetelmien käyttöönottoa. Pysyviä vammoja pidetään rahoittajien näkökulmasta tapahtuneina tosiasioina, joiden kustannusten ei nähdä vähenevän apuvälineiden avulla. Eikä toimintakyvyn teknologinen palauttaminen käytännössä vähentäisikään esimerkiksi vakuutusyhtiön tai yhteiskunnan kustannuksia nykyisten säädösten mukaan. Toimintakyvyltään alentuneet ovat myös usein passivoituneet ja jättäytyneet laitoshoivan varaan. Apuvälineiksi tarjotaan perinteisiä keinoja, mutta varsinaista kehitysvastuuta kantavat

vain harvat aktiiviset toimijat, kuten esimerkiksi Suomessa Näkövammaisten keskusliitto. Yhteiskunnan toimiessa epäoptimaalisesti kehittyvät apuvälineet ja niihin liittyvät käytännöt hitaasti ja hyväosaisimpien ehdoilla.

2.14. Havainnot ja tietäminen – kohti itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa

Nykytila: Useimmat ihmiset hankkivat valtaosan käyttämistään tiedoista lukemalla ja kuuntelemalla selosteita, uutisia tai oppikirjoja. Vaikka tieto yhteiskunnan tasolla syntyy havaintojen ja kokeilujen kautta, enemmistö kaikesta tiedostamme perustuu muiden ihmisten tulkitsemaan ja kertomaan. Digitalisaatio on viime aikoina hieman vähentänyt välikäsien merkitystä ja kasvattanut vertaistiedon osuutta. Saamme verkon kautta suoran yhteyden yhä useampiin mittalaitteisiin ja tiedon alkuperäislähteisiin. Myös henkilökohtaiset mittalaitteet ovat monipuolistumassa.

Teknologiamurroksen visiossa tiedot hankitaan nykyistä suoremmin keinoin. Ihmiset käyttävät selvitystehtävissään kännykkäkameroita ja moninaisia muita älypuhelimiin liittyviä mittalaitteita. Tekoäly auttaa tunnistamaan hahmoja, materiaaleja ja tilanteita näiden havaintojen avulla. Monimutkaisetkin mittalaitteet, kuten DNA-lukijat ja materiaalitutkat muuttuvat tavallisiksi. Tuoteselosteesta ei tarvitse esimerkiksi lukea, mitä aineita ruoka tai tekstiili sisältää eikä aluehallintoviraston tiedoista lukea, miten puhdasta alueen vesi on. Sen voi selvittää mittaamalla kohteen optisesti tai biosirun avulla. Konenäkö tulkitsee kanssaihmisten ilmeet, sienten myrkyllisyyden tai lintujen ja kukkien nimet. Biotekninen analyysi saattaa kertoa jopa, miltä alueilta ravinto on peräisin tai, mitä kemiallisia yhdisteitä naapurimme hengityksessä esiintyy.

Havainnot kertyvät joukkoistettuina yhteisiin tietokantoihin, joissa tekoäly tekee niistä yhteenvetoja tai kausaalisia päätelmiä. Jokainen voi saada lähes suoria havaintoja haluamistaan paikoista, niiden aiemmasta tilasta ja ennusteita tulevista olosuhteista. Asiantuntijatietoon ja malleihin yhdistettynä tämä johtaa sovelluksiin, joilta voi kysyä tietoja ja neuvoja kuhunkin omakohtaiseen tarpeeseen. Uusi tieto onkin yksilöllisen kiinnostuksen mukaan paikallista ja yhdisteltyä. Tekoäly esimerkiksi yhdistää siihen automaattisesti uudet tutkimusjulkaisut. Vaikka suuri osa ihmisen nykyisin välittämästä tiedosta on tarkoituksetta tai tarkoituksellisesti harhaanjohtavaa, on yksittäisten lähteiden harhaanjohtava vaikutus paljastettavissa. Vision mukaisessa tulevaisuudessa tämä tehdään joukkoistuksen ja tekoälyn avulla käyttäen luottamusrakenteita. Tiedon alkulähteet tunnistetaan ja muista poikkeavia mittaustietoja jakavat jäävät huomiotta. Laajasti heikkotasoiset palvelut eivät yleisty, koska niistä ei ole käyttäjilleen hyötyä.

Murroksen reunaehdot: Visio toteutuu vähitellen. Se edellyttää mittalaitteiden kehitystä ja konenäön oppimateriaalien kertymistä laajan käytön yhteydessä. Visio edellyttää myös sitä, että joukkoistuksessa tietolähteiden alkuperä tunnistetaan luotettavasti ja epäluotettavaa tietoa karsitaan. On oletettavaa, että suuri osa mittatiedoista syntyy joukkoistettuna ihmisten omista päätelaitteista, mutta suoraa havaintotietoa kertyy myös robottiliikenteestä, satelliiteista ja ympäristöä valvovista droneista tai muista autonomisesti liikkuvista laitteista ja teollisista prosesseista. Tulevaisuuspankissa hahmontunnistus, tekoälyn asiantuntijasovellukset, materiaalitutka, DNA-luenta, tiedonkeruun joukkoistus, vertaisluottamus.

Agenda 2030 -vaikutukset: Suora ja joukkoistettu tiedonhankinta helpottavat tarpeenmukaisen ja tilanteisiin kohdistetun tiedon saantia. Tämä kasvattaa mahdollisuuksien tasa-arvoa, koska riippuvuus keskitetyistä ja rajoitetuista tiedonhankintakanavista vähenee. Terveystiedon, terveellisen elämäntavan, hyvien viljelykäytäntöjen ja lukuisten muiden tietojen joukkoistaminen sekä omakohtaisten suorien havaintojen vertaaminen parantavat ravitsemusta ja edistävät terveyttä. Oppimismahdollisuuksiin visio avaa täysin uuden ja innostavan näkymän, kun harjaantuminen arjen tehtävien yhteydessä omakohtaisen mittaustiedon, tekoälyn neuvojen ja vertailutiedon avulla muuttuu pääasialliseksi osaamisen kehittämisen tavaksi.

Mittaus ja joukkoistus auttavat vähentämään ja paljastamaan saasteita vesistössä ja maaperässä ja samalla välttämään näiden haittoja. Parantunut välitön tiedonsaanti tuotannosta ja tarpeista synnyttää merkittävää asiakaslisäarvoa, innovaatioita ja säästöjä tuotannon tekijöissä. Tutkimustiedon jalkautuminen laajaan käyttöön nopeutuu ja vähiten kehittyneiden maiden tiedonsaanti niitä itseään koskevissa asioissa helpottuu suoran havainnoinnin keinoin erityisen paljon. Vision voi nähdä selkeästi vähentävän eriarvoisuutta sekä alueiden sisällä että niiden välillä.

Suorat havainnot, tekoäly ja joukkoistus lisäävät liikkumisen turvallisuutta, vähentävät kaikenlaisen väkivallan ja rikollisuuden uhkaa, kasvattavat niin organisaatioiden kuin ekosysteemien, ilmastotoimien, kulutuksen ja turismin haittojen läpinäkyvyyttä, tehostavat oikeusjärjestelmän toimintaa ja lisäävät osallistumismahdollisuuksia. Välittömät, joukkoistetut havainnot, tekoälyn tulkitsemina ja tarkoituksellisesta vääristelystä puhdistettuina, tukevat kestävän kehityksen toimeenpanoa kaikilla tasoilla.

Keskeiset jännitteet: Vision haittoja on vaikea nähdä olettaen, että joukkoistettu tieto perustuu todellisiin havaintoihin ja tekoäly ei tulkitse sitä vääristyneesti. Esteitä vision toteutumiselle on kuitenkin paljon. Monet valtarakenteet pyrkivät valjastamaan tiedonjakelua omille pyrkimyksilleen suotuisaksi. Osa ihmisistä ryhmittyy ideologisesti siten, että totuus asioista ei edes kiinnosta, vaan ryhmäkohtaiset havainnot ja mielipiteet ovat ryhmän sisällä menestymiselle paljon tärkeämpi asia. Sosiaalisen median osoitettu kyky vahvistaa virheellistä tietoa saattaa johtaa merkittävään vastavoimaan vision mukaiselle kehitykselle. Toisaalta reaalitodellisuus on aina läsnä siten, että käytännön tasoisiin vääriin tietoihin ja havaintoihin luottaminen tuottaa huonon lopputuloksen. Tämän vuoksi suora havainnointi ja sen luotettava joukkoistus sisältävät käyttäjilleen positiivisen palkitsevuuden, ja tämä vaikeuttaa vision vastaista toimintaa ainakin niissä tilanteissa, joissa on kyse omakohtaisista toimista.

2.15. Osaaminen ja sen näyttö – kohti AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista

Nykytila: Valtavirtaisesti me opimme monet perustaitomme oppikirjoista, koulussa opettajien ja kotona vanhempiemme opettamana. Erikoistuneet taidot meille opetetaan oppilaitoksissa, kursseilla ja työpaikoilla. Oppiminen ja osaamisen tai osaamisvajeiden tunnistus on pääosin opettajajohtoista. Oppimateriaaleja, luentoja ja erilaisten taitojen esittelyjä tuotetaan kasvavassa määrin verkkoihin vapaasti käytettäväksi tilanteen ja tarpeen vaatiessa. Tutkinnot myönnetään oppilaitoskohtaisesti, mutta opetuksesta riippumattomat, osaamisen näyttöön perustuvat mikrotutkinnot ovat vähitellen

yleistymässä. Itseoppiminen tietoverkoissa globaalisti tarjolla olevien materiaalien avulla yleistyy myös, mutta siten hankitun osaamisen näyttö on vaikeaa.

Teknologiamurroksen visio perustuu tietokoneavusteiseen ja tarpeen mukaiseen, pelillistettyyn oppimiseen, jossa opettajalla on lähinnä kannustava ja tukeva rooli. Käänteisessä oppimisessa tutustuminen aiheeseen tapahtuu itsenäisesti, verkossa olevien, aihetta ja sen perusteita esittelevien luentojen tai demonstraatioiden johdattamana. Opittujen asioiden merkityksiä punnitaan keskustellen opettajan ja muiden oppilaiden kanssa. Varsinainen harjaantuminen opittuihin taitoihin tapahtuu simulaatioiden ja oppimispelien tarjoamien harjoitusten avulla. Osaaminen osoitetaan suorittamalla tekoälyn asettamia ja tarkastamia pitkiä, monivaiheisiakin tehtäviä sekä selviytymällä simuloiduista virtuaalimaailman tilanteista tai robottien järjestämistä fyysisistä tehtävistä. Oppiminen on elinikäistä ja jatkuvan muutoksen vaatimaa.

Perustaitojen hankkimisen jälkeen oppiminen tapahtuu suurelta osin työn tai harrasteiden ohessa aina tilanteen vaatiessa. Oppi ei siis varastoida vaan se hankitaan tilanteiden myötä. Perustaidot painottuvat jäsentäviin, hahmottaviin, merkityksiä ja ongelmia sekä viestintää harjaannuttaviin taitoihin. Merkittävä osa pelillisestä oppimisesta ja harjaantumisesta tapahtuu vertaisryhmissä yhteisten ongelmien ratkomisen kautta. Tekoälyn tuottaa tarvittavat oppimistilanteet sekä ohjaa ja valvoo oppimista.

Osaaminen tunnistetaan opetuksen järjestäjistä riippumatta osoittamalla osaaminen tekoälyn valvomassa tilanteessa. Osaamisen näyttö on kulttuurisia asioita lukuun ottamatta globaalisti hyväksyttävää. Nopeasti muuttuvissa aiheissa osaamisen näyttö vanhenee ja se on uudistettava määrävälein. Osaamisen näytön kannalta on merkityksetöntä, missä osaaminen on hankittu, onko se koostunut kursseista, luettu itsenäisesti kirjoista tai hankittu tietokonepeleistä. Epämuodollinen osaamisen näyttö yleistyy muodollisen rinnalle. Se muodostuu esimerkiksi lohkoketjujen varmistamista vertaisarvioista ja asiakaspalautteista sekä normitetuista, arvioiduista työsuoritteista.

Murroksen reunaehdot: Koronapandemia on vastikään osoittanut, ettei vision toteutumiselle ole merkittäviä teknisiä esteitä. Vision mukaisia oppimateriaaleja ja testejä on laajasti jo saatavilla ja kehitystyö on jatkuvaa. Tietoverkkojen palvelukyky on myös yleisesti lähestymässä vision edellyttämää tasoa. Merkittävin este kehitykselle on institutionaalinen ja säädöksiin tai totuttuihin arvoihin liittyvä. Yritykset ja julkishallinto edellyttävät yleisesti oppilaitoksissa suoritettuja, usein kansallisesti varmistettuja tutkintoja. Tutkintojen myöntämisoikeus sekä tutkintoon tähtäävän opiskelun rahoitus on yleisesti sidottu kurssimaiseen perinteisten rakenteiden ja tottumusten mukaan johdettuun opetukseen. Yksilötasolla visio edellyttää neuroplastisuutta, jatkuvaa pois-oppimista vanhasta ja sen korvaamista uusilla käsityksillä ja taidoilla. Tulevaisuuspankissa käänteinen oppiminen.

Agenda 2030 -vaikutukset: Parhaita opettajia ei riitä kaikkialle, mutta parhaan opetuksen ja oppimateriaalit voi jakaa kenelle tahansa, joka on tietoverkkojen ulottuvilla. Köyhyys on monella tavoin seurausta koulutuksen puutteista. Siksi visio kaikille helposti saavutettavista oppimismahdollisuuksista on tehokkaimpia köyhyyden poistamisen keinoja. Laaja osaaminen kasvattaa tuottavuutta, vähentää kustannuksia ja lisää mahdollisuuksien tasa-arvoa. Visio vapaasti käytettävistä oppimateriaaleista ja pelillisestä vertaisoppimisesta saattaa motivoituneen syrjäkylän oppilaan parhaimmillaan

samalle tasolle eliittikoulun oppilaiden kanssa. Oppiminen ei ole visiossa sidoksissa oppilaan taustaan tai sijaintiin. Vision mukainen oppimisympäristö myös kasvattaa oppimisen motiivia. Tilanteen ja tarpeen mukainen oppiminen elinikäisen oppimisen pääasiallisena keinona edesauttaa jatkuvaa kehittymistä työssä ja sisältää oman välittömän motivaationsa ja palkitsevuutensa parempien työtulosten kautta.

Tyttöjen ja naisten opiskelu helpottuu ja vaikutusmahdollisuudet kasvavat. Käytännön terveyteen, ravitsemukseen, oikeusturvaan sekä taloudelliseen, sosiaaliseen ja ekologiseen toimintaan liittyvät taidot tulevat helpommin saataville. Tilannekohtaiset oppimismahdollisuudet kasvattavat innovatiivisuutta ja helpottavat uusien lisäarvojen leviämistä erityisesti kehitysmaissa. Visio vähentää osaamiseroista johtuvien tuottavuuserojen riippuvuutta julkisen toimijan kyvyistä ja resursseista. Samaten visio vähentää riippuvuutta ns. periytyvistä eriarvoisuuden lähteistä, kun opillisten arvojen myöntäminen erotetaan vain eliitin saavutettavissa olevista oppilaitoksista.

Visio lisää paikallista osaamista ja sen merkitystä kehittyvissä maissa. Se edistää kansalaisvapauksia, pääsyä informaatioon sekä kykyä hankkia uutta teknologiaa, kehittää viestinnän rakenteita ja kestävän kehityksen yhteistyötä.

Keskeiset jännitteet: Merkittävin visiota uhkaava jännite liittyy nykyisiin rakenteisiin. Päätöksentekijät ovat osallisina perinteisissä pätevöitymisrakenteissa ja opetuksellisissa instituutioissa. Rakenteet ovat ensisijaisesti kansallisia, mutta maittain toistensa kaltaisia. Niiden olennainen muutos ei tapahdu ilman merkittäviä paineita teollistuneessa maailmassa, koska kehitysmaat yksin eivät muutoksen ajureita kykene tuottamaan. Globaalisti hyväksyttävien tutkintojen erottaminen opetuksen järjestämisestä toteutuu toistaiseksi laajasti vain yritysmaailmassa käytetyissä teknologia-aiheisissa mikrotutkinnoissa. Yliopistojen kansainväliset yhteistyöverkostot saattavat askeleittain johtaa opetuksen ja osaamisen näytön laajempaan erottamiseen toisistaan.

2.16. Elämykset – kohti robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä

Nykytila: Viihteen valtavirta perustuu elämysten tuottamiseen ja kuluttamiseen. Sekä kirjat, lehdet, sarjafilmit, elokuvat, musiikkitallenteet että konsertit erottavat tarkasti elämysten tuottajat niiden kuluttajista. Kilpaurheilu, lukuisat muut tapahtumat, museot ja näyttelyt noudattavat yleisimmin samaa, kuluttajat enemmän tai vähemmän passiivisen yleisön rooliin ohjaamaa mallia. Osallistuvuutta saattaa jossakin vähäisessä määrin olla, mutta osallisuus on syvempää ja aktiivisempaa harrasteissa, tansseissa, sosiaalisessa mediassa, verkkopeleissä ja useimmiten myös turismissa.

