

# **Sotilasilmailua biopolttoaineella?**

## **Kohti ekologisempaa ilmapuolustusta**

Anna-Laura Kaipainen

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2017  
Luonnonvara-ala  
Agrologi (YAMK), Biotalouden kehittämisen koulutusohjelma

Tekijä(t) Kaipainen, Anna-Laura	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä Syykuu 2017
	Sivumäärä 78	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Sotilasilmailua biopolttoaineella?</b> Kohti ekologisempaa ilmapuolustusta		
Tutkinto-ohjelma Biotalouskehittämisen koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Jyrki Kataja, Laura Vertainen		
Toimeksiantaja(t)		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Suomen strateginen pyrkimys on profiloitua biotalouden edelläkävijäksi maailmassa. Maamme biotalousstrategian mukaan Suomi on matkalla kohti vähähiilistä ja resurssitehokasta yhteiskuntaa ja kestäväää taloutta. Ilmastotavoitteiden lisäksi biopolttoaineiden kehittämisessä ja käytön edistämässä huomiota tulisi kiinnittää lisäksi mm. energiaomavaraisuuteen, öljyriippuvuuden vähentämiseen sekä kansan- ja aluetaloudellisiin tekijöihin kuten työllistäviin vaikutuksiin. Muuttuneessa toimintaympäristössä puolustuspolitiikka on myös turvallisuuspolitiikkaa eli yhä lähempänä puolustusvoimien ydintehtävää.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tekijöitä, jotka vaikuttavat Suomen ilmavoimien edellytyksiin ottaa käyttöön biopohjainen lentopolttoaine. Aihetta lähestyttiin neljästä näkökulmasta: ekologisesta, talouden ja teknologian sekä yhteiskunnallisesta (human factor) näkökulmasta.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijoiden teemahaastatteluja sekä kirjallista aineistoa kuten raportteja, lehtiartikkeleja ja tiedotteita sekä biolentopolttoaineita ja niiden käyttöä koskevalla aikaisemmalla tutkimustiedolla. Muodostunutta tutkimusaineistokokonaisuutta ja tilannekuvaa lähestyttiin sisällönanalyysin ja tulkinnan keinoin.</p> <p>Tutkimuksen perusteella saatiin viitteitä siitä, että sidosryhmien välisessä vuorovaikutuksessa olisi tehostamisen varaa, aiheeseen liittyvää informaatiota tulisi päivittää ja hallinnonalojen välistä yhteistyötä tiivistää. Etenkin kirjallisen aineiston pohjalta syntyi vaikutelma, että kotimainen sotilasilmailu on jäänyt arviointien ulkopuolelle vaihtoehtoisiin lentopolttoaineisiin liittyvässä tarkastelussa. Johtopäätöksiä työssä</p>		
Avainsanat Biolentopolttoaine, ilmavoimat, sotilasilmailu, ilmastonmuutos, huoltovarmuus		
Muut tiedot		

Author(s) Kaipainen, Anna-Laura	Type of publication Master's thesis	Date Month Year Language of publication:
	Number of pages 78	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Military aviation with bio jet fuel?</b> Towards more sustainable air defence		
Degree programme Master of Natural Resources, Bioeconomy Development		
Supervisor(s) Kataja, Jyrki and Vertainen, Laura		
Assigned by		
Abstract  <p>Finland's strategic aspiration is to become a pioneer in the world of bio-economy. According to country's bio-economic strategy, Finland is on its way towards a low-carbon, resource-efficient society and a sustainable economy. In addition to the climate targets, attention should be paid to the development of biofuels and the promotion of their use, energy self-sufficiency, oil dependency reduction as well as public and regional economic factors such as employment effects. In a changed operating environment, defense policy has become a security policy.</p> <p>The aim of the thesis was to find out the factors that influence the conditions of the Finnish Air Force to introduce alternative aviation fuel in addition to or instead of fossil aviation fuel. The subject was approached from four perspectives: the ecological, economic, technological and social (human factor) point of view.</p> <p>The study method used was the use of expert interviews and written material such as reports, press articles and newsletters, and previous research data on biofuels in aviation. The resulting research material and the situation were approached through content analysis and interpretation.</p> <p>Based on the research, there were indications that the interaction between stakeholders should be more effective, relevant information should be updated and co-operation between administrative sectors should be intensified. Especially on the basis of written material, it became apparent that domestic military aviation was excluded from the assessment in the alternative aviation fuel review. As a conclusion, the work also led to the submission of recommendations that could contribute to solving the challenges of identified development targets.</p>		
Keywords/tags Bio jet fuel, alternative jet fuel, sustainable jet fuel, military aviation, air force, security of supply, climate change		
Miscellaneous		

## Sisältö

<b>Sanastoa .....</b>	<b>4</b>
<b>Lyhenteitä.....</b>	<b>6</b>
<b>1 Kohti ekologisempaa ilmapuolustusta .....</b>	<b>7</b>
<b>2 Biolentopolttoaineet ovat kasvava trendi ilmailussa .....</b>	<b>9</b>
2.1 Kaupallinen ilmailu .....	9
2.2 Sotilasilmailu .....	11
<b>3 Näkökulmia biolentopolttoaineisiin ilmailualalla .....</b>	<b>12</b>
3.1 Ekologinen näkökulma .....	13
3.1.1 Fiksummat uudet sukupolvet .....	17
3.1.2 Vaihtoehtoinen, uusiutuva vai biolentopolttoaine .....	19
3.2 Teknologinen näkökulma .....	20
3.2.1 Standardi seuloa tiukasti .....	20
3.2.2 Valmistusteknologiat pyrkivät sekoitettaviin tuotteisiin .....	24
3.3 Taloudellinen näkökulma .....	29
3.3.1 Raakaöljyn hinta osoittaa kehityksen suunnan .....	29
3.3.2 Muita huomioita tuotantoon vaikuttavista tekijöistä .....	33
3.4 Yhteiskunnallinen näkökulma .....	34
3.4.1 Yhteiskuntavastuu on velvollisuus.....	34
3.4.2 Agenda 2030 – ohjaamoharha haittaa näkyvyyttä .....	36
3.4.3 Huoltovarmuus edistyksen ajurina .....	38
3.4.4 Ilmastonmuutos muokkaa uhkakuvastoa .....	40
<b>4 Tutkimusmenetelmä ja toteutus .....</b>	<b>43</b>
4.1 Haastattelu laadullisen tutkimuksen menetelmänä .....	44

4.2	Asiantuntijahaastattelun keskiössä on tieto ja kokemus.....	44
4.3	Tutkimuksen toteutus .....	45
4.4	Tulkinta ja analyysi .....	47
<b>5</b>	<b>Biopohjaiset polttoaineet ovat tulevaisuutta myös sotilasilmailussa .....</b>	<b>48</b>
5.1	Biolentopolttoaineet ovat kasvavan kiinnostuksen kohteena.....	49
5.2	Kehitys tulee lepäämään kaupallisten toimijoiden harteilla.....	50
5.3	Tulevaisuusskenaarioissa oli eroja .....	51
5.4	Saavutettavaan ympäristöhyötyyn liittyy epävarmuustekijöitä .....	52
5.5	Haasteissa korostui taloudellinen ja teknologinen näkökulma .....	53
5.5.1	Hintakuilu kapenee hitaasti.....	56
5.5.2	Uudet raaka-aineet, entisen kaltainen tuote .....	56
5.6	Poliittista painetta vailla.....	58
<b>6</b>	<b>Sotilasilmailu vihertyy turvallisuuden ja talouden ehdoilla .....</b>	<b>59</b>
6.1	Johtopäätökset suositusten muodossa.....	59
6.1.1	Sotilasilmailu tulisi liittää ilmailun ja biolentopolttoaiden tarkasteluun 59	
6.1.2	Energiaratkaisuihin vaikuttaminen vaatii vuoropuhelua .....	60
6.1.3	Yhteistyön mahdollisuudet olisi selvitettävä.....	61
6.1.4	Holistisempi tarkastelutapa ylittää hallinnonalojen rajat .....	61
6.1.5	Päästövähennyskeinoissa tehokkuus korostuu.....	62
6.2	Luotettavuus ja validiteetti .....	63
6.3	Kokonaiskäsitys syntyi syvällisyyden kustannuksella.....	64
6.4	Jatkotutkimusaiheet .....	66

<b>7 Etujoukot vai viivytystaistelu?</b> .....	<b>67</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>70</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>77</b>
Liite 1.    Asiantuntijahaastattelujen teemahaastattelurunko.....	77
Liite 2.    Asunto-, energia- ja ympäristöministeri Tiilikaisen kommentti.....	78

## **Kuviot**

Kuvio 1. Aikajana biopolttoaineiden kehityksestä ilmailualalla.....	11
Kuvio 2. Näkökulmien neliapila biotalouteen .....	13
Kuvio 3. Puolustusvoimien päästökehitys 2010-2016. ....	14
Kuvio 4. Puolustusvoimien päästöt toiminnoittain vuonna 2016.....	15
Kuvio 5. ASTMN D4054 –standardin mukainen testaamisprosessi. ....	21
Kuvio 6. ASTMN D1655 –standardin hyväksyntäprosessin eteneminen. ....	22
Kuvio 7. Biolentopolttoaineella toteutetun testilennon profiili vuodelta 2009. ....	23
Kuvio 8. HEFA-menetelmän prosessikuvaus. ....	27
Kuvio 9. Alcohol-to-Jet-menetelmän prosessikuvaus. ....	28
Kuvio 10. Kerosiin ja raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys.....	30
Kuvio 11. Kerosiinin hinnan kehitystä kuvaava indeksi.....	32
Kuvio 12. Hauraiden valtioiden indeksi.....	42
Kuvio 13. Muuttoliike OECD-maihin 2007- 2016. ....	43
Kuvio 14. Ote asunto-, energia- ja ympäristöministerin lausunnosta. ....	58

## **Taulukot**

Taulukko 1. Biolentopolttoaineiden valmistusteknologioiden ryhmittely. ....	25
Taulukko 2. ASTM:n hyväksymät biopolttoaineen valmistusteknologiat tammikuussa 2017.....	26
Taulukko 3. Asiantuntijahaastattelun käyttö. ....	45

## **Sanastoa**

### **ASTM**

American Society for Testing and Material, kansainvälinen standardisoimisjärjestö.

### **Biolentopolttoaine**

Polttoaine, joka valmistetaan eloperäisestä biomassasta.

### **Biotalous**

Talous, joka käyttää uusiutuvia luonnonvaroja ravinnon, energian, tuotteiden ja palvelujen tuottamiseen. Biotalous pyrkii vähentämään riippuvuutta fossiilisista luonnonvaroista, ehkäisemään ekosysteemien köyhtymistä sekä edistämään talouskehitystä ja uomaan uusia työpaikkoja kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti.

### **Drop-in-polttoaine**

Polttoaine, joka valmistetaan eloperäisestä biomassasta, ja jota voidaan sekoittaa tietyssä suhteessa fossiiliseen polttoaineeseen.

### **Elinkaariarviointi**

Tuotteen tuotantoketjun eri vaiheet huomioiva tarkastelu, joka sisältää niissä käytetyn energian. Polttoaineen tuoteketjuun kuuluvat raaka-aineen viljely, maankäytön muutokset, kuljetukset ja jakelu, tuotteen jalostamisen eri vaiheet ja tuotteen palaminen moottorissa.

### **Fossiilinen polttoaine**

Eloperäisestä materiaalista pitkän ajan kuluessa syntynyt ja muuntunut polttoaine, joka on varastoitunut maaperään.

### **Hiilijalanjälki**

Ihmisen toiminnan aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Useimmiten hiilijalanjälki raportoidaan hiilidioksidiekvivalentteina (CO<sub>2</sub>e), mikä huomioi hiilidioksidipäästöjen lisäksi myös muut merkittävät kasvihuonekaasupäästöt.

### **Hiilineutraali**

Hiilidioksidipäästöjen tuottamista vain sen verran kuin niitä pystytään sitomaan.

Hiilineutraalin tuotteen tai systeemin hiilijalanjälki koko elinkaaren ajalta on siinä nolla.

### **Huoltovarmuus**

Kyky sellaisten yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalistien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa.

### **Ilmapuolustus**

Puolustusvoimien ja muiden viranomaisten toimenpiteet, joiden avulla valvotaan valtakunnan ilmatilaa ja sen lähialuetta, turvataan ilmatilan koskemattomuus, suojataan yhteiskunnan elintärkeät toiminnot ilmahyökkäyksiltä, kulutetaan ilmoitse suuntautuvaa vihollista sekä torjutaan ilmoitse suuntautuvat hyökkäykset. Ilmapuolustukseen osallistuvat kaikki puolustushaarat, rajavartiolaitos ja siviiliviranomaiset.

### **Ilmastonmuutos**

Maailmanlaajuista ilmaston lämpenemistä, joka johtuu ihmisen tuottamien kasvihuonekaasujen määrän voimakkaasta kasvusta ilmakehässä.

### **Kasvihuonekaasut**

Kasvihuoneilmiötä ja ilmastonmuutosta aiheuttavia aineita. Ilmastonmuutoksen kannalta tärkeimpiä ovat luonnossakin esiintyvät vesihöyry (H<sub>2</sub>O), hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), metaani (CH<sub>4</sub>), otsoni ja dityppioksidi (N<sub>2</sub>O).

### **Kaupallinen ilmailu**

Matkustajien, postin tai rahdin ilmakuljetusta maksua tai muuta korvausta vastaan.

### **Kerosiini eli lentopetroli**

Suihkumootoreiden polttoaine, joka on pitkälle jalostettu. Jalostuksella on pyritty alentamaan jäätymispistettä, vähentämään palamisessa syntyvää savua ja poistamaan vesi. Amerikan englannissa sanalla *kerosine* tarkoitetaan petrolia laajemmassa merkityksessä. Suomen kielessä sanalla kerosiini viitataan useimmiten lentopetroliin.



### **Kestävä kehitys**

Maailmanlaajuisesti, alueellisesti ja paikallisesti tapahtuvaa jatkuvaa ja ohjattua yhteiskunnallista muutosta, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet. Päätöksenteossa ja toiminnassa ympäristö, ihminen ja talous otetaan tasavertaisesti huomioon.

### **Sotilasilmailu**

Puolustusvoimien harjoittamaa ilmailua sotilasilma-aluksella tai laitteella.

### **Uusiutuva lentopolttoaine**

Uusiutuvista raaka-aineista valmistettu lentopolttoaine.

### **Vaihtoehtoinen lentopolttoaine**

Fossiilisille polttoaineille vaihtoehtoinen lentopolttoaine, joka valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista. Englanniksi alternative jet fuel.

### **Kestävä lentopolttoaine**

Kestävän kehityksen periaatteita noudattamalla tuotettu, uusiutuvista raaka-aineista valmistettu polttoaine. Englanniksi sustainable jet fuel.

## **Lyhenteitä**

Valmistusmenetelmistä käytetyt lyhenteet

**ATJ** Alcohol-To-Jet

**CH** Catalytic Hydrothermolysis

**FT** Fischer-Tropsch

**FT-SPK** Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene

**FT-SKA** Fischer-Tropsch Synthetic Kerosene with Aromatics HDCJ Hydrotreated Depolymerized Cellulosic Jet

**HDO-SK** Hydro-Deoxygenated Synthesized Kerosene HDO-SAK Hydro-Deoxygenated Synthesized Aromatic Kerosene

**HEFA** Hydrotreated Esters of Fatty Acids

**SIP** Synthesized Iso-Paraffins

## 1 Kohti ekologisempaa ilmapuolustusta

Alkuvuodesta 2012 Vihreä Lanka julkaisi uutisen, jonka mukaan Suomen ilmavoimat olisi ollut aloittamassa kokeiluhanketta, jossa selvitettäisiin uusiutuvista raaka-aineista valmistetun lentopolttoaineen käyttömahdollisuuksia sotilasilmailussa. Uutisen mukaan mahdollinen kokeiluhanke liittyi Neste Oilin tuotteeseen ja hankkeen toteutuminen selviäisi seuraavaan kesään mennessä. (Vahti 2012) Sittemmin hankkeesta ei julkisuudessa kuultu, eikä sen kariutumisen syistä tarkemmin kerrottu. Vaikutti siltä, että koko hanke oli kaikessa hiljaisuudessa painunut unholaan.

Yli viisi vuotta myöhemmin kysymys siitä, mitkä edellytykset Suomen ilmavoimilla olisi lähitulevaisuudessa ottaa käyttöön biopohjainen lentopolttoaine, on entistä ajankohtaisempi. Suomen strateginen pyrkimys on profiloitua biotalouden edelläkävijäksi maailmassa. Maamme biotalousstrategian mukaan Suomi on matkalla kohti vähähiilistä, resurssitehokasta yhteiskuntaa ja kestäväää taloutta. Strategian johtoajatuksena on, että Suomessa luodaan kilpailukykyisiä ja kestäviä biotalouden ratkaisuja maailmanlaajuisiin ongelmiin ja synnytetään sekä kotimaahan että kansainvälisille markkinoille uutta liiketoimintaa. (Kestäväää kasvua biotaloudesta, Suomen biotalousstrategia. 2014, 3.) Yksi alue jolla strategiaa toteutetaan, on polttoaineiden kehittäminen ympäristöystävällisempään suuntaan. Strategiassa painotetaan kokonaisvaltaista näkemystä. Hiilidioksidipäästöjen pienentämisen ohella tulisi edistää myös muun muassa taloudellista kehitystä. (Mts. 5)

Tarve tarkastella biotaloutta ja sen eri osa-alueita useista näkökulmista on tunnistettu ja tunnustettu laajemminkin. Esimerkiksi Teknologian tutkimuskeskuksen VTT:n arvion mukaan ilmastotavoitteiden lisäksi biopolttoaineiden kehittämisessä ja käytön edistämässä huomiota tulisi kiinnittää ilmastonmuutoksen torjumisen lisäksi muun muassa energiaomavaraisuuteen, öljyriippuvuuden vähentämiseen sekä kansan- ja aluetaloudellisiin tekijöihin kuten työllistäviin vaikutuksiin. (Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies 2009, 4.)

Biopohjaisen lentopolttoaineen käyttöönoton edellytyksiä sotilasilmailussa tarkastelevassa opinnäytetyössä pyrittiin huomioimaan tarve kokonaiskuvan muodostamiseen eri näkökulmia käyttämällä. Opinnäytetyö toteutettiin tapaustutkimuksena, joka oli rajattu käsittelemään biopohjaisen lentopolttoaineen käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä Suomen ilmavoimissa. Sen tavoitteena oli selvittää edellytyksiä ja tulevaisuudennäkymiä biopohjaisen lentopolttoaineen käyttöönotolle ilmavoimissa sekä kartoittaa biopolttoaineen käyttöön liittyviä tekijöitä sotilasilmailun kontekstissa.

Sotilasilmailun aiheuttamat hiilidioksidipäästöt muodostavat vain pienen osan ilmailun hiilijalanjälkeä. Tutkimus rajautui siis koskemaan verrattain marginaalista kohdetta ainakin ympäristövaikutusten osalta. Minkä vuoksi biopolttoaineiden käyttöönottoon liittyvässä kokonaisuudessa sotilasilmailuun tuli siis kiinnittää juuri lainkaan huomiota?

Vaikka fossiilisten lentopolttoaineiden korvaaminen biolentopolttoaineella sotilasilma-aluksissa ei ole todennäköistä vielä lähivuosina, olisi keskustelu edellytysten ja käyttöönoton mahdollisuuksista jo ajankohtaista. Parhailaan puolustushallinnossa valmistellaan pitkälle tulevaisuuteen kantavia ratkaisuja, kun ilmavoimien Hornet-kalustolle etsitään seuraajaa. Hornetin korvaajahankkeen eli HX-hävittäjähankkeen tavoitteena on korvata 2025 alkaen poistuvan Hornet -kaluston suorituskyky monitoimihävittäjään perustuvalla ratkaisulla. (Esiselvitys Hornet-suorituskyvyn korvaamisesta 2016, 60.) Uuden hävittäjä sukupolven aikakaudella ekologisemmat polttoaineratkaisut eivät nykykehityksen valossa ole utopiaa.

Sotilasilmailussa, kuten kaupallisessakin ilmailussa, muut keinot kuin uusiutuvasta raaka-aineesta valmistetun lentopolttoaineen käyttöönotto hiilijalanjäljen pienentämiseksi ovat rajalliset. Operatiivisen lentosuoritteiden määrää ei voida merkittävästi vähentää, sillä esimerkiksi simulaattorien käyttöä lentokoulutuksessa hyödynnetään jo nyt täysimääräisesti. Ilmavoimissa käytetään simulaattorikoulutusta kaikissa lentokoulutuksen vaiheissa Vinka-alkeiskoulukoneesta Hornet-monitoimihävittäjän ohjaimiin asti. Harjoittelu simulaattoreilla jatkuu ohjaajan koko

lentouran ajan. Muun muassa ilmavoimien lentokoulutuspäällikkö on kuitenkin todennut puolustushaaran verkkosivuilla julkaistussa artikkelissa, ettei simulaattorikoulutuksen suhteellinen osuus koulutusohjelmien kokonaisuudessa ole enää merkittävästi kasvamassa. (Simulaattori tasoittaa sotilaslentäjän tietä taivaalle, 2013.)

Se, että päästöjen vähentäminen edellyttäisi siis sotilasilmailunkin osalta toimenpiteitä biopohjaisen lentopolttoaineen käyttöönoton edistämiseksi, teki aihevalinnasta perusteltua. Tutkimuksen kohdistaminen ja rajaaminen asetti sotilasilmailun lisäksi sellaisen tarkastelun alaiseksi, jonka ulkopuolelle tuo ilmailualan erityinen muoto on kotimaassa toistaiseksi jäänyt.

## **2 Biolentopolttoaineet ovat kasvava trendi ilmailussa**

Kaupallisten toimijoiden pyrkimyksiä kohti pienempiä hiilidioksiidipäästöjä ja ekologisempaa ilmailua on tuotu julki aktiivisesti. Taustalla vaikuttanee paitsi halu synnyttää myönteistä julkisuutta kertomalla edistykellisyydestä sekä ympäristöystävällisyyteen tähtäävistä toimenpiteistä, myös tarve perustella ekologisempien ratkaisujen todennäköisiä hintavaikutuksia kuluttajille.

Sotilasilmailun ja biolentopolttoaineiden suhteesta julkista tietoa on sen sijaan saatavilla niukasti. Valtaosa olemassa olevasta aineistosta perustuu suoraan tai välillisesti Yhdysvaltain ilma- ja merivoimien pyrkimyksiin edistää biolentopolttoaineiden kehitystä ja selvittää mahdollisuuksia niiden hyödyntämiseen. Kotimaiseen sotilasilmailuun liittyen aineistoa ei ollut saatavilla julkisista lähteistä.

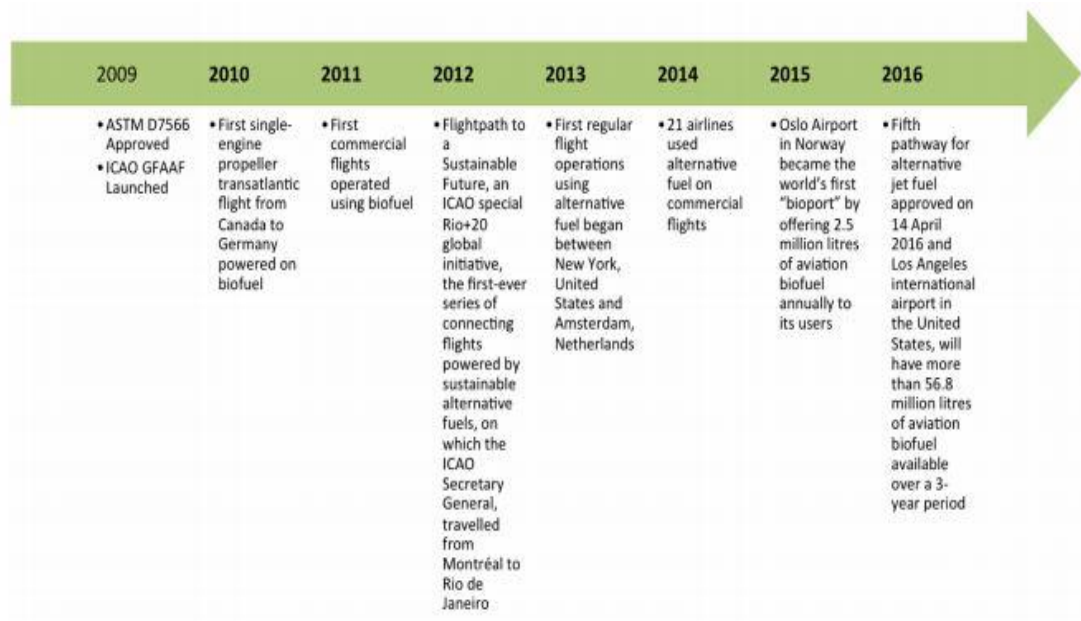
### **2.1 Kaupallinen ilmailu**

Trafin mukaan kaupallisella ilmakuljetuksella (Commercial Air Transport) tarkoitetaan matkustajien, postin tai rahdin ilmakuljetusta maksua tai muuta korvausta vastaan. Kaupalliseksi ilmakuljetukseksi katsotaan myös yleisölennot. (Trafi, TRAFI/33400/03.04.00.00/2010).

Hiilijalanjäljen pienentämiseen on kaupallisessa ilmailussa pyritty muun muassa optimoimalla lentoreittejä ja lentojen suunnittelua, maksimoimalla hyötykuormaa sekä uudistamalla kalustoa tyhjäpainoltaan kevytvalmisteisemmiksi ja polttoainetehokkaammiksi. Lisäksi lentotoiminnassa on pyritty käyttämään kulutusta vähentäviä lentomenetelmiä kuten ihanteellista lentokorkeutta- ja nopeutta sekä ns. liukulähestymisiä. (Finnair vuosikertomus 2016, 141-142; On Board Sustainable Future 2016, 133-134.)

Huolimatta edellä mainituista pyrkimyksistä rajoittaa hiilidioksidipäästöjä, ilmailualalla nähdään vaihtoehtoiset polttoaineet välttämättöminä ympäristötavoitteiden saavuttamiseksi, etenkin tilanteessa, jossa liikennemäärät ovat jatkuvassa kasvussa. Esimerkiksi kansainvälisen siviili-ilmailujärjestö ICAOn (International Civil Aviation Organisation) ympäristöraportissa todetaan, että vaihtoehtoiset lentopolttoaineet ovat olennainen osa lentoyhtiöiden ja ICAOn omaa ympäristöstrategiaa. Kestävät vaihtoehtoiset polttoaineet nähdään ainoana energiavaihtoehtona, joka soveltuisi nykyisten ilma-alusten käyttöön ja olisi siksi myös käytännössä toteutettavissa. (On Board Sustainable Future 2016, 8.)

