

NH90-helikopterin painonhallinta

Painopistelaskurin tarkastus

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Tietotekniikan koulutusohjelma
Tieto- ja tietoliikennetekniikka
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Antti Väänänen

Lahden ammattikorkeakoulu
Tietotekniikan koulutusohjelma

VÄÄNÄNEN, ANTTI:

NH90-helikopterin painonhallinta
Painopistelaskurin tarkastus

Tieto- ja tietoliikennetekniikan opinnäytetyö, 63 sivua, 4 liitesivua

Kevät 2015

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tutkimuksen tavoitteena oli kehittää NH90-helikopterin tehtävänäikaisen painonhallinnan menetelmiä sekä todentaa uuden painopistelaskurin toimivuus.

Työ tehtiin Suomen puolustusvoimille Utin jääkäriyrykmentin helikopteripataljoonan käyttöön, joka operoi NH90-helikopterikalustolla. NH90-helikopteri on keskiraskas moderni kuljetushelikopteri, jota puolustusvoimat käyttävät monipuolisesti yhteiskunnan tukemiseen.

Painopisteellä on tärkeä merkitys lentämisessä. On tärkeää noudattaa helikopterin painon ja tasapainon rajoituksia, koska lentäminen suurimman sallitun painorajoituksen yläpuolella vaikuttaa haitallisesti suorituskykyyn, rakenteelliseen kestävyYTEEN ja käsittelyominaisuuksiin.

Näiden syiden vuoksi helikopteripataljoonassa oli tarve saada käyttöön painopistelaskuri tehtävänsuunnittelun tueksi.

Painopistelaskurin toimivuutta tutkittiin vertaamalla ja analysoimalla valmistajan ohjekirjallisuuden arvoja sekä huollossa punnittujen helikoptereiden arvoja painopistelaskurin arvoihin. Lisäksi laskettiin joukko painopistelaskuja nykyisillä tehtävänäikaisen suunnittelun menetelmillä ja vertailtiin tuloksia painopistelaskurin tuloksiin.

Tutkimuksen aikana analysoitiin ja korjattiin useita virheitä valmistajan ohjeistuksessa sekä painopistelaskurissa. Samalla todettiin painopistelaskurin olevan tarkempi ja helppokäyttöisempi, kuin nykyiset painonhallintamenetelmät. Saadut tutkimustulokset osoittivat painopistelaskurin toimivuuden ja hyödyllisyyden tehtävänsuunnittelun apuna.

Osa opinnäytetyössä käytetystä materiaalista on turvaluokiteltua tai luotamuksellista. Nämä osiot on poistettu työn julkisesta versiosta.

Asiasanat: NH90, helikopteri, painopistelaskuri

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Information Technology

VÄÄNÄNEN, ANTTI: Weight management of the NH90
helicopter
Examination of the weight and
balance calculator

Bachelor's Thesis in information and communications technology, 63
pages, 4 pages of appendices

Spring 2015

ABSTRACT

The objective of this Bachelor's thesis was to improve the weight management tools for the NH90 helicopter and to examine the effectiveness of the new weight and balance calculator.

The study was done for the Utti Jaeger Regiment Helicopter Battalion of the Finnish Defense Forces, which is operating with NH90 helicopters. The NH90 helicopter is a modern medium sized tactical transport helicopter, which is diversely used by the Defense Forces for non-military missions.

Center of gravity plays an important role in flying. It is vital to comply with weight and balance limits established for helicopters. Operating above the maximum weight limitation has an adverse effect on the performance, structural integrity and handling characteristics.

For these reasons it was necessary for the Helicopter Battalion to start to use a weight and balance calculator to support mission planning.

The performance of the weight and balance calculator was studied by comparing and analyzing values found from manufacturers' manuals. Performance was also studied by comparing and analyzing values of helicopters that were weighed in maintenance. In addition, a set of weight and balance calculations were performed with current methods for mission planning and the results were compared with the results of the weight and balance calculator.

Various mistakes which were found in the manufacturers' manuals and the weight balance calculator were analyzed and corrected during the study. At the same time it was verified that the weight and balance calculator was more accurate and user-friendly than the current weight management methods. The study results indicate how effective and useful the weight and balance calculator is for mission planning.

Part of the thesis material used is classified or confidential. These sections are removed from the public version of the thesis.

Key words: NH90, helicopter, weight and balance calculator

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	UTIN JÄÄKÄRIRYKMENTTI	3
3	NH90-HELIKOPTERI	5
3.1	Teknisiä suoritusarvoja	6
3.2	Varusteet ja erityisominaisuudet	6
3.3	Helikopterihankinta	7
3.4	Konfiguraatiot	8
4	HELIKOPTERIN PAINO JA PAINOPISTE	10
4.1	Painon ja tasapainon määritelmiä NH90-helikopterille	11
4.2	Punnitseminen	16
5	NH90-HELIKOPTERIN TEHTÄVÄKOHTAINEN PAINOPISTEEN MÄÄRITTÄMINEN JA HALLITSEMINEN	18
5.1	Painopisteen määrittäminen	18
5.2	Lentotehtävän suunnittelu	19
5.3	Painopistetaulukoiden käyttö	22
5.4	Rooli- ja tehtäväkohtainen varustus	27
6	PAINOPISTELASKURI	29
6.1	Käyttäminen	29
6.2	Ongelma	35
6.3	Tavoitteet	36
6.4	Suunnitelma	36
6.5	Tutkimus, päivitys ja lähdetietojen tarkastus	37
6.5.1	Painopistelaskurin välilehdet	38
6.5.2	IETP 4.2 tarkastetut datamoduulit	42
6.5.3	Muutokset ja löydetyt virheet	43
6.5.4	Painopistelaskurin toimivuus	47
6.5.5	Painopistelaskurin vertailu muihin painopistetyökaluihin	48
6.5.6	Painopistelaskurin kehitysehdotukset	51
7	PARANNUSEHDOTUKSET	56
8	YHTEENVETO	60
	LÄHTEET	62
	LIITTEET	64

LYHENTEET JA TERMIT

ABS	Absent
ADR	Aircraft Data Recorder
AGW	Alternate Gross Weight
Arm	Varsi, käsitettä käytetään helikopterin painopistettä varten
AVD	Anti Vibration Device
B.L.	Buttock Line, NH90-helikopterin painopistekoordinaatiston tasolinja
CFD	Chaff and Flare(s) Dispenser
CG	Center of Gravity, massakeskipiste
CG limits	Massakeskipisteen raja-arvot
CH	Cargo Hook
CONF	Configuration
Datum	Helikopterin teoreettinen keskilinja
DID	Data Insertion Device
DKU	Display and Keyboard Unit
EAFT	External Auxiliary Fuel Tank
EW	Empty Weight, tyhjämassa
EWE	Empty Weight Equipped, perusmassa
EWS	Electronic Warfare System
fly by wire	Täysin sähköinen tietokoneohjattu ohjausjärjestelmä
FOC	Final Operational Configuration

GW	Gross Weight, kokonaismassa
H/C	Helicopter
HLK	Helikopterilentotoimintakäsikirja
HSC	Heavy Store Carrier
HSDK	Horizontal Stabilizer De-icing Kit
IETP	Interactive Electronic Technical Publication
IFF	Identification Friend or Foe
IOC	Initial Operational Configuration
IOC+	Nearly Operational Configuration +
IPRF	Inprocess Review Form
IPS	Icing Protection System
KIT	Varuste, varustelistaus, varustekokonaisuus
LH	Left handed
LMO	Lentoteknillinen menettelyohje
MA	Muutosaloite
MEDEVAC	Medical Evacuation
MI-8	Neuvostoliittolainen kuljetushelikopteri
MLD	Missile Launch Detector
MLG	Main Landing Gear
Moment	Momentti, käsitettä käytetään helikopterin paino- pistettä varten
NHI	Nato Helicopter Industries

NH90	NATO Helicopter for the 90's
OAT	Outside Air Temperature
OME	Ohjekirjan muutosesitys
PA	Pressure Altitude
PRES	Present
QTY	Quantity
Retrofit	NH90-helikopterille tehtävä konfiguraationmuutospäivitys
RH	Rescue Hoist
RH	Right handed
RRTM 322	Rolls-Royce Turbomeca 322, NH90-helikopterin moottori
Satcom	Satellite Communications
STA	Fuselage stations, NH90-helikopterin rungon asemapisteeet
Tadiran	Tactical radio
Tetra	Terrestrial trunked radio
TFIA	Transport Helicopter Finnish Army
TODO	Computer programming comment tag
Trafi	Suomen ilmailuviranomainen
TT	Teknillinen tiedotus
TTH	Tactical Transport Helicopter
W.L.	Water Line, NH90-helikopterin painopistekoordinaatiston tasolinja

1 JOHDANTO

Lentäminen on maailmanlaajuisesti kasvava liikkumismuoto ihmiselle. Se on turvallista, jos asiat tehdään hallitusti ja sääntöjen mukaisesti. Jos tietystä asioista poiketaan, tapahtumat voivat nopeasti johtaa todella ikäviin lopputuloksiin.

Ilma-aluksen kanssa työskentelevien tulisi ymmärtää, mitä tarkoittaa ilma-aluksen painopiste ja miten kuormaaminen sekä ilma-aluksessa liikkuminen vaikuttavat aluksen ohjattavuuteen sekä painopisteeseen ja sitä kautta lennon turvallisuuteen. Ilma-aluksen kuormaamisessa tulee käyttää aina todellisia painoja ja todellista painopistettä. Käytössä olevat tai kehitettävät työkalut todellisen painopisteen laskemiseen auttavat turvallisen ja tehokkaan toiminnan yhteensovittamiseen.

Suomen puolustusvoimat, Utin jääkärirykmentin helikopteripataljoona käyttää jokapäiväisessä lentotoiminnassaan NH90-helikopteria puolustusvoimien tehtävämäärityksen mukaisiin tehtäviin. Helikopteri on keskiraskas kuljetushelikopteri, jonka tehtäväkenttä on todella laaja Suomen sotilaallisesta puolustamisesta yhteiskunnan muiden viranomaisten ja elintärkeiden toimintojen tukemiseen ja turvaamiseen. Suomen mittakaavassa NH90-helikopteri on kuljetuskykynsä puolesta ylivertainen muuhun helikopterikalustoon nähden, joten sitä myös käytetään hyvin monimuotoisiin ja erilaisiin tehtäviin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää ja parantaa NH90-helikopterin tehtävänäikaisen painonhallinnan toimintatapoja ja menetelmiä. Opinnäytetyön ohessa todennetaan ja otetaan käyttöön painopistelaskuri helikopterin painopisteen määrittämiseksi.

Tällä hetkellä helikopterin tehtävänäikaista painonhallintaa toteutetaan tehtävänsuunnittelun ja lentotehtävän yhteydessä miehistön toimesta, mutta nykyisillä käytännöillä painonhallinta on epätarkkaa ja osittain arvailun varassa. Ilmailualalla pyritään minimoimaan kaikki lentämiseen liittyvät riskitekijät, joten yllä olevien syiden vuoksi helikopteripataljoonassa on

noussut tarve painonhallintatyökalujen kehittämiseksi ja lentoturvallisuuden parantamiseksi.