Teknologiamurroksen visio perustuu osallistavaan viihteeseen, jossa kokija on aktiivinen toimija, yhteisiä elämyksiä kanssaihmisilleen tuottava osapuoli. Visiossa tuleva viihteen valtavirta nähdään pääosin digitaalisena ja robotisoituna. Tässä huomioidaan luonnon rajalliset resurssit ja yksilöllisten kokemusten tuotantokustannukset. Nykyisestä ruutuajasta poiketen tuotetaan virtuaalitodellisuuden ja robottien avulla fyysisiä liikunnallisia kokemuksia esimerkiksi lentämisestä tai vuoristovaelluksesta. Jaettu virtuaalitodellisuus tekee mahdolliseksi yhteiset seikkailut muiden ihmisten, sekä vanhojen että uusien tuttavuuksien kanssa.

Tekoäly tuottaa kokemukselliset ympäristöt ja virikkeelliset tapahtumat niihin. Voimme nauttia musiikista osallistumalla elämykseen soittajana tai roudarina. Elokuvallisiin tarinoihin osallistumme roolihenkilönä ja vanhan kirjan lukemisen koemme tapahtumapaikoilla iltanuotiolla tai virtuaalisen retkeilyn lomassa kerrottuna tarinana. Pelillisyyden ja seikkailujen yhdistäminen voi ulottua harrasteiden opetteluun, esimerkiksi taiteen kokemiseen taidemaalarien aikalaisena oppilaana tai turismiin seikkailupelien tapaisin käänteinen. Luonnon kokeminen virtuaalisten safarien, sukellusten tai avaruusmatkan keinoin ei sulje pois seksirobotteja tai muita fyysisiä kokemuksia virtuaalimaailmaan tuottavia, kokijan emootioita lukevia ja niihin reagoivia apuvälineitä.

Robottien rooli gourmet-kokemusten tuottajana, pelikaverina, tanssiopettajana, kotiviulistina, seiniä koristelevana taidemaalarina tai seuraleikkien järjestäjänä ja hovimestarina auttaa järjestämään osallistavia elämyksiä fyysisesti läsnä olevalle joukolle. AR-lasit ja etiäisrobotit mahdollistavat virtuaalisen läsnäolon osana fyysistä todellisuutta. VR-lasien ja droonien avulla voi esimerkiksi kokea lentävänsä kilpaa Ressun ja Punaisen paronin kanssa. Sen jälkeen voi vaikka laskea tynnyrissä Niagaran putoukset.

Murroksen reunaehdot: VR- ja AR-lasien tulee kehittyä nykyisestä tarkemmiksi ja kevyemmiksi. Jaetun virtuaalitodellisuuden ja sen fyysiseen kokemiseen liittyvien välineiden tulee kehittyä. Viihteen ja muun elämystuotannon tulee jatkaa suuntautumista pelilliseen ja osallistavaan suuntaan. Elämyksellisiä palveluita tarjoavan robotiikan tulee kehittyä. Tulevaisuuspankissa VR-lasit, AR-lasit, 3D-ympäristön mallinnus, palvelurobotiikka, digitaalisten elämysten alustat.

Agenda 2030 -vaikutukset: Etenkin kehittyneissä maissa elämysten teknistyminen ja muuttuminen osallistaviksi kokemuksiksi laskee pääsääntöisesti viihteen kustannuksia. Elektroniikan kustannus on vähäinen tavalliseen fyysisen viihteen infrastruktuuriin verrattuna. Osallistuvuus virtuaalitodellisuuden keinoin alentaa myös kohtaamisten kynnystä. Verkkopeleissä voi havaita rikkaiden ja köyhien, terveiden ja kuolemansairaiden, vauraiden länsimaisten ja kehitysmaiden kansalaisten kohtaavan toisensa yhteisissä virtuaalimaailmoissa ja tutustuvan toisiinsa samojen elämysten äärellä.

Virtuaalikohtaamiset vähentävät tartuntatautien leviämistä ja liikenteeseen liittyviä onnettomuuksia. Oppimiseen osallistavilla elämyksillä on hyvin myönteinen vaikutus sekä harjaantumisen että oivaltamisen kautta. Osaaminen muuttuu taidoksi helpommin omien kokeilujen avulla verrattuna passiiviseen lukemiseen, kuunteluun tai katseluun. Oppiminen ja oivaltaminen itsessään on merkittävä elämys ja siksi suuri osa osallistuvasta elämystarjonnasta johtaa kiinnostavien asioiden oppimiseen. Vision mukaisesti tämä tapahtuu ajasta ja paikasta riippumatta.

Viihdeteollisuuden suunnatessa vision mukaiseen toimintaan, tarjoutuu virtuaalimaailmojen rakentajille, robottien kunnossapitäjille, virtuaaliroolien näyttelijöille ja valvojille paljon työtehtäviä, jotka hajautuvat eksoottisin ja kiinnostavin tavoin kulttuurisesti. Tämä edistää innovaatioiden leviämistä ja tuottaa uutta lisäarvoa laajoille markkinoille. Naisten tasa-arvoa lisää virtuaalimaailmojen elämyksellisyyden tavoite ja riippumattomuus fyysisestä voimasta. Maiden välinen eriarvoisuus vähenee toiminnan globaalin luonteen vuoksi. Eriarvoisuutta vähentää myös merkittävä riippumattomuus

fyysisestä infrastruktuurista ja pullonkaularesursseista. Koska lisäarvo perustuu laajaan monikulttuuriseen osallistuvuuteen, vähentää teknologia riippuvuutta aineettomista oikeuksista ja muista privilegioista samalla, kun se edistää globaalia viestintää.

Keskeiset jännitteet: Elämän ja elämysten siirtyminen virtuaalimaailmoihin saattaa vieraannuttaa ihmiset fyysisestä todellisuudesta ja lähiympäristön ihmisistä. Virtuaalitodellisuus voi myös vähentää fyysistä liikkumista ja toimia riippuvuutta aiheuttavien huumeiden tavoin. Fyysisen maailman merkitysten katoaminen voi vähentää osallistumista päätöksentekoon. Virtuaalimaailmat muodostavat helposti omia suljettuja kupliansa, joissa kulttien synty, rikollisen ajattelun levittäminen ja uhkaava toiminta voivat levitä helposti. Virtuaalimaailmat voivat myös muuttua käyttäjilleen tärkeiksi elämänpiireiksi ystävyyssuhteiden ja tietolähteiden vuoksi. Alustojen tarjoajat saattavat helposti riistää ihmisiltä nämä mahdollisuudet nykyisten oikeusjärjestelmien kykenemättä puuttumaan asiaan. Ihmisillä ei ole virtuaalimaailmoissa tai sosiaalisessa mediassa fyysisestä maailmasta tuttuja, lakien takaamia kansalaisoikeuksia.

2.17. Turvallisuus – kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta

Nykytila: Turvallisuus merkitsee yleisesti säännönmukaista ja vaaratonta toimintaympäristöä. Se nojaa valtiollisiin säädöksiin, keskitettyyn valvontaan ja muuhun viranomaistoimintaan. Luotamme keholliseen koskemattomuuteen, omaisuuden suojaan, ravinnon, kemikaalien, sähkölaitteiden ja liikenteen turvallisuuteen, yksityisyyteen ja saamiimme tietoihin sitä enemmän, mitä tehokkaammin ja virheettömämmin viranomaiset ja oikeusjärjestelmä toimivat. Tuotannon ja logistiikan hajautus, etävaikuttaminen ja yhteiskuntien monimutkaistuminen vaikeuttavat kuitenkin valtiollisesti ohjattua valvontaa. Esimerkiksi tietoturvasta huolehtiminen on suurelta osin jo annettu kansalaisten omalle vastuulle ja vertaisarvioihin luotetaan yhä useammissa asioissa.

Teknologiamurroksen visio perustuu arkisen valvonnan laajaan hajauttamiseen ja joukkoistamiseen kansalaistasolle. Tulevaisuuden arkisten älypuhelinten sensorit, kuten materiaalitutkat, keinonenät ja 3D-kamerat tunnistavat tuotteet ja tilanteet sekä arvioivat niiden turvallisuuden. Ymmärrys turvallisuudesta syntyy turvallisuusnormien sijaan yhä useammin omakohtaiseen ja joukkoistettuun kokemustietoon perustuen. Joukkoistetut vertaispalvelut toimivat yhteistyössä viranomaisten kanssa ilmoittaen näille turvallisuuspoikkeamista. Merkittävä osa henkilökohtaisessa käytössä olevista turvapalveluista on globaaleja, koska riskitkin ovat kasvavassa määrin globaaleja.

Turvaohjelmia voi ajatella digitaalisina suojelusenkeleinä. Ne tarkkailevat omia robottejamme hakkereiden suorittamien kaappausten varalta. Ne varoittavat vaarallisista tilanteista liikenteessä, uhkaavista ihmisistä, vaarallisista kemikaaleista, biologisista riskeistä tai tuoteväärennöksistä. Terveydelliset uhat, tautikohtaukset ja väkivalta saattavat tuottaa varoituksen ja avunpyynnön lähistön ihmisille tai pelastusviranomaisille. Autonomiset autot ja muut ympäristössä liikkuvat laitteet voivat valvoa toisiaan ja osallistua vaarojen tunnistukseen. Vaarat pyritään tunnistamaan myös virtuaalitodellisuudessa siten, että virusten ja tietomurtojen lisäksi tunnistetaan uhkaavat tai harhaanjohtavat ja koneiden tuottamat viestit sekä varastetut tai tekaistut identiteetit. Väärinkäytökset voidaan nauhoittaa oikeusturvan toteutumiseksi.

Murroksen reunaehdot: Visio toteutuu vähitellen. Joukkoistettu palveluiden arvostelu on jo merkittävä askel vision suuntaan. Konenäkö ja ympäristön tilanteiden tunnistus kehittyvät autonomisen liikenteen myötä, keinonenä ja materiaalitutka osana biotekniikkaa, lääketiedettä ja prosessiteollisuutta. Joukkoistus ja viranomaisyhteistyö edellyttävät tuotekehitystä, asenteiden ja säädösten muutosta. Monissa tilanteissa yksityisyyden suojaan liittyvä lainsäädäntö saattaa vaikeuttaa yksilöön kohdistuvien riskien tunnistamista ja turvallisuutta. Tulevaisuuspankissa materiaalitutka, konenäkö, biosensorit, ympäristön tilan tunnistus, robottiliikenne, lohkoketjut, GDPR.

Agenda 2030 -vaikutukset: Turvallisuuden hajauttaminen ja joukkoistaminen laskee olennaisesti valvonnan kustannuksia ja lisää kaiken sen toiminnan turvallisuutta, joka nykyisellään on valvonnan ulkopuolella. Vision mukainen toiminta kasvattaa myös joustavuutta kriisitilanteissa ja kasvattaa mahdollisuuksien tasa-arvoa. Palvelutuotannon luotettavuus on saavutettavissa ilman kankeaa viranomaishyväksyntää. Kuluttajan ja pk-yrittäjän omavalvonta sekä riskitiedon joukkoistus helpottavat erityisesti elintarvikehuollon hajautusta, verkkokauppaa, tavaratuotannon hajautusta ja henkilöpalveluita. Terveydellisten ongelmien välttäminen, sairauksien havaitseminen ja avun löytyminen helpottuvat. Fyysisen voiman merkitys vähenee, kun väkivallan ja alistamisen paljastaminen helpottuu. Tämä lisää naisten tasa-arvoa.

Riskitiedon laaja saatavuus parantaa luottamusta hyviin toimijoihin, tuotteisiin ja toimintatapoihin samalla, kun se karsii huonoja vaihtoehtoja markkinoilta. Hajautettu luottamus helpottaa uusien tuotteiden ja toimijoiden markkinoille pääsyä lisäten myös paikallisten toimijoiden mahdollisuuksia ohi yleisesti tunnettujen ketjujen. Tämä edesauttaa toimijoita erityisesti kehittyvissä maissa. Laaja ja osallistava toiminta riskitiedon ja jaetun luottamustiedon synnyttämiseen lisää vaikutusmahdollisuuksia, vähentää tuottavuuseroja ja parantaa kaikkien turvallisen liikkumisen mahdollisuuksia. Se myös paljastaa haitallista toimintaa ja vähentää ympäristölle koituvia haittoja, väkivaltaa, hyväksikäyttöä, rikollisuutta sekä vapauden rajoituksia. Laaja ja luotettava riskitiedon keruu ja joukkoistettu reagointi siihen helpottaa kaikenlaisten alueellisten ja kansainvälisten yhteistyörakenteiden syntyä ja vähentää korruptiota.

Keskeiset jännitteet: Laajat ja monipuoliset mittausvälineet kansalaisten käsissä helpottavat tiedon keruuta verkkoihin. Tiedot on yhdistettävä, jotta tekoäly voi kehittää niistä riskejä normaalista toiminnasta erottavia hermoverkkoja. Oppiminen ilman monipuolisia havaintoja on hahmontunnistuksen keinoin mahdotonta. Koottuna samoja tietoja voidaan kuitenkin käyttää moneen sellaiseen tarkoitukseen, jotka eivät aina vastaa kerääjiensä kuvitelmaa. Vision vaarana on siis tietojen päätyminen vääriin käyttötarkoituksiin. Tämän riskin pelossa tai halussa vahvistaa perinteisten kontrolloitujen rakenteiden roolia, valtiolliset toimijat voivat säädellä riskitiedon joukkoistamisen käytännössä niin rajatuksi, ettei siitä ole merkittävää hyötyä käyttäjilleen.

2.18. Yhteistyökyky – kohti talkoita ja kansainvälisiä luottamusalustoja

Nykytila: Yhteistyökyky viivästetyssä vaihdannassa perustuu nykyisin pääsääntöisesti kulttuurisiin normeihin, kansallisiin instituutioihin, oikeusjärjestelmään ja luottamuk-

seen sopimusten pitämisestä. Toistuvissa kohtaamisissa luotamme siihen, että ymmärrämme yhteistyökumppanin oman edun tai kumppanin luonteen. Olemme myös tottuneet luottamaan suurten organisaatioiden ja ketjujen vahvasti markkinoituihin brändeihin. Sosiaalinen media ja kansainvälisen vaihdannan lisääntyminen ovat kasvattaneet mainetalouden merkitystä, luottamuksen joukkoistamista ja alustayhteistyötä.

Teknologiamurroksen visio perustuu yhteistyön kasvavaan kansainvälistymiseen ja transaktioiden jatkuvaan monimutkaistumiseen tavalla, johon sopimusrakenteet ja hierarkkiset luottamusjärjestelmät ovat liian jäykkiä. Viranomaisista riippumattomat alustat välittävät vertaiskokemuksia kustakin yhteistyökumppanista, tuotteesta tai palvelusta. Luottamus näihin, pääosin kansainvälisiin alustoihin, perustuu läpinäkyviin mekanismeihin ja uskoon palautteen aitoudesta. Mikäli alustat osallistuvat transaktioihin, luotetaan myös niiden kykyyn suojata yksityisyyttä, sanktioida ja korvata huono toiminta. Alustojen yhteydessä voidaan puhua mainetaloudesta, jossa vertaisarviot tai asiakaspalautteet kerryttävät toimijoiden, tuotteiden tai palveluiden hyvää ja huonoa mainetta. Voidaan puhua sosiaalisesta valuutasta, joka kertyy karman tavoin.

Yhteistyökykyä voidaan kasvattaa alustojen lisäksi myös esimerkiksi yksilöllisten varmenteiden avulla. Visiossa transaktiot, tuotteet ja palvelusuoritteet voidaan tunnistaa yksilöllisesti ja niiden ominaisuudet yksilöidä digitaalisiin kaksosiin. Tämä toteutuu esimerkiksi lohkoketjujen avulla. Luotettavan tunnistamisen avulla sanktiointi helpottuu ja epäluulo toimijoiden väitteisiin vaikkapa tuotteiden alkuperästä vähenee.

Digitalisaatio vähentää transaktiokustannuksia. Läpinäkyvyyden kasvu helpottaa yhteistyötä ja lisää maineen merkitystä. Nämä edesauttavat yhteistyötä jakamistalouden keinoin ja osallistumista mm. aineettomaan talkootyöhön, josta Wikipedia ja Linux ovat tuttuja esimerkkejä. Yhteiseen etuun perustuva, rahatalouden ulkopuolinen yhteistyö tulee vision mukaan laajenemaan transaktioiden jatkuvasti automatisoituessa.

Murroksen reunaehdot: Visio toteutuu vähitellen. Laaja toteutuminen edellyttää digitaalisten yhteyksien luotettavaa autentikointia ja korkeatasoista tietoturvaa sekä yksikkökohtaisten transaktiokustannusten jatkuvaa laskua. Vision edellyttämä tuotteiden yksilöllinen tunnistus ja palvelutapahtumien luotettava kirjaaminen edellyttävät siihen tarkoitettujen menetelmien kehitystä ja yleistymistä. Tulevaisuuspankissa vertaisluottamus, talkootyön alustat, tavaroiden ja palveluiden tunnistus.

