



JP-8 polttoaineen käytön laajentamismahdollisuudet sotilaskäytössä

Heidi Mikkonen

OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2024

Insinööri (Ylempi AMK)
Teknologiaosaamisen johtaminen

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Teknologiaosaamisen johtaminen

MIKKONEN, HEIDI:

JP-8 polttoaineen käytön laajentamismahdollisuudet sotilaskäytössä

Opinnäytetyö 45 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Lokakuu 2024

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää olisiko yhden polttoainelaadun käyttäminen mahdollista Puolustusvoimien raskaassa dieselkäyttöisessä ajoneuvokalustossa Naton Single Fuel Conceptin mukaisesti ja millaisia vaikutuksia sillä olisi ajoneuvokalustoon. Tutkimus tehtiin Puolustusvoimien logistiikkalaitokselle ja tutkimuksen tavoitteena oli tutkimustulosten kautta saada selville mitä tekijöitä tulisi huomioida harkittaessa JP-8 polttoaineen käytön laajentamista.

JP-8 on lentokerosiini, joka tuotetaan siviililentopolttoaineesta JET A-1 lisäämällä siihen kolmea eri komponenttia. JP-8 polttoaine on tarkoitettu sotilasilma-alusten käyttöön, mutta sitä voidaan käyttää myös maakäyttöisissä turbiinimoottoreissa ja dieselmoottoreissa, jos siihen on saatu lupa.

Tutkimus toteutettiin monimenetelmätutkimuksena. Pääasiallisena tiedonkeruumenetelminä käytettiin kirjallisuustutkimusta ja kyselytutkimusta. Kyselytutkimus toteutettiin Puolustusvoimille raskasta kalustoa toimittavalle tai toimittaneille yrityksille. Tutkimus rajattiin koskemaan vain raskasta ajoneuvokalustoa. Opinnäytetyö toteutettiin pääosin kvalitatiivisena tutkimuksena ja tutkimuksen analyysimenetelmänä käytettiin sisällönanalyysiä, joka on laajasti käytetty laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmä. Sisällönanalyysin avulla vastauksista pyrittiin hahmottamaan keskeisiä aihepiirejä eli teemoja.

Tutkimustuloksista käy ilmi, että JP-8 polttoaineen käyttäminen dieselmoottoreissa on mahdollista edellyttäen useiden tekijöiden huomioon ottamista. Tutkimus osoitti, että JP-8 polttoaineen käyttö dieselmoottorissa vaikuttaa ajoneuvojen moottoreihin kolmella olennaisella tavalla. Keskeisimpinä vaikutuksina voidaan mainita pakokaasupäästöjen lisääntyminen, moottorin tehojen alentuminen, polttoainejärjestelmien mekaaninen kulumisen sekä huoltovälien tihentyminen. Tutkimustulosten perusteella jatkotutkimusaiheeksi esitetään JP-8 polttoaineen käytön mahdollisuuden tutkimista myös dieselkäyttöisissä maalaitteissa. Toisena jatkotutkimuksen aiheena esitän kartoitettavaa tutkimusta sotavarusteista, joissa JP-8 polttoaineen käyttö olisi mahdollista. Kolmas jatkotutkimusaihe voisi olla sisällöltään JP-8 polttoaineen varastointi, kuljetus ja käyttökonseptin määrittäminen.

Asiasanat: single fuel concept, JP-8, diesel, päästöt

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master of Engineering
Master's Degree Program in Technology Competence Management

MIKKONEN, HEIDI:
JP-8 Fuel Expansion Possibilities for Military Use

Master's thesis 45 pages, appendices 4 pages
October 2024

The purpose of this thesis was to study and find out whether it would be possible to use one fuel quality in the Finnish Defence Forces heavy diesel-powered vehicle fleet in accordance with the NATO Single Fuel Concept and what kind of impacts it would have on vehicle fleets. The study was conducted for the Finnish Defence Forces Logistics Command and the aim of the study was to find out what factors should be considered when considering expanding the use of JP-8 fuel.

JP-8 is an aviation kerosene produced from the civil aviation fuel JET A-1 by adding three different components to it. The JP-8 fuel is intended for use by military aircraft but can also be used in land-based turbine engines and diesel engines if authorized to do so.

The study was conducted as a multi-method study. Literary research and survey research were used as the main methods of data collection. The survey was conducted for companies supplying or supplying heavy equipment to the Finnish Defence Forces. The study was limited to heavy vehicle equipment. The thesis was mainly carried out as qualitative research and content analysis was used as the method of analysis of the research. Content analysis is a widely used method of qualitative research analysis and it was used to try to identify key topics, or themes, from the responses.

Research results show that it is possible to use JP-8 fuel in diesel engines, provided several factors are considered. The study showed that the use of JP-8 fuel in a diesel engine has three essential effects on the engines. Key adverse effects include increased exhaust emissions, reduced engine power, mechanical wear on fuel systems, and increased need to maintain engines. Based on the research results, further research is proposed on the possibility of using JP-8 fuel also in diesel-powered ground equipment. As a second topic for further research, I will present an exploratory study on military equipment where the use of JP-8 fuel would be possible. A third topic for further research could be the content of the JP-8 fuel storage, transportation, and the definition of the operating concept.

Key words: single fuel concept, JP-8, diesel, emissions

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TUTKIMUKSEN ESITTELY	7
	2.1 Tutkimuksen tausta	7
	2.2 Puolustusvoimat.....	8
	2.3 Puolustusvoimien logistiikkalaitos	8
	2.4 Puolustushallinnon kumppanuus.....	9
	2.4.1 Puolustusvoimien strateginen kumppani	9
	2.4.2 Puolustusvoimien kumppani.....	10
	2.4.3 Puolustusvoimat palvelujen ostajana.....	10
3	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	11
	3.1 Tutkimusmenetelmät.....	11
	3.2 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys	12
	3.3 Tutkimuskysymykset	13
	3.4 Tutkimuksen kohdejoukko.....	14
	3.5 Tutkimuksen tarpeellisuus.....	14
	3.6 Tutkimuksen rajaus	16
4	JP-8 POLTTOAINE SOTILASKÄYTÖSSÄ	17
	4.1 Single Fuel Concept.....	17
	4.2 JP-8 polttoaineen tekniset ominaisuudet.....	19
	4.3 JET A-1	20
	4.4 Diesel	21
	4.5 DIESEL ja JP-8 vertailu.....	22
	4.6 JP-8 polttoaineen käyttöperiaatteet kansainvälisesti.....	24
	4.7 Ympäristövaikutukset.....	25
5	KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET	29
	5.1 Taustatiedot	29
	5.2 Nykyhetki	30
	5.3 Vaikutukset ja havainnot	31
	5.4 Tulevaisuusnäkyvä	33
6	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	34
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	42
	Liite 1. Saatekirje	42
	Liite 2. Kyselylomake	43

LYHENTEET JA TERMIT

CN	Cetane Number
DCA	Defence Cooperation Agreement
DEF STAN	Defence Standard
FSII	Fuel System Icing Inhibitor
FT	Fischer-Tropsch Process
FT-SPK	Fischer-Tropsch Synthetic Paraffinic Kerosene
HEFA	Hydrotreated Esters of Fatty Acids
HVO	Hydrotreated Vegetable Oil
JET A-1	Jet Aircraft Kerosene
JP-8	Jet Propellant 8
LIA	Lubricity Improving Additive
NATO	North Atlantic Treaty Organization
PfP	Partnership for Peace
SDA	Static Dissipator Additive
SFC	Single Fuel Concept
SPK	Synthetic Paraffinic Kerosene

1 JOHDANTO

Puolustusvoimien tehtävänä on Suomen sotilaallinen puolustaminen, kansan elinmahdollisuuksien ja valtionjohdon toimintavapauden turvaaminen sekä laillisen yhteiskuntajärjestyksen puolustaminen tarvittaessa sotilaallisilla voimakeinoin aseellisen hyökkäyksen tai sitä vastaavan ulkoisen uhan kohdistuessa Suomeen (Finlex, 2024). Suomesta tuli Naton täysjäsen 4. huhtikuuta 2023. Natoon jäsenyyden myötä Suomi on osa Naton yhteistä puolustusta. Naton yhteinen puolustus perustuu integroituun sotilaalliseen komentorakenteeseen, yhteiseen puolustussuunnitteluprosessiin sekä yhteisiin harjoituksiin. Kyseiset järjestelyt varmistavat, että Nato kykenee tarpeen vaatiessa puolustamaan jäsenvaltioitaan. (Puolustusministeriö, 2024.)

Öljyllä on ollut keskeinen rooli sotatoimissa jo 1900-luvun alkupuolelta lähtien ja toisen maailmansodan myötä sen merkitys entisestään korostui. (Bartis & Van Bibber 2011, 5.) Single Fuel Concept eli SFC kehitettiin Yhdysvalloissa 1980-luvulla taistelukentän polttoainelogistiikan yksinkertaistamiseksi. Yhdysvallat on tällä hetkellä suurin Single Fuel Conceptin käyttäjämaista, mutta myös useat muut Naton jäsenmaat käyttävät operaatioissaan samaa konseptia. Konseptin tavoitteena on maksimoida eri laitteiden yhteensopivuus lentokoneista panssarivaunuihin ja maalaitteisiin käyttämällä niissä vain yhtä polttoainelaatua.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, olisiko yhden polttoainelaadun käyttäminen mahdollista myös Puolustusvoimien raskaassa dieselkäyttöisessä ajoneuvokalustossa Naton Single Fuel Conceptin mukaisesti ja millaisia vaikutuksia sillä olisi ajoneuvokalustoon. Puolustusvoimat operoi puolustushaarasta riippuen hyvin erityyppisellä kalustolla lentokoneista, laivoihin ja panssarivaunuihin. Yhteistä eri puolustushaaroille on kuitenkin samantyyppinen raskas ajoneuvokalusto. Yhteiskunnan energiaratkaisut tulevat muuttamaan ilmastonmuutoksen vuoksi ja Puolustusvoimien on otettava tämä huomioon myös omassa toiminnassaan säilyttääkseen suorituskykynsä. (Puolustusministeriö n.d.)

2 TUTKIMUKSEN ESITTELY

Tutkimus tehtiin Puolustusvoimien logistiikkalaitokselle. Pääesikunta on myöntänyt tutkimukselle tutkimusluvan asiakirjanumerolla AU12059. Tutkimus tulee valmistuessaan olemaan tietoturvallisuusluokaltaan julkinen ja kaikki tutkimuksessa käytetty tutkimusaineisto on julkista. Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, olisiko yhden polttoainelaadun käyttäminen Puolustusvoimien raskaassa dieselkäyttöisessä ajoneuvokalustossa mahdollista ja millaisia vaikutuksia sillä olisi kalustoon. Tässä luvussa esitellään tutkimuksen taustaa ja Puolustusvoimia sekä sen kumppaneista yleisesti.

2.1 Tutkimuksen tausta

Suomi on osallistunut Naton rauhankumppanuusyhteistyöhän jo vuodesta 1994 alkaen. Kumppanuusyhteistyön keskeinen tavoite on sotilaallisen suoritus- ja yhteistoimintakyvyn kehittäminen kansallisen puolustuksen ja kansainvälisen kriisinhallinnan tarpeita ajatellen. Kuten jo aiemmin on todettu, Naton yhteinen puolustus perustuu integroituun sotilaalliseen komentorakenteeseen, yhteiseen suunnitteluprosessiin ja harjoituksiin. (Ulkoministeriö 2024.) Yhdysvaltojen asevoimilla on Euroopassa operoidessaan käytössään Single Fuel Concept polttoainelogistiikan yksinkertaistamiseksi (Weir 1996, 8).

Suomi ja Yhdysvallat solmivat vuoden 2023 lopussa Defence Cooperation Agreement-sopimuksen (DCA), jonka tavoitteena on sujuvoittaa Suomen ja Yhdysvaltojen yhteistoimintaa kaikissa turvallisuustilanteissa. DCA-sopimus käsittelee muun muassa joukkojen maahantuloon, puolustusmateriaalin varastointiin, rikosoikeudelliseen toimivaltaa sekä verotukseen liittyviä käytännön kysymyksiä. (Ulkoministeriö 2024.)

Suomen liittyminen Natoon sekä DCA-sopimuksen solmiminen Yhdysvaltojen kanssa tulee lisäämään tuntuvasti kansainvälisten harjoitusten määrää tulevaisuudessa myös Suomessa. Yhteistoiminta ja operointi tulee aiheuttamaan haasteita, jos joukkojen toimintatavat ovat hyvin erilaisia. Tutkimuksen aiheesta ei

löydy aiempaa suomenkielistä tutkimusta, mutta Yhdysvaltain asevoimien tekemiä tutkimuksia sen sijaan löytyy. Organisaation tunnistama tarve tutkimukselle sekä tutkijan pitkä työura Ilmavoimissa ja kokemukset erilaisista kansainvälisistä harjoituksista puolsivat tutkimuksen tekemistä.

2.2 Puolustusvoimat

Puolustusvoimilla on neljä laissa määriteltyä tehtävää. Näitä tehtäviä ovat Suomen sotilaallinen puolustaminen, muiden viranomaisten tukeminen, osallistuminen kansainvälisen avun antamiseen ja osallistuminen kansainväliseen sotilaalliseen kriisinhallintaan. Tavoitteena kaikissa tilanteissa on turvata kansalaisten elinolot, yhteiskunnan toimintakyky ja itsenäisyyden säilyminen. Puolustusvoimilla on käytössään reservi, jonka laajuuden ansiosta koko valtakuntaa voidaan puolustaa. (Puolustusvoimat n.d.)