Painopistelaskurin käyttöönoton myötä helikopterin miehistö pystyisi helpommin suunnittelemaan tehtävänäikaisen kuormauksen siten, että maksimi kokonaisuudessa ja painopiste pysyvät rajoitusten mukaisina koko lentotehtävän ajan. Tämä vähentäisi virheiden mahdollisuutta tehtävänsuunnittelussa sekä parantaisi lentoturvallisuutta puolustusvoimien ilmailussa.

NH90-helikopterin painonhallinta on laaja käsite ja sisältää paljon huomioon otettavia tekijöitä. Tässä opinnäytetyössä käsitellään painonhallintatyökalujen käyttöä yleisesti tehtävänsuunnittelun kannalta sekä todennetaan painopistelaskurin toimivuus. Opinnäytetyössä ei käsitellä helikopterin oman tietoteknisen järjestelmän suorituskykyä tai sen osa-alueiden oikeellisuutta ja toimivuutta, mutta annetaan parannusehdotuksia myös niihin liittyen.

Tämä työ on julkinen versio opinnäytetyöstä, ja siitä on jätetty pois alkuperäiseen opinnäytetyöhön sisällytettyjä turvaluokiteltuja liitteitä.

2 UTIN JÄÄKÄRIRYKMENTTI

Utin jääkärirykmentti on suoraan maavoimien komentajan alaisuuteen organisoitu erikoisjoukko, jossa maa- ja ilmakomponentti, erikoisjääkärit ja helikopterit on organisoitu samaan joukko-osastoon. Utin jääkärirykmentti on puolustusvoimien helikopteritoiminnan päätukikohta. Rykmentin toimintaa ohjaavat selkeästi puolustusvoimien kolme päätehtävää. Rykmentti kykenee vastaamaan toimivana kokonaisuutena kansalliseen puolustukseen, yhteiskunnan tukemiseen ja kansainväliseen kriisinhallintaan. Rykmentillä on kyky reagoida nopeasti eriasteisiin kriiseihin koko valtakunnan alueella ja kyky yhteisoperaatioihin kaikkien puolustushaarojen sekä muiden viranomaisten kanssa. (Puolustusvoimat 2015.)

Utin jääkärirykmentti vastaa puolustusvoimien helikopteritoiminnasta ja maavoimien erikoisjoukkojen kouluttamisesta. Rykmentille on tunnusomaista toiminta koko maan alueella, henkilökunnan koulutuksen runsaus sekä tavanomaista laajemmat tutkimus- ja kehittämistehtävät. (Puolustusvoimat 2015.)

Helikopteripataljoonan tehtäviin kuuluu kouluttaa puolustusvoimien helikopteritoiminnan edellyttämää henkilöstöä, ylläpitää lentovalmiutta, suorittaa puolustusvoimien palvelulentoja ja antaa virka-apua eri viranomaisille. Helikopteripataljoonan henkilöstö toteuttaa valtakunnallista virka-apupäivystystä ja pelastuspalvelua ympärivuorokautisesti vuoden jokaisena päivänä. (Puolustusvoimat 2015.)

Uudet NH90-kuljetushelikopterit, sekä uusimuotoisen helikopteritoiminnan rakentaminen ja kehittäminen kuuluvat helikopteripataljoonan jokapäiväiseen toimintaan. Korkean teknologian joukkoyksikkönä helikopteripataljoona kehittää aktiivisesti lento-ohjelmistoja, koulutusohjeita ja helikopteritaktiikkaa. (Puolustusvoimat 2015.)

Puolustusvoimien kaikki helikopterit on sijoitettu Utin jääkärirykmenttiin. Helikoptereita voidaan käyttää kaikissa puolustusvoimien kolmessa lakisääteisessä tehtävässä:

1) Suomen sotilaallinen puolustus

- joukkojen ja materiaalin nopeat kuljetukset koko valtakunnan alueella
- yhteistoiminta erikoisjoukkojen kanssa
- haavoittuneiden, loukkaantuneiden ja sairaiden evakuointi
- valvonta ja tiedustelu
- merikuljetusten suojaamisen ja alustarkastusten tukeminen
- pelastuspalvelu.

2) Muiden viranomaisten tukeminen

- pelastuspalvelutehtävät, kuten etsintä-, kuljetus-, evakuointi- ja palonsammutustehtävät normaaliaikana, luonnononnettomuuksissa sekä suuronnettomuuksissa
- meri- ja lentopelastustehtävät
- muut virka-aputehtävät.

3) Osallistuminen kansainväliseen sotilaalliseen kriisinhallintaan

- kuljetus-, etsintä-, pelastus-, valvonta- ja tiedustelutehtävät
- haavoittuneiden, loukkaantuneiden ja sairaiden evakuointi.

(Puolustusvoimat 2015.)

3 NH90-HELIKOPTERI

NH90-helikopteri (KUVA1.) on moderni ja suorituskykyinen keskiraskas kaksimoottorinen kuljetushelikopteri, joka on siirtänyt puolustusvoimien maavoimien ilmailun täysin uudelle aikakaudelle. Helikopterin suunnittelussa on käytetty paljon uusia innovatiivisia ratkaisuja, ja useat järjestelmät ovat asennettuina helikopteriin ensimmäistä kertaa. Helikopterin runko on muun muassa valmistettu täysin komposiittimateriaaleista, minkä ansiosta koneen kokonaisuudessa on pienentynyt huomattavasti vanhempiin saman kokoluokan helikoptereihin nähden. NH90-helikopteri on myös ensimmäinen palveluskäyttöön otettu sotilashelikopteri, jossa on täysin sähköinen tietokoneohjattu fly by wire -ohjausjärjestelmä. Nelinkertaisessa lennonohjausjärjestelmässä ei ole mekaanista varajärjestelmää tai yhteyttä roottoreille, vaan ohjainpintoja ohjataan ainoastaan sähköisesti. Keveytensä, suorituskykynsä ja ohjausjärjestelmänsä ansiosta helikopteri on varsin liikehtemiskykyinen ja helppo käsitellä myös pienemmillä nopeuksilla. (NHI 2015.)



KUVA 1. NH90-helikopteri (Puolustusvoimat, arkisto)

3.1 Teknisiä suoritusarvoja

NH90-helikopterit korvasivat useita vuosia käytössä olleet neuvostovalmistetiset MI-8-kuljetushelikopterit, joiden tehtäväkyky oli huomattavasti rajallimpi. Nykyisillä helikoptereilla voidaan toimia kaikissa sää- ja valaistusolosuhteissa vuodenajasta riippumatta ja operatiivinen suorituskyky on parantunut huomattavasti.

NH90-helikopterin tärkeimmät tekniset suoritusarvot:

- suurin lentoonlähtöpaino 11000 kg
- sisäpuolisen kuorman kantokyky noin 2500 kg
- ulkopuolisen kuorman kantokyky noin 3000 kg
- suurin lentonopeus 325 km/h
- matkalentonopeus 260 km/h
- suurin nousunopeus 8,7 m/s
- suurin lentokorkeus 6000 m
- suurin leijuntakorkeus 2960 m
- suurin jatkuva moottoriteho 2x1664 kW (RRTM 322-01/9)
- toiminta-aika 4 h 30 min
- toimintamatka noin 900 km
- mitat: pituus 19,56 m, korkeus 5,23 m, leveys 4,61 m ja pääroottorin halkaisija 16,3 m

(Puolustusvoimat 2015; NHI 2015).

3.2 Varusteet ja erityisominaisuudet

NH90-helikopteri sisältää paljon erilaista varustusta, joista suuri osa on tehtäväkohtaista ja valittavissa lentotehtävän mukaan. Seuraavassa listassa on lueteltu oleellisimpia ja tärkeimpiä operatiivisen suorituskyvyn järjestelmiä sekä varusteita:

- kaksi akseliturbiinimoottoria
- törmäykseltä suojaavat rakenteet ja penkit
- paarivarustus
- ovikonekivääri (Dillon M134D)
- pelastusvinssi
- kuormakoukku
- panssarointimahdollisuus
- ripustimet ulkoiselle kuormalle ja lisäpolttoainetankeille
- estevaroitussjärjestelmä
- säätutka
- kypäränäyttöön liitetty lämpökamera ja valonvahvistimet
- etsintävalonheittimet
- omasuojajärjestelmä
- pakokaasujen infrapunajäljen vaimennin
- moottorin ilmanottojen hiekkasuodattimet
- jäänpoistojärjestelmä
- peräramppi
- suuret liukuovet helikopterin molemmilla puolilla
- neliakselinen autopilotti
- Fly by wire -ohjaussjärjestelmä

(Puolustusvoimat 2015; NHI 2015).

3.3 Helikopterihankinta

Vuonna 2001 solmitun hankintasopimuksen mukaan Suomi tilasi 20 kappaletta TTH (Tactical Transport Helicopter) -version kuljetushelikoptereita valmistaja NHI:lta (Nato Helicopter Industries). Ensimmäinen helikopteri tuli toimittaa Suomeen vuoden 2004 aikana, mutta syksyllä 2003 NHI kuitenkin ilmoitti Suomelle, ettei se pysty toimittamaan helikoptereita sovitus-

sa aikataulussa. Viivästymisten minimoimiseksi NHI ehdotti, että helikopterit toimitettaisiin Suomelle kolmessa eri kehitysvaiheessa: IOC- (Initial Operational Configuration) ja IOC+ (Nearly Operational Configuration) -kehitysversioissa, jotka muutettaisiin jälkiasennuksin lopulliseksi FOC-versioksi (Final Operational Configuration). NHI ei antanut tässä vaiheessa tietoja toimitusaikatauluista tai siitä, minkälainen kehitysversio IOC-helikopteri todellisuudessa on. (Suila 2008.)

NH90-helikopterin ensimmäinen IOC-versio sai Suomen Sotilasilmailun viranomaisyksiköltä tyyppihyväksynnän helmikuussa 2008, jonka jälkeen helikoptereiden toimitukset alkoivat puolustusvoimille. Ensimmäinen NH90-helikopteri otettiin vastaan Ranskassa, ja se saapui Uttiin maaliskuussa 2008. Tällä hetkellä puolustusvoimat on vastaanottanut 19 helikopteria ja viimeinen helikopteri vastaanotetaan vuoden 2015 aikana. Suurin osa helikoptereista on kuitenkin edelleen vanhempaa konfiguraatiomallia. (Suila 2008.)

3.4 Konfiguraatiot

IOC (Initial Operational Configuration) on ensimmäinen versio puolustusvoimille toimitetuista helikoptereista. Se mahdollisti ohjaajien ja lentoteknisen henkilöstön kouluttamisen aloittamisen, vaikka suuri osa helikopteriin luvatuista järjestelmistä puuttuikin. IOC-version joissakin järjestelmissä on myös rajoituksia. Tällaisia ovat muun muassa automaattinen vika-analyysijärjestelmä, estevaroitussjärjestelmä ja radiokalusto.

