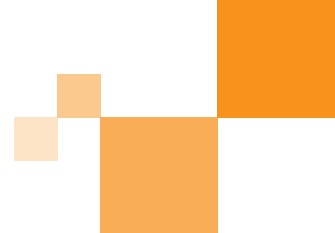




INVESTOINNEILLA KESTÄVÄÄ KASVUA JA HYVINVOINTIA TEKNOLOGIAMURROKSISTA

Harri Kaartinen
Maria Kopsakangas-Savolainen
Heli Koski
Ilkka Lakaniemi
Martti Mäntylä
Rauli Svento
Armi Temmes
Tuuli Turja



1. TAUSTAA

Teknologiamurrokset vaikuttavat talouteen, liiketoimintaan ja ihmisten elämään. Teknologiamurroksia leimaavat ennakoimattomat kehityskulut ja epävarmuus. Teknologian lisäksi muuttuvat markkinat, toimijat, arjen käytännöt ja poliittiset ohjauskeinot. Teknisten kysymysten lisäksi on ymmärrettävä moninaisia yhteiskunnallistaloudellisia mekanismeja, jotka vaikuttavat murrosten suuntaan ja toteutumiseen. Suomella olisi erinomaiset mahdollisuudet hyödyntää teknologiamurroksia liittyen digitalisaatioon, tekoälyyn, automatisaatioon ja robotiikkaan, energiamarkkinoiden murrokseen sekä alustatalouteen. Tämä vaatii kuitenkin oikeanlaisia toimia, ja myös potentiaalsiin tuleviin uhkiin varautumista.

Suomen Akatemian yhteydessä toimivan strategisen tutkimuksen neuvoston kuusivuotinen Teknologiamurrokset ja muuttuvat instituutiot -ohjelman käynnistyessä vuonna 2015, puheet energiamurroksesta olivat vielä marginaalisia ja digiloikkaan oli yhä matkaa. Niin energiamurros kuin digitalisaatiokin ovat ottaneet merkittäviä askeleita eteenpäin, mutta paljon on vielä tehtävää.

Suomessa investoinnit tuotannolliseen pääomaan ovat kasvaneet vuoden 2016 jälkeen vähemmän kuin EU- tai OECD-maissa keskimäärin. Bruttopääoman muodostuksen kasvu oli Suomessa vuosina 2017-2020 keskimäärin 1%, kun se oli EU-maiden joukossa keskimäärin 4% ja OECD-maissa 3,4%. Vuosina 2019 ja 2020, jo ennen koronaviruksen alkua, investoinnit eivät kattaneet edes pääoman kulumista. Huolestuttavinta on se, että investoinnit tuottavuuden kasvua eniten lisäävissä luokissa, henkisissä omaisuustuotteissa kuten t&k-panostukset ja ICT-investoinnit, laskivat 2010-luvun aikana. Viime aikoina on nähty merkkejä investointien virkistymisestä, joilla toivottavasti estetään pääomakannan vanhenemisen ja supistumisen jatkuminen, talouden rakennemuutoksen hidastuminen ja tuotantopotentiaalin heikkeneminen.

Teknologiamurrosten hyödyntäminen edellyttää sitä, että investoinnit erityisesti henkisissä omaisuustuotteissa saadaan vahvaan nousuun. Hiilineutraalisuustavoitteita ei saavuteta eikä sote-palveluita tehosteta vanhoilla teknologioilla. Digiloikkaa on jo otettu monilta osin, mutta tarvitaan lisäksi kestäväällä tavalla tehtyjä investointeja erilaisiin digitaalisiin ratkaisuihin ja datan sekä paikallisten että globaalien alustojen hyödyntämiseen.