Puolustusvoimien johtoesikunta on Pääesikunta, jota johtaa Puolustusvoimain komentaja. Pääesikunta valvoo Puolustusvoimille säädettyjen tehtävien suorittamista ja määrittää puolustushaarojen, Maanpuolustuskorkeakoulun ja alaiensa laitosten suorituskykyvaatimukset (Puolustusvoimat n.d). Puolustusvoimat jakaantuu kolmeen eri puolustushaaraan. Nämä puolustushaarat ovat Maavoimat, Merivoimat ja Ilmavoimat. Jokaisella puolustushaaralla on oma esikuntansa, komentajansa sekä joukko-osastoja.

2.3 Puolustusvoimien logistiikkalaitos

Puolustusvoimien logistiikkalaitos on Pääesikunnan alainen yksikkö, joka huolehtii Puolustusvoimien materiaalin hankinnoista, joukkojen, henkilöstön ja järjestelmien toimintakyvystä sekä materiaalin käyttökelpoisuudesta. Puolustusvoimien logistiikkalaitos aloitti toimintansa vuoden 2015 alussa, puolustusvoima-uudistuksen jälkeen. Logistiikkalaitoksen hallintoyksiköjä ovat esikunta, Logistiikkakoulu, Järjestelmäkeskus, Räjähdekeskus, Sotilaslääketieteenkeskus sekä 1., 2. ja 3. Logistiikkarykmentti. Puolustusvoimien logistiikkalaitoksen ydin-

tehtävänä on varmistaa Puolustusvoimien suorituskykyjen tehokas käyttö ja operaatioiden toimeenpano kaikissa olosuhteissa. Logistiikkalaitos tukee vuosittain noin kahdeksaakymmentä kansainvälistä harjoitusta niin kotimaassa kuin ulkomailla, satoja kansallisia harjoituksia ja useita kansainvälisiä operaatioita ulkomailla. (Puolustusvoimat n.d.)

2.4 Puolustushallinnon kumppanuus

Puolustusvoimat keskittyy ydintoimintaansa eli sotilaalliseen maanpuolustukseen. Tukitoimintojen osalta kehitetään ja laajennetaan verkottumiseen ja yhteistyöhön perustuvaa toimintamallia. Tavoitteena on kytkeä muu yhteiskunta toimijoihin ja resursseihin mukaan sotilaalliseen maanpuolustukseen jo rauhan aikana ja siten parantaa Puolustusvoimien valmiutta toimia poikkeusoloissa. (Puolustusministeriö n.d.) Puolustusvoimien kumppanuuksia on kolmenlaisia. Syvällisin näistä on strateginen kumppanuus, toiseksi syvällisin on kumppanuus tai viimeisin kumppanuuksista on palvelujen ostaminen.

2.4.1 Puolustusvoimien strateginen kumppani

Strateginen kumppanuus on vaihtoehto Puolustusvoimien omalle palveluntuotannolle. Strategisella kumppanuudella tarkoitetaan Puolustusvoimien ja yksityisen sektorin palvelun tuottajan välistä pitkäaikaista palveluiden tai työsuoritteiden tuottamista koskevaa suhdetta, joka perustuu keskinäiseen luottamukseen, avoimeen informaation vaihtoon sekä jatkuvuuteen. (Puolustusvoimien logistiikkalaitos n.d.)

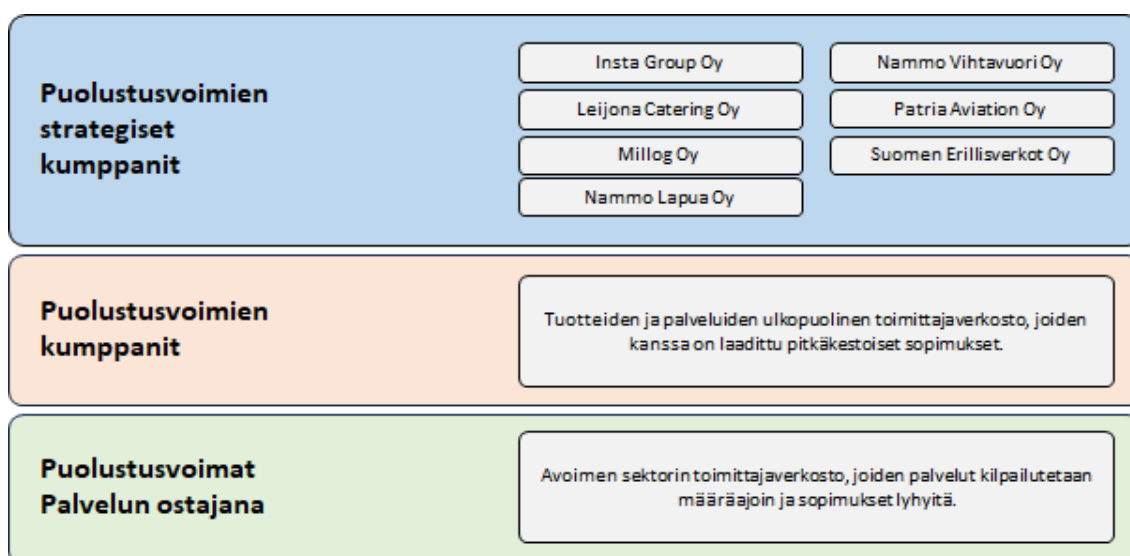
Strategisen kumppanin kanssa solmitaan aina sotataloussopimus ja strategisessa kumppanuudessa toimittaja toteuttaa Puolustusvoimille rauhan aikana ja poikkeusoloissa samoja palveluja ja työsuoritteita. (Puolustusministeriö n.d.) Kuviossa 1 on esitetty Puolustusvoimien eritasoisia kumppanuuksia. Kuviossa 1 nähdään, että Puolustusvoimien strategisia kumppaneita ovat Insta Group Oy, Leijona Catering Oy, Millog Oy, Nammo Lapua Oy, Nammo Vihtavuori Oy, Patria Aviation Oy ja Suomen Erillisverkot. (Puolustusvoimien logistiikkalaitos n.d.)

2.4.2 Puolustusvoimien kumppani

Kumppanuudella tarkoitetaan Puolustusvoimien oman organisaation aiemmin tuottamien tuotteiden tai palveluiden hankkimista ulkopuoliselta toimittajalta. Kuviossa 1 nähdään, että tällaisen toimittajan kanssa solmitaan pitkäaikainen yhteistyösuhde, joka jatkuu pääsääntöisesti myös poikkeusolojen aikana. Kumppanuus kilpailutetaan määräajoin, mutta lähtökohtaisesti sopimuskaudet ovat pitkiä. Kumppanuus eroaa strategisesta kumppanuudesta lähinnä poikkeusoloihin varautumisen osalta. Lähtökohtana on kuitenkin sopimukseen perustuva pitkäaikainen yhteistyösuhde, joka jatkuu pääsääntöisesti myös poikkeusolojen aikana. Kumppanuus ei kuitenkaan sisällä valmiuteen tai poikkeusolojen toimintaan liittyviä merkittäviä erityisvaatimuksia. (Puolustusministeriö n.d.)

2.4.3 Puolustusvoimat palvelujen ostajana

Palveluiden ostaminen tarkoittaa järjestelyä, jossa aiemmin Puolustusvoimien oman organisaation tuottamia tuotteita tai palveluita hankitaan ulkopuoliselta, avoimen sektorin toimittajalta. Kuviossa 1 nähdään, että palvelun ostaminen kilpailutetaan määräajoin ja sopimuskaudet ovat kestoiltaan enintään muutamia vuosia tai sitten palveluja hankitaan yksittäistapauksina kilpailuttamalla. (Puolustusministeriö n.d.)



KUVIO 1. Puolustusvoimien kumppanuudet

3 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa esitetään tämän tutkimuksen hypoteesi ja keskeisimmät tutkimusmenetelmät sekä avataan tutkimuksen toteuttamisen eri vaiheita teoreettisen viitekehyksen avulla. Tutkimuksen hypoteesina on, että JP-8 polttoaineen käytön laajentaminen Puolustusvoimien raskaaseen ajoneuvokalustoon sisältää riskejä, kuten moottoreiden nopeampaa kulumista ja kunnossapitotarpeiden kasvua.

3.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön tutkimusstrategiaksi valikoitui monimenetelmä tutkimus. Pää-tutkimusmenetelminä tässä tutkimuksessa käytettiin kyselytutkimusta ja kirjallisuustutkimusta. Kyselytutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään laaja-alaisesti mitä tulisi huomioida JP-8 polttoaineen käytön laajentamisessa Puolustusvoimien raskaaseen ajoneuvokalustoon ja ovatko kyselyyn vastaajat huomioineet tämän mahdollisuuden omassa liiketoiminnassaan. Tutkimusta analysoitiin laadullisen sisällönanalyysin keinoin.

Kirjallisuustutkimus on tutkimustyyppi, jossa tutkimusta tehdään lähdekirjallisuutta analysoimalla. Kirjallisuustutkimus voidaan myös yhdistää samassa opinnäytteessä johonkin toiseen tiedonhankintamenetelmään, kuten esimerkiksi kyselytutkimukseen. Kirjallisuustutkimuksessa tarkastellaan valittua ilmiötä koostamalla ja analysoimalla ilmiötä koskevaa kirjallisuutta. Kirjallisuustutkimus on menetelmänä varsin joustava erilaisten tutkimusnäkökulmien suhteen. (Aalto-yliopisto 2021.) Tässä tutkimuksessa kirjallisuustutkimus toimi tutkimuksen perustana ja sen avulla perehdyttiin JP-8 polttoaineen käyttöperiaatteisiin, taustoihin sekä teknisiin ominaisuuksiin.

Tutkimuksen empiirisessä osassa käytettiin survey-kyselyä. Suunnitelmallista kysely- tai haastattelututkimusta nimitetään survey-tutkimukseksi. Se on tehokas ja taloudellinen tapa kerätä tietoa silloin, kun tutkittavia on paljon. Survey-tutkimuksen aineisto kerätään tutkimuslomaketta käyttäen. (Heikkilä 2017,17.)

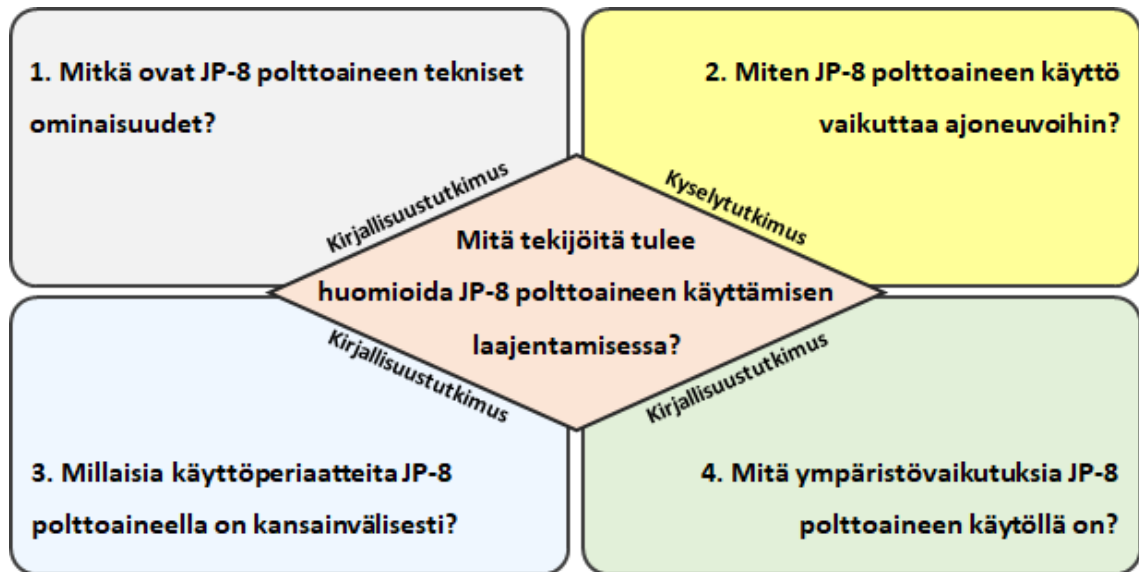
Survey-tutkimus on kysely- tai haastattelumenetelmällä toteutettu tutkimus, joka kohdistuu suureen määrään satunnaisotannalla valittuja tutkimuskohteita (Tilastokeskus, n.d.). Kyselytutkimukset mielletään enimmäkseen määrälliseksi tutkimukseksi, mutta tämä tutkimus oli pääpiirteittäin kvalitatiivinen tutkimus. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimus valikoitui tutkimusstrategiaksi, koska kyselytutkimuksen otanta oli melko pieni. Kyselytutkimuksen lomakkeessa oli sekä avoimia että suljettuja osioita. Avoimeen osioon sai vastata vapaa-muotoisesti, kun taas suljetun osion vastausvaihtoehdot oli valmiiksi annettu. Kyselytutkimuksen onnistumisen kannalta kyselyä luodessa on pidettävä mielessä kyselyn reliabiliteetti ja validiteetti. Reliabiliteetilla tarkoitetaan kyselyn luotettavuutta tai toistettavuutta, eli toisin sanoen miten tarkasti jotakin asiaa mitataan. Validiteetti taas kertoo mitataanko sitä, mitä piti, eli se on mittauksen pätevyys. (Vehkalahti 2014, 24, 41).