IOC+ (Nearly Operational Configuration +) -versioon tehtiin uusia ohjelmistopäivityksiä. Siihen asennettiin esimerkiksi automaattinen vika-analyysijärjestelmä sekä pakkolaukaisuhypyt mahdollistava laskuvarjohyppyjärjestelmä. IOC+-versiolla aloitettiin muiden joukkojen koulutus ja saavutettiin ympärivuorokautinen pelastuspalveluvalmius vuonna 2010.

FOC (Final Operational Configuration) -version helikopteriin tehtiin edelleen ohjelmistopäivityksiä ja siihen asennettiin muun muassa estevaroitussjärjestelmä, taktinen ja viranomaisradiojärjestelmä, sekä ovikonekiväärit.

Helikoptereiden aikaisemmat IOC- ja IOC+-versiot päivitetään aikanaan FOC-versioon jälkikäteen tehtävillä retrofit-asennuksilla.

NH90-helikopterin eri versioiden määrä on aiheuttanut paljon työtä niin helikopterin järjestelmien kehittämisen, kuin operatiivisen suunnittelun kannalta. Eri versioiden varustuksen suuri kirjo ja helikoptereiden suuret painoerot ovat vaikuttaneet myös helikoptereiden lopullisen varustuksen määrittämiseen, painonhallintaan ja tehtäväsuunnitteluun. Helikopterin painonhallintaa on kuitenkin pyritty jatkuvasti kehittämään helikopterin elinkaaren aikana ja sen kehittäminen jatkuu edelleen.

4 HELIKOPTERIN PAINO JA PAINOPISTE

Valmistajan ohjeistuksessa, ilmailusäännöksissä sekä opinnäytetyössä käytetään vaihtelevasti termejä paino (weight) ja massa (mass). Termit esiintyvät seuraavien lukujen alla useaan kertaan. Yleisesti puhuttaessa painosta tarkoitetaan kuitenkin aina massaa (IETP 2015).

Paino on merkittävä tekijä helikopterin suunnittelussa, rakentamisessa ja operoinnissa. Liiallinen paino vähentää helikopterin suorituskykyä ja turvamarginaalia hätätilanteissa. Suunnitteluvaiheessa helikopterista pyritäänkin tekemään niin kevyt, kuin rakenteellinen lujuus mahdollistaa. Rakenteet ja roottorit on suunniteltu tukemaan helikopterin suurinta sallittua painoa. Painon lisääntyessä roottoreiden on tuettava niin staattisia kuormia, kuin lentoliikkeiden aiheuttamia suurempia dynaamisia kuormia. (FAA 2007, 1-1.)

Vaikka helikopteri on hyväksytty tietylle suurimmalle kokonaispainolle, ei sillä voida lentää turvallisesti kaikissa olosuhteissa. On tärkeää ymmärtää, että suurin sallittu paino saattaa myös muuttua lennon aikana olosuhteiden vuoksi. Tekijät, jotka voivat vaikuttaa suorituskykyyn olosuhteiden vuoksi, ovat korkeus, lämpötila, tuuli ja kosteusolosuhteet. (FAA 2012, 6-2.)

Kokonaispainon lisäksi suorituskykyyn vaikuttavat olennaisesti myös painon sijoittelu ja helikopterin painopiste. Ei riitä, että helikopteri kuormataan suurimpaan sallittuun lentoonlähtöpainoonsa unohtamatta rahdin sijoittelua helikopterin sisällä. Painopisteen täytyy sijaita helikopterille luotujen painopisterajojen sisäpuolella lähellä helikopterin omaa massakeskipistettä. Useimmissa helikoptereissa massakeskipiste sijaitsee yleensä päävaihteiston alapuolella.

Jokaiselle ilma-alukselle on määriteltävä suunnitteluvaiheessa massakeskipiste. Se on piste, josta ripustettuna ilma-alus pysyy tasapainossa. Tämä on tärkeä suunnitteluperuste niin helikoptereille, kuin lentokoneillekin. Pitkittäis- ja poikittaissuuntainen tasapaino ovat molemmat tärkeitä tekijöitä suunnittelussa, mutta etenkin poikittaissuuntainen epätasapaino on kriitti-

sempi helikoptereille. Helikoptereiden painon ja painopisteen merkitys onkin suurempi, kuin lentokoneilla. Helikopterit ovat paljon kriittisempiä painon epätasaiseen jakautumiseen ja käytettävä painopistealue on paljon suppeampi. (FAA 2007, 1-3.)

Jos painopiste on määritellyn painopistealueen etupuolella, helikopteri kallistuu eteenpäin. Tämä aiheuttaa ohjattavuuden heikentymistä ja vaikeuttaa huomattavasti helikopterin laskeutumista heikentäen helikopterin lähestymiskontrollointia ja pidentäen laskeutumismatkaa. Jos painopiste on painopistealueen takapuolella, helikopteri lentää takapainoisena. Tämä vaikeuttaa helikopterin kovavauhtista lentämistä nokan ollessa väärässä asennossa sekä leijuttamista etenkin tuulettomissa olosuhteissa. Myös laskeutuminen vaikeutuu pyrstöpuomin ollessa lähempänä maanpintaa. Poikittaispainopisteen ylittäminen vaikuttaa myös heikentävästi helikopterin lento-ominaisuuksiin, jolloin helikopteri saattaa kaatua. Etu-, taka- tai poikittaispainoisena lennettäessä rajojen ylitys aiheuttaa pahimmillaan lentotilan, jossa ohjaussauvan liikeradan käyttöalue ja helikopterin lento-ominaisuudet loppuvat ja helikopteri ei pysy enää ilmassa. (FAA 2007, 6-1.)

4.1 Painon ja tasapainon määritelmiä NH90-helikopterille

Helikopterissa olevien rakenteiden, laitteiden ja varusteiden sijainti rungon suhteen määritellään käyttämällä helikopterin tunnettuja referenssipisteitä. Nämä pisteet löytyvät valmistajan ohjeistuksesta. Nimitykset eri pisteille on määritelty pääsääntöisesti valmistajan toimesta, joskin jotkut määritelmät ovat myös yleisilmailusta tuttuja ja siellä käytössä.

- Tyhjämassa, (Empty weight, EW)

Tyhjämassaan kuuluvat kaikki helikopterin kiinteät rakenteet ja varusteet. Jos helikopteria käytetään useaan eri tarkoitukseen, tai useilla eri sisustuksilla, lasketaan kiinteisiin varustuksiin vain ne, joita ei missään olosuhteissa poisteta. Tyhjämassaan kuuluvat lisäksi helikopterin käyttöjärjestelmien hydraulij- ja jäähdytysnesteet säiliöt täynnä, sekä ei käytettävissä

oleva polttoaine (unusable fuel) ja öljy, joka jää järjestelmään, kun se tyhjenetään normaalien tyhjennysaukkojen kautta (undrainable oil). (Ilmailumääräys 1986.)

- Perusmassa, (Empty weight equipped, EWE, Basic weight)

Perusmassa on helikopterin massa käyttötarkoituksen mukaisessa varustuksessa. Se käsittää tyhjämassan lisäksi seuraavat varusteet:

- pelastusvälineistö, johon kuuluvat esimerkiksi työkalut, valaisimet, tulensammuttimet, ensiapuvälineet, lennon aikana pakattuina säilytettävät pelastusliivit ja -lautat
- tyhjämassaa määritettäessä irrotettaviksi ja tilapäisiksi lasketut tuolit, paarit, rahdin kiinnitys- ja suojauslaitteet
- helikopterin käytössä tarvittavat ja jatkuvasti mukana pidettävät välineet, joita voivat olla esimerkiksi irralliset portaat, ohjain- ja laskutelinelukot, pyöräpukit, suojukset, ankkurointivälineet sekä varaosat ja työkalut
- vakituisesti helikopterin mukana pidettävät käyttäjän määrittämät ja ilmailumääräysten mukaiset kirjat
- säännöllisesti käyttötarkoituksen mukaiseen varustukseen kuuluva välineistö, johon kuuluvat esimerkiksi istuinten suojukset, huovat, matot ja vaatepuut
- voiteluaine-, jäänpoisto- ja vesiruiskutusnesteet säiliöt täynnä

Perusmassat ja niitä vastaavat perusvarusteluettelot eri käyttötarkoituksissa on laskettava valmiiksi ja esitettävä lentokäsikirjassa. (Ilmailumääräys 1986.)

- Kokonaismassa, (Gross weight, GW)

Kokonaismassa on helikopterin todellinen massa, joka sisältää perusmassan sekä kaiken mahdollisen ulko- ja sisäpuolisen kuorman. Kokonais-

massa muuttuu jatkuvasti lentotehtävän aikana esimerkiksi polttoaineen kulumisen vuoksi. (IETP 2015.)

- Suurin hyväksytty lentoonlähtömassa, (Maximum certificated gross weight)

Suurin hyväksytty lentoonlähtömassa on kokonaismassa, joka voidaan sallia missä tahansa lentoonlähtöolosuhteissa (Ilmailumääräys 1986).

- Massakeskipiste, (Center of gravity, CG)

Massakeskipiste on piste, josta tuettuna helikopteri pysyy tasapainossa. Teoreettinen piste, johon koko helikopterin painon oletetaan olevan keskitynyt. Varsi (mm) = momenttien summa (kg x mm) / painojen summa (kg). (IETP 2015.)

- Massakeskipisteen raja-arvot (CG limits)

Massakeskipisteen raja-arvot ovat ne pisteet, joihin massakeskipisteen arvot voivat enimmillään liikkua turvallisen lentotilan säilyttämiseksi (IETP 2015).

- Varsi, (Arm)