Hankkeista nousevat seuraavat keskeiset vaatimukset aihepiireittäin, ilman arvioita tärkeysjärjestyksestä, teknologiamurrosten hyödyntämiseen Suomessa:

- ▶ Suomalaisten yritysten kannattaa osallistua globaaleihin ekosysteemeihin ja rakentaa omia, sisäisiä ekosysteemejään sekä hyödyntää uusia alustapohjaisia innovaatioprosesseja.
- ▶ Suomen tulee panostaa innovatiiviseen ja turvalliseen paikkatiedon ekosysteemiin ja hyödyntää sitä kansallisvarallisuuttamme koskevan päätöksenteon tukena.
- ▶ Robotiikan käyttöönotto sote-alalla vaatii järjestelmällistä arviointia investointien tavoitteiden täyttymisestä kestävästä kehityksen näkökulmasta.
- ▶ Kaupunkien hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi on investoitava polttamiseen perustuttomiin kaukolämpöjärjestelmiin, rakennusten energiankulutuksen vähentämiseen ja omaan energiantuotantoon.
- ▶ Kulutusjouston laajamittainen hyödyntäminen edellyttää investointeja automatisointiin. Kulutuksen joustavuus nopeuttaa vaihtelevan energiatuotannon markkinoille tuloa ja lisää kustannustehokkuutta.



2. KORONAKRIISIN DIGILOIKALLA TUOTTAVUUTTA LISÄÄVIIN TOIMINTATAPOIHIN

SARS-CoV-2 -viruksen aiheuttamalla kriisillä tulee olemaan pitkäaikaisia vaikutuksia - emme palaa alkupisteesseen. Kuluttajakäyttäytymisessä on tapahtunut selkeä muutos. Eurostatin mukaan vuonna 2018 Internetin kautta oli tehnyt ostoksia 51% suomalaisista, kun vuonna 2020 verkosta ostaneiden suomalaisten osuus oli 76%. Tilastokeskuksen mukaan Suomessa etätyön teko liki kaksinkertaistui vuonna 2020. Eurofoundin vertailussa Suomi oli EU-maiden kärjessä etätyöhön siirtyneiden työntekijöiden osuudessa (59%). Saatu kokemus avaa uusia mahdollisuuksia työn uudelleen organisoinnille ja ulkoistamiselle.

Koronakriisin alkuvaiheessa monet yritykset kokivat toimitusvaikeuksia, kun kiinalaiset alihankkijat joutuivat sulkemaan ovensa. Kriisistä saadun kokemuksen perusteella monet yritykset arvioivat uudestaan toimitusketjujensa häiriönsietokyvyn ja toteuttavat tarpeellisia muutoksia. Odotukset laajasta valmistavan työn kotiuttamisesta ovat kuitenkin yllimitoitettuja.

Työpaikkojen ja tehtaiden avaaminen uudessa tilanteessa korostaa joustavuuden, sopeutumisen ja toimintatapojen uudistamisen merkitystä. Tämä luo lähtökohdat digitalisaation ja automaation seuraavalle aallolle teollisuudessa. Parhaat yritykset tulevat löytämään tapoja esimerkiksi 3D-tulostuksen ja AR/VR-tekniikoiden soveltamiseen siten, että matkustusrajoitusten pullonkauloja teollisten järjestelmien ylläpito- ja asennustyössä voidaan välttää.

Gloaali keskustelu on siirtynyt kohti digitaalisten teknologioiden (esim. erilaisten alustaratkaisujen) hyödyntämistä vastaamaan globaaleihin haasteisiin kuten pandemia ja ilmastonmuutos. Alustatalouden aiempi liiketoimintamalleihin keskittynyt tutkimus on jo mukana suunnittelemassa uusia, kaikkia osapuolia hyödyntäviä alustatoimintamalleja, joiden hyödyt jakautuvat tasaisemmin ja vaikuttavat yhteiskunnalliseen kehitykseen monialaisesti: taloudelliseen kehitykseen, hyvinvointiin ja ihmisten osaamisen kehittämiseen. Nämä uudet toimintamallit toimivat myös Suomen taloudellisen kilpailukyvyn ajureina ja valmistavat maamme yrityskenttää tilanteeseen, missä eri toimialoilla olevat yritykset voivat yhä paremmin vaikuttaa mitä teknologioita otetaan käyttöön ja miten digitaaliset teknologiat voivat vaikuttaa niiden liiketoimintaan, työvoiman kehitykseen ja liiketoimintaympäristön muokkautumiseen.

Digitaalinen alustatalouden murros tuo suomalaisten toimijoiden ulottuville niin globaalit kuin paikallisetkin ekosysteemit, jotka täydentävät toisiaan. Suomalaisten yritysten kannattaa osallistua sekä globaaleihin ekosysteemeihin että rakentaa samanaikaisesti omia, sisäisiä ekosysteemejään. Kasvun mahdollistavat globaalien resurssien kuten tekoälyn ja datatyökalujen hyödyntäminen.