Kysyntää uusiutuville, kohtuuhintaisille energialähteille, jotka soveltuvat ilmailualan erityistarpeisiin ja täyttävät lentopolttoaineille asetetut tiukat kriteerit, on siis enemmän kuin koskaan aiemmin. Perinteiset biopolttoaineet kuten bioetanoli tai biodiesel eivät sellaisenaan täytä ilmailualan vaatimuksia, eikä esimerkiksi ilma-alusten sähköistäminen ei ole ainakaan toistaiseksi vaihtoehto. Energia-ala kuitenkin kehittyy nopeasti. Uusia teknologioita vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden tuottamiseksi syntyy lisää ja niiden raaka-ainepohja laajenee. Viime vuosina on otettu merkittäviä askeleita kohti ympäristöystävällisempää ilmailua. (Schäfer 2016, 20-21.). Joitakin edistysaskeleista on esitetty seuraavan kuvion 1. aikajanalla. Siitä on nähtävissä, että kehitys on ollut paitsi jatkuvaa, myös kiihtyvää.



Kuvio 1. Aikajana biopolttoaineiden kehityksestä ilmailualalla. (On Board a Sustainable Future, ICAO environmental report 2016, 153.)

## 2.2 Sotilasilmailu

Suomen lain mukaan sotilasilmailulla tarkoitetaan puolustusvoimien harjoittamaa ilmailua sotilasilma-aluksella tai laitteella. Sotilasilma-aluksella puolestaan tarkoitetaan ilma-alusta, joka on merkitty sotilasilma-alusrekisteriin (Ilmailulaki 864/2014, 7§.) Sotilasilmailuun luetaan kuuluvaksi esimerkiksi ilmailu miehittämättömällä sotilasilma-aluksella, sotilaallisessa tarkoituksessa harjoitettu ilmailu siviili-ilma-aluksella, sotilaallisessa tarkoituksessa harjoitettu ilmailu lentolaitteella, sotilaallisessa tarkoituksessa harjoitettu laskuvarjotoiminta tai ulkomaisen sotilasilma-aluksen toiminta Suomen alueella lentonäytöksissä ja kansainvälisissä harjoituksissa. (Sotilasilmailun ilmaliikennepalvelu määräys 2014, 8.)

Suomen ilmavoimissa lentotoiminnan päästöjä pyritään rajoittamaan esimerkiksi käyttämällä ympäristöystävällisempiä lentomenetelmiä. Erityistä kiinnostusta biolentopolttoaineisiin ei ole ilmaistu ainakaan julkisuuteen sitten vuoden 2012. Suhdetta biopolttoaineisiin yleisellä tasolla on luonnehdittu niiden kehityksen ja muualta saatavien käyttökokemusten tarkkailemiseksi. Puolustusvoimien energia- ja ilmasto-ohjelmassa todetaan, että biopolttoaineiden käyttöä lisäämällä voidaan vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista. Ohjelmassa tuodaan esille, että

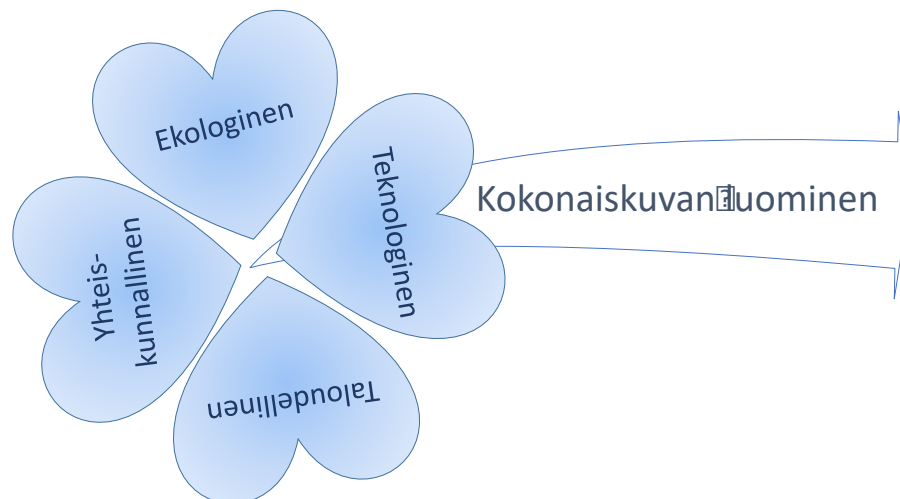
kansainvälisesti uusiutuvien polttoaineiden hyödyntäminen sotilaskalustossa on jo laajan tutkimuksen kohteena. (Kohti vastuullisempaa ja kestävämpää puolustusta. Puolustusvoimien energia- ja ilmasto-ohjelma: tavoitteet ja toimenpiteet 2014, 15.) Puolustushallinnon mukaan biopolttoaineiden teknisen kehityksen seuranta ei ole kuitenkaan tehty kootusti ja dokumentoidusti, mikä selittää sen, että julkisista lähteistä ei juuri löydy informaatiota asiasta. Biopolttoaineiden kasvava merkitys on kuitenkin tunnustettu, ja puolustushallinto on ilmoittanut toteuttavansa vuoden 2017 aikana tutkimushankkeen, jonka tavoitteena on arvioida biopolttoaineiden yleistymisen vaikutuksia Puolustusvoimiin. Hankkeessa arvioidaan myös biopolttoaineiden kustannusvaikutuksia sekä jatkotutkimustarpeita. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 13.) Uusiutuviin raaka-aineisiin pohjautuvista lentopolttoaineista ei ole tässä yhteydessä erillistä mainintaa.

Yhdysvalloissa, joka on ollut edelläkävijä bio(lento)polttaineiden käyttöönotossa, puolustushallinnon kiinnostus vaihtoehtoisiin lentopolttoaineisiin perustuu tarpeelle kasvattaa polttoaineomavaraisuutta ja vähentää riippuvuutta tuontiöljystä. Esimerkiksi vuonna 2012 Yhdysvaltain puolustusministeriön linjaus vaihtoehtoisiin polttoaineisiin oli, että ensisijaisten vaihtoehtoisten polttoaineiden tavoite on varmistaa sotilaallisen valmiuden toiminta, parantaa taistelutilojen tehokkuutta ja lisätä sotilaallisten operaatioiden joustavuutta käyttämällä useita luotettavia polttoaineiden lähteitä. Linjauksessa korostettiin, että vaihtoehtoisten polttoaineiden käyttö itsessään ei kuitenkaan ole varsinainen tavoite, vaan sotilaallisen valmiuden ylläpitäminen ja taistelutilan tehokkuus. (Burke 2012, 1.)

### **3 Näkökulmia biolentopolttoaineisiin ilmailualalla**

Tutkimuksessa pyrittiin kuvaamaan tarkasteltavaa aihetta hyödyntäen neljää lähestymistapaa, joita olivat ekologinen, teknologinen, taloudellinen sekä yhteiskunnallinen näkökulma, jota voisi luonnehtia myös inhimilliseksi, human factoi tai kulttuuris-sosiaaliseksi näkökulmaksi. Näkökulmien valinta perustui biotalouden kehittämisen koulutusohjelman lähtöasetelmaan. Siinä ”neliapilaan”, joka on kuvattu kuviossa 2., perustuva jaottelu muodosti koko koulutusohjelman toteutuksen niin

sisällöllisesti kuin rakenteellisestikin. Ammattikorkeakoulun näkemyksen mukaan tutkinnon keskiössä on biotalouden laajan toimintakentän hahmottaminen ja ymmärtäminen, minkä vuoksi opinnot keskittyivät koulutukselle reunaehdot antavaan neljään tulokulmaan. (Kehity biotalouden huippuosajaksi, n.d.).



Kuvio 2. Näkökulmien neliapila biotalouteen. (Muokattu, Kataja 2016)

Seuraavassa pyrittiin avaamaan biolentopolttoaineiden taustaa ja nykytilannetta sekä biolentopolttoaineiden käyttöönottoon vaikuttavia tekijöitä edellä mainituista neljästä näkökulmasta. Vaikka kokonaisuuden hahmottaminen tapahtui yleisellä tasolla, pyrittiin kytkös sotilasilmailuun säilyttämään kunkin osa-alueen tarkastelussa.

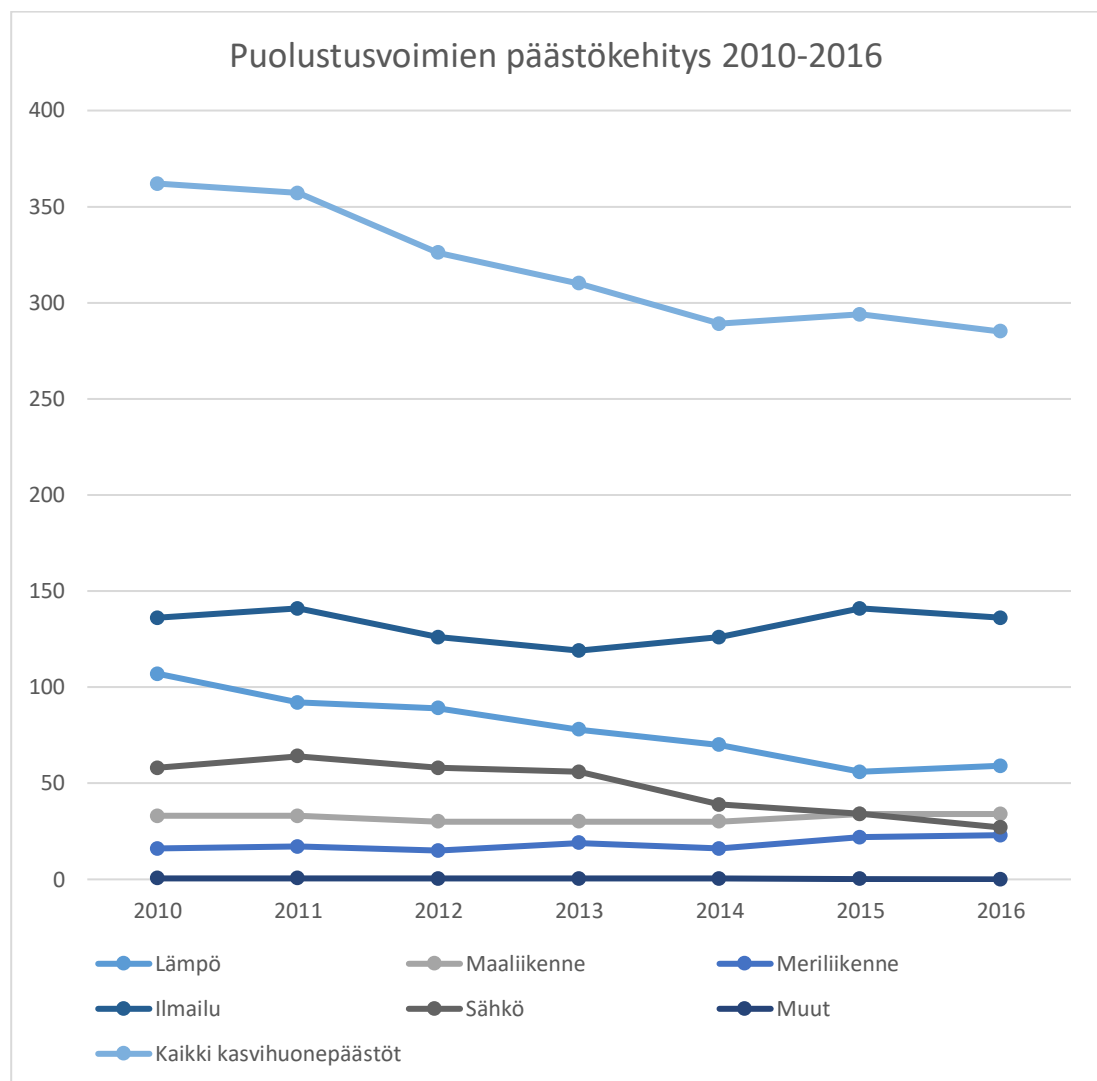
### 3.1 Ekologinen näkökulma

Vuonna 2015 liikenteen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt olivat Suomessa yhteensä noin 12,1 miljoonaa hiilidioksiditonnia. Enemmistö, yli 90 prosenttia liikenteen tuottamista kasvihuonepäästöistä oli peräisin tieliikenteestä. Kotimaisen lentoliikenteen päästöt puolestaan käsittävät alle kaksi prosenttia kotimaisen liikenteen tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä. (Suomen ilmailun tila 2015, 56.)

Puolustusvoimien päästölaskennan mukaan puolustusvoimien kokonaispäästö määrä on ollut viime vuosina selvästi laskusuuntainen. Vuosina 2010-2016 puolustusvoimien vuosittaiset päästöt ovat vähentyneet 77 000 hiilidioksiditonnilta,



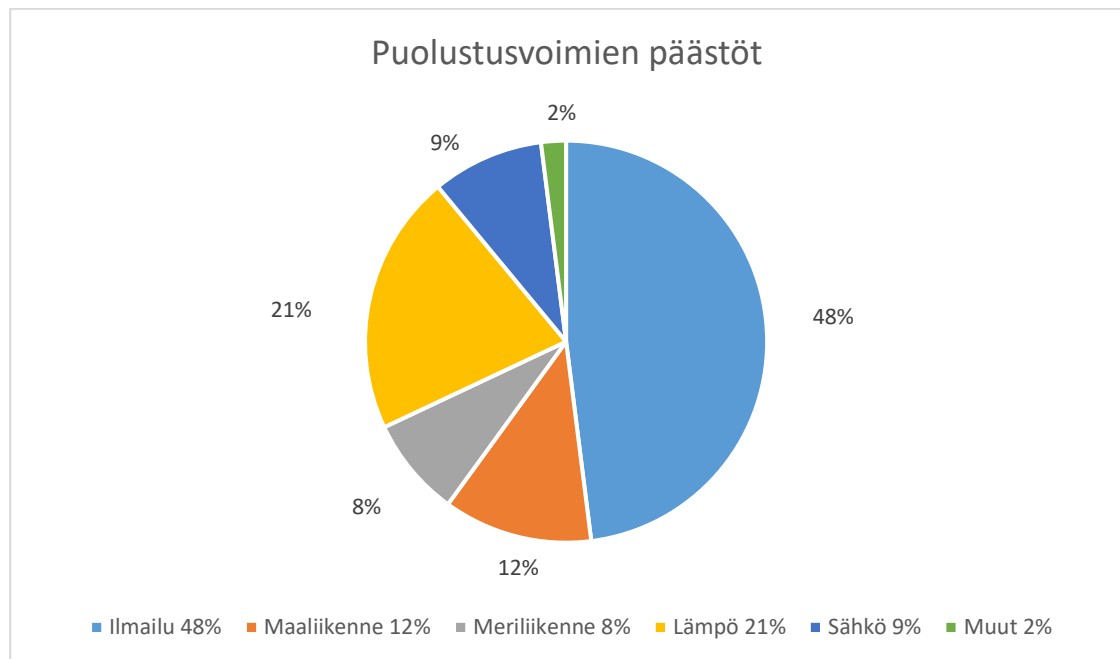
ollen vuonna 2016 kaikkiaan 285 000 hiilidioksiditonnia. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 34.) Kun tarkastellaan puolustusvoimien kasvihuonepäästöjen kehitystä 2010-luvulla, käy ilmi, että päästövähennys on syntynyt pääosin lämmön ja sähkönkulutusta vähentämällä. Sen sijaan sotilasilmailu sekä maa- ja meriliikenne ovat pysytelleet pääosin samalla tasalla kuin vuosikymmenen alussa. Kuviosta 3. nähdään, miten keskeisimpien toimintojen päästökehitys on vaikuttanut puolustusvoimien kokonaispäästökehitykseen.



Kuvio 3. Puolustusvoimien päästökehitys 2010-2016. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 34.)

Puolustusvoimien merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöt aiheutuvat siis sotilasilmailusta, joka vuonna 2016 aiheutti 47,7 prosenttia puolustushallinnon CO<sub>2</sub>e-

päästöistä (Puolustusvoimien ympäristöraportti 2015-2016, 28). Sotilasilmailun kasvihuonepäästöt vuonna 2016 olivat puolustushallinnon mukaan 136 000 hiilidioksidi-tonnia. Kuten kuvion 4. ympyrädiagrammissa esitetään, muiden toimintojen osuudet ovat selvästi sotilasilmailua pienemmät. Lähimmäksi sotilasilmailun aiheuttamia päästölukuja yltävät lämmöntuotannosta aiheutuvat haitat.



Kuvio 4. Puolustusvoimien päästöt toiminnoittain vuonna 2016. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 11.)

Myös kansainvälisessä kontekstissa sotilasilmailun osuus päästöistä on samansuuntainen. Esimerkiksi Yhdistyneiden kansakuntien ympäristöohjelman (UNEP) mukaan kansainvälisten kriisinhallintaoperaatioiden päästöistä liki puolet aiheutuu ilmailusta. (Greening the Blue Helmets Environment, Natural Resources and UN Peacekeeping Operations 2011, 27.)

Ilmavoimien sotilasilmailu käsittää kaikki hävittäjien, harjoitus- ja alkeiskoulutuskoneiden sekä muun kaluston yhteys- ja kuljetuslennot. Lentotekniikkalaitoksen mukaan hävittäjien polttoaineen kulutus voi vaihdella konetyypin ja tehtävän mukaan 1 000 - 5 000 litraan tunnissa. Kulutus on suurimmillaan lentoonlähdessä ja käytettäessä jälkipoltinta sekä suurilla

tehoasetuksilla matalalentoharjoituksissa. Valtaosa hävittäjäkaluston lennoista lennetään alle viidessätoista kilometrissä, jolloin päästöjen kaukokulkeutuminen ylemmissä ilmakerroksissa on vähäistä. Ilmavoimien lentoteknillinen toimiala kokoaa vuosittain tiedot sotilaslentotoiminnan päästöistä. Lentotoiminnan päästölaskenta perustuu tietoon lentojen lukumääristä, polttoaineen kulutuksesta ja keskimääräisestä lentoajasta. (Puolustushallinto ja ilmastonmuutos 2008, 19.)

Vertailun vuoksi mainittakoon esimerkki kaupallisesta ilmailualan toimijasta. Kotimainen Finnair on Aasian ja Euroopan väliseen matkustaja- ja rahtiliikenteeseen erikoistunut lentoyhtiö. Sen osake-enemmistö kuuluu Suomen valtiolle eli kyseessä on valtionyhtiö. Finnair on raportoinut ympäristövaikutuksistaan vuodesta 1997, ja yritys vastuusta laajemmin vuodesta 2008. (Finnair vuosikertomus 2016, 126.)

Finnairin tavoitteena on ollut pienentää myytyihin tonnikilometreihin (Revenue Tonne Kilometers, RTK) suhteutettuja hiilidioksidipäästöjä 20 prosenttia vuoden 2009 tasosta vuoteen 2017 mennessä. Vuosikertomuksensa mukaan yritys pääsikin lähelle tavoitetta, sillä vuotuiset suhteelliset hiilidioksidipäästöt vähenivät 19,4 prosenttia. On kuitenkin huomioitava, että Finnair käyttää päästötavoitteiden asettamisessaan ensisijaisesti itselleen RTK-mittaria, sillä se suhteuttaa polttoaineenkulutusta ja päästöjä kuljetettuun matkaan sekä matkustajien ja rahdin määrään. Finnair perustelee RTK-mittarin käyttämistä sillä, että mahdollisimman tehokkaasti täytetyllä koneella lentäminen on ympäristöystävällisintä lentämistä. Lentotoiminnan kasvun myötä hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärä on kuitenkin kasvanut, ja ympäristövaikutus lisääntynyt. RTK-mittari ei siis riitä yksinomaan kuvaamaan toiminnan ympäristövaikutusta, vaan se kuvaa yhtä osa-aluetta ympäristövaikutusten kokonaisuudessa. Finnairin liikenteestä aiheutuvat kasvihuonepäästöt olivat vuonna 2016 noin 2 940 138 tonnia hiilidioksidia. Lukuun sisältyy koko polttoaineenkulutus. (Finnair vuosikertomus 2016, 141-143.)

Koska toiminnan lähtökohta ja tavoitteet ovat täysin erilaisia, yksittäisiä päästölukuja tai RKT-mittaria ei olisi mielekäästä yhdistää esimerkiksi hävittäjälentotoimintaan. Kaikilta osin RTK-mittarin kaltainen työkalu ei olisi kuitenkaan täysin käyttökelvoton

sotilasilmailussa. Sotilasilmailu käsittää myös esimerkiksi yhteyslentotoimintaa, jossa RTK-mittarin indikaattorit voisivat olla sovellettavissa. Omassa ympäristöraportoinnissaan puolustushallinto jättää esimerkiksi sotilasilmailun polttoaineen kulutuksen mainitsematta kokonaan. Näin siitä huolimatta, että maa- ja meriliikenteen polttoaineen kulutus on mainittu. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 28-29.) Raportissa ei kerrota erikseen, liittyykö ero raportoinnin tarkkuudessa puolustushaarojen erilaisiin raportointikäytäntöihin vai mahdollisesti siihen, ettei puolustusvoimat kerro julkisuuteen operatiiviseen toimintaansa liittyvää yksityiskohtaista tietoa.

### 3.1.1 Fiksummat uudet sukupolvet

Biopolttoaineiden kehitystä kuvaa se, että jo nyt uusiutuvista raaka-aineista valmistettavat liikennepolttoaineet luetellaan ensimmäisen ja toisen sukupolven biopolttoaineiksi tai vaihtoehtoisesti toisen sukupolven biopolttoaineita kutsutaan kehittyneiksi biopolttoaineiksi. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineissa käytetään tavallisesti elintarviketuotantoon soveltuvia raaka-aineita, kuten maissia tai sokeriruokoa. Toisen sukupolven polttoaineiden raaka-aineena käytetään pääasiassa jätettä, jossa on korkea lignoselluloosapitoisuus. Tällaisia ovat muun muassa hakkuujätteet ja puupurkutavara. Myös elintarviketeollisuuden jätteitä voidaan hyödyntää toisen sukupolven biopolttoaineeksi. (Sjöstedt 2016)

Öljy- ja biopolttoaineala ry, joka toimii öljyalan etujärjestönä Suomessa, erittelee niin ikään biopolttoainesukupolvet raaka-aineen, tuoteominaisuuksien tai valmistusprosessin mukaisesti. Perussääntö on, että ensimmäisen sukupolven biopolttoaineissa käytetään tavallisesti elintarviketuotantoon soveltuvia raaka-aineita. Toisen sukupolven polttoaineiden raaka-aineina käytetään pääasiassa yhdyskuntajätteitä tai muiden teollisuusalojen prosesseista syntyviä tähteitä. Alan etujärjestönä, ja joidenkin luonnehdintojen mukaan lobbarina, Öljy- ja biopolttoaineala ry ei painota eri biopoltto-ainesukupolvien hiilijalanjäljen eroja. Sen sijaan yhdistys korostaa, että kotimainen jäte- ja tähderaaka-aineisiin perustuva tuotanto lisääntyy jatkuvasti. (Biopolttoaineet yleistyvät vähitellen, n.d.)

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden raaka-ainelähteet aiheuttavat kuitenkin merkittäviä eettisiä ongelmia, ja ne ovat omiaan kasvattamaan tuotteen hiilijalanjälkeä koko elinkaaren aikaisessa tarkastelussa. Erityisen ongelmalliseksi on osoittautunut palmuöljyn käyttö biopolttoaineen raaka-aineena. Niin sanottuja hyviä tuotantomenetelmiä käyttämällä palmuöljyn energiakäytön on arvioitu mahdollistavan elinkaaritarkastelussa 15 prosentin energiasäästön ja 60 prosentin kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksen. Tämä edellyttäisi, että öljypalmuplantaasit perustettaisiin joutomaalle ja käytettäisiin kestäviä viljelymenetelmiä. Lisäksi puristamoissa syntyvän jäteliemen biokaasun talteenotto ja energiakäyttö sekä hedelmän kuorien ja kuitujen hyödyntäminen edistäisivät palmuöljyn energiakäytön ympäristöystävällisyyttä. (Sademetsät biopolttoaineeksi? Palmuöljyn energiakäytön ilmastovaikutukset 2007, 15.)

Yhdistyneiden kansakuntien ruoka- ja maatalousjärjestö FAO puolestaan totesi vuonna 2016, maailman viljantuotannon satoennustetta koskevassa uutisartikkelissa, että ruuan hinta on nousussa nimenomaan palmuöljyn vaikutuksesta. (Palm oil keeps global food price trend heading up in April 2016). Kalliimpi ruuan hinta koettelee etenkin kehittyviä maita, joissa ruokatuotanto ei riitä kattamaan ihmisten perusravinnontarvetta puhumattakaan, että ruokaa riittäisi myyntiin. Ongelmia aiheuttaa myös se, että viljelymaata käytetään polttoaineen raaka-ainetuotantoon ruokatuotannon sijaan. Palmuöljyn lisääntynyt kysyntä energiakäyttöön vaatii useiden arvioiden mukaan huomattavaa tuotannon kasvua. (Global Palm Oil Demand Fueling Deforestation 2013; Oil Palm Industry Takes Land, Promises Livelihood 2009.)

Biopolttoaineiden ympäristövaikutuksia ja kestävyyttä arvioineessa Biovaiku-hankkeessa arvioitiin, että joissain tapauksissa on mahdollista, että biopolttoaineen tuotannon ja käytön kokonaisvaikutukset olisivat jopa haitallisia vertailujärjestelmään eli tässä tapauksessa fossiiliseen polttoaineeseen verrattuna. Ilmastovaikutuksiin liittyen Biovaiku-hankkeessa kiinnitettiin lisäksi huomiota siihen, miten niitä mitataan. Keskeiseksi tekijäksi hankkeen loppuraportissa esitettiin biomassan uusiutumisenopeuden ja ilmastonmuutoksen hillinnän tavoiteaikataulun

välistä suhdetta. Kasvihuonekaasujen pitoisuus ilmakehässä tulisi vakauttaa mahdollisimman pian mahdollisimman alhaiselle tasolle. Tämä tarkoittaisi merkittäviä päästöjen vähennyksiä tulevina vuosikymmeninä. Mitä hitaammin biomassa uusiutuu, sitä tehottomampaa on sen käyttö ilmastonmuutoksen hillinnän välineenä. (Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies. A Finnish approach 2009, 187-188.)