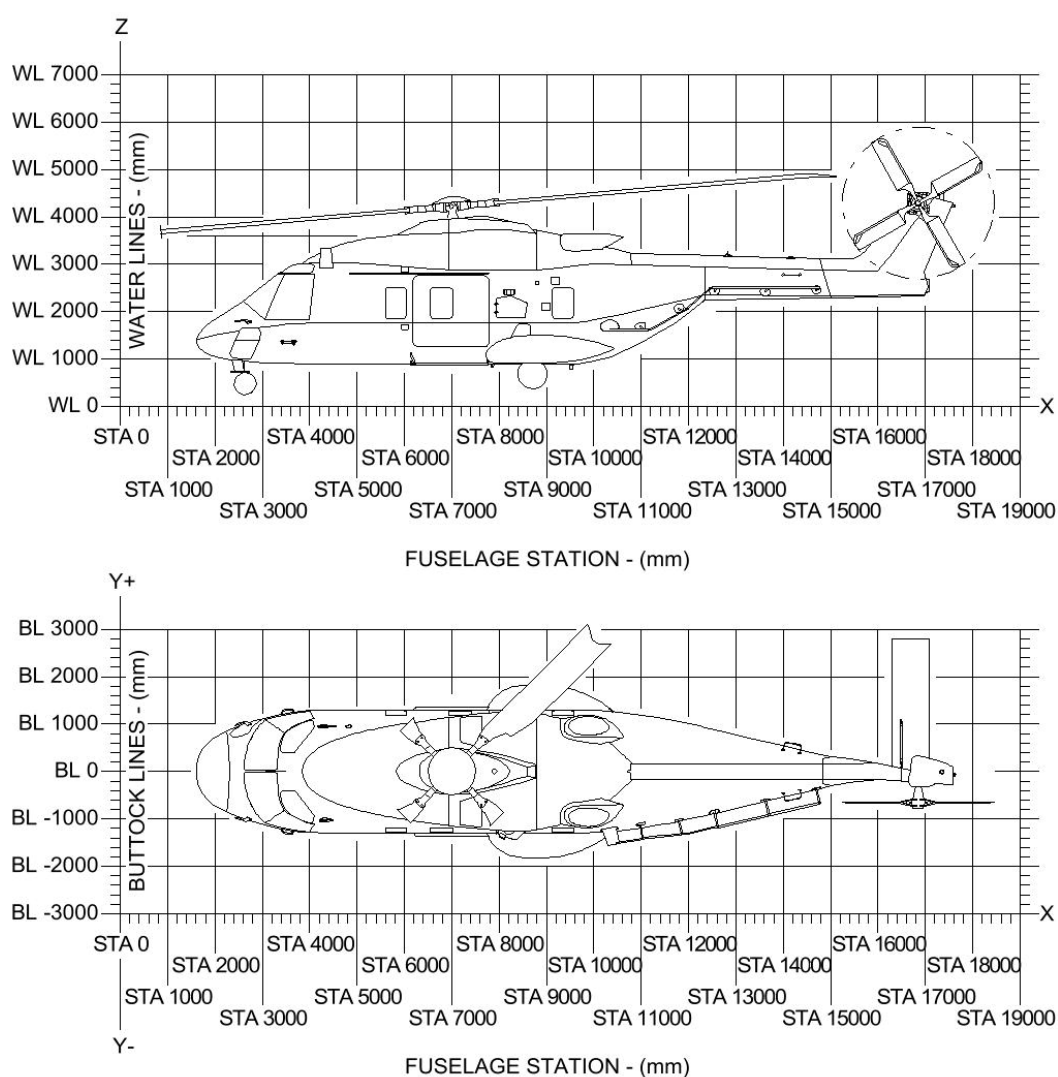
Käsitettä varsi (väntövarsi) käytetään helikopterin tasapainoa varten. Varren mitta on esineen tai asian vaakasuora etäisyys käytetystä perustasosta massakeskipisteeseen nähden. Varsi (mm) = momentti (kg x mm) / paino (kg). (IETP 2015.)

- Momentti, (Moment)

Momentin määritelmä saadaan, kun kohteen paino kerrotaan sen varrella. Momentti (kg x mm) = paino (kg) x varsi (mm). NH90-helikopterin ohjekirjallisuudessa momentti ilmaistaan yksiköissä paino kerrottuna pituudella (kg x mm), vaikka varsinaisesti oikea yksikkö olisi N x m. (IETP 2015.)

- Painopistekoordinaatisto

Kuviossa 1 on esitetty NH90-helikopterin painopistekoordinaatisto, jonka avulla voidaan määrittää eri laitteille ja varusteille positiot tunnettujen referenssipisteiden avulla. NH90-helikopterissa X-akselin sekä Z-akselin arvot ovat aina positiivisia, mutta Y-akselin arvot voivat olla myös negatiivisia helikopterin laitteen tai varusteen sijaitessa rungon vasemmalla puolella. NH90-helikopterin valmistajan (NHI) määrittämä laskennallinen massakeskipiste helikopterille sijaitsee pääroottorin keskikohdalla pisteessä STA 6995,6 mm, BL 0, jonka suhteen helikopterin laitteiden ja varusteiden positiot määritetään.



KUVIO 1. NH90-helikopterin painopistekoordinaatisto (IETP 2015)

- Rungon asemapisteeet, (Fuselage stations, STA)

Rungon asemapisteeet ovat pystysuoria tasoja, jotka ovat kohtisuorassa helikopterin pituusakseliin nähden (X-akseli). Asemapiste 0 on kuviteltu pystysuora taso helikopterin nokan edessä, mistä kaikki vaakasuorat etäisyydet tasapainoon liittyen mitataan. (IETP 2015.)

- Buttock lines, (B.L.)

Buttock linesit ovat pystysuoria tasoja, jotka mitataan oikealle ja vasemmalle pituusakselin molemmin puolin (Y-akseli). Buttock line taso 0 sijaitsee pituusakselin kohdalla keskilinjassa. (IETP 2015.)

- Water lines, (W.L.)

Water linesit ovat vaakasuoria tasoja, jotka ovat kohtisuorassa helikopterin pystyakseliin nähden (Z-akseli) (IETP 2015).

- Perusviiva, (Horizontal reference line)

Perusviiva on helikopterissa oleva ajateltu suora, jonka vaaka-asennon mukaan määräytyy helikopterin pitkittäissuuntainen vaaka-asento. Punnituksen aikana tämän viivan täytyy olla vaakasuorassa. Perusviiva määritellään helikopterin ohjekirjallisuudessa. (Ilmailumääräys 1986.)

- Perustaso, (Datum, STA)

Perustaso on perusviivaan nähden kohtisuora taso, jonka suhteen helikopterin pituuskoordinaatit määritetään. Perustason sijainti määritellään helikopterin ohjekirjallisuudessa. (Ilmailumääräys 1986.)

- Aerodynaaminen keskijänne, (Mean aerodynamic chord, B.L.)

Aerodynaaminen keskijänne on asemaltaan ja suunnaltaan määrätty jana, jonka suhteen helikopterin massakeskipisteen sallittu liikkumisalue yleensä ilmoitetaan (TT/625B/YL/8-10 2005).

- Symmetriataso, (W.L.)

Symmetriataso on ilma-aluksen pituussuuntainen pystytaso (TT/625B/YL/8-10 2005).

4.2 Punnitseminen

Suomen ilmailuviranomaisen, Trafin laatimat ilmailumääräykset vaativat jokaisen ilma-aluksen punnitsemista tietyin ehdoin ennen lentokelpoisuustodistuksen myöntämistä ja lentokäyttöönottoa. Punnituksen tarkoitus on selvittää ja määrittää helikopterin massakeskipiste ja kokonaispaino. Punnitseminen tapahtuu tietyin väliajoin sekä mahdollisten erilaisten massa- ja massakeskipisteen sijaintiin vaikuttavien muutostöiden jälkeen. (Ilmailumääräys 1986.)

Puolustusvoimien NH90-helikoptereiden punnitseminen suoritetaan jokaisessa viisivuotishuollossa tai tiettyjen helikopterin konfiguraatiomuutosten jälkeen. Punnitseminen on ohjeistettu valmistajan ohjeistuksessa, ja se määrittää helikoptereiden tietyn varustuksen punnitushetkellä. Esimerkit viimeisimmän punnitun NH90-helikopterin käytetystä punnitushetkestä, punnitushetkestä sekä virallisesta punnitustodistuksesta löytyvät liitteistä 1, 2 ja 3.

Kun helikopteriin tai sen varustukseen tehdään muutoksia tai korjauksia, on niiden vaikutukset merkittävät lentokäsikirjaan ja konekirjaan. Kun muutosten yhteenlaskettu vaikutus toimintamassaan ylittää 0,5 % helikopterin suurimmasta hyväksytystä kokonaismassasta tai yhteinen vaikutus massakeskipisteen sijaintiin sekä pituus- että poikittaissuunnassa ylittää 0,5 % massakeskiön sallitusta liikkumisalueesta, on korjaukset tehtävä perusmassan, massakeskiön ja perusmassamomentin arvoihin. (TT/625B/YL/8-10 2005.)

Punnituksen jälkeen muutokset perusmassan, massakeskiön ja perusmassamomentin arvoihin on merkittävä muutos- tai korjaustyöstä vastaavan huolto-organisaation toimesta lentokäsikirjaan ja konekirjaan. (TT/625B/YL/8-10 2005).

Huollon jälkeisen punnituksen tulokset ovat lopulta lentomiestöjen käytössä tehtävänsuunnittelussa. On todella tärkeää tietää helikopterin todellinen massa ja massakeksipiste, jotta lentotehtävä voidaan suunnitella ja toteuttaa turvallisesti. Tällä hetkellä valmistajan määrittelemä punnitus ei kuitenkaan täysin vastaa käyttäjän vaatimuksia ja helikopteri punnitaan varustuksessa, jolle ei käyttäjän kannalta ole suurta hyötyä. Tämän vuoksi opinnäytetyön yhteydessä ilmavoimien logistiikkalaitoksen helikopterisektorille tehdään punnitsemiseen liittyen muutosaloitteet punnituksen aikaiseen varustukseen ja toimintatapaan.

5 NH90-HELIKOPTERIN TEHTÄVÄKOHTAINEN PAINOPISTEEN MÄÄRITTÄMINEN JA HALLITSEMINEN

NH90-helikopterin valmistusvaiheessa jokainen helikopteri muodostuu omaksi yksilökseen, vaikka rakentaminen ja mittasuhteet on määritelty tarkkojen rajojen sisäpuolelle. Helikopterit näyttävät ulkoisesti lähes samalta, mutta niiden massat, ominaisuudet ja varustukset vaihtelevat, joten myöskään massakeskipisteen sijainti ei ole täydellisesti samassa pisteessä. NH90-helikoptereiden punnituksen jälkeiset massakeskipisteet sijaitsevat hieman pääroottorin takapuolella, jolloin helikopteri myös lentää hieman takapainoisena ja kuormaus suoritetaan ensisijaisesti helikopterin pääroottorin etupuolelle ja lähelle massakeskipistettä. Helikoptereiden erojen ja lentotehtävien monimuotoisuuden vuoksi eri helikopteryksilöille joudutaan lentotehtävästä riippuen laskemaan ja määrittämään painopisterajat aina uudestaan.

5.1 Painopisteen määrittäminen

Yleisesti momenttia laskettaessa varrella (vääntövarrella) tarkoitetaan mittaa esineen tai asian massakeskiön ja tietyn ennalta määrätyn pisteen välillä.

Laskettaessa painopisteen siirtymää helikopterin massakeskipisteestä pitää tietää kaikki helikopteriin kuormattu varustus ja henkilöstö sekä polttoaineen määrä. Tämän lisäksi tarvitaan kaikkien edellä mainittujen asioiden massakeskiöiden sijaintitiedot sekä massat, minkä jälkeen voidaan laskea helikopterin todellinen tehtäväkohtainen painopiste.

Pitkittäissuuntainen massakeskiön siirtymän momentti lasketaan seuraavaksi esitetyllä tavalla. Massa kertaa etäisyys perustasosta, paino (kg) x varsi (mm). Laskutoimitus tehdään jokaiselle helikopterin perusvarustukseen kuulumattomalle asialle, kuten kuormattu varustus, henkilöstö ja polttoaine. Lisäksi laskutoimitus tehdään helikopterin omalle tyhjäpainolle, koska helikopterista itsestään tulee myös momenttia perustason suhteen. Seuraavaksi lasketaan kaikki arvot yhteen, jotta saadaan kokonaismo-

mentti. Lopuksi kokonaismomentti jaetaan helikopterin kokonaismassalla ja saadaan tulokseksi massakeskiön pitkittäissuuntainen siirtymä. (FAA 2007, 2-2, 2-4.)