Liiketoimintaa ei kannata kuitenkaan rakentaa pelkästään alustojen varaan. Yritykset tarvitsevat hybridi-strategioita ja -ratkaisuja, joihin sisältyy fyysisiä tuotteita, tietointensiivisiä palveluita, digitaalisia jakelu- ja analyysijärjestelmiä sekä vähähiilisiä tuotanto- ja tuoteportfolioita.

Olemme tottuneet ajattelemaan, että innovaatioiden synnyttäminen onnistuu parhaiten eri ihmisiä ja heidän osaamistaan yhdistävässä kasvokkaisessa vuorovaikutuksessa, joka saa vauhtia avoimuudesta ja keskinäisestä luottamuksesta. Pandemia pakottaa kehittämään uusia innovoinnin muotoja, jotka vähentävät vuorovaikutuksen tarvetta tai tekevät siitä turvallista. Nopeat omaksujat, innovoijat ja soveltajat saavat etumatkaa hitaampiin nähden. Alustapohjaiset innovaatioprosessit tehostavat toimintaa ja madaltavat innovaatiokustannuksia.

Olemme tottuneet ajattelemaan, että innovaatioiden synnyttäminen onnistuu parhaiten eri ihmisiä ja heidän osaamistaan yhdistävässä kasvokkaisessa vuorovaikutuksessa, joka saa vauhtia avoimuudesta ja keskinäisestä luottamuksesta. Pandemia pakottaa kehittämään uusia innovoinnin muotoja, jotka vähentävät vuorovaikutuksen tarvetta tai tekevät siitä turvallista. Nopeat omaksujat, innovoijat ja soveltajat saavat etumatkaa hitaampiin nähden. Alustapohjaiset innovaatioprosessit tehostavat toimintaa ja madaltavat innovaatiokustannuksia.

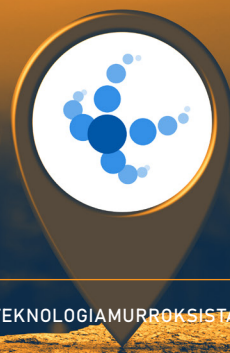
3. PAREMPIA PÄÄTÖKSIÄ PAREMMILLA PAIKKATIEDOILLA

Suuri osa etenkin julkishallinnon tuottamasta tiedosta on paikkatietoa – tietoa, johon liittyy jokin sijainti. Paikkatietoalan globaali arvo oli 327,5 miljardia euroa vuonna 2019. Tuoreen raportin mukaan Hollannissa paikkatietoteollisuuden arvoksi on arvioitu 1,05 miljardia euroa, ja koko paikkatiedon taloudellinen vaikutus on 35,5 miljardia euroa (Geospatial Media and Communications, 2021). On arvioitu, että paikkatietojen käytön taloudellisista hyödyistä on Suomessa saavutettu vasta noin viidesosa. Jotta paikkatiedoista saadaan optimaalinen hyöty kansantalouteen ja kestäväan kehitykseen, tarvitaan investointeja paikkatietoekosysteemin kehittämiseen, tutkimukseen ja koulutukseen yhteistyössä julkisen hallinnon ja yritysten kanssa. Aineistojen avoimuudella ja yhteiskäyttöisyydellä voidaan saavuttaa merkittäviä etuja, mutta samalla on huolehdittava ettei näistä aiheudu uhkaa turvallisuudelle eikä yksilönsuojalle. Lainsäädännön tulee pysyä uusien teknologioiden vauhdissa.

Paikkatietoteollisuuden tavoitavuus ja panos koko talouteen lisääntyy merkittävästi kasvavan digitaalisen infrastruktuuriekosysteemin vuoksi. Paikkatietoteollisuuden hyödyn maksimointi riippuu pitkälti siitä, miten paikkatiedot ja niihin läheisesti liittyvät teknologiat, kuten tekoäly, koneoppiminen ja esineiden internet (IoT), pystyvät tukemaan ja täydentämään toisiaan. Nämä teknologiat ovat merkittäviä paikkatietoalan muutoksissa tulevaisuudessa. Koska paikkatietoteollisuus käsittelee pääasiassa valtavia tietomääriä, tekoäly ja koneoppiminen ovat kriittisiä työkaluja valtavien tietovarastojen käsittelyyn ja oikeaan tulkintaan.