Agenda 2030 -vaikutukset: Visio alentaa kynnystä osallistua lisäarvoa ja taloudellista hyötyä tuottavaan toimintaan. Joustavuus kriisitilanteissa kasvaa ja monimutkainen byrokratia kansainvälisen kaupan luottamusrakenteissa vähenee. Jakamistalous kasvattaa sekä elintarvikkeiden että muun tuotannon määrää suhteessa sidottuun pääomaan. Talkoilla synnytetty, vapaasti jaettava aineeton omaisuus helpottaa osaamisen kehitystä. Vertaisluottamus auttaa parhaan osaamisen löytymisessä. Mahdollisuuksien tasa-arvon lisääntyminen sekä vertaispalaute lisäävät oppimisen motivaatiota. Lisääntynyt vertaistieto vähentää väkivallan riskiä, korruptiota ja muuta rikollisuutta sekä lisää oikeuden toteutumista kasvattamalla toimintojen läpinäkyvyyttä. Naisten vaikutusmahdollisuudet lisääntyvät.

Visio auttaa erityisesti kehittyvien maiden yrittäjiä, verkostoja ja asiakkaita kasvattamaan luottamuspääomaa. Vision mukaisista luottamusrakenteista on eniten hyötyä

maissa, joissa perinteiset luottamusrakenteet ovat heikoimpia ja toimijoille, jotka pyrkivät perinteisten toimijoiden valtaamille markkinoille. Hyödyt ovat ilmeisiä myös paikallisille toimijoille, jotka eivät ole ketjuuntuneet suurten brändien osiksi. Kansainvälisten luottamusverkostojen ulottuminen kehittyviin maihin lisää selkeästi molempien halua ja kykyä yhteistyöhön. Visio siis vähentää eriarvoisuutta sekä maiden sisällä että niiden välillä ja tukee kestävän kehityksen toimeenpanoa.

Keskeiset jännitteet: Vertaistiedon kerääminen on lakien rajoittamaa. Kansalliset viranomaiset haluavat säilyttää roolinsa, suorittaa tarkastuksensa ja vaatia julkisyhteisöjen alihankkijoilta perinteisten luottamusrakenteiden mukaista hyväksyntää. Monet vision hyödyt saattavat jäädä saavuttamatta päällekkäisissä rakenteissa. Vertaistietoa keräävät alustat voivat väärinkäyttää keräämiään tietoja, jos niiden toiminta ei ole valvottua tai läpinäkyvää.

2.19. Tarkoituksellisuus – kohti tekojen ja yhteisötyön suoraa palkitsevuutta

Nykytila: Elämän merkityksellisyys on mysteeri, mutta nykymaailmassa se koetaan hyvin usein sisäisen palkitsevuuden tai velvollisuuden kautta. Palkitsevalta saattaa tuntua oma sekä läheisen asema tai valta, vauraus, terveys ja maine. Velvollisuudet ovat voimakkaimpia omien ryhmäidentiteettien viitekehyksessä, joihin arvot, normit ja rituaalit kuuluvat. Kyse on usein työ- tai harrasteyhteisöstä, muista vertaisryhmistä ja läheisistä ihmisistä. Teollistuneessa tuottaja/kuluttaja -jakoon tottuneessa yhteiskunnassa tekemisen kohteilla, esimerkiksi asiakkailla, on usein ainoastaan välineellinen merkitys, kuten urheilussa kanssakilpailijoilla, jotka vain tulee voittaa. Verkostotalouden ja jakamistalouden laajentumisen myötä rajat ovat muuttumassa. Yhä useammin asiakkaatkaan eivät tunnu laumalta, vaan kumppaneilta ja olemisen merkitykset ovat palautumassa kilvoittelusta nykyistä yhteisöllisemmiksi.

Teknologiamurroksen visiossa digitalisaatio ja robotit ovat muuttaneet työtä kokonaisvaltaisemmaksi ja merkityskeskeisemmäksi. Jatkuva virtuaalinen yhteys läheisiin synnyttää uudentyyppistä ryhmäytymistä. Arvot ovat muuttuneet kollektiivisemmiksi. Yhteiset tekemiset ovat muuttuneet palkitsevaksi jonakin olemisen tai saavuttamisen sijaan. Ryhmäidentiteetti koetaan tämän yhteistyön palkitsevuuden kautta. Lisäarvon pelillistetty tuottaminen ja luottamuspisteiden keruu verkostotalouden yhteistyöosapuolien piirissä alkaa olla palkitsevampaa kuin kilpailu esimiesten suosiosta tai vallasta. Osuus suuressa tarinassa on edelleen merkityksellinen, mutta suuret tarinat muuttuvat uskonnollisesta pelastuksesta tai urheilullisista saavutuksista suorittaviksi teoiksi maailman suurten vitsausten voittamiseksi tai niistä selviämiseksi. Merkityksellistä ei ole asema organisaatiossa vaan muiden näkemät teot. Kasvava läpinäkyvyys liittääkin sekä koetun että näytetyn identiteetin yhä kiinteämmin todellisiin tekoihin.

Merkityksellisyyden kokemukseen on liittynyt peili ja ajatus kehosta temppelinä. Uusi peili on sosiaalinen media tai muu yhteisöllinen palautejärjestelmä peukutuksineen. Hedonistiset merkitykset lakkaavat digitalisoituessaan olemasta kilpailua materiasta ja materian tarjoamista eduista. Digitalisaatio johtaa hedonisminkin kohti yhteisöllisiä arvoja. Robotit tuottavat helposti kaiken kanssaihmisten arvostusta lukuun ottamatta,

ja sitä on vaikea saavuttaa olematta muille avuksi tai iloksi. Yksin omaan käyttöön tuotettu virtuaalilinna ei tuota suurta arvostusta eikä tuota tyydytystä.

Murroksen reunaehdot: Vision toteutuminen edellyttää tuotannon hajautumista. Yksilöllisen tavara- ja palvelutuotannon teknologian tulee kehittyä ja toimintatavan yleistyä. Yhteisöllisen jakamistalouden ja talkoohenkisen tekemisen tulee kasvaa ja alustatalouden sekä yhteiskunnan pelillisyyden lisääntyä yhteistyön ohjauskeinona. Tulevaisuuspankissa tekoäly esimiehenä, yhteistyön pelillistäminen, yhteisölliset alustat.

Agenda 2030 -vaikutukset: Työn merkityksen suuntautuminen asiakas- ja kumppanilisäarvon suuntaan yhteistyöksi, nykyisin tavallisen vastakkainasettelun asemasta, kasvattaa talouden resilienssiä ja mahdollisuuksien tasa-arvoa. Merkitysten sitoutuminen yhteisiin saavutuksiin vallan tai aseman sijaan vähentää syrjäytymisriskiä ja kasvattaa inklusiivisuutta. Yhteisölliset motiivit parantavat oppimateriaalien ja vertaistuen saatavuutta sekä oppimisen kiinnostavuutta. Yhteiskunnan pelillistäminen yhdessä yhteisöllisten motiivien kanssa vähentää ympäristöongelmia ja helpottaa mm. puhtaan veden tarkoituksenmukaista käyttöä.

Yhteisölliset ja yhteistyöhakuiset, pelillistetyt merkitykset, edistävät kestävää talouskasvua. Kasvu ilmenee sekä osaamisvajeiden kompensoinnin että uusien asiakaslisäarvojen ja innovaatioiden kautta. Osallisuus suuriin pelastustarinoihin kasvattaa halua ilmastonmuutoksen estämiseen ja suuntautumiseen kohti uusiutuvia resursseja. Tämä edistää paikallisia toimijoita ja hajautettua energiatuotantoa, globaalia viestintää ja talkoohenkisesti tuotettuja vapaita, aineettomia tuotannontekijöitä. Nämä vähentävät eriarvoisuutta sekä alueiden välillä että alueiden sisällä ja lisäävät osallistuvuutta.

Yhteisöllisten, pelillisesti yhteistyötä lisäävien merkitysten kasvu vähentää korruption ja rikollisuuden sekä kaikenlaisen väkivallan tilaa yhteisöissä.

Keskeiset jännitteet: Yhteisöt voivat kehittyä kulttuurisesti homogeenisiksi ja sulkea erilaisuuden ulkopuolelleen. Emil Durkheimin kuvaamana jännite syntyy orgaanisen ja mekaanisen solidaarisuuden väliin. Syntyvätkö arvot samankaltaisuudesta vai sallivatko ne erilaisuuden ja nähdäänkö yhteistyön arvo siinä, että jokainen saa siitä haluamansa vai siinä, että kaikki saavat jotakin päättäjien tärkeänä pitämää. Visio on tietoisesti kirjoitettu tarkoituksellisuuden syntymisenä kyvyssä tuottaa asiakkaille, kumppaneille ja kanssaihmisille näiden haluamaa lisäarvoa, koska teknologiakehitys ohjaa enemmän tähän suuntaan kuin tribalismin paluuseen. Identiteettien ja tarkoituksellisuuden suuntautuminen vision tavoin vaikeuttaa organisaatioiden johtamista. Johtamiskirjallisuudessa tästä puhutaan milleniaaleihin liittyvänä haasteena.

2.20. Valtarakenteet – kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa

Nykytila: Organisatorinen päätöksenteko on useimmiten hierarkkista. Organisaatio kerää päätöksentekoon tarvittavaa informaatiota toiminta-alueeltaan. Päätökset tehdään organisaation päättäjien ja päätöshierarkian määräämin tavoin. Julkisessa päätöksenteossa valta on jaettu kunnittain, valtioittain ja alueittain. Vaaleissa enemmistön kannatuksen saaneet poliitikot ja virkakunta tekevät sekä käytännön päätökset että

monet laajemmat sopimukset esimerkiksi kansainvälisellä tasolla. Monissa asioissa ne, joita kukin asia eniten koskee, eivät juurikaan kykene vaikuttamaan päätöksentekoon. Julkishallinnossa kasvaa nyt suuntaus sidosryhmien osallistamiseen. Yrityksissä asiakkaita osallistetaan tuotekehitykseen ja osuuskunnissa muuhunkin päätöksentekoon.

Teknologiamurroksen visio perustuu näkemykseen, jossa digitalisaatio synnyttää yhä suurempaa moninaisuutta, etävaikutuksia ja vähentää yhteistyön paikkasidonnaisuutta. Subsidiariteettiperiaate, jossa päätöksiin osallistuvat ne, joita päätökset koskevat, ei monimutkaistuvassa maailmassa toteudu enää maantieteellisesti jaetun edustuksellisen hallinnon välityksellä.

Vision mukaisesti päätöksentekoon osallistuvat aiheenmukaisesti aiempaa suoremmin ne, joita päätökset koskevat. Alueellista demokratiaa korvaa esimerkiksi aihealueellinen demokratia. Yrityksissä asiakas osallistuu yksilöllisten tuotteiden suunnitteluun tai laajemmassa tuotekehityksessä kohderyhmän edustajat. Toimialakohtaisesti syntyy enenevästi osuuskuntatyyppisiä rakenteita, joissa sidosryhmät osallistuvat erikoisalakohtaisesti päätöksiin. Visioidussa hallinnossa viranomaistoiminnot kilpailevat keskenään ja kansalaiset valitsevat niistä mieleisensä fyysisestä sijainnistaan riippumatta.

Sidosryhmät aktivoidaan päätöksentekoon joukkoistuksen avulla. Vaihtoehdot saadaan havainnollisiksi pelillisillä elementeillä ja toiminnallista dynamiikkaa simuloimalla. Alustatalouden keinot tehostavat toimialakohtaisia osallistavan hallinnon tehtäviä ja laajentavat demokratiaa yksilöille tärkeisiin asioihin. Aiheenmukaisille, organisoitumattomille sidosryhmille joukkoistetaan valmisteluvastuuta päätöksistä.

Murroksen reunaehdot: Osa yhteiskunnan toimista on perinteisesti hoidettu vision mukaisin keinoin. Näistä mainittakoon hautatoimi ja vakuutustoiminta. Teknistä estettä vision toteuttamiselle ei ole. Yhteiskunnan monimutkaistuminen on jo johtanut siihen, että esimerkiksi kunnanvaltuustojen on vaikea tai mahdoton ymmärtää kuntatoimialan erilaisten päätösten vaikutuksia. Päätösvaltaa on siksi jouduttu ohjaamaan valtiollisille toimijoille ja erityisalojen viranomaisille. Sidosryhmien osallistaminen on yksi ratkaisukeinoista. Pelillisyyden laajeneminen, joukkoistuksen synnyttämä joukkovoima, kansainvälisyyden lisääntyminen, alustaosuuskuntien synty ja yhteiskehittämisen teknologiat, tuotannon hajauttaminen sekä tekoäly edistävät kaikki vision mukaisen kehityksen mahdollisuutta. Tulevaisuuspankissa yhteiskunnan pelillistys.

Agenda 2030 -vaikutukset: Osallistava aihealuekohtainen päätösten valmistelu vähentää sidonnaisuutta keskitetysti kontrolloiduista resursseista ja lisää mahdollisuuksien tasa-arvoa. Laaja osallistuminen elintarviketuotannon ja terveydenhuollon palveluiden kehittämiseen kasvattaa tietoisuutta valinnoista ja mahdollisuuksista. Osallistaminen vähentää myös syrjäytymisen riskiä, kasvattaa motivaatiota oppimiseen ja naisiin kohdistuvana tai sukupuolineutraalina lisää naisten vaikutusmahdollisuuksia.

Sidosryhmien osallistaminen vähentää kaikenlaisia elinympäristöön kohdistuvia haittoja. Saattamalla erilaisia intressiryhmiä päätöksenteon piiriin, saadaan tuote- ja palvelukehitykseen innovatiivisia näkemyksiä. Samalla voidaan ottaa huomioon paikallisia tai erityisryhmien tarpeita. Osaamisen leviämisen kautta tämä avaa mahdollisuuksia myös paikalliselle alihankinnalle ja palvelukehitykselle. Laaja kansainvälinen osallista-

minen alustatalouden mekanismein parantaa erityisesti kehittyvien maiden tietoliikenneinfrastruktuuria ja logistiikkaa laskien samalla tarpeiden tyydyttämisen ja tuotannon käynnistämisen kustannuksia.

Vision mukainen kehitys edistää lakien ja käytäntöjen globaalia harmonisoitumista, erilaisten ulkoishaittojen tekemistä näkyväksi ja suojelutoimien käynnistämistä. Korruption ja muun rikollisuuden väheneminen on läpinäkyvyyden ja sidosryhmien vaikutusvallan kasvun seurausta. Laaja osallistaminen sekä kansallisesti että kansainvälisillä alustoilla helpottaa kansainvälistä ja kotimaista yhteistyötä.

Keskeiset jännitteet: Valtarakenteista puhuttaessa jännitteet ovat luonnollisia ja suuria. Monien päättäjien identiteetti, osaaminen tai vauraus perustuvat johonkin valtarakenteeseen. Useat julkisen vallan rakenteet ovat perustuslain tasolla. Toisaalta globaali alustatalous, Wikipedia sen yhtenä esimerkkinä, osoittaa uusissa asioissa, miten suuri voima osallistamisella voi olla. Toiminnan sisällöt muotoutuvat lähes täysin sidosryhmien ja käyttäjien päätöksin, alustan ainoastaan mahdollistaessa sen. Kehitys etenee väistämättä vision suuntaan, mutta alueellisesti ja aihealuekohtaisesti hierarkkiset valtarakenteet voivat jatkaa keskusjohtoista toimintaa, kuten globaali maailma päivittäin osoittaa. On myös ilmeistä, että yhteiset asiat voivat monimutkaisuudeltaan olla sellaisia, että niiden olemusta ja vaikutuksia on vaikea ymmärtää. Silti niistä voi helposti puhua vetoavasti. Osallistaminen saattaakin johtaa myös suuriin virheisiin.