Samat laskutoimitukset tehdään myös poikittaissuuntaiselle akselille, jolloin saadaan painopisteen siirtymä kahden akselin suhteen. Tarvittaessa helikopterin perusvarustukseen tai tehtävänäikaiseen varustukseen voidaan tehdä muutoksia, jos painopiste siirtyy helikopterin valmistajan ilmoittamien sallittujen arvojen ulkopuolelle.

5.2 Lentotehtävän suunnittelu

Helikopteripataljoonan suorittamat lentotehtävät saattavat olla hyvin erilaisia ja monimuotoisia, mikä tekee myös painonhallinnasta vaikeaa. Ennen jokaista lentoa on kuitenkin varmistettava, että helikopterin paino ja painopiste ovat lentokäsikirjan (flight manual) määrittämässä sallituissa rajoissa, sillä rajoitusten ylittyminen on mahdollista esimerkiksi asiaa tiedostamattomalla matkustamon kuormauksella tai ulkoisten polttoainesäiliöiden käytöllä. Painopisterajoitusten ylittyminen saattaa johtaa tietyissä olosuhteissa helikopterin ohjattavuuden heikkenemiseen tai rakenteiden ylikuormittumiseen. (HLK 2009.)

Kokonaispaino ja painopiste määritetään aina helikopterin lentokäsikirjassa määritettyjen ohjeiden ja menetelmien mukaan, mutta yksinkertaisissa ja selkeissä lentotehtävissä painopisteen määrittämiseen voidaan käyttää myös tiettyjä vakiopainoja ja päätelmiä (HLK 2009).

Matkustajien osalta kokonaispaino määritetään kuljetushelikoptereilla normaalitapauksissa käyttäen matkustajille määritettyjä vakiopainoja. Jokaisen matkustajan vakiopaino on 90 kg sisältäen matkatavaraa 10 kg. Yli 10 kg:n menevän matkatavaran paino lasketaan erillisenä massana. NH90-helikopterille käytetään yleisesti myös vakiopainoa 110 kg helikopterin omien järjestelmien ominaisuuksien vuoksi. (HLK 2009.)

Mikäli vakiopainojen käyttö ei ole riittävän tarkka menetelmä todellisen painon varmistamiseksi, tulee kuorman paino tarvittavilta osiltaan määrit-

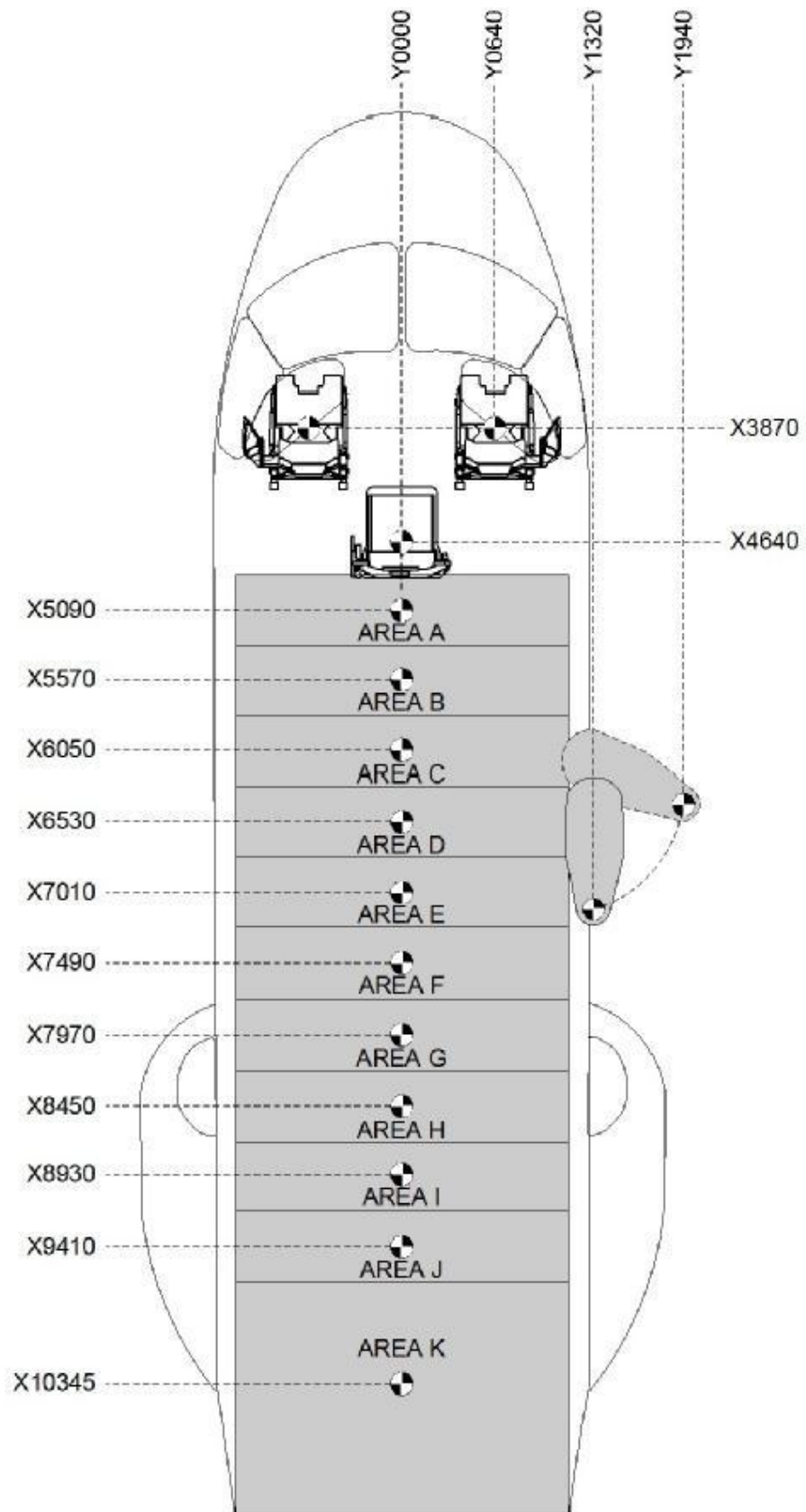
tää tapauskohtaisesti joko punnitsemalla, tai muiden painotietojen perusteella, sekä määrittää kokonaismassa erillisillä laskelmilla (HLK 2009).

Painopisteen pysyminen sallittujen rajojen sisällä varmistetaan sijoittamalla matkustajat ja rahti paikoille, joita käyttämällä painopisteen tiedetään pysyvän sallituissa rajoissa. Epävarmoissa tapauksissa painopisteen pysyminen sallitulla alueella on varmistettava erillisillä laskelmilla. (HLK 2009.)

Kokonaismassan ja painopisteen laskenta- ja määrittämisperusteina käytetään helikopterin punnitustodistuksesta saatuja tyhjäpainoja sekä peruspainopisteasemia, jotka on merkitty kyseisen helikopteriyksilön lokikirjaan (HLK 2009).

Yleensä tehtävänsuunnittelu ei kuitenkaan ole niin yksinkertaista lentotehtävien monipuolisuuden vuoksi. Suunnittelun ja lentotehtävän aikana täytyy huomioida useita asioita, mikä vaikeuttaa myös painopisteen määrittämistä. Pääperiaatteeltaan lentotehtävän suunnitteleminen menee seuraavasti.

Helikopterin miehistö saa lentotehtävän tiettyjen vaateiden mukaisesti, jonka jälkeen suunnittelutyö käynnistyy. Suunnittelutyöstä vastaavan henkilön täytyy ottaa huomioon, kuinka paljon ulkopuolista kuormaa helikopteriin voidaan kuormata ja mihin kuorma helikopterissa sijoitetaan lennon eri vaiheissa. Tiedossa on oltava helikopterin perusmassa ja massakeskipiste sekä kuormattavan tavaran tai joukkojen paino. Tämän jälkeen suunnittelija pyrkii jakamaan kuorman tasaisesti helikopterin sisälle kuormauskartan avulla, joka on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. NH90-helikopterin kuormauskartta (IETP 2015)

Kuormauskartan täytön jälkeen lasketaan erilaisia painopistehallintatyökaluja käyttäen kuorman sijoittelun jälkeinen helikopterin massakeskipiste.

Lentotehtävän aikana massakeskipiste saattaa muuttua huomattavasti tehtävästä riippuen. Kuorman sijoittuminen lennon eri vaiheissa esimerkiksi laskuvarjohyppytoiminnassa vaikuttaa suoraan myös massakeskipisteeseen. Suunnittelutyössä täytyy ottaa huomioon myös polttoaineen kulutus ja sen vaikutus massakeskipisteeseen lennon eri vaiheissa, joten laskelmat täytyy tietyissä tapauksissa toteuttaa useampaan kertaan. Lisäksi on huomioitava helikopterin suorituskyvyn riittävyys suurimmalla lentoonlähötpainolla. Suorituskyvyn suurimpina tekijöinä vaikuttavat helikopterin oman painon lisäksi painekorkeus (PA), ulkoilman lämpötila (OAT) ja tietyt helikopterissa lennon aikana päällä olevat laitteet.

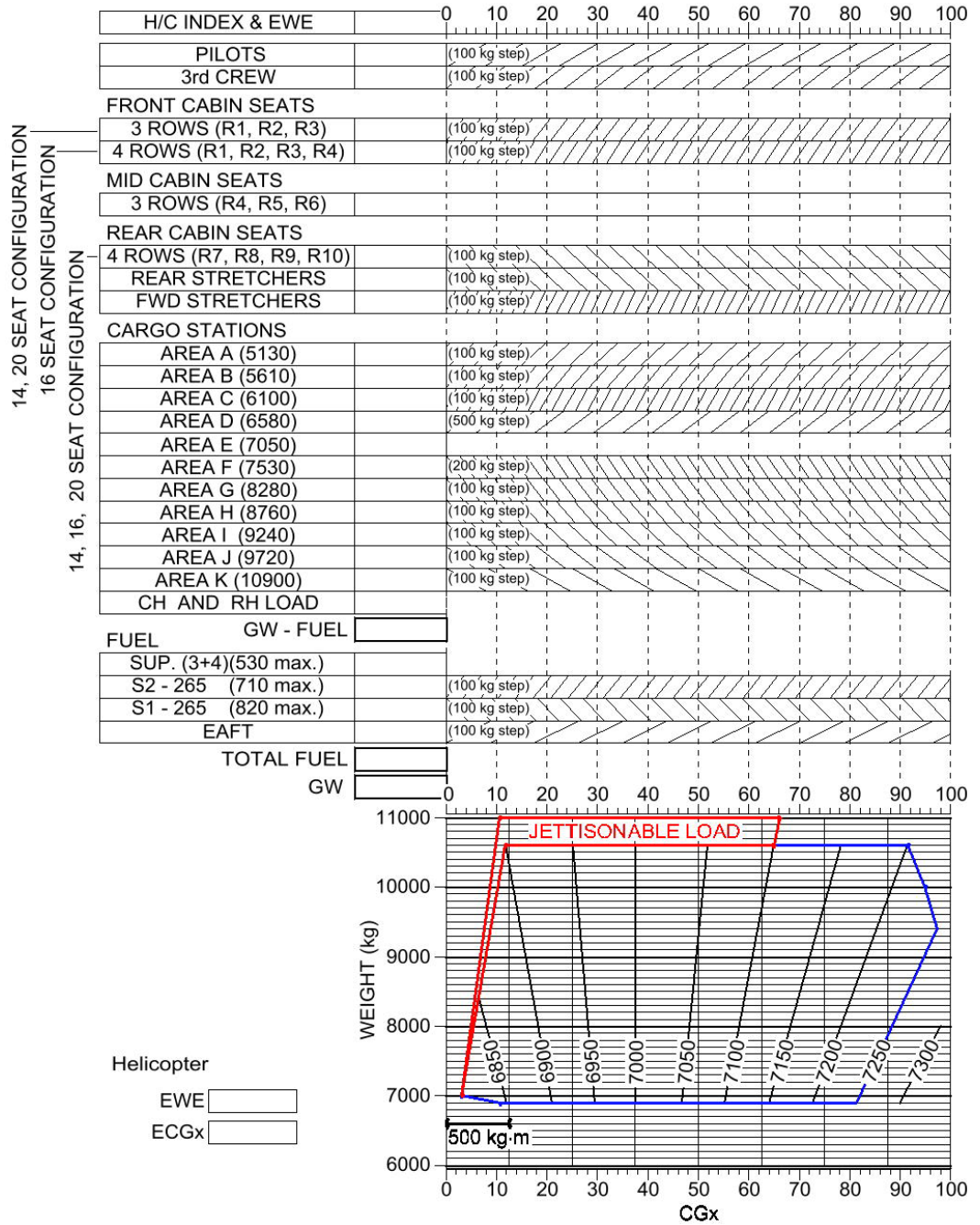
Suunnittelutyön jälkeen lennolle lähdetessä saadut painot ja painopistearvot syötetään helikopterin omaan painonhallintajärjestelmään, joka laskee niiden avulla automaattisesti esimerkiksi suorituskykyä.