Kun arvioidaan mahdollisen biopolttoaineen käyttöönoton ympäristövaikutuksia, on siis huomioitava, että biolentopolttoaineita valmistetaan useilla eri menetelmillä lukuisista eri raaka-aineista. Biolentopolttoaine tulisikin käsittää yleistermiksi, joka sisältää lukuisia eri tuotteita, joiden ympäristövaikutuksissa etenkin koko elinkaaren kattavassa tarkastelussa on merkittäviä eroja. Ympäristöystävällisyyttä mitattaessa bio-etuliite ei ole tae pienemmistä kokonaispäästöistä.

### 3.1.2 Vaihtoehtoinen, uusiutuva vai biolentopolttoaine

Biopolttoaineisiin liittyvää kokonaisuutta hahmottaessa yksi haasteita aiheuttava tekijä on osin sekava ja vakiintumaton terminologia. Esimerkiksi fossiilista lentopolttoainetta korvaavia tuotteita kutsutaan lukuisilla eri nimillä, joiden määritelmät saattavat poiketa hieman toisistaan.

Yhdysvalloissa käytössä on termi *alternative jet fuel*, jolla viitataan fossiilisille polttoaineille vaihtoehtoiseen energiamuotoon. Euroopassa yleisemmin on käytössä termi *sustainable jet fuel*, jolla tarkoitetaan lentopolttoainetta joka on tuotettu kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti. Biolentopolttoaineilla puolestaan tarkoitetaan biomassasta eri menetelmin valmistettua lentopolttoainetta, kun taas uusiutuvalla polttoaineella halutaan korostaa raaka-aineen uusiutumista. Korostamalla raaka-aineen kestävämpää ja ympäristöystävällisempää luonnetta, uusiutuva -termillä tehdään samalla tehdä samalla pesäeroa ensimmäisen sukupolven biopolttoainetuotteisiin ja valmistusmenetelmiin, esimerkiksi FAME (rasvahapon metyyliesteri), joiden ominaisuuksissa, kestävän kehityksen mukaisuudessa sekä maineessa todettiin sittemmin parantamisen varaa.

Myös vaihtoehtoisten/bio/uusiutuvien lentopolttoaineiden valmistusteknologioista käytetään erilaisia luokitteluja, termejä sekä lyhenteitä. Kokonaisuuden hahmotamista vaikeuttaa lisäksi se, että sekä ilmailun että teknologian kieli on englanti. Sanasto on vahvasti erikoistunutta, eikä suomenkielistä suoraa käännöstä ole välttämättä edes käytössä. Usein käytössä voi olla pelkkä lyhenne, huolimatta siitä onko kyseessä kotimaan vai kansainväliset yhteydet.

## 3.2 Teknologinen näkökulma

Eri ilmailualan toimijat ovat laatineet useita peruseriaatteita, joita lentokäyttöön soveltuvan biopolttoaineen tulee täyttää. Lentopolttoaineen on oltava erityisen korkealaatuista, jotta sen käytettävyys ei kärsi riippumatta toimintaympäristön ja –olosuhteiden laajasta vaihtelusta. Ilmailualan näkemyksen mukaan sen on kyettävä laadullisesti vastaamaan ja tarvittaessa suoraan korvaamaan nykyään käytössä olevat polttoaineet olemassa olevassa lentokalustossa, eikä biopolttoaineen käyttöönotto ei voi aiheuttaa turvallisuusriskiä. (Beginner's Guide Aviation Biofuels 2011, 8.)

Myös sotilasilmailussa vaatimukset ovat samankaltaiset. Esimerkiksi Yhdysvalloissa puolustusministeriö linjasi, että vaihtoehtoisten polttoaineiden on oltava yhteensopivat ja yhteen toimivat olemassa olevien laitteiden ja infrastruktuurin kanssa. (Burke 2012, 2)

### 3.2.1 Standardi seuloo tiukasti

The American Society of Testing (ASTM) on kansainvälinen standardoimisjärjestö, jonka lentopolttoaineita käsittelevä alakomitea on kehittänyt ASTM D1655 standardin kaupallisille lentopolttoaineille. Se sisältää yksityiskohtaiset vaatimukset, jotka myös vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden tulee täyttää. Vaatimukset koskevat polttoaineen koostumusta ja ominaisuuksia, kuten volatilitettä eli höyrystymistä, valuvuutta, palamista, korroosiota, lämpövakautta, epäpuhtauksia ja lisäaineita. Standardin mukainen hyväksyntä perustuu näytteenottoon ja testaukseen ja tulosten tulee olla yhdenmukaisia siviili-ilmailussa yleisimmin käytössä olevien Jet A ja Jet A-1 lentopolttoaineiden kanssa. (Dorrington 2016, 52.)

Ilmailualalla suhtautumista vaihtoehtoisiin lentopolttoaineisiin voisi luonnehtia varovaiseksi. Maltillisesta lähestymistavasta kertoo myös se, että ASTM on luonut oman standardin myös sille, kuinka uuden polttoaineen testausprosessin tulee edetä. ASTM D4054 -standardi määrittelee uusien lentopolttoaineiden testaamiseksi neljävaihetta, jotka on kuvattu seuraavassa kuviossa 5.

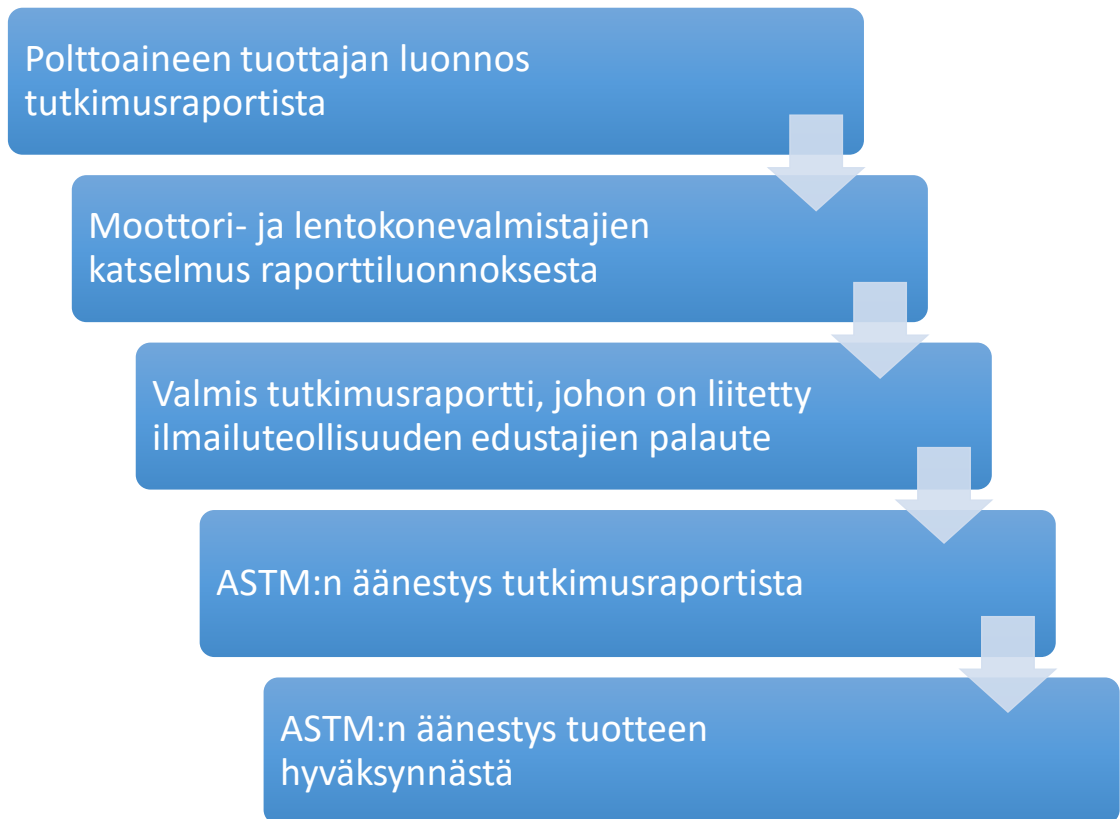
ASTM D4054 standardin mukaisen lentopolttoaineiden testaamisprosessin vaiheet



Kuvio 5. ASTM:n D4054 –standardin mukainen testaamisprosessi. (Muokattu Radich 2015, 8; Alternative Aviation Jet Fuels for Aviation 2016, 8.)

Vasta kun edellä kuvatut vaiheet on suoritettu hyväksytysti, varsinainen ASTM D1655 standardin mukainen lentopolttoaineen hyväksyntäprosessi voi alkaa. Prosessiin sisältyy kolme erillistä raportointivaihetta, jossa polttoaineen tuottajan laatimaa tutkimusraporttiluonnosta täydennetään ensin moottori- ja lentokonevalmistajien katselmuksella. Näin valmistuneeseen tutkimusraporttiin liitetään vielä ilmailuteollisuuden edustajilta saatu palaute. Tämän jälkeen itse raportti alistetaan ensin ASTM:n äänestykselle, ja mikäli se saa hyväksynnän, prosessi jatkuu ASTM:n äänestykseen siitä, voidaanko itse tuotteelle myöntää standardin mukainen hyväksyntä. (Radich 2015, 8.) ASTM D1655 -standardin mukaisen prosessin eteneminen on kuvattu seuraavassa kuviossa 6.



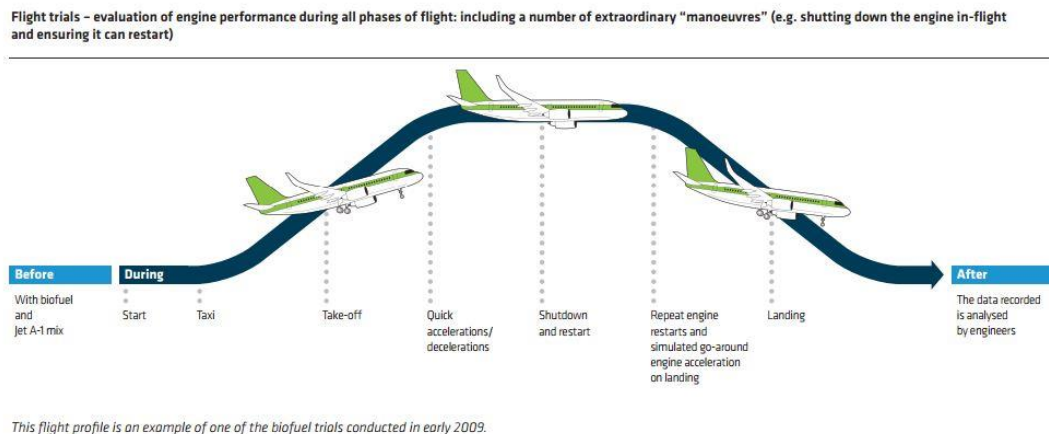


Kuvio 6. ASTM:n D1655 –standardin hyväksyntäprosessin eteneminen. (Muokattu Radich 2015, 8.)

Lentopolttoaineille on myös muita standardeja kuin edellä mainittu. Yhdysvaltain ilmavoimilla on omat standardinsa ja esimerkiksi Britannian puolustusministeriön standardi (DEF STAN) 91-91, joka käsittää varsinaisesti sotilasilmailussa käytetyn lentopolttoaineen, on otettu laajasti käyttöön myös siviilipuolella. Myös Kiinalla ja Venäjällä on omat standardinsa lentopolttoaineille. (Radich 2015, 8.)

Ennen varsinaisia testilentoja tuotteet ovat käyneet läpi tarkat tutkimukset niin laboratorioissa kuin kenttäolosuhteissakin. Lukuisat lentoyhtiöt ovat osallistuneet uusiutuvien lentopolttoaineiden käyttöönoton edistämiseen esimerkiksi tarjoamalla konekalustoa käytettäväksi testilennoilla. Testilentojen ansiosta on voitu tuottaa tietoa tukemaan luokittelua ja sertifiointia, osoittamaan polttoaineen turvallisuutta käytännön toimivuutta verrattuna perinteiseen fossiiliseen polttoaineeseen sekä innoittamaan jatkotutkimusta ja kehitystyötä edelleen. Testilennon aikana lentäjät suorittavat sarjan erilaisia tavanomaisia ja vähemmän tavanomaisia testejä sekä toimintoja osoittaakseen, että polttoaine toimii ja on luotettava

toimintaympäristöstä, olosuhteista riippumatta. Kuviossa 7. on esitetty erään testilennon profiili, joka sisältää muun muassa moottorin sammuttamisen ja uudelleen käynnistyksen lennon aikana. (Beginner's Guide to Aviation Biofuels. ATAG 2011, 11.)



Kuvio 7. Biolentopolttoaineella toteutetun testilennon profiili vuodelta 2009. (Beginner's Guide to Aviation Biofuels. ATAG 2011, 11.)

Suomalaisittain kiinnostavana esimerkkinä mainittakoon Neste Oilin ja Boeingin yhteistyö uusiutuvan lentopolttoaineen kaupallistamiseksi. Vuonna 2014 Boeing testasi Nesteen uusiutuvaa lentopolttoainetta 15 prosentin seoksena Boeing ecoDemonstrator 787 -testikoneessa, jota käytetään ilmailualan ympäristöjalanjälkeä vähentävien teknologioiden arvioimiseen. Ensimmäisellä lennolla uusiutuvaa polttoaineseosta käytettiin vain toisessa moottorissa. Tämän jälkeen tehtiin muutama lento siten, että molemmat moottorit toimivat uusiutuvalla polttoaineseoksella. Testilentojen jälkeen Boeing raportoi, että "kone toimi uudella polttoaineella suunnitellusti eli yhtä hyvin kuin fossiilisella lentopolttoaineella." Vasta näin pitkälle edenneen testauksen jälkeen yritykset pyrkivät saamaan ASTM:n hyväksynnän, joka lopulta mahdollistaa polttoaineen kaupallisen käytön. (Neste ja Boeing näyttävät ilmailualalla tietä uusiutuvien lentopolttoaineiden kaupallistamisessa 2015.)

### 3.2.2 Valmistusteknologiat pyrkivät sekoitettaviin tuotteisiin

Vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden kehitykselle on siis ominaista se, että kaikki keskeiset teknologiat, hyväksytyt ja kehitteillä olevat, pyrkivät vastaamaan ilmailualan vaatimukseen ja keskittyvät tuotteisiin, jotka vastaavat parhaillaan käytössä olevia lentopolttoaineita. Ilmailu on maailmanlaajuisesta liiketoimintaa, jota kuvaa hyvin se, että jotkut lentoyhtiöt voivat operoida yli sadassa maassa. Lentopolttoaineiden, myös biolentopolttoaineiden tulisi siksi olla yhteensopivia koko maailmanlaajuisen liikenteen kanssa. Vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden on myös voitava käyttää nykyistä polttoaineen jakeluinfrastruktuuria, koska rinnakkaisrakenteiden rakentaminen olisi kohtuuttoman kallista. Käytännössä biolentopolttoaineiden tulevaisuus näyttää rakentuvan ns. drop-in- eli sekoitetuotteiden varaan. Niitä voidaan sekoittaa tavanomaiseen lentopolttoaineeseen vaihtelevalla prosenttiosuudella, ja ne voivat käyttää olemassa olevaa polttoaineen jakelujärjestelmää. Biopolttoaineen tulee siis mukautua olemassa olevaan järjestelmään ja kalustoon eikä toisin päin. (On Board Sustainable Future 2016, 168.)

Tällä hetkellä vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden soveltuvat valmistusteknologiat voidaan jakaa karkeasti neljään pääryhmään, alkoholi-, öljy-, kaasu- ja sokeripohjaisiin menetelmiin. Jako perustuu käytettävään raaka-aineeseen ja niiden konvertointiprosessiin. (Wang & Tao & Markham & Zhang & Tan & Batan & Warner & Bidy 2016, 5.) Taulukossa 1. on esitelty eri valmistusteknologioita edellä mainittujen pääryhmien mukaisesti jaoteltuna.

Taulukko 1. Biolentopolttoaineiden valmistusteknologioiden ryhmittely.  
(Muokattu Wang ym. 2016, 5.)

Luokka	Menetelmä
<b>Alkoholipohjaiset (Alcohol-to-Jet, ATJ)</b>	Etanolista polttoaineeksi
	Butanolista polttoaineeksi
<b>Öljypohjaiset Oil-to-Jet (OTJ)</b>	Vetykäsitelty uusiutuvista raaka-aineista tuotettu lentopolttoaine (HRJ)
	Katalyyttinen hydrotermolyysi (CH)
	Vetykäsitelty depolymeroitu selluloosa (HDCJ)
<b>Kaasupohjaiset Gas to-Jet (GTJ)</b>	Fisher-Tropsch -synteesi
	Kaasun fermentointi (käymisprosessi)
<b>Sokeripohjaiset Sugar to-Jet (STJ)</b>	Katalyyttinen konvertointi
	Geenitekнологia

Toistaiseksi viidellä uusiutuvalla lentopolttoaineen tuotantoteknologialla on ASTM:n standardin D7566 mukainen kansainvälinen hyväksyntä. Hyväksynät ajoittuvat vuosille 2009-2015. Seuraavassa taulukossa 2. on kuvattu yhteenveto ASTM:n hyväksynnän saaneista vaihtoehtoisen lentopolttoaineen valmistusteknologioista tammikuun 2017 tilanteen mukaisesti, sisältäen luettelon käytetyistä pääasiallisista raaka-aineista. Kaikki hyväksynnän saaneet tuotteet ovat ns. drop-in-tuotteita. Hyväksyntä määrittelee myös sekoitussuhteen eli maksimiprosenttiosuuden jolla

niitä saa lisätä fossiiliseen polttoaineeseen. Hyväksytyjen menetelmien sekoitussuhteet vaihtelevat kymmenestä enintään viiteenkymmeneen prosenttiin. (Sustainable Jet Fuels for Aviation 2016, 139.)

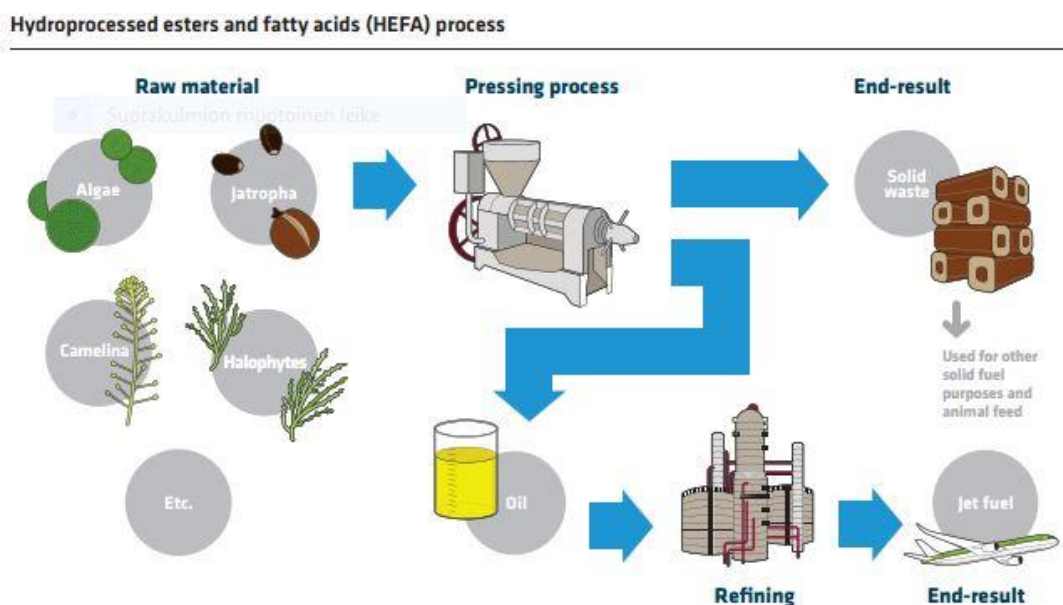
Taulukko 2. ASTM:n hyväksymät biopolttoaineen valmistusteknologiat tammikuussa 2017. (Muokattu lähteistä Radich 2015, 7; Wormslew & Pedersen & Eriksen & Skou & Tang & Liengard & Hansen & Eberhardt & Rasch & Höglund & Englund & Sandquist & Güell & Haug & Luoma & Pursula & Bröckl 2016, 140; Alternative Aviations Fuels: Overview, Challenges, Oppurtunities and Next Steps 2017, 9-10.)

Teknologia	Kuvaus	Raaka-aine	ASTM:n hyväksyntä
FT-SPK	Fischer-Tropsch-synteettinen parafiininen kerosiini	Biomassat	2009
HEFA-SPK	Hydro-prosessoitujen estereiden ja rasvahappojen synteettinen parafiininen kerosiini	Kasviöljyt ja eläinrasvat, triglyseroleja sisältävät bioöljyt	2011
SIP	Syntetisoidut iso-parafiinit	Sokeri	2014
FT-SKA	Fischer-Tropsch-synteettinen kerosiini aromaattisilla aineilla	Biomassat	2015
ATJ-SPK	Alkoholista, lähinnä isobutanolista konvertoitu synteettinen parafiininen kerosiini	Tärkkelys, sokeri, selluloosapohjainen biomassa	2016

Jo hyväksytyjen menetelmien lisäksi muitakin valmistusteknologioita on parhaillaan ASTM:n prosessissa. Kaikkiaan niitä on prosessissa vähintään puolenkymmentä. (Radich 2015, 6-7; Wormslew ym. 2016, 140.) Keskeneräisistä prosesseista ja niiden vaiheista ei kuitenkaan ole kattavaa ja aktiivisesti päivitettävää listausta esim. ASTM:n omilla verkkosivuilla.

Hyväksytyjen ja parhaillaan ASTM:n prosessissa olevien valmistusteknologioiden ohella useat yritykset yritykset pyrkivät kehittämään uusia avauksia biolentopolttoaineiden markkinoille. Menetelmät ovat usein joko olemassa olevien teknologioiden vaihtelemista tai sellaisia yhdistelmiä, joissa yksittäiset prosessivaiheet yhdistetään tai jopa ohitetaan kokonaan. Huolimatta kehitysohjon kohdistuvasta kiinnostuksesta, niistä on saatavilla varsin niukasti tietoa, koska suurin osa on vielä niin varhaisessa vaiheessa kehitystä, ettei merkittävää dokumentaatiota ole tai se ei ole vielä julkaistavassa muodossa. (Wormslew ym. 2016, 140.)

Esimerkkinä ASTM:n hyväksymistä valmistusteknologioista mainittakoon kuviossa 8. esitetty HEFA-menetelmällä (hydroprocessed esters and fatty acids) tuotettu synteettinen kerosiini. Se perustuu kasviöljystä tai eläinrasvoista peräisin olevien esterien ja rasvahappojen vetykäsittelyyn. (Beginner's Guide to Aviation Biofuels 2011, 17.)

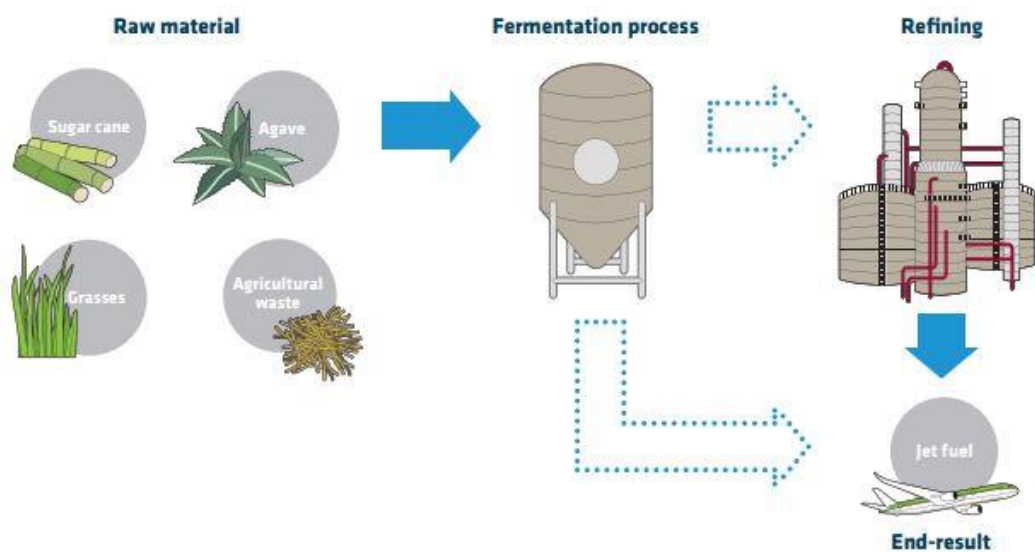


Kuvio 8. HEFA-menetelmän prosessikuvaus. (Beginner's Guide to Aviation Biofuels, 2011, 17.)

Toisena esimerkkinä on kuviossa 9. esitetty Alcohol-to-Jet eli ATJ-menetelmä, joka on viimeisin ASTM:n hyväksynnän saaneista vaihtoehtoisista lentopolttoaineista (New

Alternative Jet Fuel Approved, 2016.). ATJ-menetelmässä hyödynnetään selluloosan ja sokereiden fermentaatiota eli käymisprosessia. Siinä erilaisia mikrobeja, hiivoja tai bakteereita käytetään maatalouden jätetuotteiden muuttamiseen joko suoraan lentopetroliksi tai alkoholin konvertoinnin kautta. (Anderson, Brooks, Burton, Butcher, Frye, Handler, Harmon, Holladay, Jones, Lee, Owen, Palou-Rivera, Plaza, Shonnarand & Snowden-Swan 2015, 133-134; Beginner's Guide to Aviation Biofuels, 2011, 18)

#### Alcohol-to-jet process



Kuvio 9. Alcohol-to-Jet-menetelmän prosessikuvaus. (Beginner's Guide to Aviation Biofuels, 2011, 18)

Eräiden asiantuntija-arvioiden mukaan vaikuttaa siltä, ettei ainakaan lähitulevaisuudessa kyetä kehittämään biopolttoainetta, joka vastaisi täysin nyt käytössä olevia perinteisiä lentopolttoaineita. Sekoitteista luopumista pidetään alalla epätodennäköisenä. Kiinnostus kohdistuukin ennen kaikkea siihen, kuinka drop-in-biopoltto-aineiden osuutta lentopolttoaineessa voitaisiin lisätä erilaisten muokkaavien ja korroosiota estävien lisäaineiden avulla. Tällä hetkellä käytössä olevilla lisäaineilla pyritään esimerkiksi vähentämään veden ja kosteuden aiheuttamia vaikutuksia kuten rapautumista. Esimerkiksi vetykäsitellyt vaihtoehtoiset polttoaineet hyötyvät antioksidanteista ja voiteluaineista. Parhaillaan tutkitaan myös lisäaineita, joilla vaikutetaan esimerkiksi tiivisteiden turpoamiseen, nokeentumiseen

ja vesipitoisuuksiin. Erilaisten lisäaineiden avulla voi olla mahdollista lisätä vaihtoehtoisten drop-in-polttoaineiden osuutta sekoitteissa edullisesti ja tehokkaasti. Useat käytettävissä olevista lisäaineista ovat jo nyt pakollisia monissa perinteisissä liikennepolttoaineissa. (Costelle & Parmenter & Repetto 2016, 277)

Viiden ASTM:n standardin D1655 hyväksynnän saaneen biolentopolttoaineen valmistusprosessin lisäksi biolentopolttoaineen käytön edistymisestä ilmailualalla kertoo myös se, että kaksi vilkasta lentoasemaa maailmalla tarjoaa asiakkailleen jo merkittäviä määriä biopolttoainetta, osoittaen samalla käytännössä, että biolentopoltto-aineet soveltuvat teknisesti käytettäväksi ilmailussa ilman erityisiä muutosvaatimuksia ilma-aluksiin tai olemassa olevaan infrastruktuuriin kuten polttoaineiden jakelujärjestelmiin. (On Board Sustainable Future 2016, 153.)