Sisällönanalyysi on perusanalyysimenetelmä, jota voidaan käyttää kaikissa laadullisen tutkimuksen perinteissä. Kyselytutkimuksen avoimet kysymykset ryhmiteltiin esiin nousseiden teemojen mukaisesti ja analysoitiin sisällönanalyysin keinoin. Sisällönanalyysin avulla voidaan analysoida dokumentteja systemaattisesti ja objektiivisesti. Dokumentti voi tarkoittaa tässä yhteydessä miltei mitä tahansa kirjalliseen muotoon saatettua materiaalia kuten kirjaa, artikkelia tai haastattelua. Sisällönanalyysia voi pitää paitsi yksittäisenä metodina myös väljänä teoreettisena kehyksenä, joka voidaan liittää erilaisiin analyysikokonaisuuksiin. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 103, 117.)

3.2 Tutkimuksen teoreettinen viitekehys

Kuviossa 2 on esitetty tutkimuksen teoreettinen viitekehys. Viitekehyksessä on kuvattu tutkimuksen kulku. Kuvioista 2 nähdään, että kirjallisuustutkimuksen avulla pyrittiin selvittämään JP-8 polttoaineen tekniset ominaisuudet, kansainväliset käyttöperiaatteet ja sen, millaisia ympäristövaikutuksia JP-8 polttoaineen käyttämisellä on. Kyselytutkimuksen avulla selvitettiin miten JP-8 polttoaineen käyttö mahdollisesti vaikuttaa ajoneuvoihin ja ovatko ajoneuvojen valmistajat mahdollisesti huomioineet sen käyttämisen kalustossaan. Tutkimuksen pää-

tarkoituksena oli saada vastaus siihen, mitä tekijöitä tulee huomioida JP-8 polttoaineen käytön laajentamisessa Puolustusvoimien raskaaseen kuljetuskalustoon.



KUVIO 2. Tutkimuksen viitekehys

3.3 Tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön päätutkimuskysymykseksi muotoutui seuraava: mitä tekijöitä tulee huomioida JP-8 polttoaineen käyttämisen laajentamisessa?

Tutkimus tehtiin Puolustusvoimille, tarkemmin sanottuna Puolustusvoimien logistiikkalaitokselle. Puolustusvoimien toiminta on puolustushaarasta riippumatta ollut jo ennen Nato jäsenyyttä monin tavoin Nato-yhteensopivaa. Ilmastonmuutos, öljyvarantojen väheneminen ja huoli poliittisesta turvallisuudesta öljyn tuotantoalueilla ovat kasvattaneet Natossa ja sen jäsenmaissa kuitenkin tarpeen tutkia vaihtoehtoisia polttoainelaatuja.

Päätutkimuskysymyksen ratkaisua tuetaan neljän apukysymyksen avulla. Opinnäytetyöni apukysymykset ovat seuraavia:

- mitkä ovat JP-8 polttoaineen tekniset ominaisuudet?
- miten JP-8 polttoaineen käyttö vaikuttaa ajoneuvoihin?
- millaisia käyttöperiaatteita JP-8 polttoaineella on kansainvälisesti?
- mitä ympäristövaikutuksia JP-8 polttoaineen käytöllä on?

3.4 Tutkimuksen kohdejoukko

Tutkimuksen sidosryhmäanalyysin perusteella kyselytutkimuksen kohdejoukoksi valikoitui kaksi Puolustusvoimien kumppania raskaan ajoneuvokaluston osalta. Kyselytutkimuksen otanta oli melko pieni, mutta vastausprosenttia pyrittiin vahvistamaan olemalla etukäteen yhteyksissä kohdejoukon yritysten edustajiin ja tiedustelemalla heidän suostumustaan kyselyyn. Tämän jälkeen kohdejoukon edustajille lähetettiin sähköpostitse saatekirje (Liite 1), jonka mukana oli linkki Microsoft Forms- kyselyyn (Liite 2). Kysely toteutettiin anonyyminä nettikyselynä, eikä vastauksista näin ollen ollut mahdollista päätellä vastaajaa. Kyselytutkimuksessa luottamuksellisuus ja luotettavuus on ensiarvoisen tärkeää, koska kyselyyn vastaajien mahdollisia liiketoimintaa koskevia salaisuuksia ei haluta missään tilanteessa paljastaa.

Kyselytutkimuksessa tiedonkeruu tapahtuu kyselylomakkeella ja tämän vuoksi kysymysten asetteluun ja sisältöön on paneuduttava huolellisesti. Koko tutkimuksen onnistuminen riippuu mitä suurimmassa määrin lomakkeesta ja ratkaisevaa on se, että kysytäänkö sisällöllisesti oikeita kysymyksiä mielekkäällä tavalla. Kyselytutkimuksen mittausvaiheeseen kannattaa panostaa, sillä siinä tehtyjä virheitä ei voi korjata millään analyysimenetelmillä. Hyvä kyselylomake on kokonaisuus, jossa toteutuvat sekä sisällölliset että tilastolliset näkökulmat. (Vehkalahti 2014, 20.)

3.5 Tutkimuksen tarpeellisuus

Suomen Nato- jäsenyyden myötä kansainvälinen harjoitustoiminta on lisääntynyt merkittävästi. Liittoutumisen myötä Suomi osallistuu harjoituksiin, joissa harjoitellaan toimintaa osana liittokunnan komento- ja joukkorakennetta. Tämän vuoksi Naton päätehtävien mukaiset harjoitukset ovat jatkossa osa normaalia harjoitustoimintaa, johon osallistuminen on Suomen velvollisuus osana Natoa. (Puolustusvoimat 2024.)

Naton jäsenmailla on käytössään niin sanottu Single Fuel Concept, joka tarkoittaa sitä, että JP-8 polttoainelaatua tankataan sotilasilma-alusten lisäksi dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin ja maalaitteisiin. Single Fuel Concept on kehitetty aikaan öljytuotteiden logistisen toimitusketjun yksinkertaistamiseksi taistelukenttäolosuhteissa. Puolustusvoimat käyttää tällä hetkellä kalustossaan 3-4 erilaista polttoainelaatua.

Suomi on ollut jo ennen liittymistään Natoon monin tavoin Nato-yhteensopiva, mutta tulevaisuudessa Suomen integraatio Natoon tulee vielä entisestään syvennymään muun muassa yhteisen harjoitustoiminnan myötä. Samanlaiset toimintatavat yhteisissä harjoituksissa, esimerkiksi amerikkalaisten joukkojen kanssa, vähentävät kitkaa ja helpottavat yhteistoiminnan sujumista.

Otettaessa erilaisia polttoaineita käyttöön on huomioitava myös ympäristönäkökulma. Fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia ja ehtyviä luonnonvaroja ja öljyn arvellaan riittävän nykykulutuksella noin 40 vuodeksi (Opetushallitus 2024). Myös Nato joutuu ottamaan huomioon fossiilisten polttoaineiden tulevaisuuden varmistamiseen toimintansa jatkuvuutta.

Tutkijan pitkä kokemus Ilmavoimien organisaatiosta ja monikansallisiin harjoituksiin osallistumisesta antoi idean tähän opinnäytetyöhön. Tutkimukselle nähtiin selkeä tarve etenkin Ilmavoimien ympäristössä, koska Ilmavoimat on Suomessa JP-8 polttoaineen pääkäyttäjä. Tutkimuksen avulla haluttiin saada selville, mitä hyötyä tai haittaa Puolustusvoimille voisi olla Single Fuel Conceptin käytöstä ja mitä etuja mahdollisesti voitaisiin saavuttaa yhden polttoainelaadun käyttämisellä.

Tutkimuksen tietoturvaluokitus tulee valmistuessaan olemaan julkinen ja kaikki tutkimuksessa käytetty lähdemateriaali on julkista. Tutkimustyön aiheesta löytyi ennestään jonkin verran tutkimustietoa ja kirjallisuutta, mutta ei julkiseksi luokiteltua suomenkielistä kirjallisuutta. Tiedonkeruuvaiheessa havaittiin, että Single Fuel Conceptista löytyi vain yksi Euroopassa tehty ja julkaistu tutkimus. On täysin mahdollista ja hyvin todennäköistäkin, että tutkimuksia on tehty vuosien saatossa myös Euroopassa, mutta ne voitu tehdä asevoimien omaan käyttöön ja luokiteltu

tietoturvallisuusluokaltaan korkeammaksi. Valtaosa aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta oli englanninkielistä, ja se pohjautui monin paikoin Yhdysvaltojen asevoimien ja Naton omiin raportteihin. Single Fuel Conceptin perustamisesta lähtien sen käyttöönottoa on edistetty Naton jäsenmaiden ja kumppanimaisen toimesta lukuisten erilaisten tutkimusten ja testausten muodossa (NATO Logistics Handbook 2012).

3.6 Tutkimuksen rajaus

Tutkimus rajattiin koskemaan Puolustusvoimilla tällä hetkellä käytössä olevaa raskasta ajoneuvokalustoa. Tutkimuksen ulkopuolelle jätettiin kaikki käytössä olevat maalaitteet ja generaattorit. Tässä tutkimuksessa ei myöskään otettu kantaa polttoaineen varastointi- tai jakelukysymyksiin. Kyselytutkimus toteutettiin Puolustusvoimille raskasta kalustoa toimittavalle tai toimittaneille yrityksille. Kyselytutkimuksen onnistumisen varmistamiseksi, tutkimukseen valikoituneihin yrityksiin oltiin sähköpostitse yhteyksissä ennen kyselyn lähettämistä ja tiedusteltiin mahdollisuutta ja halukkuutta osallistua kyselytutkimukseen.

Kyselytutkimus oli kertaluonteinen ja rajauksen avulla otanta pysyi pienenä sekä hallittavana. Toisaalta pieni otanta voi aiheuttaa myös haasteita riittävän aineiston aikaansaamiseksi. Tutkimuksen avulla pyrittiin saamaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti selville niin hyödyt kuin haitatkin JP-8 polttoaineen käyttämisessä dieselpolttoaineen sijasta ja sen vaikutukset Puolustusvoimien raskaaseen ajoneuvokalustoon.

4 JP-8 POLTTOAINE SOTILASKÄYTÖSSÄ

Tässä luvussa keskiöön nostetaan Naton Single Fuel Concept sekä tutustutaan JP-8 polttoaineen ja dieselpolttoaineen teknisiin ominaisuuksiin. Luvussa 4 myös avataan JP-8 polttoaineen kansainvälisiä käyttöperiaatteita ja tarkastellaan JP-8 polttoaineen ja dieselpolttoaineen ympäristövaikutuksia sekä vertaillaan niitä keskenään. Luku 4 vastataan tutkimuskysymyksiin mitkä ovat JP-8 polttoaineen tekniset ominaisuudet, millaisia käyttöperiaatteita JP-8 polttoaineella on kansainvälisesti ja mitä ympäristövaikutuksia JP-8 polttoaineen käytöllä on.

4.1 Single Fuel Concept

Ajatus yhden polttoainelaadun käyttämisestä sotilaskäytössä sai alkunsa toisen maailmansodan jälkeen Yhdysvaltain armeijan toimesta. Myöhemmin myös Naton jäsenmaat halusivat yksinkertaistaa polttoainelogistiikkaansa ja tämän seurauksena syntyi Single Fuel Concept, eli SFC. Vuonna 1988 Naton jäsenmaat sopivat yhteisesti ottavansa Single Fuel Conceptin pitkän tähtäimen tavoitteekseen. JP-8, jota oli jo aiemmin käytetty lentopolttoaineena, valikoitui käytettäväksi polttoaineeksi ja dieselpolttoaine korvattiin JP-8 polttoaineella dieselmootoreissa. (Lee & Bae 2011, 1762.)