Tällä hetkellä helikopterimiehistöjen käytössä suunnittelutyön apuna ovat valmistajan määrittelemät painopistetaulukot ja helikopteripataljoonan oma taulukkolaskentapohjainen painopistelaskuri, joka ei kuitenkaan vielä ole virallisesti käytössä.

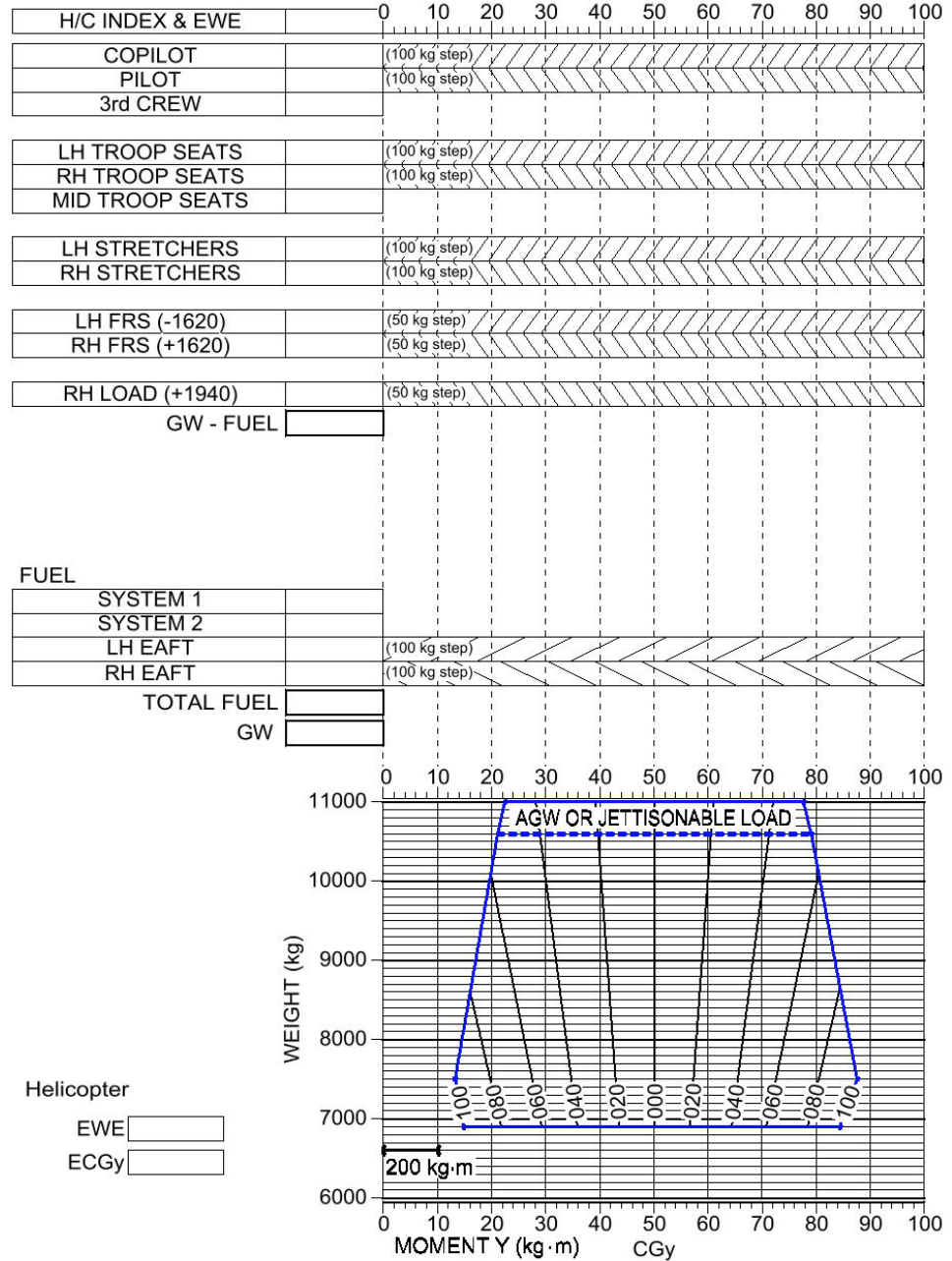
5.3 Painopistetaulukoiden käyttö

NH90-helikopterikalustolla painopisteen ja massan tarkkailuun käytetään valmistajan määrittämiä painopistetaulukoita, joista laskemalla voidaan selvittää sallittu kokonaispaino sekä paino eri polttoainemäärillä ja kuormilla. Taulukoissa 1 ja 2 on esitetty pitkittäis- ja poikittaissuuntaiset painonhallintataulukot, joita käytetään kuviossa 2 esitetyn kuormauskartan yhteydessä painopistelaskentaan. Helikopterin kuormauskartan alueiden sijoittelu vastaa myös taulukossa 1 esiintyviä kuormausalueita.

TAULUKKO 1. CGx weight and balance worksheet - X-Vector diagram for Jettisonable Load (troop/cargo transport) (IETP 2015)

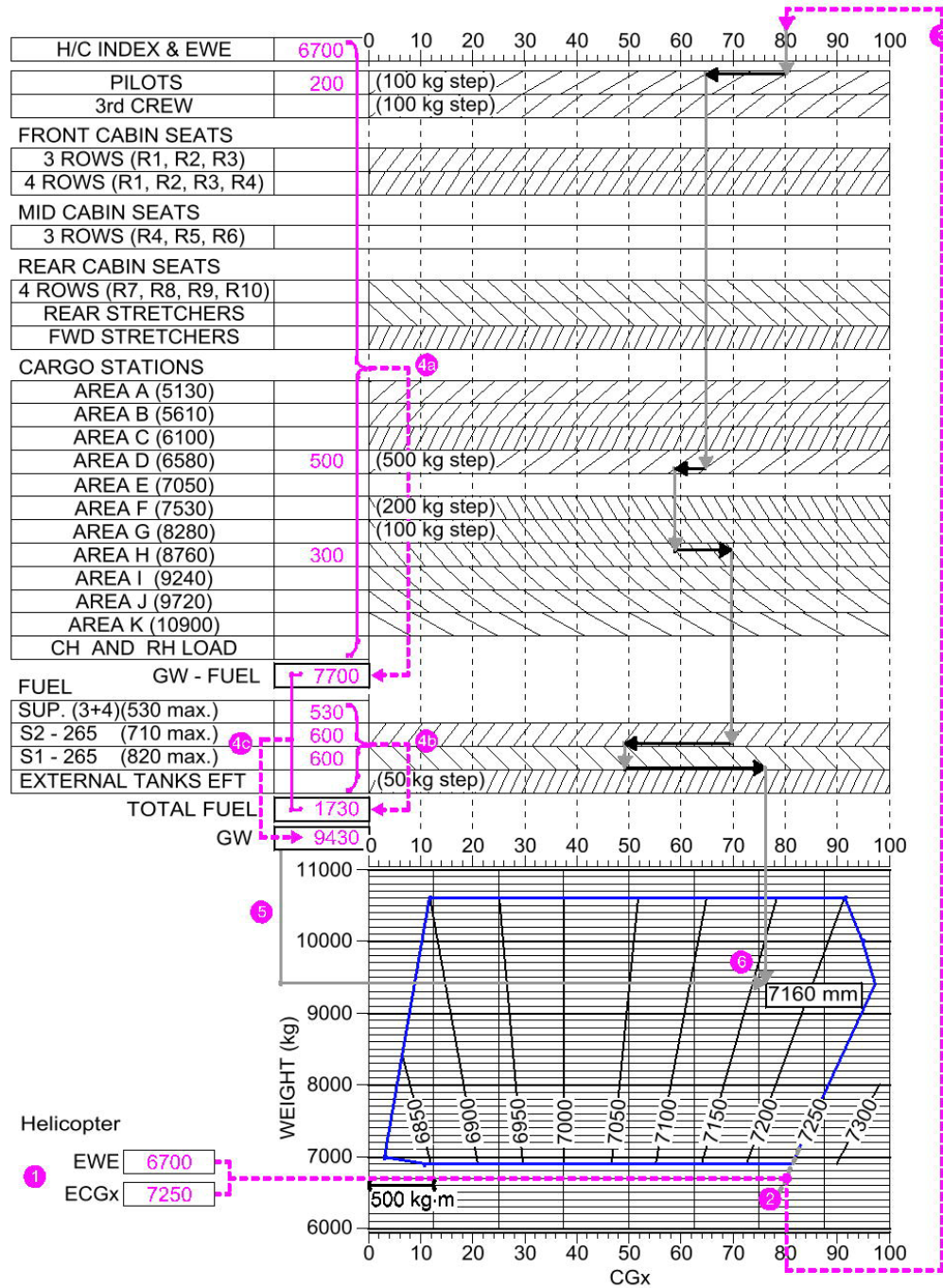


TAULUKKO 2. CGy weight and balance worksheet -Y-Vector diagram (troop/cargo transport) (IETP 2015)



Vektoridiagrammit esittävät massakeskiöalueen momentin vaaka-akselilla ja painon pystyakselilla. Vektoridiagrammit on skaalattu myös alueelle 0-100, joka tarkoittaa helikopteri-indeksiä. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkilaskelma pitkittäissuuntaisen painopisteen määrittämiseksi.

