

ILMA-ALUSJÄRJESTELMÄ OSANA RAJAVARTIOLAITOKSEN LENTOTOIMINTAA 2030

Tulevaisuuden liikennejärjestelmien vaikutusarvio Rajavartiolaitoksen tehtäviin ja
teknologian vaikutus valtion ilmailussa



YAMK opinnäytetyö
Tulevaisuuden liikennejärjestelmä
kevät 2024
Atte Sievälä

Insinööri (ylempi AMK), Tulevaisuuden liikennejärjestelmät

Tiivistelmä

Tekijä Sievälä Atte

Vuosi 2024

Työn nimi Ilma-alusjärjestelmä osana Rajavartiolaitoksen lentotoimintaa 2030

Ohjaaja Ville Turunen

Rajavartiolaitos on suunnittelemassa lentotoimintaa 2030 luvulle. Lentotoiminta on ollut samankaltaista jo 80-luvulta, vaikka Rajavartiolaitoksen tehtävät ovat ajan saatossa muuttuneet. Samaan aikaan kun toimintatapoja on kehitetty ja ilma-aluksia päivitetty vastaamaan muutoksia on jatkuva tarve tarkastella tulevaisuuttakin kokonaisuuksina, joihin vaikuttaa sekä teknologia, että sen käyttöperiaatteet.

Tämä tutkimus pyrkii havainnollistamaan teknologian muutosta ja sen mahdollisia vaikutuksia Rajavartiolaitoksen lentotoimintaan 2030-luvulla. Teknologian vaikutus tulee kuitenkin ennakoida niin, että myös Rajavartiolaitokselle annetut vaikuttavuusvelvoitteet ja resurssit kohtaavat. Tähän liittyen esimerkiksi kehittyvää teknologiaa tulee voida käyttää myös lain ja asetusten mukaisesti.

Tutkimus paneutuu laadullisen kirjallisuusanalyysin avulla teknologia-ajureihin, joita Rajavartiolaitoksen tulee ymmärtää osana toiminnan kehittämistä. Liian myöhään omaksuttu teknologia voi aiheuttaa ylikuormittumisen myöhemmin. Organisaation jatkuva kyky seurata teknologian kehityssuuntia antaa sille mahdollisuuden kehittyä, hyödyntää niitä tavoitteellisessa ja tuloksellisessa toiminnassa sekä niiden vaikuttavuudessa.

Tutkimuksen käytännöllisemmässä osassa laadullinen teoria viedään henkilöstön arvioitavaksi laadullisessa puolistrukturoidussa kyselyssä, joka arvioidaan laadullisesti. Vartiolentolaivueen työntekijät ovat alansa asiantuntijoita eri henkilöstöryhmissä. Kysymällä heiltä teknologian vaikuttavuudesta päästään käsiksi merkityksellisiin teknologiakokonaisuuksiin, mitä henkilöstö näkee uhkana, mahdollisuutena ja kehitettävänä.

Tutkimuksen johtopäätöksenä on, että hyvin omaksuttu teknologia tuo tehokkuutta. Teknologian kehitys vaikuttaa sääntelyyn, toimintatapoihin, kustannuksiin ja henkilöstöön. Vaikka työtavat ja lentotoiminta ei tule muuttumaan 2030-luvulla ja sääntely mahdollistaa suunniteltujen järjestelmien käyttöönoton, on Rajavartiolaitoksen pystyttävä seuraamaan teknologian kehitystä ja huomioimaan henkilöstön valmiuden teknologian hyödyntämiseen. Muutoin teknologian kehitys voi aiheuttaa ylikuormitusta myöhemmässä vaiheessa.

Avainsanat Rajavartiolaitos, valtion ilmailu, tulevaisuuden teknologiat, ilma-alusjärjestelmä

Sivut 52 sivua ja liitteitä 1 sivu

The Finnish Border Guard is planning flight operations into the 2030s. Air operations have been similar since the 1980s, although the tasks of the Border Guard have changed over time. At the same time as operating methods have been developed and aircraft upgraded to reflect changes, there is a constant need to look at the future as entities that are affected by both the technology and its operating principles.

This study aims to illustrate the change in technology and its potential impact on the operations of the Border Guard in the 2030s. However, the impact of the technology must be anticipated so that the effectiveness obligations and resources given to the Border Guard also meet. In this context, for example, developing technology must also be able to be used in accordance with the law and regulations.

Through qualitative literature analysis, the research focuses on technology drivers that the Border Guard must understand as part of the development of operations. Technology adopted too late can cause overload later. The organization's continuous ability to at least follow the trends in technology enables the organization to develop and utilize them in goal-oriented and effective operations and its effectiveness.

In the more practical part of the study, the qualitative theory is taken to the staff for evaluation in a qualitative halfstructured questionnaire which is qualitatively evaluated. Air Patrol Squadron employees are experts in their field in different personnel groups and by asking them about the effectiveness of technology to access relevant technology entities and what the personnel sees as a threat, opportunity and development.

The conclusion of the study is that well-adopted technology brings efficiency. Technological developments affect regulation, policies, costs and personnel. Although working methods and flight operations will not change in the 2030s and regulation will enable the implementation of the planned systems, the Border Guard must be able to monitor the development of technology and take into account the readiness of personnel to utilize the technology. Otherwise, technological developments may cause congestion at a later stage.

Keywords State aviation, future technology, Aircraft system.

Pages 52 pages and appendices 1 page

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Aiheen valinta ja ajankohtaisuus	2
1.2	Työn keskeinen idea ja kuvaus työelämäyhteydestä.....	3
1.3	Opinnäytetyön tausta ja lähtökohdat.....	3
1.3.1	Keskeiset käsitteet	5
1.3.2	Aikaisemmat tutkimukset	6
1.4	Opinnäytetyön tavoite ja tutkimusongelma.....	9
1.5	Opinnäytetyön rakenne, menetelmät ja viitekehykset	10
2	Valtion ilmailun nykytila	12
2.1	Lait ja asetukset	12
2.2	Ilmailu vuosina 2020-2030	14
2.3	Strategia lentotoimintakonsepti 2030	14
3	Tulevaisuuden teknologiat	16
3.1	Virtualisointi ja tietojen digitointi	17
3.2	Tekoäly	18
3.3	Kaiken instrumentointi	19
3.4	Robotisoitu liikenne ja logistiikka	21
3.5	Robotisoitu tuotanto ja palvelut.....	22
3.6	Nanomateriaalit	23
3.7	Biotekniikka ja farmakologia.....	24
3.8	Energiateknologia	24
3.8.1	Tuotanto.....	25
3.8.2	Varastointi.....	27
3.8.3	Käyttö.....	28
3.9	Digitaaliset joukkoalustat.....	29
3.10	Tieto- ja viestintäteknikan rakenteiden maailmanlaajuistuminen	30
4	Teknologioiden kehityksen vaikutukset valtion ilmailuun	31
4.1	Kahvipöytäkyselyn suunnitelma – puolistrukturoitu kysely	31
4.2	Kahvipöytäkyselyn toteutus.....	32
4.3	Kahvipöytäkyselyn tulokset	34

4.3.1	Tekoäly	34
4.3.2	Automaatio (kaiken tiedon digitointi, instrumentointi, robotisointi)..	35
4.3.3	Muut teknologia-ajurit	37
4.3.4	Kyselyn kehittäminen	37
5	Tutkimuksen tulokset ja kehitysehdotukset	39
6	Johtopäätökset	41
6.1	Teknologiakehitys vaikuttaa valtion ilmailuun	41
6.2	Luotettavuus ja hyödynnettävyys	43
6.3	Jatkotutkimukset ja kehitystarpeet	44
	Lähteet.....	46

Liitteet

Liite 1	Kahvipöytäkeskustelun runkona käytetyt kortit – teknologia-ajurit
---------	---

1 Johdanto

Muistan kuulleen lentotekniikan opettajan kertomana, että lentokoneisiin teknologian innovaatiot tulevat aina viiveillä ja niiden käyttöönotossa ollaan äärimmäisen tarkkoja ja huolellisissa. Perustehan on helposti ymmärrettävissä, koska tekniikka ei ainoastaan hyödy maanpinnalle vaan ilmassa vikaantuessaan negatiiviset vaikutukset ovat todennäköisesti suuremmat. Ajatukseen ei pidä tarttua liian pitävästi. Samaan aikaan avaruus- ja sotilasilmailu hyödyntää jo nyt uusinta mahdollista teknologiaa ja kehittää sitä suurilla investoinneilla. Niinpä myös tavallisen insinöörin ja suunnittelijan kannattaakin turvallisen rutiinin lisäksi rohkeasti innovoida ja ottaa käyttöön uusimmat teknologiat myös arkisessa ilmailussa ja tässä yhteydessä myös valtion ilmailussa.

Risto Linturin julkaisussa ”*Technology as an enabler of sustainable well-being in the modern society*” teknologian kehitys on kuvattu eksponentiaalisesti kasvavaksi. Teknologiaan liittyviä innovaatioita ja julkaisuja on jatkuvasti enemmän. Samaan aikaan ymmärrys teknologian mahdollisuuksista, uhkista, muutoksista ja kehittymisen dynaamisuudesta on kasvanut. Keskeisenä hidasteena teknologian hyödyntämiselle on edelleen yhteiskunnan valinta hyödyntää tai olla hyödyntämättä teknologiaa. Lait ja määräykset, toimintatavat ja halu etenevät omia polkujaan ja pahimmillaan kasvattavat kuilua teknologian sopeuttamiseen yhteiskunnan hyvinvoinnin kasvattamiseksi. (Linturi, 2015)

Rajavartiolaitos toimii sisäisen ja ulkoisen turvallisuuden viranomaisena ja on osa eurooppalaista raja- ja merivartiostoa. Rajavartiolaitoksen tehtävien suorittamiseksi Rajavartiolaitos harjoittaa valtion ilmailua. Rajavartiolaitoksen ilmailu painottuu rajaturvallisuuden ylläpitämiseen, meripelastukseen, ympäristövahinkojen havaitsemiseen ja torjuntaan merialueilla sekä muiden viranomaisten tukemiseen. (Rajavartiolaki 15.7.2005/578)

Rajavartiolaitoksen ilmailu ja lentotehtävien suorittaminen on ilmailulain mukaisesti valtion ilmailua (Ilmailulaki 7.11.2014/864). Rajavartiolaitoksen strategiassa 2027 toiminnan lähtökohtana on mainittu muun muassa edistynyt tekniikka (Rajavartiolaitos, Rajavartiolaitoksen strategia 2027, 2017). Rajavartiolaitoksessa miehitettyä ilmailua toteuttava hallintoyksikkö on vartiolentolaivue (Rajavartiolaitos, Vartiolentolaivue, n.d.). Miehitettömiä UAS-järjestelmiä on käytössä maa- ja merivartiostoissa (Hirvi & Jalanne, 2022).

1.1 Aiheen valinta ja ajankohtaisuus

Rajavartiolaitos kehittää toimintaansa jatkuvasti muuttuvan toimintaympäristön, uhkien ja lakimuutosten mukaisesti huomioimalla sisäministeriön asettamien resurssien ja tulostavoitteiden reunaehdot. Rajavartiolaitoksen strategia ja Rajavartiolaitoksen päällikön toiminnan perusajatus ohjaavat suunnittelua. Rajavartiolaitoksen esikunta laatii määräajoin toimintaympäristö- ja riskianalyysin, jonka pohjalta toimintaa ohjataan haluttuun suuntaan. Rajavartiolaitoksen esikunta yhdessä vartiolentolaivueen kanssa suunnittelee ja valmistautuu hyvissä ajoin toiminnan muutoksiin erilaisilla selvityksillä toimintasuunnitelman laatimiseksi. Toimintasuunnitelmassa annetaan selkeät suuntaviivat seuraavaksi viideksi vuodeksi. (Rajavartiolaitos, 2022).

Toimintasuunnitelmasta löytyy useita kohtia, jotka tukevat tämän opinnäytetyön ajankohtaisuutta. Suunnitelmassa huomioidaan seuraavat suunnittelulähtökohdat: lentotoiminnan kehitys osana lentotoimintakonseptia, kevyiden helikopterien korvaamista koskeva tutkimus- ja selvitystyö, 1-2 luokan miehittämättömien ilma-alusten käytön kehittäminen ja raskaiden miehittämättömien ilma-alusten hankinnan käynnistäminen. Suunnittelun tulee huomioida Rajavartiolaitoksen ilmailun tavoitteet, suorituskykyvaatimukset ja käyttökelpoisuus, samoin ilmatilarakenteen ja käytön huomiointi lento- ja lennätystoiminnassa. (Rajavartiolaitos, 2022, ss. 10, 62)

”Suunnittelukauden aikana tehdään selvitys Rajavartiolaitoksen ilmailun tavoitteista, suorituskykyvaatimuksista ja käyttökelpoisista ilma-alusratkaisuista niiden täyttämiseksi 2020-luvun lopulta alkaen” (Rajavartiolaitos, 2022, s. 62).

”Ilmatilarakennetta ja sen käyttöä pyritään kehittämään huomioiden Rajavartiolaitoksen lento- ja lennätys- ja vastatoiminnan tarpeet” (Rajavartiolaitos, 2022, s. 10).

Toimintasuunnitelman ajankohtaisuuteen ja Rajavartiolaitoksen tarpeeseen sitoen tämän opinnäytetyön aiheena on arvioida tulevaisuuden liikennejärjestelmien teknologian kehityksen vaikutusta valtion ilmailuun.

1.2 Työn keskeinen idea ja kuvaus työelämäyhteydestä

Työn idea rakentui erilaisista keskusteluista työtehtävien lomassa. Mielenkiinto keskittyi kahteen vielä tarkemmin tutustumattomaan aiheeseen. Ensimmäisenä haluttiin selvittää erilaisten teknologioiden muutokset ja niiden hyödynnettävyys Rajavartiolaitoksen ilmailussa. Toisena tiedostettiin haaste sovittaa muutoksia olemassa olevaan toimintaan ja lainsäädäntöön. Keskusteluissa on noussut kysymys, mitä lentotoiminnassa ja sääntelyssä pitää pystyä muuttamaan, jotta teknologialla saavutettaisi paras hyöty organisaatiolle ja sitä kautta Suomen valtiolle.

Teknologioiden tarkastelussa erityisesti kiinnostaa kustannustehokkuus, vaikutus lentotoimintaan, vaikutus ympäristöön ja lakisääteisten tehtävien luotettavaan suorittamiseen kaikissa olosuhteissa ja vuorokauden aikoina. Teknologian monimutkaistessa ja automatisoitumisesta tulevat haasteet ja mahdollisuudet ovat nousseet esille kahvipöytäkeskusteluista, joita ei ole kirjoitettu muistiin.

Strateginen muutosjohtaminen toimintatavoissa ja määräyksissä on keskeisten uudistusten toteuttamista. Jotta uudella teknologialla saataisiin tehokas vaikutus, on pystyttävä havaitsemaan ja tunnistamaan nykytila ja sen edellyttämät muutokset. Muutoksissa on pystyttävä ennakoimaan vaikutukset niin palvelun kohteena oleville tahoille, kuin organisaation omiin työntekijöihin. (Arter, 2017)

Näiden kahden eri näkökulman mukaisesti tutkijana, suunnittelu-upseerina vartiolentolaivueessa, pyrin arvioimaan vaikutuksia valtion ilmailuun. Kuten Linturikin raportissaan tiivistää: Tulee jokaisen organisaation ymmärtää teknologia ja omaksua se nopeasti, jottei myöhemmin huku siihen (Linturi, 2015, s. 6).

1.3 Opinnäytetyön tausta ja lähtökohdat

Opinnäytetyön tausta muodostuu selvitystarpeesta huomioida ja havainnoida teknologian muutokset, uhkat ja mahdollisuudet osana ilma-alusjärjestelmää ja valtion ilmailua. Taustalla

on ennakoiti muuttuvan lentotoimintakonseptin ja ilma-alusjärjestelmä hankintojen mukaisesti.

Tutkimuksen yhtenä merkittävänä lähteenä on käytetty Suomen itsenäisyyden juhlarahaston (SITRAN) teettämää selvitystä teknologioiden tulevaisuudesta ja niiden vaikutuksesta yhteiskuntaan. Koska Sitran innovatiivinen ja tutkiva asenne tulevaisuuden arviointiin on kattava, ja vaikka tarkastelussa on keskitytty muuttuvaan tulevaisuuteen, on selvityksen havainnot hyväksytyt tutkijoiden keskuudessa, eikä kyseessä ole yhden tutkijan mielikuva. (Linturi, 2015)

Tutkija lähestyy omaa ongelmaansa Linturin jaottelun mukaisesti erilaisten teknologiakokonaisuuksien hahmottamisessa. Tutkija hyödyntää ”Selvityksen 103” rakennetta ja tutustuu ongelmaan kymmenen teknologiakokonaisuuden mukaisesti, joiden Linturi on nähnyt vaikuttavan yhteiskuntaan. Tutkijan mielestä jaottelu on otollinen myös tähän tarkasteluun ja olettamuksena oli, että nämä kehityssuunnat vaikuttavat myös valtion ilmailuun. Tutkija pyrki rakentamaan tiedonetsintänsä Linturin jaottelun mukaisesti. (Linturi, 2015)

Lähtökohtana on löytää teknologioiden kehityksestä keskeiset Rajavartiolaitoksen ilmailuun vaikuttavat tekijät, joiden käyttö on tulevaisuudessa organisaation elinehto. Näiden teknologioiden paras ja kustannustehokas käyttö edellyttää toimintatapojen ja määräyspohjien muutoksia. Jotta Rajavartiolaitos pystyisi osaltaan ennakoimaan tulevaisuutta, on lähtökohtaisesti tällä tutkimuksella tarkoitus kasvattaa ymmärrystä päätöksenteon tueksi tulevaisuuden suunnitelmia varten. Vaikka suoraa vaikutusta valtion ilmailuun ei teknologian kehityksellä olisi, voi kehitys vaikuttaa henkilöstön elämään ja siten myös välillisesti organisaatioon ja valtion ilmailuun.