Oikein tulkitut, laadukkaat paikkatiedot mahdollistavat paremman päätöksenteon. Uudet paikkatietoteknologiat mahdollistavat aiempaa tarkemman, yksityiskohtaisemman ja ajallisesti nopeammin toteutettavan ja toistettavan tiedonkeruun. Yhdessä tulkintamenetelmien kehityksen kanssa nämä takaavat esimerkiksi paremmat lähtökohdat ennustemallien luomiseen. Näitä tietoja voidaan hyödyntää vaikkapa metsävaraininventoinnissa (esim. Hyyppä et al., 2021), kaupunkimallinnuksessa (esim. Julin et al., 2018) sekä sähkö- ja tieverkoston kustannustehokkaassa ylläpidossa (esim. Lehtomäki et al., 2019) – kaikessa kansallisvarallisuuteemme liittyvässä päätöksenteossa.

IoT-anturit luovat paikannusanturien verkon, joka mahdollistaa tarkan paikannuksen jakamisen reaaliajassa. IoT-antureiden ja mittaussensoreiden keräämä data, kun sitä käytetään yhdessä paikkatietojärjestelmän kanssa, tarjoaa tietoon perustuvia analyysejä eri tarpeisiin, kuten kaupunkisuunnitteluun, älyliikenteeseen sekä infrastruktuurin kehittämiseen, mukaan lukien älykaupungit. Vuonna 2018 julkaistun Paikkatietopoliittisen selonteon visiona on, että Suomessa on maailman innovatiivisin ja turvallisimman paikkatiedon ekosysteemi (Paikkatietopoliittinen selonteko, 2018). Tästä näkökulmasta myös paikkatietoteknologiamurros on ratkaisevan tärkeä paikkatietoalan ekosysteemin kasvun kannalta. Uudet tekniikat, mukaan lukien IoT, ovat myös digitaalisen kaksosen teknologian ytimessä, mikä on maailmanlaajuisesti tunnustettu yhdeksi tulevaisuuden valtateknologioista.



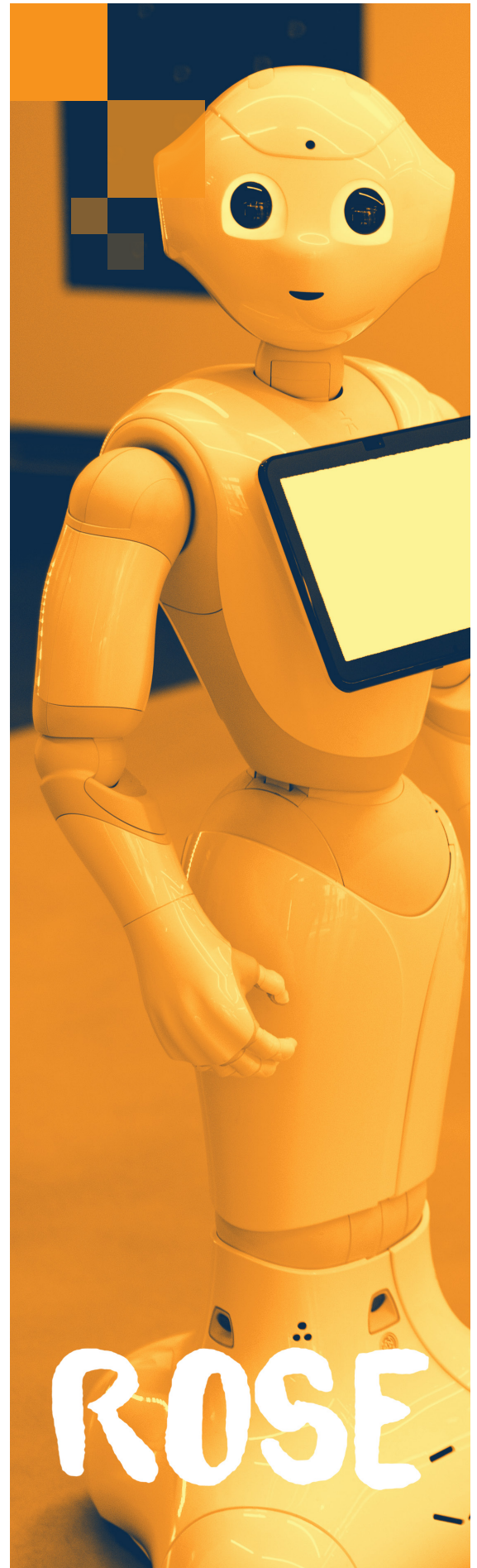
4. SOTE-ALAN ROBOTTIEN KÄYTTÖÖNOTTOA ARVIOITAVA KESTÄVÄN KEHITYKSEN NÄKÖKULMASTA