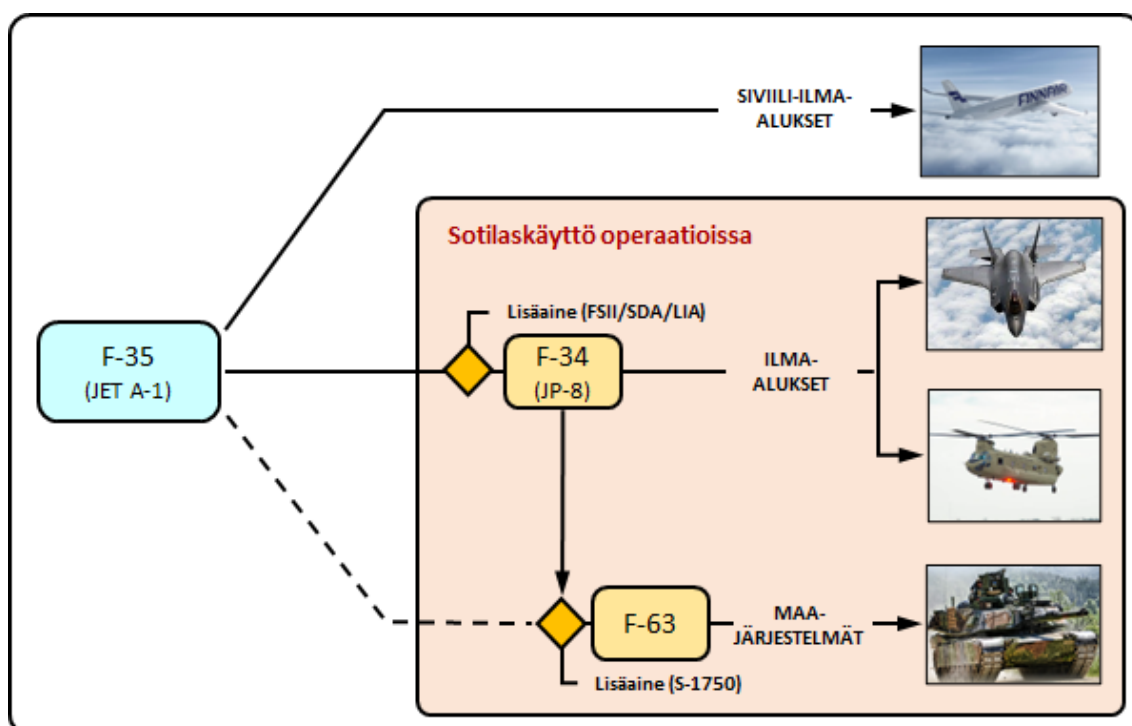
Single Fuel Conceptin tavoitteena on ollut maksimoida laitteiden yhteensopivuus JP-8 polttoaineen käytölle siten, että JP-8 polttoainetta käytetään taistelukentällä dieselmootorilla varustetuissa maakulkuneuvoissa, erilaisissa maalaitteissa sekä maahan tukeutuvissa sotilaslentokoneissa. Single Fuel Concept on tarkoitettu sovellettavaksi kaikkialla missä liittouman joukkoja käytetään, kuten esimerkiksi rauhanturvatehtävissä ja kriisinhallintaoperaatioissa. (NATO Logistics Handbook 1997.)

JP-8 polttoainetta käytetään ensisijaisesti lentopolttoaineena, mutta sitä voidaan käyttää myös muussa turbiinalustossa dieselpolttoaineen sijasta (Weir 1996, 11). JP-8 polttoaine on sotilaskäyttöön tarkoitettu vastine siviilipolttoaineelle

JET A-1 ja Naton jäsenmaat operoivat tällä hetkellä Single Fuel Conceptin periaatteiden mukaisesti. Yhdysvaltain armeijan käyttämästä polttoaineesta jopa 65 prosenttia on JP-8 polttoainetta. (Bartis & Van Bibber 2011, 6.)

Kuviossa 3 on esitetty Naton Single Fuel Conceptin karkea toimintaperiaate. Kuviossa 3 nähdään, että siviili-ilma-aluksiin tarkoitettu JET A-1 (Nato-koodi F-35) toimii koko konseptin perustana. Sotilaskäyttöön ja nimenomaan sotilasilma-aluksiin tarkoitettua polttoainetta saadaan valmistettua lisäämällä JET A-1 polttoaineeseen lisäaineita FSII, SDA ja LIA. Tällöin polttoaineen nimeksi tulee JP-8 (Nato-koodi F-34).

Kuviossa 3 myös nähdään, että sotilaskäyttöön tarkoitettujen maajärjestelmien polttoainetta voidaan valmistaa lisääineistämisen kautta. Lisäämällä joko JET A-1 tai JP-8 polttoaineeseen lisäainetta S-1750, saadaan polttoainelaatu F-63, joka sisältää kulumisenestoainetta ja setaaniarvon korotusainetta.



KUVIO 3. Single Fuel Conceptin toimintaperiaate

Single Fuel Conceptista on saatu tähän mennessä paljon erilaisia kokemuksia. Yksi merkittävistä eduista on ollut polttoaineen toimitusketjun yksinkertaistuminen. Yhden polttoainelaadun käyttämisellä on kiistattomat logistiset hyödyt taistelukentällä ja yhtä polttoainelaatua on huomattavasti helpompi hallita kuin

useita polttoainelaatuja. Yhden polttoainelaadun käyttäminen pienentää myös luonnollisesti mahdollisuutta tankata väärää polttoainetta kalustoon. Single Fuel Conceptin avulla polttoaineen varastointi, kuljetus ja jakelu voidaan räätälöidä tehokkaasti. (Weir 1996, 9.)

Single Fuel Conceptin käyttöönotto on aiheuttanut myös huolia ja haasteita. Sen käytön vaikutuksia dieselmootoreihin on tutkittu laajasti. Yksi huolta aiheuttaneista asioista on ollut turvallisuus. JP-8 polttoaineen leimahduspiste on pienempi kuin dieselpolttoaineella, joten sen katsotaan olevan vaarallisempaa kuin dieselin. Tietyissä dieselmootoreissa on myös havaittu öljy- ja polttoainesuodattamien tukkeutumista. JP-8 polttoaineen käytön on havaittu saattavan tukkia öljy- ja polttoainesuodattimia sekä polttoainesuuttimia. Toisaalta tämän on sanottu johtuvan osittain siitä, että lentokerosiinilla on moottoria puhdistava vaikutus ja sellaiset moottorit, joita ei ole huollettu asianmukaisesti, saattavat käytön seurauksena tukkeutua. JP-8 polttoaineen puhdistava ominaisuus johtuu sen sisältämistä lisäaineista. (Weir 1996, 12.)

JP-8 polttoaineen voitelevuus moottorissa on huonompi kuin dieselpolttoaineen, joten se saattaa aiheuttaa moottorissa nopeampaa kulumista ja siten lisääntyneitä huoltamisen tarvetta. Kerosiini sisältää rikkiä ja esimerkiksi JET A-1 sisältää saa sisältää rikkiä maksimissaan 0.3 massaprosenttia standardin ASTM-D1655 mukaisesti, kun taas EN 590 dieselille rikin maksimiarvo on 0.001 massaprosenttia. Kerosiinin korkea rikkipitoisuus saattaa aiheuttaa moderneissa moottoreissa esimerkiksi pakokaasun jälkikäsitteilylaitteiston vaurioitumista. (VTT 2023.) Taistelussa ilmastonmuutosta vastaan myös Nato joutuu tarkastelemaan ja uudistamaan omia periaatteitaan ja toimintatapojaan. Naton jäsenmaiden täytyy saavuttaa yhteisymmärrys ilmastotavoitteistaan sekä käyttämistään polttoainelaaduista, jotta ne voivat olla toiminnoiltaan yhteensopivia eikä Naton sotilaallinen toiminta pääse missään olosuhteissa vaarantumaan.

4.2 JP-8 polttoaineen tekniset ominaisuudet

JP-8 on lentokerosiini, jota tuotetaan siviililentopolttoaineesta JET A-1 lisäämällä siihen kolmea eri komponenttia. Näitä komponentteja ovat staattisuuden poistaja

(Static Dissipator Additive, SDA), voiteluaine (Lubricity Improving Additive, LIA) ja jäänestoaine (Fuel System Icing Inhibitor, FSII). JET A-1 kerosiin ja lisäaineen seos on kansainvälisesti hyväksytty lentopolttoainetyyppi, jonka tuotenimike on JP-8 (Oja 2007, 12).

Polttoaine ja sen sisältämät lisäaineet on tarkoitettu sotilaskäyttöön ja vastaamaan eri asejärjestelmien vaatimuksiin, kuten erilaisiin sotilaslentokoneisiin ja niiden moottoreihin. JP-8 polttoaine on tarkoitettu lentokoneisiin ja maakäyttöiseen turbiinikalustoon, mutta sitä voidaan käyttää myös dieselmootoreissa, jos siihen on saatu lupa. JP-8 on Nato-koodiltaan F-34 ja sen yhdysvaltalainen standardi on MIL-DTL-83133K. JP-8 kerosiini on tarkoitettu käytettäväksi lentokoneiden turbiinimootoreissa. (MIL-D-83133K.) Käytännössä ainoa ero JET A-1:n ja JP-8:n välillä on lisäaineen lisäys. (Fernandes & Fuschetto & Filipi & Assanis & McKee 2007, 958.)

4.3 JET A-1

JET A-1 on lentopetroli tai lentokerosiini, joka on tarkoitettu lentokoneiden turbiinimootoreille. JET A-1 lentopetrolin Nato-koodi on F-35. Lentopetroli on muodostunut sekä siviili- että sotilasilmailun tärkeimmäksi polttoaineeksi. Siviili- ja sotilasilmailussa laatuvaatimukset lentopetrolin suhteen ovat täysin samanlaisia. (Oja 2007, 10). Lentopetrolilla on kuitenkin useita nimiä ja erilaisia lyhenteitä. Myös polttoaineiden koostumuksissa on hieman eroavaisuuksia standardista riippuen. Yleisimpiä standardeja kerosiinille ovat

- ASTM D1655
- DEF STAN 91-91
- MIL-DTL-81133K
- ASTM D7655. (VTT 2023.)

ASTM D1655 on kerosiin JET A-1 ja JET A standardi, joka sallii lähtökohtaisesti vain fossiilisista raaka-aineista valmistetun tuotteen. Muiden komponenttien, kuten esimerkiksi uusiutuvien energialähteiden sekoittaminen on mahdollista ASTM D7566 standardin mukaisesti, jolloin lopputuote täyttää ASTM D1655 standardin

vaatimukset. Sekoitettavia komponentteja saa olla kuitenkin korkeintaan 50 prosenttia tai 10 prosenttia, riippuen sekoitettavasta komponentista. ASTM D7566 on syntetisoidusta hiilivedystä valmistetun kerosiin standardi. (VTT 2023.)

DEF STAN 91-91 on kerosiin JET A-1 tai Nato-koodin F-35 brittiläinen standardi. MII-DTL-83133K on muun muassa kerosiin Nato-koodin F-34 (JP-8) yhdysvaltalainen standardi. MIL-DTL-83133K sallii synteettisten komponenttien lisäämisen 50 prosentin pitoisuuteen asti. Sekoitettava komponentti voi tällöin olla FT-SPK tai HEFA-SPK. FT ja HEFA ovat sertifioituja tuotantomenetelmiä, joille annetaan vaatimukset standardissa ASTM D7566. (Heiskanen 2017, 3).

FT tarkoittaa Fischer-Tropsch synteesiä, jonka avulla pystytään valmistamaan hiilivetyjä. Synteesimenetelmän kehittivät aikanaan kaksi saksalaista tutkijaa Frans Fischer ja Hans Tropsch vuonna 1925 (Åman 2017, 2). Menetelmän raaka-aine voi olla joko fossiilinen tai biopohjainen (VTT 2023). HEFA tarkoittaa Hydrotreated Esters of Fatty Acids eli vetykäsiteltyjä estereitä ja rasvahappoja. SPK tulee sanoista Synthetic Paraffinic Kerosene eli syntetisoitu parafiininen kerosiini. (Heiskanen 2017, 4.)

4.4 Diesel

Dieselöljy on maaöljytuotteiden ja lisäaineiden seos, joka koostuu pääasiassa C9-C25 hiilivedyistä. Se on merkittävin raskaan kuljetuskaluston voimanlähde ja on toinen tärkeä polttoaine moottoribensiinin ohella. Dieselöljy on sitä yleisemmin käytetty polttoaine mitä suuremmasta ajoneuvosta on kyse ja mitä enemmän sillä ajetaan (Motiva 2024). Dieselpolttoaineelta vaaditaan korkeita laatuvaatimuksia. Polttoaineiden laatudirektiivi määrittelee pakokaasujen kannalta dieselin keskeisimmät polttoaineparametrit. Polttoaineiden standardit sen sijaan määrittelevät polttoaineiden toiminnallisuuden parametrit. (Tyynelä 2019, 19.)

Dieselpolttoaineille on olemassa yksi yleinen eurooppalainen standardi, EN 590, joka määrittelee tarkasti polttoaineen ominaisuudet, kuten esimerkiksi pakokaasujen osalta dieselin keskeisimmät polttoaineparametrit. Nykypäivänä fossii-

lisistä lähteistä jalostettu dieselpolttoaine ei ole kuitenkaan enää ainoa vaihtoehto, vaan ja tietyin poikkeuksin fossiilisen polttoaineen seassa voidaan käyttää eri menetelmillä valmistettuja komponentteja, kuten esimerkiksi biopohjaisia komponentteja, täyttämään standardien vaatimukset.

Yksi dieselkomponentteja sisältävä EN-standardi on EN 15940, joka on parafiinisen dieselin standardi. EN 15940 standardin mukaan parafiininen diesel voidaan valmistaa eri raaka-aineista joko HVO-prosessilla tai FT-prosessilla. (VTT 2023.) HVO lyhenne tarkoittaa Hydrotreated Vegetable Oil, joka tarkoittaa kasviöljy- tai eläinrasvapohjaisista raaka-ainesta vetykäsittelytekniikalla valmistamista (Tyynele 2019, 25).

4.5 DIESEL ja JP-8 vertailu

JP-8 polttoaineen käytön vaikutuksia dieselmoottorin suorituskykyyn ja päästöihin ei vielä täysin ymmärretä. Tiedetään, että JP-8 polttoaineella on huomattavasti pienempi tiheys kuin dieselillä. Pienempi tiheys johtaa pienempään moottorin tehoon ja vaikuttaa suoranaisesti polttoaineen kulutukseen. Polttoaineen koostumuksella taas on suuri vaikutus päästöjen laatuun ja määrään. Polttoaineen eri ominaisuuksien, kuten esimerkiksi tiheyden, setaaniluvun ja rikki- ja aromaattipitoisuuksien on osoitettu vaikuttavan suoraan polttoaineen palamiseen ja sitä kautta päästöihin. Jotkut näistä ominaisuuksista ovat riippuvaisia toisistaan ja on hyvin vaikea määritellä täysin niiden vaikutuksia toisiinsa. (Fernandes ym. 2007, 958.)