Lähtökohtana tutkimusta lukevalle on syytä huomioida seuraava keskeinen ajatus. Tutkimuksessa lähestymistavaksi on valittu valtion ilmailu sidottuna Rajavartiolaitoksen toimintaympäristöön. Rajavartiolaitoksen lisäksi myös Finnhems ja lentopelastusseura sekä poliisi ja pelastustoimi harjoittavat valtion ilmailua. Tutkija tekee kuitenkin eron siviili-ilmailun ja valtion ilmailun välille. Valtion ilmailuun voidaan hyväksytyin poikkeuksin

myöntää siviili-ilmailussa ehdottomina oleviin määräyksiin vapautuksia muun muassa lentotoiminnan minimeihin tai ilma-aluksen varusteluun liittyen. Vaikka poliisi ja pelastustoimi käyttävät menestyksekkäästi tehtäviensä suorittamiseen miehittämättömiä ilma-aluksia (Poliisi, ei pvm) (Pelastusopisto, 2022), ei tutkija tarkastele vaikutusta näihin toimijoihin. Poliisille on annettu valvontavastuu omalla tehtäväalueellaan ilmailulain ja EASA asetusten määrämänä miehittämättömässä ilmailussa (Ilmailulaki 7.11.2014/864).

1.3.1 Keskeiset käsitteet

Rajavartiolaitos on valtakunnan turvallisuusviranomainen, jota johtaa sisäministeriö. Laki Rajavartiolaitoksesta määrittelee Rajavartiolaitoksen toiminnan.

Vartiolentolaivue on yksi Rajavartiolaitoksen kahdeksasta hallintoyksiköstä, joka tuottaa Rajavartiolaitokselle ilmailupalvelua Rajavartiolaitoksen lakisääteisten tehtävien toteuttamiseksi.

Valtion ilmailu on ilmailulaissa määritelty ilmailumuoto, jossa lentosuoritteet ovat erikseen viranomaisen määrittämiä ja toimintavastuun alaisia. Tutkimuksessa *Rajavartiolaitoksen ilmailu* on valtion ilmailua.

Ilma-alusjärjestelmä, kuten lentokone, helikopteri, miehittämätön ilma-alus, joissa useiden osajärjestelmien kokonaisuus muodostaa lentokykäisen järjestelmän. Järjestelmä tarkastelee teknistä kokonaisuutta ja tutkimuksessa sanan järjestelmä käyttö muotoutuu englannista sanasta ”system”. Ilma-alusjärjestelmä voi olla *miehitetty* tai *miehittämätön ilma-alus*. Ilma-alusjärjestelmä tutkimuksen näkökulmasta on esimerkiksi valvontalentokone, meripelastushelikopteri tai rajavalvontahelikopteri.

Teknologia terminä kuvastaa itsessään tietoa tekniikasta. Teknologia on aina kehittyvää ja se rinnastetaan helposti tulevaisuutta kuvaavaan tekniikkaan. Jotta jotakin voi tietää, pitää tuntea vanha ja testata uutta. Englannin kielen termit ”*Latest Technology*”, ”*High Technology*” kuvastavat teknologian keskeistä suuntaa. Aina kehitytään ja viimeisin teknologia syrjäyttää aikanaan huonommat tekniikan kehitysvaiheet.

Tulevaisuuden ilma-alusjärjestelmä on tulevaisuudessakin järjestelmä, joka toimii ilmassa. Järjestelmä hyödyntää toimiakseen viimeisimpiä teknologioita kuitenkin niin, että sen käyttö ja riskit ovat ilmailussa hyväksytyjä ja kustannustehokkaita, jolloin vanhoilla järjestelmillä ei kannata enää edellä kuvatuista syistä jatkaa toimintaa. Tulevaisuus ei siis ole scifiä tai fiktiivistä vaan konkreettisia todellisia mahdollisuuksia järjestelmän kehityssuunnalle.

1.3.2 Aikaisemmat tutkimukset

Tutkija lähti selvittämään aiheeseen liittyvien käsitteiden avulla aikaisempia tutkimuksia ja tutkimushankkeita. Google scholar -hakujen perusteella löytyi useita aiheeseen liittyviä tutkimuksia. Tutkimuksia on tehty paljon liittyen miehittämättömään ilmailuun kohtalaisen pienille ilma-aluksille. Samoin tulevaisuuden ilma-alus on vahvasti sidottu miehittämättömään ilmailuun. Näiden havaintojen johdosta tehtiin vielä Google-haut koskien tulevaisuuden ilma-aluksia, jotta löydettäisiin myös konseptivaiheessa olevat järjestelmät tulevaisuuden suunnan löytämiseksi.

Hakusanalla ”valtion ilmailu” muodostui viimeaikaisista tutkimuksista selkeä painopiste miehittämättömien ilma-alusten osalle. Todennäköisesti miehittämättömän ilmailun trendi on valtion ilmailussa merkittävästi kasvanut ja siksi tutkimusta on pystytty kohdentamaan eri viranomaisten tarpeeseen. Valtion ilmailun yksi käännekohta voi myös olla 2021 tehty merkittävä ilmailulain uudistus, jossa muun muassa miehittämättömän ilmailun ja valtion ilmailun erityispiirteitä on tuotu sääntelyyn (Ilmailulaki 7.11.2014/864). Ilmailulain lisäksi myös siviili-ilmailuviranomainen julkaisi erityisohjeet valtion miehittämättömälle ilmailulle (Traficom Liikenne- ja viestintävirasto, 2021). Tosin vasta uusimmat tutkimukset pystyvät hyödyntämään määräystä, vaikka valmistelu olikin pidempään tiedossa. Näkisin, että tutkimusten tuloksista voi olla hyötyä myös tätä selvitystä tehtäessä.

Hakusanalla ”tulevaisuuden ilma-alus” joudutaan peruuttamaan 2000-luvun tutkimuksiin. Erityisesti sotilaskäyttöön tarkoitettujen teknologioiden painoarvo havaituissa tutkimuksissa korostuu. Hakusanan laajentaminen Googlen suomenkieliseen ja englanninkieliseen muotoon hakutuloksia saatiin vielä kattavammin. Voidaankin tehdä nopea johtopäätös, että itse fyysinen lentävä laite ei ole muuttunut vuosin aikana juurikaan, mutta sen

käyttöperiaatteet tai hyötykuormana olevat sensorit, automatiikka tai tiedonsiirtokyky ovat mahdollistaneet ilma-alusten uudenlaisen käytön. Teknologian saralla ilma-alusten innovaatiot ovat keskittyneet energiatehokkuuteen ja ympäristön huomioimiseen.

Työryhmä Baharouzy, Soykan ja Ozerdem julkaisivat tulevaisuuden ilma-aluskonseptin vuonna 2017. Konsepti keskittyi energiatehokkuuteen ja ympäristön muuttujiin. Innovaatiot ja havainnot rakentuivat hybridi-ilma-alusten tulevaisuuteen sähkömoottoreiden ja vetykäyttöisten ilma-alusten saralla. (Baharozu;Soykan;& Ozerdem, 2017)

Rajavartiolaitoksen ja valtion ilmailussa on tunnistettu tarve ja kehitysuunta fossiilisten polttoaineiden vähentämiseen, kun teknologian sen mahdollistaa.

Ville-Valtteri Korpela on pro gradu -tutkielmassaan 2020 pohtinut ilmatilan hallintaa kansallisen ja EU:n määrittelemillä toiminnoilla. Tiivistettynä Korpela painottaa EU:n halua ja tahtoa säädellä ilmailua tehokkaasti samalla, kun jäsenvaltiot haluavat edelleen pitää ilmatilan hallinnan itsellään etenkin sotilasilmailun ja valtion ilmailun saralla. Korpela oikaisee tutkimuksessaan valtion ilmailun koskettamaan sotilasilmailua. Sotilasilmailulla ja valtion ilmailulla on kuitenkin merkittävä valvojan viranomaisen ero. Suomessa sotilasilmailusta vastaa sotilasilmailuviranomainen, kun taas valtion ilmailusta vastaa siviili-ilmailuviranomainen. Säädösperusteisesti tutkimus ei anna vastausta, miten esimerkiksi Rajavartiolaitoksen ilmailu valtion ilmailuna soveltuisi tähän ilmatilan hallintaan – haasteet kyllä havaitaan, mutta ratkaisu jäänee yhteistyötahojen keskinäisesti ratkaistavaksi. Korpela kuitenkin johtopäätöksissään ennustaa valtion ilmailussa dronien määrän kasvavan. Jatkotutkimusaiheena esittääkin tarpeen huomioida etenkin sotilasilmailun ja nyt myös Rajavartiolaitoksen erityistarpeet miehitettyjen ilma-alusten ilmatilan hallinnassa. (Korpela, Ilmatilanhallinta - EU:n suunnittelutoiminto vai suvereeni valtion keino turvallisuuden takaamiseksi?, 2020)

Ville-Valtteri Korpela on pro-gradu -tutkielmassaan 2022 tarkentanut pohdintaansa siviili-ilmailun ja sotilasilmailun vaatimuksista. Harmikseni Korpela jälleen sortuu yhdistämään valtion ilmailun termin sotilasilmailutermiin, nyt kuitenkin huomioimalla eri viranomaisten osuuden. Keskeinen ilmailulain kohta 2§ määrittelee sotilasilmailun ja valtion ilmailun omakseen. Molempiin kyllä sovelletaan mahdollisuutta poiketa ilmailulain pykälistä, mutta

toiminnan säädökset jakavat ilmailutoiminnan kahtaalle. Korpela myöhemmin tutkimuksessaan kuitenkin rajaa tutkimuksensa koskemaan sotilasilmailua, jolloin säädöspohja ei sellaisenaan sovellu tämän tutkimuksen tarkasteluun. Tosin merkittävää on säädösten laatiminen ja yhteistyö erilaisten kokonaisuuksien taustalla. Yhteistyöllä säädöksiä koskevissa valmisteluissa voidaan ennakoida paremmin tarve ja lainmukaisuus. (Korpela, Kansainvälisen ilmailuoikeuden implementointi sotilasilmailussa – erityistarkastelussa EMAR-vaatimukset, 2022)

Arttu Visuri on juuri tuoreessa AMK-opinnäytetyössään 2022 pohtinut miehittämättömään ilmailuun liittyvää lainsäädäntöään. Opinnäytetyön tarkoitus on auttaa viranomaisia (poliisia) tuntemaan miehittämättömän ilmailun lainsäädäntö niin, että rikkomuksiin ja määräysten vastaiseen miehittämättömään ilmailuun voidaan puuttua. Tutkimus soveltuu äärimmäisen hyvin työkaluksi ja tämän tutkimuksen viitekehyyseksi, koska muuttuneiden EU-asetusten ja kansallisten ilmailumääräysten päivitysten aste on reaaliaikainen. Visurin työ painottuu miehittämättömään ilmailuun ja valtion ilmailuun. Hän toteaaakin, että poliisin työtehtävissä toteuttama miehittämätön ilmailu on määräystenkin mukaisesti valtion ilmailua. (Visuri, 2022)

Vuotta ennen Visuria Vesa-Matti Nousiainen 2021 laati poliisiammattikorkeakoulusta taskuoppaan miehittämättömän ilmailun valvontaan. Oppaan raportti ei suoraan vastaa sääntelyyn vaan kuvastaa enemmän poliisin tarvetta puuttua miehittämättömän ilmailun rikkomuksiin. Merkittävää on, että Traficom on jo ehtinyt julkaista kansallisen määräyksen koskemaan miehittämätöntä ilmailua. Näin ollen Nousiaisen työ palvelee hyvin työn tarkoitusta. Nousiainen kuitenkin pohtii jatkotutkimustarpeissaan, kuinka keinoälyn mukaisesti toimivat miehittämättömät ilma-alukset asettuisivat ilmailun lainsäädäntöön. (Nousiainen, 2021)

Jarkko Häkkisen AMK-opinnäytetyö poliisiammattikorkeakoulusta 2020 tarkastelee poliisin RPAS -laitteiden käyttötapaa. RPAS, *Remotely piloted aircraft systems, kauko-ohjattu ilma-alusjärjestelmä*. Tutkimuksessa osoitetaan, että poliisin RPAS-toiminta on valtion ilmailua. Tutkimus ajoittuu kuitenkin siten, että liikenne- ja viestintävirasto ei ole ehtinyt julkaista määräystä valtion miehittämättömästä ilmailusta. Tästä syystä vertailu ei suoraan ole

mahdollista vanhaan säädöspohjaan sidottuna, mutta toiminnallisuuden kannalta tutkimus osoittaa hyvin RPAS-järjestelmien soveltuvuuden viranomaistoiminnan erilaisille tehtäville. (Häkkinen, 2020)

Sami Ollilan opinnäytetyössä 2018 sivutaan suoraan Rajavartiolaitoksen ilmailun sääntelyä. Ollila tiivistää opinnäytteensä kuvaajassa ajatuksen, että valtion tehtävien hoitaminen perustuu lainmukaisin tehtäviin ja siten ilmailulain edellyttäessä toimivaltaisen viranomaisen suorittamana ilmailu on valtion ilmailua, johon voidaan myöntää poikkeavuuksia ilman, että lentotoiminta vaarantuu. (Ollila, 2018)

Markus Lohiranto 2022 julkaisemassa tutkimuksessa keskitytään vuorostaan pelastustoimen tapaan käyttää miehittämättömiä ilma-alusjärjestelmiä. Tutkimus on käytännönläheinen opastus pelastuslaitokselle ja vastaa ongelmaan, miten ilma-alusjärjestelmää voitaisiin käyttää turvallisesti ja tehokkaasti. Lohirannon työ ajankohdallisesti on myös otollinen, koska kansallinen ilmailumääräys valtion miehittämättömästä ilmailusta on ehditty huomioida tutkimuksen edetessä. Lohiranto tosin lisää jatkotutkimusaiheeksi tarkemman perehtymisen julkaistuun ilmailumääräykseen OPS M1-35. (Lohiranto, 2022)

DroneFinland -paikkatietokeskuksen tutkimusryhmä on jo vuosia perehtynyt dronien käyttöön ja mahdollisuuksiin erilaisissa testeissä ja tutkimuksissa. Tätä työtä erityisesti palvelee havainnot pienistä ja suorituskykyisistä laitteista. Hyötykuormaksi saa erilaisia sensoreita ja lisäksi maa-aseman käsittelykyky valtavan datamäärän läpikäymiseen on testattu. DroneFinland toimii tavoitteidensa mukaisesti jakamalla tietoa ja tekemällä tieteellistä tutkimusta. (Honkavaara; Hakala; & Nevalainen, 2018)

1.4 Opinnäytetyön tavoite ja tutkimusongelma

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda selvitys tulevaisuuden teknologioista ja arvioida niiden vaikutusta valtion ilmailuun. Opinnäytetyön on tarkoitus koota yhteen keskeiset teknologiat ja niiden muutosnäkökulmat osana ilma-alusjärjestelmiä. Opinnäytetyö pyrkii myös havaitsemaan haasteet teknologian käyttöönottoon liittyen ja arvioimaan vaikutusta lentotoimintaan ja Rajavartiolaitoksen tehtäviin. Opinnäytetyö lisää tietämystä ja kokoaa

kahvipöytäarviot helposti lähestyttävään muotoon. Lisäksi opinnäytetyön tavoitteiden mukaisesti tutkija kehittää ja osoittaa kypsyyden tutkia monialaisesti tulevaisuuden liikennejärjestelmiä.

Tutkimusongelma: Teknologia muuttuu eksponentiaalisesti – toivottavasti valtion ilmavaroitus pysyy perässä.

Tutkimuksen rakenteen selkeyttämiseksi tutkimusongelman ratkaisemiseksi on laadittu tutkimuskysymykset.

Päätutkimuskysymys: Miten teknologian muutos vaikuttaa valtion ilmavaruuteen?

Päätutkimuskysymystä tukevat tutkimuskysymykset:

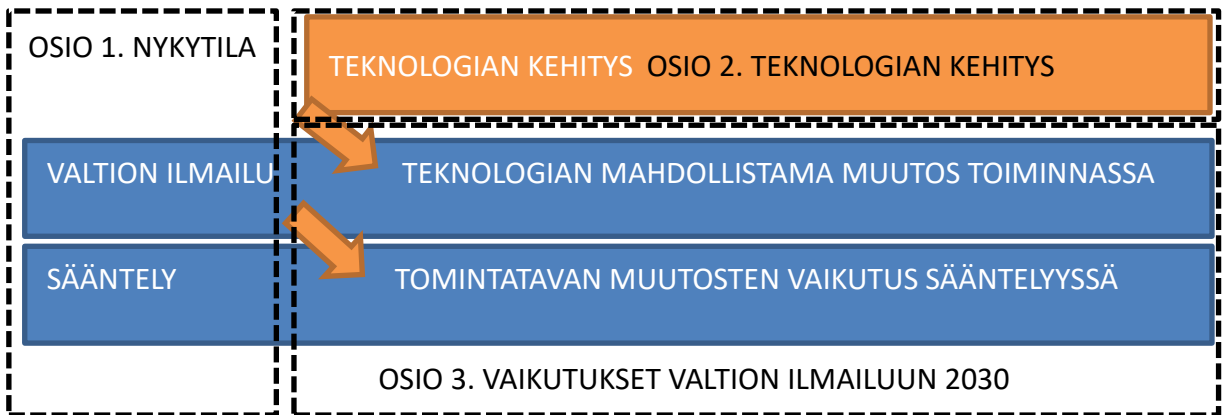
1. Mikä on valtion ilmavaruuden nykytila?
2. Mitä keskeisiä teknologisia muutoksia ilma-aluksiin on odotettavissa?
3. Kuinka teknologian kehitys vaikuttaa Rajavartiolaitoksen ilma-aluksiin ja tehtäviin?