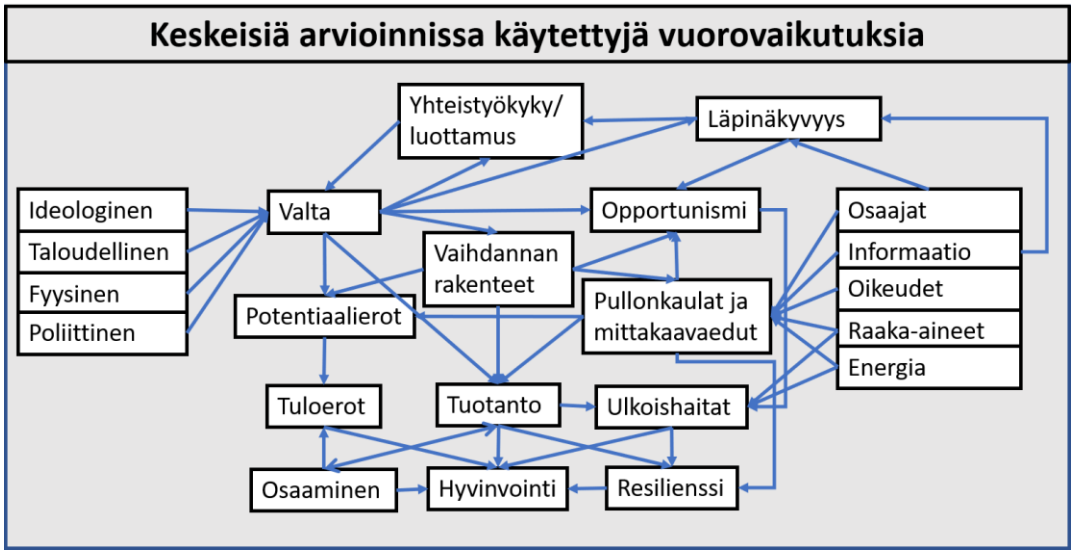
3. Agenda 2030 tavoitteiden kiteytykset ja tavoitekohtainen teknologiakehityksen analyysi

Tässä raportissa edellä kuvatut teknologiamurrosvisiot on arvioitu suhteessa YK:n kestävän kehityksen tavoitteisiin. Agenda 2030 on toinen nimi näille YK:n 2015 päättämille kestävän kehityksen globaaleille tavoitteille, jotka 193 valtiota tuolloin hyväksyi. Tavoitteiden toteutumista seurataan YK-tasolla 169 mittarin avulla, jonka lisäksi valtioilla ja alueilla on omia tavoitteitaan. Tavoitteet ovat kiteytetysti seuraavat (United Nations Statistical Comission 2017):

1) Poistaa köyhyys sen kaikissa muodoissa kaikkialta
2) Poistaa nälkä, saavuttaa ruokaturva, parantaa ravitsemusta ja edistää kestävää maataloutta
3) Taata terveellinen elämä ja hyvinvointi kaiken ikäisille
4) Taata kaikille avoin, tasa-arvoinen ja laadukas koulutus sekä elinikäiset oppimismahdollisuudet
5) Saavuttaa sukupuolten välinen tasa-arvo sekä vahvistaa naisten ja tyttöjen oikeuksia ja mahdollisuuksia
6) Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille
7) Varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille
8) Edistää kaikkia koskevaa kestävää talouskasvua, täyttä ja tuottavaa työllisyyttä sekä säällisiä työpaikkoja
9) Rakentaa kestävää infrastruktuuria sekä edistää kestävää teollisuutta ja innovaatioita
10) Vähentää eriarvoisuutta maiden sisällä ja niiden välillä
11) Taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat
12) Varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys
13) Toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan
14) Säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä
15) Suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen
16) Edistää rauhanomaisia yhteiskuntia ja taata kaikille pääsy oikeuspalveluiden pariin; rakentaa tehokkaita ja vastuullisia instituutioita kaikilla tasoilla
17) Tukea vahvemmin kestävän kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta

Tämän raportin tarkoituksiin eivät mainitut 169 mittaria sellaisenaan sovellu, koska tulevaisuutta ei voi suoraan mitata eikä keinojen vaikutuksia ennakoida oletuksia tekemättä. Tämän vuoksi kustakin tavoitteesta on muodostettu laadullinen ja ennakointiin sopiva teknologiamittari, joka perustellusti edistää tavoitetta. Nämä on johdettu jo asetetuista 169 mittarista. Kukin tähän valittu teknologiamittari sisältää kiteytetyn oletuksen siitä, miten teknologia voi vaikuttaa kestävän kehityksen tavoitteen toteutumiseen sekä sarjan tätä vaikutusta täsmentäviä kysymyksiä. Teknologiamittareista on jätetty pois sellainen tulonjakoon tai sosiaaliseen toimintaan liittyvä päätöksenteko seurauksineen, johon teknologiavalinnoilla ei näytä olevan ilmeistä ja merkittävää vaikutusta. Valinta on kirjoittajan näkemys ja pyrittäessä tätä tarkempaan tai teknologiavaikutuksia laajempaan analyysiin kannattaa nojautua alkuperäisiin YK:n kuvauksiin.

Teknologiamurrosvisioiden arvioissa on käytetty tässä kuvattuja mittareita vaikutusten arvioinnin perusteena, kuten myös yhteenvedossa, arvioitaessa kunkin visioidun teknologiamurroksen vaikutuksia kestävään kehitykseen kokonaisuutena. Teknologioiden vaikutus on arvioitu elinkaarinäkökulmasta ellei toisin ole sanottu.



Kaavio 1: joitakin keskeisiä kausaalisuhteita, joilla visioidut sosiotekniset systeemit kytkeytyvät Agenda2030 tavoitteisiin ja tämän raportin teknologiamittareihin

Analysoitaessa, miten teknologiamurrokset vaikuttavat kestävään kehitykseen on ensin muodostettava käsitys nykyisestä toimintatavasta ja visioidusta uudesta mallista. Muutoksen ymmärtämiseksi tulee kiinnittää huomio niihin sosioteknisiin rakenteisiin, jotka erityisesti vaikuttavat kestävän kehityksen tavoitteisiin. Tulee siis kysyä, minkä tyyppiset asiat yleisesti vaikuttavat vaikkapa tuotantomääriin, hyvinvointiin, osaamiseen, eriarvoisuuteen, ulkoishaittoihin ja yhteistyökykyyn. On myös tärkeä ymmärtää vuorovaikutusten monimutkaisuus. Energiatehokkuuden kasvu esimerkiksi ei välttämättä vähennä energian käyttöä eikä tuotannon lisääminen köyhyyttä. On vielä huomattava, että yhden mittarin kannalta myönteinen muutos saattaa toisen mittarin näkökulmasta olla haitallinen asia ja juuri sen paljastamiseksi laaja mittaristo on tehty.

Tuotantoon vaikuttavat yhtäältä tuotannon tekijät ja toisaalta saavutettavissa olevat mittakaavaedut, jotka kaikki realisoituvat tuotetuksi lisäarvoksi vaihdannan rakenteiden välityksellä. Yllä olevaan kaavioon on merkitty tuotannontekijöiksi esimerkinomaisesti osaajat, informaatio, oikeudet, raaka-aineet ja energia. Tässä tarkastelussa ne ovat huomion arvoisia ainoastaan, mikäli niiden saatavuutta rajoittaa jokin pullonkaula tai mittakaavaetu. Hengitysilma on esimerkki välttämättömästä, mutta yleensä sivuutetusta tuotannontekijästä, koska sen käyttöä mikään ei yleensä rajoita.

Ulkoishaitat syntyvät opportunismista, jota valtarakenne ja läpinäkyvyys kontrolloivat. Opportunismi nähdään tässä laajana käsitteenä, joka kattaa varsinaisten väärinkäytöksien lisäksi sellaiset laillisetkin toimet, jotka ovat omiaan aiheuttamaan ulkoishaittoja.

Yleensä tällainen toiminta aiheuttaa paheksuntaa tullessaan näkyväksi ja laaja paheksunta johtaa normien muutoksiin. Opportunistiseksi ajatellaan tässä myös tiedostamaton, yhteisön enemmistön hyväksymä, mutta monille haitallinen toiminta.

Ulkoishaitoilla tarkoitetaan mitä tahansa sopijaosapuolten tai tekemisen ulkopuolisille aiheutuvaa haittaa. Tyypillisesti nämä aiheutuvat saasteina, meluna tai yhteislaitumen loppumisena, mutta myös elinympäristön muuttumisesta vaarallisemmaksi vaikkapa liikenneonnettomuuksina, alttiutena rikollisuudelle, syrjäytymiselle jne. Ydinvoimaloiden (hyötyreaktoreiden) ulkoishaittana voidaan siis esimerkiksi pitää ydinsodan riskin kasvua tai sosiaalisen median ulkoishaittana hybridivaikuttamista. Haittoja voidaan vähentää hinnoittelemalla ne, kieltämällä ne tai verottamalla niitä. Tässä huomioidaan vain teknologialähtöiset ajurit. Läpinäkyvyyden lisääntymiseen teknologia mm. vaikuttaa. Se paljastaa ulkoishaittoja johtaen niiden sääntelyyn. Sama koskee opportunismia.

Hyvinvointia ei ole ilman tuotantoa, eikä tuotantoa ilman teknologiaa. Teknologia vaikuttaa myös hyvinvoinnin jakautumiseen ja ulkoishaittoihin. Eriarvoisuuteen vaikuttaa tuotannon suuntaaminen ja tuotannon tekijöiden epätasaisesta jakautumisesta kumpuava ero ostovoimassa. Kehittyvissä maissa esimerkiksi ruoan hinta on noussut ja eriarvoisuus lisääntynyt tehomaatalouden vallatessa alaa ja keskittyessä vientituotteisiin. Tuloerot syntyvät geneettisten erojen sijaan pääosin rakenteellisista syistä. Potentiaalieroja aiheuttavien rakenteiden suotuisalla puolella tuotannossa tarvittavat resurssit tai mittakaavaedut ovat helpommin saatavilla. Öljylähteet ovat tyypillinen pullonkaularesurssi ja Googlen hakukone moderni esimerkki mittakaavaetujen hyödyistä. Vaihdannan rakenteet muuttavat nämä harvojen hallussa olevat arvokkaat resurssit runsain määrin potentiaalieron laitapuolen vähemmän niukkoihin, halpoihin resursseihin.

Sopeutumiskyky eli resilienssi on sidoksissa tuotannon joustavuuteen, pullonkauloihin ja ulkoishaittoihin. Jokainen näistä voi estää tehokkaan sopeutumisen muutokseen, jos haittoja tai pullonkauloja ei voi kiertää eikä joustavuutta muutokseen ole. Vaihtoehdot tyypillisesti lisäävät resilienssiä. Siksi esimerkiksi viestintäkanavien lisääntyminen, vaikka vikaantumismahdollisuuksia olisi enemmän, kasvattaa kuitenkin häiriöiden sietoa. Joku vaihtoehtoinen kanava yleensä aina toimii.

Valta tarkoittaa kykyä ohjata tuloeroja synnyttävää rakennetta. Michael Mannin (1986) teoksen, The Sources of Social Power, mukaan valta jakautuu sotilaalliseen, poliittiseen, ideologiseen ja taloudelliseen, joiden ilmentymiä maailmassa esiintyy runsaasti. Vallan mekanismit ovat moninaisia ja sosiotekniset rakenteet ovat merkittävässä roolissa. Valta ei kuitenkaan synny sosioteknisistä rakenteista suoraan vaan niiden ympärille muodostuvasta yhteistyöstä. Tämän voi havaita esimerkiksi vallankumousten yhteydessä. Valta kontrolloi vaihdannan rakenteita, tuotannon pullonkauloja ja mittakaavaetuja sekä potentiaalieroja. Yhteistyökyky, läpinäkyvyys ja opportunismi vaikuttavat kaikki valtaan ja valta niihin.

Vuorovaikutukset ovat monimutkaisia. Seuraavat kestävän kehityksen tavoitteiden teknologiakehityksen näkökulmasta relevantit kiteytykset ja teknologiamittareiksi valitut kysymykset on kirjoitettu yllä olevista yleisistä lähtökohdista tarkemman harkinnan perusteella. Niitä laadittaessa on huomioitu kaikki YK:n kirjaamat 169 mittaria, jotka ovat pääosin tulosmittareita. Niissä ei joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta ole

puhuttu konkreettisista keinoista. Tulevia teknologisia murroksia arvioitaessa kyse on kuitenkin nimenomaisesti keinojen vaikutusten arvioinnista. Tulokset on ennakoitava ja siihen tarvitaan kausaalisia oletuksia, jotka tässä työssä teknologiamittareita laadittaessa on puettu laadullisten kysymysten muotoon. Arviot voivat saada joko positiivisen tai negatiivisen etumerkin riippuen siitä, onko vaikutus kestävyyttä lisäävä tai vähentävä. Arvoa ei ole annettu, jos vaikutus on epäselvä tai hyödyt haittojen suuruisia.

Tavoitteiden otsikkoihin kirjatuista UN SDG -linkeistä avautuvat YK:n omat luonnehdinnat kuhunkin tavoitteeseen ja alkuperäiset tavoitteelliset Agenda 2030 -mittarit, joihin näitä teknologiaennakoinnin laadullisia mittareita voidaan verrata.

3.1. Tavoite (UN SDG 1); poistaa köyhyys sen kaikissa muodoissa kaikkialta:

Arvion keskeinen oletus on, että teknologiamurrokset vaikuttavat tulonjakoon ennen kaikkea sen kautta, miten tuotannontekijöiden saavutettavuus jakautuu. Tuloeroja tasaa se, mitä tasapainoisemmin määräysvalta eri tuotannontekijöihin jakautuu ja mitä vähäisempiä henkilökohtaiset tuottavuuserot sen kautta ovat.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Vähentääkö teknologiamurros riippuvuutta niukoista tai keskitetysti kontrolloiduista resursseista? Parantaako se lisäarvon tuoton suhdetta sidottuun pääomaan? Vähentääkö se lisäarvon tuoton muuttuvia kustannuksia? Kasvattaako teknologiamurros talouden resilienssiä kriisitilanteissa? Kasvattaako teknologiamurros taloudellista inklusiivisuutta ja mahdollisuuksien tasa-arvoa?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Kaikki esitettyjen visioiden suuntaiset muutokset vähentävät arvion mukaan köyhyyttä. Suurimmat vaikutukset arvioidaan valittujen mittareiden perusteella olevan joustavan ja yksilöllisen lähituotannon etenemisellä, halvalla aurinkoenergialla yhdistettynä hajautettuihin energiavarastoihin, omavaraisuuden, jakamistalouden ja mikroyrittäjyyden edellytysten paranemisella, itse mitatun sekä joukkoistetun AI-tiedon ja AI:n varmentaman itsenäisen oppimisen etenemisellä. Nämä kaikki edistävät selkeimmin heikosti kehittyneiden alueiden, puutteellisten koulutusmahdollisuuksien ja teollisten investointien katvealueille jääneiden ihmisten mahdollisuuksia elintasonsa parantamiseen.

3.2. Tavoite (UN SDG 2); poistaa nälkä, saavuttaa ruokaturva, parantaa ravitsemusta ja edistää kestävää maataloutta:

Uudet teknologiat voivat auttaa kasvattamaan ruokatuotannon määrää kokonaisuudessaan tai kasvattamaan sitä alueilla, joilla ruokaturva on uhattuna. Teknologiakehitys voi myös vähentää ruokatuotannon hävikkiä, sen resurssisidonnaisuutta ja maatalouden haittoja. Lisäksi se voi kasvattaa ruokaturvaa ja elintarvikkeiden ravitsevuutta.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Kasvattaako teknologiamurros elintarviketuotantoa? Vähentääkö se ruokatuotannon pääomavaltaisuutta tai riippuvuutta niukoista resursseista? Vähentääkö se ravitsevan elintarviketuotannon, -varastoinnin ja -

kaupan kustannuksia? Vähentääkö teknologiamurros elintarviketuotannon ympäristöhaittoja? Kasvattaako se ruokatuotannon resilienssiä kriisitilanteissa? Kasvattaako teknologiamurros tietoisuutta yksilöllisestä ravintotarpeesta ja mahdollisuutta tarpeen huomiointiin?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Useat murrosvisiot auttavat tavoitteessa nälän poistamiseksi, ravitsemuksen parantamiseksi ja maatalouden haittojen vähentämiseksi. Suurin merkitys on murroksella kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokatuotantoa sekä työn robotisoinnilla ja palvelevalla tekoälyllä. Merkityksellisiä ovat myös suuntaus kohti ennakoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa sekä itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa. Erityisen lupaavaa on suljetussa kierrossa uusiutuvalla energialla toteutetun sisäviljelyn ja bioteknisen lihan kehitys varteenotettavaksi ja laajaksi ravinnon lähteeksi.

3.3. Tavoite (UN SDG 3); taata terveellinen elämä ja hyvinvointi kaiken ikäisille:

Teknologian avulla voidaan edistää terveystiedon saatavuutta ja terveellisiä elämäntapoja. Teknologiakehitys voi myös helpottaa terveysongelmien havaitsemista sekä edistää palveluiden saatavuutta aiempaa vähemmin resurssein tai resurssirajoittein. Teknologiakehitys voi myös muuttaa työtehtävien ja opiskelun luonnetta henkistä hyvinvointia tukevaksi sekä vähentää elinympäristön terveydelle aiheuttamia haittoja.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Helpottaako teknologiamurros yleisen terveystiedon saatavuutta tai edistääkö se terveystiedon vaikuttavuutta? Auttaako se laajentamaan diagnostista kyvykkyyttä tai lääkkeiden saatavuutta väestöryhmille, jotka nyt jäävät terveydenhuollon palveluiden ulkopuolelle? Tehostaako teknologiamurros vakavien sairauksien hoitomenetelmiä laajasti saavutettavalla tavalla? Vähentääkö se syrjäytymisestä tai muista syistä aiheutuvia henkisiä ongelmia? Vähentääkö se onnettomuusriskejä tai tartuntatautien riskejä? Vähentääkö teknologiamurros ihmiselle vaarallisia ympäristöhaittoja? Edistääkö se terveitä elintapoja mm. ravinnon ja liikkumisen osalta?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Kaikki murrosvisiot edistävät ainakin vähäisessä määrin terveellistä elämää ja hyvinvointia lukuun ottamatta työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä, joiden syrjäyttävä vaikutus etenkin siirtymävaiheessa voi olla suuri. Merkittävin positiivinen vaikutus syntyy arvion mukaan ennakoivasta itsediagnostiikasta ja terveyden pelillistämisestä. Olennaisia vaikutuksia on myös autonomisella sähköistetyllä liikenteellä, elintarvikeomavaraisten kaupunkien yksilöllisellä tuoreruoalla, omavaraisuudella ja jakamistaloudella, vajavaisten ihmisten teknisillä avusteilla, suoran havainnoinnin ja itseopiskelun lisääntymisellä, joukkoistetulla turvallisuudella sekä tekojen suoran palkitsevuuden lisääntymisellä.