Roboteilla odotetaan olevan nykyistä huomattavasti merkittävämpi rooli sosiaali- ja terveystaloudessa 10-20 vuoden kuluessa (Niemelä ym., 2021). Tähän sisältyy kuitenkin erityisiä haasteita, jotka kumpuavat sekä sote-alan erityispiirteistä että yhteiskunnallisista ja globaaleista muutosvirroista (Särkikoski ym., 2020). Tällaisia muutosvirtoja ovat hoitoalan työvoimatarjonnan ja koulutustarpeiden muutokset, teknologian kehitys, julkistalouden kehitys sekä ilmastonmuutos ja siihen linkittyvät materiaaliset teknologiatuotannon, -kulutuksen ja -kierrätyksen kysymykset.

Jotta robottien käyttöönotto sote-alalla vastaisi näihin haasteisiin taloudellisesti, ekologisesti ja sosiaalisesti kestäväällä tavalla, ehdotetaan erityisesti julkisten robottihankintojen yhteydessä järjestelmällistä arviointia siitä, kuinka investoinnin tavoitteet täyttyvät myös kestävä kehityksen näkökulmasta.

Kestävän robotiikan arviointimallin pohjana voidaan käyttää kansallista Digi-HTA-arviointimenetelmää, jolla mitataan yritysten sote-alalle tarkoitettujen teknologiaratkaisujen soveltuvuutta. Kyseistä arviointikriteeristöä ehdotetaan laajennettavaksi seuraavilla kestävä kehityksen kriteereillä: i) taloudellinen kestävyys, ii) sosiaalinen kestävyys, ja iii) ekologinen kestävyys.

Taloudellisen kestävyys tarkastelu täydentää Digi-HTA:n sisältämää kustannustehokkuusarviota arvioimalla kyseessä olevan robottiteknologian kehityssuuntia ja skaalautuvuusmahdollisuuksia. Sosiaalisen kestävyys osalta arvioidaan erityisesti sitä, kuinka kyseinen robottiteknologia soveltuu osaksi arjen käytäntöjä ja palvelutoimintaa sekä sen edellytyksiä täydentää sote-alan resursseja säilyttämällä kuitenkin eettiset normit ja standardit, joihin esimerkiksi eri ammattiryhmät ovat sitoutuneet. Ekologisen kestävyys osalta arvioidaan robotisoinnin vaikutuksia ilmastonmuutokseen (esim. robotin merkitys matkustustarpeen vähentäjänä) ja luonnonvarojen käyttöön (esim. energiantarve ja -lähteet) verrattuna nykyisiin järjestelmiin tai käytäntöihin.



5. ENERGIAMURROS VAATII INVESTOINTEJA HIILINEUTRAALIUTEEN JA AUTOMAATIOON

Energiamurroksen merkkipaalut ja seuraavat askelmerkit

Teknologiamurros sekä ilmastonmuutoksen luomat muutostarpeet ovat käynnistäneet globaalin energiamurroksen, jonka vaikutukset näkyvät myös suomalaisessa energiajärjestelmässä. Käynnissä oleva energiamurros muokkaa paitsi energian kulutus- ja tuotantotapoja, myös perinteisiä toiminta- ja ajattelumalleja (Matschoss ja Heiskanen, 2018).

Polttamiseen perustamattoman kaukolämpöjärjestelmän edistäminen on avain kaupunkien hiili-neutraaliustavoitteiden saavuttamiseen. Kaukokylmä, hukkalämmön talteenotto, suuren kokoluokan maalämpöpumput, kausivarastointi ja niin kutsutut energiapositiiviset alueet tulevat muuttamaan kaukolämpöverkkoja (Rinne ym., 2019). Kaukolämmön murros vaatii merkittäviä investointeja.