TAULUKKO 3. CGx weight and balance worksheet - Vector diagram calculation example (IETP 2015)



Helikopterin tehtävänäikaisen painopisteen lopullinen tulos saadaan ja piirretään kaavioon, kun ensin tiedetään helikopterin punnituksen aikana saatu perusmassa (EWE) ja laskettu massakeskipiste (ECGx tai ECGy). Yllä olevassa esimerkissä EWE on 6700 kg ja ECGx on 7250 mm, jotka ovat nähtävissä violetin värisenä taulukon esimerkin kohdassa 1. Nämä

tiedot löytyvät helikopterin omasta järjestelmästä, helikopterin konekirjoista sekä punnitustodistuksesta.

Tämän jälkeen selvitetään helikopteri-indeksi, joka voidaan laskea laskukaavalla, tai katsoa suoraan painopistetaulukosta punnituksen aikana laske-
tun massakeskipisteen arvon avulla. Tässä esimerkissä arvo ECGx on 7250 mm. Seuraavaksi esimerkkitaulukossa siirrytään kohtaan 2, jossa helikopteri-indeksiksi saadaan 80 ECGx arvon avulla.

Taulukkoon syötetään myös kaikki lentotehtävään liittyvä kuorma ja massa niille varattuihin ruutuihin. Esimerkkitaulukossa tämä on esitetty kohdissa 4a, 4b ja 4c, jolloin helikopterin lopullinen kokonaismassa (GW) selviää laskemalla kaikki kuorma ja helikopterin perusmassa yhteen. Saatu kokonaismassa, joka tässä esimerkissä on 9430 kg, viedään lopulta taulukon sisälle kokonaismassan osoittamaan kohtaan. Esimerkissä tämä on esitetty kohdassa 5. Kuorman yhteenlaskettu kokonaismassa ei saa ylittää suurinta sallittua lentoonlähtömassaa, joka tässä esimerkissä on 10600 kg.

Aikaisemmin saatu helikopteri-indeksi oli 80. Esimerkkitaulukossa siirrytään kohdan 3 mukaisesti taulukon oikeaan ylälaitaan, josta helikopteri-indeksin mukaiselta kohdalta mennään taulukon sisään. Taulukon sisällä ensimmäisenä tulee vastaan PILOTS-kohta, jossa massaksi on asetettu 200 kg. Ruudukossa siirrytään kaksi askelmaa vasemmalle vinottaisten viivojen mukaisesti, joissa yksi viivojen väli esittää 100 kg:aa. Tämän jälkeen taulukossa siirrytään alaspäin seuraavaan kohtaan, jossa massaa on asetettu ja toimitaan samoin kuin edellä. Taulukossa edetään kuorman mukaisesti taulukkoa alaspäin ja lopulta päädytään vektoridiagrammin sisälle.

Diagrammin sisällä lopullinen painopiste selviää kohdassa 5 saadun kokonaismassan ja lopullisen helikopteri-indeksin janojen leikatessa toisensa. Esimerkissä tämä on nähtävissä kohdassa 6, jolloin lopullinen pitkitäissuuntaisen painopisteen tulos on 7160 mm. Saatu piste osoittaa, onko painopiste taulukon, eli massakeskipisteen raja-arvojen (siniset viivat) sisä- vai ulkopuolella.

Taulukoiden käyttö tämänhetkisessä tehtävänsuunnittelussa on varsin vähäistä. Niiden käyttö on hidasta ja epätarkkaa lentotehtävien vaihtelevuuden, kuormattavien tavaroiden ja tehtäväkohtaisten roolivarusteiden monipuolisuuden vuoksi. Lisäksi tiettyjen laskemiseen tarvittavien tietojen saaminen on vaikeaa ennen tehtävän toteuttamista ja valmistajan painopistetaulukoissa on virheitä. Näiden syiden vuoksi tehtävänäikaista painonhallintaa on ollut tarve kehittää sujuvammaksi ja käytännönläheisemmäksi.

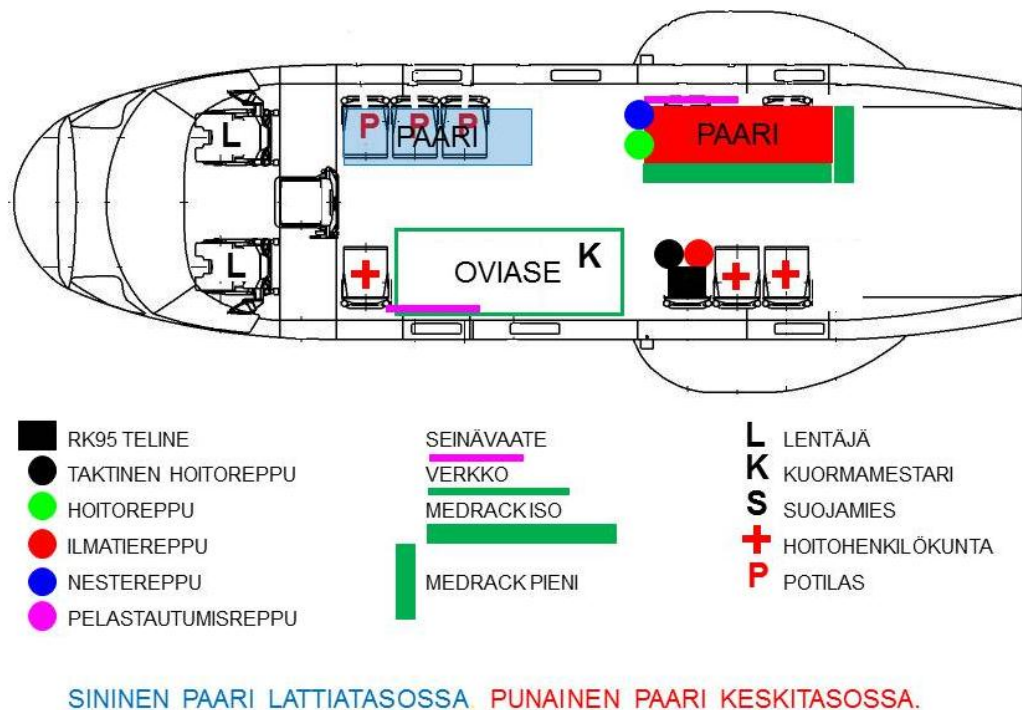
5.4 Rooli- ja tehtäväkohtainen varustus

NH90-helikopterikalustolla on suuri määrä erilaista rooli- ja tehtäväkohtaista varustusta, joka muuttuu ja kehittyy jatkuvasti. Tehtävänsuunnittelun kannalta tämä vaikeuttaa huomattavasti helikopterin painonhallintaa, koska eri koneyksilöiden varustus saattaa olla erilainen ja voi vaikuttaa kokonaispainoon jopa useita satoja kiloja. Esimerkkeinä rooli- ja tehtäväkohtaisesta varustuksesta voidaan mainita muun muassa penkit, paritelineet, ballistiset suojat ja oviaseet.

Nykyään yksittäisen lentotehtävän tehtäväkohtaisia varusteita ei välttämättä huomioida riittävästi lentotoiminnan aikana. Eri tehtäville otetaan mukaan jokaisen käyttäjän parhaaksi toteama tai tarvitsema varustus, joka saattaa olla eriävä helikopterin omaan järjestelmään tallennettuun varustukseen. Tämä pitäisi ottaa huomioon lentotehtävälle lähdeettäessä, koska muuten helikopteri antaa väärät arvot ja asetukset. Lisäksi varustuksen sijoittelu ja kuorman paino arvioidaan usein silmämääräisesti, mikä saattaa aiheuttaa huomattavan eron oikeaan kokonaisuudessaan. Tämä taas saattaa vaikuttaa helikopterin lentämiseen ja suoritusarvoihin.

Tavoitteena olisi kehittää tehtäväkohtaisten varusteiden hallitsemista tekemällä erilaisia valmiita varusteluetteloita ja varustekokonaisuuksia eri tehtävätarkoituksiin. Varustekokonaisuudet punnittaisiin ja määriteltäisiin valmiit paikat helikopterin sisällä, sekä määritettäisiin painopistelaskelmat etukäteen.

Helikopteripataljoona toteuttaa nykyään valtakunnallista virka-apupäivystäystä ja pelastuspalvelua, jonka vuoksi on myös kehitetty erilaisia lääkinnällistä päivystysvarustusta, sekä sodanajan varustusta mahdollisia pelastustehtäviä ajatellen. Kuviossa 3 on esitetty yksi mahdollinen variaatio sotilaalliseen lääkintäevakuointiin kehitetystä päivystysvarustuksesta, joka olisi hyvä ottaa virallisesti käyttöön ja taltioida yhdeksi varustekokonaisuudeksi. Helikopterin pohjapiirustuksen ja varusteiden sijoittelun lisäksi kyseisestä varustekokonaisuudesta on tehty valmiiksi painopistelaskelma painopistelaskurilla, sekä roolivarusteluettelo, jotka ovat luettavissa liitteissä 4 ja 5.



KUVIO 3. Esimerkki NH90-helikopterin MEDEVAC-päivystysvarustuksesta (Puolustusvoimat, arkisto)

6 PAINOPISTELASKURI

NH90-helikopterin painopisteen määrittämiseksi helikopteripataljoonassa on laadittu taulukkolaskentapohjainen laskuri lentomiestöjen käyttöön. Laskuri on Excel-pohjainen, ja sillä voidaan määrittää koneyksilön varustelu, kuormaus ja sitä kautta pituus- ja poikittaispainopiste. Uusin painopistelaskurin Excel-versio V.5.A löytyy liitteestä 6.

6.1 Käyttäminen

Painopistelaskuri on laaja kokonaisuus, joka sisältää useita välilehtiä ja niiden alla mahdollisia käytettäviä ominaisuuksia. Tavallisen käyttäjän ei kuitenkaan pääsääntöisesti täydy käyttää kuin yhtä välilehteä pystyäkseen laskemaan helposti helikopterin kokonaispainon ennen lentotehtävää. Kuviossa 4 on esitelty peruskäyttäjän päänäkymä painopistelaskurin Excel-tiedostossa. Tällä Payload Input -välilehdellä käyttäjä valitsee kaiken haluamansa varustekokonaisuuden ja massan helikopteriin, minkä jälkeen käyttäjällä on mahdollisuus tulostaa valituista varusteista ja saaduista painopistetuloksista koonnos Report-välilehdeltä. Muihin painopistelaskurin alisivuihin ei ole tavallisesti tarvetta koskea, ellei tiedoston lähdetietoja ole tarvetta muuttaa.