3.4. Tavoite (UN SDG 4); taata kaikille avoin, tasa-arvoinen ja laadukas koulutus sekä elinikäiset oppimismahdollisuudet:

Uusien teknologioiden avulla oppimateriaaleja voidaan tarjota tehokkaasti saataville ja sopivat neuvot löytyvät entistä helpommin tilanteen ja tarpeen vaatiessa. Teknologiaa voidaan myös helposti monistettavalla ja saavutettavalla tavalla käyttää oppimistapahtumassa harjaannuttamaan taitoja simulointien ja robotiikan avulla. Teknologia auttaa myös kielimuurien ylittämisessä, motivaation kehittämisessä ja osaamisen näytössä.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Helpottaako teknologiamurros oppimateriaalien laajaa saatavuutta ja saavutettavuutta? Helpottaako teknologiamurros itseopiskelua, omatoimista harjaantumista ja osaamisen näyttöä? Vähentääkö se opetuksen resurssi- ja paikkasidonnaisuutta? Laajentaako se vertaistuen tai opettajien mahdollisuutta tukea oppimista? Tekeekö teknologia oppimisesta houkuttelevampaa tai helpompaa?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Tärkeimmät tavoitetta edistävät murrosvisiot ovat etäläsnäolon ja virtuaalikohtaamisten, työn robotisoinnin ja palvelevan tekoälyn, suoran mittauksen ja joukkoistetun AI-tiedon sekä AI:n varmentaman itsenäisen oppimisen edistäminen. Muista olennaisia murroksia ovat mm. yksilöllisen lähituotannon, pelillisen itsediagnostiikan ja virtuaalisten osallistavien elämysten kehitys.

3.5. Tavoite (UN SDG 5); saavuttaa sukupuolten välinen tasa-arvo sekä vahvistaa naisten ja tyttöjen oikeuksia ja mahdollisuuksia:

Uusi teknologia saattaa olla aiempaa helpommin naisten käytettävissä kulttuurisista, asemallisista tai fyysisiin ominaisuuksiin liittyvistä syistä. Teknologia saattaa vähentää naisiin kohdistuvaa väkivaltaa ja alistamista. Se voi myös vähentää sukupuoliroolien merkitystä tehtävien ja omistuksen jakautumisessa taloudellisesti eriarvoisella tavalla.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Vähentääkö teknologiamurros fyysisen voiman merkitystä? Sivuuttaako se sosioekonomisesti miehille keskittyneen teknologian? Vähentääkö teknologiamurros väkivallan ja alistamisen riskiä? Lisääkö teknologiamurros tyttöjen ja naisten mahdollisuutta tiedonhankintaan? Lisääkö se tyttöjen ja naisten yhteiskunnallisia vaikutusmahdollisuuksia valtarakenteista huolimatta?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Suurin sukupuolten tasa-arvoa lisäävä vaikutus arvioidaan edelleen olevan fyysistä työtä korvaavilla koneilla. Vaikutukseltaan merkittävänä nähdään myös autonomisen liikenteen kehittyminen, etäläsnäolon, toimintakyvyn avusteiden, itsenäisen oppimisen, joukkoistetun turvallisuuden ja luottamusalustojen kehittyminen. Omavaraistalouden kehitys voi sen sijaan kasvattaa fyysisen voiman merkitystä ja lisätä eristyneisyydestä johtuvaa alistamisen riskiä.

3.6. Tavoite (UN SDG 6); Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille:

Teknologia voi helpottaa puhtaan veden saantia erityisesti vesipulasta kärsivillä alueilla ja tehostaa veden kestävää käyttöä. Teknologia voi myös edistää sanitaatiomahdollisuuksia sekä parantaa hygieniaa ja auttaa tunnistamaan aihealueen ongelmia.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Auttaako teknologiamurros tuottamaan puhdasta vettä puhtaan veden puutteesta kärsivillä alueilla? Auttaako se tunnistamaan tai poistamaan käyttöveden tai jätevesien epäpuhtauksia ja niistä johtuvia ongelmia? Auttaako se käyttämään ja jakelemaan vettä tehokkaammin tai tarpeenmukaisemmin? Parantaako teknologiamurros sanitaatiomahdollisuuksia ja hygieniaa puutteista kärsivillä alueilla? Parantaako se vesiekosysteemien kestävyyttä?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Merkittävin veden saantia edistävä murrosvisio on elintarvikeomavaraisten kaupunkien kehitys, koska sisäviljely tarvitsee vain vähän vettä eikä sisäviljelyn suljettu kierto saastuta vesistöjä. Muina olennaisina kehityksinä nähdään itse mitattu ja joukkoistettu AI-tieto, joka mm. auttaa havaitsemaan saastuneen veden. Suuntaus kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta näyttäytyy samasta syystä olennaisena visiona mittareiden avulla arvioituna. Myös valtarakenteiden murros kohti vaikutuksen mukaan osallistavaa päätöksentekoa ohjannee myönteisesti veden saantiin, sen kestävään käyttöön ja sanitaatioon kohdistuvia toimia.

3.7. Tavoite (UN SDG 7); varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille:

Teknologiakehitys voi mahdollistaa edullisen energiatuotannon paikallisesti, helpottaa ja tehostaa energian jakelua, varastointia ja energian saannin luotettavuutta. Energiateknologia voi olla entistä haitattomampaa ja vähemmän pääomavaltaista. Erityisesti kehitys voi johtaa siihen, että hiiletön primaarienergia muuttuu yleisesti fossiilisiin perustuvia energiantuotannon tapoja edullisemmiksi ja ajaa ne siten pois markkinoilta.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Vähentääkö teknologiamurros energiatuotannon ympäristöhaittoja? Vähentääkö teknologiamurros kestävän energiatuotannon pääoma-, keskittämis- ja osaamisvaatimuksia? Vähentääkö se sidonnaisuutta fossiilisista energialähteistä? Parantaako se prosessien energiatehokkuutta tai korvaako se ne kestävämmillä prosesseilla? Helpottaako teknologiamurros edullista ja kestävää energian saantia infrastruktuuriltaan puutteellisilla alueilla?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Selkeästi tärkein murrosvisioista on suuntaus kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja. Vaikutukset ovat erittäin myönteisiä kaikilla kriteereillä. Myös liikenteen sähköistymisen vaikutus on suuri sekä irrottauduttaessa fossiilisista energialähteistä että energiatehokkuuden vuoksi. Muina olennaisina kehityksinä nähdään uusiutuvat fossiilisista energialähteistä riippumattomat materiaalit, kaupungit autonomisina, kierrätystä suosivina asumiskoneina sekä omavaraisuuden, jakamistalouden ja mikroyrittäjyyden murrosvisio.

3.8. Tavoite (UN SDG 8); edistää kaikkia koskevaa kestävää talouskasvua, täyttä ja tuottavaa työllisyyttä sekä säällisiä työpaikkoja:

Teknologia voi edistää talouskasvua tuottamalla enemmän tai parempaa, aiempaa vähemmin rajallisin resurssein ja ulkoishaitoin. Talouskasvu jakautuu laajasti, jos teknologian tuottavuushyöty ohjautuu kotitalouksille tai uudet menetelmät ovat riittävän työvoimavaltaisia. Näin tapahtuu erityisesti, mikäli innovaatiot auttavat hajauttamaan tuotannon tai suuruuden ekonomian synnyttämä keskittymä avautuu muutoin kilpailulle ja saavuttaa ainoastaan rajallisen markkinavoiman. Uudisteen hyöty voi siten hintakilpailun seurauksena jakautua pääosin tasaisesti arvonluonnin hajautettuihin osiin suoraan asiakkaille tai lähelle asiakasrajapintaa ja laajaa työntekijäkuntaa.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Auttaako teknologiamurros kasvattamaan laajasti ja hajautetusti työntekijöiden tuottavuutta tai innovaatioiden syntyä ja rahoitusta? Auttaako se kehitysmaita infrastruktuuripuutteistaan ja osaamispuutteistaan huolimatta saavuttamaan kehittyneiden maiden tuottavuustasoa? Tuottaako teknologiamurros merkittävää uutta asiakaslisäarvoa laajoille markkinoille? Säästääkö se muissa kuin työvoimakustannuksissa tai onko sen vaatima investointi hajautettu ja työvaltaisuutta lisäävä esimerkiksi kasvattamalla yksilöllistä lisäarvoa tai säästämällä muita pääomavaltaisia kustannuksia ja pääomavaltaisten palveluiden käyttöä? Vähentääkö teknologiamurros pullonkaularesurssien käyttöä ja ulkoishaittoja?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Murrosvisioista tärkeimpinä näyttäytyvät kehitys kohti yksilöllistä lähituotantoa, etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja, etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtauspaikkoja sekä AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista. Nämä kaikki edistävät työn hajautusta ja poistavat pullonkauloja sekä valtarakenteiden merkitystä. Pääosa muista murrosvisioista parantaa merkittävällä tavalla etenkin kehittyvien talouksien kasvun edellytyksiä. Kaupunki autonomisena asumiskoneena saattaa toisaalta lisätä eriarvoisuutta samaten kuin työn robotisointi ja palveleva tekoäly. Näillä kehityskuluilla on teknologiamittareiden mukaan arvioituna paljon myönteisiä vaikutuksia talouskasvuun, mutta myös ihmistyötä laajasti korvaava vaikutus, jota uudet kasvualojen työpaikat eivät välttämättä korvaa.

3.9. Tavoite (UN SDG 9); rakentaa resilienttiä infrastruktuuria sekä edistää kestävää teollisuutta ja innovaatioita:

Teknologiakehitys voi vähentää rajallisten resurssien käyttöä infrastruktuurihankkeissa ja infrastruktuurin kunnossapidossa sekä teollisuudessa. Voidaan siirtyä uusiutuviin materiaaleihin, vähemmän materiaalia käyttäviin rakenteisiin ja uusiutuvien raaka-aineiden sekä ulkoishaittoja tuottamattomien prosessien käyttöön teollisuudessa. Aineelliset ja aineettomat infrastruktuurit voidaan toteuttaa ja tarjota kaikkien, erityisesti pienteollisuuden ja innovatiivisten toimijoiden helposti saavutettavaksi.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Edistääkö teknologiamurros tuotannon siirtymistä uusiutuvien resurssien käyttöön? Edistääkö se erityisesti vähiten kehitty-

neiden maiden ja alueiden tuotannon tekijöiden kehitystä? Edistääkö se pienteollisuuden ja innovatiivisten toimijoiden pääsyä infrastruktuuripalveluihin, rahoitus, hankinta- ja jakelukanavat mukaan lukien? Edistääkö teknologiamurros muilla tavoin kestävää ja inklusiivista teollistumista erityisesti kehitysmaissa? Auttaako se kasvattamaan T&K-toiminnan määrää helpottamalla tutkimustiedon hyväksikäyttöä?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Merkittävä kestävää teollisuutta edistävä murrosvisio on suuntaus kohti halpaa aurinkoenergiaa, joka edistää erityisesti vähiten kehittyneiden maiden teollistumista ja siirtymistä uusiutuvien resurssien käyttöön. Tämän ohella merkittäviä kehityssuuntia ovat myös mm. robotisoitu yksilöllinen kuljetus, joustava yksilöllinen lähituotanto, uusiutuvat materiaalit, työn robotisointi, AI:n varmentama itsenäinen oppiminen, joukkoistettu turva ja luottamusalustat.

3.10. Tavoite (UN SDG 10); vähentää eriarvoisuutta maiden sisällä ja niiden välillä:

Teknologia voi kehittyessään auttaa vähentämään osaamis- ja tuottavuuseroja sekä edesauttaa laajaa pääsyä tiedon ja tuotannon tekijöiden ulottuville. Uusi teknologia voi myös ohjata tarpeiden tyydyttämiseen tavalla, jossa rajallisia tuotannon tekijöitä käytetään vain vähän ja tarpeiden tyydytys muuttuu aiempaa edullisemmaksi. Tehokas logistiikka ja viestintä vähentävät arvonluonnin riippuvuutta paikasta. Tämän kautta ne kasvattavat maiden välistä taloudellisten mahdollisuuksien tasa-arvoa.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Tehostaako ja standardoiko teknologiamurros globaalia viestintää ja logistiikkaa osallistavalla tavalla? Vähentääkö se valtiollisista infrastruktuureista riippuvia rahoitus-, osaamis- ja tuottavuuseroja? Vähentääkö se arvonluonnin riippuvuutta keskittyneistä tuotannontekijöistä? Vähentääkö se rajallisten ja pullonkauloina kontrolloitujen resurssien käyttöä? Laskeeko se tarpeiden tyydyttämisen tai tuotannon käynnistämisen kustannuksia? Vähentääkö se riippuvuutta aineettomista oikeuksista ja muista eriarvoisuutta luovista privilegioista? Edistääkö teknologiamurros yhdenvertaisten lakien ja käytäntöjen globaalia harmonisointia?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Eriarvoisuuden vähentäjänä olennaisimmiksi ennakoidaan halpa aurinkoenergia ja hajautetut energiavarastot sekä etäläsnäolo. Lukuisat muut kehityskulut vaikuttavat myös tärkeiltä, kuten liikenteen, tavaratuotannon ja elintarviketuotannon murrosvisiot. Myös etäkauppa, palveluiden ja opetuksen sekä suoran tiedonhankinnan tekoäly, itsediagnostiikka, luottamusalustat ja vaikutusten mukaan osallistava päätöksenteko näyttäytyvät mittareissa tärkeinä visioina.

3.11. Tavoite (UN SDG 11); taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat:

Uusi teknologia voi edistää edullista asumista, kaikille saavutettavia liikkumismahdollisuuksia, vihreitä alueita ja julkisia tiloja työssäkäynti- ja asiointialueilla. Teknologiakehitys voi lisäksi parantaa asuinalueiden resilienssiä kriisitilanteissa esimerkiksi vesipulan, laman tai pandemian tilanteissa. Kaupunkien ja muiden asuinalueiden turvallisuutta voidaan parantaa ja ympäristökuormaa vähentää sekä vahvistaa kaupunkien osallistavia sidoksia ympäröiviin alueisiin.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Helpottaako teknologiamurros työssäkäyntialueella saavutettavissa olevien edullisten asuntojen ja infrastruktuurin rakentamista tai kunnossapitoa? Parantaako se turvallisuutta tai helposti kaikkien saavutettavia liikkumismahdollisuuksia? Vähentääkö teknologiamurros kaupunkien ja asuinyhdyskuntien kriisiherkkyyttä tai ympäristökuormaa? Kasvattaako teknologiamurros kaupunkilaisten ja ympäristön sidoksia tai osallisuutta kaupunkisuunnittelussa? Helpottaako se paikallisen osaamisen ja materiaalien käyttöä kehittyvissä maissa?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Turvallisiin ja kestäviin kaupunkeihin johtavat murrosvisioista parhaiten autonominen sähköinen henkilöliikenne, suuntaus kaupunkeihin autonomisina asumiskoneina ja yksilöllinen joukkoistettu turvallisuus. Tärkeitä ovat myös robotisoitu tavaroiden yksilöllinen kuljetus ja kuormaus, etäläsnäolo, työn robotisointi ja tekoälypalvelut, ihmisen tekniset avusteet, itsenäinen tekoälyn avustama mittaus ja oppiminen sekä tekojen suora palkitsevuus tarkoituksellisuuden keskeisenä ja yleisenä lähteenä.

3.12. Tavoite (UN SDG 12); varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys:

Tuotanto- ja kulutustavat ovat kestäviä, kun ne eivät ylikuormita luontoa. Teknologiakehitys voi auttaa vähentämään hävikkiä sekä parantamaan raaka-aineiden käytön tehokkuutta ja kierrätystä. Uusi teknologia voi tämän ohella korvata rajallisia resursseja uusiutuvilla resursseilla, vähentää ympäristölle haitallisten kemikaalien käyttöä ja niiden sekä jätteiden leviämistä luontoon. Teknologiakehityksen avulla voidaan myös lisätä yleistä tietoisuutta kestävästä kehityksestä ja seurata tavoitteiden toteutumista.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Lisääkö teknologiamurros tietoisuutta kestävän kehityksen mekanismeista? Parantaako se paikallisesti tai globaalisti uusiutuvien raaka-aineiden tai kierrätyksen kilpailukykyä? Vähentääkö teknologiamurros ympäristöä haittaavia päästöjä tai tehostaako se rajallisten resurssien käyttöä? Helpottaako se ympäristöä kuormittavan kulutuksen, turismin ja tuotannon haittojen tekemistä näkyväksi tavalla, joka ei vähennä työllisyyttä? Tukeeko teknologiamurros paikallista osaamista, kulttuuria ja työllisyyttä kestävää kehitystä edistävällä tavalla?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Merkittävimmät murrosvisiot ovat elintarvikeomavaraiset kaupungit eli sisäviljely sekä suuntaus uusiutuviin materiaaleihin ja kiertotalouteen. Tärkeitä ovat mittareiden mukaan myös autonominen sähköinen lii-

kenne palveluna, robotisoitu tavarankuljetus, halpa aurinkoenergia, kaupungit autonomisina asumiskoneina, suora mittaus ja tekoälyn avustama joukkoistus, robotisoidut ja virtualisoidut elämykset, joukkoistettu turvallisuus ja tekojen suora palkitsevuus.