Taloyhtiöiden energiaremonttien kokonaisratkaisut ja konsultointipalvelut ovat olleet toistaiseksi hankalia ja kalliita. Niitä tulee edistää varmistamalla suunnittelun saatavuus. Julkisen hallinnon tulee tarjota riittävää neuvontaa ja huolehtia tukijärjestelmien jatkokehityksestä, sillä taloyhtiöt ovat eriarvoisessa asemassa energiahankkeiden suunnittelun ja rahoituksen suhteen.



Rakennusten energiankulutuksen vähentäminen ja oman energiantuotannon edistäminen ovat nousseet energiamurroksen keskiöön. Energiasyhtöisölainsäädännön kehittyminen ja niin kutsutun hyvityslaskentamallin salliminen ovat mahdollistaneet taloyhtiöiden ryhtymisen aurinkosähkön tuottajiksi. Myös alueelliset ratkaisut kehittyvät ja etenkin suuremmissa kaupungeissa on alettu lähestyä taloyhtiöitä alueellisen yhteistyön näkökulmasta. Taloyhtiöt voivat esimerkiksi toteuttaa yhteisiä maalämpöön, lämmön varastointiin tai sähköautojen lataukseen liittyviä ratkaisuja (Reda ja Zarrin, 2019). Aurinkoenergiayhteisöjen ja kaukolämpöverkkoon liitettyjen lämpöpumppujen määrän kasvu kertoo myös energiajärjestelmämme hajaantumisesta.

Teknologioiden kehittyessä ja lainsäädännöllisten esteiden vähetessä nousee tarve kehittää uusia liiketoimintamalleja energiamurroksen edistämiseksi. Rakennusten ja kaukolämpöjärjestelmien yhteispeli vaatii uusia hinnoittelua ja sopimusmalleja sekä verkon hyvää ohjausta. Kulutusjouston palvelujen tulee

ottaa huomioon, että hyöty jakautuu kuluttajan lisäksi energian tuottajalle ja koko energiajärjestelmälle. Liiketoimintamalli-innovaatioiden syntyminen tarvitaan sekä nykyisiä että uusia toimijoita mahdollisimman laajoilla ja vapailla markkinoilla (Ruggiero ym., 2020).

Säätelyn merkitys energiamurroksen tukemisessa ja ohjaamisessa on ymmärretty yhteiskunnassa aiempaa paremmin. EU:n tasolla vuoden 2016 julkistettu energiajärjestelmän hallintamalli on muodostanut pitkäjänteisen kehikon lainsäädännön valmistelulle, joka on tukenut kansallisessa hallinnassa muun muassa hyvityslaskentamallin ja energiayhteisönsäätelyn toimeenpanoa. Samoin energiamurros on vahva elementti vihreän kasvun ja vihreän elvytyksen ohjelmien toimeenpanossa. Säätelyn toimeenpanossa, seurannassa ja arvioinnissa on kuitenkin vielä merkittävästi kehitettävää, jotta energia- ja ilmastotavoitteisiin päästään tehokkaalla, läpinäkyvällä ja reilulla tavalla.



Vaihteleva energiantuotanto vaatii kulutuksen joustavuutta

Uusiutuvat sääriippuvaiset tuotantotavat saavat aikaan teknologiamurroksen koko energiamarkkinan toiminnassa. Perinteisten voimaloiden kustannuksiin perustuva käyttöjärjestys murtuu. Sähköä on perinteisesti tuotettu aina, kun sitä on tarvittu. Uusi tilanne kääntää vanhan tuotantologiikan pääläelleen: sähköä on käytettävä enenevässä määrin tarjonnan mukaan eli silloin, kun tuulee tai paistaa. Kustannustehokas varastointitekniikka tulee ajallaan tämän logiikan murtamaan, mutta tuo murros ei aivan heti ole käsillä.