Suomen lentoasemilla ei toistaiseksi ole saatavilla biopolttoaineita lentoliikenteen käyttöön. Tavoitteena on kuitenkin luoda Helsinki-Vantaan lentoasemasta lentoliikenteen biopolttoainetta tarjoava Green Hub vuoteen 2020 mennessä. (Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. 2017, 19.) Biopolttoaineiden käytön kansallisia edistämissuunnitelmia käsitellään tarkemmin alaluvuissa 3.3 ja 3.4, joissa perehdytään taloudellisiin ja yhteiskunnallisiin näkökulmiin.

### 3.3 Taloudellinen näkökulma

Keskeinen osa biolentopolttoaineiden käytön edistämiseen liittyvistä haasteista on tuotteiden huomattava hintaero fossiilisiin lentopolttoaineisiin nähden. Vaikka öljyvarojen rajallisuus on ymmärretty, ja öljyn hinnan uskotaan lopulta nousevan merkittävästi, tapahtuu se useiden arvioiden mukaan vasta pitemmällä aikavälillä. Fossiilisista polttoaineista luopuminen ei siis ole vielä näköpiirissä. (Sustainable Jet Fuel 2016, 14-15.)

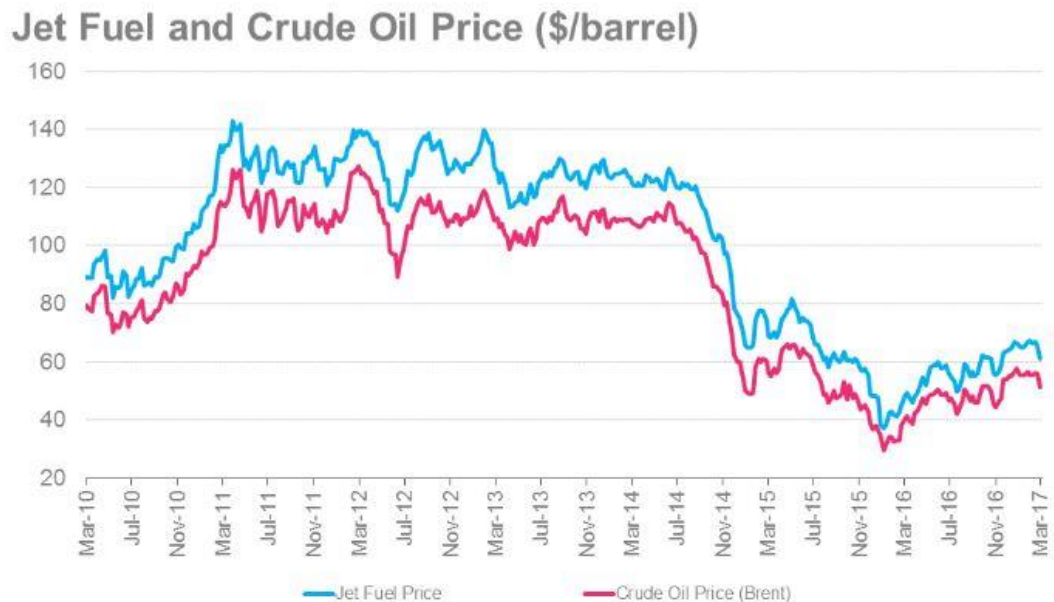
#### 3.3.1 Raakaöljyn hinta osoittaa kehityksen suunnan

Merkittävin fossiilisen polttoaineen hintaan vaikuttava yksittäinen tekijä on raakaöljyn hinta, joka viime vuosina ollut ennätysalhainen. Royal Aeronautical Society on ilmailualan ammattilaisten globaali yhteisö, jonka julkaisee arvostettua Aerospace



International –lehteä. Julkaisun päätoimittaja totesi ilmailun polttoaineiden kehitystä kuvaavassa artikkelissaan Crude awakening – aviation and fuel prices, kuinka fossiilisen polttoaineen alhainen hinta on jopa jarruttanut biolentopolttoaineiden kehitystä ja käyttöönottoa. Vastaavasti kun fossiilisten polttoaineiden kustannukset ovat korkealla tasolla, vaihtoehtoja etsitään aktiivisemmin. (Read 2016)

Seuraavassa kuviossa 10. kerosiinin/lentopetrolin hintakehitystä tarkastellaan suhteessa raakaöljyn maailmanmarkkinahintaan. Kuvion perusteella voidaan nähdä, kuinka kerosiinin hinta noudattelee varsin täsmällisesti raakaöljyn hintakehitystä. Riippuvuussuhde on paitsi ilmeinen, myös liki reaaliaikainen. Hinnan vaihtelussa ei ole merkittävää viivettä.



Kuvio 10. Kerosiinin ja raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan kehitys. (Jet Fuel Price Development, n.d.)

Öljyn hinta laski vuonna 2014 yli 45 prosenttia. Sukelluksen taustalla vaikutti Saudi-Arabian johtaman öljynviejämaiden järjestö OPECin strategia, jonka tarkoituksena oli puolustaa markkinaosuutta nostamalla tuotantomääriä globaalista ylituotannosta huolimatta, koska tuotanto oli kasvussa myös OPECiin kuulumattomissa maissa. Ratkaiseva öljyn hintaa ravistellut pudotus tapahtui myös, järjestön toiseksi suurin öljyntuottaja Iran pääsi maailmanvaltojen kanssa sopimukseen

ydinvoimaohjelmastaan, minkä seurauksena Iranin öljyn vientiä rajoittavia pakotteita vuodelta 2012 helpotettiin. (Öljyn hinta sukelsi, kun Iran pääsi sopuun ydinvoimasta 2015.)

Öljyn hintakehitys on ollut Suomen puolustusvoimien toiminnalle viime vuosina edullista. Esimerkiksi vuonna 2015 kerosiinin hinnan lasku kompensoi toiminnan tason nostamista, mikä käytännössä tarkoitti aktiivisempaa hävittäjälentotoimintaa. Vuonna Hornetit lensivät kaikkiaan 8 999 tuntia eli tuhat tuntia enemmän kuin vuotta aiemmin. Koneiden käyttökuluissa oli kuitenkin laskua, sillä esimerkiksi Hornetin käytöstä syntyneet kulut alenivat polttoaineen hinnanlaskun ansiosta yli tuhat euroa tunnilta. Vuonna 2015 Hornetilla lennetyn tunnin hinnaksi tuli 7 500 euroa. Polttoainekustannukset vähenivät vuotta aiemmasta viidellä miljoonalla eurolla. (Puolustusvoimien tilinpäätös 2015, 15.)

Kaupallisella puolella öljyn hinnan vaikutus ei ole kuitenkaan aivan yhtä suoraviivainen. Raakaöljy on altis nopeillekin hinnan vaihteluille ja välttääkseen äkillisiin hinnan nousuihin liittyviä riskejä, monet lentoyhtiöt ovat suojaautuneet hintojen nousulta erilaisilla suojaussopimuksilla. Suojaussopimukset mahdollistivat entistä parempaa ennakoitavuutta suhteessa polttoainekuluihin. Toisaalta suojaussopimukset ovat estäneet lentoyhtiöitä myös hyötymästä halvasta lentopolttoaineesta. Useat lentoyhtiöt ovatkin ilmoittaneet luopuneensa sopimuksista tai vähentäneensä niiden suojaustasoa. Myös valuuttakurssien vaihtelu saattaa vaikuttaa lentopolttoaineen hintaan merkittävälläkin tavalla. (Read 2016.)

Kerosiinin tuoreempi hintakehitys käy ilmi kuvion 11. indeksistä. Vaikka hintakehitys osoitti vuonna 2016 lievää nousua, kääntyi kehitys alkuvuodesta 2017 jälleen laskuun ja on pysytellyt matalana.



Kuvio 11. Kerosiinin hinnan kehitystä kuvaava indeksi. (Jet Fuel Price Development, n.d.)

Toukokuussa 2017 OPECin 14 jäsenmaata ja kymmenen muuta öljytuottajamaata sopivat tuotannon rajoittamisen jatkamisesta vuoden 2018 maaliskuun loppuun. Tuotannonrajoitusten vaikutusta raakaöljyn maailmanmarkkinahintaan on vaikeaa ennustaa, sillä mahdollista hinnannousua voi rajoittaa esimerkiksi Yhdysvaltojen liuskekiviöljytuotannon reaktio öljymarkkinatilanteeseen. Käytännössä Yhdysvaltojen omaa tuotantoa lisättäisiin välittömästi, mikäli hinta kääntyisi selkeään nousuun. (Kansainväliset öljymarkkinat – elokuu 2017.)

Korkeammat lentopetrolin hinnat siis tukevat paremmin vihreään teknologiaan ja biolentopolttoaineisiin liittyvää liiketoimintaa ja kilpailukykyä. Esimerkkinä siitä, että investointi vihreisiin hankkeisiin on vähentynyt, artikkelissa mainitaan, kuinka vuonna 2015 lakkautettiin kestäviin energiaratkaisuihin erikoistunut Solenan Fuelsin ja British Airwaysin GreenSky-projekti. Sen tarkoituksena oli luoda 16 miljoona litraa lentopolttoainetta Lontoon roskista, mutta rahoituksen puutteen vuoksi projektia jouduttiin lopettamaan. Biolentopolttoaineiden hinta on korkea myös siksi, että aluksi biolentopolttoaineen kysyntä ylittää tarjonnan. Kunnes kysyntä ja tarjonta ovat

tasapainossa, lentoyhtiöt ja viime kädessä heidän asiakkaansa joutuvat maksamaan korkeamman hinnan ekologisemmasta polttoaineesta. (Read 2016.)

### 3.3.2 Muita huomioita tuotantoon vaikuttavista tekijöistä

EU-direktiivin 2014/94/EU eli ns. jakeluinfradirektiivin mukaan kaikkien jäsenmaiden tuli marraskuuhun 2016 mennessä laatia kansallinen toimintakehys liikenteen vaihtoehtoisten polttoaineiden markkinoiden kehittämiseksi. Kansallisissa toimintakehyksissä tuli esittää liikenteen vaihtoehtoisia käyttövoimia ja niiden jakeluinfraa koskevat tulevaisuuden tavoitteet sekä toimenpiteet, joilla tavoitteet saavutetaan. Suomen kansallinen suunnitelma hyväksyttiin valtioneuvoston istunnossa helmikuussa 2017. Myös sen mukaan merkittävin kysymys lentoliikenteen biopolttoaineiden osalta on käytön taloudellinen kannattavuus. Suunnitelmassa painotettiin tarvetta selvittää, miten lisäkustannukset katetaan ja millaista uutta liiketoimintaa biopolttoaineiden käytöstä voisi syntyä. Suunnitelmassa esitettiin, että kustannusten kurissa pitäminen voisi olla mahdollista siirtymällä biopolttoaineeseen, jonka maksimisekoitussuhde olisi oleellisesti pienempi. (Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. Suomen kansallinen ohjelma 2017, 31.)

Toimenpidetasolla kansallisessa suunnitelmassa esitettiin, että eri rahoitus- ja / tai muita toimintamalleja selvitetään ja otetaan pikaisesti käyttöön biopolttoaineiden saatavuuden varmistamiseksi Helsinki-Vantaan lentoasemalla. Suunnitelmassa korostettiin myös Helsinki-Vantaan lentoaseman kehittämisen myönteisiä vaikutuksia, ja pyrittiin näin lähestymään asiaa kokonaisvaltaisemmin, myös sen tuomat taloudelliset mahdollisuudet huomioiden. Biopolttoaineen jatkuva saatavuus Helsinki- Vantaan lentoasemalla ja tähän pohjautuva ”Helsinki Green Hub” tukisi lentoaseman tunnettuutta ja houkuttelevuutta tärkeänä solmukohtana Euroopan ja Aasian välillä. Tämän ajatellaan vaikuttavan positiivisesti Suomen kauttakulkuliikenteeseen ja matkailijamääriin. Suunnitelmassa huomioitiin lisäksi, että Suomessa toimii jo yhtiö, joka on kehittänyt teknologiaa lentoliikenteen

biopolttoaineiden valmistukseen. (Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. Suomen kansallinen ohjelma 2017, 31.)

Suomen ilmavoimien lentotoiminnan ja kansallisen jakeludirektiiviin liittyvän suunnitelman yhteys syntyy sitä kautta, että Suomen ilmavoimat käyttää niin sanottuja yhteistoimintakenttiä, joilla on sekä sotilas- että siviililentotoimintaa. Vaikka Helsinki-Vantaan lentokenttä on siviililentokenttä, jolla ei ole pysyvää sotilaslentotoimintaa, esimerkiksi Ilmavoimien yhteyslentokoneet ovat sinne ja sieltä säännöllisesti. Joissakin tilanteissa, kuten valmiuden tehostamiseen liittyen Helsinki-Vantaalle voidaan siirtää myös hävittäjäkalustoa, kuten esimerkiksi vuonna 2014 lukuisten ilmatilaloukkausten seurauksena tapahtui. Lentokenttäverkostossa tapahtuvat muutokset vaikuttavat siis suoraan myös ilmavoimiin, tai ainakin tuovat laajennetut palvelut helpommin myös ilmavoimien ulottuville ilman puolustushaaralta vaadittavia merkittäviä toimenpiteitä.

### 3.4 Yhteiskunnallinen näkökulma

Puolustushallinnon perusajatus on, että jo sen olemassaolo on kestävä kehitystä tukevaa. Puolustusvoimien mukaan sen ydintehtävä eli yhteiskunnan ja lähiympäristön turvaaminen itsessään luo pohjan kestävälle kehitykselle. Puolustuspolitiikalla, sotilaallisella maanpuolustuksella, kokonaismaanpuolustuksen yhteensovittamisella, muiden viranomaisten tukemisella sekä sotilaallisella kriisinhallinta- ja rauhanturvaustoiminnalla lisätään yhteiskunnan ja sen lähiympäristön vakautta ja turvallisuutta, mikä jo itsessään edesauttaa kestävä kehitystä. Puolustusvoimat ilmoittaa tavoitteekseen toteuttaa tehtäviään sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävällä tavalla. (Puolustushallinnon kestävä kehityksen sitoumus 2017, 1.)

#### 3.4.1 Yhteiskuntavastuu on velvollisuus

Puolustusvoimat on keskeinen toimija puolustushallinnon kestävä kehityksen yhteiskuntasitoumuksessa. "Suomi, jonka haluamme 2050" –sitoumus sisältää lupauksia toimenpiteistä tavoitteen saavuttamiseksi. Puolustushallinnon osalta ne

konkretisoituvat puolustusvoimien toiminnassa. (Puolustusvoimat, Yhteiskuntavastuu n.d.)

Puolustushallinnon yhteiskuntasitoumuksen lupaukset koskevat palvelusta niin varusmiesten kuin henkilöstönkin osalta sekä ympäristö- ja materiaaliasioita. Biolentopolttoaineisiin liittyen oleellisia ovat etenkin ympäristöä ja materiaaliasioita koskevat lupaukset. Ympäristöä koskeva sitoumus on minimoida ja ehkäistä ympäristöhaittoja valitsemalla ja kehittämällä ympäristön kannalta parhaita ratkaisuja. Lisäksi puolustusvoimat on luvannut tehostaa materiaalien käyttöä panostamalla kestäviin tuotteisiin, materiaalien varastointiin ja niiden pitkään elinkaareen. (Puolustushallinnon kestävän kehityksen sitoumus 2017, 2-3.)

Materiaalihankintoihin liittyvä vastuullisuus saa sitoumuksessa syystäkin painoarvoa, sillä niihin kuluu merkittävä osa puolustusbudjetista. Lisäksi puolustushallintoon liittyy monisyisiä eettisiä ja moraalisia näkökulmia, joiden on kestettävä tarkastelu, olipa kyse sotateollisuuden suurista hankinnoista tai vaikkapa varusmiesten maihinnousukengistä. Myös biolentopolttoaineiden käyttöönoton arviointi ja mahdolliset tulevat hankinnat asettuisivat osaksi tätä tarkastelua. Esimerkiksi puolustusministeriön mukaan sen käynnistämässä strategisissa suorituskykyhankkeissa, joita ovat Laivue 2020 –hanke merivoimien aluskaluston uusimiseksi sekä HX-hanke ilmavoimien monitoimihävittäjien korvaamiseksi, huomioidaan mahdollisten hankintojen ympäristövaikutukset laaja-alaisesti koko elinkaaren aikana. Ylijohtajan sanoin näin varmistetaan osaltaan toimintaedellytykset strategisten suorituskykyjen kehittämiseksi ja käytölle tulevaisuudessa. (Puolustusvoimien ympäristöraportti 2015-2016, 4.) Myös puolustusvoimien energia- ja ilmasto-ohjelmassa kerrotaan, että biopolttaineiden soveltuvuutta nykyiseen ja hankittavaan kalustoon selvitetään (Kohti vastuullisempaa ja kestävämpää puolustusta. Puolustusvoimien energia ja ympäristöohjelma 2014, 15). Koska aiemmin mainitut strategiset suorituskykyhankkeet ovat puolustusvoimien merkittävimmät kalustohankinnat, voisi kuvitella ilmasto-ohjelmaan sisällytetyn lauseen koskettavan etenkin näitä hankintoja.

### 3.4.2 Agenda 2030 – ohjaamoharha haittaa näkyvyyttä

Yhdistyneiden kansakuntien kestävän kehityksen toimintaohjelma Agenda 2030 astui voimaan vuoden 2016 alussa. Sen tavoitteena on äärimmäisen köyhyyden poistaminen sekä kestävä kehitys, jossa otetaan ympäristö, talous ja ihminen huomioon. (Valtioneuvoston selonteko kestävän kehityksen globaalista toimintaohjelmasta Agenda2030:sta, N.d.) Agenda 2030:n tavoitteita ja indikaattoreita vasten voi peilata yhteiskunnalliseen näkökulmaan liittyviä teemoja myös biolentopolttoaineiden käyttöönoton ja edistämisen osalta.

Agenda 2030 toimintaohjelmaan sisältyy 17 kestävän kehityksen tavoitetta ja 169 alatavoitetta, jotka tulee saavuttaa vuoteen 2030 mennessä. Suomessa kokonaiskuvaa kansallisesta lähtötilanteesta, haasteista ja mahdollisuuksista Agenda2030:n toimeenpanossa selvitettiin valtioneuvoston raportissa Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit. Raportti perustui Avain2030-hankkeesta (Kestävän kehityksen avainkysymykset ja toimintasuunnitelma 2030) saatuihin tuloksiin. Hankkeen tarkoituksena oli tukea kansallista kestävän kehityksen työtä rakentamalla analyyttistä ja neutraalia tietopohjaa Agenda2030:n toimeenpanemiseksi. Tilannekuvan ja arvion lisäksi raportti sisälsi ehdotuksia siitä, mihin toimenpideohjelman osa-alueisiin kansallisella tasolla tulisi kiinnittää huomiota kiireellisimmin. Raportissa esitetyt arviot perustuivat indikaattoripohjaisiin kansainvälisiin vertailuihin sekä kansallisella tasolla toteutettuihin sidosryhmätyöskentelyn tuloksiin sekä asiantuntijoiden arvioihin. (Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit. 2016, 7.)

Jo Agenda 2030:n valmistelun aikoihin siihen liittyi perusteltua kritiikkiä. Esimerkiksi julkaisussa *Beyond Cockpitism: Four Insights to Enhance the Transformative Potential of the Sustainable Development Goals* tuodaan esille huoli siitä, että tavoitteista jäähdään sen vuoksi, että ne eivät ikään kuin ”jalkaudu”. Julkaisussa tuodaan esille riski ns. ohjaamoharhasta, jossa huomio kiinnittyy ylätasoon tavoitteiden muotoiluun, eikä varsinaisten toimijoiden aktiivisuuden kautta tapahtuvaa konkretiaa, käytännön toimenpiteitä ja niiden vaikutuksia, tavoiteta. Näin syntyy illuusio siitä, että globaalit

ongelmat ovat hallitusten ja niiden välisten järjestöjen pelikenttää, mikä sulkee muita toimijoita yhteisen ongelmanratkaisun ulkopuolelle. (Hajer & Nilsson & Raworth & Bakker & Berkhout & de Boer & Rockström & Ludwig & Kok 2015, 2-3.)

Myös Suomen kansallisessa raportissa tuodaan selkeästi esille, että kansainvälisesti asetettujen tavoitteiden ja niitä kuvaavien indikaattoreiden sovittaminen kansallisen ja paikallisen tason toimintaan on vaikeaa, ja viitataan edellä mainittuun julkaisuun ja siinä esille tuotuun ohjaamoharhaan. (Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit 2016, 7.) Kansallisella tasolla kritisoiitiin myös sitä, kuinka yleisluontoisiksi 17 päätavoitetta ja suuri osa 169 alatavoitteesta oli määritelty. Suomen kannalta olennaisimpien tavoitteiden muotoilujen täsmentäminen on raportin mukaan suositeltavaa, koska joissakin pää- ja alatavoitteissa muotoilut ja käytetyt käsitteet ovat epämääräisiä ja osin tulkinnanvaraisia. Raportissa todettiin, että yksittäisten tavoitteiden ja alatavoitteiden toteutumista tukevien toimenpiteiden mahdollisimman kattavaa listaamista ei tulisi pitää ensisijaisena tavoitteena. Sen sijaan tulisi tunnistaa sellaiset keskeisimmät toimenpiteet, jotka samanaikaisesti vaikuttavat myönteisesti useiden eri pää- tai alatavoitteiden toteutumiseen. Kansallisessa raportissa painotettiin lisäksi sitä, että tärkeää on tunnistaa mahdolliset toimenpiteiden sivuvaikutukset, jotka vaikuttavat kielteisesti muiden tavoitteiden toteutumiseen, sillä joiltakin osin toimenpideohjelman tavoitteisiin liittyy ristiriitaisuuksien vaara. (Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit. 2016, 16-17.)

Avain2030-hankkeen arvion mukaan Agenda 2030 seurantaindikaattoreiden soveltuvuudessa kestävän kehityksen päätavoitteiden seurantaan kansallisella tasolla on huomattavia rajoitteita. Arvion indikaattorit kuvastavat neuvotteluprosessien aikana tehtyjä poliittisten prioriteettien pohjalta muotoutuneita käytännön kompromisseja, joiden avulla suuri joukko maita saatiin sopuun yhteisistä tavoitteista ja alatavoitteista. Indikaattoreissa on esimerkiksi selviä päällekkäisyyksiä, jotka todennäköisesti kuvastavat sitä, että neuvotteluissa eri maat ovat halunneet mukaan juuri itselleen tärkeitä asioita. (Agenda 2030 Suomessa: Kestävän kehityksen avainkysymykset ja indikaattorit. 2016, 23-24.)



Jos globaaliin Agenda 2030:een liitetään kansallisella tasolla edellä mainitun kaltaisia haasteita, ovat yksittäisten organisaation tasolla, kuten tässä opinnäytetyön kohdetapauksessa puolustushaaratason, edellytykset konkreettisten toimenpiteiden suunnittelemiseksi vielä haastavammat.

Ilmailun kannalta mielenkiintoinen yhteys Agenda 2030:een syntyi siihen liittyvän yhteiskunnallisen keskustelun kautta. Lentoyhtiö Finnair on kutsuttu aktiivisesti mukaan kestävästä kehityksestä koskevaan yhteiskunnalliseen keskusteluun, ja Finnairilla oli mm. mahdollisuus antaa asiantuntijalausunto myös Agenda 2030:tä koskevasta valtioneuvoston selonteosta. Sisällöltään asiantuntijalausunto oli verrattain vaatimaton, ja se jäi lähinnä selontekoa tukevaksi kannatuslauselmaksi. Esimerkiksi ilmailualan ja sen päästövähennystavoitteiden näkökulmasta kriittinen osa-alue, biolentopolttoaineiden kaupallistaminen ja käytön edistäminen tuotiin esille, mutta mitään esitystä keinoista tai kannustimista ei lausuntoon sisällytetty. Lausunnossa kuitenkin todettiin, että lentoliikenteen biopolttoaineiden kaupallistamiseksi tarvitaan yhteisiä ponnistuksia lisäkustannusten minimoimiseksi ja saatavuuden parantamiseksi, ja että lentoliikenteen biopolttoaineiden hinta on kestävämmällä tasolla, eikä jatkuvaa jakelua ei ole millään kentällä. (Finnairin lausunto kestävästä kehityksen globaalia toimintaohjelmaa Agenda2030:tä koskevasta valtioneuvoston selonteosta. 2017, 2.)

### 3.4.3 Huoltovarmuus edistyksen ajurina

Huoltovarmuudella tarkoitetaan kykyä niiden yhteiskunnan taloudellisten perustoimintojen ylläpitämiseen, jotka ovat välttämättömiä väestön elinmahdollisuuksien, yhteiskunnan toimivuuden ja turvallisuuden sekä maanpuolustuksen materiaalien edellytysten turvaamiseksi vakavissa häiriöissä ja poikkeusoloissa. (Mitä on huoltovarmuus? N.d.) Juuri huoltovarmuusnäkökulma on ollut yksi merkittävä ajuri biolentopolttoaineisiin liittyvässä ilmiössä. Toisaalta huoltovarmuuden on ajateltu lisääntyvän vaihtoehtoisten energiamuotojen ja laajemman raaka-ainepohjan ansiosta, toisaalta juuri huoltovarmuuden vuoksi riskit, joita uuden tuotteen käyttöön liittyisi, on haluttu pitää mahdollisimman pienenä. Uusiutuvaan raaka-aineeseen perustuvan teknologia ja tuotanto vähentävät

riippuvuutta tuontiöljystä, ja lisää valtioiden energiaomavaraisuutta. (Schäfer 2016, 21-22.)