3.13. Tavoite (UN SDG 13); toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan:

Ilmastonmuutos aiheutuu pääosin energiatuotannon, maatalouden, teollisuuden, liikenteen ja kiinteistöjen kasvihuonekaasupäästöistä sekä kasvihuonekaasuja sitovien nielujen vähenemisestä. Teknologiakehityksen avulla voidaan edistää tietoisuuden kasvua ratkaisujen tarpeesta ja hyödyistä. Myös nielujen kasvun ja päästöjen vähentämisen keinoja edistetään rahoitusta ja päätöksentekoa helpottamalla. Teknologiamurros voi edesauttaa sitäkin päätöksentekoa, joka edistää yhteiskuntien tai luonnon sopeutumista muuttuvaan ilmastoon. Keskeisin päätöksentekoa nopeuttava tekijä tietoisuuden lisäämisen ohella on kestävien vaihtoehtojen houkuttavuus tai hyväksyttävyys.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Kasvattaako teknologiamurros yhteiskuntien kestävyyttä ja sopeutumiskykyä ilmastonmuutoksen synnyttämissä olosuhteissa? Helpottaako teknologiamurros yhteisöllisiä ja yhteiskunnallisia regulatiivisia toimia ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja ilmiöiden varhaiseksi havaitsemiseksi? Edistääkö se nopeiden ilmastonmuutoksen vastaisten toimien rahoitusta kehittyvissä maissa? Edistääkö se ilmastotoimien läpinäkyvyyttä, suunnitelmallisuutta ja vaikuttavuutta?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Tärkein murrosvisio tämän tavoitteen näkökulmasta on suuntaus halpaan aurinkoenergiaan ja hajautettuihin energiavarastoihin. Muita merkittäviä tätä tavoitetta tukevia kehityssuuntia näiden visioiden joukossa ovat sähköinen liikenne palveluna, elintarvikeomavaraiset kaupungit, uusiutuvat materiaalit, kaupungit autonomisina asumiskoneina, joukkoistettu AI-tieto ja turvallisuus sekä AI:n varmentama oppiminen. Nämä kaikki edistävät joko keskitettyä tai hajautettua päätöksentekoa tarjoamalla tietoa tai suunnan ja vaikutuskeinot muutokseen. Siirtymä omavaraistalouden suuntaan saattaa vaikuttaa olennaisen haitallisesti ilmastonmuutoksen torjuntaan, ellei suuntaus perustu suljetun kierron sisäviljelyyn sekä uusiutuviin energia- ja materiaaliteknologioihin.

3.14. Tavoite (UN SDG 14); säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä:

Merien luonnonvarat kärsivät etenkin CO2-pitoisuuden nousun aiheuttamasta happamoitumisesta, lämpenemisen ja harppauskerroksen laajenemisen aiheuttamasta ravinnepulasta, jätteistä ja kemikaalipäästöistä sekä ylikalastuksesta. Teknologiakehitys voi edistää kestävää meriliikennettä ja kalastusta. Teknologisin keinoin voidaan myös vähentää CO2-päästöjä ja laskea sen pitoisuutta CO2 -kaappauksella ilmakehästä tai vedestä. Lisäksi jätteiden, ravinteiden ja kemikaalipäästöjen joutumista mereen voidaan vähentää ja kerätä niitä merestä kehittämällä ja käyttämällä uutta teknologiaa.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Auttaako teknologiamurros vähentämään merien saastumista? Auttaako se vähentämään CO2-päästöjä ja merien happamoitumista? Auttaako se vähentämään merien ravinnekuormaa? Edistääkö teknologiamurros rannikoiden ekosysteemien kestävyyttä? Auttaako se valvomaan ja vähentämään ylikalastusta? Edistääkö teknologiamurros meriteknologiaan ja meriekosysteemeihin liittyvää tutkimusta tai merien biodiversiteettiä? Edistääkö se pienten kalastusyksiköiden pääsyä markkinoille?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Murrosvisioilla ei ilman yhteiskuntien muita päätöksiä ole ratkaisevaa vaikutusta merien luonnonvarojen suojeluun ja kestävään käyttöön. Useat murrosvisiot tarjoavat kuitenkin selkeitä tavoitetta edistäviä keinoja, jotka yhteiskuntien muiden toimien ohessa voivat olla ratkaisevia. Uusiutuvat energiamuodot, uusiutuvat materiaalit ja liikenteen sähköistyminen vähentävät merien happamoitumista. Työn robotisaatio auttaa vähentämään merien jätekuormaa. Elintarvikeomavaraisten kaupunkien sisäviljely edistää merien ja rannikkoekosysteemien kestävyyttä, suora mittaaminen ja joukkoistettu AI-tieto samoin. Itsenäisen oppimisen kehitys ja vaikutuksiin perustuva osallistaminen ovat myös tavoitetta edistäviä keinoja.

3.15. Tavoite (UN SDG 15); suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen:

Maaekosysteemejä uhkaa viljelypinta-alan laajentaminen, talousmetsien köyhtyminen, vieraslajien leviäminen, salametsästys, saastuminen ja aavikoituminen. Teknologian avulla näitä ongelmia voidaan vähentää ja kääntää kehitys parempaan suuntaan.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Auttaako teknologiamurros säilyttämään tai palauttamaan maa- ja sisävesiekosysteemejä? Edistääkö se ekosysteemien kestävää käyttöä, metsäpinta-alan kasvua tai kestävän käytön sekä suojelutoimien valvontaa? Auttaako teknologiamurros torjumaan aavikoitumista, palauttamaan maaperän elinvoimaa, kasvattamaan biodiversiteettiä ja vähentämään sukupuuttoja? Auttaako se tekemään ekosysteemien tilasta läpinäkyvän ja kehittämään suunnitteluprosesseja yhdessä köyhyyden vähentämistavoitteiden kanssa?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Tärkein maaekosysteemien suojelua ja palauttamista edistävä murrosvisio on elintarvikeomavarainen kaupunki, koska sen avulla maatalouden päästöt pääosin poistuvat ja suurin osa maatalousmaasta voidaan palauttaa luonnontilaan. Tärkeitä keinoja ovat myös työn robotisoituminen, jonka avulla mm. kierrätys, mekaaninen torjunta ja metsänistutus voidaan toteuttaa tehokkaasti. Tekoälyn varmistama oppiminen ja joukkoistettu mittatieto edistävät nekin samaa tavoitetta. Omavaraisuuteen siirtymisellä saattaa toisaalta olla olennainen haitallinen vaikutus tavoitteelle.

3.16. Tavoite (UN SDG 16); edistää rauhanomaisia yhteiskuntia ja taata kaikille pääsy oikeuspalveluiden pariin; rakentaa tehokkaita ja vastuullisia instituutioita kaikilla tasoilla:

Rauhanomaisuutta lisää oikeudenmukaisuuden tunne, syrjäytymisen vähäisyys, turvaverkot, mahdollisuuksien tasa-arvo, vastakkainasetteluiden vähäisyys ja väärinkäytösten läpinäkyvyys ja vastuun oikeudellinen toteutuminen. Teknologia voi edesauttaa läpinäkyvyyden ja keskeisten instituutioiden tehokkuuden lisäämisessä, syrjäytymisen estämisessä sekä osallisuuden ja elämän merkityksellisyyden lisäämisessä.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Auttaako teknologiamurros vähentämään väkivaltaa tai sen uhkaa? Auttaako se vähentämään alistusta, hyväksikäyttöä ja ihmiskauppaa? Helpottaako teknologiamurros pääsyä oikeusjärjestelmän piiriin ja helpottaako se oikeuden toteutumista? Auttaako se organisoidun rikollisuuden vähentämisessä tai rikollisuuden vaikutusten vähentämisessä? Lisääkö teknologiamurros organisoidun toiminnan läpinäkyvyyttä ja vähentääkö se korruption mahdollisuutta? Lisääkö se osallistumismahdollisuuksia päätöksenteon eri tasoilla? Edistääkö teknologiamurros kansalaisvapauksia ja kansalaisten tiedonsaantia?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Tärkeimmät murrosvisiot ovat itse mitattu ja joukkoistettu AI-tieto sekä joukkoistettu turvallisuus, jotka auttavat erityisesti niillä alueilla, joilla ihmisten koskemattomuus ja oikeusturva ovat pahiten uhattuna. Muita tärkeitä tavoitteen edistäjiä ovat autonominen henkilöliikenne, etäkauppa ja transaktioiden digitalisointi, työn robotisointi, ennakoiva itsediagnostiikka, AI:n tukema itsenäinen oppiminen, kansainväliset luottamusalustat, yhteistyön suora palkitsevuus ja vaikutusten mukainen osallistaminen. Yksilöllisen pakettiliikenteen robotisointi ja etävaikuttaminen muodostavat selkeän turvallisuusriskin, jos toimet ovat heikosti valvottuja.

3.17. Tavoite (UN SDG 17); tukea vahvemmin kestävän kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta:

Valtioiden välinen yhteistyö vaikuttaa kestävän kehityksen globaaliin toimeenpanoon. Keskeistä edistykselle on, että kehittyneet maat ryhtyisivät kasvavassa määrin tarjoamaan resursseja ja osaamista vähemmän kehittyneiden maiden käyttöön. Osaamiskokonaisuuteen liittyy tieteellinen, teknologinen ja innovaatio-osaaminen, rahoitus-, vienti- ja viestintäosaaminen, kestävän kehityksen tavoitteiden ja keinojen osaaminen, tehokkaat yhteistyöorganisaatiot ja hyvät kansalliset tilastot.

Analyysissä käytetyt teknologiamittarit: Edistääkö teknologiamurros kehittyvien maiden kykyä hankkia teknologista - ja innovaatio-osaamista? Edistääkö se kehittyneiden maiden halua tukea kehittyvien maiden kestävän kehityksen hankkeiden rahoitusmahdollisuuksia? Edistääkö se kehittyvien maiden talouden ja viestinnän rakenteita tai helpottaako se näiden rakenteiden kehittymistä? Edistääkö se kestävän kehityksen kansallisten yhteistyörakenteiden syntyä? Helpottaako teknologiamurros kestävän kehityksen tavoitteiden seuraamista ja siihen liittyvää tilastointia ja kansainvälistä osaamisvaihtoa?

Olennaisimmat teknologiamurrokset: Tavoitteen toteutumista edistävät merkittävimmin murrosvisiot AI:n varmentamasta itsenäisestä oppimisesta ja itse mitatusta, joukkoistetusta AI-tiedosta. Ei liene yllättävää, että osaaminen ja tieto ovat kestävän kehityksen yhteistyön ja toimeenpanon avaimia. Tärkeitä ovat myös taloudellisen kehityksen fyysiset, kollektiiviset mahdollistajat, kuten henkilöliikenteen ja tavaraliikenteen robotisaatio, halpa aurinkoenergia, kaupunki autonomisena asumiskoneena ja työn robotisointi. Myös turvallisuuden joukkoistus ja kansainväliset luottamusalustat sekä etäkauppa luovat edellytyksiä tehokkaalle kestävän kehityksen toimeenpanolle ja globaalille kumppanuudelle. Omavaraisuuden kasvu sen sijaan vaikeuttaa kollektiivisia tavoitteita.

4. Yhteenveto

Raportin tehtävänä on 20 teknologiamurrosvision kuvaaminen ja visioiden yhteiskunnallisen vaikuttavuuden arviointi YK:n kestävän kehityksen Agenda 2030 -tavoitteiden näkökulmasta. Tätä arviointia varten on kehitetty menetelmä, jota käyttäen voidaan ennakoida tavoitteiden saavuttamista kullakin ehdotetulla teknologiapoliittisella suuntauksella tai keinolla. Tuloksista voidaan esittää taulukon 1 mukainen yhteenveto. Laajempi taulukko yksityiskohtaisempine kysymyksineen on liitteenä 1.

	Kestävän kehityksen teknologiamittarointi haastajaregiimeittäin Päätavoitteittain lihavoidut vaikutusluvut on arvioitu kokonaisharkinnan mukaan. Arvio ei ole laskennallinen summa vaan siinä on huomioitu alatavoitteista muotoillut apukysymykset ja visiokuvaukset - **luonnos**	Henkilöliikenne: **kohti autonomista sähköistä henkilöliikennettä palveluna**	Tavaraliikenne: **kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta**	Tavaroiden valmistus: **kohti joustavaa ja yksilöllistä lähituotantoa**	Ravinto: **kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa**	Energia: **kohti halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja**	Materiaalit: **kohti uusiutuvia materiaaleja ja kiertotaloutta**	Rakennettu ympäristö: **kohti kaupunkia autonomisena asumiskoneena**	Vaihdanta: **kohti etäkauppaa ja digitalisoituja transaktioalustoja**	Etäväkuttaminen: **kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja**	Työn korvaus koneilla: **kohti työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä**	Työ ja ansainta: **kohti omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä**	Terveys: **kohti ennakoivaa terveyttä ja pelillistä itsediagnostiikkaa**	Toimintakyvyn avusteet: **kohti vajavaisen ihmisen teknisiä avusteita**	Havainnot ja tietäminen: **kohti itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa**	Osaaminen ja sen näyttö: **kohti AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista**	Elämykset: **kohti robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä**	Turvallisuus: **kohti yksilöllistä ja joukkoistettua turvallisuutta**	Yhteistyökyky: **kohti talkoita ja kansainvälisiä luottamusalustoja**	Tarkoituksellisuus: **kohti tekojen ja yhteisötyön suoraa palkitsevuutta**	Valtarakenteet: **kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa**	**KeskiarvoTeknologioiden**
	SDG-tavoitteet ja teknologiarelevantit mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	**Poistaa köyhyys sen kaikissa muodoissa kaikkialta**	**3**	**3**	**10**	**3**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**10**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1**	3,9
2	**Poistaa nälkä, saavuttaa ruokaturva, parantaa ravitsemusta ja edistää kestävää maataloutta**	**0**	**1**	**0**	**10**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**10**	**1**	**3**	**0**	**3**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	1,9
3	**Taata terveellinen elämä ja hyvinvointi kaiken ikäisille**	**3**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**-3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	2,1
4	**Taata kaikille avoin, tasa-arvoinen ja laadukas koulutus sekä elinikäiset oppimismahdollisuudet**	**1**	**1**	**3**	**3**	**1**	**0**	**1**	**3**	**10**	**10**	**3**	**3**	**1**	**10**	**10**	**3**	**0**	**3**	**3**	**1**	3,5
5	**Saavuttaa sukupuolten välinen tasa-arvo sekä vahvistaa naisten ja tyttöjen oikeuksia ja mahdollisuuksia**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**10**	**-1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**1**	**1**	2,0
6	**Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille**	**0**	**0**	**0**	**10**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**3**	**1**	**0**	**3**	**1**	**1**	**3**	1,4
7	**Varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille**	**10**	**1**	**1**	**-1**	**10**	**3**	**3**	**1**	**1**	**-1**	**3**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1,9**
8	**Edistää kaikkia koskevaa kestävää talouskasvua, täyttä ja tuottavaa työllisyyttä sekä säällisiä työpaikkoja**	**3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**-1**	**10**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3,9**
9	**Rakentaa kestävää infrastruktuuria sekä edistää kestävää teollisuutta ja innovaatioita**	**1**	**3**	**3**	**1**	**10**	**3**	**1**	**1**	**0**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2,3**
10	**Vähentää eriarvoisuutta maiden sisällä ja niiden välillä**	**3**	**3**	**3**	**3**	**10**	**1**	**1**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**3,4**
11	**Taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat**	**10**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**10**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**10**	**1**	**3**	**1**	**3,2**
12	**Varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys**	**3**	**3**	**1**	**10**	**3**	**10**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**2,7**
13	**Toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan**	**3**	**1**	**1**	**3**	**10**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**-1**	**1**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	**2,2**
14	**Säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä**	**1**	**1**	**0**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**-1**	**0**	**0**	**3**	**3**	**0**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1,1**
15	**Suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen**	**0**	**-1**	**0**	**10**	**-1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**-3**	**0**	**0**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1,3**
16	**Edistää rauhanomaisia yhteiskuntia ja taata kaikille pääsy oikeuspalveluiden pariin; rakentaa tehokkaita ja vastuullisia instituutioita kaikilla tasoilla**	**3**	**-3**	**-1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**3**	**-3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**10**	**3**	**-1**	**10**	**3**	**3**	**3**	**2,0**
17	**Tukea vahvemmin kestävän kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta**	**3**	**3**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**3**	**-3**	**1**	**0**	**10**	**10**	**1**	**3**	**3**	**1**	**1**	**2,6**
	Päätason vaikutusten keskiarvo	**2,94**	**1,41**	**2,06**	**3,76**	**3,88**	**2,00**	**1,88**	**2,06**	**2,59**	**3,18**	**1,35**	**2,06**	**1,35**	**3,88**	**4,18**	**1,12**	**2,82**	**1,94**	**2,18**	**1,47**	
	Pisteytys perustuu kunkin kuvatun teknologiamurroksen arvioituun merkitykseen suhteessa kuhunkin teknologiamittariin ja arvonluontiverkoston rooliin	(+/-) 1 selkeä rajattu merkitys (+/-) 3 osittainen ratkaiseva tai laaja merkitys (+/-) 10 ratkaisevan laaja/potentiaalinen merkitys																				

Taulukko 1: Teknologiamurrosvisiot on arvioitu vaikutuksen haitallisuuden tai hyödyllisyyden mukaan kutakin Agenda 2030 -tavoitetta vastaan. Tämä on yhteenvetotaulukko, jonka osoittama arvo huomioi harkinnanvaraisesti kuhunkin tavoitteeseen liittyvien mittareiden eli yksityiskohtaisten laadullisten kysymysten arviot.