Sähköjärjestelmän kuten myös yksittäisten sähkön kuluttajien on varauduttava ja vastattava toteutuvaan teknologiamurrokseen. Pohjoismaisella sähkömarkkinalla voidaan yhdistää kulutusjousto ja vesivoiman säädettävyyttä uusiutuvan energian vaihtelevuuden synnyttämän epävarmuuden ja kustannusten hallintaan. Nopeasti säätyvää sähkön tuotantoa on käytettävä tehokkaasti vastinparina vaihtelevalle uusiutuvan energian tuotannolle huomioiden myös sääntelyn aiheuttamat ympäristövaikutukset (Huuki ym. 2020a). Vaihtelevuuteen yhdistyvän vastaavuuden huomioiminen tehostaa selvästi koko sähköjärjestelmän toimintaa ja pienentää ajomurroksen aiheuttamia kustannuksia (Huuki ym., 2020b).

Tutkimuksemme osoittaa, että kulutuksen joustavuus nopeuttaa vaihtelevan energiatuotannon markkinoille tuloa ja siten lisää kustannustehokkuutta. Automatisointi on ehdoton edellytys kulutusjouston laajamittaiseen hyödyntämiseen. Kuluttajien on kuitenkin samalla opittava aktiivisesti seuraamaan sähkön kulutustaan - digitalisaation läpimurto mahdollistaa kulutusseurannan erinomaisesti. Pandemian opettama digikäyttäytyminen voi ulottua myös vierailuille oman sähkön toimittajan verkkosivuille. Aktiivisesti omaa kulutustaan seuraavat kotitaloudet myös omaksuvat tehokkaimmin heille suunnatut kulutuskäyttäytymisen muutosohjeet. Viranomaisten tulee tehostaa ja suunnata energianeuvontaa juuri tähän digitalisaation mahdollisuuksia hyödyntävään suuntaan (Ruokamo ym., 2020).



6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Erilaiset teknologiamurrokset etenevät hyvin eritahtisesti, ja muutosten nopeuteen liittyy aina epävarmuutta ja ennakoimattomuutta. Koronapandemia sysäsi digitalisaation hyödyntämisen hyvin lyhyessä ajassa valtaisaan tasoloikkaan. Alustatalouden innovaatioekosysteemien sekä paikkatiedon ekosysteemin kehitys hyötyi tästä sysäyksestä. Ilmastonmuutoksen haasteisiin vastaaminen on kiihdyttänyt energia-alan murrosta. Robotiikasta hoivapalveluissa on hypetetty pitkään, mutta näillä näkymin on realistista odottaa niiden roolin kasvavan merkittäväksi vasta 10-20 vuoden kuluessa.

Teknologiamurrokseen, niiden etenemiseen ja siihen, kuinka saamme uusista teknologioista parhaan hyödyn irti, voidaan vaikuttaa investoinneilla. Yritysten investointikannustimet, erityisesti tutkimukseen ja kehitykseen, ovat keskeisessä roolissa, ja niihin voidaan vaikuttaa muun muassa innovaatio-, teknologia-, ja kilpailupolitiikalla. Myös julkisen sektorin investoinnit ovat tärkeitä. Kaupunkien hiilineutraaliustavoitteiden saavuttaminen vaatii investointeja polttamiseen perustumattomiin kaukolämpöjärjestelmiin. Väestön ikääntyminen ja kestävyysvaje lisäävät painetta investointeihin, jotka tehostavat toimintaa, kasvattavat tuottavuutta ja takaavat palveluiden laadun ja saatavuuden. Investointeja tarvitaan sekä sosiaaliseen infrastruktuuriin (esim. koulutus ja terveydenhuolto) että tekniseen infrastruktuuriin (esim. paikkatietoinfrastruktuuriin). Investointien toteuttaminen taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestäväällä tavalla vaatii huolellista ennakoarviointia.

Teknologiamurrokset haastavat lainsäädännön ja innovaatiopolitiikan. Poliittisten prosessien ja lainsäädännön jähmeys vastata tarvittavalla nopeudella nopeisiin muutoksiin toimintaympäristössä on nähty yhdeksi ongelmaksi. Teknologiamurroksista hyötyminen edellyttää monitieteistä ymmärrystä ja eri alojen asiantuntijoiden vuoropuhelua. Yksittäisten tieteenalojen tutkimuksista syntyvä ymmärrys on liian kapea-alaista. Teknologisesta näkökulmasta tehokkaimmat ratkaisut eivät ole välttämättä kokonaishyvinvoinnin näkökulmasta parhaita pitkällä aikavälillä. Jatkossakin tarvitaan teknologiamurroksia käsittelevää poikkitieteellistä (mm. insinööritieteet, sosiologia, taloustieteet, humanistiset tieteet) tutkimusperusteista tietoa ja sen käyttöä päätöksenteon tukena.



