

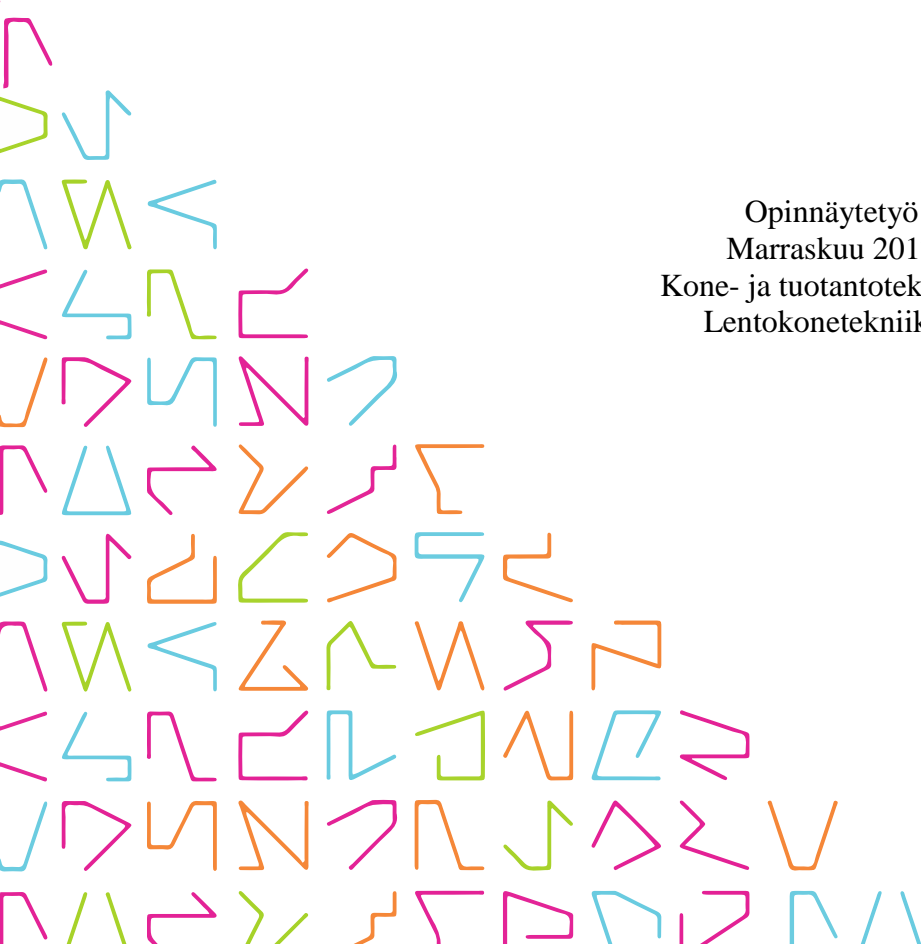


TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

NH90-KALUSTON MAKSIMILENTOMASSAN KASVATTAMISEN JA LAIVALLE LASKEUTUMISEN VAIKUTUKSET YLLÄPITOON JA KUSTANNUKSIIN

Anna Orslahti

Opinnäytetyö
Marraskuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka
Lentokonetekniikka

ORSLAHTI, ANNA:

NH90-kaluston maksimilentomassan kasvattamisen ja laivalle laskeutumisen vaikutukset ylläpitoon ja kustannuksiin

Opinnäytetyö 50 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Marraskuu 2017

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa sovellettua tutkimustietoa Puolustusvoimille NH90-helikopterikaluston maksimilentomassan kasvattamisen ja laivalle laskeutumisen vaikutuksista. Tarkoituksena oli selvittää helikopterin valmistajan ohjekirjallisuuden avulla, millaisin reunaehdoin suurinta mahdollista lentomassaa voidaan kasvattaa nykyisestä 10 600 kilosta 11 000 kiloon tai suorittaa laivalle laskeutumisia. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, kuinka kyseiset erikoistilanteet vaikuttavat NH90-kaluston laitteiden huoltoihin ja laitevaihtoihin normaaliin lentotoimintaan nähden. Kyseisten ylläpitovaikutusten perusteella voitiin laskea näistä syntyvät mahdolliset lisäkustannukset.

Valmistajan ohjekirjallisuudessa on määritelty rasituskertoimet sellaisille laitteille, jotka rasittuvat normaaliin lentotoimintaan verrattuna enemmän, mikäli lennetään suuremmalla lentomassalla tai laskeudutaan laivan kannelle. Rasituskertoimien perusteella voitiin laskea näiden erikoistilanteiden enimmäisosuus kaikista lentotunneista tai laskeutumiskerroista, jolloin laitevaihdot tai huollot eivät lisäänty. Tuloksen saamiseksi suodatettiin tietoa Suomen NH90-kaluston käyttöhistoriasta Puolustusvoimien ylläpitämien logistiikan tietojärjestelmän avulla. Lisäksi pyydettiin Maavoimien ilmaisuusastolta arvio erikoistilanteiden osuuksista päivittäisestä lentotoiminnasta tulevaisuudessa. Kyseisen arvion ja käyttöhistorian perusteella voitiin selvittää, lisääntyvätkö huollot tai laitevaihdot kaluston jäljellä olevan käyttöiän aikana ja millaisia kustannuksia näistä mahdollisesti syntyy.

Tuloksista kävi ilmi, että ainoat rajoittavat tekijät erikoistilanteiden toteuttamiseksi ovat laitteiden käyttöikärajoitukset sekä rasituskertoimet. Suuremmalla lentomassalla lentäminen ja laskeutuminen rasittaa konetta huomattavasti enemmän kuin laivalle laskeutuminen, koska tarkasteltavien laitteiden rasituskertoimet ovat suuria. Suuremmalla lentomassalla operoidessa 75 % tarkasteltavien laitteiden määrästä tulee vaihtaa jo, kun erikoistilanteen osuus on noin 25 %. Vastaava arvo laivalle laskeutumisissa on 65 %, joten ero on merkittävä. Suuremmalla lentomassalla operoiminen kasvattaa kuluja yli kaksinkertaisesti enemmän kuin laivalta operoiminen, kun erikoistilanteen osuus on 25 %. Suuria kustannuslisäyksiä syntyy myös esimerkiksi pakollisista hankinnoista, koulutuksesta ja olosuhdevaikutuksista. Tulosten perusteella suuremmalla lentomassalla lentämistä tulee rajoittaa, jotta kustannukset pysyvät kohtuullisina. Luottamuksellinen aineisto on poistettu julkisesta raportista.

Asiasanat: NH90-helikopteri, maksimilentomassa, laivalle laskeutuminen, rasituskerroin

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering
Aeronautical Engineering

ORSLAHTI, ANNA:

The Effects of Ship-Deck Landings and Operating at the Alternate Gross Weight of NH90 Equipment

Bachelor's thesis 50 pages, appendices 6 pages
November 2017

The aim of this thesis was to produce applied research data for the Finnish Defense Forces on the effects that result from operating NH90-helicopters at the alternate gross weight and performing ship-deck landings with them. Alternate gross weight denotes that the maximum gross weight is between 10 600 and 11 000 kilos. The purpose was to establish what kind of regulations there are considering those special situations in daily operations with the help of the reference material by NH90-helicopter manufacturer. The intention was also to demonstrate how those situations affect the NH90 equipment's maintenance compared to normal operations. By knowing the maintenance effects, the possible expenses could be calculated.

There is a coefficient and penalty factors for some components that overstress when flying at the alternate gross weight or during ship-deck landing that are determined in the manufacturer's manual. With those factors the maximum percentage of all flight hours or landings in those special situations could be calculated. Those maximum percentages are critical limits. Maintenances and expenses will increase when the limits are exceeded. NH90-helicopter's operation history data was searched from the Finnish Defense Forces' logistics information system. To get as realistic results as possible the Finnish Army was asked for estimations about flying with alternative gross weight and the number of ship-deck landings in the future. On grounds of those estimations and operation history data, it could be established whether the maintenances and expenses increased or not.

The results showed that there are only two restrictive factors when executing those special situations in daily operations. Those are the components' service life limits and the coefficient and penalty factors. Flying and landing at the alternate gross weight will stress the helicopter's components more than ship-deck landings. The reason for this is that the coefficient factors were substantially bigger. When operating at the alternate gross weight, 70% of components under review have to be changed when the percentage of operating at the alternate gross is 25% of the total operation time. The corresponding value for the ship-deck landings is 65% which indicates a significant difference. When operating at the alternate gross weight the expenses are doubled compared to the ship-deck landings when each of these special situations comprise 25% of the total operation time. Also pilot training, compulsory purchases and the effects of sea and weather conditions are increasing the expenses. The sections containing classified information were excluded from the public version of this thesis.

Key words: NH90-helicopter, alternate gross weight, ship-deck landing, penalty, coefficient factor

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	PUOLUSTUSVOIMIEN LOGISTIIKKALAITOS JA JÄRJESTELMÄ- KESKUS	8
3	NH90-HELIKOPTERI.....	9
	3.1 Historia.....	9
	3.2 Suomen helikopterihankinta	11
	3.3 NH-kaluston tekniikka ja kyky	13
	3.4 Huoltojaksot ja sallittu käyttöikä	14
4	LÄHTÖKOHDAT.....	16
	4.1 Tavoitteet ja toteutuksen suunnitelma	16
	4.1.1 Laivalta operoiminen	17
	4.1.2 Maksimilentomassan kasvattaminen.....	18
	4.1.3 Rasituskertoimet.....	19
	4.2 Mahdolliset ongelmatilanteet.....	20
5	TOTEUTUS	21
	5.1 Tiedon kerääminen	21
	5.2 Ylläpitovaikutusten laskeminen.....	22
	5.3 Kustannusten laskeminen	26
6	TULOKSET	27
	6.1 Coefficient factory ja penalty -kertoimet.....	27
	6.2 AGW-moodilla operoiminen ja laivalle laskeutuminen	27
	6.2.1 Erikoistilanteiden maksimiosuudet lentotoiminnasta	28
	6.2.2 Ylläpito- ja kustannusvaikutukset	30
	6.2.3 Esimerkki ylläpito- ja kustannusvaikutusten laskemisesta	32
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	36
	7.1 Vaikutukset	36
	7.1.1 Virhemarginaali.....	37
	7.2 Muut huomioitavat asiat	38
	7.2.1 Helikopterin seisonta aluksella	39
	7.2.2 Korroosio	40
	7.3 Työn eettisyys ja luotettavuus.....	40
	LÄHTEET.....	42
	LIITTEET	45
	Liite 1. IETP:n ohjeen JA-A-00-00-00-11A-018A-A esimerkit coefficient factory ja penalty -kertoimien vaikutuksien laskemisesta	45
	Liite 2. Lähtöarvot ja rasituskertoimelliset laitteet.....	46

Liite 3. Koneyksilöiden ensilennot, lentotunnit ja käyntiaika.....	47
Liite 4. Erikoistilanteiden enimmäissuhde komponenttikohtaisesti.....	48
Liite 5. Ylläpito- ja kustannusvaikutukset komponenttikohtaisesti	49
Liite 6. Ylläpito- ja kustannusvaikutukset koko NH90-kaluston käyttöiän aikana.....	50

LYHENTEET JA TERMIT

AGW	Alternate Gross Weight
Coefficient factor	Rasituskerroin AGW-moodilla lentäessä
FBW	Fly-by-wire
FH	Flight Hours
FOC	Final Operational Configuration
Hangaari	Sääsuoja
IETP	Interactive Electronic Technical Publication
IOC	Initial Operational Configuration
LD	Landings
LTJ	Logistiikan tietojärjestelmä
Modifikaatio	Muutostyö
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NFH	NATO Frigate Helicopter
NHI	NATO Helicopters Industries
NH90	NATO Helicopter for the 90's
Penalty	Rasituskerroin laskeutumisten yhteydessä
Retrofit	Muutostyö, jolla saavutetaan konfiguraation FOC-taso
SAR	Search and Rescue
SDL	Ship-deck landing
SLM	Service Life Limits
TTH	Tactical Transport Helicopter

1 JOHDANTO

Tämä tutkimustyön on tilannut Puolustusvoimien Järjestelmäkeskus. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuoda ilmi NH90-helikopterikaluston maksimilentomassan kasvattamisen ja laivalle laskeutumisen konkreettiset vaikutukset. Nykyisen 10 600 kilon suurimman mahdollisen lentomassan kasvattaminen 11 000 kiloon lisäisi helikopterin hyötykuorman osuutta, jolloin koneeseen voitaisiin lastata enemmän esimerkiksi miehistöä tai aseistusta. Suurempi lentomassa rasittaa tiettyjä komponentteja enemmän, mikä voi johtaa huoltojen tai laitevaihtojen lisäykseen ja sitä kautta kustannuksien nousuun.

Työn tarkoituksena on lisäksi selvittää vastaavat vaikutukset, mikäli NH90-kalustossa laskeuduttaisiin laivan kannelle. Laivue 2020 -hankkeen myötä koetaan tarpeelliseksi luoda NH90-helikopterikalustolle tukeutumiskyky laivastoon. Tällöin laivaston operoimisetäisyys ja pinta-alusten sekä sukellusveneiden havainnointi ja mahdollinen torjunta voidaan helikoptereiden avulla toteuttaa kauempana itse aluksesta. Lisäksi helikopteri voidaan tankata, huoltaa tai sen varustusta muuttaa laivan kannella, mikä tuo helikopterikalustolle laajemmat käyttömahdollisuudet.

Tavoitteena on selvittää, millaisia asioita tulee huomioida ja millaisin reunaehdoin edellä mainitut tilanteet voidaan ottaa käyttöön päivittäisessä lentotoiminnassa. Lisäksi tutkitaan, kuinka paljon laitevaihdot tai huollot lisääntyisivät helikopterikaluston 30 vuoden käyttöiän aikana. Tavoitteena on saada mahdollisimman todenmukainen kuva maksimilentomassan kasvattamisen ja laivalle laskeutumisen vaikutuksista kustannuksiin. Työ on toteutettu valmistajan ohjekirjallisuuden sekä Puolustusvoimien logistiikan tietojärjestelmästä löytyvien tietojen ja esimerkkien pohjalta.