Tutkimus rajataan koskemaan ilma-aluksia, joiden koko ja kantama mahdollistaisivat Rajavartiolaitoksen lakisääteisten tehtävien suorittamisen. Tutkimuksen ulkopuolelle jätetään pienemmät dronit, koska niiden käytöstä on jo kattavia tutkimuksia ja ohjeita myös Rajavartiolaitoksen tämän hetkiseen käyttöön (Rajavartiolaitos, Valvonta 2 -projekti, 2021). Sisäministeriö on julkaissut 2022 UAS loppuraportin, jolla juurikin olemassa olevien miehittämättömien ilma-alusten käyttöä, koulutusta ja hankintoja pyritään yhdenmukaistamaan (Sisäministeriö, 2022). Keskeisenä ajatuksena on löytää ongelmat, miten lentotoimintaa voidaan suorittaa turvallisesti, vaikka ilma-alus lentäisi autonomisesti määrättyllä alueella ja tehtävällä.

1.5 Opinnäytetyön rakenne, menetelmät ja viitekehykset

Opinnäytetyö rakentuu Kuva 1 mukaisesti. Ensimmäisenä tutkija pyrkii havainnoimaan valtion ilmavaruuden nykytilan ja löytämään säätelystä mahdollisuuksia ja heikkouksia. Tutkija tekee laadullista aineistoanalyysiä olemassa olevasta säädös- ja määräyskokoelmasta. Toisena osiona tutkija pyrkii tutustumaan keskeisiin teknologian muutoksiin keskittymällä Sitran havaitsemiin keskeisiin teknologiakokonaisuuksiin. Tutkimusmenetelmänä Sitran

selvitystä tarkastellaan laadullisesti peilaamalla aiempaa ennustetta teknologioiden kehityksestä toteutuneeseen ja vielä käynnissä oleviin kehitystöihin ilmailussa. Kolmannessa osiossa pyritään havaitsemaan teknologioiden muutoksen vaikutus valtion ilmailuun 2030-luvulle mentäessä. Lopputuotteena kirjoitettu raportti tukee päätöksentekoa mahdollisten uusien teknologioiden ja toimintatapojen lisäksi vaadittavan sääntelyn muuttamiseen ja hyväksyttämiseen.



Kuva 1 Tutkimuksen viitekehys ja rakenne

Tutkimusmenetelmänä tutkija käyttää laadullista kirjallisuusanalyysiä ja CASE-menetelmää tarkastellen monimuotoisista lähteistä peräisin olevia syötteitä. Näiden pohjalta laadittuun teoriaan sidottuna tutkija kysyy Vartiolentolaivueen henkilöstöltä, mitä heidän mielestään tulisi huomioida teknologian kehityksessä juuri Rajavartiolaitoksen ilmailuun liittyen. Tutkimusmenetelmänä on puolistrukturoitu kysely, jossa työntekijöille esitellään osiosta 2 havaitut keskeiset teknologiakehitykset ja pyydetään heitä keskustelun avulla järjestämään teknologiat vaikuttavuuden mukaan.

2 Valtion ilmailun nykytila

2.1 Lait ja asetukset

Ilmailulaki säätelee kaikkea ilmailutoiminnasta Suomen alueella. Ilmailulain 2§ 16 kohdan mukaisesti valtion ilmailulla tarkoitetaan ilmailua, jota suorittaa julkisen viranomaisen toimivaltuudet saanut toimija. Ilmailulain 8§ mahdollistaa valtion ilmailun erityistarpeisiin mahdollistavat poikkeukset. Näistä on kuitenkin sovittava liikenne- ja viestintäviranomaisen kanssa. Poikkeusten periaatteena on käytäntöjen ennakoiminen mahdollisimman tarkasti lentoturvallisuutta vaarantamatta. (Ilmailulaki 7.11.2014/864)

Yhdessä kansallisen lainsäädännön kanssa Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) julkaisee asetuksia ja määräyksiä koskien Euroopan lentotoimintaa ja ilma-aluksia. Asetuksen toisen artiklan ja kolmannen kohdan a pykälässä mainitaan, ettei asetusta sovelleta julkisen viranomaisen toimivaltuuksilla toteutettavan lentotoiminnan ilma-aluksiin. (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto, 2018) Rajavartiolaitoksen ilmailun kanssa on päädytty ratkaisuun, jossa kansallinen siviili-ilmailuviranomainen on määrännyt Rajavartiolaitoksen noudattamaan EASA:n perusasetusta ilma-aluksilleen, muutamin poikkeuksin (Liikenteen turvallisuusvirasto, 2016). Näin ollen Rajavartiolaitoksen ilmailu on operointia siviili-ilma-aluksilla ja siviili-ilmailun määräysten mukaisesti. Ennakoimalla ja toimintaa suunnitteleamalla voidaan määräyksistä poiketa yhteistyössä liikenne- ja viestintäviraston (Traficom) kanssa. Traficom on määritetty Suomen toimivaltaiseksi siviili-ilmailuviranomaiseksi (Ilmailulaki 7.11.2014/864).

Miehittämättömälle ilmailulle lainsäädäntö on seuraava. Lakien ja asetusten laatijoilla on ollut suuri ponnistus muuttaa miehittämättömien ilma-alusten lainsäädäntöä vuosien 2019, 2021 ja 2022 aikana. Ensimmäisenä miehittämättömien ilma-alusten asetuksen säätäjänä Euroopan komissio julkaisi säännöt ja menetelmät miehittämättömän ilma-aluksen käytölle. Asetus määrittää erilaiset toimintakategoriat ilma-aluksille. Ensimmäinen kategoria on ”avoin”, johon käyttäjä ei tarvitse toimintalupaa eikä toiminnalle ole ilmoitusvelvollisuutta.

Seuraava kategoria on ”erityinen”. Jolloin käyttäjä joko ilmoittaa toimintansa tai hakee toiminnalle viranomaiselta luvan. Kolmas kategoria on ”sertifioitu”, jolloin käyttäjän tulee hakea toimintaansa sertifikaatti ja käyttäjän hyväksyntätodistus, myös kauko-ohjaajan kelpoisuustodistus tarvittaessa. (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto, 2018)

Seuraavassa vaiheessa ilmailuasetuksen valmistelussa laadittiin ilmailulain muutosesitys selkeyttämään ja mahdollistamaan viranomaistoiminta myös muuttuvassa ilmatilassa. Hallituksen esityksen mukaisesti ja lain valmistelun seurauksena ilmailulakiin täydennettiin laajalti miehittämättömän ilmailun sääntelyä (Suomen Hallitus, 2021) (Suomen Eduskunta, 2021).

Keskeistä muutoksissa ja tarpeiden tunnistamisessa vaikutti myöhemmin myös siviili-ilmailuviranomaisen laatima ilmailumääräys OPS M1-35, koskien valtion miehittämätöntä ilmailua (Traficom Liikenne- ja viestintävirasto, 2021). Uuden määräyksen keskeinen ajatus on erotella valtion miehittämätön ilmailu ja lennokin käyttäminen ilmailuun.

”Valtion miehittämätön ilmailu” -määräys ohjaa lentotoimintaa. Itse määräys ei rajoita viranomaisen toimintaa, mutta määräyksen ohittaminen vaatii erikseen poikkeuslupia Traficomilta. Keskeisiä ohjaavia kohtia on muun muassa maksimilentokorkeus 150 metriä ja maksimilentoonlähöpaino 40 kilogrammaa. Ilmailun tulee olla kuvattu lentotoiminnan harjoittajan lentotoimintakäsikirjassa ja dronin kauko-ohjaajalle on määritelty pätevyysvaatimukset. Toiminta voi olla näköyhteyden ulkopuolista toimintaa ja aina lähtökohtaisesti erikseen varatulla alueella tai painavista syistä poikkeusluvan mukaisesti. Lentotoiminnan tulee siis olla hyvin suunniteltua ja lennoista tulee tallentaa tiedot toiminnan osoittamiseksi. (Traficom Liikenne- ja viestintävirasto, 2021)

Ilmailumääräyksen julkaisun jälkeen sisäministeriö toimitti oman koonnoksensa ”Viranomaisten miehittämättömien ilma-alusten”-raportin, jossa viranomaisten toimintaa pyritään yhtenäistämään ja vastaamaan ilmailumääräyksen OPS M1-35 edellyttämät toimet. Julkaisu edesauttaa viranomaistoimijoita kehittämään ja yhdenmukaistamaan miehittämättömän ilmailun alati kasvavaa kyvykkyyttä niin, että hankinnat ja koulutus voisivat palvella kustannustehokkaasti jokaista toimijaa. (Sisäministeriö, 2022)

2.2 Ilmailu vuosina 2020-2030

Rajavartiolaitoksen ilmailu koostuu seuraavanlaisista tehtävistä: rajojenvalvonta maalla ja merellä, meripelastus, ympäristönvalvonta merialueilla ja viranomaisyhteistyö.

Viranomaisyhteistyö on etsintä- ja pelastustehtäviä, sairaankuljetuksia, metsäpalojen hallintaa ja muita virka-aputehtäviä. Tehtäviin käytetään noin 4000 lentotuntia vuodessa.

(Rajavartiolaitos, Vartiolentolaivue, n.d.) Rajavartiolaitoksen toimintakertomuksesta ilmenee partiointiin käytettävä keskimääräinen lentohistoria vuosilta 2017 vuoteen 2021 asti.

Merialueella partiointia toteutetaan lentokoneella keskimäärin 600 lentotuntia vuodessa ja maa-alueella helikopterilla noin 750 lentotuntia vuodessa (Rajavartiolaitos, 2022). Näin ollen partiointia toteutetaan noin 40% koko lentotoiminnasta. Vastaavasti lentotehtäviä vartiolentolaivueella on noin 700-800 tehtävää.

2.3 Strategia lentotoimintakonsepti 2030

Rajavartiolaitoksessa on strategian mukaisesti suunniteltu lentotoimintakonseptin päivittämistä 2030 vuosikymmenelle. Samaan aikaan kun Rajavartiolaitoksen valvontalentokonehanke on jo täydessä vauhdissa. On strategiassa havaittavissa myös uuden helikopterihankkeen, HekoX, alkavan suunnittelulla vuodesta 2023 aina käyttöönottoon 2032. (Rajavartiolaitos, Rajavartiolaitoksen tulossuunnitelma 2023 sekä toiminta- ja taloussuunnitelma 2024-2027, 2022) Näin ollen uusille ilma-aluksille voidaan muodostaa suorituskykyvaatimukset kokonaan uuden tarpeen ja muuttuvien uhkien mukaan.

Tarkempaa kuvausta lentotoimintakonseptista ei ole vielä laadittu, mutta suunnitelman mukaisesti vanhenevien ilma-alusten korvaajien käyttöönoton yhteydessä on mahdollisuus hyödyntää viimeisintä teknologiaa ja samalla myös muuttaa toimintaperiaatteita, joita vanha teknologia ei ole mahdollistanut. Sisäministeriön miehittämättömien ilma-alusten loppuraportissa mainitaan miehittämättömän ilmailun korvannevan kevyiden helikoptereiden tekemiä suoritteita 2030-luvulla (Sisäministeriö, 2022).

Edellä olevasta alaluvusta 2.1 lait ja asetukset, voidaan tehdä nopea johtopäätös siitä, että tämän hetkinen sääntely mahdollistaa muutoksen käyttöönoton. Toki tekniikka kehitty

kymmenen vuoden aikana vielä paljon, jolloin uudet innovaatiot pitää pystyä omaksumaan ja jopa arvioimaan nopeastikin käynnissä olevien hankkeiden edetessä suunnitelmissaan. Tähän suunnitelmakokonaisuuteen liittyen myös tämä tutkimus raottaa teknologian vaikutusta ensi vuosikymmenen lentotoimintaan.

3 Tulevaisuuden teknologiat

Sitra, Suomen itsenäisyyden juhlarahaston, tutkimustyö julkaisi lokakuussa 2015 artikkelin ”Selvityksiä 103”. Kirjoittajana Risto Linturi pyrkii työssään koostamaan teknologiatrendien vaikutuksia kehittyvään ja kestävään yhteiskuntaa. Artikkelin rakenne koostuu ensin kymmenen keskeisen teknologiakokonaisuuden ajureista. Tämän jälkeen teknologian vaikutusta yhteiskuntaan arvioidaan eri tasoilla. (Linturi, 2015) Teknologia itsessään ei muuta vielä mitään vaan yhteiskunnan toimintatavat ja ajattelu muuttuvat, jolloin teknologia joko on mahdollistanut muutoksen tai muutos vaatii uutta teknologiaa.

Tähän tutkimukseen teknologia-ajureita tarkastellaan liikennejärjestelmän näkökulmasta liittyen ilmailuun yleisesti. Teknologian hyödyntäminen ja tietotaidon hallinta on keskeinen osa myös valtion ilmailua ja ennakoimalla myös sääntely ja standardisointi tukevat tarvittavaa muutosta.

Sitran selvityksiä 103 esitetyt keskeiset teknologian kehitysajurit ovat (Linturi, 2015):

- Virtualisointi ja tietojen digitointi
- Tekoäly
- Kaiken instrumentointi
- Robotisoitu liikenne ja logistiikka
- Robotisoitu tuotanto ja palvelut
- Nanomateriaalit
- Biotekniikka ja farmakologia
- Energiateknologia
- Digitaaliset joukkoalustat
- Tieto- ja viestintäteknikan rakenteiden maailmanlaajuistuminen

Teknologia itsessään kehittyy ja täydentää itseään. Mikään vanha ei varsinaisesti poistu, vaan rinnalle tulee jatkuvasti uusia kyvykkyyksiä. Sen takia teknologian keskeisin haaste on havaita mahdollisuudet, vaihtaa ja käyttöönottaa uusia teknologioita. Käyttöönotto onnistuu parhaiten, kun teknologian suunta ja toiminnot on ennakoitu ja käyttäjillä on riittävä

tietotaito teknologian hyödyntämiseen. Dilemmaan kietoutuu myös ajatus enemmän ja enemmän monimutkaistuvasta teknologioiden rakenteesta. Teknologioiden monimutkaisuus ei ole välttämättä ihmisten hallittavissa, vaan laajan kentän hallitsemiseen tarvitaan teknologian itsensä apua.

3.1 Virtualisointi ja tietojen digitointi

Virtualisointi on minkä tahansa todellisen ympäristön kopioimista digitaaliseen muotoon. Tavoitteena on luoda todellisuudesta käyttäjää palveleva digitaalinen toimintaympäristö, jossa todellisia tilanteita voidaan harjoitella, suunnitella ja jopa toteuttaa. Keskeinen ajatus on siis digitoida kaikki data erilaisilla välineillä tietokannaksi, josta ennalta määritellyllä toimintakoodilla dataa voidaan nopeasti ja tehokkaasti hyödyntää. (Linturi, 2015)

Tyypillisiä ilmailussa hyödynnettäviä virtuaalisia toimintoja ovat virtuaalisen todellisuuden, *Virtual Reality* (VR), ja lisätyn todellisuuden, *Augmented Reality* (AR), hyödyntäminen. Molemmilla toimilla pyritään välttämään kalliita vahinkoja ja onnettomuuksia.

Virtuaalinen todellisuus on tietokoneella mallinnettu simulaatio, jossa käyttäjä on vuorovaikutuksessa keinotekoiseen aistilliseen ympäristöön. Ympäristö on joko täysin kuvitteellinen tai sitten ympäristö on luotu olemassa olevan todellisen ympäristön näköiseksi. Tyypillisesti käyttäjällä on laitteita, jotka erottavat hänet todellisesta ympäristöstä. (Lowood, 2006) Lentosimulaattorit ja huoltosimulaattorit ovat kasvava osa ilmailua, jolla mahdollistetaan nopea koulutus ja riittävä tietotaito niin lentäjille, kuin mekaniikoille. (Tecknotrove, 2021)

Lisätty todellisuus taas mahdollistaa monimutkaisten asioiden yhtäaikaisen toteuttamisen. Oikeaan todellisuuteen lisätään tietoa, joka auttaa käyttäjää havainnoimaan ja priorisoimaan työtään oikein ja tehokkaasti. Esimerkiksi ilmailussa maanpinnan muodot, navigointireitit, muut ilma-alukset ja säätila luodaan virtuaalisesti ohjaajan nähtäväksi, vaikka hän ei niitä omilla silmillään voisi havaita (Tecknotrove, 2021).

Miehittämätön ilmailu on jo yksi olemassa oleva käytännön sovellutus kaiken virtualisoimiselle. Taivaalla lentävä laite voi toimia täysin itsenäisesti ennalta määrätyllä reitillä ja tehtävällä, mutta samalla ohjaajalla on mahdollisuus lennättää laitettaan virtuaalisesti maa-asemalta. BVLOS, *Beyond Visual Line of Sight*, eli lentäminen näköhavainnon ulkopuolella, on ollut jo pitkään mahdollista. Ilma-aluksen sensorit, maalaitteet, satelliittien kautta välittyvä paikkatieto, karttatiedostot ja sää digitoidaan valtavaksi tietokannaksi, jossa simulaattorin tapaan ohjaaja lentääkin todellista laitetta todellisessa ympäristössä.