Taulukossa 1 on esitetty vertailu JP-8 polttoaineen ja dieselpolttoaineen ominaisuuksien välillä. Taulukosta 1 nähdään, että JP-8 polttoaineen on tiheys on matalampi kuin dieselpolttoaineella, mutta taas vastaavasti lämpöarvo on hieman korkeampi. JP-8 polttoaineen setaaniluku on pienempi verrattuna dieselpolttoaineeseen.

TAULUKKO 1. Ominaisuuksien vertailu (Fernandes ym. 2007, 959, muokattu).

Ominaisuus	Yksikkö	Diesel	JP-8
Setaaniluku	-	51	45
Tiheys, 15°C	kg/m ³	840	805
Viskositeetti, 40°C	mm ² /s	2.6	1.4
Lämpöarvo	MJ/kg	42.9	43.4
Leimahduspiste	°C	>55	≥ 38

Setaaniluku on kriittinen ominaisuus, joka kuvaa dieselpolttoaineen palamisen nopeutta. Mitä korkeampi setaaniluku, sitä nopeampi ja täydellisempi palaminen. Setaanilukuun vaikuttaa muun muassa hiiliketjun pituus ja rakenne. Lyhyiden hiiliketjujen polttoaineilla, kuten esimerkiksi kerosiinilla, on yleensä matala setaaniluku. (VTT 2023.) Polttoaineen setaaniluku kuvaa myös polttoaineen taipumusta itsesyttymiseen. Toisin sanoen, se antaa arvon sytytysviiveestä tai polttoaineen ruiskutuksen alusta palamisen alkuun. Mitä matalampi setaaniluku on, sitä pidempi on sytytysviive. (Fernandes ym. 2007, 959.)

Kokonaistiheys on polttoaineen koostumuksen funktio. Tämän vuoksi tiheyden ja muiden polttoaineparametrien välillä kuten setaaniluvulla, viskositeetilla, volatiliiteetillä ja tislusominaisuuksien välillä on epäsuora suhde. (Fernandes ym. 2007, 959.) Tiheys on moottorin polttoainejärjestelmän suunnitteluparametri. Matalampi tiheys lisää tilavuusperustaista polttoaineen kulutusta, ellei tätä kompensoida korkeammalla lämpöarvolla. (VTT 2023.)

Viskositeetti kuvaa polttoaineen juoksevuuutta. Viskositeetti vaikuttaa luonnollisesti polttoaineen pumpattavuuteen, polttoainesuuttimen suihkun muodostumiseen ja polttoaineen kykyyn voidella pumppua. Matalan viskositeetin polttoaine on juoksevampaa kuin korkeamman viskositeetin. Viskositeetti vaikuttaa polttoaineen pumppaukseen ja polttoainesuuttimien toimintaan ja on siten merkittävä ominaisuus. (VTT 2023.) Viskositeetti vaikuttaa myös polttoaineen ruiskutus-pumpun ja ruiskutusjärjestelmän suorituskykyyn. Matala viskositeetti saattaa aiheuttaa polttoainepumpun nopeampaa kulumista, koska samalla voitelukyky myös pienenee. (Fernandes ym. 2007, 958.)

Lämpöarvo on kriittinen ominaisuus ja kuvaa polttoaineen palamisesta vapautuvaa energiaa. Kun lämpöarvo on korkeampi, polttoaineen kulutus on tällöin pienempi. Polttoaineen lämpöarvon tulee olla riittävä, jotta polttoaine palaa moottorissa kuten on suunniteltu. (VTT 2023.) Leimahduspiste on alin lämpötila, jossa normaalissa ilmanpaineessa oleva neste höyrystyy niin, että kohdatessaan liekki se leimahtaa. Leimahduspiste kuvaa aineen herkkyyttä muodostaa ilman kanssa syttyvä seos. (Kukko 2018, 27.) Voidaan siis todeta, että leimahduspiste on polttoaineen maksimi lämpötila turvalliseen käsittelyyn ja varastointiin ilman vakavaa syttymisriskiä (VTT 2023).

4.6 JP-8 polttoaineen käyttöperiaatteet kansainvälisesti

Tutkimuksen tiedonkeruuvaiheessa havaittiin, että JP-8 polttoaineen kansainvälisistä käyttöperiaatteista ja erityisesti Single Fuel Conceptin näkökulmasta oli hyvin vaikea löytää tietoa julkisista lähteistä. Tietoa kerätessä onnistuttiin kuitenkin löytämään muutamia raportteja Yhdysvaltojen ja Kroatian asevoimien kokemuksista JP-8 polttoaineen käytöstä raskaan ajoneuvokaluston moottoreissa. Asiaa on mahdollisesti tutkittu myös muiden Naton jäsenmaiden keskuudessa, mutta tietoa ei ole käytettävissä tässä tutkimuksessa esimerkiksi tietoturvaluokituksista johtuen.

JP-8 polttoaine on tarkoitettu sotilaskäyttöön ja alun perin nimenomaan sotilaslentokoneiden käyttöön. Single Fuel Conceptin myötä JP-8 polttoaineen käyttötarkoitus laajeni, koska taistelulentokoneiden polttoainelogistiikkaa haluttiin yksinkertaistaa. Tällä hetkellä sitä käytetään maailmanlaajuisesti eri ilmavoimien ja maa-voimien lentävässä kalustossa, mutta JP-8 polttoainetta käytetään myös US Navyn lentävässä kalustossa, joka ei tukeudu aluksille. Yhdysvallat on tällä hetkellä suurin JP-8 polttoaineen käyttäjämaa. Maailmanlaajuisesti JP-8 polttoainetta käytetään noin 230 miljardia litraa vuodessa ja Yhdysvaltain ilmavoimat käyttää siitä noin viisi prosenttia. (Topal, Wang, Levendis, Carlson & Jordan 2004, 2357.) Vuonna 2008 JP-8 polttoaineen osuus kaikesta käytetystä polttoaineesta Yhdysvaltain asevoimissa oli 65 prosenttia (Bartis & Van Bibber 2011, 6).

Kroatia liittyi Naton jäseneksi vuonna 2009. Julkisista lähteistä löydetty Kroatian asevoimien raportti Single Fuel Conceptin näkökulmasta on vuodelta 2004 ja se on käytännössä testausraportti JP-8 polttoaineen käytöstä kahdesta eri Kroatian asevoimien käyttämästä raskaan kaluston dieselmoottorista. Moottoreita testattiin 10 000 kilometrin ajan kahdessa raskaassa maastoajoneuvossa vuonna 2004 maaliskuusta kesäkuuhun. Raportin perusteella selvisi, että Kroatia on hyväksynyt Single Fuel Conceptin käyttöön kaikille Kroatian asevoimien maa-ajoneuvoille.

Kroatia on myös sitoutunut varmistamaan, että kaikki lentokoneet, moottoriajoneuvot ja maalaitteet pystyvät käyttämään JP-8 polttoainetta osallistuessaan Naton tai PfP- maiden johtamiin operaatioihin. Raportissa tunnistettiin muutamia haittapuolia Single Fuel Conceptissa. Näitä haittapuolia olivat pienet tehohäviöt tietyissä ajoneuvoissa, pienet modifikaatiotarpeet ajoneuvoihin ja varusteisiin, lisäaineiden käytön tarve jossain tapauksissa sekä se, että joissain maissa kerosiinien käyttäminen tieliikenteessä saattaa aiheuttaa lisäveroja, joka rajoittaa Single Fuel Conceptin käyttöä rauhan aikana. (Spudić, Somek & Kovačević 2008, 186.)

4.7 Ympäristövaikutukset

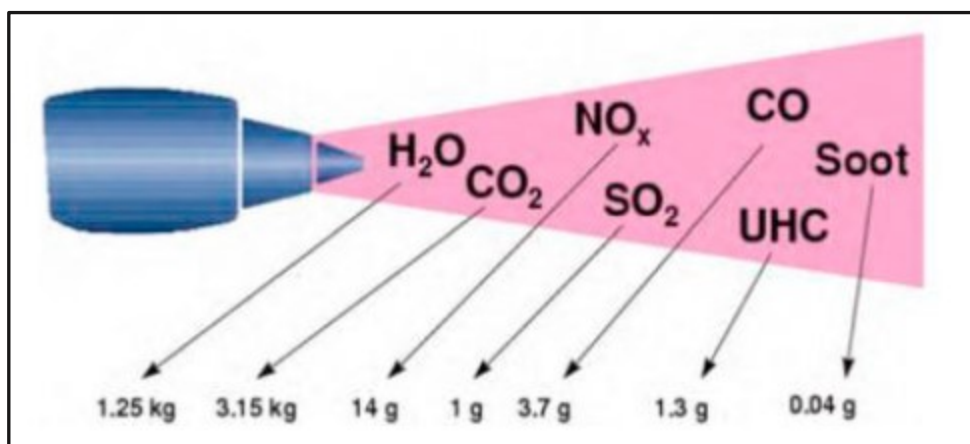
Ilmastonmuutoksen myötä haitallisista päästöistä on tullut kansainvälisten keskustelujen aihe. JP-8 polttoaine otettiin aikanaan käyttöön hyvin vähäisillä ympäristö- tai terveystutkimuksilla, koska kerosiinipohjaisena polttoaineena sitä ei pidetty merkittävästi erilaisena kuin kerosiinia. Erilaiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että JP-8 polttoaineen käsittelyyn, sen pakokaasuille altistumiseen sekä sen palamisen sivutuotteisiin liittyy sekä ympäristö- että terveystekijöitä. Kuten jo aiemmin on todettu, JP-8 polttoaine perustuu Jet A-1 polttoaineeseen ja eroaa siitä vain kolmen lisäaineen osalta. (Topal ym. 2004, 2358.)

JP-8 polttoaine koostuu sadoista eri yhdisteistä ja sen koostumus saattaa hieman vaihdella myös ostettaessa tuotetta samalta toimittajalta. JP-8 koostuu pääasiassa naftaleeneista, parafiineista, aromaattisista yhdisteistä kuten tolueeni ja bentseeni sekä lisäaineista ja liuottimista. JP-8 polttoaineen pakokaasu sisältää

monia eri komponentteja kuten esimerkiksi palamattomia polttoainekomponentteja, pyrolysoitua polttoainetta sekä epätäydellisen palamisen tuotteita. Lopulta ne päätyvät ilmakehään haihtuvina orgaanisina yhdisteinä ja puoli-haihtuvina orgaanisina yhdisteinä. Eräät näistä yhdisteistä eivät ole ainoastaan tunnettuja karsinogeenisiä, vaan pysyviä biokertyviä toksiineja. Bentseeni esimerkiksi on myrkyllinen haihtuva orgaaninen yhdiste ja naftaleeni myrkyllinen puoli-haihtuva orgaaninen yhdiste. (Topal ym. 2004, 2359.)

JP-8 polttoaineen käytön aloittamisesta lähtien on ollut olemassa huoli siitä, millaisia vaikutuksia sillä on kosketuksiin joutuneisiin ihmisiin. Tutkimukset ovat osoittaneet, että esimerkiksi polttoainetyöntekijöillä on 100 kertaa enemmän JP-8 polttoaineen jäämiä havaittavissa elimistössään verrattuna tavalliseen siviiliväestöön. Altistuminen JP-8 polttoaineelle ja sen pakokaasuille voi aiheuttaa useita lyhyen tai pitkän aikavälin terveysvaikutuksia. Tämän vuoksi sen koostumuksella ja palamisen sivutuotteilla koskevilla tutkimuksilla on sekä tieteellistä että lainsäädännöllistä merkitystä. (Topal ym. 2004, 2358.)

Kuviossa 4 on esitetty ilma-alusten tyypillinen polttoaineen pakokaasun koostumus sekä lentokoneen moottorin yksittäisten pakokaasukomponenttien massaosuudet jokaista poltettua polttoainekiloa kohti. JP-8 polttoaineen osalta ei ollut löydettävissä samankaltaista kuviota, joten siksi pakokaasujen koostus esitetään yleisesti ilma-alusten pakokaasujen koostumuksena.