Yhdysvalloissa energia-alan riippumattomuus nähdään tärkeänä kansallisena turvallisuuskysymyksenä. Yhdysvaltain joukot toimivat sotilas- ja humanitaarisissa operaatioissa ympäri maailmaa, ja tarvitsevat toimiakseen luotettavia polttoaineita. Mikrotasolla sotilas on yhtä paljon öljy- ja bensiinihyödykkeiden hintojen armoilla kuin keskivertokuluttaja. Lisäksi polttoaineen toimituskulut sotilasoperaatioiden kohdemaihin nostavat hintoja entisestään. Makrotasolla öljyn tuotantomaat ovat alueita, jotka eivät ole Yhdysvaltojen sotilaallisia liittolaisia. (2016 Operational Energy Strategy, 8-9.) Energiastrategiassaan Yhdysvaltain puolustusministeriö on asettanut tavoitteita energiankulutuksen vähentämiseksi ja uusiutuvan energian osuuden lisäämiseksi. Energiastrategia sisältää myös uusiutuvaa energiaan käyttöön liittyvät tavoitteet, joita ovat sotilaallisen valmiuden ylläpitäminen ja varmistaminen, taistelutilojen tehokkuuden parantaminen sekä joustavuuden ja suorituskyvyn parantaminen käyttämällä useita luotettavia energialähteitä. (Mts., 13-14.)

Huolimatta siitä, että Suomessa biolentopolttoaineen tuotantomäärät ovat vielä pieniä, tilanne on huoltovarmuusnäkökulmasta kiinnostava etenkin tulevaisuutta ajatellen. Pohjoismaista tilannekuvaa biolentopolttoaineiden suhteen tarkastellut raportti listaa Suomen vahvuuksiksi saatavilla olevan biomassan ja metsäteollisuuden kautta syntyneen vankan kokemuksen biotalousalalta. Useat suomalaiset teollisuustoiminnot perustuvat jo biopohjaisiin raaka-aineisiin, mukaan lukien puutuotteet, sellu- ja paperikemikaalit, kemikaalit, lämpö ja energia sekä liikennepolttoaineet. Suomessa on huomattava määrä uusiutuvia luonnonvaroja, erityisesti metsätalousvaroja, ja biotalous on yksi tärkeimmistä sektoreista, joihin Suomen hallitus pyrkii perustelemaan tulevaa taloutta. (Wormslew ym. 2016, 107.)

Samainen raportti korostaa, että Suomen tilanne jalostamatoiminnan suhteen on poikkeuksellinen. Neste Oil on globaali edelläkävijä ilmailun biopolttoaineissa ja tällä hetkellä yksi harvoista maailman yrityksistä, joka kykenee tuottamaan uusiutuvaa lentopolttoainetta teollisessa mittakaavassa. Porvoon jalostamolla on kyky tuottaa

kestävää lentopolttoainetta uusiutuvan dieselin ohessa. Toistaiseksi uusiutuvaa lentopolttoainetta on tehty vain erissä, mutta tulevaisuuden tavoitteena on hyödyntää uusiutuvan dieselin tuotantokapasiteetin infraa enemmän myös uusiutuvan lentopolttoaineen tuottamiseen. Nestein teknologia kykenee hyödyntämään tuotannossa useita raaka-aineita kuten jätteitä ja tähteitä, eläinperäisiä rasvoja sekä kasviöljyjä. (Wormslew ym. 2016, 128.) Suomessa on kolme polttoaineen jakelulaitetta, mukaan lukien Avifuels, Neste ja Shell. Kaikki jakelijat ostavat polttoainetta Nesteeltä, joka joko tuo sen tai tuottaa sen Porvoon omissa jalostamossa. (Wormslew ym. 2016, 122.)

#### 3.4.4 Ilmastonmuutos muokkaa uhkakuvastoa

Ilmastonmuutoksesta käytävän dialogin yhteydessä ilmeisin tapa on yhdistää keskustelu osaksi ympäristöpolitiikkaa. Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat kuitenkin niin laaja-alaiset ja kompleksiset, että sen vaikutukset tulisi huomioida kaikessa yhteiskunnallisessa toiminnassa ja vaikuttamisessa. Ilmastonmuutos on paitsi ympäristö-ongelma myös tunnistettu ja tunnustettu globaali turvallisuusuhka. Näin ollen ympäristöpolitiikka on tänä päivänä erottamaton osa turvallisuuspolitiikkaa ja toisinpäin. Esimerkiksi kansainvälinen ilmastopaneeli (IPCC) otti vuonna 2014 osaksi raporttiaan myös ilmastonmuutoksen turvallisuusvaikutukset. Raportin mukaan ilmastonmuutos vaikuttaa globaalien yhteiskunnan kaikkiin ehtoihin kuten ruuantuotantoon ja liikkumiseen. Niukkenevat resurssit ja pakolaisuuden kasvu lisäävät konfliktialttiutta. (Climate change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability 2014, 7.)

Heinäkuussa 2015 julkistetussa kansainvälisessä Climate Change: A Risk Assessment -raportissa puolestaan todetaan, että maapallon ilmastonmuutoksen vaikutukset, kuten keskilämpötilan nousu ja sään ääri-ilmiöiden yleistymisen tulee luokitella huomattavaksi turvallisuusriskiksi. Kasvava tarve ruuasta, vedestä ja energiasta ja toisaalta kiihtyvä kilpailu hupenevista resursseista aiheuttaa epävakautta ja levottomuuksia. Raportin tekemiseen asiantuntijana osallistunut Intian merivoimien vara-amiraali evp Pradeep Chauhanin mukaan ongelmat kärjistyvät etenkin sellaisissa maissa, jotka jo lähtökohtaisesti ovat taloudellisesti kehittymättömiä, resursseihin

kohdistuu kuormitusta tai jotka ovat jostakin muusta syystä epävakaita. Ilmastomuutoksen vaikutuksesta uusia haasteita syntyy ja olemassa olevat ongelmat eskaloituvat. (Climate Change: A Risk Assessment. 2015, 121.)

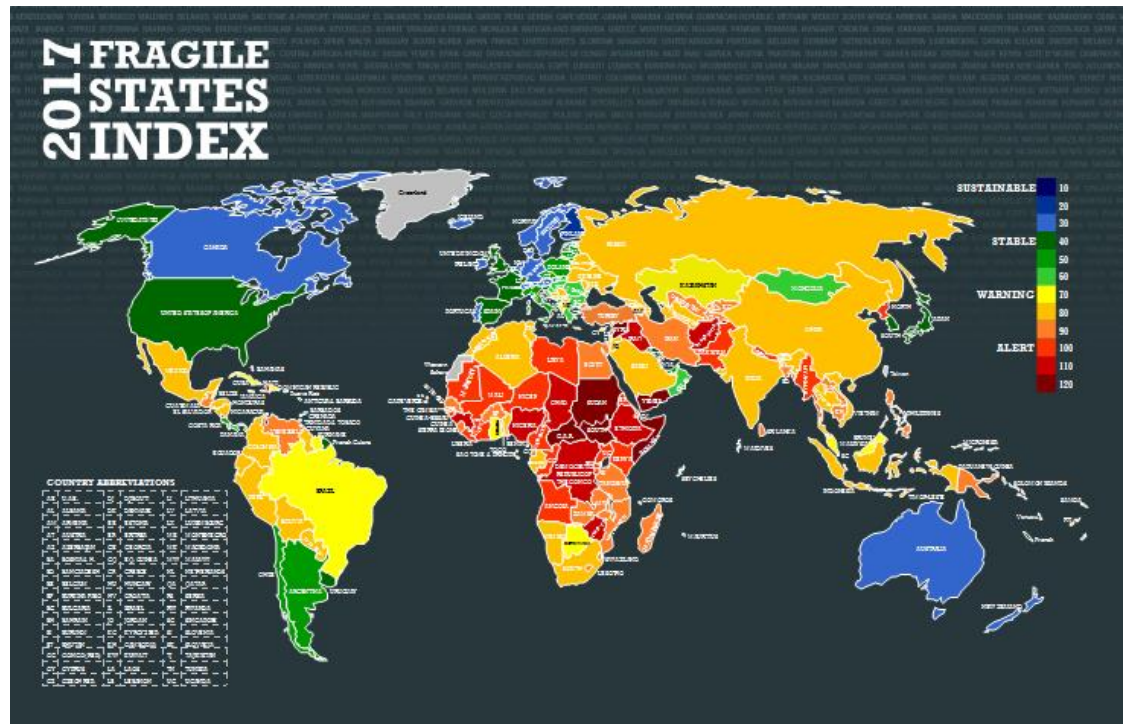
Välillisiä vaikutuksia arvioitaessa, yksi merkittävä ilmastomuutoksen aiheuttama ilmiö on muuttoliikkeen kiihtyminen. Ilmastomuutoksen kansainvälisen sotilasneuvoston puheenjohtaja, kenraalimajuri evp Muniruzzaman listaa samaisessa raportissa neljä ilmastomuutoksen lisäämän muuttoliikkeen synnyttämää uhkakuvaa. Niitä ovat epävakaus rajoilla ja raja-alueilla, kiistat ja konfliktit riittämättömistä resursseista, etniset ja kulttuuriset ristiriidat sekä terveysriskit, kuten tautien leviäminen. (Climate Change: A Risk Assessment 2015, 124.)

Suomessa puolustushallinnon suhtautuminen ilmastomuutokseen pitäytyy tiukasti kansallisissa lähtökohdissa. Puolustusministeriön Turvallisesti tulevaisuuteen – strategia 2025 käsittelee ympäristöön liittyviä muutoksia kyllä turvallisuustilanteeseen vaikuttavina tekijöinä, mutta keskittyy niiden välittömiin kansallisiin vaikutuksiin. Strategiassa todetaan, että puolustusministeriön hallinnonalan on otettava toiminnassaan huomioon ympäristönsuojeluun liittyvät näkökohdat sekä kehitettävä kykyään ympäristöonnettomuuksien torjumiseksi. (Puolustushallinto ja ilmastomuutos 2008, 10.)

Ympäristöraportissaan puolustushallinto näkee ilmatoriskit ja muuttuvan ilmaston vaikutukset lähinnä puolustusvoimien infrastruktuuriin ja toimintoihin kohdistuvina häiriöinä, kuten tulvien ja sään ääri-ilmiöiden aiheuttamina energianjakelun sekä tele- ja viestintäliikenteen ongelmina. Pitkällä aikavälillä puolustushallinto arvioi ilmastomuutoksen lisäävän infrastruktuurin ja kaluston kunnossapidon tarvetta ja kustannuksia. (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 12.)

Maailmanlaajuisesti toimiva Rauhan rahasto (Fund for Peace) on itsenäinen voittoa tavoittelematon tutkimus- ja koulutusorganisaatio, joka toimii väkivaltaisten konfliktien estämiseksi ja kestävän turvallisuuden edistämiseksi. Fragile States Index on organisaation tuottama mittari, jolla pyritään kuvaamaan valtioihin kohdistuvia

paineita ja maiden kykyä hallita niitä. Yksi indeksin tavoitteista on saada kansalaisille ja poliittisille päättäjille varhainen varoitus mahdollisista konflikteista. (The Fund for Peace, n.d.) Kuviossa 12. esitetty hauraiden valtioiden indeksi 2017 näyttää Suomen maailman kestävämpänä valtiona. Se ei kuitenkaan tarkoita, etteivätkö esimerkiksi ilmastonmuutoksen välilliset negatiiviset vaikutukset koskettaisi Suomea lainkaan.

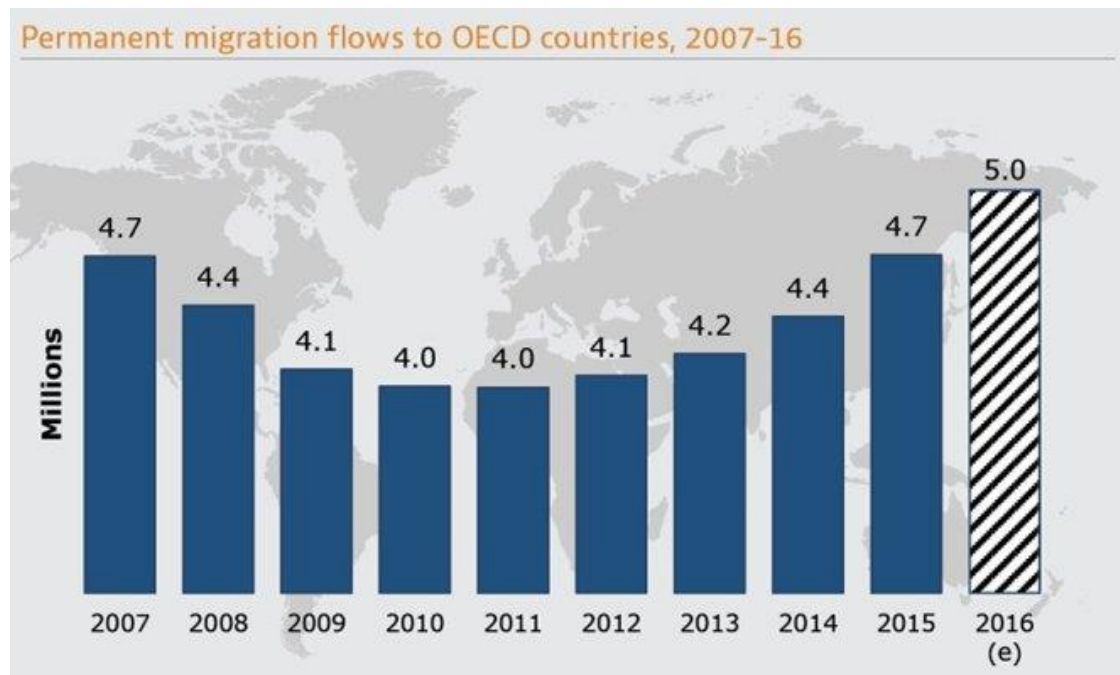


Kuvio 12. Hauraiden valtioiden indeksi. (The Fund for Peace, 2017.)

Suomelle edullinen tilanne voi kuitenkin muuttua nopeastikin. Myös Suomessa on jo saatu tuntumaa ilmastonmuutoksen heijastevaikutuksista. Esimerkkinä ilmiöstä, jonka taustalla vaikuttavana tekijänä ilmastonmuutos nähdään, on kansainvälinen muuttoliike, joka kohdistuu pienessä mittakaavassa myös Suomeen. Suomeen saapui vuonna 2015 ennätysmäärä turvapaikanhakijoita, yhteensä 32 476 henkilöä. Määrän kasvu on seurausta maailmalla vallitsevasta pakolaiskriisistä, joka on suurin sitten toisen maailmansodan. (Pakolainen pakenee vainoa kotimaassaan, n.d.)

Ilmastonmuutoksen vaikutukset voivat pahimmillaan aiheuttaa voimakkaitakin heijastevaikutuksia, vaikka se tuntuisi Suomessa vielä kovin kaukaiselta tällä hetkellä (Peljo 2017). Ilmastonmuutos edistää myös muuta muuttoliikettä kuin pakolaisuutta.

Kuviossa 13. on esitetty kuinka taloudellisen yhteistyön ja kehityksen järjestöön kuuluviin eli OECD-maihin kohdistuva muuttoliike on kehittynyt lähimenneisyydessä. Vuodesta 2011 muuttoliike OECD-maihin on ollut jatkuvassa kasvussa.



Kuvio 13. Muuttoliike OECD-maihin 2007- 2016. (International Migration Outlook 2017, Facts and Figures n.d.)

Ilmastonmuutoksen liittäminen osaksi kansallista riskienhallinnan tarkastelua ja turvallisuusuhkia on saanut jo kasvavaa huomiota myös Suomessa.

Turvallisuuspolitiikan ja ilmastopolitiikan kiinteämmäksi muuttuneesta suhteesta blogitekstissään kirjoittanut Sitran resurssiviisas ja hiilineutraali yhteiskunta –teema-alueen asiantuntijan mukaan vähintäänkin riskit täytyisi tunnistaa, arvioida ja ottaa seurantaan. Kuten asiantuntija tilanteen ilmaisee, on kunnianhimoinen ja tavoitteellinen ilmastopolitiikka myös tehokasta turvallisuuspolitiikkaa. (Peljo, 2016)

## 4 Tutkimusmenetelmä ja toteutus

Opinnäytetyö oli tapaustutkimus, jossa tutkimusmenetelmänä käytettiin asiantuntijoiden teemahaastatteluja. Haastatteluista saatua aineistoa täydennettiin muulla aiheesta saatavalla materiaalilla kuten raporteilla, lehtiartikkeleilla ja tiedotesisällöillä sekä biolentopolttoaineita ja niiden käyttöä koskevalla

aikaisemmalla tutkimustiedolla. Neljän näkökulman huomioiminen varmistettiin pyytämällä myös ympäristö- ja energiaministeriä kertomaan näkemystään asiasta kommenttipuheenvuorolla. Näin muodostuvaa tutkimusaineistokokonaisuutta lähestyttiin aineistolähtöisen sisällönanalyysin ja tulkinnan keinoin.

#### 4.1 Haastattelu laadullisen tutkimuksen menetelmänä

Haastattelu on yleinen ja paljon käytetty laadullisen tutkimuksen perusmenetelmä. Haastattelua on luonnehdittu keskusteluksi, jolla on tarkoitus. Haastattelu poikkeaa tavallisesta keskustelusta siten, että se tähtää informaation keräämiseen ja on siis ennalta suunniteltua päämäärähakuista toimintaa. (Hirsjärvi, Hurme 2011, 42.)

Teemahaastattelu on tutkimushaastattelun laji, joka asettuu lomakehaastattelun ja strukturoimattoman eli ns. avoimen haastattelun välimaastoon. Teemahaastattelua luonnehditaan puolistrukturoiduksi haastattelumenetelmäksi, koska sen aihepiirit ja teema-alueet ovat kaikille haastateltaville samat, mutta siitä puuttuu kysymysten tarkka muoto ja järjestys. (Hirsjärvi, Hurme 2011, 48.)

Teemahaastattelun etuina pidetään etenkin sen joustavuutta. Haastateltavalla on haastattelussa enemmän mahdollisuuksia tulkita kysymyksiä ja menetelmä sallii täsmennykset (Hirsjärvi, Hurme 2011, 36). Teemahaastattelussakaan ei voi kuitenkaan kysyä mitä tahansa vaan siinä pyritään löytämään merkityksellisiä vastauksia tutkimuksen tarkoituksen ongelmanasettelun tai tutkimustehtävän mukaisesti. Valitut teemat perustuvat tutkimuksen viitekehykseen eli tutkittavasta ilmiöstä jo tiedettyyn. (Tuomi, Sarajärvi 2004, 77.)

#### 4.2 Asiantuntijahaastattelun keskiössä on tieto ja kokemus

Asiantuntijahaastattelulla tarkoitetaan yleensä tilannetta, jossa haastateltavalta pyritään hankkimaan tietoa tutkittavasta ilmiöstä tai prosessista. Kiinnostus keskittyy siis tietoon, jota haastateltavalla oletetaan olevan, ei henkilöön itseensä. Asiantuntijahaastatteluissa haastateltavien valinta perustuu joko heidän institutionaaliseen asemaansa tai muuhun osallisuuteensa tutkimuksen kohteena olevassa ilmiössä.

(Alastalo, Åkerman 2010, 373). Seuravassa taulukossa 3. on esitetty asiantuntija-haastattelun käyttötapaan liittyviä erityispiirteitä.

Taulukko 3. Asiantuntijahaastattelun käyttö. (Muokattu Alastaro, Åkerman 2010, 374.)

Haastattelun kohde	Asiantuntija
Haastateltavien valinta	Rajatun historiallisen prosessin tai ilmiökentän tuntija Haastateltava on vain harvoin korvattavissa
Haastatteluilla kerätty tieto	Tutkittava ilmiö, prosessi, käytännöt, faktat Väärät vastaukset mahdollisia

### 4.3 Tutkimuksen toteutus

Tutkimukseen liittyvät haastattelut toteutettiin kevään 2017 aikana. Varsinaisia haastattelutilanteita edelsi haastateltavaksi soveltuvien asiantuntijoiden kartoitus, jonka jälkeen ensimmäinen yhteydenotto tapahtui puhelimitse. Puhelimitse tapahtuneessa yhteydenotossa asiantuntijoille kerrottiin lyhyesti tutkimuksen lähtökohdista ja esitettiin haastattelupyynnö. Kukaan asiantuntijoista, joille haastattelupyynnö esitettiin ei kieltäytynyt haastattelusta.

Sen sijaan joissakin tapauksissa ensimmäinen yhteydenotto johti siihen, että haastattelupyynnö ohjautuikin eri henkilölle kuin alun perin oli suunniteltu. Tämä osoittautui tutkimuksen eduksi, sillä näin aiheen käsittelyyn valitut tarkastelunäkökulmat tulivat selvästi edustetuiksi. Samalla tultiin noudattaneeksi eräällä tavalla ns. lumipallo-otantaa (snowball sampling), jossa haastateltavaksi valikoitunut johdattelee haastateltavan seuraavan haastateltavan luokse. (Hirsjärvi & Hurme 2011, 59-60.) Myös varsinaisissa haastatteluissa pyrittiin hyödyntämään edellä mainittua menetelmää. Haastattelujen päätteeksi kullekin haastatellulle esitettiin pyynnö suositella jotakuta aiheeseen perehtynyttä muuta tahoa. Kuitenkin varsin nopeasti



kävi ilmi, että opinnäytetyön aihevalinta, teemat ja aihevalinta rajasivat mahdollisten haastateltavien joukon pieneksi. Lopulta haastateltaviksi valikoituivat ja suostuivat seuraavat asiantuntijat:

**Janne Peljo** KTM

Johtava asiantuntija, Resurssiviisas ja hiilineutraali yhteiskunta -teema-alue, Sitra. Koordinoi teema-alueen toimintaa ja erilaisia selvityksiä teemajohtajan tukena. Erikoistunut energiaan ja ilmastoon liittyvien megatrendien tunnistamiseen ja tulkitsemiseen yritysten, sijoittajien ja yhteiskunnan näkökulmasta. Pohtii erityisesti ilmastonmuutoksen riskejä ja mahdollisuuksia.

**Jouko Kivi** DI

Tuoteryhmäpäällikkö, Polttoainehuollon varautuminen, Huoltovarmuuskeskus. Toimenkuvaan kuuluu valtion omistamien öljyvarastojen, myös lentopetrolin, tekninen isännöinti. Liki 25 vuoden kokemus öljyalalta.

**Lauri Puranen** kenraalimajuri (evp)

Strategisten hankkeiden ohjelmajohtaja, puolustusministeriö. Entinen Suomen ilmavoimien komentaja (2012-2014). Toimii tällä hetkellä Puolustusministeriössä, jossa muun muassa vetää HX-hanketta Hornet-monitoimihävittäjän korvaamiseksi.

**Virpi Kröger** TkT, KTM

Markkinoinnin ja myynnin kehitys, Uusiutuvat tuotteet, Neste Oil. Nesteen uusiutuvan lentopolttoaineen myynnin ja markkinoinnin kehityksestä vastaava päällikkö.

Vaikka haastateltavien määrä jäi pieneksi, laadullisesti kyseessä oli verrattain edustava otos. Kunkin haastattelun asiantuntijan osaaminen ja kokemus sekä niihin perustuvat näkemykset kattoivat useampiakin valituista näkökulmista. Haastattelut toteutettiin henkilökohtaisissa tapaamisissa (2 kpl) ja puhelimitse (2kpl). Haastattelut pohjautuivat liitteen 1. mukaiseen teemahaastattelurunkoon, mutta itse

haastattelutilanteet etenivät joustavasti, ilman että haastattelurunkoa olisi noudatettu orjallisesti.

Erillinen kommenttipyyntö osoitettiin lisäksi sähköpostitse asunto-, energia- ja ympäristöministeri Kimmo Tiiikaiselle (KESK). Vaikka varsinaista haastattelua ei ollut tässä yhteydessä mahdollista toteuttaa, katsottiin energia- ja ympäristöasioista vastaavan ministerin näkemyksen tuottavan lisäarvoa.

Ruusuvuoren mukaan litteroinnin tarkkuus määritetään tutkimusongelman ja metodisen lähestymistavan mukaan. Jos kiinnostus kohdistuu haastattelussa esiin tulleisiin asiasisältöihin, ei kovin yksityiskohtainen litterointi ole tarpeen. (Ruusuvuori 2010, 424-425). Tutkimuksen haastattelut olivat asiantuntijahaastatteluja, joissa pitäydyttiin tarkoin tutkimusongelmassa. Haastattelut tallennettiin äänitallenteina ja ne litteroitiin ydinkysymysten ja haastateltavien vastausten osalta ilman erillisiä litterointimerkintöjä. Litterointeja ei lisätty opinnäytetyön liitteiksi.

#### 4.4 Tulkinta ja analyysi

Asiantuntijahaastatteluissa olennaista on aineiston käytön tavoite, mikä voi tuoda tutkimukseen analyttisiä haasteita. Marja Alastalo ja Maria Åkerman kyseenalaistavat aineistonkeruun ja analyysin toisiaan seuraavana jatkumona asiantuntijahaastatteluissa. Koska asiantuntijahaastatteluja käytetään faktuaalisen kuvauksen rakentamiseen, haastatteluaineiston keruu ja analyysi usein lomittuvat. Analyysi alkaa merkittävältä osin jo ennen haastattelua ja jatkuu haastattelutilanteessa. Tutkimuksen muu aineisto määrittää haastattelutilannetta ja on samalla yhteisen arvioinnin kohteena. (Alastalo & Åkerman 2010, 378.) Aineistonkeruun ja analyysin lomittumista Alastalo ja Åkerman kuvaavat jatkuvana, eri lähteiden kriittisenä ristiinluentana. Analyysiprosessi alkaa taustatyötä tehdessä ja jatkuu haastattelun kuluessa. Haastattelussa faktoja tuotetaan yhdessä, haastattelijan ja haastateltavan välisessä vuoropuhelussa. Faktojen yhteiseen tuottamiseen kuuluu myös haastateltavan oman tulkinnan testaaminen haastateltavalla. (Mts. 390.)