Opinnäytetyö sisältää kuvauksen työn tilaajasta eli Järjestelmäkeskuksesta, NH90-kalustosta ja sen käytöstä Puolustusvoimissa. Lisäksi työssä esitellään tutkimuksen laskennallinen toteutus esimerkin avulla. NH90-kaluston lentotoimintaan liittyvät arvot ja arviot ovat salassa pidettävää tietoa, minkä vuoksi esimerkissä esiintyvät arvot eivät ole todellisia. Todelliset tulokset on esitelty opinnäytetyön liitteissä, joiden sisältö on luottamuksellisuuden vuoksi poistettu julkisesta raportista.

2 PUOLUSTUSVOIMIEN LOGISTIKKALAITOS JA JÄRJESTELMÄ- KESKUS

Vuonna 2015 tehdyn puolustusvoimauudistuksen myötä perustettu Logistiikkalaitos koostuu esikunnasta, Järjestelmäkeskuksesta, kolmesta logistiikkarykmentistä, Räjähdekeskuksesta, Sotilaslääketieteen keskuksesta ja Logistiikkakoulusta. Logistiikkalaitos työllistää noin 2 200 henkilöä 39 eri paikkakunnalla, niin sotilas- kuin siviiliviroissa. (Mahdollistaja 2014, 4, 9.) Sen päätehtävinä on

- luoda edellytykset puolustusvoimien suorituskyvyn rakentamiselle ja käytölle kaikissa tilanteissa
- vastata materiaalihankintojen kokonaisuudesta
- toteuttaa logistiikan järjestelyt ja palvelut valtakunnallisesti
- ylläpitää joukkojen, henkilöstön ja järjestelmien toimintakykyä ja materiaalin käyttökelpoisuutta.

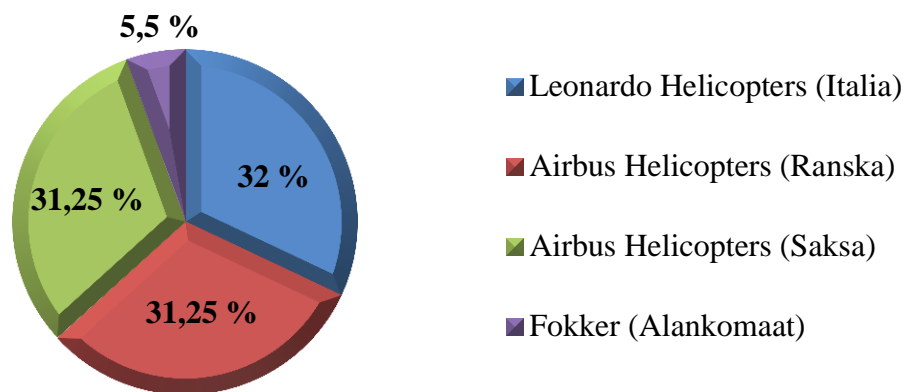
Järjestelmäkeskus on Logistiikkalaitoksen alainen hallintayksikkö. Järjestelmäkeskus työllistää noin 500 henkilöä Tampereella, Turussa, Jyväskylässä ja Riihimäellä. Järjestelmäkeskuksella on vastuullaan Puolustusvoimien järjestelmien ja materiaalien tekninen elinjakson hallinta, kunnossapito ja hankintatoiminta kaikissa teknisissä valmisteluissa. Järjestelmäkeskus vastaa Puolustusvoimien kaluston ja materiaalin teknisestä tarkastustoiminnasta ja käyttöturvallisuudesta. (Puolustusvoimat 2017.)

Järjestelmäkeskukseen kuuluu hallinto- ja suunnittelusektori, projektiosasto, maa-, meri- ja ilmajärjestelmäosasto sekä tiedustelu-, valvonta- ja johtamisjärjestelmäosasto. Jokainen osasto on erikoistunut vastuualueensa järjestelmiin, varusteisiin ja materiaaliin sekä niihin liittyviin turvallisuustekijöihin. (Mahdollistaja 2014, 22.) Tämä tutkimus on toteutettu Järjestelmäkeskuksen Ilmajärjestelmäosaston HEKO- ja UAV-sektorin alaisuudessa. Sektori vastaa maavoimien helikopterikalustosta ja UAV-laitteista eli miehittämättömistä ilma-aluksista. Ilmajärjestelmäosasto on Järjestelmäkeskuksen suurin osasto ja työllistää yhteensä noin 180 henkilöä Tampereella ja Tikkakoskella (Torni 2017).

3 NH90-HELIKOPTERI

3.1 Historia

1990-luvun alussa usealla Euroopan NATO-maan (the North Atlantic Treaty Organisation) puolustusvoimilla oli tarve uudelle helikopterimallille. NH90-helikopterin (NATO helicopter for the 90's) kehittämisprojekti alkoi syyskuussa 1992, kun Ranska, Saksa, Italia ja Alankomaat solmivat sopimuksen helikopterihankkeesta. Päämääränä oli suunnitella, kehittää ja rakentaa keskiraskas helikopteri, joka voisi korvata kyseisten maiden sotilaskäyttöön tarkoitetut kuljetus- ja laivastohelikopterit. (Maoui 2017, 7.) Näiden neljän maan hallitukset perustivat NAHEMA:n (NATO Helicopter Management Agency), joka on vastuussa koko ohjelman toteutuksesta (Suila, 2008). Päämäärään pääsemisen vuoksi perustettiin NHIndustries (NHI) -yhtiö, jonka omistavat Airbus Helicopters (entinen Eurocopter), Leonardo Helicopters (entinen Agusta Westland) ja Fokker. Omistussuhteet on esitetty kuviossa 1. (NHIndustries 2013.)



KUVIO 1. NHIndustries-yhtiön omistajat ja omistussuhteet

Kullakin NHI:n omistusyhtiöllä on NH90-helikopterin tuotannossa omat vastualueensa. Ranskan Airbus Helicopters vastaa muun muassa roottoreista, sähkö- ja lennonohjausjärjestelmistä. Saksan Airbus vastaa polttoaine-, kommunikaatio- ja avioniikanohjausjärjestelmistä sekä helikopterin keski- ja eturungosta. Leonardo Helicoptersin vastuulla on hydraulijärjestelmät, automaattinen lennonohjausjärjestelmä, moottorit ja päävaihteisto. Fokker vastaa helikopterin peräosan rakenteista, ovista, laskutelineistä ja apuvaihteistosta. (Maoui 2017, 30.)

NH90-kuljetushelikoptereita on valmistettu kahta pääversiota. NFH-malli (NATO Frigate Helicopter) on suunniteltu käytettäväksi meriolosuhteissa ja operoimaan laivalta (Kuva 1). Toinen versio on taktinen kuljetushelikopteri eli TTH (Tactical Transport Helicopter). Jokaisella asiakkaalla on kuitenkin erilainen NH90-kalusto, sillä koneet suunnitellaan ja valmistetaan asiakkaan vaatimusten ja tarpeiden mukaan. Tyypillisimmät lisävarustetyypit ovat ASW (Anti-submarine warfare) ja SAR (Search and Rescue). ASW-varustetuilla koneilla on kyky löytää, seurata ja torjua sukellusveneitä tai pinta-aluksia ilmasta käsin. SAR-toiminnalla tarkoitetaan merellä tapahtuvaa etsintä- ja pelastustyötä. Eroavaisuuksia voi olla myös esimerkiksi matkustamojärjestelyissä, aseistuksessa ja ensiapuvälineistössä. (Airbus Helicopters 2015.)



KUVA 1. Norjan NH90-helikopteri (NFH) laskeutumassa laivan kannelle (NHIndustries 2009)

Kahden perustyyppin lisäksi puhutaan TTT-mallista (Tactical Troop Transport) eli taktisesta miehistönkuljetushelikopterista. Kyseinen malli on hyvin samankaltainen, kuin TTH-malli, mutta erona on muun muassa täysin erilaiset avioniikkajärjestelmät (Rankinen 2017). Lisäksi TTT-mallissa on kahteen muuhun malliin verrattuna 24,5 cm korkeampi matkustamo, joka mahdollistaa miehistölle paremmat toimintaolosuhteet, koska 182cm korkeassa matkustamossa pystyy seisomaan suorassa. Ruotsi on toistaiseksi ainoa asiakas, joka on tilannut kyseistä mallia. (Lentoposti 2015c.)

3.2 Suomen helikopterihankinta

Ensimmäinen käytännöllinen helikopteri lensi Saksassa jo vuonna 1936, mutta Suomen Ilmavoimat hankkivat ensimmäiset helikopterinsa vasta 60-luvun alussa. Ilmavoimien helikopteritoiminta siirtyi Maavoimien alaisuuteen, kun Utin helikopterilentue liitettiin jääkärirykmenttiin vuonna 1997. (Raunio 2000, 2-6, 2-13.) Samana vuonna eduskunnalle annettiin turvallisuus- ja puolustuspoliittisen selonteko, jossa maavoimien suorituskykyä haluttiin nostaa. Siten muodostui tarve hankkia uusia helikoptereita, jotka korvaisivat vanhenevan Mi-8-helikopterikaluston nykyaikaisemmilla järjestelmillä, varustuksella ja paremmalla suorituskyvyllä. Tämän seurauksena aloitettiin esiselvitystyö, jonka tarkoituksena oli selvittää todellinen käyttötarve, käyttäjän vaatimukset sekä helikopterin elinkaaren huolto-, tuki-, koulutus- ja rahoitustarpeet. (Suila 2008.)

Vuonna 1999 Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan puolustusministerit allekirjoittivat helikopteriyhteistyötä koskevan puitesopimuksen. Tarkoitus oli laatia yhteinen tarjouspyyntö, mutta hankintavaiheessa jokainen maa solmisi erillisen sopimuksen valmistajan kanssa. Yhteispohjoismainen tarjouspyyntö lähetettiin marraskuussa 1999 viidelle eri valmistajalle. Määräaikaan mennessä tarjoukset oli toimittanut EHIndustries, Eurocopter, Sikorsky ja NHIndustries. Ainoastaan Boeing ei jättänyt tarjousta. (Suila 2008.)

Tarjotuista helikoptereista NH90 täytti vaatimukset parhaiten. Syksyllä 2001 Tanska vetäytyi hankkeesta, mutta Suomi, Ruotsi ja Norja tilasivat NH90-helikoptereita NHIndustries-yhtiöltä. Samana vuonna uttiin perustettiin Helikopteripataljoona, johon uusi helikopterikalusto ja erikoisjoukkojen valtakunnallinen koulutuskeskus sijoitettiin. Suomi tilasi 20 TTH-mallista helikopteria (kuva 2), joista ensimmäisen kopterin piti olla toimitettuna vuoteen 2004 ja viimeisen 2008 mennessä. Ennen ensimmäisenkään helikopterin toimitusta, NHI ilmoitti Suomelle, että ei pysty toimittamaan helikoptereita sovituissa aikatauluissa. He ehdottivat, että kopterit toimitettaisiin kolmessa eri kehitysvaiheessa. (Suila 2008.)



KUVA 2. Suomen maavoimien NH90-kuljetushelikopteri (Maavoimat 2017)

NH90-kalustosta viisi ensimmäistä käyttöön otettua konetta luovutettiin IOC-varustuksessa (Initial Operational Configuration), seitsemän konetta IOC+ ja kolme IOC++ -tasoisina. Viisi viimeistä konetta rakennettiin valmiiseen FOC-versioon (Final Operational Configuration). (Lentoposti 2015b.) Ensimmäinen Suomelle luovutetuista koneista kokoonpantiin Ranskassa ja lennettiin kokonaisuutena Suomeen. Nykyisin Suomen valtion (50,1 %) ja norjalaisen Kongsberg Defense & Aerospace:n (49,9 %) omistama Patria Oyj kokoonpani vuosina 2003–2015 loput 19 helikopteria Suomelle. (Patria Oyj 2017.) Kun viimeinen kone oli luovutettu vuonna 2015, aloitettiin IOC-tasoisien koneiden retrofit eli tasopäivitys. Patria suorittaa kaikkien IOC-versioiden päivitykset FOC-konfiguraatioon vuoteen 2018 mennessä. (Patria Oyj 2015.)

Helikopterihankinnan viivästymisen syynä oli pitkälti se, että NH90:n ensimmäinen prototyyppi lensi vuonna 1995, mutta sarjatuotanto aloitettiin vasta vuosituhannen vaihteessa. Perustyyppi hyväksyttiin Saksassa vuonna 2006, jonka jälkeen Suomen hyväksyntäkäsittely pääsi etenemään. (Suila 2008.) IOC-tasoisien koneiden käyttö mahdollisti NH90:n aikaisemman käyttöönoton ja koulutuksen aloittamisen, vaikka koneilla ei ollutkaan kaikkia tilattuja kykyjä luovutusvaiheessa. (Lentoposti 2015b.) Toimituksen viivästymisen vuoksi Suomi ja NHI solmivat sopimusmuutoksen vuonna 2007, jonka perusteella NHI korvaa Suomelle 20 miljoonaa euroa, joka vastaa suunnilleen yhden kopterin hankintahintaa (Suila 2008). Tähän päivään mennessä NH90-helikoptereita on toimitettu 13:lle eri maalle yhteensä 306 koneyksilöä (NHIndustries 2013).