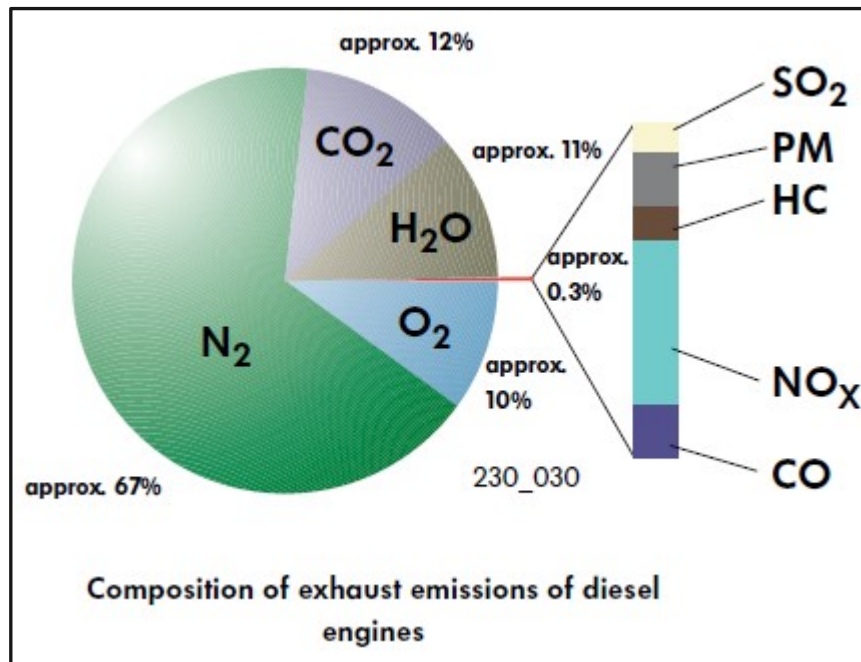
KUVIO 4. Ilma-alusten moottoreiden pakokaasujen koostumus (Nowak ym. 2020).

Kuviosta 4 nähdään, että pakokaasu koostuu vesihöyrystä (H_2O), hiilidioksidista (CO_2), typen oksideista (NO_x), rikkidioksidista (SO_2), hiilimonoksidista (CO), palamattomista hiilivedyistä (UHC) sekä epätäydellisessä palamisessa syntyvien epäpuhtaiden hiilihiukkasten massasta (Soot). (Nowak, Jasiński & Frąckowiak 2020, 350.)

Analysoitaessa haitallisten yhdisteiden päästöjä ilmakehään, voidaan niiden todeta vaikuttavan ihmisiin sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä. Kuviossa 3 esitetyistä pakokaasukomponenteista myrkyllisiä ovat typen oksidit, rikkidioksidi, hiilivedyt, hiilimonoksidi sekä kiinteät hiukkaset. Hiilidioksidi, jota muodostuu prosessin täydellisen palamisen aikana, on luokiteltu haitalliseksi yhdisteeksi. Kuviosta 4 nähdään, että typen oksidien osuus pakokaasussa on suurin. (Nowak ym. 2020, 350.)

Dieselpakokaasu on varsin monimutkainen seos, jonka kaasu- ja hiukkasfaasi sisältävät tuhansia erilaisia yhdisteitä. Pakokaasun koostumukseen vaikuttavat monet asiat, kuten moottorin tyyppi, rakenne, tekniikka ja kunto, moottorin käyttötila, mahdolliset suodattimet ja katalysaattorit sekä luonnollisesti polttoaineen koostumus. On huomioitava, että saman moottorin pakokaasujen koostumus voi vaihdella huomattavasti moottorin käyttötilasta riippuen. (Työterveyslaitos 2015.)

Kuviossa 5 on esitetty tyypillinen dieselpakokaasun koostumus. Kuviosta 5 nähdään, että suurin osa diesel- moottorin tuottamista pakokaasuista, eli noin 99,7 prosenttia, koostuu pääasiallisesti tpestä (N_2), hiilidioksidista (CO_2), vesihöyrystä (H_2O) ja palotapahtumassa palamattomasta hapesta (O_2), joita ilmakehässä on luonnostaan.



KUVIO 5. Dieselpäästöjen koostumus (Volkswagen 2004).

Edellä mainituista ainoa ilmaston vaikuttava päästö on hiilidioksidi, joka on kasvihuonekaasu. Jäljelle jäävät muut päästöt, eli noin 0,3 prosenttia, syntyvät epätäydellisestä palamisesta. Kuviossa 5 on esitetty typen oksidin (NO_x), hiilivetyjen (HC), hiilimonoksidin (CO), rikkidioksidin (SO_2) ja partikkelien (PM) osuudet. (Tanskanen 2017, 7.)

Verrattaessa dieselpolttoaineen pakokaasuja ja JP-8 polttoaineen pakokaasuja toisiinsa, nähdään että pakokaasujen koostumukset ovat hyvin samankaltaisia. Tarkastelu JP-8 polttoaineen osalta tehtiin yleisellä tasolla eikä tarkastelussa otettu kantaa JP-8 polttoaineen sisältäviin lisäaineisiin, mutta niillä tiedetään olevan vaikutuksia myös pakokaasupäästöihin ja ympäristövaikutuksiin.

5 KYSELYTUTKIMUKSEN TULOKSET

Luvussa 5 keskitytään kyselytutkimuksen tuloksiin ja vastataan tutkimuskysymykseen miten JP-8 polttoaineen käyttö vaikuttaa ajoneuvoihin. Kyselytutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko JP-8 polttoaineen käyttäminen dieselpolttoaineen sijasta mahdollista Puolustusvoimien raskaassa ajoneuvokalustossa. Kyselytutkimus kohdennettiin tietyille vastaajaryhmälle ja kysely lähetettiin kahdelle raskaan ajoneuvokaluston maahantuojalle, joiden edustamaa kalustoa sekä moottoreita käytetään Puolustusvoimissa. Kyselyyn saatiin kaksi vastausta, joten vastausprosentti on näin ollen 100 prosenttia. Tässä luvussa esitetään kyselytutkimuksen tulokset.

Kyselyn tuloksissa esiintyi jonkin verran puuttuvaa tietoa. Aineiston keruu ei yleensä onnistu täydellisesti, vaan syntyy suunnittelemattomasti puuttuvaa tietoa. Kyselytutkimuksessa yksilö voi kieltäytyä vastaamasta joihinkin kysymyksiin ja siihen voi olla monia eri syitä. On esimerkiksi mahdollista, että esitetty kysymys ei ole relevantti hänen tilanteessaan tai kysymys koetaan liian sensitiivisenä. (Härkänen n.d.)

5.1 Taustatiedot

Tutkimuksen tärkein asia oli säilyttää kyselyyn vastanneiden yritysten anonymiteetti heidän liiketoimintansa kannalta. Tämän vuoksi kyselytutkimuksessa ei tiedusteltu yritysten taustatietoja. Kysymykset laadittiin siten, että vastauksista ei pystynyt päättämään vastaajan edustamaa yritystä. Yritysmaailmassa kilpailu on kovaa eikä tutkimuksessa haluttu ajaa vastaajaa tilanteeseen, jossa liikesalaisuuksien paljastuminen olisi vaarana. Kyselytutkimuksen otoskoko oli pieni, mutta kyselyyn vastanneet yritykset toimittavat moottoreita myös muihin Puolustusvoimien käytössä oleviin ajoneuvoihin kuin pelkästään edustamaansa kalustoon. Tämän vuoksi otoksen pienuus koettiin hyväksyttävänä.

Monivalintakysymysten vastaukset jaoteltiin aihealueittain esiin nousseiden teemojen mukaisesti. Avoimien kysymysten avulla saatiin arvokasta sanallista tietoa, jotka antoivat vastauksia ja vahvistusta tutkimuskysymyksiin. Kyselytutkimuksesta nousi esille kolme keskeistä teemaa, joiden mukaan vastaukset ryhmiteltiin. Näitä teemoja olivat nykyhetki, vaikutukset ja havainnot sekä tulevaisuus. Kokonaisuutena kyselytutkimuksen vastauksista oli huomattavissa, että kysytty asia ei ollut vastaajille ja heidän yrityksilleen uusi, vaan siihen oli varauduttu joillain tavalla. Kysely koettiin lähtökohtaisesti mielenkiintoisena ja avoimien kysymysten vastaukset olivat kattavia.

5.2 Nykyhetki

Aineistosta oli huomattavissa, että yrityksissä oli pohdittu, tutkittu tai varauduttu JP-8 polttoaineen käytön mahdollisuuteen dieselpolttoaineen sijasta. Vastauksista nousi esille, että kaikkien vastaajien edustama yritys oli tutkinut mahdollisuutta käyttää kalustossaan dieselpolttoaineen sijasta JP-8 polttoainetta. Puolet vastaajista myös kertoi, että heidän edustamansa merkin valikoimissa on automalleja ja moottoreita, joissa voidaan käyttää JP-8 polttoainetta.

Vastauksista nousi kuitenkin esille, että JP-8 polttoaineen käyttö ei ole sallittua kaikkiin yrityksen edustamiin malleihin tai moottoreihin, vaan pelkästään osaan niistä. Puolet vastaajista tarkensi, että heidän edustamiensa ajoneuvojen ja moottoreiden valmistaja on tehnyt tutkimuksia JP-8 polttoaineen käyttämisestä dieselpolttoaineen sijasta, mutta tutkimustulokset eivät ole kyselyyn vastanneen yrityksen käytettävissä.

Kysyttäessä mahdollisuudesta käyttää JP-8 polttoainetta dieselpolttoaineen sijasta tällä hetkellä tuotannossa olevassa kalustossa, haluttiin saada yksinkertaisesti selville asian nykytila. Vastauksissa oli nähtävissä jonkin verran hajontaa. Puolet vastaajista osasi kertoa, että yrityksen tällä hetkellä tuotannossa olevassa kalustossa tämä on mahdollista. Toisaalta toinen puoli vastaajista ei osannut vastata tähän kysymykseen. Tämä voi johtua monesta syystä, kuten esimerkiksi siitä että vastaaja ei ollut kaikilta osin kyselyn oikeata kohderyhmää.

Eri maiden puolustusvoimat ovat käytännössä ainoita, joilla on mahdollisuus tai tarve toimia Single Fuel Conceptin periaatteiden mukaisesti. Aineistosta oli huomattavissa, että omaa roolia Puolustusvoimien kumppanina oli mietitty. Varautumisesta poikkeusolojen toimintaan selvitettiin kysymällä JP-8 polttoaineen käytön mahdollisuudesta poikkeusoloissa. Puolet vastaajista kertoi, että heidän edustamansa yritys on hyväksynyt JP-8 polttoaineen käytön poikkeustilanteissa. Toisaalta puolet vastaajista ei osannut sanoa onko heidän yrityksensä hyväksynyt polttoaineen käyttöä. Syytä ei vastauksissa tullut ilmi, mutta on otettava huomioon sen mahdollisesti liittyvän esimerkiksi liikesalaisuuksiin.

5.3 Vaikutukset ja havainnot

Tutkimuksen hypoteesin perusteella osattiin odottaa polttoainelaadun vaihtamisella olevan mahdollisia haittavaikutuksia moottoreiden toimintaan ja siihen haettiin vahvistusta esittämällä kysymys JP-8 polttoaineen käytön vaikutuksista ajoneuvojen moottoreihin. Kysymyksen avulla haluttiin saada selville tarkkoja, yksityiskohtaisia tietoja. Tämän vuoksi kysymykseen liittyi myös vapaasanakenttä, jossa pyydettiin kuvailemaan mahdollisia vaikutuksia.

Vastausten perusteella polttoainelaadun vaihtamisella on monenlaisia vaikutuksia moottorin toimintaan. Vaikutukset ovat luonteeltaan sellaisia, että ne ovat poikkeuksetta melko pian havaittavissa käytön aloittamisen jälkeen. Vaikutuksia moottorin käyntiin selvitettiin kysymällä moottorin tyhjäkäynnistä. Puolet vastaajista osasi kertoa, että polttoainelaadun vaihtamisella on vaikutusta moottorin tyhjäkäyntiin. Moottorin tyhjäkäynnissä saattaa esimerkiksi esiintyä epätasaisuutta. Puolet vastaajista ei osannut sanoa, onko polttoainelaadun vaihtamisella vaikutusta moottorin tyhjäkäyntiin.

Vastauksista nousi esille yhtenä oleellisimmista asioista moottorin käynnistymisen heikentyminen ja moottorin tehojen aleneminen. Puolet vastaajista kertoi, että polttoainelaadun vaihtamisen vuoksi moottorin käynnistyminen myös kylmissä olosuhteissa heikkenee. Vastaajat kertoivat kavitaatioeroosion esiintymisestä korkeapaineisissa polttoainejärjestelmissä. Kavitaatioeroosio tarkoittaa

voimakkaita paineiskuja, jotka rikkovat mekaanisesti moottorin sisällä olevaa metallipintaa.

Tiedusteltaessa JP-8 polttoaineen käytön vaikutuksia ajoneuvojen pakokaasujen käsittelyjärjestelmiin, kaikki vastaajat kertoivat sillä olevan lukuisia vaikutuksia. Vastaajat mainitsivat pakokaasupäästöjen lisääntyvän ja puolet vastaajista kertoi polttoainelaadun vaihtamisen lyhentävän polttoainejärjestelmän elinikää sekä samalla myös pakokaasujen käsittelyjärjestelmän elinikää. Vastauksissa nousi esiin myös Euro 6 moottoreissa olevan hiukkassuodattimen tukkeutuminen.

Yksittäiset vaikutukset ja havainnot kasautuvat monesti isommiksi ongelmiksi lumipalloefektin lailla ja näin ollen vaikuttavat suoranaisesti kaluston käytettävyyteen. Puolet vastaajista kertoi, että polttoainelaadun vaihtamisen seurauksena on polttoaine- ja pakokaasujärjestelmien tihentynyt huollon tarve. Yksi vastaajista totesi kaikkien edellä mainittujen haittavaikutusten seurauksena huoltovälien kokonaisuutena tihentyvän.