Kun tullaan tulevaisuuden mahdollisuuksiin, niin voidaankin todeta, että teknologia on jo olemassa, vain yhteiskunnan hyväksyntä ja toimintatapa on jäänyt jarruttamaan. Toki mittakaavan muutos dronista sotilaalliseen ilma-alukseen on aina myös poliittista ja siten yhteiskunnallista päätäntää. Yhdysvaltojen projekti ”BEYOND” on jo useamman vuoden ajan suunnitellut ja pyrkinyt mahdollistamaan itsenäisen ja vapaamman dronien hyödyntämisen erilaisissa tarpeissa (Federal Aviation Administration, 2022).

Tulevaisuudessa valtion ilmailun tulee huomioida virtualisointi ja tiedon digitointi. Digitoinnin verkkoratkaisut ja järjestelmien kahdentaminen ovat tietenkin varautumisen edellytyksiä ja tulee huomioida datan määrässä ja siinä missä tietoa liikutetaan ehyenä ja suojattuna. Lisätyn todellisuuden keinot ovat jo olemassa ja virtuaalisesti operoitavia miehittämättömiä ilma-aluksia on jo testissä, haasteena vielä ilmatilan ja sään aiheuttamat rajoitteet (Rajavartiolaitos, 2021).

3.2 Tekoäly

Tekoälyllä, *Artificial Intelligence (AI)*, tarkoitetaan koneen omaa kykyä käyttää ihmisen älyyn rinnastettavia ominaisuuksia, kuten päättelyä, suunnittelua, oppimista tai jopa luomista. Ensin joku on luonut tekoälyn, jonka jälkeen tekoälylle opetetaan kaavat tai tehtävä, joiden avulla tekoäly pystyy toimimaan itsenäisesti ja jopa oppimaan ja kehittämään omaa osaamistaan. Tyypillisesti tekoälyllä pyritään käsittelemään suuria datamääriä tai tietoa ihmisistä nopeammalla ”ajattelulla”. Ohjelmistopohjaiset tekoälyt avustavat virtuaalista maailmaa, analysoivat kuvia, toimivat hakukoneina, tunnistavat puhetta ja kasvoja erilaisista

lähteistä. Fyysisiksi rakennetut tekoälyt, kuten Robotit, itseohjautuvat autot, dronit tai asioiden internet osaavat itsenäisesti tehdä asioita ihmisen puuttumatta toimintaan. Laitetta ohjaava tekoäly myös oppii muuttamaan toimintaansa. (Boucher, 2020)

Tekoäly on vahvasti mukana arjessa ja se on nähty merkittävänä ja keskeisenä osana yhteiskunnan digitaalista muutosta. (Euroopan parlamentti, 2021) Tekoäly on mukana myös ilmailun erilaisissa sovellutuksissa: lentokenttien turvallisuus, lentoreitit, asiakaspalvelu, ilma-alusten hallinta, ilma-alusten huolto ja itsenäiset lentosuoritteet (Ekhans, 2022). Näistä tietysti valtion ilmailua koskevat lentokenttien turvallisuus, lentoreitit, ilma-alusten hallinta ja huolto sekä itsenäiset lentosuoritteet.

Tekoälyn ominaisuuteen kuuluu useiden erilaisten tietokantojen yhtäaikainen tunteminen ja hallinta. Tekoälyä hyödyntämällä lentotehtävä pystytään toteuttamaan optimaalisesti huomioimalla aiemmat havainnot, sää, etäisyydet, näkyvyydet, volyymit ja muut muuttujat, joita ihminen ei osaisi edes tilanteeseen yhdistää. Esimerkiksi satelliitin havainto tunnistetaan öljypäästöksi, jolloin lähin ja kustannustehokkain ilma-alus osaisi varata itselleen ilmatilan ja ohjata muut pois alueelta. Autonomisesti lentävä ilma-alus löytäisi kohteen huonossakin säässä ja pystyisi esimerkiksi jakamaan kuvaa, virtuaalisia reittimerkkejä ja antamaan miehitetyille pinta-aluksille parhaan mahdollisen vahingontorjuntamallin huomioimalla sään. Toki ihmisen rooli päätöksentekijänä on vielä keskeinen, mutta tietomäärä tehtävää kohden voi olla koneelle jo mielellään luovutettavissa.

3.3 Kaiken instrumentointi

Kaiken instrumentointi, kuvastaa teknologian kehityksessä sitä, miten uusi teknologia saadaan mahtumaan pieneen tilaan, miten tuotantokustannukset on saatu pienennettyä ja kuinka teknologia on kaikkien saatavilla. Samaan aikaan kun sensoreiden määrä kaikkialla lisääntyy, niin niiden laatu ja koko pienenevät. Jokainen asia on mahdollista instrumentoida laadukkaasti ja tietoa on paljon saatavilla. (Linturi, 2015)

Esineiden internet, *Internet of Things (IoT)*, on esimerkki siitä, miten kaikki järjestelmät saadaan keskustelemaan ja keräämään dataa toistensa kanssa. Keskeiseksi nouseekin kyky

valtavan datamäärän käsittelyyn ja siitä oikean hyödyllisen tiedon löytämiseen. (Payne, ei pvm)

Ilmailun teknologia on pitkään hyödyntänyt instrumentointia erilaisten järjestelmien valvonnassa ja seurannassa. Nykyisin teknologia pystyy seuraamaan ja keräämään erilaisia lentämiseen, järjestelmiin tai laitteisiin liittyviä yksityiskohtia. NASA julkaisi 2021 keskeisiä avioniikan ja instrumentoinnin teknologioita, joita ilmailu on pyrkinyt kehittämään. (National Aeronautics and Space Administration, 2021)

Seuraavat järjestelmät ovat NASA:n tuotekehityksessä: Kehittyneet langattomat lentoanturijärjestelmät säästävät aikaa järjestelmien testaamisessa ja huoltamisessa, kun samalla kun laite on vielä kiinni ilma-aluksessa, voidaan sitä tarkkailla langattomien järjestelmien kanssa. Langattomuus ilma-aluksen järjestelmissä erityisesti säästää aikaa ja resursseja sekä lisää kyvykkyyksiä. NASA kehittää myös minikokoisia bioantureita, jotka mahdollistavat ohjaajien ja miehistön kunnan tarkkailun pitkissä ja korkealla tapahtuvissa operaatioissa. Reaaliaikainen järjestelmien monitorointi tulee vaikuttamaan ilma-aluksen seurantaan. Tällä hetkellä ilma-alukset itse osaavat kertoa maa-asemalle mikä on vikana, mutta tulevana vuosina tietokone pystyy tunnistamaan ilmassa jo mahdollisesti vikaantuvia laitteita trendimonitoroinnin ollessa reaaliaikaista. Samaan vaikuttaa myös jatkuvasti uudet materiaalit ja niiden kestävyysmittaukset. Uskallus käyttää uusia materiaaleja tehokkaan seurannan takia säästää arvokasta kokeilua ja säästää siten kokonaiskustannuksissa. (National Aeronautics and Space Administration, 2021)

Sensorifuusio on yhdistelmä erilaisista sensoreista, joilla saavutetaan parempi ymmärrys tutkittavasta kohteesta. Kohde voi olla koneen osan tarkkailua, ilmatilannekuva, itsestään ajavan auton kyvykkyys tarkkailla ympäristöä tai muita jatkuvasti uusia käyttökohteita. Useammalla sensorilla päästään johdonmukaisempaan, tarkempaan ja luotettavampaan lopputulokseen. Itse sensoreiden ja datan keräämisen lisäksi data tulee kirjoittaa sellaiseen muotoon, jonka tietokone osaa tulkita ja jakaa käyttäjälle. Itsenäiset autonomiset järjestelmät pystyvät vielä toteuttamaan suunnitelmia ja toimimaan niiden mukaan, kun ajatellaan itsestään ajavia autoja. (Douglas, 2019) Myös NASA on tutkimus- ja kehitystyössä jatkuvasti pyrkinyt pysymään sensoritekniikan mukana. Edullisten kuluttajasensoreiden

yhdisteleminen saavuttaa jo haastavimmissakin olosuhteissa laadukasta kuvaa ja luotettavasti. (National Aeronautics and Space Administration, 2021)

Sensorifuusio ja kaiken instrumentointi lisää tiedonsiirron tarvetta ilma-aluksissa.

Tietoliikenneyhteydet nousevat NASA:lla kehittämisen kohteeksi, samalla kun datan määrä kasvaa. Vaikka itse sensoriin viedään älyä ja tieto on jo parhaassa muodossa lähtiessään, on edelleen tarve löytää riittävän nopeat tietoliikenneyhteydet järjestelmien välille. NASA:n työ keskittyy nyt nopeuttamaan tietoliikennettä nelinkertaiseksi ilma-aluksen ja maa-aseman välillä. (National Aeronautics and Space Administration, 2021)

3.4 Robotisoitu liikenne ja logistiikka

Samaan aikaan kun edellä on esitelty virtualisointi, tekoäly ja kaiken instrumentointi tullaan ensimmäiseen kokonaisuuteen, joka on edellä mainittujen mukaisesti koottu tuote, joka palvelee sellaisenaan tai avustaa ihmistä omassa työssään. Robotisoitu liikenne ja logistiikka on tällä hetkellä kaupallistettu niin kannattavaksi, ettei jokaiseen logistiikan vaiheeseen tarvita ihmistä. Automaattiset lajittelukeskukset tunnistavat laitteet ja järjestävät logistiikan kustannustehokkaasti. Jo nyt olisi kyky ovelta-ovelle toimituksille, mutta joitakin rajoitteita on tunnistettu. Julkisen liikenteen kiinteät reitit on mahdollista toteuttaa autonomisesti. Jopa yksityisautoilun palvelu ovelta ovelle on mahdollista. Linturi odottaakin, että liikkumisen kyky siirtyy yksityisautoilusta kohti palvelua ja se on jo 2030-luvulla rutiinia. (Linturi, 2015)

Edellä kuvatut ominaisuudet on aiemmin avattu lyhyesti ja tässä luvussa keskitytään jo siihen, miten robotisoitu liikenne ja logistiikka vaikuttavat valtion ilmailuun. Miehittämätön ilmailu on jo vuosia ollut kaikissa kokoluokissaan aktiivisesti käytössä niin sotilas- kuin siviili-ilmailussa. Voidaankin todeta, että laitteet ovat jo sellaisia, että niiden kyvykkyydet vastaavat erilaisia vaatimuksia. Miehittämätön ilmailu on kuitenkin murrosvaiheessa. Kuinka itsenäisesti ilma-alus voi operoida ja kuinka sitä valvotaan ja kontrolloidaan?

Miehittämättömän ilmailun keskeinen ongelma tutkijan näkökulmasta on ilmatilan hallinta ja lentotoiminnan turvallisuus muille ilmassa liikkuville. Niin kauan kun varattu lentoalue pysyy

tyhjänä, teknologia on testattua ja miehittämättömät ilma-alukset lentävät alueella keskenään ei ole syytä epäillä, etteikö teknologia pärjäisi alueella itsenäisesti. Isommat miehittämättömät ilma-alukset joutuvat kuitenkin operoimaan lentokentiltä, jolloin lentoonlähtö ja laskeutuminen pitää pystyä yhdistämään muihin lentokentän käyttäjiin. Näin ollen ongelmaksi syntyvät ilma-alusten välinen keskustelu, lennonjohdon tilannetieto ja ilmatilan rajaamisen reaaliaikaisuus. Tulevaisuudessa ilma-aluksen päällikön työ muuttuu entisestään hätäväistöjärjestelmien, laskeutumisen automatisointi ja ilmatilan järjestyksen siirtyessä jopa kokonaan automatisoiduiksi.

Ilmatilassa tapahtuva robotisoitu liikenne on jo nyt siviili-ilmailun arkipäivää. Poikkeavana tutkija näkee kuitenkin sen, että yksikin ihmisen ohjaama ilma-alus voi aiheuttaa itselleen tai operaatiolle riskin, jos se eksyy alueelle, jossa lentotoiminta on aktiivista. Jo nyt viranomaisella on mahdollisuus asettaa alueita lentokieltoalueiksi viranomaistoimintaa tai puolustusvoimien toimintaa varten, kuten ampuma-alueet, metsäpaloalueet tai kaupunkien keskustat. Samalla menetelmällä esimerkiksi raja-alueen tai rajatun merialueen lentokieltoalueen määrittäminen mahdollistaa rajavartiolaitoksen toiminnan turvallisen suorittamisen rajatulla alueella. Lentokieltoalue näkyy jo uusimmissa lentosuunnistusjärjestelmissä lähes reaaliaikaisesti ja lentoreittien uudelleen määrittäminen ja lentotoimintasuunnitelmien synkronointi siviili-ilma-alusten kanssa on jo nyt mahdollista. Hiljalleen uusiutuvat ilma-alukset itsessään pystyvät karttamaan lentokieltoalueita. Ennen sitä pitää kuitenkin pystyä kontrolloimaan perinteisin menetelmin luvattomalle alueelle liitelevät ilmailijat esimerkiksi radioyhteydellä. Kuitenkin Suomessa voidaan lentoliikenne jaksottaa niin, että vapaata ilmatilaa löytyy kaikille toimijoille ja lentotoiminta alueen korkeus voidaan rajata niin, että muu ilmaliikenne ei rajauksesta kärsi.

3.5 Robotisoitu tuotanto ja palvelut

Robotisoitu tuotanto ja palvelut erilaisten hyödykkeiden osalta ovat jo arkipäivää. 3D-tulostamisella ja automaatiolla järjestelmät toimivat itsenäisesti ja tarjoavat ennen näkemättömiä palveluita. 3D-tulostimien hinnat ovat laskeneet ja kyvykkyydet parantuneet. Monien yleisten osien tulostaminen on mahdollista ja esimerkiksi haasteellisten muotojen tulostaminen on helpompaa, kuin perinteinen työstäminen. Robottituotannon

etäohjaaminen mahdollistaa yritysten ja toimintojen maailmanlaajuistumista, joka itsessään vaikuttaa yhteiskuntaan. (Linturi, 2015)

Robotisoitu tuotanto soveltuu erityisen hyvin myös ilma-alustuotantoon. Lockheed Martin panostaa edistykselliseen tuotantoon, johon myös robottien takuuvarma työpöytä sopii mainiosti (Lockheed Martin, ei pvm). Myös Airbus useiden verkkouutistensa avulla osoittaa, että lentokonetuotanto on jo edistyksellistä ja automatisoitua. Automatisoimisella ei ainoastaan vähennetä henkilöstöä vaan pyritään vastaamaan ilmailun kasvavaa tuotantotarvetta. Airbus pyrkii kuitenkin olemaan tulevaisuuden tuotantolaitos. (AIRBUS, 2019)

3.6 Nanomateriaalit

Materiaalitekniikka on jo useita vuosikymmeniä pyrkinyt löytämään vahvempia ja kevyempiä materiaaleja erilaisiin tuotannon tarpeisiin. Muovin keksiminen mullisti jokapäiväisen elämän ja nyt vuorossa ovat muut materiaalit. Nanomateriaalien erikoisuudet ja erilaiset ominaisuudet erilaisiin tarpeisiin on tunnustettu ja kehitystä hidastaa vielä pienet tuotantomäärät (Linturi, 2015). Terästä vahvempi Grafeeni on saanut laboratoriot ympärimaailman kilpailemaan, kuinka tämä materiaali saataisiin tuotantoon. Tällä hetkellä erilaiset seokset titaaniin kanssa, komposiitin tai monokristallien työstämisessä odottaa rinnalleen grafeenin kaltaista oivallusta. (SANDVIK, ei pvm) Grafeeni ei ole täydessä tuotantovaiheessa, sillä sen tuottaminen on vielä kallista. Suuret yritykset mielellään rahoittavat tuotekehitystä, ja käyttökohteita onkin jo olemassa tietokoneista voiteluaineisiin ja koneen osista biotekniikkaan. (Graphene-info, ei pvm)

Ilmailu on hyödyntänyt erilaisten materiaalien ominaisuuksia lentokonetuotannossa pitkään. Moottoreiden kuumat osat ovat titaaniin seoksia, mekaaniset osat kestävät hyvin kulutusta, pintakerros on ohutta ja kevyttä komposiittia tai lentokonealumiinia, muovit ja kumit palvelevat paikallaan. Materiaalien kehitys ja mahdollisuus rakentaa kestävämpää ja voimakkaampaa on toki kriittistä. Materiaalien läpilyönti Linturin mukaan ottaa vielä kymmenen tai kaksikymmentä vuotta (Linturi, 2015).

3.7 Biotekniikka ja farmakologia

Biotekniikka voidaan jakaa erilaisiin osa-alueisiin. Toisessa kokonaisuudessa biotekniikka pyrkii biologisesti muuttamaan tai manipuloimaan joidenkin biologisten aineiden rakenteita suotuisaan suuntaan. Esimerkiksi lääketeollisuus, kasvien lannoitteet ja myrkyt. (Britannica, 2022) Biotekniikan kehitys vastaa yhteiskuntien tarpeeseen lisätä ruuantuotantoa tehokkaasti ja tuhota massamaisesti viruksia tai bakteereita, jotka häiritsevät satoa tai ihmistä (Linturi, 2015).