3.3 NH-kaluston tekniikka ja kyky

Suomessa NH90-kalustoa käytetään joukkojen ja materiaalien siirtämisen lisäksi erilaisiin valvonta- ja tiedustelutehtäviin sekä etsintä-, pelastus-, kuljetus-, evakuointi- ja palonsammutustehtäviin. NH-kalustoa hyödynnetään lisäksi yhteistoiminnassa valmiusryhmien ja erikoisjoukkojen kanssa. (Maavoimat 2017.) Jokasään NH90-helikopteri on ensimmäinen sotilaskäytössä palveleva helikopteri, jossa on nelinkertainen fly-by-wire (FBW) lennonohjausjärjestelmä ilman mekaanista varajärjestelmää (NHIndustries 2013). FBW-ohjausjärjestelmässä roottoreita säättävät hydrauliaktuaattorit saavat käskynsä sähköisesti tietokoneiden välityksellä. Järjestelmän avulla säästetään koneen massasta, sillä ohjaimien ja hydrauliaktuaattoreiden välillä ei ole lainkaan mekaanista yhteyttä. (Raunio 2000, 8-13.)

NH90:n rakenteen keveyden mahdollistaa myös se, että kone on valmistettu lähes kokonaan komposiitista pää- ja pyrstöroottorit mukaan lukien. Lisäksi rakenneratkaisu kasvattaa laitteiden ja rungon väsymis- ja korroosionkestävyyttä sekä vaurionsietokykyä. (Maoui 2017, 56.) Koneen runko on suunniteltu siten, että miehistöllä olisi mahdollisimman suuret selviytymismahdollisuudet, mikäli kone syöksyisi maahan (Airbus Helicopters 2015). Tehonsa koneet saavat kahdesta Rolls-Royce Turbomeca RTM 322-01/9 – moottorista, joita valmistaa ranskalainen ilmailu- ja avaruusteknologiaan erikoistunut Safran (Maoui 2017, 58). Suomen NH90 TTH-mallin helikopterin ominaisuudet on esitelty taulukossa 1 (Maavoimat 2017).

TAULUKKO 1. NH90 (TTH) -helikopterin tekniset tiedot

Maksimilentokorkeus	6 000 m	Maksimiteho	2 240 kW
Maksimilentonopeus	305 km/h	Toiminta-aika	4 h
Maksimi lentoonlähtömassa	11 000 kg	Toimintamatka	800 km
Maksimi sisäpuolinen kuorma	2 500 kg	Vinssin nostokyky	270 kg
Maksimi ulkopuolinen kuorma	3 000 kg	Kuormakoukun nostokyky	4 000 kg

Valmistajan lupauksen mukaan TTH-mallilla on kyky kuljettaa 20 henkilöä varusteineen, sekä kantaa sisäistä ja ulkoista kuormaa, aseistus mukaan lukien. Varustelunsa vuoksi Suomen helikoptereihin mahtuu miehistöä 2 + 1 ja matkustajia 16 henkilöä. Lisäksi Suomen NH:lla on SAR-kyky eli etsintä- ja pelastuskyky. Tämän kyvyn vuoksi koneissa on paarivarustus ja pelastusvinssi. (NHIndustries 2013.) Pelastusvinssillä on mahdollista nostaa henkilöitä 270 kiloon asti esimerkiksi merestä tai laivan kannelta, siihen kuitenkaan laskeutumatta (kuva 3). NH90-helikoptereissa on myös kuormakoukku, Dillon M134D ovikonekivääri, peräramppi ja suuret liukuovet koneen molemmilla puolilla. (Väänänen 2014, 7; Långström 2017.)



KUVA 3. NH90-helikopteri harjoitteli henkilöiden pelastamista vinssaamalla kansainvälisessä Kvarken-meripelastusharjoituksessa (Rajavartiolaitos 2017)

3.4 Huoltojaksot ja sallittu käyttöikä

Suomen NH-kalustolle on määritelty käyttöikäksi 30 vuotta tai 10 000 lentotuntia koneyksilöä kohti. Rajoittavaksi tekijäksi muodostuu se arvo, joka täyttyy ensimmäisenä. (Långström 2017.) Käyttöiän toteutumisen kannalta on konetta ja sen laitteita tarkastettava ja huollettava säännöllisesti. Tästä syystä NH90-helikoptereiden komponenteille on määrätty tarkat huolto- ja tarkastusjaksot, jotka voivat perustua lentotunteihin (FH), laskeutumisten määrään (LD), kalenteriaikaan (Y) tai operoimissykleihin eli käyttökertoihin (OPC). Yksi käyttökerta määritellään koneen moottorin käynnistämisestä sen sammuttamiseen, ja lentotunti käsittää sen ajan, jonka ilma-alus on ilmassa. Joidenkin laitteiden käyntiaikaa seurataan myös operoimistunteina

(OPH), joka kuvaa laitteen käyntiaikaa tunteina lentotehtävästä riippumatta. Esimerkiksi APU:n (Auxiliary power unit) käyttöaikaa seurataan operoimistunteina. (Långström 2017.)

Näiden lisäksi valmistaja on määritellyt tietyille komponenteille suurimman sallitun käyttöiän (Service life limits), josta käytetään lyhennettä *SLM*. Laitteen käyttöiällä tarkoitetaan jaksoa, jonka täyttymisen jälkeen laite ei enää ole lentokelpoinen ja se tulee korvata uudella laitteella. Kyseinen jakso määritellään samalla tavalla kuin huolto- ja tarkastusjaksotkin. Edellisten lisäksi käyttöhuoltotoiminnassa suoritetaan koneille tarkastukset ennen päivän ensimmäistä lentoa (BFF), lentojen välissä (TAr) ja päivän viimeisen lennon jälkeen (ALF). Lisäksi koneelle suoritetaan Safety Inspection (SI) – tarkastus 50 lentotunnin välein.

Rungon käyttöiän lisäksi myös yksittäisten komponenttien huolto-, tarkastus- tai laitevaihtojaksoihin voivat vaikuttaa useampi kuin yksi peruste. Joidenkin laitteiden kohdalla kyseiset jaksot on voitu määritellä esimerkiksi sekä laskeutumisten määrään että kalenteriajan perusteella. Näistä kahdesta rajoittavasta tekijästä määrää se, joka täyttyy ensimmäisenä. (Långström 2017.)

4 LÄHTÖKOHDAT

4.1 Tavoitteet ja toteutuksen suunnitelma

Projektin alussa työn tarkoituksesta kerrottiin pääpiirteittäin, jonka perusteella tuli tutustua NH90:n valmistajan laatimiin ohjeisiin ja helikopteritekniikan perusteisiin. Taustatietojen etsiminen ja niihin perehtyminen oli alkuun suuressa roolissa. Ennen varsinaisen työn aloittamista käytiin keskustelu tyyppi-insinöörin Tero Långströmin ja sektorijohtajan Lasse Latvanteen kanssa työn tarkoituksesta ja tavoitteista. Keskustelu selvensi, mihin tarkoitukseen Puolustusvoimat tarvitsevat kyseistä työtä ja mitä tuloksia he haluavat saada selville.

Keskustelun perusteella opinnäytetyölle asetettiin kaksi päätavoitetta. Ensimmäinen tavoite on selvittää, kuinka NH-kaluston maksimilentomassan kasvattaminen 11 000 kiloon vaikuttaa huoltojaksoihin tai laitevaihtoihin ja sitä kautta kustannuksiin. Puhutaan AGW-moodista (Alternate Gross Weight), kun lentoonlähtömassa on 10 600 ja 11 000 kilon väliltä. Toinen päätavoite on selvittää samat vaikutukset, mikäli kopterit laskeutuisivat laivalle. Laivalle laskeutumisesta käytetään lyhennettä SDL (Ship-Deck Landing). Kyseiset lentotehtävät rasittavat joitakin laitteita normaalia lentotoimintaa enemmän. Tämän vuoksi NHIndustries on laatinut laitteille rasisuskertoimet, jotka kuvastavat lentotunteina tai laskeutumiskertoina lisärasitusta, joka syntyy suuremman lentomassan käytöstä tai laivalle laskeutumisesta. Käytännössä komponentteja pitää huoltaa tai uusia aikaisempaa useammin näiden seurauksesta, mikä vaikuttaa suoraan myös kustannuksiin.

Lisäksi työn tarkoituksena on tutkia, onko edellä mainittujen tapausten lisäksi muita rajoittavia tekijöitä, jotka vaikuttavat edellä mainittuihin erikoistilanteisiin. Valmistajan laatimien ohjeiden ja esimerkkien pohjalta laaditaan yleispätevät kaavat kullekin toiminnolle ja lentotehtävälle, joilla voidaan laskea rasisuskertoimien vaikutuksia lentotoimintaan. Tämän jälkeen listataan ohjekirjallisuudesta kaikki ne laitteet ja niille määrätyt rasisuskertoimet, joita käytetään NH:n kokoonpanossa.

Aluksi selvitetään, mitkä ovat erikoistilanteiden maksimiosuudet lentotoiminnasta, jolloin ei vielä syntyisi ylläpito- tai kustannuslisäyksiä. Mahdollisimman todenmukaisen

tuloksen saamiseksi pyydetään lisäksi Maavoimien ilmailuosastolta arvio siitä, kuinka suuri osuus tulevaisuudessa kaikista helikopterin lentotunneista lennettäisiin AGW-moodilla tai laskeutumisista suoritettaisiin laivalle. Tarvittavan tiedon keräämisen jälkeen arvot ja kaavat kirjataan Excel-taulukkoon, josta voidaan laskea komponenttikohtaisesti edellä mainittujen tilanteiden vaikutus ylläpitoon ja kustannuksiin.

4.1.1 Laivalta operoiminen

Laivalta operoiminen helikoptereilla sai alkunsa Saksassa jo 1940-luvun lopulla (Thicknesse, Jones, Knowles, Kellett, Mowat & Edwards 2000, 13). Puolustusvoimien kalustolla ei kuitenkaan ole luotu tähän päivään mennessä kykyä operoida aluksilta. Ainoastaan Rajavartiolaitoksen H215 Super Puma -helikoptereilla on tukeutumiskyky vartiolaivan Turvan kannelle (Lentoposti 2014). Tähän tilanteeseen on kuitenkin tulossa muutos Laivue 2020 -hankkeen myötä.

Vuonna 2015 Puolustusvoimat käynnistivät Laivue 2020 -hankkeen, jonka tarkoituksena on korvata seitsemän käytöstä poistuneen tai poistuvan aluksen suorituskyky hankkimalla neljä monitoimikorvettia (Puolustusministeriö 2015). Uusilta aluksilta vaaditaan kykyä operoida ympärivuotisesti niin saaristossa kuin avomerelläkin ja tarvittaessa pitkäkestoisesti kaikissa sää- ja jääolosuhteissa (Pulkki 2015). Lisäksi aluksilla tulee olla merioperaatioiden johtamiskyky, pintatorjuntakyky avomerelle, merimiinoittamiskyky sekä sukellusveneentorjuntakyky (Puolustusministeriö 2015).

Aluksille asetettujen tavoitteiden täyttymiseksi NH90-helikoptereille tahdotaan luoda kyky operoida Merivoimien aluksilta (Leskinen 2017). Rannikolla sukellusveneitä voidaan torjua esimerkiksi miinoilla, mutta avomerellä helikopteri on välttämätön apu. Helikopterin avulla sukellusveneet voidaan havaita, tunnistaa ja tarpeen mukaan tuhota jopa satojen kilometrien päästä tukeutumisaluksesta. (Thicknesse ym. 2000, 17.) Jos NH90-kalustolle kyseinen kyky luodaan, se kasvattaisi Merivoimien alusten operoimisetäisyyttä, helpottaisi siirtämään kalustoa ja miehistöä meriolosuhteissa sekä havaitsemaan ja torjumaan sukellusveneitä. Lisäksi se avaisi mahdollisuuksia muiden viranomaisten tukemisessa valtakunnallisesti sekä kansainvälisissä tehtävissä. (Pulkki 2015.)

Laivue 2020 -hankkeen myötä Merivoimien uusille aluksille on tarkoitus valmistaa aluksen takaosaan laskeutumiskansi sekä sääolosuhteilta suojaava säilytystila eli hangaari (kuva 4). Hangaari mahdollistaa helikopterin säilytyksen lisäksi turvallisen kuljetuksen sekä pienet huolto- ja korjaustehtävät. Ennen varsinaista päätöksentekoa laivalta operoimiseen on selvitettävä, mitä asioita tulee huomioida helikopteritoiminnan näkökulmasta ja millaisia kustannuksia laivalla operoimisesta syntyisi. (Leskinen 2017.)



KUVA 4. Havainnekuva tulevasta Laivue 2020 -aluksesta. Takaosassa näkyy helikopterin laskeutumisalusta ja sääsuoja (Pulkki 2015)

4.1.2 Maksimilentomassan kasvattaminen

Helikopterin massa määritellään rakenteen, varustuksen, polttoaineen, matkustajien ja miehistön sekä muun sisäisen ja ulkoisen kuorman perustella. Puhutaan helikopterin tyhjämassasta (Empty weight), kun mukaan kuuluu helikopterin rakenteen massa sekä kaikki pakolliset osat ja varusteet asennettuna. Lisäksi tyhjämassa käsittää käyttöjärjestelmien nesteet ja niin sanotun ei käytettävissä olevan polttoaineen, millä tarkoitetaan noin 14 kiloa polttoainetta, joka jää koneeseen tyhjennyksestä huolimatta (IETP: JA-A-08-31-00-00A-040A-A). Perusmassa (Empty wight equipped) käsittää tyhjämassan lisäksi kaikki käyttötarkoitukseen tarvittavat varusteet, kuten pelastusvälineistön, pakolliset kirjat ja ohjeet sekä koneen täysinäiset nestesäiliöt (Väänänen 2014, 12).

Kokonaismassa (Gross weight) tarkoittaa helikopterin hetkellistä massaa, joka sisältää perusmassan lisäksi kaiken sisäisen ja ulkoisen kuorman (Väänänen 2014, 12).