Puolustusmateriaalin hankintaprosessi on varsin perinpohjainen menettely, jossa osana sotilaallista huoltovarmuutta varmistetaan hankittavan tuotteen suorituskyky, materiaalien kustannustehokkuus ja elinjakson hallinta myös poikkeusoloissa. Hankittaessa luotettavaa ja uutta kalustoa, jonka tarkoitus on palvella käyttäjänsä pitkään, myös takuuasiat nousevat merkittäväksi asiaksi. Kysyttäessä polttoainelaadun vaihtamisen vaikutuksista takuuasioihin, vastaajat kertoivat sen vaikuttavan suoraan kaluston takuuasioihin. JP-8 polttoaineen käyttämisestä saattaa aiheutua jo aiemmin mainittuja vikoja ja ongelmia moottoreihin ja tämän vuoksi on mahdollista, että takuu ei näissä tapauksissa välttämättä kata kaikkia normaalin takuun piiriin kuuluvia vaurioita. Toisaalta vastaaja tarkensi, että vauriot kuitenkin käsitellään aina tapauskohtaisesti ja takuu on myös mahdollinen.

Kysyttäessä moottorin polttoaineen kulutuksen lisääntymisestä, puolet vastaajista kertoi JP-8 polttoaineen käyttämisen kasvattavan polttoaineen kulutusta. Vastaajat tarkensivat, että heikentyneen tehon myötä myös kulutuksen kasvaminen on periaatteessa mahdollista. Tarkkaa tietoa siitä, kuinka paljon polttoaineen

kulutus kasvaa ei ole saatavilla. Puolet vastaajista ei osannut sanoa kasvattaako JP-8 polttoaineen käyttäminen moottorin polttoaineen kulutusta.

5.4 Tulevaisuusnäköy

Aineistoista oli huomattavissa, että yritykset ovat miettineet omaa rooliaan Puolustusvoimien kumppanina ja nimenomaan juuri sotilaallista huoltovarmuutta ajatellen. Kyselyyn osallistujien tulevaisuuden näkymiä haluttiin selvittää kysymällä yrityksen tulevaisuuden suunnitelmista edelleen mahdollistaa JP-8 polttoaineen käyttäminen edustamassaan kalustossa. Puolet vastaajista kertoi, että heidän edustamansa yritys aikoo edelleen mahdollistaa JP-8 polttoaineen käytön ja puolet vastaajista ei osannut vastata kysymykseen.

Kyselyyn osallistuneet yritykset ja heidän edustamansa ajoneuvomerkit toimivat kansainvälisillä markkinoilla. Kansainvälisen toiminnan tasoa ja valmiutta siihen selvitettiin kysymyksellä Naton jäsenmaiden tai muiden ajoneuvohankintoja tehneiden vaatimuksista. Kysymyksen avulla haluttiin saada selville ovatko ajoneuvoja hankkineet muut Naton jäsenmaat varautuneet JP-8 polttoaineen käytön mahdollisuuteen hankkimassaan ajoneuvokalustossaan. Vastauksissa oli jälleen kerran hieman hajontaa. Puolet vastaajista kertoi, että heidän edustamansa yritys on joutunut huomioimaan Naton jäsenmaiden ja muiden heidän edustamaansa kalustoa ostaneiden asiakkaiden vaatimuksia JP-8 polttoaineen käytön mahdollistamisessa.

Kyselytutkimuksen tulokset vahvistivat olettamusta, joka tutkijalla oli ennen tutkimuksen aloittamista. Tutkimuksen aikana ei noussut juurikaan esiin uusia asioita, joihin tutkimuksen alussa ei olisi osattu varautua. Kyselytutkimus vahvisti tutkimuksen hypoteesia ja lisäsi osaltaan tutkimuksen reliabiliteettia. Näin ollen voidaan todeta, että kyselytutkimus vastasi asetettuun tutkimuskysymykseen.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Maailma on energiamurroksessa. Fossiiliset polttoaineet ovat kaikki uusiutumattomia luonnonvaroja, jotka ehtyvät. On arvioitu, että fossiilisten polttoaineiden käyttö loppuu vuonna 2060 mennessä ja taistelussa ilmastonmuutosta vastaan on keksittävä vaihtoehtoisia ratkaisuja fossiilisten polttoaineiden tilalle. Naton voidaan sanoa olevan yksi maailman tärkeimmistä kansainvälisistä instituutioista ja sen on löydettävä yhteinen aikataulu ja tahto päästövähennysten ja puhtaampien sotilaallisten ratkaisujen saavuttamiseksi. Jo tälläkin hetkellä osa Naton jäsenmaista investoi vihreään teknologiaan kun taas toiset jatkavat vanhojen toimintatapojen mukaisesti. Yhteisten pelisääntöjen löytäminen tuottaa haasteita, mutta asia on ratkaistava jotta Naton jäsenmaiden kyky toimia yhdessä ei vaarannu.

Tutkimuksen lähtökohta oli haastava, koska jo alussa tiedettiin, että kyselytutkimuksen otos tulee olemaan melko pieni. Otoksen pienuus johtui siitä yksinkertaisesta syystä, että useat eri ajoneuvojen valmistajat käyttävät kalustossaan samojen valmistajien moottoreita. Vastausprosentin kasvattamiseksi kyselytutkimukseen valikoituneeseen joukkoon oltiin etukäteen yhteydessä ja tiedusteltiin heidän halukkuuttaan osallistua tutkimukseen. Kyselytutkimus saatiin lopulta toteutettua suunnitelman mukaisesti ja kyselytutkimuksen tulosten perusteella pystyttiin saamaan vahvistus tutkimuksen hypoteesille. Tutkimukseen haettiin luotettavuutta tekemällä monimenetelmätutkimus ja lähestymällä aihetta monesta suunnasta.

JP-8 polttoaineen käyttämisestä dieselpolttoaineen tilalla raskaassa ajoneuvo-kalustossa ei ole olemassa aiempaa suomenkielistä tutkimusta. Luotettavan lähdemateriaalin löytäminen osoittautui paikoitellen jokseenkin haastavaksi. Tutkimukseen liittyvää englanninkielistä lähdeaineistoa löytyi kyllä runsaasti, mutta se koostui lähes poikkeuksetta Yhdysvaltain asevoimien tekemistä tutkimuksista ja artikkeleista. Tutkimusta tarkastellessa on otettava myös huomioon, että osa kirjallisuustutkimuksen lähdeaineistosta on lähes kaksikymmentä vuotta vanhaa. Nykyaikaiset dieselmoottorit ovat kehittyneet paljon kahdessakymmenessä vuodessa, joten nykyaikainen moottoritekniikka ei välttämättä ole täysin rinnastettavissa kahdenkymmenen vuoden takaisten tutkimusten tuloksiin. Sen kuitenkin

voidaan todeta antavan suuntaviivoja sille, miten moottori mahdollisesti käyttäytyy käytettäessä JP-8 polttoainetta dieselpolttoaineen sijasta. Vaikutukset eivät näy välttämättä satunnaisessa käytössä, mutta pidempiaikaisessa käytössä vaikutukset alkavat näkymään.

Kysymykseen millaisia käyttöperiaatteita JP-8 polttoaineella on kansainvälisesti voidaan todeta, että se on tarkoitettu sotilaskäyttöön ja alun perin nimenomaan sotilaslentokoneiden käyttöön. Tutkittaessa JP-8 polttoaineen teknisiä ominaisuuksia havaittiin, että se eroaa siviilitoimijoiden käyttämästä JET A-1 lentopetrolista vain kolmen lisäaineen osalta. JET A-1 polttoaineen hyvä saatavuus ympäri maailman ja sen turvallisuus käytössä ovat syitä, jonka vuoksi polttoaine alun perin valikoitui Single Fuel Conceptin selkärangaksi ja tämä on myös huoltovarmuuden osalta tarkasteltuna varsin oleellinen asia. Single Fuel Concept on yksinkertaistanut polttoainelogistiikan eri toimintoja erityisesti taistelukenttäolosuhteissa ja yhden polttoainelaadun käyttäminen on tuonut mukanaan kiistattomia etuja. JP-8 polttoaineen tekninen spesifikaatio antaa mahdollisuuden käyttää polttoainetta käyttäen dieselmoottorissa jos tähän on saatu lupa.

Tutkimus osoitti, että JP-8 polttoaineen käyttö vaikuttaa ajoneuvojen moottoreihin varsin monella tavalla. Kyselytutkimuksen avoimissa vastauksissa oli kuvattu hyvin seikkaperäisesti JP-8 polttoaineen käyttämisen haittavaikutukset ajoneuvoihin. Kirjallisuustutkimus osoitti selkeästi JP-8 polttoaineen monien tärkeiden arvojen kuten tiheyden, viskositeetin ja setaaniluvun olevan pienempiä kuin dieselpolttoaineella.

Pienempi tiheys johtaa pienempään moottorin tehoon ja vaikuttaa suoraan polttoaineen kulutukseen kasvattamalla sitä. Viskositeetti on myös hyvin oleellinen ominaisuus, koska se vaikuttaa polttoaineen pumpattavuuteen, sen voitelevuuteen polttoainejärjestelmässä sekä polttoainesuuttimien toimintaan. Näiltä osin kyselytutkimuksen ja kirjallisuustutkimuksen tulokset tukivat toisiaan, joten tutkimustulosten perusteella voitiin tehdä johtopäätös, että viskositeetti on yksi iso tekijä polttoaine- ja pakokaasujärjestelmien vikaantumisessa ja tihentyneessä huollon tarpeessa.

On otettava huomioon, että JP-8 polttoaineen käyttämisellä on vaikutuksia myös ajoneuvojen takuuasioihin. Kyselytutkimuksen perusteella selvisi, että ajoneuvojen valmistajat tarkastelevat takuun aina tapauskohtaisesti, mutta käytettäessä JP-8 polttoainetta takuu ei välttämättä kata kaikkia normaaliin takuuseen kuuluvia asioita. Tutkimus osoittaa, että kyseessä on hyvin monimutkainen kokonaisuus, eikä JP-8 polttoaineen vaikutuksia dieselmoottoriin tai päästöihin vielä tänäkään päivänä täysin ymmärretä. Myöskään täysin yhteneväisiä numeraalisia avainarvoja on mahdotonta löytää ja arvoissa esiintyykin jonkin verran vaihtelua lähteestä riippuen.

Pohdittaessa millaisia ympäristövaikutuksia JP-8 polttoaineen käytöllä on, voidaan todeta vaikutuksien ympäristöön olevan hyvin samankaltaisia diesel-polttoaineen kanssa. JP-8 polttoaineen pakokaasu sisältää paljon erilaisia komponentteja, jotka lopulta päätyvät ilmakehään haihtuvina orgaanisina yhdisteinä ja puolihaihtuvina orgaanisina yhdisteinä. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että polttoaineen koostumus vaikuttaa suoraan päästöjen laatuun ja määrään. Kirjallisuustutkimuksen avulla selvisi, että dieselpolttoaineella on korkeampi setaaniluku ja mitä korkeampi setaaniluku on, sitä nopeampaa ja täydellisempää on myös palaminen.

JP-8 polttoaineen käytöllä on vaikutuksia ympäristön lisäksi myös ihmisiin, vaikka tässä tutkimuksessa ei tutkittu syvemmin millaisia haittavaikutuksia ihmiselle aiheutuu kontaktista JP-8 polttoaineen kanssa. Voidaan kuitenkin todeta, että analysoitaessa haitallisten yhdisteiden päästöjä ilmakehään vaikutuksia ihmisiin tapahtuu sekä pitkällä että lyhyellä aikavälillä.

Vastauksena päätutkimuskysymykseeni totean, että JP-8 polttoaineen käytön laajentaminen Puolustusvoimien raskaaseen ajoneuvokalustoon on mahdollista, mutta se vaatii laaja-alaista tarkastelua. Tutkimus osoittaa, että JP-8 polttoaineen pidempiaikainen käyttö dieselkäyttöisissä ajoneuvoissa aiheuttaa tekijöitä ajoneuvojen moottoreihin, jotka käyttäjän tulee tunnistaa ja huomioida. Näitä tunnistettuja tekijöitä ovat pakokaasupäästöjen lisääntyminen, moottorin tehojen aleneminen, mekaaninen kuluma polttoainejärjestelmissä sekä huoltovälien tihtyminen. Kun otetaan huomioon edellä mainitut asiat, voidaan päätellä kunnossapitotarpeiden kasvavan jos JP-8 polttoainetta käytetään dieselmootoreissa.

Kyselytutkimuksen perusteella osa ajoneuvojen valmistajista on hyväksynyt JP-8 polttoaineen käytön kalustossaan poikkeusoloissa, joten tästä voidaan päätellä JP-8 polttoaineen käyttämisen mahdollisuuden olleen ajoneuvokaluston määrittelyvaiheessa myös vaatimus tilaajan eli Puolustusvoimien puolelta.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että tutkimuksen tulokset tukivat tutkimukselle asetettua hypoteesia. JP-8 polttoaineen käytön laajentaminen Puolustusvoimien raskaaseen ajoneuvokalustoon aiheuttaa vaikutuksia, kuten moottoreiden nopeampaa kulumista ja kunnossapitotarpeiden kasvua. Tutkimus osoitti, että JP-8 polttoaineen käyttämisestä aiheutuu ajoneuvon moottoreille konkreettista vaikutuksia. Toisaalta kirjallisuustutkimuksen perusteella voitiin todeta, että satunnainen JP-8 polttoaineen käyttäminen ei aiheuttanut ongelmia moottorin toimintaan.