Toisessa kokonaisuudessa yhdistyy sensoreiden käyttö ja ihmisten tai eläinten mittaaminen ja siten asioiden sujuvoittaminen. Airbus näkee biotekniikan keinot mahdollisuutena parantaa lentokenttien turvallisuutta ja parantaa matkustajakokemusta nopeuttamalla turvatarkastuksia, kasvojen tunnistimilla, sormenjäljillä ja muilla näytteillä (Green, 2020). Sensoritekniikalla tosiaan voidaan seurata lentäjien ja miehistön hyvinvointia ja suorituskykyä haastavissa tehtävissä lennettäessä korkealla ja kovaa (National Aeronautics and Space Administration, 2021).

3.8 Energiateknologia

Energiateknologioiden kehittäminen on vahvasti myös kuluttajille näkyvä ja konkreettinen muutos. Laboratoriot ja insinööritoimistot ovat paiskineet kovassa kilpailussa erilaisten kestävien ja uusiutuvien energiamuotojen kimpussa. Toisissa lähteissä ihmiskunnan säilymisen kannalta on välttämätöntä siirtyä uusiutuvien energiamuotojen käyttöön olettaen, että fossiiliset energiamuodot loppuvat kulutuksen kasvaessa (Morse, 2022). Toiset taas näkevät, että kilpajuoksu uusiutuvien energiamuotojen tavoittelussa kuormittaa ympäristöä enemmän, kuin pelkästään pyrkimys yleisesti kulutuksen vähentämiseen (Tajne, 2015). Harva kuitenkaan kiistää, etteikö energiatarve olisi kasvussa ja poliittisesti omavaraisuus energiamarkkinoilla on valtiolle ja yhteiskunnalle yhtä lailla välttämätön edellytys. (Alvik, 2022)

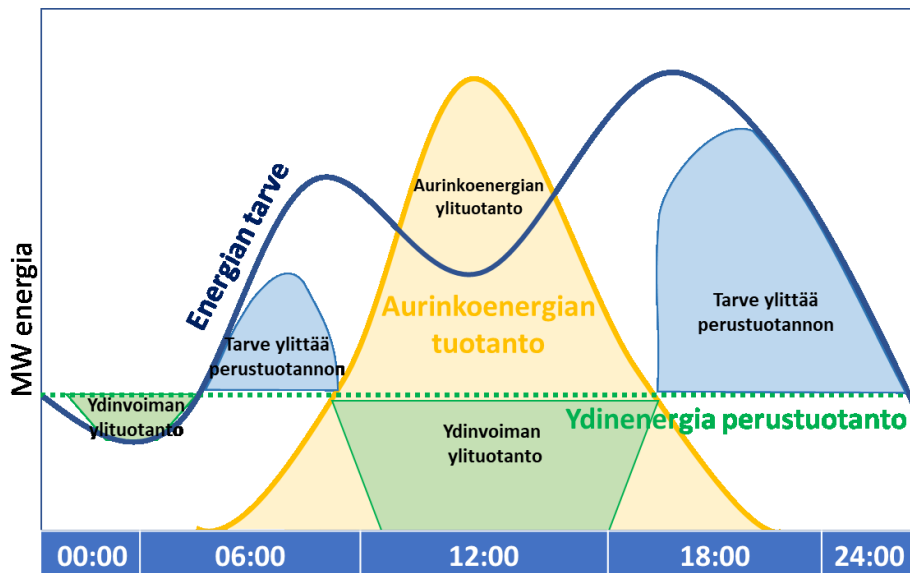
Energiateknologian kehityksen voisi jakaa kolmeen alueeseen: Ensimmäisenä siihen miten energia tuotetaan, toisena miten se varastoidaan, ja kolmantena siihen miten sitä käytetään.

Nykyaikainen teknologia on kuitenkin jo niin monimutkikasta, että kaikkien järjestelmien yhtäaikainen käyttö on jo kuluttajatasolla normaalia. Erilaiset hybridijärjestelmät ovat jo vallanneet perinteisen autoilun, raskaan liikenteen, ilmailun ja rakennuksien energiaratkaisut. Teknologian kehittyessä toisessa osa-alueessa mahdollistuu jälleen kyvykkyys, johon toisen osa-alueen innovaatiot pyrkivät täyttämään.

3.8.1 Tuotanto

Energiatuotanto on muuttunut ja kehittynyt eri osa-alueilla nopeasti. Vaikka jokainen energian tuotantomuoto kehittyy omassa aikataulussa, on kokonaisuudessa pyritty huomioimaan kaikkien tuotantomuotojen hyödyntäminen todelliseen energiantarpeeseen, joka tietysti vaihtelee vuorokauden jokaisena hetkenä.

Kuvassa 2 Idahon osavaltion laboratorion ajatuksen perusteella energiaa tuottavat yritykset pyrkivät onnistumaan energian tuotannossa silloin, kun sitä tarvitaan. Pyrkimystä hankaloittaa ajatukset luopua ydinenergiasta, jolla on voitu säännellä tuotantoa tarpeen mukaan. Aurinko paistaa vain päivisin ja aina ei tuule, siksi nyt ja jatkossa eri energian tuotantojen tulee yhteistyössä ratkaista tuotannon ongelmat niin, että tarve voidaan täyttää ja ylituotanto hyödyntää. (Idaho National Laboratory INL, 2018)



Kuva 2 Energian tuotantokyvyn haaste (Idaho National Laboratory INL, 2018).

Energialähteet voidaan jakaa useisiin eri luokkiin niiden ominaisuuksien mukaan. Toiset energiatuotannon keinot tuottavat energiaa tietyissä olosuhteissa, kuten auringossa tai tuulessa. Toiset pystyvät tuottamaan energiaa jatkuvasti. Energioita luokitellaan myös hiilidioksidipäästöjen mukaan joko päästöttömiksi tai saastuttaviksi.

Fossiilisten polttoaineiden rinnalle on kehitetty uusiutuvia polttoaineita, joiden ominaisuudet ovat paremmat kuin perinteisellä polttoaineella. Polttoaineen kehitys on yksi keino vähentää kokonaispäästöjä ja ympäristön kuormitusta, kun jätteistä tai uusiutuvasta raaka-aineesta tehdään polttoainetta. (NESTE, ei pvm). Ratkaisut eivät kuitenkaan vähennä paikallispäästöjä sillä edelleen polttomoottori tuottaa pakokaasua. Toki puhtaammalla palamisella ja pakokaasuja koskevilla säädöksillä on pystytty vähentämään paikallispäästöjä ajoneuvokannan siirtyessä muihin energiamuotoihin.

Vesivoiman, tuulivoiman turbiinien ja generaattoreiden kyvykkyydet ja koko ovat mahdollistaneet niiden sijoittelun lähes kaikkialle, jossa tuulee tai vesi liikkuu. Samalla tuotantomääriä on saatu kasvatettua ja investointi- sekä ylläpitokustannuksia pienennettyä, jolloin niiden kysyntä on kasvanut merkittäväksi. (Office of Energy Efficiency & Renewable energy, ei pvm) Aurinkovoiman hyödyntäminen lämmön ja sähköntuotannossa on rajoitettua, mutta materiaali-innovaatioiden ja kehitystyön tuloksena energiaa pystytään tuottamaan tehokkaasti (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, ei pvm). Geoterminen energia hyödyntää maaperästä kerättävää energiaa, useimmiten lämpöä. Lämmöntuotto on jatkuvaa ja käyttökohteita on kuumentaminen ja jäähdyttäminen pienen sähköntuotannon lisäksi. (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, ei pvm).

Ydinvoiman kehittyminen massamaiseksi ja sen käyttötavan muutos pienemmiksi yksiköiksi myös ei sotilaallisissa järjestelmissä odottaa voimakasta harppausta. Lockheed Martin on jo useiden vuosien aikana kehittänyt kuorma-auton konttiin mahtuvaa ydinvoimalaa siinä vielä onnistumatta (Lockheed Martin, 2014). Edelleen minikokoiset ydinvoimalat ovat vastaavia kuin ydinsukellusveneissä 7 m halkaisija ja 18 m pituus, painoa noin 2000 tonnia (Sohail, 2017). Nyt kuitenkin on jo useista kokeiluista innostuttu pienien modulaaristen ja sarjavalmistesteisten ydinvoimaloiden tuottamisesta, jolloin jälleen kustannustehokkaammin voidaan tuottaa ydinenergiaa sille soveltuvissa kohteissa.

Edellä kuvattuja yhdistää liike-energian muuttaminen sähköksi. Teknologioissa mullistavaa on se, että liike-energiaa voidaan hyödyntää entistä eriskummallisimmista paikoista hyvin pienillä laitteilla. Hyvänä esimerkkinä on jarrutusenergian talteenotto. Jarrutus ei tapahdukaan kitkapaloja kuumentamalla, vaan moottori itsessään ”vastustaa” auton etenemistä ja samalla regeneroi/rekuperoi energiaa varastoon (Rouhiainen, 2021).

Vetyteknologian ja polttokennojen kehittyminen ja poliittinen päätöksenteko on viemässä Suomea valtion teknologian tutkimuskeskuksen (VTT:n) ja Business Finlandin tiekartan mukaisesti kohti puhdasta ja omavaraisempaa energiamallia. Vetyteknologialla ja polttokennoilla on nähty olevan yhä tärkeämpi rooli ilmastoon pääsevien haitallisten aineiden hillitsemisessä, jonka takia vetyteknologiaa markkinoidaan puhtaana energia muotona ja teknologian odotetaan merkittävästi vakiintuvan vuoteen 2050 mennessä. (Laurikko, ym., 2022) Vety energiana tuotetaan sähköllä vedestä elektrolyysin avulla, näin ollen aina sähkön ylituotannon aikana voitaisi ylimääräinen sähköenergia saada varastoitua akkuihin (Fortum, 2023).

3.8.2 Varastointi

Kun tarkastellaan energiateknologioita varastoinnin kannalta, on edelleen huomioitava, että valtaosa energiasta tuotetaan samalla hetkellä kuin sitä käytetään. Muutos on kuitenkin mahdollistanut hybridijärjestelmien käyttöönoton niin, että sähkö tuotetaan sillä hetkellä edullisimmalla tavalla ja yli jääneen energian voi varastoida hetkellisesti. Pelkistettynä esimerkkinä aurinkoenergialla ja tuulienergialla voidaan pumpata vettä padon yläpuolelle, kun energiaa ei juuri tarvita ja illalla vesivoimalaitos tuottaa päivällä pumpatulla vedellä energiaa käyttötarpeen mukaan (Office of Energy Efficiency & Renewable Energy, 2023). Vastaavasti aurinkosähköä siirretään pitkiäkin matkoja sähköverkkoa pitkin alueille, jossa aurinko ei paista.

Meidän sukupolvelle perinteinen polttoainesäiliö tai kaasusäiliö varastoi määrätyn määrän energiaa ja niitä on helppo siirrellä. Teknologian kehitys on kuitenkin mahdollistanut sähköenergian varastoinnin akkuihin aina paremmalla ja paremmalla hyötysuhteella. Myös

sähköenergian sitominen elektrolyysin avulla vedyksi, mahdollistaa kaasuna olevan vedyn siirtämisen ja hyödyntämisen toisaalla (Fortum, 2023).

Akkuteknologia on vuosikymmenen aikana muuttunut merkittävästi. Akut eivät ole pelkästään mahdollistaneen suuremman energian varauksen ylläpitämistä, vaan ne ovat myös kulutusta kestävämpiä, sääkestävämpiä, pienempiä ja tehokkaampia. Nykyakun ominaisuuksiin vaikuttaa myös latauksen vastaanottokyky ja akussa itsessä oleva älykkäisyys. Yhä enemmän akkuteknologia kehittyy myös vastuullisempaan suuntaan ja pyrkii löytämään kustannustehokkaampia ja ympäristöystävällisiä materiaaleja. (McKinsey & Company, 2023)

3.8.3 Käyttö

Energian käyttö valoksi, lämmöksi tai liike-energiaksi on viimeisen vuosikymmenen aikana pysynyt muuttumattomana. Samoin tulevaisuudessa ei ole vielä näköpiirissä uusia mullistavia keksintöjä, koska energia, jota tuotetaan tai varastoidaan, hyödynnetään polttomoottorissa tai sähkömoottorissa. Mullistavaa on toki edellä kuvattujen järjestelmien hyötysuhteissa, tehokkuuksissa, huollettavuudessa, massassa ja fyysisessä koossa. Viimeisimpänä historiassa huonoksi ja vaaralliseksi havaittu Wankel-moottori onkin osoittautunut nykYTEKNOLOGIASSA kokonsa puolesta esimerkilliseksi moottoriksi (Rangam, 2020).

Energiatehokkuus on myös parantunut merkittävästi ja muutos on vielä suurelta osin kesken. Jos yksinkertaistetaan tehokkuuden muutoksia esimerkiksi LED-valoihin, joiden käyttö on jo monissa kohteissa arkista, voidaan todeta, että pienemmällä energialla voidaan tuottaa saman verran valoa (MOTIVA, 2023). Samoin lämmitysjärjestelmässä hyvin optimoitu ilmalämpöpumppu tuottaa vähemmällä energialla enemmän lämpöä kuin sähköradiaattorilla (VATTENFALL, 2023). Voidaankin olettaa, että tulevaisuudessa energian tarve voi jopa pienentyä, vaikka tarvittava teho olisikin suuri.

Yksittäisten moottoreiden kehitys itsessään on mielenkiintoista ja jokainen alalla toimija pyrkii vahvistamaan omaa asemaansa markkinatalouden ehdoin. Nyt kysyntä vähäpäästöttömille ratkaisuille ajaa kuluttajamarkkinoita sähköistymiseen, mutta samaan

aikaan perinteisten polttomoottoriautojen kehitys ja varmuus ei ole menettänyt asemaansa. Mielenkiintoiseksi markkinat on muovannut energian käyttötapojen hybridit, joissa useita erilaisia energiamuotoja käytetään samanaikaisesta tai vuorotellen. Polttomoottorin ja sähkömoottorin yhdistäminen on ollut jo vuosikymmeniä autoteollisuuden keinoja vähentää päästöjä, mutta niiden hyödyntäminen on tullut vahvasti esille raskaassa liikenteessä (iea, 2021) ja ilmailussakin (EASA, 2023).

Kehitys ei ainoastaan turvaa fossiilisen tai synteettisen polttoaineen (nestemäisen/kaasun) ja akkuteknologian varaan, vaan mukaan hybridimaailmaan astuu vedyn tai aurinkoenergian yhteensovittaminen (EASA, 2023). Lopulta kuitenkin tavoite on siirtää varastoitu tai tuotettu energia mahdollisimman hyvällä hyötysuhteella moottorin avulla liike-energiaksi ja siten mahdollistaa ihmiselle tyypillinen liikkuminen.

3.9 Digitaaliset joukkoalustat

Linturin havainto vuonna 2015 Facebookin 1 miljardista käyttäjästä on noussut vuoteen 2023 mennessä 3 miljardiin. Näiden lisäksi tulee vielä huomioida uudet joukkoalustat ja niiden mahdolliset miljoonat tai jopa miljardit käyttäjät ovat äärimmäisen hyvä osoitus teknologian kehittymisestä digitaalisten joukkoalustojen kehityksessä. Tähän kategoriaan kuuluu lisäksi verkon hakukyvykkyydet, maksujärjestelmät, liikkumisen sovellukset, majoitusvuokraus, elektroniset verkkotalletukset, ja vielä kaikki ne sovellukset, joita vasta ollaan kehittämässä (Linturi, 2015).

Joukkoalustojen avulla aiemmin monimutkaiset asiat ovat jokaisen yksilön tavoitettavissa ja käytettävissä. Sovellukset auttavat työn tekemisen järjestelyssä. Joukkoalustojen suuntaa on erittäin vaikea ennustaa. Toimintatapa kuitenkin viittaa siihen, että joukkoalustan avulla jopa mullistetaan tuotanto vastaamaan juuri sitä tarvetta mitä joukko haluaa. Joukon ääni tai trendi ohjaa vahvasti automaattista väylää pitkin vertaistuotantoa ja yksittäinen toimittaja voi osallistua osaksi massiivista tuotantoa. (Linturi, 2015) Tästä hyvänä esimerkkinä voisi olla Ukrainan ”kamiina”-hanke, jonka LUT-yliopisto laittoi alulle. Lyhyessä hetkessä joukkoalustojen kautta tavalliset kansalaiset osallistuivat kamiinoiden valmistukseen. (LUT University, 2022)

Joukkoalustojen voimassa Linturi näkee myös perustellun uhan. Koko nykyinen markkina-ajatus voi vaarantua, kun ”varjossa” toimiva automaattinen tietokone järjestelee töitä uudella tavalla eikä kiinteämpiä tuotantotiloja, palvelua, taksijonoja tai liian vakioituja linja-autoreittejä enää tarvita. Mitä vähemmän tähän muutokseen osataan varautua, sen suuremmin se iskee. (Linturi, 2015)

3.10 Tieto- ja viestintätekniiikan rakenteiden maailmanlaajuistuminen

Laitteiden ja asioiden internet on myös muuttunut humauksessa Linturin artikkelin jälkeen. Linturi luettelee keskeiseksi kaiken verkostoitumisen. Samaan hengenvetoon Linturi havaitsee, että sen rakenteiden muuttaminen on jo mahdotonta. Yksittäiset suuret organisaatiot hiljalleen yhdistävät kaikki palvelut toisiinsa, joita ilman yksittäisen toimijan on haasteellista toimia. Samalla kun laitteet valtaavat koteja ja ovat yhdistettyinä mitä ihmeellisempiin verkkoihin, on vain ymmärrettävä, että ne saattavat toimia myös kuluttajaa vastaan markkinointitarkoituksella. Lainsäädäntö onkin haasteellista ja siten yli rajojen toimivat pilvipalvelut eivät aina noudata lakia. (Linturi, 2015)

4 Teknologioiden kehityksen vaikutukset valtion ilmailuun

Tässä osassa tutkimusta tutkija pyrkii selvittämään keskeiset teknologiakehityksen vaikutukset valtion ilmailuun. Tutkimuksen näkökulmana pysyy edelleen tekniikan ja teknologian tarkastelu luvun 3 mukaisien teknologia-ajureiden mukaisesti. Tutkija avartaa laadullisen aineistoanalyysin tuloksia sitomalla teknologiakehityksen osaksi vartiolentolaivueen henkilöstön näkökulmaa. Puolistrukturoitu kysely toteutettiin luvun 4.1 mukaisesti ja siitä koostetut tulokset analysoidaan luvussa 4.2. Osassa 4.3 pohditaan yleisesti mitä muuta teoriaan tulisi huomioida erilaisten lähteiden pohjalta.