Kokonaismassa muuttuu lennon aikana esimerkiksi polttoaineen kulutuksen tai aseistuksen käyttämisen johdosta (IETP: JA-A-08-40-10-00A-000A-A). Tällä hetkellä NH90-kaluston maksimilentomassaksi Puolustusvoimat ovat rajanneet 10 600 kiloa, mutta valmistajan määritelmien mukaan koneella voi lentää myös 11 000 kilon maksimilentomassalla tietyin reunaehdoin.

400 kilon lisäys kasvattaa suoraan hyötykuorman osuutta. Hyötykuormilla tarkoitetaan muuttuvia ja lisättäviä kuormia, kuten henkilöitä, aseistusta, lisäpolttoainesäiliöitä ja muita irrotettavissa olevia varustetta. NH-kaluston tyhjämassa on suurempi kuin suunnitteluvaiheessa oli tarkoitus, jolloin hyötykuorman osuus on pienempi, kun rajoittavana tekijänä on 10 600 kilon maksimilentomassa (Leskinen 2017).

4.1.3 Rasituskertoimet

NH90-helikopterilla voidaan suorittaa laivalle laskeutumisia tai lentää suuremmalla maksimilentomassalla tietyin reunaehdoin. Mikäli lentomassa on suurempi tai laskeutumisalustana toimii alus, se rasittaa tiettyjä koneen osia enemmän normaaliin lentotoimintaan verrattuna. Jotta laitteisiin kohdistuva lisärasitus tulisi huomioitua, on valmistaja määritellyt coefficient factory C ja penalty P -rasituskertoimet. Kyseiset kertoimet vaihtelevat lentotehtävän ja laitteen mukaan.

Coefficient factory -kerroin vaikuttaa, kun lennetään AGW-moodilla tai ballistinen suoja asennettuna, mutta tässä työssä käsitellään vain AGW-moodiin liittyviä coefficient factory -kertoimia. Nämä kertoimet ovat aina suurempia kuin yksi ja lopputulos ilmaistaan lentotunteina. Penalty-kerroin puolestaan liittyy lentotehtäviin, joissa on mukana laskeutuminen. Tällaisia lentotehtäviä ovat AGW-moodilla tai laivan kannelle tehtävät laskeutumiset. Penalty-kertoimet ovat yksi tai alle ja niitä voidaan hyödyntää sekä laskeutumismäärän että lentotuntien laskemisessa. Coefficient factory ja penalty -kertoimien vaikutukset lasketaan tilanteesta ja halutun lopputuloksen mukaan eri tavalla. (IETP: JA-A-00-00-00-11A-018A-A.)

4.2 Mahdolliset ongelmatilanteet

Suurin haaste tulee olemaan sellaisten komponenttien kohdalla, joille huoltojaksot tai laitevaihdot on määritelty kalenteriajan mukaan. Tämä on tutkimuksen kannalta ongelmallista, koska laivalle laskeutuminen tai AGW-moodilla lentäminen kasvattaa rasisuskertoimien myötä lentotunti- ja laskeutumiskertamäärää huomattavasti enemmän kuin normaali lentotoiminta. Jos esimerkiksi laitteen perushuoltojakso on 2 vuoden välein ja laskeudutaan laivalle tai lennetään AWG-moodilla, on laitteella huoltoon tullessa huomattavasti enemmän lentotunteja takana normaaliin lentotoimintaan verrattuna. Tämä voi tilanteen mukaan vaikuttaa perushuollon työmäärään ja kestoon, mikä puolestaan lisää kustannuksia.

Toinen ongelma-alue on laivalle laskeutumisten ja AGW-moodilla lentämisen määrän arviointi suhteessa normaalitoimintaan. Maavoimien ilmailuosasto arvioi laivalle laskeutumisten määrän koulutus- ja ylläpitotoiminnassa, johon laskelmat perustuvat. Vastaavia arvioita operatiivisesta toiminnasta on kuitenkin mahdoton antaa. Lisäksi tulevaisuudessa toteutettavien vuotuisten lentotuntien tai laskeutumisten määrää on vaikea arvioida. Tässä tutkimuksessa käytetään kuitenkin mahdollisimman suuria arvioita, jotta tulokseksi saataisiin suurimmat mahdolliset vaikutukset ylläpitoon ja kustannuksiin. Tällä tavalla vältetään yllätyksiltä tulevaisuudessa. Lopuksi pohditaan myös muita mahdollisia vaikuttavia tekijöitä edellä mainittuihin tilanteisiin, kuten käyttöhuoltotarpeen, välinehankintojen ja meriolosuhteiden vaikutuksia.

5 TOTEUTUS

5.1 Tiedon kerääminen

Tämän tutkimuksen perustana on käytetty NH90-helikopterin valmistajan tyyppikohtaista sähköistä ohjekirjallisuutta eli IETP:tä (Interactive Electrical Technical Publication). Kyseinen ohjekirjallisuus kattaa helikopterin rungon, moottorin ja laitteiden dokumentaatiot ja on ainoa, minkä ohjeiden mukaan helikopterin kanssa saa työskennellä. Valmistaja voi antaa uusia määräyksiä ja poiketa ohjeista julkaisemalla huoltotiedotteen. (Hartikainen 2014.) Lisäksi käyttäjämää voi itse poiketa ohjeista, mutta tämän jälkeen valmistaja ei niiltä osin ole vastuussa kyseisestä laitteesta tai toimenpiteestä (Långström 2017). IETP:n lisäksi NH90-kalustoon liittyvää tietoa on kerätty lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmästä eli LTJ:stä, jossa ylläpidetään lentoteknillisen materiaalin konfiguraatio-, sijainti- ja kuntoisuustilannetta.

Ensimmäiseksi tulee selvittää IETP:stä, mitä laitteita coefficient factory ja penalty - kertoimet koskevat. Tarkastellaan myös vaikuttaako kertoimet laitteiden tarkastusjaksoihin, huoltojaksoihin vai sallittuun käyttöikään. Tämän jälkeen selvitetään LTJ:stä, mitä näistä kyseisistä laitteista käytetään Suomen NH90-kaluston FOC-versioissa. Retrofitin päättymisen jälkeen NH-kalustolla voidaan tulevaisuudessa operoida nykyistä enemmän. Tämän takia on suoritettava toteutuneiden lentotuntien ja laskeutumiskertojen tarkastelu, jotta tiedetään, miten paljon laitteilla on jo lennetty. Tämän selvittämiseksi etsitään koneyksilö, jolla on lennetty eniten lyhyimmässä ajassa. Tämä on tutkimuksen kannalta varmin tapa selvittää, paljonko laitteella on vähintään käyttöikä jäljellä.

Jotta saataisiin selvitettyä, millä koneyksilöllä on lennetty eniten suhteessa aikaan, täytyy kerätä tiedot kunkin koneyksilön ensilennon ajankohdasta ja kokonaislentotuntimäärästä LTJ:stä. Tämän jälkeen lasketaan ensilennosta kulunut aika vuosina. Jakamalla rungon kokonaislentotunnit FH_{NH} käyntiajalla t_{NH} saadaan suhdeluku y_{NH} siitä, miten paljon kullakin koneyksilöllä on lennetty aikaan nähden

$$y_{NH} = \frac{FH_{NH}}{t_{NH}}. \quad (1)$$

Eniten lentoja lyhyimmässä ajassa on sillä koneyksilöllä, jonka suhdeluku on suurin. Työssä oletetaan, että tarkasteltavat laitteet ovat olleet kiinni kyseisessä koneessa sen ensilennosta lähtien.

Seuraavaksi muodostetaan IETP:n esimerkkien pohjalta laskentakaavat ja lasketaan, mikä on erikoistilanteiden enimmäisosuus kaikista lentotunneista ja laskeutumiskerroista, jolloin ei vielä aiheudu ylläpito- ja kustannusvaikutuksia. Lopuksi verrataan laskelmia Maavoimien ilmailuosaston antamaan arvioon ja lasketaan todelliset ylläpitovaikutukset komponenttikohtaisesti. Hinnastodokumentin ja ylläpitovaikutusten avulla voidaan laskea erikoistilanteista aiheutuvat lisäkustannukset komponentille. Edellä mainittujen perusteella saadaan kooste siitä, miten laivalle laskeutuminen tai AGW-moodilla operoiminen vaikuttaa kokonaisuudessa NH90-kaluston ylläpitoon ja kustannuksiin sen elinkaaren aikana.

5.2 Ylläpitovaikutusten laskeminen

IETP:n ohjeeseen JA-A-00-00-00-11A-018A-A on kirjattu esimerkkejä, kuinka saadaan laskettua lentotunnit tai laskeutumiskerrat coefficient factor ja penalty -kertoimien avulla (liite 1). Näiden esimerkkien pohjalta rakennetaan yleispätevät kaavat kyseisille erikoistilanteille. Kaavalla 2 voidaan laskea todellinen lentotuntimäärä ja kaavalla 3 laskeutumisten määrä, kun operoidaan AGW-moodilla. Kaavalla 4 saadaan laskettua todellinen lentotuntimäärä ja kaavalla 5 laskeutumisten määrä laivalle laskeutumisen yhteydessä. Kaavat 2-5 voidaan esittää muodossa

$$FH_{C(1.)} = (FH_{TOT(1.)} - FH_{AGW(1.)}) + FH_{AGW(1.)} \cdot C, \quad (2)$$

$$LD_{C(2.)} = LD_{TOT(2.)} + LD_{AGW(2.)} \cdot P, \quad (3)$$

$$FH_{C(3.)} = FH_{TOT(3.)} + LD_{SHIP(3.)} \cdot P, \quad (4)$$

$$LD_{C(4.)} = LD_{TOT(4.)} + LD_{SHIP(4.)} \cdot P. \quad (5)$$

Kaavoissa 2-5 esiintyvien lyhenteiden selitykset englanniksi ja suomeksi on esitetty taulukossa 2 ja kaavoja voidaan soveltaa vain TTH-mallille.

TAULUKKO 2. Kaavoissa 1-4 esiintyvät lyhenteet ja niiden merkitykset

LYHENNE	ENGLANNIKSI	SUOMEKSI
FH_c	Corrected flight hours	Todellinen lentotuntimäärä
LD_c	Corrected landings	Todellinen laskeutumiskertamäärä
FH_{TOT}	Total flight hours	Kokonaislentotuntimäärä
LD_{TOT}	Total landing times	Kokonaislaskeutumiskertamäärä
C	Coefficient factor	Rasituskerroin AGW-moodissa lentäessä
P	Penalty	Rasituskerroin AGW-moodissa tai laivalle laskeutumisten yhteydessä
FH_{AGW}	Flight hours in AGW condition	Lentotunnit AGW-moodilla lentäessä
LD_{AGW}	Landings in AGW condition	Laskeutumiskerrat AGW-moodilla laskeutuessa
FH_{SHIP}	Flight hours with ship-deck landings	Lentotuntimäärät laivalle laskeutumisessa
LD_{SHIP}	Landing times with ship-deck landings	Laivalle laskeutumiskerrat

Ensimmäiseksi tulee selvittää, kuinka paljon AGW-moodilla voidaan lentää tai laivalle laskeutumisia enintään suorittaa, jotta huollosta tai laitevaihtoista johtuvia lisäkustannuksia ei syntyisi kaluston käyttöiän aikana. Tämän selvittämiseksi ratkaistaan kaavat 2-5 muuttujien FH_{AGW} , LD_{AGW} , FH_{SHIP} ja LD_{SHIP} suhteen, jolloin kaavat voidaan esittää muodossa

$$FH_{AGW(1)} = \frac{FH_c - FH_{TOT}}{(C-1)}, \quad (6)$$

$$LD_{AGW(2)} = \frac{LD_c - LD_{TOT}}{P}, \quad (7)$$

$$FH_{SHIP(3)} = \frac{FH_c - FH_{TOT}}{P}, \quad (8)$$

$$LD_{SHIP(4)} = \frac{LD_c - LD_{TOT}}{P}, \quad (9)$$

jossa muuttujat FH_{AGW} ja FH_{SHIP} ovat erikoistilanteiden enimmäisosuudet lentotunteina sekä LD_{AGW} ja LD_{SHIP} laskeutumiskertoina kaluston jäljellä olevan käyttöiän aikana. Muut kaavoissa 6-9 olevat muuttujat voidaan ratkaista vasta, kun tiedetään, mihin rasiuskertoimet perustuvat.

Lopuksi tulee selvittää erikoistilanteiden prosentuaalinen osuus ennen huolto- tai laitevaihtojakson täyttymistä. Tätä varten tulee selvittää tarkasteltavan laitteen laitevaihto- tai huoltojakso t sekä suunniteltu vuotuinen lentotuntimäärä FH_{PLAN} ja laskeutumiskertamäärä LD_{PLAN} . Erikoistilanteiden enimmäisosuus $y_{(1.)}$ tai $y_{(2.)}$ lentotunteina sekä $y_{(3.)}$ tai $y_{(4.)}$ laskeutumiskertoina saadaan selvitettyä, kun kaavojen 6-9 tulokset jaetaan sillä lentotunti- tai laskeutumiskertamäärällä, joka on tarkoitus toteuttaa laitteiden jäljellä olevan käyttöiän aikana. Käyttöiän aikana suoritettavat lentotunti- ja laskeutumiskertamäärät saadaan kertomalla vuotuinen suunniteltu määrä FH_{PLAN} tai LD_{PLAN} laitteen laitevaihto- tai huoltojaksolla t . Erikoistilanteiden maksimiosuus normaalista lentotoiminnasta voidaan esittää muodossa

$$y_{(1.)} = \frac{FH_{AGW(1.)}}{FH_{PLAN} \cdot t}, \quad (10)$$

$$y_{(2.)} = \frac{LD_{AGW(2.)}}{LD_{PLAN} \cdot t}, \quad (11)$$

$$y_{(3.)} = \frac{FH_{SHIP(3.)}}{FH_{PLAN} \cdot t}, \quad (12)$$

$$y_{(4.)} = \frac{LD_{SHIP(4.)}}{LD_{PLAN} \cdot t}, \quad (13)$$

jossa suhde $y_{(i)}$ kertoo sen maksimiosuuden, jonka ylittämisen jälkeen huollot tai laitevaihdot sekä kustannukset kasvavat.