Kirjallisuustutkimus ja kyselytutkimuksessa tehdyt havainnot vahvistivat tutkimuksen hypoteesia ja lisäsivät näin ollen myös tutkimuksen luotettavuutta. Kyselytutkimuksessa esiintyi jonkin verran puuttuvaa tietoa, mutta se ei vaikuttanut tutkimustulokseen ja pystyttiin osittain korvaamaan kirjallisuustutkimuksen avulla. Kyselytutkimuksen avoimet vastaukset ja kirjallisuustutkimus tukivat toisiaan.

Tutkimuksen aikana tunnistettiin useita jatkotutkimuksen aiheita. Ehkä olennaisimpana nostaisin esille JP-8 polttoaineen käytön laajentamisen raskaan ajoneuvokaluston osalla myös dieselkäyttöisiin maalaitteisiin, kuten maavirtalähteisiin ja dieselkäyttöisiin generaattoreihin. Toisena jatkotutkimuksen aiheena esitän kartoitettavaa tutkimusta sotavarusteista, joissa JP-8 polttoainetta olisi mahdollista käyttää, hyväksymällä sen aiheuttamat pienet tehohäviöt ja nopeampi kuluminen.

Kolmas jatkotutkimusaihe voisi olla sisällöltään JP-8 polttoaineen varastointi, kuljetus ja käyttökonseptin määrittäminen. Tämän mittaluokan tutkimuksen tulisi olla turvaluokiteltu, koska se paljastaisi liikaa tietoa nimenomaan varastoinnin osalta. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää tulevaisuudessa pohdittaessa Puolustusvoimien polttoainestrategian yhtenäistämässä Naton Single Fuel Conceptin kanssa.

Suomen liittyminen sotilasliitto Natoon aiheutti ja aiheuttaa myös tulevaisuudessa tarpeen yhtenäistää jäsenmaiden toimintatapoja. Pohjoismaat ja Baltian maat kuuluvat kaikki sotilasliitto Natoon, joten on mielenkiintoista nähdä miltä Single Fuel Concept tulee näyttämään tulevaisuudessa Euroopassa vai onko aika nykyisellään ajanut jo sen ohi. Tutkittaessa vaihtoehtoisten polttoainelaatujen käyttöä törmätään usein siihen että tosiasiaan, että JP-8 polttoaineen korvaajaksi Single Fuel Conceptiin ei ole vielä löydetty järkevää vaihtoehtoa, koska vaihtoehtoinen polttoainelaatu tulee muuttamaan koko polttoaineinfrastruktuuria. Tulevaisuus tulee olemaan haastava, mutta vaihtoehtoisia ratkaisuja on löydettävä ja niiden eteen on työskenneltävä yhdessä.

LÄHTEET

Aalto-yliopisto. 2021. Opinnäytteen rakenne: kirjallisuustutkimus. Verkkosivu. Viitattu 29.8.2024. <https://mycourses.aalto.fi/mod/book/view.php?id=739848>

Bartis, J. T. & Van Bibber, L. 2011. Alternative Fuels for Military Applications. RAND National Defence Research Institute. Pdf-dokumentti. Viitattu 5.2.2024. <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA536540>

Fernandes, G., Fuschetto, J., Filipi, Z., Assanis, D., & McKee, H. 2007. Impact of military JP-8 fuel on heavy-duty diesel engine performance and emissions. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering, 221(8) 957-970.

Finlex. 2024. Laki puolustusvoimista. Verkkosivu. Viitattu 5.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070551>

Heikkilä, T. 2017. Tilastollinen tutkimus. 9.painos. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Heiskanen, E. 2017. Biopolttoaineiden vaikutus lentokoneen ominaisuuksiin ja järjestelmiin. Konetekniikan koulutusohjelma. Tampereen yliopisto. Kandidaatintyö.

Härkänen, T. n.d. Puuttuvat havainnot. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere: Yhteiskuntatieteellinen tietoarkisto. Viitattu 29.8.2024. <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/puuttuvat/puuttuvat/>.

Kukko, M. 2018. Diesel-komponenttien ja niiden seosten laskennalliset ominaisuudet. Prosessi- ja materiaalitekniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Lee, J. & Bae, C. 2011. Application of JP-8 in a heavy duty diesel engine. Fuel Guildford 90 (5), 1762–1770.

Motiva. 2024. Diesel. Verkkosivu. Viitattu 30.8.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/energia-alahteet/diesel

NATO Logistics Handbook. 1997. Fuels, Oils, Lubricants and Petroleum Handling Equipment. Verkkosivu. Viitattu 16.4.2024. <https://www.nato.int/docu/logi-en/1997/lo-1511.htm>

NATO Logistics Handbook. 2012. Military Fuels and the Single Fuel Policy. Verkkosivu. Viitattu 25.9.2024. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.nato.int/nato_static_fl2014/assets/pdf/pdf_2016_03/20160303_2012-logistics_hndbk-en.pdf

Nowak, M., Jasiński, R. & Frąckowiak, A. 2020. Adaptation of the LTO test to the local airports infrastructure. Transportation Research Procedia 51, 349-356.

Oja, M. 2007. Lentopetrolin JET A-1:n lisääineistamisen suunnittelu. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Opetushallitus. 2024. Fossiiliset polttoaineet. Verkkosivu. Viitattu 15.4.2024. <https://www.oph.fi/fi/oppimateriaali/luovasti-luonnonvaroista/suomen-luonnonvarat/fossiiliset-polttoaineet>

Puolustusministeriö. n.d. Puolustusvoimien energia- ja ilmasto-ohjelman 2022-2025 tavoitteet ja toimenpiteet. Verkkosivu. Viitattu 5.10.2024. https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.defmin.fi/files/5484/PV_energia_ilmasto_julkaisu_0622.pdf

Puolustusministeriö. n.d. Puolustushallinnon kumppanuus. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2024. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.defmin.fi/files/1836/kumppanuus.pdf>

Puolustusministeriö. 2024. Suomi ja Nato. Verkkosivu. Viitattu 19.2.2024. https://www.defmin.fi/ajankohtaista/suomi_ja_nato

Puolustusvoimat. n.d. Puolustusvoimien logistiikkalaitos. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2024. <https://puolustusvoimat.fi/web/logistiikkalaitos/tietoa-meista>

Puolustusvoimat. 2024. Puolustusvoimat ja Nato. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2024. <https://puolustusvoimat.fi/nato>

Puolustusvoimat. n.d. Pääesikunta. Verkkosivu. Viitattu 14.4.2024. <https://puolustusvoimat.fi/tietoa-meista/paaesikunta>

Puolustusvoimat. n.d. Suomen sotilaallinen puolustus. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2024. <https://puolustusvoimat.fi/asevelvollisuus/suomen-sotilaallinen-puolustus>

Puolustusvoimien logistiikkalaitos. n.d. Kumppanuus. Verkkosivu. Viitattu 18.7.2024. <https://logistiikkalaitos.fi/kumppanuus>

Spudić, R., Somek, K. & Kovačević, V. 2008. Single Fuel Concept for Croatian Army Ground Vehicles. *Promet-Traffic&Transportation*, 20(3), 181-187.

Standards Central. 2018. MIL-DTL-83133K Turbine Fuel, Aviation, Kerosine Type, JP-8 (NATO F-34), NATO F-35, and JP-98+ (NATO F-37). Verkkosivu. Viitattu 22.8.2024. <https://publishers.standardstech.com/stgnet>

Tanskanen, M. 2018. Dieselajoneuvojen päästöt ja niiden puhdistusmenetelmät. Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma. Oulun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Tilastokeskus. n.d. Survey-tutkimus. Verkkosivu. Viitattu 26.3.2024. https://www.stat.fi/meta/kas/survey_tutkimus.html

Topal, M., Wang, J., Levendis, Y., Carlson, J. & Jordan, J. 2004. PAH and other emissions from burning of JP-8 and diesel fuels in diffusion flames. ScienceDirect 83 (17-18), 2357-2361.

Tuomi, J & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Tyynelä, J. 2019. Uusiutuva dieselpolttoaine Suomessa. Ajoneuvo- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Turun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Työterveyslaitos. 2013. Dieselöljy. PDF-tiedosto. Työterveyslaitos.

Työterveyslaitos. 2015. Dieselpakokaasujen tavoitetasoperustelumuistio. PDF-tiedosto. Työterveyslaitos.

Ulkoministeriö. 2024. Nato ja Suomi. Verkkosivu. Viitattu 17.7.2024. <https://um.fi/nato>

Ulkoministeriö. 2024. Puolustusyhteistyösopimus Yhdysvaltain kanssa (DCA). Verkkosivu. Viitattu 17.7.2024. <https://um.fi/puolustusyhteistyosopimus-yhdysvaltain-kanssa-dca>

Vehkalahti, K. 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Helsinki: Finn Lectura.

VTT. 2023. Kestävät polttoaineet Puolustusvoimien maa- ja meriliikenteessä. PDF-tiedosto. Puolustusvoimat.

Volkswagen. 2004. Motor Vehicle Exhaust Emissions. Verkkosivu. Viitattu 31.8.2024.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=http://www.volkspage.net/technik/ssp/ssp/SSP_230.pdf

Weir, D. G. 1996. Strategic Implications for a Single-Fuel Concept. Strategy Research Project. U.S. Army War College.

Åman, E. 2017. Fischer-Tropsch-katalyyttien aktiivisuuden karakterisointi. Bio- ja kemiantekniikan koulutusohjelma. Metropolia ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. Saatekirje

Hei,

Opiskelen Tampereen ammattikorkeakoulussa Teknologiaosaamisen johtamisen ylemmässä koulutusohjelmassa. Tavoitteeni on valmistua syksyn 2024 aikana ja teen opinnäytetyötä, jonka toimeksiantaja on Puolustusvoimat. Opinnäytetyöni aiheena on JP-8 polttoaineen käytön laajentaminen Puolustusvoimien diesel-käyttöiseen raskaaseen kalustoon.

Kutsun yrityksenne vastaamaan liitteenä olevaan nimettömään Microsoft Forms-kyselyyn xx.xx.2024 mennessä. Vastaaminen on täysin vapaaehtoista, eikä lomakekyselyn vastauksista voi päätellä vastaajaa tai vastaajan organisaatiota. Vastaukset käsitellään luottamuksellisesti ja aineisto hävitetään tämän opinnäytetyön valmistuttua. Aineistoa käsittelee vain tämän opinnäytetyön tekijä.

Raportoin saaduista tuloksista opinnäytetyössäni, joka tullaan julkaisemaan aikanaan Theseuksessa. Vastaamalla tähän kyselyyn annatte suostumuksenne opinnäytetyöhän osallistumiseen. Tutkimuksen tekemiseen on saatu lupa Puolustusvoimilta. Vastauksenne on tutkimuksen kannalta erittäin arvokas ja kyselyyn vastaamiseen kuluu aikaa vain noin 15 minuuttia. Kiitos yhteistyöstä!

Ystävällisin terveisin,

Heidi Mikkonen
heidi.mikkonen@tuni.fi

Liite 2. Kyselylomake

JP-8 polttoaineen käyttäminen Puolustusvoimien raskaassa kalustossa

Kysely

1. Onko edustamanne yritys tutkinut mahdollisuutta käyttää kalustossanne diesel-polttoaineen sijasta JP-8 (F-34) polttoainetta?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

2. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia havaintoja asiasta olette tehneet?

3. Jos vastasitte ei, niin miksi ette ole harkinneet tai tutkineet asiaa?

4. Onko JP-8 polttoainelaatuun vaihtamisella vaikutusta moottorin toimintaan?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

5. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia vaikutuksia?

6. Onko JP-8 polttoaineen käyttämisellä vaikutuksia ajoneuvon pakokaasujen käsittelyjärjestelmiin?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

7. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia nämä vaikutukset ovat?

8. Onko edustamanne yritys hyväksynyt JP-8 polttoaineen käytön kalustossaan poikkeustilanteissa?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

9. Vaikuttaako polttoainelaadun vaihtaminen kaluston takuuasioihin?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

10. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia vaikutuksia takuuseen aiheutuu?

11. Kasvattaako JP-8 polttoaineen käyttäminen moottorin polttoaineen kulutusta?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

12. Jos vastasitte kyllä, niin paljonko polttoaineen kulutus kasvaa?

13. Onko polttoainelaadun vaihtamisella vaikutusta moottorin tyhjäkäyntiin?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

14. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia nämä vaikutukset ovat?

15. Onko polttoainelaadun vaihtamisella vaikutusta moottorin käynnistymiseen kylmissä olosuhteissa?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

16. Jos vastasitte kyllä, niin millaisia vaikutuksia?

17. Voiko yrityksenne tuotannossa ja tällä hetkellä käytössä olevassa kalustossa käyttää diesel-polttoainetta tilalla JP-8 polttoainetta?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

18. Onko yrityksenne tulevaisuuden suunnitelmissa mahdollistaa JP-8 polttoaineen käyttäminen kalustossanne?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa

19. Oletteko joutuneet huomioimaan Naton jäsenmaiden ja muiden kalustoanne ostaneiden asiakkaiden vaatimuksia JP-8 käytön mahdollistamisessa?

- Kyllä
- Ei
- En osaa sanoa