Menetelmän avulla saadut ennakointitulokset osoittavat kaikkien 20 vision edistävän toteutuessaan kestävää kehitystä monin eri tavoin. Osa myös saattaa joiltakin osin haitata tavoitteiden saavuttamista. Köyhyyden poistamisen, oppimismahdollisuuksien, talouskasvun, eriarvoisuuden vähentämisen ja turvallisten kaupunkien kehittämisen ennakoitiin hyötyvän merkittävästi useista esitetyistä visioista. Kapeinta visioiden tarjoama tuki oli veden saannin turvaamisen sekä vesi- ja maaekosysteemien suojelun osalta. Mutta näihinkin oli osoitettavissa merkittäviä positiivisia vaikutuksia, maaekosysteemien ja veden saannin osalta vaikutus nähtiin jopa ratkaisevaksi.

Taulukon riveittäin tai sarakkeittain summattuja kokonaispisteitä ei voi suoraan verrata toisiinsa. Koska yksittäisten solujen pisteytys on aihealueittain suhteutettu, summa ei anna täysin vertailukelpoista absoluuttista arvoa kokonaismerkitykselle. Se osoittaa kokonaismerkityksen sijaan pikemminkin merkittävän tuen laaja-alaisuutta.

Visioista laajimmin merkittäviksi osoittautuivat arvioinnissa suuntaus kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja, halpaa aurinkoenergiaa ja hajautettuja energiavarastoja, työn robotisointia ja palvelevaa tekoälyä, itse mitattua ja joukkoistettua AI-tietoa sekä suuntaus kohti AI:n varmentamaa itsenäistä oppimista. Kapein vaikutus kestävän kehityksen kokonaisuuteen oli suuntauksella kohti robotisoitua yksilöllistä kuljetusta ja kuormausta, omavaraisuutta, jakamista ja mikroyrittäjyyttä, vajavaisten ihmisten teknisiä avusteita, robotisoituja ja virtuaalisia, osallistavia elämyksiä sekä suuntaus kohti vaikutusten mukaan osallistavaa päätöksentekoa. Näistäkin jokaisen ennakoitiin vaikuttavan merkittävällä tavalla myönteisesti useisiin kestävän kehityksen tavoitteisiin.

Radikaalien teknologiamurrosvisioiden Agenda 2030 -tavoitteiden mukaisuutta ei ole aiemmin systemaattisesti arvioitu. Agenda 2030 -tavoitteet tai alatavoitteet eivät suoraan radikaalien murrosvisioiden arviointiin edes sovi ilman kausaalista tulkintakehikkoa, joka luo yhteyden keinoista tavoitteisiin. Tätä työtä varten on siksi kehitetty uusi menetelmä. Koska tulokset ovat menetelmästä riippuvaisia ja tällaisella menetelmällä voi olla laajempaakin käyttöä teknologiapolitiikan suuntaamisessa, on olennaista arvioida menetelmää, sen luonnetta ja rajoituksia.

Menetelmää arvioitaessa huomio tulee ensiksi kiinnittää siihen, että kyse on tulevaisuuden visioiden arvioinnista. Tämä menetelmä ei sovellu, eikä ehkä mikään menetelmä sovellu, yksittäisten radikaalien teknologioiden kaikkien vaikutusten ennakointiin. Useimpia teknologioita voidaan käyttää hyvin monin erilaisin tavoin, kuten huomaamme vaikkapa monista Euroopan, USA:n, Venäjän ja Kiinan toisistaan poikkeavista toimintatavoista. Vaikutukset eivät niinkään ole teknologioiden itsensä ominaisuuksia. Ne ovat useiden erilaisten, samanaikaisesti kehittyvien teknologioiden ja yhteiskunnan vuorovaikutuksessa synnyttämiin käyttötapoihin sidottuja seurauksia. Teknologiat siis mahdollistavat erilaisia käyttötapoja ja yhteiskunnallisia systeemeitä. Nämä yhteiskunnalliset systeemit tulee ensin visioida ja vasta sen jälkeen ne voidaan arvioida.

Ennakoidut visiot ovat joko uskottavia ja mahdollisia kehityssuuntia tai epärealistisia utopioiden ja dystopioiden kaltaisia tulevaisuuskuvia. Epärealististen visioiden vaikutuksia ei kannata vakavalla mielellä objektiivisesti arvioida. Visiot tulee aluksi muodostaa ja analysoida niiden toteutumisen edellytykset. Vaikuttavuusarviot tulee tehdä sellaisille tavoitteellisille tai muutoin ennakoiduille visioille, jotka ovat teknologisesti, taloudellisesti ja poliittisesti riittävässä määrin uskottavia ja todennäköisiä. Analyysi teknologioista todennäköisiksi ennakoituihin toimintatapoihin on suoritettu raportissa Suomen sata uutta mahdollisuutta 2018-2037. Tässä arvioidut visiot perustuvat siinä ja aiemmassa työssä koostettuihin, uskottaviksi arvioituihin teknologiamurroksiin.

Tämän työn 20 erillisen arvioinnin perusteella voidaan kehitettyä menetelmää pitää yleisesti soveltuvana sellaisten systeemisten teknologiamurrosvisioiden vaikutusten arviointiin, joiden uskottavuus on ensin validoitu. Kokonaisuudessaan näin suoritettu teknologioiden vaikutuksen arviointi on työläs prosessi, mutta oikotiet altistavat virheille. Suurin virheistä on mahdottoman suunnan asettaminen tavoitteeksi.

Tässä käytetyn menetelmän osalta on tärkeää huomata, että aihe kaikessa monitahoisuudessaan on lähes kirjaimellisesti maailmoja syleilevä. Selvityshanke on suoritettu rajallisin resurssein ja vaikka tulokset ovat rohkaisevia ja osoittavat monia tavoittelemisen arvoisia kehityssuuntia, on tuloksiin suhtauduttava vain alustavina havaintoina. Menetelmä vaatii jatkokehitystä, arvioinnit moniäänisempiä tulkintoja ja tavoitteellisten visioiden oheen myös mainintoja laajempia dystooppisia kuvauksia.

Jotta tämän raportin kaltaiset arviot perustuvat tulevaisuuden mahdollisuuksiin eikä vain ennakkoluuloihin, on huolehdittava siitä, että arvioitsijat ja visioiden laatijat ovat paneutuneet teknologian odotettavissa olevaan kehitykseen ja ymmärtävät sen riittävästi. Kyse on moniarvoisesta ja useiden osaamisalueiden tehtävästä, jota raporttisarjassa on systemaattisesti edistetty. Laajimmin ja systeemisimmin tässä esitettyjen visioiden taustalla olevat teknologiamurroskuvaukset on esitetty ja niiden uskottavuus analysoitu raportissa TuV 1/2018. Samaa pohjatyötä voidaan käyttää myös muiden murrosvisioiden teknologisen ja yhteiskunnallisen uskottavuuden arviointiin. Esimerkkinä on sarjassa vastikään julkaistu raportti, joka samaa yhteiskunnallista arvonluontiverkostokehikkoa käyttäen arvioi koronapandemian sosioteknisiä vaikutuksia.

Yhteiskuntien käyttämä teknologia on aiheuttanut monet maailman ongelmista. Mikään uusi teknologia itsessään ei niitä ongelmia ratkaise. Mutta uudenlaisin tavoin käytetty teknologia tekee visaistenkin ongelmien ratkaisun ja kestävän kehityksen tavoittelun mahdollisiksi. On todella tärkeää myös havaita, että erilaisten ongelmien ratkaisumalleja voidaan tarkastella kokonaisvaltaisesti ja kattavasti uskottavalla tavalla. Yksittäisiä ongelmia ratkaisemalla ja yksittäisiä tavoitteita ajamalla aiheutetaan liian helposti vain uusia ongelmia tai pahennetaan entisiä.

Mitä laajempia ja visaisempia ongelmat ovat, sitä kokonaisvaltaisempia ja menetelmällisempiä ratkaisuyritysten tarkastelujen on oltava. YK:n asettamat kestävän kehityksen tavoitteet ovat kunnianhimoisia, mutta niiden suuntaan voidaan kulkea, eivätkä tavoitteet näytä olevan ratkaisemattomalla tavalla ristiriidassa keskenään. Tämän raportin visiot poistavat toteutuessaan valtaosan köyhyydestä, sairauksista, rikollisuudesta, eriarvoisuudesta, osaamisvajeista ja ympäristöongelmista. Maailmasta voi tulla kestävästi nykyistä parempi paikka.

Kestävän kehityksen teknologiamittarointi haastajaregiimeittäin
Päätavoitteittain lihavoidut vaikutusluvut on arvioitu kokonaisharkinnan mukaan. Arvio ei ole laskennallinen summa vaan siinä on huomioitu alatavoitteista muotoillut apukysymykset ja visiokuvaukset - **luonnos**