Näitä suhteita voidaan verrata Maavoimien antamaan arvioon AGW-moodilla operoimisen osuudesta y_{AGW} ja laivalle laskeutumisen osuudesta y_{SHIP} . Kyseiset suhteet kertovat erikoistilanteen osuuden kokonaislentotunneista ja ne voidaan esittää muodossa

$$y_{AGW} = \frac{FH_{AGW}}{FH_{TOT}}, \quad (14)$$

$$y_{SHIP} = \frac{LD_{SHIP}}{LD_{TOT}}. \quad (15)$$

Laitevaihtojen tai huoltojen lisäyksen määrän selvittämiseksi tulee laskea, mikä olisi näiden arvioiden perusteella laitevaihto- tai huoltojakso t_{est} . Kokonaislentotunti- ja laskeutumiskertamäärän selvittämiseksi sijoitetaan kaavojen 14 ja 15 mukaan suhteet y_{AGW} sekä y_{SHIP} ja ratkaistaan muuttujat $FH_{TOT(1.)}$, $LD_{TOT(2.)}$, $FH_{TOT(3.)}$ ja $LD_{TOT(4.)}$ kaavoista 2-5. Tällöin kaavat voidaan esittää muodossa

$$FH_{TOT(1.)} = \frac{FH_C}{(1-y_{AGW})+C \cdot y_{AGW}}, \quad (16)$$

$$LD_{TOT(2.)} = \frac{LD_C}{1+P \cdot y_{AGW}}, \quad (17)$$

$$FH_{TOT(3.)} = \frac{LD_C}{1+P \cdot y_{SDL}}, \quad (18)$$

$$LD_{TOT(4.)} = \frac{LD_C}{1+P \cdot y_{SDL}}. \quad (19)$$

Maavoimien arvioon perustuvat laitevaihto- ja huoltojaksot t_{est} voidaan nyt laskea jakamalla kaavojen 16 ja 18 tulokset suunnitellulla lentotuntimäärällä FH_{PLAN} ja kaavojen 17 ja 19 tulokset suunnitellulla laskeutumiskertamäärällä LD_{PLAN} kaavojen 20-23 mukaan seuraavasti

$$t_{est(1.)} = \frac{FH_{TOT(1.)}}{FH_{PLAN}}, \quad (20)$$

$$t_{est(2.)} = \frac{FH_{TOT(2.)}}{FH_{PLAN}}, \quad (21)$$

$$t_{est(3.)} = \frac{LD_{TOT(3.)}}{LD_{PLAN}}, \quad (22)$$

$$t_{est(4.)} = \frac{LD_{TOT(4.)}}{LD_{PLAN}}. \quad (23)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea huolto- tai laitevaihtojen lisäys k epäyhtälöllä

$$k > \frac{t}{t_{est(i)}} - 1, \quad (24)$$

jossa t on tarkasteltavan laitteen huolto- tai laitevaihtojako vuosina normaalissa lentotoiminnassa ja t_{est} huolto- tai laitevaihtojako Maavoimien arvion mukaan. Laittevaihtojen tai huoltojen määrän lisäyksen tarkka arvo saadaan pyöristämällä kaavan 24 tulos seuraavaan tasalukuun. Mikäli tulos on 0 tai sen alle, ylläpitotoiminnot eivät kasva erikoistilanteista huolimatta. Näin saadaan laskettua jokaiselle laitteelle erikoistilanteiden mahdolliset vaikutukset ylläpitoon. Lopuksi kootaan yhteen koko helikopterikalustoa koskevat ylläpitovaikutukset.

5.3 Kustannusten laskeminen

Lisäkustannuksia syntyy, mikäli laitteelle kertyy NH-kaluston käyttöiän aikana enemmän laitevaihtoja tai huoltoja kuin normaalissa lentotoiminnassa. Järjestelmäkeskuksella on laitetoimittajien ja huolto-organisaatioiden kanssa solmitut hinnastosopimukset, joiden avulla kustannukset voidaan laskea, kun tiedetään laitteen laitevaihtojen tai huoltojen lisäyksen lukumäärä, huolto- tai hankintahinta ja laitteiden lukumäärä yhdessä kokoonpanossa.

Yhdelle helikopterikokoonpanolle aiheutuvat lisäkustannukset erikoistilanteissa saadaan laskettua ylläpitovaikutusten, kokoonpanotietojen ja hinnaston avulla. Laitekohtainen kustannus c voidaan esittää muodossa

$$c = k \cdot z \cdot \acute{a}, \quad (25)$$

jossa k on laitevaihtojen tai huoltojen lisäyksen lukumäärä, z on laitteiden lukumäärä yhdessä kokoonpanossa ja \acute{a} on yhden laitteen huolto- tai hankintahinta. Tämän jälkeen summataan kaikki lisäkustannukset ja kerrotaan ne NH90-kaluston lukumäärällä, eli 20:lla, jolloin tulokseksi saadaan koko NH-kaluston lisäkustannukset.

6 TULOKSET

6.1 Coefficient factory ja penalty -kertoimet

Coefficient factory -kertoimia löytyi IETP:stä yhteensä 28:lle eri osanumerolle. Kaikki nämä kertoimet vaikuttivat kyseisiin osiin AGW-moodilla lentäessä. Penalty-kertoimia on puolestaan 56 osanumerolle, jotka vaikuttavat AGW-moodilla laskeutumiseen tai laivalle laskeutumiseen. Jokaiselle osanumerolle rasisuskerroin vaikuttaa vain osan käyttöikänsä *SLM*. Lisäksi laskutelineen akselilla penalty-kerroin vaikuttaa laivalle laskeutumisen yhteydessä neljään eri laskeutumisperusteiseen tarkastukseen. Laivalle laskeutumisen yhteydessä penalty-kertoimet vaikuttavat joko lentotunteihin tai laskeutumiskertoihin, mutta coefficient factory -kertoimet vaikuttavat vain lentotunteihin.

LTJ:n yksilötiedoista kävi ilmi, että edellä mainituista osanumeroista yhteensä 31:a käytetään Suomen NH-kaluston kokoonpanossa. Jatkossa kun puhutaan yleisesti laitteista, tarkoitetaan juurikin näitä 31:a laitetta. Laitteista 12:een kerroin vaikuttaa AGW-moodilla lennettäessä, yhdeksään AGW-moodilla laskeuduttaessa sekä 12:een laivalle laskeuduttaessa. Näistä laitteista kolmeen vaikutti sekä coefficient factory että penalty -kerroin. Liitteestä 2 on nähtävissä kyseiset laitteet, niiden osanumerot, kappalemäärä kokoonpanoa kohti, sallittu käyttöikä sekä kunkin laitteen rasisuskerroin.

6.2 AGW-moodilla operoiminen ja laivalle laskeutuminen

Mahdollisimman todenmukaisen tuloksen saamiseksi tyyppi-insinööri Tero Långström on arvioinut tulevaisuudessa toteutettavien vuotuisten lentotuntien määrän FH_{PLAN} ja laskeutumiskertamäärän LD_{PLAN} . Lisäksi Maavoimien ilmailuosasto on arvioinut erikoistilanteiden osuudet y_{AGW} ja y_{SHIP} lentotoiminnasta. Nämä arviot on esitelty liitteessä 2.

Aikaisemmin on määritelty NH-kaluston käyttöäksi 10 000 lentotuntia tai 30 vuotta. Näiden arvojen perusteella lentotuntiperusteiset laitteet tulisivat käyttöikänsä puolesta kestäväksi normaalissa lentotoiminnassa koko kaluston käyttöajan, vaikka

helikoptereilla operoitaisiin kaksi kertaa enemmän nykyiseen nähden. Laskeutumisperusteiset laitteet tulee käyttöön päättymisen seurauksena uusia normaalitoiminnassa kerran 30 vuoden aikana. Laskutelineen akselille tehtävät tarkastukset tulee suorittaa kerran tai kolmesti tarkastusjakson mukaan rungon käyttöön aikana normaalissa lentotoiminnassa.

Varsinaisista selvityksen kohteista ensimmäisenä tuli selvittää laitteiden tähän mennessä kerääntyneet lentotunnit ja laskeutumiskerrat. Tämän selvittämiseksi tuli etsiä koneyksilö, jolla on lennetty eniten lyhyimmässä ajassa. Ensimmäiseksi selvitettiin kunkin koneyksilön ensilennon ajankohta ja kokonaislentotuntimäärät FH_{NH} LTJ:stä. Tämän jälkeen laskettiin ensilennon ja 1.11.2017 välinen käyntiaika t_{NH} vuosina. Lopuksi arvot sijoitettiin kaavaan 1 ja laskettiin suhdeluku y_{NH} jokaiselle koneyksilölle. Aikaisemmin oli oletettu, että tarkasteltavat laitteet ovat olleet kiinni eniten kuormitetussa koneyksilössä sen ensilennosta lähtien. Tämän vuoksi laitteiden tähän mennessä kertyneet lentotunti- ja laskeutumiskertamäärät ovat samat kuin sen koneyksilön, jonka suhdeluku y_{NH} on suurin. Tulokset on esitelty liitteessä 3.

Seuraavaksi tarkastellaan, kuinka paljon AGW-moodilla voidaan lentää tai laivalle laskeutua, kunnes ne lisäävät laitevaihtoja tai tarkastuksia koneen käyttöön aikana. Mikäli laitevaihdot tai tarkastukset lisääntyvät, kustannukset nousevat. Salassapitosyiden vuoksi tässä kappaleessa selostetaan yleisesti, millä tavalla päästään haluttuun lopputulokseen ja havainnollistetaan tätä kappaleen 6.2.3 esimerkin avulla. Todelliset tulokset on esitelty liitteissä 4-6.

6.2.1 Erikoistilanteiden maksimiosuudet lentotoiminnasta

Kaavojen 10-13 avulla voidaan laskea, kuinka paljon AGW-moodilla voidaan lentää tai laivalle laskeutumisia tehdä suhteessa kokonaislentotunteihin ja -laskeutumiskertoihin, jotta laitevaihdot eivät lisääntyisi normaaliin lentotoimintaan nähden. Tätä varten on kuitenkin selvitettävä kaavoissa käytettävien muuttujien arvot. Ensimmäiseksi tulee ratkaista kaavojen 6-9 arvot selvittämällä laitteen laitevaihtojakso, jotta voidaan laskea kokonaislentotuntien ja -laskeutumiskertojen suuruus. Lisäksi tulee selvittää todellisten lentotuntien ja laskeutumiskertojen määrä, jonka jälkeen voidaan ratkaista kaavojen 2-6 tulokset.

Kuten aikaisemmin todettiin, lentotuntiperusteisilla laitteilla sallittu käyttöikä ei täyty rungon käyttöiän aikana. Laitteen on siis kestävä myös erikoistilanteissa 30 vuoden ajan, jotta lisäkustannuksia ei syntyisi. Kun 30 vuodesta vähennetään rungolla lennetty aika t_{NH} , saadaan tulokseksi rungon jäljellä oleva käyttöaika vuosina, joka on tässä tapauksessa sama kuin laitevaihtojakso $t_{(1)}$

$$t_{(1)} = 30 Y - t_{NH}. \quad (26)$$

Vastaavasti laskeutumisperusteiset laitteet tulee normaalissa lentotoiminnassa uusia kerran, joten laitteen tulee kestää vähintään puolet rungon jäljellä olevasta käyttöiästä. Laskeutumisperusteisten laitteiden laitevaihtojakso $t_{(2)}$ voidaan kirjoittaa muodossa

$$t_{(2)} = \frac{30 Y - t_{NH}}{2}. \quad (27)$$

Kokonaislentotuntimäärä FH_{TOT} kuvaa sitä lentotuntimäärää, joka on tarkoitus lentää laitteen jäljellä olevan käyttöiän aikana. Jäljellä olevan käyttöiän on tässä tapauksessa oltava sama kuin, laitevaihtojakso t . Vastaavasti kokonaislaskeutumiskerta LD_{TOT} kuvaa laskeutumisten määrää, joka on tarkoitus suorittaa koko laitevaihtojakson aikana. Nämä käyttöiän aikana tehtävät kokonaislentotunnit saadaan kertomalla suunniteltu vuotuinen lentotuntimäärä laitteen laitevaihtojaksolla kaavan 28 ja kokonaislaskeutumiskertamäärät kaavan 29 mukaisesti seuraavasti

$$FH_{TOT} = FH_{PLAN} \cdot t, \quad (28)$$

$$LD_{TOT} = LD_{PLAN} \cdot t, \quad (29)$$

jossa FH_{PLAN} on vuotuinen suunniteltu lentotuntimäärä, LD_{PLAN} on vuotuinen suunniteltu laskeutumiskertamäärä ja t on laitevaihtojakso vuosina.

Lentotuntiperusteisten laitteiden todellinen lentotuntimäärä FH_c ja laskeutumisperusteisten laitteiden todellinen laskeutumiskertamäärä LD_C saa olla enintään samansuuruinen kuin laitteen käyttöikä SLM , jotta laite kestäisi koko rungon elinkaaren ajan. Mahdollisimman todenmukaisen tuloksen saamiseksi vähennetään laitteen suurimmasta mahdollisesta käyttöiästä laitteella jo lennetty lentotuntimäärä tai laskeutumiskertamäärä, jotka ovat samat kuin rungon vastaavat arvot. Tällöin todellinen

lentotuntimäärä saadaan laskettua kaavan 29 ja todellinen laskeutumiskertamäärä kaavan 30 mukaan

$$FH_C = SLM - FH_{NH}, \quad (29)$$

$$LD_C = SLM - LD_{NH}, \quad (30)$$

jossa FH_{NH} on rungolle tähän mennessä kertynyt lentotuntimäärä, LD_{NH} on rungolle kertynyt laskeutumiskertamäärä ja SLM on laitteen sallittu käyttöikä. Sijoittamalla edellä mainitut arvot kaavoihin 6-9, saadaan ratkaistua muuttujat $FH_{AGW(1.)}$, $LD_{AGW(2.)}$, $FH_{SHIP(3.)}$ ja $LD_{SHIP(4.)}$.