4.1 Kahvipöytäkyselyn suunnitelma – puolistrukturoitu kysely

Tutkija tulosti keskustelua varten kortit kymmenestä teknologiaosa-alueesta, Liite 1. (puolistrukturoitu kysely). Korteissa oli otsikoituna luvussa 3 esitellyt kymmenen teknologia-ajuria. Kahvipöytäkeskustelun toiminta-ajatuksena oli mahdollisimman pienellä häiriöllä haastaa työntekijää intuitiiviseen keskusteluun ja ajatteluun normaalien työtehtävien keskellä, kuluttamatta työntekijältä aikaa ja menemättä liian syvälle pohdintaan ja analysointiin. Keskustelu oli luonteeltaan normaalia kahvipöytäkeskustelua, joihin tällä kertaa tutkija toi esille keskusteltavan aiheen. Teknologia-ajurien käyttämisen pyrkimyksenä oli kategorisoida vastaajan ajattelu kymmeneen valmiiseen rakenteeseen niin, että laaja aihekokonaisuus saatiin rajattua selkeämpiin osa-alueisiin.

Keskustelu käytiin seuraavan rungon mukaisesti:

1. Tutkija sopi työntekijän tai kahvipöytäryhmän kanssa hetken keskustelusta
 - Kysely toteutettiin nimettömänä, mutta vastaajista kerättiin ylös työtehtävä
2. Kyselyhetkellä tutkija antoi työntekijälle tai ryhmälle kymmenen korttia ja pyysi järjestämään kortit priorisoituun järjestykseen saatesanoin: ”Mitkä tulevaisuuden teknologiakehityksistä arvelet vaikuttavan työhösi 2030-luvulla”.
3. Ryhmän keskustellessa ja asettaessa kortteja järjestykseen tutkija kirjaili havaintoja ylös:
 - mitä teknologioita keskustelussa käydään läpi

- miksi toinen on toista tärkeämpi
 - missä kohdassa huumori vaikuttaa keskusteluun – onko keino tuntea olonsa turvatuksi vai kokeeko teknologiassa uhkaa
4. Järjestelyn päätteeksi tutkija ottaa korteista kuvan
 - Tutkija tilastoi järjestyksen Excel-taulukkoon
 5. Keskustelu avataan kolmen keskeisen teknologian ympärille
 - Mitä teknologioita tunnistatte, mitä on tulossa, miten vaikuttaa työntekemiseen, miksi tärkein, toiseksi tärkein ja kolmanneksi tärkein.
 - Lopuille annetaan mahdollisuus nostaa ajatuksia
 6. Keskustelun lopuksi tutkija varmisti, että oli ymmärtänyt keskustelun pääpiirteet ja antoi vielä mahdollisuuden korjata virheitä

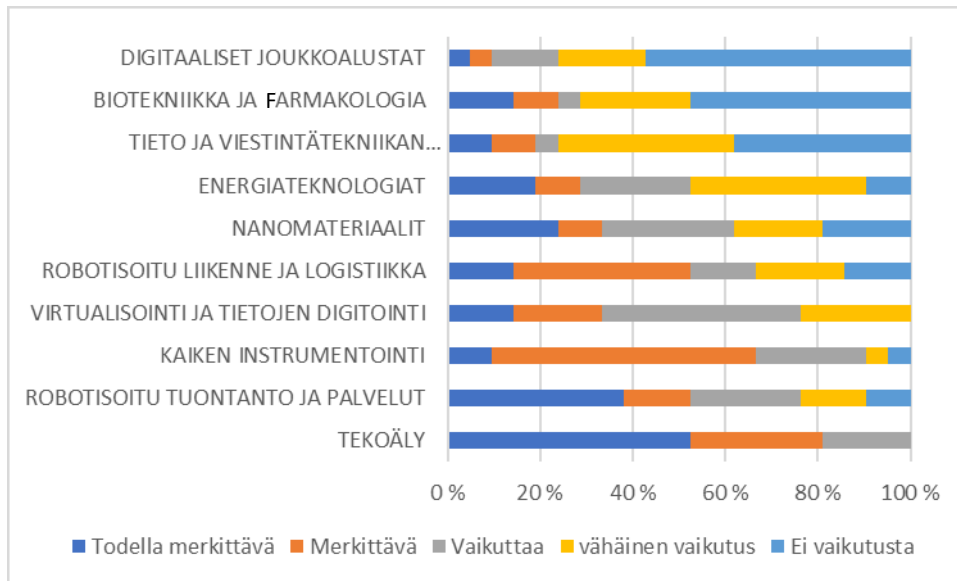
Ryhmäkeskusteluita käytiin syys- ja lokakuun (2023) aikana tukikohdan kahviossa tai muussa soveltuvassa paikassa. Tavoitteena oli muodostaa 10 eri järjestystä siten, että eri henkilöstöryhmät ovat kattavasti mukana otannassa.

Keskusteluiden pohjalta tutkija pyrki laatimaan top-listauksen niin, että keskeisimmät teknologian kehityssuunnat nousevat esille. Vastaavasti keskusteluista nousevat nostot analysoidaan ja niiden vaikutusten arvio lentotoimintaan pohditaan.

4.2 Kahvipöytäkyselyn toteutus

Kahvipöytäkeskusteluja käytiin niin, että vastaajia oli yhteensä 21. Kysely edustaa seuraavia henkilöstöryhmiä lentäjät, pintapelastajat, mekaanikot ja johto/asiantuntijat. Kyselyn tulokset on jaettu kahteen osa-alueeseen. Taulukko 1 osoittaa vastaajien arvion teknologia kehityksen vaikutuksista omaan työhön 2030-luvulla. Ja analyysiin, joka avaa taulukon taustalla käytyä keskustelua.

Taulukko 1 Teknologian kehityksen vaikutus henkilöstön näkökulmasta



Havaittavaa oli, että osalle vastaajista tulevaisuuden miettiminen tuotti hankaluuksia ja samoin myös teknologia-termin tunteminen. Tutkija pyrki aktivoimaan keskustelua esimerkeillä ja kuvauksilla kuitenkin liikaa rajoittamalla vastaajan ajattelua. Tuloksissa voi kuitenkin heijastua tutkijan sanavalinnat ja kuvaus eikä keskustelu tuottanut vastaajassa uusia oivalluksia. Toisille vastaajille vastaaminen oli helppoa, joskin vastauksen sisältö ja teknologia-ajureiden linkittyminen toisiinsa saattaa vääristää tulosta. Robotisoituminen itsessään pitää sisällään tekoälyä, instrumentointia ja digitalisointia, niin vastaaja saattoi nähdä robotisoinnin merkittävänä, mutta ei nähnyt instrumentoinnilla painoarvoa. Tutkija päätyi hyödyntämään vastaajien intuitiota ja ensimmäistä valintaa osin sen takia, että kysely luonteeltaan mahdollisti kahvipöytäkeskustelumaisen oppimisen, ajatusten vaihdon ja jopa humoristisen lähestymistavan.

Kaaviosta voidaan tehdä johtopäätös, että yli puolella vastanneista henkilöistä merkittävää tai todella merkittävää oli tekoäly, robotisoitu tuotanto ja palvelut, kaiken instrumentointi, virtualisointi ja tietojen digitointi sekä robotisoitu liikenne ja logistiikka. Vastaajien toki tiedetään olevan ilmailualalla toimivia ja pääsääntöisesti mekaanikkoja tai teknisesti suuntautuneita asiantuntijoita.

Kaaviosta voi kuitenkin havaita, että eri henkilöstöryhmien näkemykset vaikuttavuudesta ovat erilaiset. Esimerkiksi puolet henkilöstöstä ei näe biotekniikalla olevan mitään vaikutusta heidän työnkuvaansa, kun samalla kyselyyn vastanneista kolme pitää sitä keskeisenä muutoksena omaan työnkuvaansa. Pintapelastajat ja ensihoitajat ovat koulutustaustaltaan ja näkökulmaltaan ehkä enemmän tietoisia niistä muutoksista kuin automaation tai energiateknologian muutoksista.

Kaikkiaan kahvipöytäkeskustelun korttien järjestely onnistui kaikilta vastaajilta ja tuotti tarkoituksensa – eli keskustelu jatkui kyselyn toiseen vaiheeseen.

Toisessa vaiheessa vastaaja joutui lyhyesti perustelemaan valintansa. Samassa yhteydessä vastaaja joko myönsi epätietoisuutensa tai osoitti ammattimaisuutensa valinnastansa. Kaiken kaikkiaan keskusteluissa pystyttiin olennaisin osin keskustelemaan kolmesta vaikuttavimmasta samalla kun tieto ja taito ei riittänyt jäljelle jääneiden argumentointiin.

Kyselyn yksi merkittävä havainto voisi olla myös inhimillinen osallistaminen. Keskusteluiden päätteeksi tutkija kiitti osallistuneita ajasta ja vasta vuoroin keskusteluun osallistujat ilahtuivat saadessaan osallistua. Tutkija havaitsikin, että ajattelua ja osaamista on, kunhan aika ja tarve kehityssuuntien seuraamiseen olisi johdettua ja myös rauhoitettua.

4.3 Kahvipöytäkyselyn tulokset

Tutkija havaitsi seuraavia keskeisiä keskustelun piirteitä, kehitysehdotuksia tai tarkastelunäkökulmia teknologia-ajureihin, joista tutkija avaa kyselyn tulokset merkittävien osalta.

4.3.1 Tekoäly

Tekoäly nähtiin kattavasti vaikuttavana teknologiana, jonka uskotaan muuttavan työskentelytapoja jo seuraavalla vuosikymmenellä. Valtaosa vastanneista (81%) näkee muutoksen vaikuttavana. Konkreettisina esimerkkeinä nähtiin valvontakuvan havainto, luokittelu ja tunnistuskyvykkyydet, ilma-alushuollon vikaantumisen seuranta-analyytit ja

tilannetietojen yhdistäminen erilaisista järjestelmistä. Ehkä merkittävimpinä muutoksina nähdään uusien kalustojen hankkeet ja niiden toiminnallisuuksien kehittyminen.

Inhimillisesti tekoäly koetaan enemmän mahdollistajana ja positiivisena tulokkaana, jonka uskotaan tekevät työt niin, että itse voi nauttia. Samalla kuitenkin rationaalinen pelko siitä, että miten voi erottaa tekoälyn ja oikean ihmisen työt toisistaan, on myös arkinen keskustelu, jonka vaikutuksia arvioitiin osana työtä. Tekoäly kaiken kaikkiaan miellettiin hyvin esillä olleeksi ja tutuksi termiksi, vaikka sen sovellutuksista ei kenelläkään ollut merkittävää kokemusta. Haaste onkin ehkä siinä, että harvemmin sitä miettii, että arjessa on jo paljon tekoälyä, vaikei sitä tekoälyksi kutsuta.

Tekoälyn osalta organisaation kehittymiseksi olisi hyvä kasvattaa henkilöstön tietoa tekoälyn kehityksestä ja vaikutuksesta tekoälykoulutuksella. Vaikka tekoäly ei vielä 2030-luvulla tule ratkaisevasti muuttamaan organisaation toimintaa, voisi olla merkittävä järjestää tekoälyyn liittyviä tietoiskuja tai koulutuksia niin, että niiden toiminnallisuus ja havaitseminen olisi mahdollista. Tällä hetkellä valtaosa henkilöstöstä on kouluttautunut 10-20 vuotta sitten ja silloin tekoälyä ei vielä kouluissa osattu opettaa. Nyt moniin arkisiin työtehtäviin olisi olemassa tekoälyavusteisia sovelluksia niin, että työkuorma jakautuisi ja ihmiselle jäisi enemmän aikaa ajatteluun ja hallintaan.

4.3.2 Automaatio (kaiken tiedon digitointi, instrumentointi, robotisointi)

Tutkija yhdistää tulosten perusteella neljä seuraavaa kokonaisuutta yhdeksi automaatioteknologiaksi: Virtualisointi ja kaiken tiedon digitalisointi, instrumentointi, liikenteen ja palveluiden robotisointi. Tämä kokonaisuus näyttäytyy kyselyssä vahvasti yhtenä aihealueena ja tavallinen pohdiskelija näkee vain itsestään liikkuvan järjestelmän. Tuloksista yli puolet 51% pitää näiden neljän aihealueen olevan merkittäviä. Vaihtelu neljän välillä on pientä ja keskusteluista voisi päätellä järjestyksen olevan jokaisella vain pienistä syistä eriävä.

Teknisesti orientoituneet työntekijät ymmärtävät tämän logiikan selkeänä ja ovatkin jo arjessaan kohdanneet konkreettisia kokemuksia, joista heijastaa vaikutusta myös omaan

työnkuvaan. Jo nyt mittaamisen, digitoinnin, ohjelmistojen ja järjestelmien automaatioinnin on nähty edesauttavan kokonaiskuvan rakentumista ja ylläpitoa.

Linturinkin arvio kaiken tiedon digitoinnista, instrumentoinnista ja tämän tietokannan käyttäminen tekoälyn avulla robotisoinnissa on merkittävästi muuttamassa yhteiskunnan tulevaisuutta (Linturi, 2015), ja tietenkin myös Rajavartiolaitoksen henkilöstön toimintaa. Keskustelut olivat jo enemmän kokemuseräisiä ja tekniikan artikkeleista tai koulussa opitusta. Moni tietää muutoksen olevan jo liikkeellä ja sen tiedetään jo olevan osa ilmailua. Kuitenkaan perinteisiä menetelmiä ei tarvitse vielä unohtaa. Tutkijan tuntuman mukaan nuoremmat vastaajat kokivat muutokset jo mahdollisiksi ja vanhempien humoristinen lähestymistapa, jo olemassa oleviin tietokonekirjauksiin on jo liian automatisoitua.

Robotisoitu tuotanto ja liikenne eivät kuitenkaan näy henkilöstön arjessa. Tämä johtunee vielä siitä, että vartiolentolaivueen järjestelmät ovat oman aikansa laitteita ja viimeisin teknologia ei ole vielä saavuttanut käyttäjää. Vaikka ohjekirjat päivittyvät virtuaalisiksi tai simulaattoreiden avulla lentäminen on ollut jo pitkään esimerkkinä automaatiosta, nähdään perinteinen toimintatapa normaalina ja siten muutoksen vaikutus vielä pienenä. Sen sijaan ymmärretään yhteiskunnan muutos ja automaation vaikutus yhteisöön. Yhtenä ajatuksena keskusteluista nousi automaattinen hätäkeskustietojärjestelmä ERICA, jossa puhelinten 112-sovellukset, hätäkeskuspäivystäjä, lähimpien yksiköiden sijainnit ja määrätyt vasteet yhdessä tuottavat automaattisesti parhaimman ja nopeimman avun sitä tarvitsevalle (Valtori, 2019). Vastaavia järjestelmiä on tulossa myös arkiseen lentämiseen esimerkiksi sähköisen matkapäiväkirjan myötä (Rajavartiolaitos, 2022).

Automatisoinnin osalta kehitysajatuksia keskusteluiden perusteella voisi olla myös teemakoulutukset. Vaikka yksittäisille henkilöille kurssitetaan esimerkiksi vikaantumisen seuranta, olisi syytä avata ajattelua ja automatisoida prosesseja, joihin siitä on hyötyä. Keskustelut logistiikan kanssa osoittivat, että logistiikka on jo monissa suhteissa odottamassa automaattisempaa varaosien jakelua. Esimerkiksi toimittajan rahtikirjan numeron, tilauksen ja tuotteen tilaajan nopea tiedottaminen voisi jo nykyisillä järjestelmillä olla mahdollista, kunhan laitehankinnoilla ja ohjelmistojen muutoksilla hälytykset ja kriittiset nostot voisivat

olla konkreettinen keino automatisoida prosesseja. Myöhemmässä vaiheessa ideointi voi johtaa perustoiminnan tehostamiseen ja työaikaa säästy kriittisemmälle toiminnalle.

4.3.3 Muut teknologia-ajurit

Kyselyssä vähemmän arvoa saaneet teknologia-ajurit on koostettu tähän osioon. Vaikka keskusteluissa ei jokaisen osallistujan kanssa päästy otsikkotasoa syvemmälle, ei teknologia-ajureita voi sanoa ”merkityksettömiksi”. Voitaisi todeta että, edellä olevat sattuvat olemaan enemmän merkitseviä ja vastanneiden yhtäläinen koulutustausta ja työpaikka ohjaavat ajattelua samaan suuntaan. Tutkija kuitenkin yllättyi, että energiateknologia ei noussut merkittävämmäksi. Ehkä kokonaisuus on jo muuttunut paljon ja siksi vaikutukset nähdään pieninä tai siten muutokset nähdään jo automaattisina ja positiivisina niin, että vaikutus ei nouse ajattelussa keskiöön. Keskustelun aikana energiateknologioiden nähtiin vaikuttavat arkeen, mutta ei työhön. Samoin kuin tutkijalle itselleen digitaalisten joukkoalustojen teknologinen kehitys tuntui jäävän vastanneille etäiseksi. Ehkä digitaalisia joukkoalustoja ei nähdä perinteiseksi teknologiaksi tai se on omaksuttu niin vahvasti osaksi arkea, että sen teknologiakehitystä ei nähdä tai tunneta.