Myös opinnäytetyössä analyysi toteutui edellä kuvatulla tavalla. Analyysissä ja tulkinassa painottuivat haastattelumateriaalin ja muun aineiston keskinäinen vuoropuhelu, näkemysten ja tulkintojen (myös haastattelijan) vertailu ja yhteensovittaminen, pyrkimys kokonaiskuvan rakentamiseen ja tulevaisuuden suuntausten hahmottamiseen. Myös haastatteluaineiston koodaaminen tapahtui biotalouden näkökulmien neliapilaan tukeutuen. Asiantuntijoiden lausunnot olivat lopulta varsin luontevasti luokiteltavissa jonkun näkökulmista alle, vaikka eri näkökulmien rajausta ei täysin selväpiirteistä olekaan, ja monet keskusteluaiheet liikkuivat eri näkökulmien rajapinnassa. Aineiston käsittelyä helpotti asiantuntijahaastattelujen tiukasti teemaan keskittyvä luonne.

## **5 Biopohjaiset polttoaineet ovat tulevaisuutta myös sotilasilmailussa**

Vaikka tutkimus ei riittänyt kattamaan kuin osan aihekokonaisuuteen vaikuttavista tekijöistä, näkökulmien neliapilaa hyödyntämällä oli mahdollista varmistaa, ettei tutkimuskohdetta tarkasteltu yksittäisten toimijoiden intressien pohjalta. Karkeana ja suuntaa-antavana työkaluna tarkastelutapa voisi soveltua lukuisten kehityssuuntauksien arvioimiseen ja ainakin alustavien näkemysten luomiseen.

Biopolttoaineiden käyttöönoton mahdollisuuksista Suomen ilmavoimissa sen avulla rakentui käsitys, jonka mukaan teknologiaan liittyvät merkittävimmät esteet on yleisellä tasolla ratkaistu, vaikka puolustushallinnossa kaivataan edelleen vahvempia näyttöjä soveltuvuudesta ja toimivuudesta. Käyttöönoton edistäminen suomalaisen sotilasilmailun osalta vaatisi suurempaa motivaatiota, tarkasti kohdistettua lisärahoitusta kattamaan kasvavat suorat ja välilliset polttoainekustannukset sekä yhteiskunnallisen (poliittisen) paineen luomista asian eteenpäin viemiseksi.

## 5.1 Biolentopolttoaineet ovat kasvavan kiinnostuksen kohteena

Kiinnostusta ekologisempien lentopolttoaineiden käytölle myös sotilasilmailussa on joka tapauksessa olemassa. Oman sitoumuksensa mukaisesti puolustusvoimat ilmoittaa seuraavansa bioenergia-asioiden kehitystä tarkasti (Kohti vastuullisempaa ja kestävämpää puolustusta 2014, 15.), joskin havaittavissa on, että biolentopolttoaineet eivät ole tuon tarkkailun keskiössä.

Kiinnostusta ja yleistä tietoutta biopolttoaineista ilmailualalla ovat lisännyt myös lentoyhtiöiden ja ilmailuteollisuuden viestinnälliset toimenpiteet. Vaikuttavuutta on lisännyt se, että eri tahot ovat kyennyt toimimaan yhteistyössä huolimatta siitä, että kyseessä on erittäin kilpailtu ala. Viestinnällisten ponnistelujen taustavaikuttimena on sekä kuluttajaviestintä että vaikuttajaviestintä. Matkustajille ja rahtiliikenneasiakkaille on kyettävä perustelemaan biolentopolttoaineiden käyttöönoton hintavaikutusta ja vaikuttajaviestinnällä puolestaan kyettävä luomaan kannustavampi toimintaympäristö biolentopolttoaineiden tutkimuksen, kehittämisen ja innovoinnin sekä investointihalukkuuden kannalta.

Myös ilmailualan asiakkaat ovat entistä kiinnostuneempia ympäristöasioista ja kestävän kehityksen teemoista. Muun muassa Finnairin vuosikertomuksessa todetaan, että vastuullisuuden merkityksen kasvaminen on edelleen voimistuva trendi ilmailualalla. Kuluttajat, poliittiset päättäjät ja muut sidosryhmät vaativat aktiivisesti vastuullisempaa ja läpinäkyvämpää toimintaa. Sääntely ja raportointivaatimukset kasvavat, ja yritysten edellytetään valvovan toimitusketjunsä eettisyyttä tarkemmin. Kuluttajat seuraavat yritysten vastuullisuutta ja antavat siitä myös palautetta. Lentotoimialan päästö- ja meluvaatimukset tiukentuvat ja lisäävät kustannuksia esimerkiksi erilaisten veroluonteiset maksut muodossa. (Finnair vuosikertomus 2016, 10.)

Tämänkaltainen kehitystrendi heijastunee myös puolustusvoimien toimintaan kohdistuviin vaatimuksiin. Esimerkiksi Nesteen Kröger huomauttaa, että yhtiön omien tutkimusten ja kyselyjen mukaan siviili-ilmailupuolella bisnes- ja vapaa-ajan

matkustajat ovat enenevässä määrin kiinnostuneita ilmastoasioista: ”...ovat aika huolestuneita, ja alkavat pikkuhiljaa vaatia sitä, että lentoyhtiöiden pitää tehdä jotakin. En tiedä miten sotilasilmailussa ja maanpuolustuksessa, onko minkälainen merkitys imagoasioilla, kun se ei ole käännettävissä suoraan bisneshyödyksi, mutta myös tällaiset mielipideilmastoasiat ja suuren yleisön odotukset vaikuttavat. Kyseessä on megatrendi, joka jollakin aikavälillä muuttaa tätä ajattelua...” (Kröger 2017)

## 5.2 Kehitys tulee lepäämään kaupallisten toimijoiden harteilla

Tutkimusaineistokokonaisuuden perusteella on selvää, että biolentopolttoaineiden kehitys ja käyttöönoton edistäminen tulee tapahtumaan jatkossakin pääosin kaupallisten toimijoiden vetämänä. Maailmanlaajuisessa tarkastelussa poikkeuksena on Yhdysvaltain sotilaslentotoiminta, jonka intressit ja volyyymi riittävät edelläkävijän aseman ottamiseen, ja jonka kiinnostus biolentopolttoaineita kohtaan on toiminut ajurina biolentopolttoaineiden teknologian kehitykselle. Suomessa ilmavoimat seuraa välimatkan päästä yleisiä trendejä sekä kansallista kehitystä, joka vaikuttaa olevan pitkälti sidottu Helsinki-Vantaan lentoaseman Green Hub –suunnitelmiin sekä Neste Oilin uusiutuviin tuotteisiin.

Opinnäytetyön johdannossa mainitut ja toteutumatta jääneet yhteistyösuunnitelmat Neste Oilin ja Suomen ilmavoimien välillä vuonna 2012 koskivat uusiutuvan lentopolttoaineen testikäyttöä sotilaslentokoneessa: Puolustushallinnon Puranen kertoo, ettei hanke edistynyt pitkälle: ”Meillähän oli käynnistymässä hanke, jossa oli Ilmavoimat, Neste ja kolmas osapuoli. Tarkoitus oli testata HAWKIn moottorilla biopolttoainetta, nimenoman Nesteen biokerosiiniä, mutta se kaatui siihen, että rahoitusta ei saatu.” (Puranen 2017)

Vaikka biotalousstrategian valossa mainitun kaltaista hanketta haluttaisiin viritellä uudelleen, on aika jo ajanut kuvatun yhteistyömuodon ohi. On huomattava, että vaikka laajamittainen biolentopolttoaineiden käyttöönotto ei tule tapahtumaan kovin lyhyellä aikavälillä, merkittävää kehitystä on jo tapahtunut. Edellytykset olla mukana

kehityksen etujoukoissa, ovat sen myötä rajallisemmat. Esimerkiksi Suomen ilmavoimien mahdollisuudet yhteistyöhön Neste Oilin kanssa ovat siltä osin kaventuneet, että tietyt teknologian kehitykseen liittyvät vaiheet on jo ohitettu. Neste Oilin Kröger arvioi yhteistyön mahdollisuuksia seuraavasti: ”Enemminkin kuin joidenkin yksittäisten testiprojektien tai lyhytkestoisten ja pienien projektien sijaan meitä kiinnostaa jatkuvuus ja peilaaminen kaupallisiin volyymeihin. Jos vastapuolella olisi tällaisia saman tyyppisiä intressejä, niin totta kai se meitä kiinnostaa, mutta teknisen soveltuvuuden testaaminen on meidän näkökulmasta, että niitä ei enää tarvita.” (Kröger 2017) Puolustushallinnossa mahdollista uudentyyppistä yhteistyötä tulevaisuudessa ei tyrmätä, mutta todetaan sen olevan riippuvainen rahoituksesta (Puranen 2017).

Ilmavoimat luonnehtii olevansa viimeisintä teknologiaa käyttävä moderni ja dynaaminen puolustushaara, mutta siihen nähden ilmailuun liittyviä uusia energiaratkaisuja kohtaan mielenkiinto on ollut maltillista. Huoltovarmuuskeskuksen asiantuntija Kiven mukaan se, että kehitys tapahtuu kaupallisten toimijoiden vetämänä, ei ole sinänsä ongelma: ”Mutta näkisin järkevänä, ette kehitys menisi mieluummin samaa tahtia, koska se polttoaine on kuitenkin samaa mitä käytetään matkustajakoneissa kuin ilmavoimien koneissa.” (Kivi 2017)

### 5.3 Tulevaisuusskenaarioissa oli vaihtelua

Haastattelujen perusteella eri tahoilla on havaittavia eroja sen suhteen, millä aikataululla ja missä muodossa biolentopolttoaineiden käyttöönotto laajassa mittakaavassa tulisi tapahtumaan. Voitaneen kuitenkin todeta, että teknologia ei ole enää merkittävin hidaste, kuten puolustushallinnon Puranenkin toteaa: ”Biopolttoaineiden käyttöönotto on henkilöresurssi- ja kustannuskysymys. Toiminnan jatkuvuuden tai huoltovarmuuden näkökulmasta biopolttoaineiden käytöllä ei ole merkitystä ainakaan lähimmän parinkymmenen vuoden aikana.” (Puranen 2017)

Huomattavasti nopeampaan käyttöönottoon uskoo huoltovarmuuskeskuksen asiantuntija Kivi: ”Etenkin tällaiset ratkaisut, joissa se biopohjainen tuote on kemiallisesti samaa kuin mitä raakaöljystä valmistettu ilmailupolttoaine, tulevat saamaan niitä hyväksyntiä. En itse ainakaan usko, että se olisi vuosikymmenten päässä vaan vuosien päässä, milloin ne otetaan laajemmin käyttöön... ..siltoin kun se on kemiallisesti samaa kuin raakaöljystä valmistettu, niin se ei voi olla tekemätön paikka myöskään Hornetien ja vastaavien kaluston käytössä.” (Kivi 2017)

Suuntaa-antavaa ennustetta biolentopolttoaineiden tulevaisuudesta saa myös kaupallisten toimijoiden tavoitteen asettelun kautta: ”Tavoitteena on, että 2020 mennessä 20 prosenttia meidän uusiutuvien tuotteiden myynnistä tulisi uusista sovelluksista, joista erityisesti on mainittu uusiutuva lentopolttoaine ja sitten uusiutuvat muovit. Ja kun tähän liitetään meidän arvio siitä, että noin 10 vuoden päästä pelkästään Euroopassa ja Amerikassa kysyntä uusiutuville lentopolttoaineille olisi 10 miljoonaa tonnia vuodessa, niin verrattuna tähän nykyiseen tilanteeseen, kyllähän me odotamme, että tämä markkina alkaisi tässä lähivuosien aikana kehittyä sellaiseen suuntaan, että päästäisiin jatkuviin tuotantovolyymeihin ja merkittävästi kasvattamaan tätä tuotantoa mikä meillä nyt on.” (Kröger 2017)

#### 5.4 Saavutettavaan ympäristöhyötyyn liittyy epävarmuustekijöitä

Yhtenä yksityiskohtana tutkimuksessa tuli esille biolentopolttoaineilla saavutettavan ympäristöhyödyn kyseenalaisuus, jonka puolustushallinnon asiantuntija Puranen toi esille: ”Tällä hetkellä ei ole täyttä ymmärrystä siitä, onko ilmailun päästöjen vaikutus suurempi sen takia, että ne tapahtuvat korkealla. Suomen ilmavoimien osuus globaaleista päästöistä on pieni ja Ilmavoimien toiminta tapahtuu suurelta osin alakorkeuksissa.” (Puranen 2017) Päästöprofiilien valossa ilmavoimien lentotoiminnasta aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ovatkin kaukana kansallisesta kärjestä. Sitran asiantuntija Janne Peljo kuitenkin muistuttaa, että yksikään sektori ei voi olla suojassa ympäröivän yhteiskunnan muutokselta: ”Tulevaisuudessa päästötavoitteisiin suhtaudutaan vieläkin kunnianhimoisemmin, jolloin sitä

tavoitekokonaisuutta ei voida saavuttaa, jos läpileikkaavasti eri sektoreilla ei pystytä kehittämään ratkaisuja. Kunkin sektorin tulee tarkastella sitä, miten niitä päästöjä voidaan vähentää riippumatta siitä, että mikä se kokonaispäästökontribuutio. (Peljo 2017)

Biolentopolttoaineisin ja ympäristövaikutuksiin liittyvässä keskustelussa on myös jumiuduttu tiettyihin tuotteisiin ja raaka-aineisiin liittyviin käsityksiin. Tästä näkökulmasta tuotteiden, raaka-aineiden ja teknologioiden eroista tulisi olla mahdollisimman ajantasaista tietoa. Yleiskäsite biolentopolttoaine voi olla harhaanjohtava, sillä se ei kerro tuotteiden todellisista ympäristövaikutuksista vaan pikemminkin pyrkimyksistä, ja luo ennen kaikkea tietyn tyyppistä ekologisempaa mielikuvaa. Ympäristövaikutuksista tulisi tarkastella tuotekohtaisesti, käyttötapa, elinkaari ja raaka-ainepohja huomioon ottaen. Mitään yksiselitteistä yleistä ympäristöhyödyn arvoa on vaikea todentaa. Tästä näkökulmasta on ymmärrettävää, että saavutettavaan ympäristöhyötyyn suhtaudutaan osin myös epäillen.

Nesteen Kröger mainitsee esimerkkinä ongelmat, jotka liittyvät palmuöljyn käyttöön raaka-aineena sekä käytetyn palmuöljyn sertifiointiin ja jäljitettävyyteen: ”...palmuöljykriittisyys ja sen ikävä imago tulee siitä, että alalla on toimijoita, joiden toimintatavat eivät ole ollenkaan riittävällä tasolla... .. Neste on onnistunut parantamaan koko teollisuutta sillä tavalla, että me olemme tuoneet alalle sellaisia toimintatapoja, joita muutkin ovat olleet pakotettuja ottamaan käyttöön. Esimerkiksi juuri tätä jäljitettävyyttä ja sertifiointia. Mutta ehdottomasti siellä on vielä niitä haasteita, kun se liikennekäyttö on niin pieni mihin se menee, haasteellista valvoa ja laittaa sellaista standardeja jotka olisivat maailman laajuisia ja joita kaikki sitten myös noudattaisivat.” (Kröger 2017)

## 5.5 Haasteissa korostui taloudellinen ja teknologinen näkökulma

Edistystä biolentopolttoaineiden käyttöönotossa hidastavat kriittiset tekijät ovat hinta ja kehityksen edetessä yhä vähenevässä määrin teknologia. Yhteiskunnallinen näkökulma puolestaan keskittyy pääsääntöisesti siihen, millä keinoin uusiutuvan



energian käyttöä voitaisiin kannustaa. Kannustavan toimintaympäristön merkitys nousi esille muun muassa Nesteen Krögerin kommentoimissa uusiutuvien tuotteiden markkinoita: ”Eurooppa ja Amerikka on meidän päämarkkina-alueita ja syy siihen on, että näillä alueilla on regulaatio, joka kannustaa uusiutuvien käyttöön ja sillä on todella tärkeä rooli, se luo ne edellytykset, että yhtiöt voivat investoida ja kehittää tällaisia tuotteita ja tuoda niitä markkinoille... (Kröger 2017)

Paitsi käytön edistämiseen, yhteiskunnallinen näkökulma liittyy erottamattomasti myös kehityksen vauhtiin, kuten Huoltovarmuuskeskuksen Kiven arvio osoittaa: ”Lentopuolella on selvästikin paljon enemmän hidasteita ja viiveitä, vaikka omasta mielestäni sille ei teknisiä esteitä ole. Ilmailupolttoaineessa on paljon enemmän sääntelyä ja standardeja... Ilmeisesti se varovaisuus, mikä ilmailupolttoaineessa on, niin vaikuttaa.” (Kivi 2017) Sääntely, standardit ja regulaatio ovat yhteiskunnan asettamia reunaehtoja, joilla pyritään muun muassa varmistamaan tuotteiden turvallisuutta ja luotettavuutta. Samalla ne vaikuttavat merkittävästi esimerkiksi siihen, kuinka nopeasti uusia tuotteita saadaan kaupalliseen käyttöön ja minkälainen kilpailutilanne alalle syntyy.

Turvallisuuden ja luotettavuuden varmistamista ei painoteta syyttä. Teknologiaan liittyen puolustushallinnon Puranen toi esille myös biolentopolttoaineiden turvallisuuteen liittyviä huolenaiheita: ”Yhdysvaltain ilmavoimat (USAF) on havainnut biokerosiinissa bakteeri- ja sienikasvustoja (Puranen 2017).” Tällä Puranen viittasi mikrobikontaminaatioon, johon etenkin Yhdysvaltain ilmavoimissa on konekaluston ikääntymisen myötä kiinnitetty lisääntyvässä määrin huomiota. Ilmiö sinänsä on tunnettu jo pitkään. Aikaisemmin Yhdysvaltain ilmavoimissa on oltu huolestuneita enimmäkseen ympäristötekijöiden, kuten lämpötilan, kosteuden ja suolaveden aiheuttamasta vahingosta. Nykyään ymmärretään, että orgaaniset epäpuhtaudet, kuten homeet, sienet ja bakteerit ovatkin luultua vakavampi ongelma. Lisääntyneen biolentopolttoaineiden käytön, arvellaan olevan merkittävä syy mikrobikontaminaatiolle, mutta se ei ole niistä ainoa. Mikrobin lähteitä siirtyy ilma- aluksiin myös muun muassa ihmisen kosketuksen kautta esimerkiksi huollon yhteydessä tai ilmassa olevan kosteuden välityksellä. Vaikka julkisista tai

maksuttomista lähteistä varsinaista tutkimustietoa aiheeseen liittyen ei ollut saatavilla, ongelmaa on avattu lukuisissa artikkeleissa, joissa on haastateltu sotilasorganisaation edustajia, kuten Air Force Research Laboratoryn johtavia asiantuntijoita. Yhdysvaltain ilmavoimissa lentopolttoaineen mikrobikontaminaatiota pidetään merkittävänä turvallisuusriskinä. (Jordan 2016; Tegler 2016; Tracy 2016.) Mikrobikontaminaatio aiheuttaa muun muassa metallipintojen korroosiota ja voi aiheuttaa merkittäviä taloudellisia menetyksiä sekä haasteita varastoinnille ja logistiikalle. (Saastamoinen 2011, 1).

Kaiken kaikkiaan aineiston perusteella oli nähtävissä viitteitä siitä, että biolentopolttoaineiden tuomat mahdollisuudet, lukuun ottamatta öljy-yhtiön tulevaisuuden visioita ja strategisia ratkaisuja, jäävät niihin liittyvien haasteiden varjoon. Sitran asiantuntija Peljo kuvaa tilannetta niin, että Suomessa katsotaan ensin mitkä päästövähennyskeinot ovat taloudellisesti järkevimät, minkä jälkeen toimenpiteet aloitetaan halvimmasta päästä: ”Toinen ja harmillisesti Suomessa vielä liian vähälle jäänyt näkökulma on se, että mitkä ovat yhteiskunnan ja talouden kannalta sellaisia sektoreita, joissa me voimme päästöjä vähentämällä kehittää globaaleja vientimahdollisuuksia ja saada kilpailuetua.”

Peljo näkee, että sotilasilmailulla voisi olla edellytyksiä juuri jälkimmäisessä kategoriassa, jossa kotimarkkinoita luomalla, voitaisiin saada kilpailuetua globaaleja markkinoita ajatellen: ”Ilmavoimiin liittyvät voimakkaasti sellaiset assosiaatiot kuin suorituskyky ja luotettavuus. Kun uusia tuotteita pyritään saamaan markkinoille, kustannusten jälkeen seuraavina asioina tulevat juuri suorituskyky ja luotettavuus. Eli onhan tässä sellainen brändäys- ja vientipotentiaalin rakentumismahdollisuus. Jos suomalainen yhtiö lähtisi pilotoimaan puolustusvoimien kanssa biolentopolttoaineiden hyödyntämistä, niin kyllähän se olisi aikamoinen valttikortti esittää, kun lähdetään keskustelemaan asiasta kaupallisten lentoyhtiöiden kanssa.” (Peljo 2017)

### 5.5.1 Hintakuilu kapenee hitaasti

Useissa ilmailualan toimijoiden visioissa uskotaan biolentopolttoaineiden ja fossiilisten polttoaineen välisen hintakuilun kääntyvän lopulta kestävämmän vaihtoehdon eduksi. Tämän arvioidaan kuitenkin tapahtuvan niin pitkällä aikavälillä, ettei se ole vielä merkityksellistä. Neste Oilin Virpi Kröger muistuttaa, että uusiutuvan lentopolttoaineen hinta perustuu raaka-aineeseen: ”Tällä hetkellä uusiutuvat raaka-aineet, olivat ne sitten mitä tahansa, ovat kuitenkin raakaöljyä kalliimpia... .. on mahdotonta spekuloida mihin suuntaan nämä hinnat liikkuvat, mutta jollakin tavalla nämä uusiutuvat raaka-aineet kuitenkin seurailevat jo sitä raakaöljyn trendiä.” (Kröger 2017)

Puolustushallinnon Lauri Puranen totesi haastattelussaan yksiselitteisesti, että suurin este biolentopolttoaineiden käyttöönotolle ilmavoimissa on hinta: ”Biokerosiinin hinnan arvioidaan pysyvän lähivuosina vähintään kaksinkertaisena öljyperäiseen kerosiiniin verrattuna. Polttoaineen hinnan tulee olla sellainen, että sen käyttö olisi valtion budjettitaloudessa toimivalle organisaatiolle mahdollinen.” (Puranen 2017)

”Jossain kauemmassa tulevaisuudessahan kaikkea saattaa tapahtua ja sitten joskus, kun tulee jotain muita ihan vaihtoehtoisia energiamuotoja, niin sitten voi olla tilanne toinen. Mutta minun näkemykseni mukaan siinä tulee olemaan hintaero siinä joka tapauksessa uusiutuvien ja fossiilisten välillä.” (Kivi 2017)

### 5.5.2 Uudet raaka-aineet, entisen kaltainen tuote

Asiantuntijahaastattelujen perusteella muut kuin kerosiinin kaltaiset, ns. drop-in- eli sekoitettavat tuotteet eivät tule kysymykseen. ”Mahdollisen biopolttoaineen on oltava spesifikaatioltaan kerosiinin kaltaista, jotta sen hyväksyminen tarkasteltavalle lentomoottorille olisi meidän resursseillamme mahdollista.” (Puranen 2017)

Biolentopolttoaineiden kehityksen merkittävinä ajureina on ekologisuuden lisäksi pidetty energiaomavaraisuusasteen paranemista ja öljyriippuvuuden vähentymistä. Suomen mittakaavassa nämä ajurit ovat kuitenkin rajallisia, kuten huoltovarmuuskeskuksen Kivi osoittaa: ” Olemme kuitenkin raakaöljyriippuvaisia täysin tuolta lähinaapurimaista, jos nyt sanotaan ilmansuuntaan katsomatta, niin kyllä tämä antaa mahdollisuuksia polttoaineen tuotantoon, omassa maassa, puhutaan siis uusiutuvien polttoaineiden valmistamisesta Suomessa... .. Mutta onhan siinä huomioitava myös se, että raaka-aineet niihin eivät ole kovinkaan suurelta osin kotimaisia... ..Jos iso osa näiden uusiutuvien tuottamiseen tulee ulkomailta, jätekin, niin se ei siinä mielessä tuo paljon lisää huoltovarmuutta maahan. ” (Kivi 2017)

Huoltovarmuusnäkökulmastakin ehdoton edellytys tuotteille on niiden vastaavuus nyt käytössä olevien tuotteiden kanssa, toteaa Kivi: ”Sillä edellytyksellä, että ne ovat hiilivetyypohjaisia ne tuotteet, ei se sitä (omavaraisuutta) ainakaan huononna... ..Kaikki portaat mitä siihen suuntaan mennään ovat parannusta, vaikka ne olisivat pieniäkin askelia. Jos meillä maassa omaa tuotantoa ja valmistusta, niin se on aina parannusta.” (Kivi 2017)

Myös Sitran asiantuntijan näkemys on, että biolentopolttoaineiden käyttöönotolla ja tuotannon vahvistamisella kotimaassa sen avulla on positiivinen vaikutus huoltovarmuuteen: ” On se ainakin hyödyllinen resurssi. Siinä tilanteessa, että tulee vaikka jotakin katkoksia globaaleihin toimitusketjuihin fossiilisten polttoaineiden osalta, niin se, että täällä on omaa kapasiteettia ja raaka-ainetta, niin sellainen turvallisuuspuolella ainakin kasvattaa yhteiskunnallista resilienssiä.” (Peljo 2017)

Kaupallisen toimijan arvio yhtiön omasta tuotannosta suhteessa huoltovarmuusnäkökulmaan on maltillinen, lähinnä toistaiseksi pienten tuotantomäärien vuoksi. Nesteen asiantuntija kuvailee tilannetta kiinnostavaksi: ”Se on sikäli mielenkiintoista, että ei varmasti monella valtiolla ole sellaista tilannetta, että on sekä kapasiteettia että joitakin raaka-aineita uusiutuvien polttoaineiden suhteen.” (Kröger 2017)

## 5.6 Poliittista painetta vailla

Asiantuntijahaastattelujen lisäksi aineiston kattavuutta pyrittiin lisäämään pyytämällä kommenttia ympäristö- ja energia-asioista vastaavalta ministeriltä. Ministeri Kimmo Tiilikaisen (KESK) aikataulut huomioon ottaen, ei varsinaisen haastattelun pyytäminen ollut tässä yhteydessä realistista. Kuten odotettavissa olikin, saatua kommenttia voi luonnehtia poliittisesti korrektiksi, perussävyltään myönteiseksi ja kannustavaksi ympäristöystävällisempiä energiamuotoja ja puolustushallinnon kestävä kehityksen toimenpiteitä kohtaan. Kuviossa 14. esitetty erityisesti ilmavoimia koskeva katkelma

---

*Tärkeää on, että myös puolustusvoimat kokonaisuudessaan, mukaan lukien ilmavoimat, olisivat mukana ilmastotalkoissa niiden käytettävissä olevin keinoin, Suomen puolustusvalmiutta heikentämättä.*

---

Kuvio 14. Ote asunto-, energia- ja ympäristöministerin lausunnosta. (Savolainen 2017)

Tutkimusnäkökulmasta kommentin merkitys lienee lähinnä se, että sen pyytäminen itsessään loi tilanteen, jossa biolentopolttoaineiden ja Suomen ilmavoimien suhdetta pohdittiin ministeritasolla, vaikka se olisi tapahtunut vain kommentin laatimiseksi ja avustajavetoisesti. Yhtä kaikki, kyseessä on ympäristö- ja energiaministerin antama kommentti, joka sellaisenaan oli merkittävä lisä, kun pohdittiin tutkimuskysymyksiä yhteiskunnallisesta ja ympäristönäkökulmasta. Kommentissa päästövähennyksiin viitataan ilmailualalla varsin yleisellä tasolla, mutta esille tuodaan ilmastohyötyjen lisäksi myös huoltovarmuus, jota uusiutuvan lentopolttoaineen kotimaiset raaka-aineet ja tuotanto vahvistaisivat. (Savolainen 2017)

## 6 Sotilasilmailu vihertyy turvallisuuden ja talouden ehdoilla

Erilaisia uusiutuvaan energiaan perustuvia tutkittuja ja testattuja sekä kaupallisen toiminnan kriteerit täyttäviä polttoainevaihtoehtoja on tänä päivänä tarjolla niin kaupallisen kuin sotilasilmailunkin erityistarpeisiin. Tällä hetkellä suurin yksittäinen haaste, joka vaikeuttaa ilmailualan siirtymistä laajamittaisempaan biolentopolttoaineiden käyttöön on huomattava hintakuilu perinteisten fossiilisten polttoaineiden ja biopolttoaineiden välillä. Kysyntää rajoittava hinta hillitsee myös tarvittavia investointeja, jotka ovat keskeisessä asemassa tuotannon lisäämiseksi. Alalla koetaan, että kannustimet ja poliittinen tuki ovat mahdollisia keinoja helpottaa kestävä kehityksen mukaista kaupallisen mittakaavan biolentopolttoaineiden käyttöönottoa. (On Board Sustainable Future 2016, 153.)