		Henkilöliikenne: **kohti autonomista sähköistä henkilöliikennettä palveluna**	Tavaraliikenne: **kohti robotisoitua yksittäistäkuljetusta ja kuormaata**	Tavarateiden valmistus: **kohti joustavaja yksilöllistä sähköasentoa**	Ravinto: **kohti elintarvikeomavaraisia kaupunkeja ja yksilöllistä ruokaa**	Rakennus: **kohti uusiutuvia energianlähteitä ja rakentuvia energiaverkkoja**	Materiaalit: **kohti uusiutuvia materiaaleja ja kierrätystä**	Rakennettu ympäristö: **kohti kaupunkia autonomisen asumiskoneen**	Vaihdanta: **kohti etäkauppaa ja digitaalisotuja transaktiokustoja**	Eläväsitaittaminen: **kohti etäläsnäoloa ja virtuaalisia kohtaamispaikkoja**	Työn korvaus tonellia: **kohti työn robotisointia ja palvelevaa teknologiaa**	Työ ja aamaitta: **kohti omavaraisuutta, jakamista ja nmikroyrittäjyyttä**	Terveys: **kohti ennakoivaa terveyttä ja pitkälläsi toolhagnostiikkaa**	Toimintakyvyn arvioitset: **kohti vajaiden ihmisen tekniä avoitetta**	Havainnot ja tietaminen: **kohti tie mattoa ja jokaisestaan tutkivaa tietoa**	Osaaminen ja sen ylläpito: **kohti Alen ymmärrettävyyttä ja oppimista**	Elämyksiet: **kohti robotisoituja ja virtuaalisia elämyksiä**	Yhteisöllisyys: **kohti yhdistäviä ja jakavia tiloja ja tapahtumia**	Yhteisöyhteys: **kohti tiiviitä ja yhteisöllisiä kaupunkeja**	Päätöksenteko: **kohti tekoälyn ja yhteisöjen suuria tietomääriä**	Vaikuttaminen: **kohti valikuuden mukaan osallistuvaa päätöksentekoa**	Keskiarvotekniologioiden
	SDG-tavoitteet ja teknologiarelevantit mittarit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	1	
1	**Poistaa köyhyys sen kaikissa muodoissa kaikkialta**	**3**	**3**	**10**	**3**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**10**	**10**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1**	3,9
	Vähentääkö teknologiamurros riippuvuutta niukoista tai keskitetysti kontrolloiduista resursseista?	-3	1	3	3	10	10		3	10	10	3	3	3	10	10	-1	3	1	1	3		
	Parantaako se lisäarvon tuoton suhdetta sidottuun pääomaan?	10	1	1	1	-3	-3	3	10	3	3		10	3	3	3	3		3	1			
	Vähentääkö se lisäarvon tuoton muuttuvia kustannuksia?	3	3	1	-3	3	3	3	10	3	10	3	10	3	3	10	1	3	3	1			
	Kasvattaako teknologiamurros talouden resilienssiä kriisitilanteissa?	3	3	10	3	3	3	3	3		3	3		1	3	3		3	3	3	3		
	Kasvattaako teknologiamurros taloudellista inklusiivisuutta ja mahdollisuuksien tasa-arvoa?	3	10	10	3	3	3		3	3	3	10	3	10	10	10	3	3	10	3	3		
2	**Poistaa nälkä, saavuttaa ruokaturva, parantaa ravitsemusta ja edistää kestävää maatalousta**	**0**	**1**	**0**	**10**	**1**	**1**	**1**	**1**	**0**	**10**	**1**	**3**	**0**	**3**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	1,9
	Kasvattaako teknologiamurros elintarviketuotantoa?				10						10	1			3	1			3	1			
	Vähentääkö se ruokatuotannon pääomavaltaisuutta tai riippuvuutta niukoista resursseista?				3	1					-3	1				1				1			
	Vähentääkö se ravitsevan elintarviketuotannon, -varastoinnin ja -kaupan kustannuksia?		3		3	1	1	3	3		10	3			1			3	1	1			
	Vähentääkö teknologiamurros elintarviketuotannon ympäristöhaittoja?				10	1	1		-1		3				1	1		3	1	1			
	Kasvattaako se ruokatuotannon resilienssiä kriisitilanteissa?		1		10	1					3	3			3	1		3	1	3			
	Kasvattaako teknologiamurros tietoisuutta yksilöllisestä ravintotarpeesta ja mahdollisuutta tarpeen huomiointiin?		1		3				1		3	1	10		3	1		3		1	3		
3	**Taata terveellinen elämä ja hyvinvointi kaiken ikäisille**	**3**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**-3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	**1**	2,1
	Helpottaako teknologiamurros yleisen terveystiedon saatavuutta tai edistääkö se terveystiedon vaikuttavuutta?				3				3	1	3	1	10	1	3	3			3		1	3	
	Auttaako se laajentamaan diagnostista kyvykkyyttä tai lääkkeiden saatavuutta väestöryhmille, jotka nyt jäävät terveydenhuollon palveluiden ulkopuolelle?	1	3						3	3	3	3	10	1	3	3		1		1			
	Tehostaako teknologiamurros vakavien sairauksien hoitomenetelmiä laajasti saavutettavalla tavalla?	1								1	1		3	3				3			1		
	Vähentääkö se syrjäytymisestä tai muista syistä aiheutuvia henkisiä ongelmia?	1	1	3	1					-1	-10	10	3	3	1	3	1	1	1	10	3		
	Vähentääkö se onnettomuusriskejä tai tartuntatautien riskejä?	3	1		3			3		3	3		3	3	1	1	3	3		3			
	Vähentääkö teknologiamurros ihmiselle vaarallisia ympäristöhaittoja?	10			3	3	3	1		1					3	1		3		1			
	Edistääkö se terveitä elintapoja mm. ravinnon, liikkumisen osalta?				3			-3	-3	-3	-3	3	10	1	1	1	-3	1		1			
4	**Taata kaikille avoin, tasa-arvoinen ja laadukas koulutus sekä elinikäiset oppimismahdollisuudet**	**1**	**1**	**3**	**3**	**1**	**0**	**1**	**3**	**10**	**10**	**3**	**3**	**1**	**10**	**10**	**3**	**0**	**3**	**3**	**1**	**3**	3,5
	Helpottaako teknologiamurros oppimateriaalien laajaa saatavuutta ja saavutettavuutta?	1	1	1	1	3			10	3	10	3		1	10	10	1		1	3			
	Helpottaako teknologiamurros itseopiskelua, omatoimista harjaantumista ja osaamisen näyttöä?	1	1	3	3	1			1	3	10		3	3	10	10	3		3	1	3		
	Vähentääkö se opetuksen resurssi- ja paikkasidonnaisuutta?			3	1	1		1		10	10		1		3	10	3		3		1		
	Laajentaako se vertaisten tai opettajien mahdollisuutta tukea oppimista?	1		1	1					3	3			1	3	10	1		3	3	1		
	Tekeekö teknologia oppimisesta houkuttelevampaa tai helpompaa?			3	3	1			1	10	3	10	10	1	10	10	3		3	3	3		
5	**Saavuttaa sukupuolten välinen tasa-arvo sekä vahvistaa naisten ja tyttöjen oikeuksia ja mahdollisuuksia**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**10**	**-1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**1**	**1**	2,0
	Vähentääkö teknologiamurros fyysisen voiman merkitystä?	1	3	1				3		3	10	-3		10			3	3					
	Sivuttaako se sosioekonomisesti miehille keskittyneen teknologian?	3	1				1	3	3	3	3					1							
	Vähentääkö teknologiamurros väkivallan ja alistamisen riskiä?	3	1								3	-3	3	3	1	1	1	10	3	1	1		
	Lisääkö teknologiamurros tyttöjen ja naisten mahdollisuutta tiedonhankintaan?	1			3	1				3	3	3	1		3	10	1	3	3	3	1	1		
	Lisääkö se tyttöjen ja naisten yhteiskunnallisia vaikutusmahdollisuuksia valtarakenteista huolimatta?	3	1	1		1			3	3	3				1	3		3	3	1	3		
6	**Varmistaa veden saanti ja kestävä käyttö sekä sanitaatio kaikille**	**0**	**0**	**0**	**10**	**1**	**1**	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**3**	**1**	**0**	**3**	**1**	**1**	**3**	1,4
	Auttaako teknologiamurros tuottamaan puhdasta vettä puhtaan veden puutteesta kärsivillä alueilla?				3	3									1								
	Auttaako se tunnistamaan tai poistamaan käyttöveden tai jätevesien epäpuhtauksia ja niistä johtuvia ongelmia?				3		3						3		10	1		10	1	3	3		
	Auttaako se käyttämään ja jakelemaan vettä tehokkaammin tai tarpeenmukaisemmin?				10						3					3			1	3	3		
	Parantaako teknologiamurros sanitaatiomahdollisuuksia ja hygieniaa puutteista kärsivillä alueilla?							3										1	1		1		
	Parantaako se vesiekosysteemien kestävyyttä?				10										1					1			
7	**Varmistaa edullinen, luotettava, kestävä ja uudenaikainen energia kaikille**	**10**	**1**	**1**	**-1**	**10**	**3**	**3**	**1**	**1**	**-1**	**3**	**0**	**0**	**1**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1,9**	
	Vähentääkö teknologiamurros energiatuotannon ympäristöhaittoja?	3				10	1	3				3			1			1	1	1	3		
	Vähentääkö teknologiamurros kestävän energiatuotannon pääoma-, keskittämis- ja osaamisvaatimuksia?	1			-3	3		3				3				1			1				
	Vähentääkö se sidonnaisuutta fossiilisista energialähteistä?	10	1			10	3	3		1		3							1	1	1		
	Parantaako se prosessien energiatehokkuutta tai korvaako se ne kestävämmillä prosesseilla?	10	1	1		10	10	3	1	1	-1	3			1					1			
	Helpottaako teknologiamurros edullista ja kestävää energian saantia infrastruktuuriltaan puutteellisilla alueilla?	3				10		3				3								1	1		
8	**Edistää kaikkia koskevaa kestävää talouskasvua, täyttä ja tuottavaa työllisyyttä sekä säällisiä työpaikkoja**	**3**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**-1**	**10**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**10**	**3**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3,9**	
	Auttaako teknologiamurros kasvattamaan laajasti ja hajautetusti työntekijöiden tuottavuutta tai innovaatioiden syntyä ja rahoitusta?	1	10	10	1	3	3		10	10	10	3	1	3	3	10	3		1	3	3		
	Auttaako se kehitysmaita infrastruktuuripuutteistaan ja osaamispuutteistaan huolimatta saavuttamaan kehittyneiden maiden tuottavuustasoa?	-3	3	10		3	-3	-3	3	3	3		3	1	1	3	3	1	3	3	1		
	Tuottaako teknologiamurros merkittävää uutta asiakaslähtöistä arvoa laajoille markkinoille?	10	3	10	3	3		3	10	10	10	3	10	3	10	10	10	3	3	10	3		
	Säästääkö se muissa kuin työvoimakustannuksissa tai onko sen vaatima investointi hajautettu ja työvaltaisuutta lisäävä esimerkiksi kasvattamalla yksilöllistä lisäarvoa tai säästämällä muita pääomavaltaisia kustannuksia ja pääomavaltaisten palveluiden käyttöä?	3	3	10	10	3	3	-3	10	10	-10	3	3	10	3	3	3	3	3	3			
	Vähentääkö teknologiamurros puilonkaularesurssien käyttöä ja ulkoshaittoja?	3			3	3	3	3	1	3	3				1	1	3	3	1	1	1		
9	**Rakentaa kestävää infrastruktuuria sekä edistää kestävää teollisuutta ja innovaatioita**	**1**	**3**	**3**	**1**	**10**	**3**	**1**	**1**	**0**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**2,3**	
	Edistääkö teknologiamurros tuotannon siirtymistä uusiutuvien resurssien käyttöön?			1	3	10	10	3				3				3		3	1	10	3		
	Edistääkö se erityisesti vähiten kehittyneiden maiden ja alueiden tuotannon tekijöiden kehitystä?	3	1	1	-1	10	-1	-3	1		3	3	1	1	3	3	1	1	1	1			
	Edistääkö se pientoolliisuuden ja innovatiivisten toimijoiden pääsyä infrastruktuuripalveluihin rahoitus, hankinta- ja jakelukanavat mukaan lukien?		10	3	1	1	3	3	3		-10	3			1	3	1		3	3	1		
	Edistääkö teknologiamurros muilla tavoin kestävää ja inklusiivista teollistumista erityisesti kehitysmaissa?	1	1	3		3	3	1	3		3				1	3		3	3	1	3		
	Auttaako se kasvattamaan T&K-toiminnan määrää helpottamalla tutkimustiedon hyväksikäyttöä?			3	3	1					10	3	3	1	3	3		3	3	1	1		
10	**Vähentää eriarvoisuutta maiden sisällä ja niiden välillä**	**3**	**3**	**3**	**3**	**10**	**1**	**1**	**3**	**10**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3,4**	
	Tehostaako ja standardoiko teknologiamurros globaalia viestintää ja logistiikkaa osallistavalla tavalla?	1	10	3		1	1	3	3	10	10	3			3	3	3	3	3	3	10		
	Vähentääkö se valtiollisista infrastruktuureista riippuvia rahoitus-, osaamis- ja tuottavuuseroja?	1	3	3	3			3	3	3	3	3	3	1	1	10	1	3	3	3	3		
	Vähentääkö se arvonluonnin riippuvuutta keskittyneistä tuotannontekijöistä?	3	3	10	3	10	3	-1	3	3		10	3	3	1	3	3	1		1	1		
	Vähentääkö se rajallisten ja pullonkaulaisina kontrolloitujen resurssien käyttöä?	3	3	1	3	10	3	1	3			3	3	3	3	1	10		1	1	1		
	Laskeeko se tarpeiden tyydyttämisen tai tuotannon käynnistämisen kustannuksia?	3	1	3		1	-3	1	3	10	-3	3	10	3	3	3	3	1	3	3	3		
	Vähentääkö se riippuvuutta ainoettomista oikeuksista ja muista eriarvoisuutta luovista privilegioista?	-3		3	1		-3	-3	3		-3	3	3	3		3	10	1	3	3	1		
	Edistääkö teknologiamurros yhdenvertaisten taikien ja käytäntöjen globaalia harmonisointia?	3	3			3	3	1	3	1	3	3	1		3	3	3	3	3	3	-3		
11	**Taata turvalliset ja kestävät kaupungit sekä asuinyhdyskunnat**	**10**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**10**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**10**	**1**	**3**	**1**	**3,2**	
	Helpottaako teknologiamurros työssäkäyntialueella saavutettavissa olevien edullisten asuntojen ja infrastruktuurin rakentamista tai kunnossapitoa?	3	1	1				10	1	3	3	3		1	1	3	1	1	1	1	1		
	Parantaako se turvallisuutta tai helposti kaikkien saavutettavia liikkumismahdollisuuksia?	10	1					10		3	3			10	3	1		10	3	1			
	Vähentääkö teknologiamurros kaupunkien ja asuinyhdyskuntien kriisiherkkyyttä tai ympäristökuormaa?	3	1		3	3		10		1	1	3		1	1	1	1	3		1	3	3	
	Kasvattaako teknologiamurros kaupunkilaisten ja ympäristön sidoksia tai osallisuutta kaupunkisuunnittelussa?	-3	3					-3		-1	-3				3	3	-3	10	1	3	3		
	Helpottaako se paikallisen osaamisen ja materiaalien käyttöä kehittyvissä maissa?		3	3		1	3	-1	3	3	1	10	1		3	10	3	3	3	3	3	1	
12	**Varmistaa kulutus- ja tuotantotapojen kestävyys**	**3**	**3**	**1**	**10**	**3**	**10**	**3**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**2,7**
	Lisääkö teknologiamurros tietoisuutta kestävän kehityksen mekanismeista?	1			3	3	1	3	1		3	3	1		3	1		3	1	1	1		
	Parantaako se paikallisesti tai globaalisti uusiutuvien raaka-aineiden tai kierrätyksen kilpailukykyä?	3	3		3	3	10	10			3	1			3	1			3	3	3		
	Vähentääkö teknologiamurros ympäristöä haittaavia päästöjä tai tehostaako se rajallisten resurssien käyttöä?	10	3		10	3	10	3	3	3					3		10	10	1	3			
	Helpottaako se ympäristöä kuormittavan kulutuksen, turismin ja tuotannon haittojen tekemistä näkyväksi?	1			1	1		3				1			10		-1	10	-1	1	3		
	Tukeeko teknologiamurros paikallista osaamista, kulttuuria ja työllisyyttä kestävää kehitystä edistävällä tavalla?		3	1	3	3	3	-1	1	3	-3	3			3	1	10			3	3		
13	**Toimia kiireellisesti ilmastonmuutosta ja sen vaikutuksia vastaan**	**3**	**1**	**1**	**3**	**10**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**-1**	**1**	**1**	**3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**3**	**1**	**2,2**	
	Kasvattaako teknologiamurros yhteiskuntien kestävyyttä ja sopeutumiskykyä ilmastonmuutoksen synnyttämissä olosuhteissa?		1	3	10	10	1	3		1	3	3	1	1	3	3	3	3	3	3	1		
	Helpottaako teknologiamurros yhteisöllisiä ja yhteiskunnallisia regulatiivisia toimia ilmastonmuutoksen hidastamiseksi ja ilmiöiden varhaiseksi havaitsemiseksi?	3	1		3	3	3	10	1	1	3	-3	1		3	3	1	3		3	1		
	Edistääkö se nopeiden ilmastonmuutoksen vastaisten toimien rahoitusta kehittyvissä maissa?	3				10	3	3				-3				3	-1			3			
	Edistääkö se ilmastotoimien läpinäkyvyyttä, suunnitelmallisuutta ja vaikuttavuutta?	3					3	3							10	1	-1	1		1	3		
14	**Säilyttää meret ja merten tarjoamat luonnonvarat sekä edistää niiden kestävää käyttöä**	**1**	**1**	**0**	**3**	**1**	**1**	**1**		**1**	**0**	**1**	**-1**	**0**	**0**	**3**	**1**	**0**	**1**	**1**	**3**	**1,1**	
	Auttaako teknologiamurros vähentämään merien saastumista?				3		1	1				3				3	1		3				
	Auttaako se vähentämään CO2-päästöjä ja merien happamoitumista?	3			3	3	3	1									1						
	Auttaako se vähentämään merien ravinnekuormaa?				3			1			1	-1			3	1		1		1	3		
	Edistääkö teknologiamurros rannikoiden ekosysteemien kestävyyttä?				3							-1				1				1	3		
	Auttaako se valvomaan ja vähentämään ylikalastusta?				3	1					3				3	1		1		3	3		
	Edistääkö teknologiamurros meritekniologian ja meriekosysteemeihin liittyvää tutkimusta tai merien biodiversiteettiä?					1					1				3	3							
	Edistääkö se pienten kalastusyksiköiden pääsyä markkinoille?		1						3			1			1	3			3	1			
15	**Suojella maaekosysteemejä, palauttaa niitä ennalleen ja edistää niiden kestävää käyttöä; edistää metsien kestävää käyttöä; taistella aavikoitumista vastaan; pysäyttää maaperän köyhtyminen ja luonnon monimuotoisuuden häviäminen**	**0**	**-1**	**0**	**10**	**-1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**3**	**-3**	**0**	**0**	**3**	**3**	**1**	**1**	**1**	**3**	**1**	**1,3**	
	Auttaako teknologiamurros säilyttämään tai palauttamaan maa- ja sisävesiekosysteemejä?				10	-1	3	1		1	3	-3			1				1	1			
	Edistääkö se ekosysteemien kestävää käyttöä, metsäpinta-alan kasvua tai kestävän käytön sekä suojelutoimien vahvistaa?		-1		3	-1					3	-3			3	1		3	1	3	3		
	Auttaako teknologiamurros torjumaan aavikoitumista, palauttamaan maaperän elinvoimaa, kasvattamaan biodiversiteettiä ja vähentämään sukupuuttoja?															3			1	1			
	Auttaako se tekemään ekosysteemien tilasta läpinäkyvän ja kehittämään suunnitteluprosesseja yhdessä köyhyyden vähentämistavoitteiden kanssa?								1	1	3	-3			10	3	3	3	3	3	3		
16	**Edistää rauhanomaisia yhteiskuntia ja taata kaikille pääsy oikeuspalveluiden pariin; rakentaa tehokkaita ja vastuullisia instituutioita kaikilla tasoilla**	**3**	**-3**	**-1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**3**	**-3**	**3**	**1**	**3**	**1**	**10**	**3**	**-1**	**10**	**3**	**3**	**3**	**2,0**	
	Auttaako teknologiamurros vähentämään väkivaltaa tai sen uhkaa?	3	-3					1		-3	3	-3	3	3	10		-1	10	1	3			
	Auttaako se vähentämään altistusta, hyväksikäyttöä ja ihmiskaupaa?	1				1					3	3	1	1	3	10		1	1	1			
	Helpottaako teknologiamurros pääsyä oikeusjärjestelmän piiriin ja helpottaako se oikeuden toteutumista?	1	1	-3		1			3	-3	3	-3	3		10	3	-1	10	3	1	3		
	Auttaako se organisoidun rikollisuuden vähentämisessä tai rikollisuuden vaikutusten vähentämisessä?	3	-3	-1		1		3	3	-3		-1			10			10	3	1			
	Lisääkö teknologiamurros organisoidun toiminnan läpinäkyvyyttä ja vähentääkö se korruption mahdollisuutta?	1		-3				3	3	-1	3				10		-1	3	3	3	10		
	Lisääkö se osallistumismahdollisuuksia päätöksenteon eri tasoilla?	1		3		1		-3		3	-3	3			10	3	-1	3	3	3	10		
	Edistääkö teknologiamurros kansalaisvapauksia ja kansalaisten pääsyä informaatioon?	1		1	3	3		1			3	10	3		10	10		10	3		3		
17	**Tukea vahvemmin kestävän kehityksen toimeenpanoa ja globaalia kumppanuutta**	**3**	**3**	**1**	**1**	**3**	**1**	**3**	**3**	**3**	**3**	**-3**	**1**	**0**	**10**	**10**	**1**	**3**	**3**	**1**	**1**	**2,6**	
	Edistääkö teknologiamurros kehittyvien maiden kykyä hankkia teknologiasta ja innovaatio-osaamista?	-3		3		3	-1	3	3	3	3	3	3		3	10			3	3	1	3	
	Edistääkö se kehittyneiden maiden halua tukea kehittyvien maiden kestävän kehityksen hankkeiden rahoitusmahdollisuuksia?	3	3		3	3		3	1	1	3	-1			3	3	3	3	10	1			
	Edistääkö se kehittyvien maiden talouden ja viestinnän rakenteita tai helpottaako se näiden rakenteiden kehittymistä?	3	3			3		3	3	3	3				10	10	3	3				1	
	Edistääkö se kestävän kehityksen kansallisten yhteistyörakenteiden syntyä?		3					3	1	1		-3	1		3			3	1	1	3		
	Helpottaako teknologiamurros kestävän kehityksen tavoitteiden seuraamista ja siihen liittyvää tilastointia ja kansainvälistä osaamisvaihtoa?	1					3	3	1	3	3	-3	1		10	3		10					
	Päätason vaikutusten keskiarvo	**2,94**	**1,41**	**2,06**	**3,76**	**3,88**	**2,00**	**1,88**	**2,06**	**2,59**	**3,18**	**1,35**	**2,06**	**1,35**	**3,88**	**4,18**	**1,12**	**2,82**	**1,94**	**2,18**	**1,47**		
	Pisteytys perustuu kunkin kuvatun teknologiamurroksen arvioituun merkitykseen suhteessa kuhunkin teknologiamittariin ja arvonluontiverkoston rooliin	**(+/-) 1 selkeä rajattu merkitys** **(+/-) 3 osittainen ratkaiseva tai laaja merkitys** **(+/-) 10 ratkaisevan laaja/potentiaalinen merkitys**																						