Kaavojen 6-9 tulosten perusteella voidaan nyt laskea AGW-moodilla lentämisen prosentuaalinen enimmäisosuus lentotoiminnasta $y_{(1.)}$ kaavalla 10 ja AGW-moodilla laskeutumisen osuus $y_{(2.)}$ kaavalla 12. Vastaavasti laivalle laskeutumisten prosentuaalinen enimmäisosuus lentotuntiperusteisille laitteille $y_{(3.)}$ voidaan laskea kaavalla 11 ja laskeutumisperusteisten laitteiden suhde $y_{(4.)}$ kaavalla 13. Tulokset on esitelty liitteessä 4.

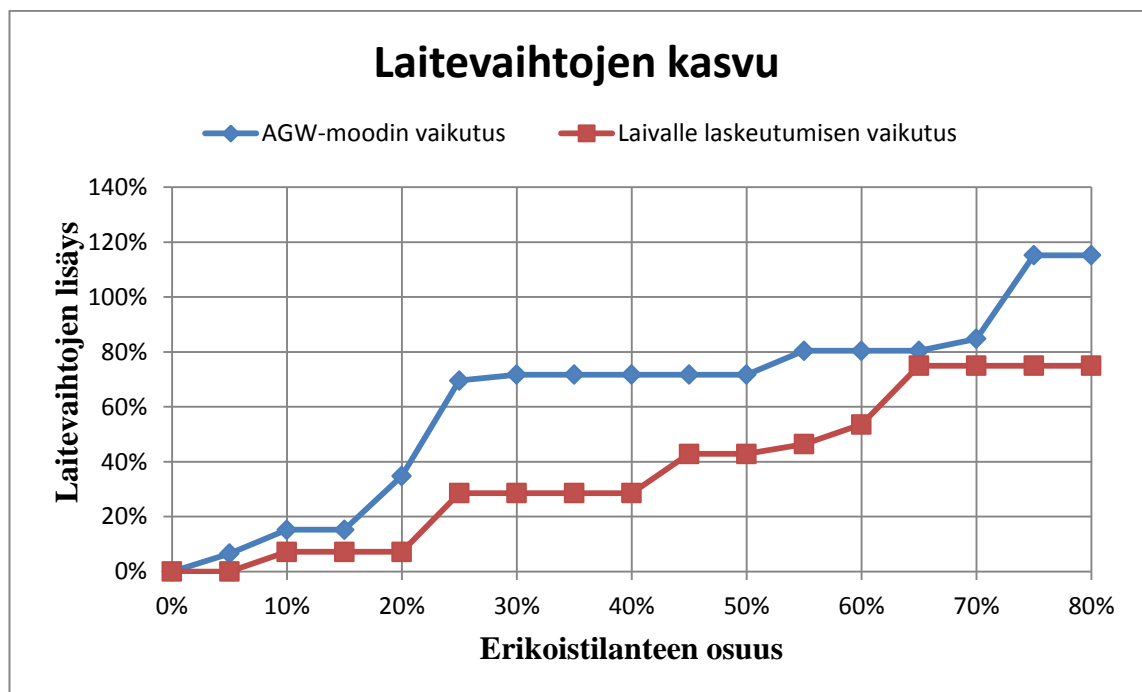
6.2.2 Ylläpito- ja kustannusvaikutukset

Maavoimien antamat arviot erikoistilanteiden osuuksista y_{AGW} ja y_{SHIP} voivat olla suurempia kuin edellisessä kappaleessa selvitetty enimmäisosuudet, jonka vuoksi syntyy ylläpito- ja kustannusvaikutuksia. Todellisten lentotuntien FH_C ja laskeutumiskertojen LD_C arvot ovat samat kuin edellisessä kappaleessa määritellyt arvot. Todellisten vaikutusten selvittämiseksi tulee kuitenkin ratkaista kokonaislentotuntien FH_{TOT} ja -laskeutumiskertojen LD_{TOT} osuus Maavoimien arvion mukaan kaavoista 16-19.

Tämän jälkeen voidaan selvittää arvion mukainen laitevaihtojakso t_{est} sijoittamalla kaavojen 16-19 tulokset ja suunnitellut lentotunti- ja laskeutumiskertamäärät kaavoihin 20-23. Lopuksi sijoitetaan edellisessä kappaleessa laskettu laitevaihtojaksot t ja kaavojen 20-23 mukaiset laitevaihtojaksot t_{est} kaavaan 24, josta voidaan ratkaista

laitevaihtojen lisäyksen lukumäärä k . Mikäli laitevaihtojen lisäyksen määrä on yksi tai enemmän, myös kustannukset lisääntyvät.

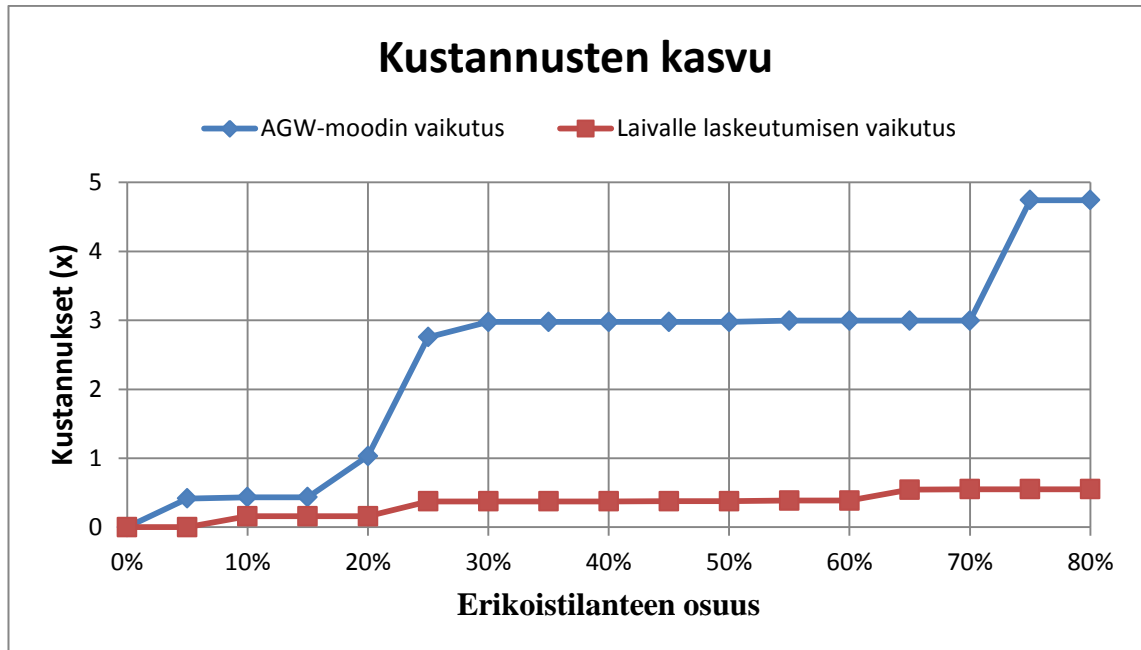
Ylläpitovaikutukset on nähtävissä kuviosta 2, jossa on kuvattu laitevaihtojen määrän kasvu suhteessa erikoistilanteen osuuteen. Laitevaihtojen lisäys on ilmaistu prosentuaalisena osuutena sitä, miten moni tarkasteltavista laitteista kyseisen erikoistilanteen kohdalla vaihtuisi. Kuviosta voidaan päätellä, että AGW-moodilla lentämisestä koituvat ylläpitovaikutukset ovat merkittävämmät kuin laivalle laskeutumisen vaikutukset. AGW-moodilla operoitaessa laitevaihtojen määrä kasvaa suuresti kun erikoistilanteen osuus ylittää 20 %. Laivalle laskeutumisessa samanlaista piikkiä ei ole havaittavissa, vaan laitevaihdot kasvavat melko tasaisesti.



KUVIO 2. Laitevaihtojen kasvu suhteessa erikoistilanteiden osuuteen

Komponenttikohtaiset kustannusvaikutukset c saadaan, kun sijoitetaan laitevaihtojen lisäyksen lukumäärä k , laitteiden lukumäärä z ja yhden laitteen hankintahinta a kaavaan 25. Kuviossa 3 on kuvattu kustannusten kasvu erikoistilanteen osuuden suhteen. Salassapitosyiden vuoksi kustannuksia on kuvattu yksikössä x . Kuviosta 3 nähdään, että laivalle laskeutumisen vaikutukset kustannuksiin pysyvät kohtuullisina ja suunnilleen samansuuruisina riippumatta laivalle laskeutumisen osuudesta lentotoiminnassa. AGW-moodilla operoiminen sen sijaan kasvattaa kustannuksia huomattavasti, kun erikoistilanteen osuus on yli 20 % kaikesta lentotoiminnasta. Laitekohtaiset ylläpito- ja

kustannusvaikutukset on esitelty liitteessä 5 ja koko NH90-kaluston vaikutukset liitteessä 6.



KUVIO 3. Kustannusten kasvu suhteessa erikoistilanteiden osuuteen

6.2.3 Esimerkki ylläpito- ja kustannusvaikutusten laskemisesta

Eräessä NH90-helikopterin kokoonpanossa käytetään neljää pulttia, joiden coefficient factory on 1,9 ja sallittu käyttöikä 10 000 FH. Lasketaan kokoonpanossa käytettävälle pultille AGW-moodilla lentämisen enimmäisosuus lentotunneista, kun suunniteltu lentotuntimäärä FH_{PLAN} on 350 FH vuodessa ja arvio AGW-moodilla lennettävistä lentotuntien määrästä y_{AGW} on 28,0 % kaikista lentotunneista. Lisäksi lasketaan mahdolliset kustannukset, kun yhden pultin hankintahinta \acute{a} on 200 euroa.

Ensimmäisenä tulee etsiä runko, jolla on lennetty eniten lyhyimmässä ajassa. Kun tiedetään rungon lentotuntimäärä FH_{NH} ja ensilennon päivämäärä, voidaan laskea ensilennosta kulunut aika t_{NH} ja suhdeluku y_{NH} kaavalla 1. Runkonumerot, ensilennon päivämäärät, käyntiajat FH_{NH} , laskeutumiskerrat LD_{NH} ja ensilennosta kulunut aika t_{NH} on esitelty taulukossa 3. Eniten lentotunteja lyhyimmässä ajassa on koneella, jonka suhdeluku y_{NH} on suurin, eli runkonumerolla 678. Kaikki tarkasteltavat laitteet ovat oletetusti olleet kiinni rungossa 678 sen ensilennosta lähtien, joten myös pulttien lentoaika on 820 FH, laskeutumisia on 3 280 LD ja ensilennosta on kulunut 7,08 Y.

TAULUKKO 3. Esimerkki koneyksilöistä ja niiden lentotunneista sekä ensilennosta kulunut aika, suhdeluku ja laskeutumiskerrat

Runko-numero	Ensilento	FH_{NH} (FH)	t_{NH} (Y)	y_{NH}	LD_{NH} (LD)
123	1.8.2008	300	9,25	32,4	1 200
234	1.4.2009	850	8,58	99,1	3 400
345	1.7.2009	700	8,33	84,0	2 800
456	1.12.2009	780	7,92	98,5	3 120
567	1.6.2010	690	7,42	93,0	2 760
678	1.10.2010	820	7,08	115,8	3 280
789	1.2.2011	730	6,75	108,1	2 920
890	1.7.2011	680	6,33	107,4	2 720
901	1.3.2012	540	5,67	95,2	2 160

Koska lentotuntiperusteisilla laitteilla laitevaihtoja ei tule normaalissa lentotoiminnassa, pultin laitevaihtojakso $t_{(1.)}$ saadaan sijoittamalla rungon 678 ensilennosta kulunut aika t_{NH} kaavaan 26

$$t_{(1.)} = 30 Y - t_{NH} = 30 Y - 7,08 Y = 22,92 Y .$$

Todelliseksi lentotuntimääräksi saadaan sijoittamalla laitteen käyttöikä SLM ja rungon 678 lentotuntimäärä FH_{NH} kaavaan 29

$$FH_C = SLM - FH_{NH} = 10\,000 \text{ FH} - 820 \text{ FH} = 9\,180 \text{ FH} .$$

Tämän jälkeen selvitetään kokonaislentotuntimäärä sijoittamalla kaavaan 28 suunniteltu lentotuntimäärä FH_{PLAN} ja laitevaihtojakso $t_{(1.)}$

$$FH_{TOT} = FH_{PLAN} \cdot t_{(1.)} = 350 \frac{\text{FH}}{\text{Y}} \cdot 22,92 \text{ Y} = 8\,022 \text{ FH} .$$

Sijoitetaan FH_C , FH_{TOT} ja coefficient factory – kerroin kaavaan 6 ja ratkaistaan AGW-moodin lentotuntien enimmäisosuus kokonaislentotuntimäärästä laitevaihtojakson aikana

$$FH_{AGW(1.)} = \frac{FH_C - FH_{TOT}}{(C-1)} = \frac{9\,180 \text{ FH} - 8\,022 \text{ FH}}{(1,9-1)} = 1\,286,667 \dots \text{ FH} .$$