KIRJALLISUUS

Geospatial Media and Communications (2021). The Netherlands Geolocation Economy report
<https://geospatialmedia.net/reports/the-netherlands-geolocation-economy-report/>

https://www.aka.fi/globalassets/3-stn/1-strateginen-tutkimus/tiedon-kayttajalle/politiikkasuositukset/politiikkasuositukset/20_12_hiilineutraalisuuden_toteutuminen_edellyttaa_joustavuutta.pdf

Huuki, H., Santtu Karhinen, S., Böök, H., Lindfors, A.V., Kopsakangas-Savolainen, M. & Svento, R. (2020a). Utilizing the flexibility of distributed thermal storage in solar power forecast error cost minimization, Journal of Energy Storage, 28, <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101202>.

Huuki H., Karhinen, S., Kopsakangas-Savolainen M. & Svento, R. (2020b). Flexible demand and supply as enablers of variable energy integration, Journal of Cleaner Production, 258, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120574>.

Ruokamo, E., Meriläinen, T., Karhinen, S., Räihä J., Suur-Uski, P., Leila Timonen, L. & Svento, R. (2020). Informaatio-ohjauksen vaikutukset kotitalouksien sähkönkulutukseen – oppeja satunnaiskokeilusta. Helsinki: Motiva

Hyypä, E., Hyypä, J., Hakala, T., Kukko, A., Wulder, M.A., White, J.C., Pyörälä, J., Yu, X., Wang, Y., Virtanen, J.-P., Pohjavirta, O., Liang, X., Holopainen, M., Kaartinen, H. (2020). Under-canopy UAV laser scanning for accurate forest field measurements, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 164, p. 41-60.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.03.021>.

Julin, A., Jaalama, K., Virtanen, J.P., Pouke, M., Ylipulli, J., Vaaja, M., Hyypä, J., Hyypä, H. (2018). Characterizing 3d city modeling projects: Towards a harmonized interoperable system. ISPRS International Journal of Geo-Information. 7(2), 55. DOI: 10.3390/ijgi7020055

Lehtomäki, M., Kukko, A., Matikainen, L., Hyypä, J., Kaartinen, H., Jaakkola, A. (2019). Power line mapping technique using all-terrain mobile laser scanning. Automation in Construction 105, 102802.

Matschoss, K., & Heiskanen, E. (2018). Innovation intermediary challenging the energy incumbent: enactment of local socio-technical transition pathways by destabilisation of regime rules. Technology Analysis & Strategic Management, 30 (12), 1455-1469.

S, M., Heikkinen, S., Koistinen, P., Laakso, K., Melkas, H., & Kyrki, V. (eds.) (2021). Robots and the Future of Welfare Services – A Finnish Roadmap. Aalto University publication series CROSSOVER, 4/2021. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-64-0323-6>

Paikkatietopoliittinen selonteko (2018). Maa- ja metsätalousministeriön julkaisuja 4a/2018.
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-453-978-4>

Reda, F. & Zarrin, F. (2019). Northern European nearly zero energy building concepts for apartment buildings using integrated solar technologies and dynamic occupancy profile: Focus on Finland and other Northern European countries. Applied Energy 237, 598-617.

Rinne, S., Auvinen, K., Reda, F., Ruggiero, S. & Temmes, A. (2019). Clean district heat – how can it work? Smart Energy Transition. Online: <https://aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/40756> (Accessed June 17th, 2020).

Ruggiero, S., Kangas, H.-L., Annala, S., Lazarevic, D. (2020). Beyond the niche-regime dichotomy: Business model innovation in demand response firms. Environmental Innovation and Societal Transitions 39, 1-17.

Särkikoski, T., Turja, T. & Parviainen, J. (toim.), (2020). Robotin hoiviin. Yhteiskuntatieteen ja näkökulmia palvelurobotiikkaan. Tampere: Vastapaino.