Näissä loppuissa, kuten Linturikin ohjaa organisaatiota pysymään trendien mukana, pitäisi organisaation olla riittävän perillä muutoksista, sillä ennemmin tai myöhemmin muutos osuu organisaatioon ja sitten voi olla hankalampi omaksua muutos (Linturi, 2015). Kuten edellä mainituissa tekoälyssä ja automatisoinnissa voisi henkilöstön osaamisen ja ajattelun hyödyntämistä pyrkiä etsimään teemapäivillä, työpajoilla tai koulutuksilla niin, että työntekijälle jäisi mielikuva myös muista teknologioista kuin omasta ammattialastaan ja siten innovatiivisuus pääsisi esille.

4.3.4 Kyselyn kehittäminen

Varsinaisesti kokonaisuuden hahmottaminen tai oman työnkuvan ulkopuolinen hahmottaminen näkyi vain muutamissa vastauksissa, joissa oli oivallettu hahmottaa koko näkökulmaa valtion ilmailun näkökulmasta. Tutkija havaitsikin, että painotus valtion ilmailuun olisi ollut nostettavissa paremmin esiin. Toinen, minkä tutkija havaitsi tulosten jälkeen, oli

vastaajan iän vaikutus vastauksen syvyyteen. Tutkija ei kirjannut ylös vastaajien ikää, mutta kokemukseen ja keskusteluihin osallistuessaan havaintona voisi olla, että nuoremmilla suhtautuminen tulevaisuuteen on positiivisempi ja siten jopa rohkeampi, kun vanhemmilla tulevaisuus ei ehkä niin innostanut, vaikka eivät sitä uhkana nähneetkään. Toki vastaajat ovat kaikki persoonia ja siten lyhyt keskustelu ei kuvasta parasta totuutta. Vastaajien aktiivisuuteen tulee myös huomioida kyselytilanne, toisille kyselytilanne sopi tehtävien puolesta paremmin, kun toisilla kahvitaukokin keskeytyi työasioille.

5 Tutkimuksen tulokset ja kehitysehdotukset

Linturin mukaan kymmenen keskeisen teknologia-ajurin kehitykset vaikuttavat hyvinvointiin eri osa-alueilla. Selvityksessä Linturi tuo esille vaikutusten uhat sekä mahdollisuudet. Näiden kuvauksien jälkeen Linturi koostaa oman suosituksensa, miten teknologian tulisi vaikuttaa hyvinvoinnin eri osa-alueisiin. Koostettuna Linturin huolena on ihmisen holistisen ajattelun ja omakuvan vaarantuminen teknologian alle, eriarvoistumisen lisääntyminen teknologian takia sekä ahdistuminen teknologian paljouteen ja monimutkaisuuteen niin, että se koituu ylitsepääsemättömäksi. Mahdollisuutena ja tavoitteena on, että teknologia helpottaisi toimintaa ja päätöksentekoa kaikissa arkisissa valinnoissa, niin ettei automatisointi veisi ihmisen omaa tarkoituksenmukaisuuden tunnetta. Lisäksi Linturi näkee uhkan ympäristön kantokyvyn näkökulmasta. Teknologia voi pahimmillaan mahdollistaa ylikulutuksen sen sijaan, että tavoiteltava hyvä olisi toimia yhdessä ympäristön kanssa sitä kunnioittaen. Linturi ottaa kantaa ylikulutuksen huomioimiseen kyvyn hahmottaa todellinen tarve, kierrättää jo käytössä olevat, tuottaa puhtaita energioita ja kannustaa kestäviin teknologisiin valintoihin. (Linturi, 2015)

Teknologian vaikutuksissa ei siis sovi unohtaa myös negatiivista vaikutusta toimintatapojen muutokseen. Ja nämä ihmisyyttä koskevat kysymykset ovatkin keskeisiä uhkia, joihin myös valtion ilmailun pitäisi pystyä varautumaan. Miehittämättömien ilma-alusten lentäjillä työkuorma voi henkisesti lisääntyä ja työnnautinnot pienentyä, vaikka työ itsessään on samaa lentämistä. Samoin mekaanikon työaika kuluu enemmän ja enemmän tietokoneella, kun into ja työnimu syntyy käsillä tekemisestä. Tässä tutkimuksessa ei sen pidemmälle oteta kantaa teknologian varjopuoliin, mutta niitä ei sovi kokonaisuudessaan unohtaa.

Edellä esitellystä aineistoanalyysistä päätellen maailma ei ole tältäkään osin valmis. Tutkijana kuitenkin kiinnitin huomiota henkilöstön aitoon mielenkiintoon ympärillä tapahtuvista asioista. Tutkimuksen ja kyselyn keskeinen tulos onkin, että lisäämällä organisaatiossa olevien työntekijöiden tietoa ja taitoa tunnistaa ja ymmärtää teknologian kehitys, saavutetaan paras lähtökohta edistää valtion ilmailua ja kehittää toimintaa. Pienessä organisaatiossa jokaisen mielipide voi antaa syyn kehittää teknologiaa tai hyödyntää olemassa olevaa teknologiaa toisin. Vaikka tutkimuksen ja Sitran ”selvitykset 103” onkin jopa

utopistisia ja ne eivät tule vaikuttamaan lentotoimintaan vielä 2030-luvulla, on meillä nyt paras aika kehittää ja valmistaa henkilöstöä tuleviin muutoksiin.

Rajavartiolaitos pystyy kouluttamaan henkilöstöään määräajoin eri koulutusohjelmien mukaisesti ja opintokokonaisuuksiin sisältyy vierailevien asiantuntijoiden esittelyitä.

Rajavartiolaitoksen henkilöstö vierailee näyttelyissä ja verkostoituu eri organisaatioiden kanssa ja tutustuu esitteisiin, sekä tutustuu alan teknisiin artikkeleihin. Tutkijana kuitenkin näkisin tarpeen teknologian teemapäivälle niin, että toisinaan muistutettaisiin henkilöstöä isoista muutoksista ja kuunneltaisiin ajatuksia myös viltteistä ideoista. Teknologian teemapäivän ja jo olemassa olevien tekniikan päivien sisältöä voisi pyrkiä laajentaman niin, että vierailevat puhujat ja asiantuntijat täydentäisivät käynnissä olevia hankkeita niin, että henkilöstö pääsee oppimisessaan syvemmälle tasolle ja ymmärtää aiheutuvia vaikutuksia. Henkilöstön kehittäminen onkin yhtä tärkeää kuin pelkän laitteen laadun kehittäminen (Alahuhta, 2015).

6 Johtopäätökset

6.1 Teknologiakehitys vaikuttaa valtion ilmailuun

Tutkimuksen pääkysymys oli seuraava: Miten teknologian muutos vaikuttaa valtion ilmailuun?

Teknologiakehitys vaikuttaa sääntelyyn

Osion 1. tutkimuksen näkökulmasta voidaan tehdä johtopäätös, että nykyinen lentotoiminta-ajatus ja sääntely ovat keskenään johdonmukaiset ja vaikka kehittymisen rytmi olisi hetkittäin erilainen, on prosessi itsessään luotu niin, että sääntely ei vaikuta toimintaa rajoittamalla. Sääntely on osallaan jopa pidemmällä kuin toimintatavat, koska eurooppalaisen yhteisön tavoitteita on jo osattu ennakoida etenkin kaupallisen tarpeen ja teknologiakehityksen vaatimuksien mukaan.

Osiossa 2 Laadullisen ja CASE tutkimuksen perusteella Linturin vuoden 2015 teknologiakehityksen trendit auttavat ymmärtämään keskeisten muutosten ennustettavuuden ja vaikuttavuuden. Linturin ajatus vaikutuksista on yhteiskunnalliseen ympäristöön nähden linjassaan, mutta ei täysin voida sellaisenaan soveltaa valtion ilmailun rakenteiden muutoksiin. Toki tutkimuksen yhteydessä Rajavartiolaitos on toimijana osa yhteiskuntaa ja siten yhteiskunnan perässä pysyminen tai mielellään askeleen edellä kulkeminen on edellytys toiminnan jatkamisen kannalta.

Teknologiakehitys vaikuttaa toimintatapoihin

Voidaankin summata vaikutuksia edellisistä havainnoista niin, että jokaisen merkittävän kehityspolun voidaan nähdä vaikuttavan merkittävästi toimintatapoihin myös valtion ilmailun tulevaisuudessa. Kehitys tulee kuitenkin suuremmin vaikuttamaan tapaan rakentaa ilma-alusjärjestelmä, ylläpitää ilma-alueita ja tarjota uudenlaisia palveluita helpottamaan työskentelyä ja saavuttamaan asetetut tavoitteet. Valtion ilmailussa muutos näkyikin laadukkaammissa ja luotettavimmissa järjestelmissä, erilaisten järjestelmien

yhteensovittamisessa ja entistä monimutkaisempien kokonaisuuksien automatisoiduissa rakenteissa.

Teknologia mahdollistaa toimintatavan muuttamisen niin, että organisaatorajat rikkoontuvat. Kokonaisuudessaan erilaiset osajärjestelmät tulee pystyä näkemään paljon aiempaa laajempina. Nykyaikana toimintatapana on JOINT-ajattelu, missä valvontakuvat kerätään erillisinä maa-, meri- ja ilmajärjestelmiltä ja erillinen ”esikunta” komentaa eri osa-alueita saman pöydän ympärille. Tulevaisuudessa termille JOINT ei mahdollisesti ole käyttöä, koska järjestelmät osaavat laitteitasalla keskustella toistensa kanssa ja puhutaankin yhdestä järjestelmästä, jossa ihmisten tekemä yhdistäminen voi olla turhaa. Niinpä toimintatapa yksittäisenä valtion ilmailijana voi jo lähtökohtaisesti olla virheellinen, koska teknologia mahdollistaa jo nyt saumattoman yhteistyön organisaatorajojen yli. Tästä hyvänä esimerkkinä on jo Sisäministeriön miehittämättömien ilma-alusten loppuraportti, välineet ovat jo, ja nyt tarvitaan yhteinen suunta (Sisäministeriö, 2022).

Tutkijan näkökulmasta suurin muutos tapahtuu toimintatavassa liittyen organisaatorajojen rikkoutumiseen ja johtamisen monipuolistumiseen, näin ollen toiminnan laajuuden kasvaessa sääntelyn tehtävänä onkin vain yksi kehityssuunta: Sääntelyn tulee vastata ongelmiin johtosuhteissa, toimintaraameissa ja toiminnan vaikuttavuudessa. Johtosuhteissa ongelmallista on toimivalta ja ratkaisuoikeudet. Samaan aikaan kun tehtävät tulevat monipuolistumaan täytyy jollakin taholla olla kyky ottaa johtaminen ja vastata siitä. Toimintaraamit usein tarkoittavat resursseja ja sääntelyn äärilaitoja. Näin kauan voitte toimia itse yleisen edun nimissä ja tällä resurssilla. Ongelmalliseksi sääntelyn tekee toiminnan vaikuttavuus. Lähtökohtaisesti sääntelyllä pyritään yhteisen hyvän tavoitteluun toimintaoikeuksia antamalla. Samaan aikaan kun tiedon määrä kasvaa, virheellisen tiedon osuuskin on suurempi. Vaikka työkuormaa pystytään hallitsemaan teknologian avulla, voi ihmisen rajallisuus rajoittaa toimintaa niin, että vaikuttavuus ei ole parhaimmillaan. Nopea syklisyys, epätietoisuus, tiedostetut tai tiedostamattomat riskit, ovat jatkuvasti läsnä päätöksenteon keskiössä. Ja koska ihmiset laativat sääntelyä, voivat henkilökohtaiset intressit tai inhimilliset virheet rajoittaa toimintaa.

Teknologiakehitys vaikuttaa kustannuksiin

Vaikka tutkimuksessa ei ole otettu kantaa kustannuksiin, on johtopäätöksissä syytä vielä mainita teknologian vaikutuksesta kustannuksiin. Tutkimuksessa ei sovi unohtaa, että valtion ilmailu perustuu lain edellyttämiin tehtäviin ja toimintatapoihin. Mikäli valtion ilmailuun, Rajavartiolaitoksen tehtäviin tai muille viranomaisille muodostetaan uusia lainmukaisia tehtäviä, jotka voidaan toteuttaa valtion ilmailun edellytyksin, on myös oletettavaa, että suorituskykyvaatimukset, resurssit ja toiminnan raamit ovat lain säätäjän mietinnöissä huomioitu. On tiedossa, että jokainen erityiskäyttöön tarkoitettu teknologia ja järjestelmä tulee kustantamaan aiempaa enemmän (Lehtonen, 2015), jolloin toimintatapoihin vaikuttaa merkittävästi myös annetut resurssit. Vaikka teknologia olisi jo käytössä yleisesti maailmalla, voi syntyä tilanne, että teknologiaa ei voida kustannustehokkaasti ottaa käyttöön tai ylläpitämään suurien kustannusten takia.

Teknologiakehitys vaikuttaa henkilöstöön

Tutkimuksen tulosten mukaisesti merkittävää on myös huomioida työntekijöiden koulutus ja kyvykkyys pysyä teknologian kehityksessä. Edelleen teknologia tulee olemaan käyttäjänsä mukainen ja hitaasti kehittyvä organisaatio ei pysty omaksumaan viimeisintä teknologiaa niin hyvin kuin valpas ja avoin työyhteisö, jossa haasteisiin suhtaudutaan ratkaisukeskeisesti. Henkilöstön sisäisen motivaation kasvattaminen ja henkilöstön kehittäminen teknologiakyvykkäiksi voivat olla valtion ilmailulle kustannustehokkaampaa, kuin pelkästään teknologian päivittäminen. Teknologian hyödynnettävyys seuraa kuitenkin ihmisten kykyä kehittyä ja kehittää toimintaa. (Alahuhta, 2015)

6.2 Luotettavuus ja hyödynnettävyys

Tutkimuksen tavoitteena oli tukea lentotoimintakonseptin 2030 ajattelua siten että päätöksen tekijät ymmärtävät myös teknologia tuomat mahdollisuudet ja niiden mahdollisuuksien vaikutus sääntelyyn. Tutkimus edesauttaa ajattelua siitä mitä nykyajan sääntely mahdollistaa, mitkä teknologian kehityslinjat on syytä pitää keskiössä ja mitä

vaikutuksia kehityksellä voisi olla valtion ilmailuun. Tutkimusta voi sellaisenaan hyödyntää lähtötietona annettuun tavoitteeseen.

Tutkimuksen luotettavuus on rajallinen. Tutkimuksen näkökulma rajaa tutkimuksen mahdollisuuksiin samalla kun uhat ja riskit unohdetaan. Vastaavasti kustannuskeskustelua ei saa unohtaa, sillä muutosten vaikutukset koskettavan niin henkilöstötarvetta ja -koulutusta, sekä arvokkaampia investointeja ja ylläpitoa. Kustannuksissa voi syntyä myös säästöjä toiminnallisuuksien kasvaessa ja siten toiminnan vaikuttavuuden kasvamisessa.

Tutkimukseen tulee suhtautua kriittisesti. Tutkijan mielenkiinnon ja aiemman osaamisen tausta erottuu tutkimuksen rakenteessa ja raportissa. Tutkijana olen sivuuttanut haasteelliset tai osaamisen ulkopuolella olevat ajatukset ylimalkaisesti ja tehnyt jopa ratkaisuja niin, että ”ei kosketa valtion ilmailua”. Tarkemmalla tutkimisella näistäkin aiheista voi löytää merkittäviä liittymäpintoja valtion ilmailuun.

6.3 Jatkotutkimukset ja kehitystarpeet

Tutkimuksen myötä mielenkiinto yksittäisten teknologian osa-alueiden kehittymisestä avaa merkittäviä jatkotutkimusaiheita. Esimerkiksi logistiikka-alan korkeakoulun opinnäytetyönä voisi tutkia polttoainejakelua ja saatavuutta sidottuna Rajavartiolaitoksen tarpeeseen. Vastaavasti tietotekniikan kehityksen myötä tutkimukset tiedon keskittämisestä tai verkostoimisesta eri järjestelmien välillä on jatkuvasti esillä tutkimuspöydillä, etenkin huoltotiedon, valmistajan palveluiden välillä tietoturvallisuus huomioiden. Yksittäisistä teknologioista myös automatisointi ja robotiikka, kuten miehittämätön ilmailu, odottaa tuloaan myös vakimuotoisiin valvonta- tai jopa etsintätehtäviin suuremmissa mittakaavassaan, kuin nykyisin.

Suurempana jatkotutkimustarpeena näkisin valtion ilmailun keskittämisen. Ilmatilan rajoittamisen ja käytön näkökulmasta on jo menty lyhyessä ajassa eteenpäin. Erittäin karkeasti voisoin sanoa, että Suomen valtiolla on kuitenkin rajalliset resurssit, monta toimijaa, ja jo nyt hyvä yhteistyöverkosto. Voisiko jatkossa koko valtion ilmailu olla organisaationa yksinkertaistettumpi, vaikka tehtävien määrä ja monipuolisuus nähtäisiin kasvavan? Voisiko

mahdollisesti saavuttaa paremman vaikuttavuuden kustannustehokkaammin muodostamalla valtionilmailuoperaattorin, jolla on kyvykkyys toimia nopeasti, kustannustehokkaasti ja yhteistyössä paikallisten viranomaisten kanssa?