Lopuksi lasketaan AGW-moodilla lentämisen prosentuaalinen enimmäisosuus kaikista lentotunneista pultin osalta kaavalla 10

$$y_{(1.)} = \frac{FH_{AGW(1.)}}{FH_{PLAN} \cdot t_{(1.)}} = \frac{1\,286,667 \dots FH}{350 \frac{FH}{Y} \cdot 22,92 Y} = 0,160 \dots \approx 16,0 \%$$

Tuloksien perusteella pulttia voidaan käyttää AGW-moodilla lentäessä noin 1 287 FH eli 16,0 % suunnitellusta lentotuntimäärästä rungon käyttöänsä aikana. Koska arvio AGW-moodilla lentämisestä on suurempi kuin $y_{(1.)}$, laitevaihtojen määrä kasvaa normaaliin lentotoimintaan verrattuna. Laitevaihtojen kasvun suuruuden selvittämiseksi tulee ratkaista, mikä laitevaihtojakso on, kun AGW-moodilla lennetään 28,0 % lentotunneista. Ensimmäiseksi lasketaan kokonaislentotuntien osuus arvion perusteella kaavalla 16

$$FH_{TOT(1.)} = \frac{FH_{C(1.)}}{(1-y_{AGW})+C \cdot y_{AGW}} = \frac{9\,180 FH}{(1-0,28)+(1,9 \cdot 0,28)} = 7\,332,268 \dots FH.$$

Maavoimien arvioon perustuva laitevaihtojakso t_{est} voidaan nyt laskea sijoittamalla $FH_{TOT(1.)}$ ja FH_{PLAN} kaavaan 20, jolloin tulokseksi saadaan

$$t_{est(1.)} = \frac{FH_{TOT(1.)}}{FH_{plan}} = \frac{7\,332,268 \dots FH}{350 \frac{FH}{Y}} = 20,949 \dots Y.$$

Seuraavaksi selvitetään, kuinka paljon AGW-moodilla lentäminen vaikuttaa pultin osalta laitevaihtojen kasvuun, sijoittamalla arvot t_{est} sekä $t_{(1.)}$ ja ratkaisemalla laitevaihtojen lukumäärä k kaavasta 24 ja pyöristämällä tulos seuraavaan tasalukuun

$$k > \frac{t}{t_{est(1.)}} - 1$$

$$k > \frac{22,92 Y}{20,949 \dots Y} - 1$$

$$k > 0,094 \dots$$

$$k \approx 1$$

Koska laitevaihdot lisääntyvät yhdellä, myös kustannukset nousevat. Pulttien käytöstä johtuvat kustannukset saadaan sijoittamalla laitevaihtojen lukumäärä k , yhdessä kokoonpanossa olevien laitteiden lukumäärä z ja hankinta hinta a kaavaan 25

$$c = k \cdot z \cdot a = 1 \cdot 4 \cdot 200 \text{ €} = 800 \text{ €}.$$

Tämän esimerkin perusteella jokainen neljästä pultista tulisi AGW-moodilla lentämisen vaikutusten vuoksi uusia kerran normaalia lentotoimintaa enemmän rungon käyttöiän aikana. Laitevaihtoista aiheutuisi 800 euron lisäkustannukset koneyksilöä kohti.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

7.1 Vaikutukset

Tutkimuksessa kävi ilmi, että rasisuskertoimet vaikuttavat vain laitteiden sallittuun käyttöikään ja neljään laskeutumisperusteiseen tarkastukseen. Rasisuskertoimien ja käyttöikäasetusten lisäksi muita reunaehtoja AGW-moodilla lentämiseen ja laivalle laskeutumiseen ei ole IETP:ssä asetettu. Tuloksista nähdään, että varsinaisia ylläpitovaikutuksia ja kustannusten lisäyksiä aiheuttaa, vain AGW-moodilla lentäminen lentotuntiperusteisilla laitteilla ja laivalle laskeutuminen laskeutumisperusteisilla laitteilla. Tuloksien perusteella AGW-moodilla laskeutuminen ei ole rajoittava tekijä Suomen NH90-kaluston lentotoiminnassa. Todellisuudessa AGW-moodilla laskeutumisia tulisikin melko vähän, sillä NH90-helikopteri kuluttaa noin puolen tunnin lennolla polttoainetta niin paljon, ettei koneen massa ylitä enää 10 600 kiloa (Leskinen 2017).

Suuremmalla lentomassalla operoidessa 75 % tarkasteltavien laitteiden määrästä tulee vaihtaa jo, kun erikoistilanteen osuus on noin 25 %. Vastaava arvo laivalle laskeutumisissa on 65 %, joten ero on merkittävä. Tulosten perusteella ylläpitovaikutukset pysyisivät kohtuullisena, jos AGW-moodilla operoimisen osuus olisi alle 25 %. Mikäli AGW-moodilla lennettäisiin enemmän kuin 25 % kaikista lentotehtävistä, voi osuuden nostaa jopa 70 %:iin, koska laitevaihtojen lisäyksen ero ei ole tällä välillä merkittävä.

Vaikka AGW-moodilla operoiminen aiheuttaa suuremmat ylläpitovaikutukset kuin laivalle laskeutuminen, kustannusvaikutuksia ei voida suoraan päätellä. Tämä johtuu siitä, että kustannukset riippuvat vaihdettavasta laitteesta ja laitteiden määrästä. Hankintahinta voi vaihdella kymmenistä euroista aina satoihin tuhansiin euroihin asti, koska kyse on lentokone- ja helikopterikäyttöön hyväksytyistä laitteista. Myös laskutelineen akselin tarkastusjaksot tihenevät merkittävästi laivalle laskeutumisen johdosta, mutta kustannusvaikutuksia ei voida todeta, sillä vastaavia tarkastuksia ei ole vielä tehty kaluston käytön aikana.

Tuloksien perusteella jo 25 %:n osuudella AGW-moodilla operoimisesta aiheutuu yli kaksi kertaa suuremmat kustannukset kuin laivalle laskeutumisesta. Tämä johtuu siitä,

että esimerkiksi pyrstöroottorin osien coefficient factory -kerroin on noin kolminkertainen muihin osiin nähden ja AGW-moodilla operoidessa rasisuskertoimet vaikuttavat useampaan laitteeseen, kuin laivalle laskeutuminen. Suorien ylläpito- ja kustannusvaikutusten perusteella laivalle laskeutumisen osuutta ei ole tuloksien perusteella syytä rajoittaa, mutta AGW-moodilla operoimisen osuutta puolestaan on rajoitettava esimerkiksi 25 %:iin, jotta kustannukset pysyisivät kohtuullisena.

Tutkimustuloksia voidaan soveltaa kaikille NH90-helikopterin TTH-malleille, sillä rasisuskertoimet eivät muutu. Kaavat on toteutettu siten, että vain lähtöarvojen muuttaminen riittää todellisten tuloksien saamiseksi. Tämän vuoksi tuloksia voidaan myös soveltaa, vaikka arvio erikoistilanteiden osuudesta tai suunnitellut lentotunti- ja laskeutumiskertamäärät muuttuisivat. Tässä työssä esiintyviä kaavoja voidaan soveltaa muiden ilma-alusten kohdalla vastaavissa tilanteissa, mikäli rasisuskertoimien suuruus voidaan arvioida ja kohdentaa tietyille laitteille. Ilma-aluksen rakenne, materiaalit, käyttöolosuhteet, massa ja huoltoperusteet ovat ratkaisevassa asemassa rasisuskertoimien määrittelyssä. Puolustusvoimat voivat linjata AGW-moodilla operoimisen ja laivalle laskeutumisen osuudet NH-kaluston lentotoiminnassa tutkimustuloksien perusteella.

7.1.1 Virhemarginaali

Tutkimustyö perustuu arvioihin tulevaisuudessa toteutettavista vuotuisista lentotuntimääristä ja laskeutumiskerroista sekä AGW-moodilla operoimisen ja laivalle laskeutumisen osuuksista. Tämän vuoksi tutkimustulokset voivat poiketa todellisista arvoista, mikäli arviot muuttuvat vuosien aikana. Tutkimuksessa on kuitenkin käytetty sellaisia suurimpia mahdollisia arvoja, jolloin laitevaihtoja ja tarkastuksia syntyisi eniten. Mikäli lentotuntimäärät ja laskeutumiskerrat ovat tulevaisuudessa tässä työssä käytettyjä arviota pienemmät, laitevaihtojen ja huoltojen määrä tutkittavien laitteiden osalta olisi myös pienempiä. Toisaalta myös arvio AGW-moodilla operoimisen ja laivalle laskeutumisten osuus voi poiketa todellisesta arvosta, sillä todenmukaista arviota kyseisistä tilanteista operatiivisessa toiminnassa on mahdoton antaa.

Tutkimuksessa on myös oletettu, että tarkasteltavat laitteet ovat kiinni samassa lentorungossa koko rungon käyttöiän ajan. Todellisuudessa laite on voinut olla

asennettuna johonkin muuhun koneyksilöön, kuin siihen, mitä tässä tutkimuksessa on tarkasteltu. Tämän seurauksena laitteella voisi olla enemmän lentotunteja ja laskeutumiskertoja kuin rungolla. Mikäli tällaisia laitteita on, niiden osuus on niin pieni, ettei niitä ole huomioitu tässä tutkimuksessa. Lisäksi laskelmissa ei ole huomioitu asennustöistä koituvia kustannuksia, jotka kasvattavat lisäkustannuksien suuruutta laitteesta riippuen.

7.2 Muut huomioitavat asiat

Työn tarkoitus oli tutkia AGW-moodilla lentämisen ja laivalle laskeutumisen suoria vaikutuksia ylläpitoon rasituskertoimien avulla. Erikoistilanteet aiheuttavat myös muita epäsuoria kustannusvaikutuksia. Laivalta operoiminen edellyttää, että aluksessa on helikopteritoimintaan tarvittava välineistö sekä tankkaus- ja käyttöhuoltotarvikkeet. Lisäksi meriolosuhteissa operoiminen altistaa koneen osia korroosiolle normaalia lentotoimintaa enemmän, jolloin puhdistusvälineistö aluksella on välttämätön. Lisäksi Suomen NH-kalustossa ei ole hätäkellukkeita, jotka pitäisivät koneen pinnalla mereen tehtävissä pakkolaskutilanteessa (Rajavartiolaitos 2012). Tällaiset hankinnat ja asennukset lisäävät kustannuksia, joita ei ole huomioitu tässä tutkimuksessa.

Toisaalta myös miehistön ja maahenkilöstön kouluttaminen laivalta operointiin tuottaa lisäkustannuksia. Laivalle laskeutumisesta on harjoiteltava sekä mekaniikoille ja muulle henkilöstölle koulutettava, kuinka aluksella toimitaan helikopterioperaatioissa. Laivalta operoimiseen on laadittava oma ohjeistuksensa, jonka mukaan henkilöstön tulee toimia. Henkilöstön täytyy muun muassa osata kiinnittää helikopteri oikein aluksen kannelle sekä hangaariin ja suorittaa niihin liittyvät toimenpiteet.

NH90-helikopterin pääroottorin lavat on taitettava manuaalisesti kopterin rungon suuntaiseksi ja lavat kiinnitettävä tiukasti, jotta kone mahtuisi hangaariin eikä lavat liikkuisi laivan liikkeen vaikutuksesta. NH90:n NFH-malleissa on automatisoitu lavantaittojärjestelmä, mutta Suomen koptereista tätä ei löydy. Lapojen taitto manuaalisesti on aikaan vievää ja toteutus ei ole toimiva, joten tekniikkaa tulisi ehdottomasti kehittää (Rankinen 2017). Jotta lapojen taitto sujuisi meriolosuhteissa vaivattomasti, tulee sitä myös harjoitella nykyistä enemmän. Lapojen kiinnitykseen voisi kehittää esimerkiksi kiinnitysmuotin, jonka tarkoituksena on nopeuttaa

kiinnitystoimenpidettä. Muotin voisi toteuttaa siten, että sen voi asentaa vain, kun lavat on oikein taitettu. Tällaisen muotin valmistaminen ja käyttöönotto olisi edullinen vakuutus sille, ettei lavat pääsisi vahingoittumaan laivan liikkeen vaikutuksesta.

Lisäksi koneen järjestelmä ei tunnista laivalle laskeutumisia, vaan se tulisi erikseen manuaalisesti syöttää tietokantaan, jotta lentotunnit ja laskeutumiset päivittyvät oikealle tasolle. Tämä on ehdottoman tärkeää, jotta laitteiden käyttöiän seuranta pysyy ajan tasalla. Vastaavia ongelmia ilmenee AGW-moodilla operoidessa. Helikopterille annetaan kokonaismassatieto, mutta järjestelmään ei voida syöttää suoraan kaavoja, joilla kone osaisi itse laskea rasiuskertoimien vaikutukset. Manuaalisen hallinnan vaihtoehtona voisi olla NH-kaluston järjestelmäpäivitys, mikä kuitenkin kasvattaisi kustannuksia valtavasti. Kaikki edellä mainitut ovat vain muutamia esimerkkejä mahdollisista lisäkustannuksista aiheuttavista tekijöistä, joita koituu AGW-moodilla lentämisestä ja etenkin laivalle laskeutumisesta.

7.2.1 Helikopterin seisonta aluksella

Kuten aikaisemmin mainittiin, tulee helikopterin henkilöstön osata käyttää kopteri oikein ja turvallisesti laivan kannelle, siten ettei kopterille tai henkilöstölle aiheudu vaaraa tai vahinkoa missään olosuhteissa. IETP:n ohjeen JA-A-10-00-00-00A-018A-A mukaan helikopterin voi jättää kannelle tuulen suunnasta riippumatta, kun tuulen nopeus on alle 30 km/h. Mikäli tuulen nopeus on suurempi, tulee kone asettaa tuulen suuntaisesti. Toiminta laivan kannella riippuu paljon myös olosuhteista. Ohjeen mukaan normaaliolosuhteet vallitsevat, kun laivan kansi on kuiva, vallitseva tuulennopeus on pieni ja meri on tyyni. Vastakohtaisesti epänormaaliolosuhde vallitsee, kun tuuli ja merenkäynti on kovaa tai kannella on jäätä tai vettä.