### 6.1 Johtopäätökset suositusten muodossa

Tutkimuksesta tehdyt johtopäätökset jatkojalostuivat työn edetessä. Koska opinnäytetyötä ei toteutettu varsinaisena kehittämistoimeksiantona, jäi työelämää kehittävä osuus vaillinaiseksi. Työelämäyhteyden vahvistamiseksi tutkimuksen johtopäätökset päädyttiin esittämään vielä suositusmuotoisina, mikä edistäisi työn hyödynnettävyyttä. Viisi suositusta käydään läpi lyhyesti seuraavissa alaluvuissa.

#### 6.1.1 Sotilasilmailu tulisi liittää ilmailun ja biolentopolttoaiden tarkasteluun

Lukuisissa vaihtoehtoisia lentopolttoaineita koskevissa tutkimuksissa ja raporteissa sotilasilmailu kyllä mainitaan, mutta lähinnä sivuluseissa. Yleisemmin opinnäytetyössä käytetyssä aineistoissa korostui se, että vaihtoehtoiisiin lentopolttoaineisiin perehtyneet tutkimukset, raportit tai julkaisut eivät pääsääntöisesti koske lainkaan sotilasilmailua, ja että sotilasilmailu on tarkoituksellisesti rajattu aiheen käsittelyn ulkopuolelle. Kuitenkaan mitään erityistä syytä tai perustelua rajaukselle ei esitetä.

Toisaalta vastaavaa raportointia tai tutkimusta ei ole saatavilla puolustushallinnon tuottamanakaan, ainakaan julkisista lähteistä. Tätä taustaa vasten tilannetta voi

kärjistäen tulkita siten, että puolustushallinto paitsi jätetään, se myös jättäytyy aktiivisen toimijan roolista. Kasvava yleinen kiinnostus biolentopolttoaineita kohtaan ei sekään ole toistaiseksi ole synnyttänyt laajempaa julkista keskustelua siitä, tulisiko myös ilmapuolustuksen osalta toteuttaa maamme biotalousstrategian mukaisia tavoitteita entistä konkreettisemmin ja aktiivisemmin.

*Suosituksena päädyttiin esittämään, että sotilasilmailu liitettäisiin osaksi biolentopolttoaineiden kansallista kokonaistarkastelua. Vaihtoehtoisesti olisi suositeltavaa, että asiaa tarkasteltaisiin puolustusvoimien sisäisesti, kuitenkin mahdollisimman laajaan avoimuuteen pyrkien ja edes osin julkisestikin esitettävällä raportoinnilla ja dokumenteilla.*

#### 6.1.2 Energiaratkaisuihin vaikuttaminen vaatii vuoropuhelua

Asiantuntijahaastattelujen perusteella tutkimuksessa saatiin viitteitä siitä, että tiiviimmälle vuoropuhelulle eri toimijoiden välillä on tarvetta. Vuoropuhelua tulisi käydä avoimesti ja aktiivisesti eri foorumeilla, mikä muuttaisi puolustusvoimien/ilmavoimien roolin aktiiviseksi toimijaksi ja toisi siten myös enemmän vaikuttamisen mahdollisuuksia siihen, milloin, miten ja missä määrin biolentopolttoaineet otettaisiin osaksi myös Suomen ilmavoimien lentotoimintaa.

Dialogiin osallistuminen edistäisi myös sitä, että puolustushallinnossa olisi aina tuore käsitys biolentopolttoaineiden kehityksestä, teknologiasta ja käyttöönottoon vaikuttavista tekijöistä. Esimerkiksi puolustusvoimien ympäristöasiantuntijat ovat epäilemättä hyvinkin perillä biolentopolttoaineisiin liittyvästä kokonaistilanteesta, mutta välittykö tieto tehokkaasti eteenpäin tai priorisoidaanko sitä organisaatiossa riittävän korkealle, jää epäselväksi. Koska dokumentaatio ja dialogi ovat niukkaa, voidaan sen kärjistäen tulkita kertovan kiinnostuksenasteesta.

*Suosituksena esitetäänkin aktiivisempaa tiedonhankintaa, avoimempaa vuoropuhelua sekä tiiviimpää yhteydenpitoa teema-alueen eri sidosryhmiin.*

### 6.1.3 Yhteistyön mahdollisuudet olisi selvitettävä

Tutkimuksen aineistoon sisältyvien, harvalukuisten sotilasilmailua koskevien näkemysten joukosta nousi esiin Pohjoismaiden neuvoston raportti Sustainable Jet Fuel for Aviation, jossa todetaan, että kestävä kehityksen mukaisesti tuotetuille lentopolttoaineille voitaisiin tukitoimin luoda pienet mutta vakaammat tulevaisuuden markkinat. Tulevaisuuden kysyntää vaihtoehtoisille lentopolttoaineille voitaisiin luoda erilaisten sekoitussuhdevaatimusten lisäksi sillä, että tuotteet otettaisiin osaksi puolustusvoimien hankintaprosessia (Wormslev ym. 2016, 226). Raportissa ei oteta kantaa tarkempaan yksityiskohtiin, mutta perusajatuksena olisi luoda eräänlainen perusmarkkina, jonka turvin liiketoimintaa ja tuotantoa olisi taloudellisesti turvatumpaa viedä eteenpäin, eikä yritystoimintaan kohdistuva riski kasvaisi kohtuuttomaksi. Samoilla linjoilla oli Sitran asiantuntija, joka näki Ilmavoimien ja kotimaisen biolento-polttoaineen tuottajan välisellä yhteistyöllä potentiaalia viennin edistämässä ja kotimarkkinoiden luomisessa mahdollisuuden kilpailuedun luomiseen. (Peljo 2017)

*Suosituksena esitetään, että tällaiset yhteistyömahdollisuudet, niiden edellytykset ja muodot selvitettäisiin.*

### 6.1.4 Holistisempi tarkastelutapa ylittää hallinnonalojen rajat

Ilmastonmuutos tai biotalouden edistäminen ei tunnista hallinnonalojen välisiä rajoja. Olisikin tärkeää, että paitsi eri hallinnonalojen myös eri sidosryhmien välinen asiantuntemus olisi käytettävissä ja sitä myös käytettäisiin aktiivisemmin yli rakenteellisten rajojen. Esimerkiksi asunto-, ympäristö- ja energiaministeriltä saadun kommentin perusviestiä kenties merkityksellisempiä ovatkin siinä käytetyt sanamuodot ja se, mikä jää sanomatta.

Kommentissa ministerin kanta ilmaistaan toiveena ja asian tärkeyden toteamisena. Toisaalta sen voidaan tulkita olevan sävyiltään riittävän etäinen, ettei sitä voida kokea puuttumisena puolustushallinnon alaiseksi katsottavaan asiakokonaisuuteen.



*Suosituksena esitetään, että eri puolustushallinnosta tukeuduttaisiin voimakkaammin myös oman organisaation asiantuntemuksen ulkopuolelle ja pyydetäisiin asiaan näkemyksiä ja kannanottoja muiltakin hallinnonaloilta. Tämä voitaisiin nähdä niin ikään aktiivisemman toimijan roolin ottamisena, sen sijaan että puolustushallinnossa tyydyttäisiin tarkkailemaan teema-alueen kehitystä ja odottamaan muiden kokemuksia.*

#### 6.1.5 Päästövähennyskeinoissa tehokkuus korostuu

Tutkimuksen edetessä useissa yhteyksissä kävi ilmi, kuinka marginaalista osaa Suomen ilmavoimien lentotoiminnan ympäristövaikutukset edustavat maamme koko-naishiilidioksidipäästöjä tarkasteltaessa. Suhteellista osuutta käytettiin osin perusteluna sille, että biolentopolttoaineita ei ole otettu vakavampaan tarkasteluun. Perustelu onkin johdonmukainen. Kun tärkeimmäksi kriteeriksi asetetaan eri päästövähennyskeinojen vaikuttavuus, ei biolentopolttoaineiden käyttöönotossa Suomen sotilasilmailun kontekstissa sitä juurikaan ole.

Olisi kuitenkin tärkeää, että päästömäärän arvioinnin ja vertailun sijaan keskityttäisiin miettimään käytännön toimia vähäistenkin päästöjen rajoittamiseksi.

Biotalousstrategian henki ei liene eniten päästöjä aiheuttavien toimintojen hiilijalanjäljen kurissa pitäminen vaan pikemminkin yhteiskunnalliseen kehityssuuntaukseen sitoutuminen, uuden energiankulutuskulttuurin luominen ja ajatusmaailman juurruttaminen sekä innovatiivisen toimintatavan noudattaminen.

*Suosituksena esitetään, että puolustusvoimissakaan päästövähennyskohteita ei priorisoidaisi ainoastaan vaikuttavuuden perusteella. Vaikuttavuudeltaan merkittävimpien ratkaisujen lisäksi tulisi pyrkiä aidosti toteuttamaan kaikkia mahdollisia käytössä olevia menetelmiä päästöjen pienentämiseksi.*

## 6.2 Luotettavuus ja validiteetti

Tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa työn heikkous on kiistatta haastateltavien niukka määrä. Lukumäärällisesti vaatimattoman haastateltavajoukon käyttämistä kompensoi kuitenkin tutkimuksen aihepiirin kannalta korkeaa asiantuntemusta osoittavien henkilöiden valinta, tutkimuksessa käytettyjen kunkin neljän näkökulman kattaminen haastattelujen avulla sekä laaja, kansainvälinen ja ajantasainen kirjallinen aineisto haastattelumateriaalin ohella.

Se, että tutkimuksessa kirjallisesta aineistosta valtaosa on muualta kuin akateemisen tutkimuksen piiristä, johtui siitä, että nopeasti kehittyvällä alalla myös tieto vanhenee nopeasti. Akateemiset tutkimukset edustavat aiheeseen nähden jo jopa vanhentunutta tietoa. Opinnäytetyö oli tulevaisuusorientoitunut, joten aineiston ja lähdemateriaalin suhteen ajankohtaisuuden merkitys kasvoi.

Tutkimuksen painoarvoa verottanee joiltakin osin myös se, että ilmavoimien tai puolustusvoimien henkilöstö jätettiin tässä haastattelemana, lukuun ottamatta puolustushallinnon edustajaa, jonka asiantuntemuksen piiriin myös puolustusvoimat, ja erityisesti ilmavoimat lukeutuu.

Tutkimuksen puolustukseksi voidaan kuitenkin todeta, että edellä mainittu rajaus oli ennen kaikkea näkökulmavalinta, jonka ansiosta tutkimus tarjoaa puolustushaaralle laajempaa näkemystä oman organisaation ulkopuolelta ja palvelee näin työelämää kenties tehokkaammin kuin organisaation sisällä toteutettu haastattelututkimus. Valinta tukee myös tutkimuksen luotettavuutta, sillä organisaation sisällä toteutettu tutkimus olisi edellyttänyt sille myönnetyn tutkimusluvan mukaisesti puolustusvoimien palveluksessa olevien haastateltavien anonymiteettiä. Koska kyse oli asiantuntijahaastatteluista, anonymiteetin takaaminen asiassa olisi heikentänyt sen luotettavuutta merkittäväällä tavalla. On myös kyseenalaista, olisiko anonymiteetti ollut edes mahdollista, sillä alaan perehtyneiden asiantuntijoiden joukko osoittautui kansallisessa mittakaavassa ja juuri tässä tutkimuksessa käytetyn lähestymistavan vuoksi varsin rajalliseksi. Tutkimuksen luotettavuuden ja

uskottavuuden varmistamiseksi työssä tukeuduttiin sen sijaan julkiseen aineistoon sekä omalla nimellään esiintyvien asiantuntijoiden näkemyksiin.

Tutkimuksen tekijällä ei ollut erityistä, tuloksiin vaikuttavaa suhdetta tutkimusaiheeseen huolimatta siitä, että tapaustutkimus koski opinnäytetyön tekijän työnantajaa. Kriittisessä tarkastelussa on kuitenkin syytä tiedostaa, että taustatekijänä aiheen valikoitumiselle vaikutti yleinen kiinnostus ympäristöasioita kohtaan sekä tavoite liittää työ jollakin tavalla työnantajaorganisaatioon. Pääosa tutkimuksesta toteutettiin virkavapaan aikana, eikä tutkimuksen aihepiiri liittynyt suoraan tekijän työtehtäviin. Ammattikorkeakoulun opinnäytöissä korostuu joka tapauksessa tiivis työelämäyhteys, jolloin tällaisen tutkijan position voi katsoa tukevan opinnäytetyön työelämän kehittämiseen liittyviä tavoitteita.

Tutkimuksen hyödynnettävyyteen liittyen on syytä huomioida, että tutkimuksen tekijän virka on sijoitettuna puolustushaaran koulutusorganisaatioon eli Ilmasotakouluun. Tarvittaessa työhön koottu informaatio on käytettävissä myös opetukseen liittyvissä yhteyksissä, kuten seminaareissa tai johdantona teeman käsittelyyn opiskelijoiden kanssa.

### 6.3 Kokonaiskäsitys syntyi syvällisyyden kustannuksella

Tutkimuksessa käytetty holistinen tarkastelu vaati tasapainoilua eri näkökulmien välillä. Aihe oli lähtökohtaisesti vahvasti teknologiaorientoinut. Teknologianäkökulmasta oli saatavilla runsaasti aineistoa ja koko tutkimuksen olisi voinut toteuttaa ainoastaan tähän yhteen näkökulmaan perehtyen. Myös talousnäkökulmasta informaatiota oli kattavasti ja se oli luonteeltaan varsin konkreettista. Kuitenkin välillisiin talousvaikutuksiin, jotka kytkeytyivät vahvasti yhteiskunnalliseen näkökulmaan, tultaessa, tieto ja teoria muuttuivat vaikeammin käsitettäviksi ja työläämmiksi tulkita. Myös ympäristönäkökulma osoittautui niin laajaksi, että sen hahmottamisessa suhteessa yksittäiseen tapaustutkimukseen oli haasteita. Eri näkökulmien toisistaan poikkeavat luonteet ja mittakaavat tekivät tutkimuskokonaisuuden hallinnasta ja näkökulmien yhteensovittamisesta pulmallista

mutta sitäkin kiinnostavampaa. Yritys ottaa eri näkökulmat tasapuolisesti huomioon ei tämän vuoksi onnistunut aivan toivotulla tavalla.

Vaikka aihetta rajattiin toteuttamalla se tapaustutkimuksena, oli tutkittava kokonaisuus varsin monitahoinen ja kompleksinen. Käsittelytapa, jossa näkökulmia oli lukuisia, osoittautuikin paitsi työn vahvuudeksi myös sen suurimmaksi heikkoudeksi. On selvää, ettei kokonaiskuvaa muodostettaessa pääse eri näkökulmien osalta juuri pintaa syvemmälle. Toisaalta tulokulmasta riippuen, myös tausta- ja teoria-aineiston saatavuus vaihteli huomattavasti.

Sama haaste on todettu laajemmassa mittakaavassa useissa muissa yhteyksissä. Yksi kokonaisvaltaisempi yritys käsitellä biopolttoaineita on ollut tehdä se kestävyyskäsitteen kautta. Esimerkiksi biopolttoaineiden ympäristövaikutuksia arvioineessa Biovaiku-hankkeessa tarkasteltiin biopolttoaineiden kestävyteen ja sen arviointiin liittyvää problematiikkaa. Hankkeen loppuraportissa todettiin, että kestävyden yksiselitteinen mittaaminen on liki mahdotonta tai ainakin hyvin vaikeaa ja tulokset ovat ristiriitaisia. Raportin mukaan biopolttoaineille ei välttämättä ole edes mahdollista luoda sellaisia yksinkertaistettuja kriteereitä, jotka todella takaisivat niiden kestävä tuotannon. Kestävyttä voidaan tarkastella niin ympäristöllisistä, taloudellisista kuin sosiaalisista näkökulmista, jotka jakautuvat edelleen erilaisiin ulottuvuuksiin. Se, onko jokin toiminto kestävä vai ei, riippuu voimakkaasti näkökannasta ja tehdyistä oletuksista. (Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies. A Finnish approach 2009, 187.) Se, että kokonaiskuvaan pyrkiminen on vaikeaa ja parhaimmillaankin epätäydellistä, ei kuitenkaan tee tyhjäksi pyrkimystä asiakokonaisuuden hahmottamiseen.

Opinnäytetyön johtopäätökset ja niihin pohjautuvat suositukset tehtiin suoraviivaiseksi kuvailtavalla otteella. Tässä mielessä työ kuvasti myös tekijänsä toimintatapaa, jossa korostuu pyrkimys konkretisointiin ja käytäntöön. Rohkea tulkinta on kuitenkin yksi keino, jolla työssä aiemmin mainitusta ohjaamoharhan kaltaisesta ylätasoinen käsittelystä voi yrittää päästä eroon. Varovaisempi tulkinta olisi tuskin jalostunut suosituksiksi asti, mikä olisi jättänyt aiheen irrallisemmaksi

pohdinnaksi ja käytettävyyden niukaksi. Koska kyseessä oli nimenomaan ammattikorkeakoulun opinnäytetyö, pyrkimys työelämää palvelemaan lopputulokseen toimi rohkean tulkinnan motiivina.

#### 6.4 Jatkotutkimusaiheet

Kuten jo tutkimuksen luotettavuutta koskevassa osuudessa arvioitiin, ei tutkimuksessa ollut tarkoituksenmukaista toteuttaa puolustusvoimien tai ilmavoimien sisäisesti toteutettua tutkimusta sotilasilmailun ja vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden tulevaisuudesta. Kiinnostavia tutkimusaiheita jatkoa ajatellen voisivatkin olla esimerkiksi selvitykset, jotka täydentäisivät muuta vaihtoehtoista lentopolttoaineista tehtyä tutkimus-, selvitys- ja raportointimateriaalia myös sotilasilmailun osalta ja alistaisi myös tämän ilmailun osa-alueen samankaltaiselle tarkastelulle kuin kaupallisen ilmailun. Tämä näkökulma huomioitiin myös johtopäätöksiä seuranneissa suosituksissa.

Ilmastonmuutokseen, ympäristöasioihin ja uusiin energiamuotoihin liittyy myös mitä merkittävimmissä määrin asenteet. Yksi kiinnostava tutkimusaihe olisikin selvittää, minkälaisia asenteita sotilasilmailuun ja biolentopolttoaineisiin liittyy. Mikäli haluttaisiin selvittää asiaa puolustusvoimien tai puolustushaaran sisäisesti, lisäarvoa tämänkaltaiselle tutkimukselle toisi se, että esimerkiksi varusmiespalvelustaan suorittavien henkilöiden keskuudessa toteutettu tutkimus. Sellainen voisi edustaa tulevaisuusorientoituneempaa otantaa kuin esimerkiksi palkatun henkilöstön käyttäminen. Myös eri ryhmien väliset mahdolliset erot voisivat antaa viitteitä siitä, miten ilmapuolustuksen tulevaisuus vaikuttaa ympäristönäkökulma.

Kansainvälisestä näkökulmasta kiinnostavaa olisi lisäksi selvittää mihin Suomi asettuu, kun eri maiden sotilasilmailua verrattaisiin keskenään vaihtoehtoisin lentopolttoaineisiin liittyen. Tarkastelua voisi aluksi lähteä jo olemassa olevien rakenteiden pohjalta, kuten pohjoismaiseen puolustusyhteistyöhön (NORDEFECO) tukeutuen. Kansainvälinen näkökulma olisi hyvä ottaa tarkasteluun mukaan myös sen vuoksi, että Suomen puolustusvoimat on sitoutunut erilaisiin kansainvälisen

yhteistyön muotoihin, jotka edellyttävät tiettyä toiminnallista yhteensopivuutta muiden sotilasorganisaatioiden kanssa.

Selvityksen arvoisena seikkana voisi nähdä myös tulevan hävittäjähankinnan osalta harkinnassa olevien eri vaihtoehtojen edellytykset ympäristöystävällisempään ilmapuolustukseen. Ainakaan HX-hankkeessa ei biolentopolttoaineen käytön mahdollisuutta ei ole mukana hankinnan määrittelyissä (Puranen, 2017), vaikka puolustushallinnon ympäristöraportissa kerrotaan, että strategiaan suorituskykyihin liittyvien hankintojen koko elinkaaren mukaiset ympäristövaikutukset arvioidaan (Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015-2016, 4).

Viestinnällisestä näkökulmasta olisi puolestaan kiinnostaa saada lisätietoa siitä, minkälaisia imagovaikutuksia pyrkimyksillä vaihtoehtoisten lentopolttoaineiden käyttöön olisi sotilasilmailussa. Opinnäytetyön alkuvaiheessa tämä näkökulma oli tarkoitus ottaa huomioon, mutta aiheen laajuuden vuoksi se jouduttiin rajaamaan varsinaisen tutkimuksen ulkopuolelle.

Tutkimuksen aineistonhankinnan yhteydessä sivuttiin myös eettistä kuluttamista koskevaa tutkimusta. Sen parista nousi esille niin sanottu green gap –ilmiö, jolla tarkoitetaan kuilua ympäristöystävällisten asenteiden ja käyttäytymisen välillä. Vaikka kuluttajat kertovat kannattavansa ympäristön näkökulmasta edullisia ratkaisuja, ei se kuitenkaan konkretisoidu heidän käytöksessään. Yhtenä selityksenä ilmiölle on esitetty rutinoituneita käyttäytymismalleja ja niiden rikkomisen vaikeutta. (Id & Laaksonen 2012, 1-2.) Vaikka eettisen kuluttamisen tutkimuksessa keskiössä on yksilö ja lähtökohta on psykologinen, olisi kiehtovaa selvittää, toteutuuko samankaltainen ilmiö myös organisaatitasolla suhteessa ympäristöasioihin.

## **7 Etujoukot vai viivytystaistelu?**

Vaikka puolustushallinnon kestävä kehityksen sitoumus on huomion arvoinen osoitus pyrkimyksestä edistää sosiaaliseen, ekologiseen ja taloudelliseen kestävyteen liittyviä teemoja, vaarana on, että tällainen ylätasoinen ohjaus tuottaa ja

ylläpitää aiemmin mainitun kaltaista ”ohjaamoharhaa”. Tässä yhteydessä riskinä on, että sitoumuksen sisäistäminen puolustushallintotasolta puolustusvoimatasolle sekä edelleen puolustushaaratasonne voi jäädä pintapuoliseksi ja etäiseksi. Samoin voi käydä hyväntahtoisille aikeille, mikäli ne eivät konkretisoidu riittävästi käytännön toimenpiteiksi.

Uskottavuuden kannalta olisi myös oleellista, ettei mitään toimintoja jätetä tarkastelun ulkopuolelle, kun ympäristöystävällisempien valintojen mahdollisuuksia punnitaan. Vaikka kattavampi tarkastelu ei johtaisikaan vallitsevan toimintatavan muutokseen, olisi vaihtoehto ainakin perusteellisesti tarkasteltu. Uskottavuutta sitoutumisesta kestävään kehitykseen toisi lisäksi se, että organisaatio pysytteli tiiviissä yhteistyössä teemaan liittyvien sidosryhmien kanssa sekä pitäisi asianaan olla ajan tasalla aiheeseen liittyvän informaation suhteen, huolimatta siitä, että tutkimuskohteena olevaa keinoa vähentää puolustusvoimien päästöjä ei ainakaan toistaiseksi olisi koettu merkittävänä.

Kun toimenpiteitä kannustavan ympäristön luomiseksi biopolttoaineille mietitään, on aiemmin esille tullut kotimarkkinoiden luominen varteenotettava vaihtoehto. Olisiko mahdollista, että ainakin symbolisena eleenä ja osoituksena yhteisestä ”tahtotilasta” kotimainen sotilasilmailu veloitettaisiin ja ennen kaikkea rahoitettaisiin käyttämään lentotoiminnassaan osittain biolentopolttoainetta. Koska Suomessa useat siviilikentät ovat yhteiskäytössä sotilaslentotoiminnan kanssa, vahvistaisi tämä myös biolentopolttoaineiden jakeluverkostoa ja saatavuutta. Lisäksi velvoite, joskin pieni sellainen, loisi tietyntäsoista vakiintunutta kysyntää biolentopolttoaineelle sekä voisi toimia referenssinä kotimaiselle (tai ainakin kotimaassa jalostetulle) uusiutuvalle lentopolttoaineelle.