Tutkimuksessa on muutamia kehittämistarpeita. Tutkijan ajankäytön resurssi näkyy tutkimuksessa. Vapaa-ajalla harrastelu ja siten pitkäjänteinen keskittyminen heijastuu tekstistä. Kieliasu jää vajavaiseksi, eikä tutkija hyödyntänyt ulkopuolisia kielentutkijoita työn viimeistelyvaiheessa. Tutkijan subjektiivisuus aiheen kokonaisuudessa heijastelee mielenkiinnon ja osaamisen välillä. Tutkijan oma subjektiivisuus näkyy esimerkiksi energiateknologiakappaleen laajuudessa muita teknologioita jopa suuremmaksi. Mutta kun katsoo vastauksia, ei muu henkilökunta näe energiateknologioita niin merkittävänä kuin tutkija itse. Tutkija on 13 vuotta ilmailualalla työskennellessään rajoittunut näkemään oman laatikkonsa ulkopuolelle. Toki tutkimuksella oli vaikutusta tutkijan osaamisen laajentamiseen ja asiantuntijuuden monipuolistamiseen.

Tutkimuksen yksi keskeinen parannusehdotus olisi ollut kattavamman kyselyn laatiminen niin vartiolentolaivueen henkilökunnalle kuin muille valtion ilmailuoperaattoreille. Alkuperäisenä ajatuksena oli laatia parempi kysely, jossa ilmailun asiantuntijat olisivat kommentoineet omista näkökulmistaan teknologioiden vaikutuksista omaan työhön. Nyt aika, resurssi ja työkiireet eivät mahdollistaneet vielä laadukkaampaa kyselyä.

Viimeisenä kehitysehdotuksena tähän tutkimukseen olisi ollut myös uhkien käsittely. Linturin raportissa kolikon toisella puolella on mainittu lyhyesti myös uhkia. Jotta tutkimuksen yltiöpositiivinen suhtautuminen teknologian ihmeelliseen maailmaan olisi pystytty ampumaan alas, olisi tutkijana voinut nostaa esiin myös niitä varjopuolia ja negatiivisia vaikutuksia toimintatapoihin, joita huonoimmillaan voi kehitys tuoda tullessaan.

Lähteet

- AIRBUS. (12. December 2019). *Airbus acquires Seattle-area's MTM Robotics*. Noudettu osoitteesta <https://www.airbus.com/en/newsroom/press-releases/2019-12-airbus-acquires-seattle-areas-mtm-robotics>
- Alahuhta, M. (2015). *Johtajuus kirkas suunta ja ihmisten voima*. Jyväskylä: Docendo Oy.
- Alvik, S. (26. april 2022). *This is how the war in Ukraine could affect Europe's clean energy transition*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/ukraine-war-europe-renewable-energy-transition/>
- Arter. (26. 10 2017). *Arter*. Haettu 6. 10 2022 osoitteesta <https://www.arter.fi/strateginen-muutosjohtaminen/>
- Baharozu, E.;Soykan, G.;& Ozerdem, M. (2017). *Future aircraft concept in terms of energy efficiency and environmental factors*. ScienceDirect. Noudettu osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036054421731513X>
- Boucher, P. (29. 03 2020). *Artificial intelligence: Hoe does it work, why does it matter, and what can we do about it?* EPRS European Parliamentary Research Service. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641547/EPRS_STU\(20\)641547_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/641547/EPRS_STU(20)641547_EN.pdf)
- Britannica. (13. Nov 2022). *Biotechnology*. Noudettu osoitteesta <https://www.britannica.com/technology/instrumentation-technology>
- Douglas, B. (21. 10 2019). MATLAB Tech Talks Understanding Sensor Fusion and Tracking, Part 1: What Is Sensor Fusion? Haettu 22. 11 2022 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=6qV3YjFppuc>
- EASA. (2022). *Second Publication of Means of compliance with the Special Condition VTOL*. EASA. Noudettu osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/136697/en>
- EASA. (2023). Sustainable Aviation - towards zero emission Aviation. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.easa.europa.eu/en/light/topics/sustainable-aviation-towards-zero-emission-aviation>
- Ekhans. (24. 1 2022). *Artificial Intelligence in Aviation*. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta <https://aspioneer.com/artificial-intelligence-in-aviation/>

- Euroopan parlamentti. (29. 3 2021). *Mitä tekoäly ono ja mihin sitä käytetään?* Haettu 21. 11 2022 osoitteesta
<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20200827STO85804/mit-a-tekoaly-on-ja-mihin-sita-kaytetaan>
- Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto. (2018). Asetus (EU) 2018/1139. Noudettu osoitteesta <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R1139&from=EN>
- Federal Aviation Administration. (16. August 2022). *BEYOND*. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta https://www.faa.gov/uas/programs_partnerships/beyond
- Fortum. (2023). *Vety puhtaan yhteiskunna mahdollistajana*. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotantomme/vety-hiilineutraalin-yhteiskunnan-mahdollistaja>
- Graphene-info. (ei pvm). *What is Graphene?* Haettu 22. 11 2022 osoitteesta <https://www.graphene-info.com/graphene-introduction>
- Green, J. (9. toukokuu 2020). Airbus Announces Progress on Biotechnology Solution for Aviation Security Issues. Haettu 22. 11 2022 osoitteesta <https://airlinegeeks.com/2020/05/09/airbus-announces-progress-on-biotechnology-solution-for-aviation-security-issues/>
- Hirvi, M.;& Jאלanne, M. (2022). Miehittämättömät ilma-alukset rannikkovartiostojen tukena. *Rajamme vartijat*, 2022(3), 12 - 13. Noudettu osoitteesta <https://raja.fi/documents/44957406/52056402/3-22-Rajamme-Vartijat.pdf/0122f758-bb67-bacc-5799-47cf0f2cc047/3-22-Rajamme-Vartijat.pdf?t=1664967344415>
- Honkavaara, E.;Hakala, T.;& Nevalainen, O. (2018). Ilma-alus kohteen mukaan. *Positio*, 2018(1). Haettu 7. 10 2022 osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/235322/2018-4020217-4970.pdf?sequence=1>
- Häkkinen, J. (2020). *RPAS-laitteden käyttö Sisä-Suomen poliisilaitoksen alueella*. Poliisiammattikorkeakoulu.
- Idaho National Laboratory INL. (13. 6 2018). INL Hybrid Energy Systems. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://www.youtube.com/watch?v=zYvVqYlvUq4&t=53s>

- iea. (2021). Trends and developments in electric vehicle markets. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021/trends-and-developments-in-electric-vehicle-markets>
- Ilmailulaki 7.11.2014/864. (ei pvm). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/2009/20091194#P5>
- Korpela, V.-V. (2020). *Ilmatilanhallinta - EU:n suunnittelutoiminto vai suvereeni valtion keino turvallisuuden takaamiseksi?* Lapin yliopisto.
- Korpela, V.-V. (2022). *Kansainvälisen ilmailuoikeuden implementointi sotilasilmailussa – erityistarkastelussa EMAR-vaatimukset.* Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Laurikko, J.;Ihonen, J.;Kiviaho, J.;Himanen, O.;Weiss, R.;Saarinen, V.;. . . Hurskainen, M. (marraskuu 2022). National Hydroge roadmap for Finland. Business Finland. Noudettu osoitteesta https://www.businessfinland.fi/4abb35/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/alykas-energia/bf_national_hydrogen_roadmap_2020.pdf
- Lehtonen, J.-M. (2015). Puolustusmateriaalin hintakehitys - tehokkuutta rahalla. *Tiedo ja Ase*, 71. Haettu 01. 12 2023 osoitteesta <https://journal.fi/ta/article/view/49337>
- Liikenteen turvallisuusvirasto. (2016). Rajavartiolaitoksen ilmailu määräys GEN M1-12. Noudettu osoitteesta file:///M:/TRAFI_45999_03_04_00_00_2015_fi_rajavartiolaitoksen_ilmailu.pdf
- Linturi, R. (2015). Technology as an enabler of sustainable well-being in the modern society. *Sitra studies 103* (s. 36). Helsinki: Sitra.
- Lockheed Martin. (2014). *Compact Fusion*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://lockheedmartin.com/en-us/products/compact-fusion.html>
- Lockheed Martin. (ei pvm). *Advanced Production*. Haettu 22. 11 2022 osoitteesta <https://www.lockheedmartin.com/en-us/capabilities/advanced-manufacturing.html>
- Lohiranto, M. (2022). *Toimintatapa miehittämättömien ilma-alusjärjestelmien (UAS) käyttöön pelastustoimessa.* Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu.
- Lowood, H. E. (11. toukokuu 2006). *Virtual Reality*. Noudettu osoitteesta Britannica: <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality/additional-info#history>
- LUT University. (25. 11 2022). KAMIINA. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.lut.fi/fi/uutiset/lut-yliopisto-valmistaa-ukrainalaisille-kymmenia-kamiinoita>

- McKinsey & Company. (16. 1 2023). Battery demand is growing—and so is the need for better solutions along the value chain. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular>
- Morse, E. (2. kesäkuu 2022). *Renewable Energy*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://education.nationalgeographic.org/resource/renewable-energy>
- MOTIVA. (2023). Lamput ja valaistus. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/lamput_ja_valaistus
- National Aeronautics and Space Administration. (2021. Dec 2021). *Avionics and Instrumentation Technologies*. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta <https://www.nasa.gov/feature/avionics-and-instrumentation-technologies#>
- NESTE. (ei pvm). *Neste MY Renewable Diesel*. Noudettu osoitteesta <https://www.neste.com/products/all-products/renewable-road-transport/neste-my-renewable-diesel>
- Nousiainen, V.-M. (2021). *Taskuopas miehittämättömän ilmailun valvontaan*. Poliisiammattikorkeakoulu.
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (2023). *Pumped Storage Hydropower*. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.energy.gov/eere/water/pumped-storage-hydropower>
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (ei pvm). *Geothermal Basics*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://www.energy.gov/eere/geothermal/geothermal-basics>
- Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. (ei pvm). *Solar Photovoltaic Cell Basics*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-cell-basics>
- Office of Energy Efficiency & Renewable energy. (ei pvm). *Hydropower Technology Development*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://www.energy.gov/eere/water/hydropower-technology-development>
- Ollila, S. (2018). *Pelastushelikopterin vinssaustoiminta*. Metropolia ammattikorkeakoulu.
- Payne, R. (ei pvm). *The Instrumentation of everything*. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta <https://www.icaew.com/groups-and-networks/communities/data-analytics-community/community-insights-and-announcements/the-instrumentation-of-everything>

- Pelastusopisto. (27. 6 2022). *Miehittämätön ilmailu pelastustoimessa ja viranomaisyhteistyössä (UAS) – Pelastusopisto*. Haettu 6. 10 2022 osoitteesta <https://www.palosuojelurahasto.fi/ufaqs/miehittamaton-ilmailu-pelastustoimessa-ja-viranomaisyhteistyossa-uas-pelastusopisto>
- Poliisi. (ei pvm). *Miehittämätön ilmailu*. Haettu 6. 10 2022 osoitteesta <https://poliisi.fi/miehittamaton-ilmailu>
- Rajavartiolaitos. (2017). Rajavartiolaitoksen strategia 2027. Helsinki. Noudettu osoitteesta https://raja.fi/documents/44957406/64377821/Strategia_2027_web.pdf/ce452834-763e-cda9-c0a4-88061f0cf98a/Strategia_2027_web.pdf?t=1615290261280
- Rajavartiolaitos. (10. 11 2021). Valvonta 2 -projekti. *Valvonta 2 -projekti tuotti tietoa miehittämättömien ilma-alusten soveltuvuudesta merellisiin tehtäviin*. Noudettu osoitteesta <https://raja.fi/-/valvonta-2-projekti-tuotti-tietoa-miehittamattomien-ilma-alusten-soveltuvuudesta-merellisiin-tehtaviin-1>
- Rajavartiolaitos. (10. 11 2021). *Valvonta 2-projekti tuotti tietoa miehittämättömien ilma-alusten soveltuvuudesta merellisiin tehtäviin*. Haettu 21. 11 2022 osoitteesta <https://raja.fi/-/valvonta-2-projekti-tuotti-tietoa-miehittamattomien-ilma-alusten-soveltuvuudesta-merellisiin-tehtaviin-1>
- Rajavartiolaitos. (2022). *Rajavartiolaitoksen tulossuunnitelma 2023 sekä toiminta- ja taloussuunnitelma 2024-2027*. Helsinki: Rajavartiolaitos.
- Rajavartiolaitos. (22. 12 2022). Rajavartiolaitoksen tulossuunnitelma 2023 sekä toiminta- ja taloussuunnitelma 2024-2027.
- Rajavartiolaitos. (2022). Vuosikertomus 2021. Haettu 13. 10 2022 osoitteesta <https://raja.fi/documents/44957406/76502803/rajavartiolaitos-vuosikertomus-2021.pdf/8118a34f-438e-7585-7bb9-5df02abe1724/rajavartiolaitos-vuosikertomus-2021.pdf?t=1651230567570>
- Rajavartiolaitos. (n.d.). *Vartiolentolaivue*. Haettu 6. 10 2022 osoitteesta <https://raja.fi/vartiolentolaivue>
- Rajavartiolaki 15.7.2005/578. (ei pvm). Noudettu osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050578#a8.9.2017-619>
- Rangam, K. (23. 1 2020). The Rise, Fall and Return of the Rotary Engine (Wankel Engine). Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://gomechanic.in/blog/return-of-the-rotary-engines/>

- Rouhiainen, N. (30. 1 2021). Regenerointi, rekuperointi... Näin jarruttaminen edistää hybridauton sähköistä toimintamatkaa – jopa 30 prosenttia lisää energiaa etenemiseen. *Kauppalehti*. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.kauppalehti.fi/uutiset/regenerointi-rekuperointi-nain-jarruttaminen-edistaa-hybridauton-sahkoista-toimintamatkaa-jopa-30-prosenttia-lisaa-energiaa-etenemiseen/f5aacd02-5993-41fc-9eab-7bacdb08441a>
- SANDVIK. (ei pvm). *Grafeeni – seuraava maailmaa muuttava materiaali?* Haettu 22. 11 2022 osoitteesta <https://www.sandvik.coromant.com/fi-fi/services/engineering/stories/pages/a-material-that-may-change-the-world.aspx>
- Sisäministeriö. (2022). *Viranomaisten miehittämättömien ilma-alusten työryhmä UAS loppuraportti 2022*. Helsinki: Sisäministeriö. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-324-589-1>
- Sohail, U. (10. kesäkuu 2017). *Lockheed's Compact Fusion Reactor Turns Out To Be A Hoax*. Haettu 23. 11 2022 osoitteesta <https://wonderfulengineering.com/trouble-for-lockheeds-fusion-reactor-device-that-could-solve-the-worlds-energy-crisis-is-100-times-larger-than-first-planned/>
- Suomen Eduskunta. (2021). EV 221/2021 Eduskunnan vastaus esitykseen ilmailulain muuttamisesta.
- Suomen Hallitus. (2021). HE 197/2021 Hallituksen esitys ilmailulain muuttamisesta. Noudettu osoitteesta https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Documents/HE_197+2021.pdf
- Tajne, P. (13. 08 2015). *The Dark Side of Renewable Energy: Negative impacts or Renewables on environment*. Noudettu osoitteesta <https://www.altenergymag.com/article/2015/08/the-dark-side-of-renewable-energy-negative-impacts-of-renewables-on-the-environment/20963/>
- Tecknotrove. (16. APRIL 2021). *Virtual Realitu (VR) and Augmneted Reality (AR) in Aviation industry*. Noudettu osoitteesta <https://tecknotrove.com/virtual-reality-vr-augmented-reality-ar-in-aviation-industry/>
- Traficom Liikenne- ja viestintävirasto. (2021). OPS M1-35 Valtion miehittämätön ilmailu. Noudettu osoitteesta https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/Maarays%20OPS%20M1-35%20valtion%20miehittamaton%20ilmailu_final.pdf

Valtori. (13. 5 2019). ERICA-hätäkeskustietojärjestelmä parantaa turvallisuusviranomaisten yhteistyötä. Haettu 29. 11 2023 osoitteesta <https://valtori.fi/-/erica-hatakeskustietojarjestelma-parantaa-turvallisuusviranomaisten-yhteistyota>

VATTENFALL. (2023). Ilmalämpöpumppu ABC. Haettu 11. 7 2023 osoitteesta <https://www.vattenfall.fi/ilmalampopumppu/ilmalampopumppu-abc/>

Visuri, A. (2022). *Miehittämätön ilmailu, läpileikkaus miehittämättömän ilmailun sääntelyyn viranomaisen näkökulmasta*. Satakunnan ammattikorkeakoulu.

Liite 1: Kahvipöytäkeskustelun runkona käytetyt kortit – teknologia-ajurit

TEKOÄLY
ROBOTISOITU TUONTANTO JA PALVELUT
KAIKEN INSTRUMENTOINTI
VIRTUALISOINTI JA TIETOJEN DIGITOINTI
ROBOTISOITU LIIKENNE JA LOGISTIIKKA
NANOMATERIAALIT
ENERGIATEKNOLOGIAT
TIETO JA VIESTINTÄTEKNIIKAN RAKENTEEEN MAAILMANLAAJUISTUMINEN
BIOTEKNIikka JA TARMAKOLOGIA
DIGITAALISET JOUKKOALUSTAT