Kun kone on laskeutunut laivan kannelle, eikä sen ole välittömästi tarkoitus lähteä, tulee se kiinnittää laivaan. IETP:n ohjeessa JA-A-10-21-01-00A-010B-A määritellään helikopterin suurimmaksi kokonaispainoksi 10 100 kg, kun se köytetään alukseen. Mikäli massa on liian suuri, tulee polttoainetta vähentää sen mukaan. Jos helikopteri seisoo pitkään aluksen kannella, on pääroottorin lavat taitettava rasiuksen ja vaurioiden minimoimiseksi. Myös hangaarissa koneen lavat tulee olla taitettuna koneen rungon suuntaisesti. Ohjeessa JA-A-66-11-00-00A-041B-A kerrotaan, kuinka roottorin lavat

tulee manuaalisesti kääntää. Ohjeen mukaan lapojen kääntäminen manuaalisesti on mahdollista vain silloin, jos tuulen nopeus laivan kannella on vähemmän kuin 65 km/h.

7.2.2 Korroosio

Metallirakenteissa, kuten NH90:n moottorin osissa esiintyy niiden lujuutta ja kestävyyttä heikentävää korroosiota, eli syöpymistä. Suola edistää korroosion syntymistä, siksi etenkin meriolosuhteissa toimivat helikopterit vaativat erityistoimenpiteitä suojauksen ja puhdistamisen suhteen. (Raunio 2000.) Vaikka Suomen NH-kalustolla ei ole tällä hetkellä tukeutumismahdollisuutta laivastoon, operoidaan meriolosuhteissa esimerkiksi pelastustehtävissä. Meriolosuhteissa suoritettujen lentojen jälkeen kopterilla lennetään makean veden päälle niin lähelle pintaa kuin mahdollista. Ilmavirta imee kosteutta makeasta vedestä, joka samalla puhdistaa moottoreiden osia. (Långström 2017.) Meriolosuhteissa tällainen toiminta ei kuitenkaan olisi aina mahdollista.

IETP:n ohjeen M3-A-12-30-01-00A-251A-A mukaan helikopterin moottori tulee puhdistaa aina, kun lennetään suolaisessa tai korroosioalttiissa ympäristössä. Ohjeessa sanotaan, että tällaiseksi määritetään ne tilanteet, kun kone laskeutuu laivalle, operoi alle 305 metriä merenpinnan yläpuolella tai operoi maassa alle 5 kilometrin päässä merestä. Tällaisissa tilanteissa moottori tulee pestä aina päivän viimeisen lennon jälkeen. Toiminta vaatisi moottorin puhdistukseen tarkoitettua laitetta, joka kulki joko kopterin mukana tai sellainen olisi tukialuksissa valmiina. Ainoastaan Suomessa operoiminen ei anna todenmukaista kuvaa siitä, miten korroosiota esiintyisi muualla maailmassa meriolosuhteissa toimiessa, sillä suolapitoisuus valtamerillä on noin viisinkertainen Itämereen nähden (John Nurmisen säätiö, 2017).

7.3 Työn eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyössä on noudatettu eettisiä toimintatapoja tutustumalla ja noudattamalla työnantajan ohjeita, määräyksiä ja salassapitovaatimuksia. Tutkimus toteutettiin aikataulullisesti nopeammin kuin oli tarkoitus, mutta asiaan on perehdytty tarpeeksi luotettavien tulosten saamiseksi. Tutkimustyön aihe on ollut alusta asti erittäin mielenkiintoinen ja olen parhaani mukaan selvittänyt taustatietoja sekä perehtynyt

tutkimuksen kannalta tarpeellisiin arvoihin. Olen tunnollisesti käsitellyt kaiken sen tiedon, jota tarvitaan tutkimustyön tuloksien saamiseksi. Lisäksi olen pitänyt työnantajani edustajat tietoisena tutkimuksen kulusta ja ratkaisuista koko opinnäytetyöprosessin aikana.

Tutkin lähteitäni kriittisesti ja selvitin lähteiden luotettavuuden Puolustusvoimien henkilöstöltä, mikäli lähteen luotettavuutta oli syytä epäillä. Luotettavuuden kannalta valmistajan ohjekirjallisuutta eli IETP:tä on myös tulkittu kriittisesti, sillä ohjekirjallisuus ei ole kielellisesti kovin toimiva. Tutkimuksen aikana valmistajan ohjekirjallisuudessa ilmeni joitakin virheitä, jotka on huomioitu tätä tutkimusta toteuttaessa. Opinnäytetyöhön liittyvät tiedot perustuvat ohjekirjallisuuteen, ylläpitojärjestelmien tietoihin, alan osaajien antamiin haastatteluihin, oppikirjoihin sekä NH-kaluston valmistajan ja käyttäjään materiaaleihin. Luotettavuuden näkökulmasta olen parhaani mukaan toteuttanut tutkimustuloksia koko opinnäytetyöprosessin ajan.

LÄHTEET

Airbus Helicopters. 2015. NH90 – TTH and NFH. Luettu 12.10.2017.

[http://www.helicopters.airbus.com/website/en/ref/NH90-\(TTH-and-NFH\)_52.html](http://www.helicopters.airbus.com/website/en/ref/NH90-(TTH-and-NFH)_52.html)

Hartikainen, E. 2014. NH90 helikopterin moottoreiden syklilaskennan kehittäminen ja elinkaarihallinta. Konetekniikan koulutusohjelma. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Diplomityö.

IETP: JA-A-00-00-00-11A-018A-A. 2016. Air vehicle Maintenance Planning Information-Introduction. Versio 20. Tulostettu 2.10.2017.

IETP: JA-A-08-31-00-00A-040A-A. 2015. Weighing, normal condition-Description of how it is made and its function. Versio 9. Luettu 20.10.2017.

IETP: JA-A-08-40-10-00A-000A-A. 2016. Weight and Center of Gravity (CG) definitions-Function, data for plans and description. Versio 18. Luettu 20.10.2017.

IETP: JA-A-10-00-00-00A-018A-A. 2007. Parking, mooring and storing-Introduction. Versio 3. Luettu 3.11.2017.

IETP: JA-A-10-21-01-00A-010B-A. 2016. Mooring on ship, normal condition-General data. Versio 10. Luettu 4.11.2017.

IETP: JA-A-66-11-00-00A-041B-A. 2011. Folding main rotor, manual sequences-Description of how it is made. Versio 3. Luettu 23.10.2017.

IETP: M3-A-12-30-01-00A-251A-A. 2015. Compressor washing (salt heavy and corrosive environment)-Clean with chemical agents. Versio 13. Luettu 23.10.2017.

John Nurmisen säätiö. 2017. Tietoa Itämerestä. Luettu 10.10.2017.

<https://www.johnnurmisenasaatio.fi/puhdas-itameri/tietoa-itameresta/>

Lentoposti. 2014. Super Puma ensimmäistä kertaa uuden ulkovartiolaiva Turvan lentokannella. Luettu 10.10.2017.

http://www.lentoposti.fi/uutiset/super_puma_ensimmaista_kertaa_uuden_ulkovartiolaiva_turvan_lentokannella

Lentoposti. 2015a. Merivoimien Laivue 2020 aluksiin tulossa laskeutumiskansi helikoptereille. Luettu 13.10.2017.

http://www.lentoposti.fi/uutiset/merivoimien_laivue_2020_aluksiin_tulossa_laskeutumiskansi_helikoptereille

Lentoposti. 2015b. Utin jääkäriyrykmentti sai ensimmäisen IOC-versiosta lopulliseen FOC-tasoon päivitetyn NH90-kopterin. Luettu 6.10.2017.

http://www.lentoposti.fi/uutiset/utin_jaakarirykmentti_sai_ensimmaisen_ioc_versiosta_lopulliseen_foc_tasoon_paivitetyn_nh90_kopterin

Lentoposti. 2015c. Ruotsi vastaanotti ensimmäisen sukellusveneiden etsintään tarkoitettua NH90-kopterin. Luettu 13.10.2017.

http://www.lentoposti.fi/uutiset/ruotsi_vastaanotti_ensimmaisen_sukellusveneiden_etsintaan_tarkoitettun_nh90_kopterin

Leskinen, P. osastoinsinööri. 2017. Haastattelu 3.11.2017. Haastattelija Orsolahti, A. Tampere.

Långström, T. tyyppi-insinööri. 2017. Haastattelu 12.10.2017. Haastattelija Orsolahti, A. Tampere.

NHIndustries. 2009. The NH90 NFH completes ship deck trials in Norway. Luettu 14.11.2017.

http://www.nhindustries.com/publications/en/ref/The-NH90-NFH-completes-ship-deck-trials-in-Norway_358.html

NHIndustries. 2013. Luettu 7.10.2017.

<http://www.nhindustries.com/site/en/ref/home.html>

Maavoimat. 2017. NH90-kuljetushelikopteri (NH). Luettu 6.10.2017

<http://maavoimat.fi/nh90>

Maoui, G. 2017. NH90 – The European helicopter for the 21st century. Pariisi: Le cherche midi.

Patria Oyj. 2015. NH90-helikoptereiden luovutukset. Luettu 12.10.2017:

<https://www.patria.fi/fi/media/tiedotteet/nh90-helikopterien-luovutukset>

Pulkki, A. 2015. Sanokaa mitä sanotte – Fregatti se on. Suomen Sotilas. Luettu 13.10.2017.

<http://www.suomensotilas.fi/sanokaa-mita-sanotte-fregatti-se-on-tai-havittaja-ainakin/>

Puolustusministeriö. 2017. Merivoimien taistelualushanke Laivue 2020. Luettu 13.10.2017.

<https://www.defmin.fi/laivue2020>

Puolustusvoimat. 2014. Mahdollistaja - Puolustusvoimien Logistiikkalaitoksen sidosryhmälehti. Tampere: Mainostoimisto SST.

Puolustusvoimat. 2017. Puolustusvoimien Logistiikkalaitos. Luettu 9.10.2017.

<http://puolustusvoimat.fi/tietoa-meista/logistiikkalaitos>

Rajavartiolaitos. 2012. Ilma-aluksen käytön perusteet. Luettu 11.10.2017.

https://www.raja.fi/download/38749_Ilma-aluksen_kayton_perusteet_19112012.pdf?d4b12cb0e35bd488

Rajavartiolaitos. 2017. Kansainvälinen meripelastusharjoitus Kvarken valmentaa toimintaan arktisissa oloissa. Luettu 18.10.2017.

http://www.raja.fi/tietoa/tiedotteet/1/0/kansainvalinen_meripelastusharjoitus_kvarken_valmentaa_toimintaan_arktisissa_oloissa_72602

Rankinen, R. avioniikka-asiantuntija. 2017. Haastattelu 13.10.2017. Haastattelija Ors-lahti, A. Tampere.

Raunio, J. 2000. Helikopterin rakenteet ja järjestelmät. Helsinki: Oy EDITA Ab.

Suila, K. 2008. Suomen helikopterihanke. Luettu 11.10.2017.
<http://www.defmin.fi/files/1213/Helikopterihanke.pdf>

Thicknesse, P., Jones, A., Knowles, K., Kellett, M., Mowat, A. & Edwards, M. 2000. Military rotorcraft. 2. painos. Trowbridge: Redwood Books.

Väänänen, A. 2015. NH90-helikopterin painonhallinta. Tietotekniikan koulutusohjelma. Lahden ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

LIITTEET

Liite 1. IETP:n ohjeen JA-A-00-00-00-11A-018A-A esimerkit coefficient factory ja penalty -kertoimien vaikutuksien laskemisesta

9.2. Calculation of corrected flight hours with coefficient factors to be logged

The coefficient factors are applied on the total flight time of the mission except for AGW mission for which the coefficient factors apply on the flight time performed above 10,6t.

Example: Helicopter flight with AGW conditions

- **Flight hours:** 3 FH (including flight period in AGW condition)
- **Flight hours in AGW condition:** 0,5 FH
- **Component:** [REDACTED]
- **Coefficient factor:** 1.9
- **Calculation:** $(3 - 0,5) + (0,5 * 1,9) = 3,45$
- **Corrected Flight Hours:** 3,45 FH

9.3. Calculation of corrected flight hours (FH) and landings (LD) with penalty to be logged

Penalties are defined for AGW flights, ship deck landing for TTH and MRBF operations. There is different kinds of penalties on the number of landings, on Flight Hours or on cycles (ex: MRBF operation) as seen in the following examples:

Example: Helicopter flight with AGW conditions

- **Flight hours:** 3 FH (including flight period of 0.5 FH in AGW condition)
- **Landing in AGW mission:** 1LD
- **Component:** [REDACTED]
- **Penalty:** 0,5
- **Calculation:** $1 + (1 * 0,5) = 1,5$
- **Corrected Landings:** 1,5 LD

Example: TTH Helicopter flight with 1 ship-deck landing

- **Flight hours:** 2 FH
- **Component:** [REDACTED]
- **Penalty:** 0,2 FH
- **Calculation:** $2 + (1 * 0,2) = 2,2$
- **Corrected Flight Hours:** 2,2 FH

Example: TTH Helicopter flight with 1 ship-deck landing

- **Component:** [REDACTED]
- **Penalty:** 2 LD
- **Calculation:** $(1 + 2) = 3$
- **Corrected Landings:** 3 LD

Liite 2. Lähtöarvot ja rasituskertoimelliset laitteet

Liite 3. Koneyksilöiden ensilennot, lentotunnit ja käyntiaika

Liite 4. Erikoistilanteiden enimmäissuhde komponenttikohtaisesti

Liite 5. Ylläpito- ja kustannusvaikutukset komponenttikohtaisesti

Liite 6. Ylläpito- ja kustannusvaikutukset koko NH90-kaluston käyttöön aikana