Edellä mainitut toimenpiteet voisi osaltaan vahvistaa Suomen biotalouteen nojaavaa maakuva ja kenties vahvistaa ja luoda uusia liiketoimintamahdollisuuksia biolentopolttoaineiden parissa. Helsinki Green Hub -hanke saisi näin lisäpuhtia ja tämänkaltaisen edistysaskel saisi epäilemättä myös kansainvälistä näkyvyyttä. (Liikenteen vaihtoehtojen käyttövoimien jakeluverkko. Suomen kansallinen

ohjelma 2017, 31.) Vaikka tuollaiselle näkyvyydelle on vaikea määrittää mitattava arvo, eivät imagoon, brändiin ja tunnettuuteen liittyvät seikat ole vähäpätöisiä.

Kuten tutkimuksesta ja sen tausta-aineistostakin kävi ilmi, ovat kaupallisella puolella myös kuluttajat ja asiakkaat entistä ympäristötietoisempia, ja vaativat toimijoilta entistä ekologisempia ratkaisuja ja toimintatapaa. Keitä sitten ovat puolustusvoimien asiakkaat? Yhden näkemyksen mukaan heitä ovat Suomen kansalaiset, joihin lukeutuu epäilemättä myös yllä mainittuja ympäristötietoisempia ja vaativampia kuluttajia. Ehkäpä vaatimuksia kohdistuu lähitulevaisuudessa yhä voimakkaammin myös puolustusvoimien toimintaan, mukaan lukien sotilasilmailu. Puolustushallinnon Lauri Puranen esitti oikeutetusti kysymyksen, johon problematiikka kulminoituu: ”Kuinka paljon kansa on valmis sotilasilmailun biolentopolttoaineen käytöstä saatavasta ympäristöhyödystä maksamaan?”.

Ilmailualan lähitulevaisuuden energiatarpeesta kasvava osa tullaan tyydyttämään joka tapauksessa uusiutuviin raaka-aineisiin pohjautuvalla drop-in-polttoaineella. Joissakin tulevaisuusskenaarioissa ilmailun on ajateltu perustuvan vetylentokoneitten varaan (Distributed Bio-Based Economy – Driving Sustainable Growth 2011, 9.), mutta toistaiseksi ainakaan ilmailuteollisuus ei suhtaudu siihen ensisijaisena tulevaisuuden energiavaihtoehtona. Koska biolentopolttoaineet tulevat joka tapauksessa olemaan osa ilmailun tulevaisuutta, olisiko ilmavoimissakin syytä harkita tarkkaan, onko parasta asemoida itsensä etujoukkoihin vai tyytyä viivytystaisteluun.



## Lähteet

2016 Operational Energy Strategy. 20106 Washington D.C.. Department of Defence Viitattu 13.9.2017.

<http://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/2016%20DoD%20Operational%20Energy%20Strategy%20WEBc.pdf>

Alastalo, M. ja Åkerman, M. 2010. Asiantuntijahaastattelun analyysi: Faktojen jäljillä. Julkaisussa Haastattelun analyysi. Toim. J. Ruusuvoori, P. Nikander ja M. Hyvärinen. Tampere: Vastapaino.

Alternative Aviations Fuels: Overview, Challenges, Opportunities and Next Steps. March 2017. U.S. Department of Energy. Viitattu 26.8.2017.

[https://energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/alternative\\_aviation\\_fuels\\_report.pdf](https://energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/alternative_aviation_fuels_report.pdf)

Anderson, D.M., Brooks, K.P., Burton, F., Butcher, M.G., Frye, J.G., Handler, R., Harmon, L., Holladay, J.E., Jones, S.B., Lee, G.-S., Owen, J., Palou-Rivera, I., Plaza, Shonnarand, D. ja Snowden-Swan, L.J. 2016. Low-Carbon Aviation Fuel Through the Alcohol to Jet Pathway. Julkaisussa: Biofuels in Aviation. Toim. Christopher J. Chuck. 2016. Lontoo: Academic Press.

Assessing the sustainability of liquid biofuels from evolving technologies. Biovaikuhankkeen loppuraportti. VTT. Viitattu 27.5.2016

[http://www.vtt.fi/Documents/2009\\_T2482.pdf](http://www.vtt.fi/Documents/2009_T2482.pdf)

Beginner's Guide to Aviation Biofuels. Edition 2, September 2011. Air Transport Action Group (ATAG). Viitattu 11.10.2016

<http://safug.org/assets/docs/beginners-guide-to-aviation-biofuels.pdf>

Biopolttoaineet yleistyvät vähitellen N.d. Sisältö Öljy- ja biopolttoaineala ry:n verkkosivuilla.

<http://www.oil.fi/fi/ymparisto/biopolttoaineet>

Burke, S.E. 2012. Department of Defence Alternative Fuels Policy for Operational Platforms. Muistio Yhdysvaltain puolustusministeriön operatiivisen energian neuvoston jäsenille. Viitattu 20.9.2017.

[http://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/Alternative\\_Fuels\\_Policy\\_for\\_Operational\\_Platforms%2020120705.pdf](http://www.acq.osd.mil/eie/Downloads/OE/Alternative_Fuels_Policy_for_Operational_Platforms%2020120705.pdf)

Climate Change: A Risk Assessment, 2015. Viitattu 26.5.2016

<http://www.csap.cam.ac.uk/media/uploads/files/1/climate-change--a-risk-assessment-v11.pdf>

Climate change 2014, Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental panel on climate change (IPSS) 2014. Viitattu 31.5.2016.

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_en.pdf)

Costelle, J.F., Parmenter, D. ja Repetto, S.L. 2016. Current and Potential Aviation Additives for Higher Biofuel Blends in Jet A-1Fuel. Julkaisussa: Biofuels in Aviation. Toim. Christopher J. Chuck. 2016. Lontoo: Academic Press.

De Klerk, A. 2016. Aviation Turbine Fuels Through the Fischer–Tropsch Process. Julkaisussa: Biofuels in Aviation. Toim. Christopher J. Chuck. 2016. Lontoo: Academic Press.

Distributed Bio-Based Economy – Driving Sustainable Growth. Sitra 2011, Helsinki. Viitattu 30.5.2017

[https://media.sitra.fi/2017/02/23070426/Distributed\\_BioBased\\_Economy-7.pdf](https://media.sitra.fi/2017/02/23070426/Distributed_BioBased_Economy-7.pdf)

Dorrington, G.E. 2016. Certification and Performance. What is needed from an Aviation Fuel. Julkaisussa: Biofuels in Aviation. Toim. Christopher J. Chuck. 2016. Lontoo: Academic Press.

Esiselvitys Hornet-kaluston suorituskyvyn korvaamisesta, Loppuraportti. Puolustusministeriön verkkosivut. Viitattu 2.6.2016.

[http://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys\\_Hornet-kaluston\\_suorituskyvyn\\_korvaamisesta.pdf](http://www.defmin.fi/files/3168/Esiselvitys_Hornet-kaluston_suorituskyvyn_korvaamisesta.pdf)

Finnairin vuosikertomus 2016. Viitattu 7.8.2017.

<https://investors.finnair.com/~media/Files/F/Finnair-IR/documents/fi/reports-and-presentation/2017/finnair-vuosikertomus-2016-fi-v2.pdf>

Global Palm Oil Demand Fueling Deforestation Worldwatch Institute 2013. Viitattu 31.5.2016 <http://www.worldwatch.org/node/6059>

Greening the Blue Helmets. Environment, Natural Resources and UN Peacekeeping Operations 2011. Viitattu 30.5.2017.

[http://www.un.org/en/peacekeeping/publicatons/UNEP\\_greening\\_blue\\_helmets.pdf](http://www.un.org/en/peacekeeping/publicatons/UNEP_greening_blue_helmets.pdf)

Hajer, M., Nilsson, M., Raworth, K., Bakker, P., Berkhout, F., de Boer, Y., Rockström, J., Ludwig, K. ja Kok, M. 2015. Beyond Cockpit-ism: Four Insights to Enhance the Transformative Potential of the Sustainable Development Goals. Viitattu 23.8.2017.

<https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiZx5-3lcXWAhUoDZoKHVW2AwAQFgggMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.mdpi.com%2F2071-1050%2F7%2F2%2F1651%2Fpdf&usg=AFQjCNFenocY6w4EdLiHg0ZSVQJ4vaF2ng>

Hirsjärvi, S. ja Hurme, H. 2011. Tutkimushaastattelu. Teemahaastattelun teoria ja käytäntö. 2011. Helsinki: Vastapaino.

Hyry, Jaakko 2017. Resurssiviisas kansalainen 2017. Sitran teettämän kyselytutkimukset keskeiset tulokset. Viitattu 22.9.2017.

[https://media.sitra.fi/2017/06/28164035/Sitra-Resurssiviisas-kansalainen-2017\\_Raportti.pdf](https://media.sitra.fi/2017/06/28164035/Sitra-Resurssiviisas-kansalainen-2017_Raportti.pdf)

Hyvärinen, M., Nikander, P. ja Ruusuvuori, J. (toim.) (2010) Haastattelun analyysi. Tampere: Vastapaino

Id, V. ja Laaksonen, P 2012. Tavoitteena ympäristöystävällisemmät rutiinit: Motiivipohjaisen viitekehyksen rakentaminen. Artikkelit Kulutustutkimus. Nyt. – julkaisussa 1/2012. Viitattu 26.9.2017.  
[http://www.kulutustutkimus.net/nyt/wp-content/uploads/2012/05/Id\\_Laaksonen\\_KTS\\_1\\_2012.pdf](http://www.kulutustutkimus.net/nyt/wp-content/uploads/2012/05/Id_Laaksonen_KTS_1_2012.pdf)

Ilmastopolitiikka on turvallisuuspolitiikkaa: ilmastonmuutos vaikuttaa myös Suomen riskikuvaan. Viitattu 11.3.2017.  
<https://www.sttinfo.fi/tiedote/ilmastopolitiikka-on-turvallisuuspolitiikkaa-ilmastonmuutos-vaikuttaa-myos-suomen-riskikuvaan?publisherId=1898&releaseId=43562854>

International Migration Outlook 2017, Facts and Figures N.d. Infograafisisältö OECD-maiden verkkosivuilla. Viitattu 7.8.2017.  
<https://www.oecd.org/els/mig/IMO-2017-Facts%20and%20figures.pdf>

Jet Fuel Price Development. Sisältö kansainväliseen ilmakuljetusliiton IATA:n (International Air Transport Association) verkkosivuilla. Viitattu 20.8.2017  
<http://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/Pages/price-development.aspx>

Jordan, H. 2016. Air Force Research Laboratory discovering what's "bugging" military aircraft. Artikkelit Yhdysvaltain ilmavoimien verkkosivuilla. Julkaistu 9.9.2016. Viitattu 18.9.2017.  
<http://www.wpafb.af.mil/News/Article-Display/Article/938674/air-force-research-laboratory-discovering-whats-bugging-military-aircraft/>

Kansainvälinen muuttoliikekatsaus 2017. Suomenkielinen tiivistelmä. 2017, OECD Publishing. Viitattu 1.9.2017.  
<http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/a796e387-fi.pdf?expires=1504265347&id=id&accname=guest&checksum=46FD0C1C18E3B16B16B83C057F61B5E4>

Kansainväliset öljymarkkinat – elokuu 2017. Artikkelit Kauppalehden verkkosivuilla. Viitattu 11.9.2017.  
<http://www.oil.fi/fi/ajankohtaista/uutiskirjeartikkelit/kansainvaliset-oljymarkkinat-elokuu-2017>

Kataja, J. 2016. Biotalouskehittämisen koulutusohjelman aloitusoppitunti 15.1.2016.

Kehity biotalouden huippuosajaksi. Sisältö Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkkosivuilla. Viitattu 13.9.2017  
<https://www.jamk.fi/fi/Koulutus/Luonnonvara-ala/agrologi-yamk/>

Kestävää kasvua biotaloudesta, Suomen biotalousstrategia. Viitattu 27.5.2016.

[http://www.biotalous.fi/wp-content/uploads/2015/01/Suomen\\_biotalousstrategia\\_2014.pdf](http://www.biotalous.fi/wp-content/uploads/2015/01/Suomen_biotalousstrategia_2014.pdf)

Kohti vastuullisempaa ja kestävämpää puolustusta. Puolustusvoimien energia- ja ympäristöohjelma. 2014. Viitattu 6.8.2017

<http://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/2267766/PEVIESTOS-PV-Energia-ja-ilmast-ohjelma.pdf/c4a46588-48a2-4b3b-9c25-40e62efec7c4>

L 864/2014. Ilmailulaki. Viitattu 31.4.2017.

<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140864>

Liikenteen vaihtoehtoisten käyttövoimien jakeluverkko. Suomen kansallinen ohjelma. 28.3.2017. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö, raportit ja selvitykset 4/2017.

<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79530/Raportit%20ja%20Oselvitykset%204-2017.pdf?sequence=1>

Mitä on huoltovarmuus? Sisältö huoltovarmuuskeskuksen verkkosivuilla. Viitattu 12.9.2017

<https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/tietoa-huoltovarmuudesta/mita-on-huoltovarmuus/>

Neste ja Boeing näyttävät ilmailualalla tietä uusiutuvien lentopolttoaineiden kaupallistamisessa. 2015. Neste Oyj:n lehdistötiedote 4.11.2015 klo 16.00 (EET). Viitattu 13.10.2016.

<https://www.neste.com/fi/fi/neste-ja-boeing-n%C3%A4ytt%C3%A4v%C3%A4t-ilmailualalla-tiet%C3%A4-uusiuuvien-lentopolttoaineiden-kaupallistamisessa>

New Alternative Jet Fuel Approved. 2016. Federal Aviation Administration (FAA). Viitattu 11.10.2016

<https://www.faa.gov/news/updates/?newsId=85425>

Oil Palm Industry Takes Land, Promises Livelihood. Worldwatch Institute 2013. Viitattu 31.5.2016

<http://www.worldwatch.org/node/6075>

On Board a Sustainable Future, ICAO environmental report 2016, aviation and climate. 2016. Environment Branch of the International Civil Aviation Organization (ICAO). Viitattu 11.10.2016.

<http://www.icao.int/environmental-protection/Documents/ICAO%20Environmental%20Report%202016.pdf>

Pakolainen pakenee vainoa kotimaassaan N.d. Sisältö sisäministeriön verkkosivuilla. Viitattu 8.9.2017.

<http://intermin.fi/maahanmuutto/turvapaikanhakijat-ja-pakolaiset>

Palm oil keeps global food price trend heading up in April. Food and agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2016. Viitattu 28.5.2016  
<http://www.fao.org/news/story/en/item/413122/icode/>

Peljo, J 2016. Aika päivittää näkökulma: ilmastopolitiikka on turvallisuuspolitiikkaa. Viitattu 11.3.2017.  
<https://www.sitra.fi/blogit/aika-paivittaa-nakokulma-ilmastopolitiikka-turvallisuuspolitiikka/>

Puolustushallinto ja ilmastonmuutos. Selvitys puolustushallinnon ja ilmastonmuutoksen yhtymäkohdista ja puolustushallinnon kasvihuonekaasupäästöistä. 2008. Viitattu 27.5.2016.  
[http://www.defmin.fi/files/1253/Ilmastonmuutosraportti\\_nettiin.pdf](http://www.defmin.fi/files/1253/Ilmastonmuutosraportti_nettiin.pdf)

Puolustushallinnon ympäristöraportti 2013 - 2014. 2015. Viitattu 27.5.2016.  
<http://puolustusvoimat.fi/documents/1948673/2267766/PEVIESTOS-Puolustushallinnon-ymp%C3%A4rist%C3%B6raportti-2013-2014.pdf/98de223e-d4b6-4550-9821-60d03fb1bfd9>

Puolustushallinnon ympäristöraportti 2015 - 2016. Viitattu 25.9.2017.  
[https://www.defmin.fi/files/3874/Puolustushallinnon\\_ymparistoraportti\\_2015-2016.pdf](https://www.defmin.fi/files/3874/Puolustushallinnon_ymparistoraportti_2015-2016.pdf)

Radich, T. 2015. The Flight Paths for Biojet Fuel. U.S. Energy Information Administration, Washington. Viitattu 16.4.2017.  
[https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/flightpaths\\_biojetfuel.pdf](https://www.eia.gov/workingpapers/pdf/flightpaths_biojetfuel.pdf)

Read, B, 2016. Crude Awakening – Aviation and Fuel Prices. Artikkelin Royal Aeronautical Society verkkosivuilla. Julkaistu 13.5.2016. Viitattu 12.9.2017.  
<https://www.aerosociety.com/news/crude-awakening-aviation-and-fuel-prices/>

Ruusuvuori Sademetsät biopolttoaineeksi? Palmuöljyn energiakäytön ilmastovaikutukset. WWF Saksa, Frankfurt/Main. Viitattu 27.5.2016  
<https://wwf.fi/mediabank/1038.pdf> (Suomennettu)  
[http://wupperinst.org/uploads/tx\\_wupperinst/Palmoil\\_study\\_en.pdf](http://wupperinst.org/uploads/tx_wupperinst/Palmoil_study_en.pdf)  
(englanninkielinen versio)

Saastamoinen, Heidi. 2011. Diplomityö: Mikrobit polttoaineen varastoinnissa ja jakelussa. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 10.9.2017  
<https://dspace.cc.tut.fi/dpub/bitstream/handle/123456789/20656/saastamoinen.pdf?sequence=3>

Savolainen, T. 2017. Asunto-, ympäristö- ja energiaministeri Kimmo Tiilikaisen kommentti. Sähköpostiviesti 6.9.2017. Ministerin erityisavustaja Taru Savolaisen (luonto- ja ympäristöasiat) välityksellä toimitettu vastaus pyyntöön kommentoida opinnäytetyön aihetta.

Schäfer, A.W. 2016. The Prospects for Biofuels in Aviation. Julkaisussa: Biofuels in Aviation. Toim. Christopher J. Chuck. Lontoo: Academic Press.

Simulaattori tasoittaa lentäjän tietä taivaalle. Julkaistu 25.2.2013, päivitetty 21.1.2014. Artikkelin Ilmavoimien www-sivuilla. Viitattu 12.11.2016.  
<http://puolustusvoimat.fi/portal/puolustusvoimat.fi/?urile=wcm%3Apath%3A%2FSU+Puolustusvoimat.fi%2FPuolustusvoimat.fi%2FIlmavoimat%2FAjankohtaista%2FIlmavoimien+artikkelit%2FSimulaattori+tasoittaa+sotilaslentajan+tietä+taivaalle>

Sjöstedt, T. 2016. Mitä nämä käsitteet tarkoittavat? Julkaistu 29.6.2016, päivitetty 22.5.2016. Artikkelin Sitran verkkosivuilla. Viitattu 22.9.2017.  
<https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>

Sotilasilmailun ilmaliikennepalvelu määräys. 12.11.2014. Viitattu 29.4.2017.  
<http://ilmavoimat.fi/documents/1951206/2212089/SIM-To-Lv-012.pdf/985d69ff-ea61-4f5f-88fd-dcf1c3a0c6bd>

Suomen ilmailun tila 2015. Trafi, Helsinki. Viitattu 27.5.2016  
<http://katsaukset.trafi.fi/media/katsaukset/ilmailu/suomen-ilmailun-tila-2015.pdf>

Tegler, E. 2016. How the Air Force Will Attack Its Tiniest Enemy: Plane-Corroding Bacteria. Artikkelin Popular Mechanics –julkaisun verkkosivuilla. Viitattu 18.9.2017.  
<http://www.popularmechanics.com/military/research/news/a22960/air-force-plane-eating-bacteria/>

The Fragile States Index 2017. 10.3.2017. The Fund for Peace. Washington. Viitattu 1.9.2017  
<http://fundforpeace.org/fsi/2017/05/14/fragile-states-index-2017-annual-report/951171705-fragile-states-index-annual-report-2017/>

The Gathering Storm: Climate Change, Security and Conflict. Environmental Justice Foundation EJF, 2014. Viitattu 31.5.2016  
[http://ejfoundation.org/sites/default/files/public/EJF\\_climate\\_conflict\\_report\\_web-ok.pdf](http://ejfoundation.org/sites/default/files/public/EJF_climate_conflict_report_web-ok.pdf)

Tracy, D., 2016. Tiny Bacteria Are Eating America’s Fighter Jets. Uutinen tekniikkaan ja liikenteeseen erikoistuneella Jalopnik-verkkosivustolla. Julkaistu 26.9.2016. Viitattu 18.8.2016.  
<https://foxtrotalpha.jalopnik.com/tiny-bacteria-are-eating-americas-fighter-jets-1786906441>

Tuomi, J. ja Sarajärvi, A. 2004. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. 1.-3. P. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.

Vahti, J. 2012. Puolustetaanko Suomen ilmatilaa kohta biopolttoaineilla? Artikkelin Vihreä Lanka –lehdessä 23.2.2012. Viitattu 20.12.2016.  
<http://www.vihrealanka.fi/uutiset/puolustetaanko-suomen-ilmatilaa-kohta-biopolttoaineilla>

Valtioneuvoston selonteko kestävän kehityksen globaalista toimintaohjelmasta Agenda 2030:sta. Kestävän kehityksen Suomi – pitkäjänteisesti, johdonmukaisesti ja osallistavasti. N.d. Viitattu 25.9.2017.

<http://valtioneuvosto.fi/documents/10616/3934867/Valtioneuvoston+selonteko+kestävän+kehityksen+globaalista+toimintaohjelmasta+Agenda2030sta.pdf/de836a92-3f21-4195-831b-b6569e55aa2f>

Wang, W., Tao, L., Markham, J., Zhang, Y., Tan, E., Batan, L., Warner, E. ja Bidy, M. Review of Biojet Fuel Conversion Technologies. 2016 Viitattu 6.9.2017.

<https://www.nrel.gov/docs/fy16osti/66291.pdf>

Wormslew, E.C., Pedersen, J.L., Eriksen, C., Skou, R.B.N., Tang, C., Liengard, T., Hansen, R.S., Eberhardt, J.M., Rasch, M.K., J., Höglund & Englund, R.B., Sandquist, J., Güell, B.M., Haug, J.J.K., Luoma, P., Pursula, T. ja Bröckl, M. 2016. Sustainable Jet Fuel for Aviation: Nordic Perspectives on the Use of Advanced Sustainable Jet Fuel for Aviation. Denmark: Nordic Council of Ministers. Viitattu 9.9.2017

[http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/09/FULLTEXT\\_Sustainable\\_Jet\\_Fuel\\_for\\_Aviation.pdf](http://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2016/09/FULLTEXT_Sustainable_Jet_Fuel_for_Aviation.pdf)

Öljyn hinta sukelsi, kun Iran pääsi sopuun ydinvoimasta. 14.7.2015. Uutinen Kauppalehden verkkosivuilla. Viitattu 11.9.2017.

<https://m.kauppalehti.fi/uutiset/raaka-aine-oljyn-hinta-sukelsi-kun-iran-paasi-sopuun-ydinvoimasta/qAUmKBDi>

## Liitteet

### Liite 1. Asiantuntijahaastattelujen teemahaastattelurunko.

#### Asiantuntijahaastattelujen runko:

- **Haastateltavan tausta:**  
Asiantuntijan koulutus, työhistoria, asema. Asiantuntijan oma näkemys omista/edustamansa organisaation intresseistä käsiteltävään aiheeseen liittyen.
  
- **Vastaajan näkemys tutkittavasta aiheesta:**  
Onko Suomen ilmavoimissa mahdollista ottaa käyttöön biopohjainen lentopolttoaine lähitulevaisuudessa? Jos, niin millä aikavälillä?
  
- **Vastaajan tiedossa olevat toimenpiteet, joilla asiaa on edistetty tai on aiemmin/parhaillaan selvitetty (neljällä tasolla):**
  1. omakohtainen kokemus, ne toimenpiteet, joita on mahdollisesti ollut itse toteuttamassa
  2. tiedossa olevat oman organisaation toimenpiteet
  3. tiedossa olevat sidosryhmien tai yhteistyökumppanien toimenpiteet
  4. tiedossa olevien muiden (sotilas)organisaatioiden toimenpiteet (kansainvälinen vertailu)
  
- **Vastaajan näkemys keskeisimmistä asiaan vaikuttavista tekijöistä:**  
Mitkä asiat vaikuttavat asiantuntijan mukaan eniten biopohjaisen/uusiutuvan lentopolttoaineen käyttöönottoon Suomen ilmavoimissa? Millä edellytyksillä käyttöönotto voisi tapahtua? Mitkä ovat keskeiset vielä ratkaisemattomat ongelmat sekä biolentopolttoaineiden käyttöönoton esteet?
  
- **Vastaajan käsitys mahdollisista vaikutuksista:**  
Mitä myönteisiä tai kielteisiä vaikutuksia asiantuntija näkee biopohjaisen lentopolttoaineen käyttöönotolla Suomen Ilmavoimissa?
  
- **Tulevaisuuden kuva:**  
Mikä on asiantuntijan käsitys siitä, millaisena hän näkee suomalaisen sotilasilmailun tulevaisuuden suhteessa biolentopolttoaineisiin.
  
- **Vapaa sana:**  
Asiantuntijahaastateltavan esille tuomat muut aiheeseen liittyvät asiat, haastattelun aikana syntyneiden ajatusten yhteenveto, ideoiden ja näkemysten koonti sekä suositukset mahdollisista lisäselvityskohteista ja muista haastateltavista.



Liite 2. Asunto-, energia- ja ympäristöministeri Tiilikaisen kommentti.

*Ilmastonmuutoksen torjumisessa tarvitaan kaikkia yhteiskunnan toimijoita, niin ministeriöitä, kaupunkeja ja kuntia, elinkeinoelämää, järjestöjä ja yksittäisiä ihmisiä. Tärkeää on, että myös puolustusvoimat kokonaisuudessaan, mukaan lukien ilmavoimat, olisivat mukana ilmastotalkoissa niiden käytettävissä olevin keinoin, Suomen puolustusvalmiutta heikentämättä.*

*Ekologisempien polttoaineiden käyttöönotto on varteenotettava keino vähentää lentoliikenteen päästöjä ja toivottavasti tätä mahdollisuutta tutkitaan aktiivisesti myös ilmavoimissa.*

*Ilmastohyötyjen lisäksi Suomen huoltovarmuus paranee, jos uusiutuvia lentopolttoaineita valmistetaan Suomessa kotimaisista raaka-aineista.*

Ministeri Tiilikaisen kommentti on toimitettu 6.9.2017 sähköpostitse erityisavustaja Taru Savolaisen (luonto- ja ympäristöasiat) välityksellä.