TAULUKKO 4. Konfiguraation pikavalintataulukko (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

1. Configuration quick selection	QTY	Select installed equipment	Weight of selection or replacement parts (kg)
Rescue hoist		RETRACTED	55,2
Searchlight SX16		ABSENT	0,0
Servicing cowlings		ASF	113,7
Rear sliding cowling		IR	61,9
Floor protection sheets		ABSENT	0,0
Ballistic protection		ABSENT	0,0
Medrack stretcher		ABSENT	0,0
Heavy stores carriers LH		ABSENT	0,0
Heavy stores carriers RH		ABSENT	0,0
External auxiliary fuel tanks LH		ABSENT	0,0
External auxiliary fuel tanks RH		ABSENT	0,0
Machine gun M134 LH		ABSENT	0,0
Machine gun ammunition LH	0	EMPTY	0,0
Machine gun M134 RH		ABSENT	0,0
Machine gun ammunition RH	0	EMPTY	0,0
Crypto for IFF M4		ABSENT	0,0
Parachuting kit static line protection		ABSENT	0,0
Cargo rolling device		ABSENT	0,0
Fast rope beam LH AFT		ABSENT	0,0
Rear ramp		PRESENT	0,0
Horizontal stabilizer deicing kit		PRESENT	14,1
EWS MLD sensors		PRESENT	7,9
CFD magazines / number of decoys	0	FULL	33,3
Toolbags, chocks and covers		PRESENT	78,8
Winter covers		ABSENT	0,0
Selected number of troop seats	15		133,6

Käyttäjä valitsee helikopteriyksilön, penkkien määrän ja kaikki lentotehtävän kuorman mukaiset painotiedot niille varattuihin kohtiin, jotka ovat nähtävissä taulukossa 5.

TAULUKKO 5. Helikopteryksilön valintaikkuna ja kuormaustaulukko (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

		Co-pilot	NH-	Pilot		
		100	221	100		
HSC fuel (max 500kg)	HSC load	System 1 fuel (max 1066kg)	3rd crew	System 2 fuel (max 970kg)	HSC load	HSC fuel (max 500kg)
0	0	1000	0	950	0	0
		Troop 1 SEAT	A zone	Troop 2 SEAT		
		0	0	0		
		Troop 3 SEAT	B zone	Troop 4 SEAT		
		0	0	0		
		Troop 5 / LH strecher SEAT	C zone	Troop 6 / RH strecher SEAT		
		0	0	0		
		Troop 7 NO SEAT	D zone	Troop 8 / Hoist operator NO SEAT	Hoist load	
		0	0	0	0	
		E zone / Gunner LH	E zone / Hook load	E zone / Gunner RH		
		0	0	0		
		Rescue swimmer NO SEAT	F zone	Loadmaster SEAT		
Fast rope	0	0	0	100		
		Troop 9 SEAT	G zone	Troop 10 NO SEAT		
		0	0	0		
		Troop 11 / LH strecher SEAT	H zone	Troop 12 / RH strecher SEAT		
		0	0	0		
		Troop 13 SEAT	I zone	Troop 14 SEAT		
		0	0	0		
		Troop 15 SEAT	J zone	Troop 16 SEAT		
		0	0	0		
			K zone / Ramp			
			0			

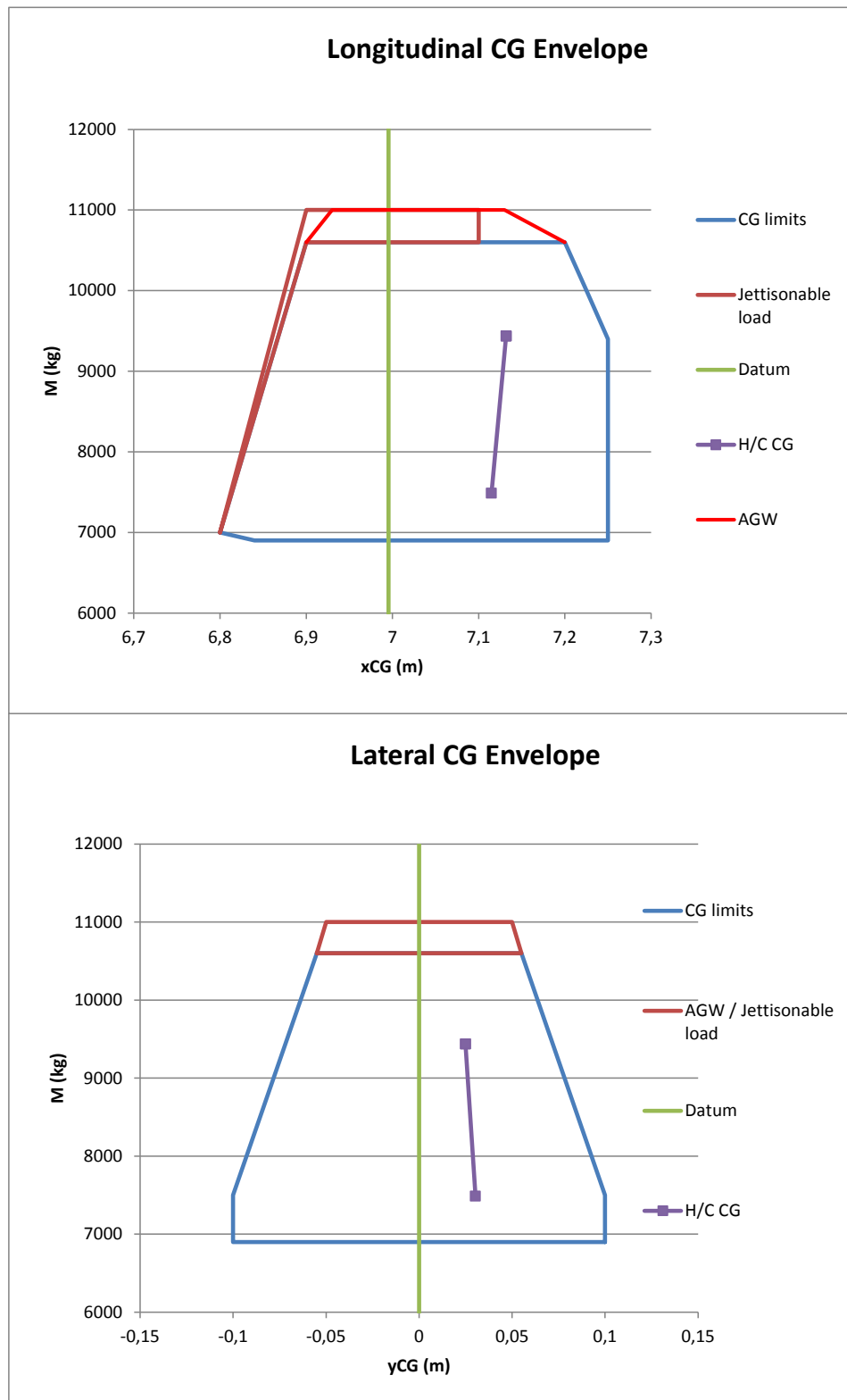
Käyttäjän asetettua tarvittavat tiedot tarkasti paikoilleen pystytään taulukossa 6 näkyvästä massa ja painopisteraportista näkemään tarvittavia tietoja lentotehtävälle. Tärkeimpänä näistä ovat kokonaismassa (GW), pitkästäispainopiste (CG X), sekä poikittaispainopiste (CG Y).

TAULUKKO 6. Massa ja painopisteraportti (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Mass and balance report			
Aircraft:	NH90	Tail number:	NH-221
Configuration:	FOC	Serial	1262
Weight date:	9.1.2015		
Mass and balance summary	Installed weight	CG X (m)	CG Y (m)
Empty weight	6190	7,24	0,01
Kit	680		
Mission equipment	284		
Empty weight equipped	7154	7,18	0,02
Crew	300		
Load	0		
Ordnance	33		
Dry weight	7488	7,11	0,03
Internal fuel	1950		
External fuel	0		
Gross weight	9438	7,13	0,02
	-	-	-
	-	-	-
Relative Longitudinal CG:	0,14	m	(AFT)
Relative Lateral CG:	0,02	m	(RIGHT)

Kuviossa 5 näkyvistä diagrammeista pystytään helposti tarkastamaan, ettei helikopterin pitkästäis- ja poikittaissuuntainen painopiste ylitä missään vaiheessa lentotehtävää. Diagrammin sisällä olevan violetin janan täytyy

pysyä diagrammin rajojen sisäpuolella. Janan pituus kertoo polttoainemäärästä ja sen vaikutuksesta painopisteeseen lennon aikana.



KUVIO 5. Helikopterin pitkittäis- ja poikittaissuuntainen painopiste lento-tehtävällä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

6.2 Ongelma

Tällä hetkellä painopistelaskuri ei kuitenkaan ole virallisesti käytössä ja NH90-helikopterin paino sekä painopiste määritetään aina käyttäen valmistajan IETP:n ohjetta: Weight and Center of Gravity (CG) vector diagrams - Function, data for plans and description (JA-A-08-40-30-00A-000A-A), joka löytyy liitteestä 7.

Nykyinen valmistajan määrittelemä ohjeistus on todettu hankalaksi käyttää ja lentotehtävän suunnittelussa painonhallintataulukoiden käyttö on näin ollen vähäistä. Lisäksi saadut laskennalliset tulokset ovat epätarkkoja lentotehtävien monimuotoisuuden vuoksi. Tarve erilliselle painopistelaskurille on tullut ilmi muun muassa edellä mainittujen sekä seuraavien syiden vuoksi:

- suuri hajonta koneyksilöiden tyhjäpainoissa
- helikopterin eri versioiden määrä
- tehtäväkohtaisten roolivarusteiden suuri kirjo
- epätavallisten kuormien lastaus ja purku
- koneen oman järjestelmän painopistelaskurissa havaitut puutteet
- virallisissa IETP-ohjeistuksen painopistekaavioissa havaitut puutteet
- tehtävänsuunnitteluohjelmiston käyttöönoton viivästyminen
- kotimaassa suoritettavien ja käyttöönotettavien helikoptereiden modifikaatioiden vaikutus painopisteeseen
- poikittaispainopisteen määritystarve

Laskurin käyttö helpottaisi tehtävänsuunnittelua ja kuorman sijoittamispaikan määrittämistä tilanteissa, joissa kuorma vaihtelee tehtävän aikana, tai sillä on merkittävä vaikutus painopisteen sijaintiin. Tästä esimerkkeinä ovat henkilövinssaustehtävät, laskuvarjohyppytoiminta, matalapudotukset ja ulkoisten lisäpolttoainesäiliöiden käyttö.

6.3 Tavoitteet

Viimeisintä voimassaolevaa painopistelaskuria käyttämällä miehistö pystyisi suunnittelemaan helikopterin kuormauksen siten, että maksimi kokonaisuudessa ja painopiste pysyvät rajoitusten mukaisina tehtävän ajan. Suorituksesta laskelmasta voidaan tulostaa raportti, joka taltioidaan ja syötetään ennen lentoa koneen omaan järjestelmään. Esimerkiksi eräiden maiden asevoimissa on tapana laatia jokaiselle päivän lentopalvelukseen osallistuvalla koneyksilöllä kuormaus- ja painopisteraportti ja jakaa se miehistölle. Mikäli kuormaus muuttuu lentopäivän aikana, laaditaan ja kuivataan uusi raportti käyttöön valtuutetun henkilön toimesta.

Uusien järjestelmien, punnitusten ja modifikaatioiden vuoksi painopistelaskurin päivitystarve tulee olemaan jatkuva. Painopistelaskurin pääkäyttäjänä ja päivittäjänä helikopteripataljoonassa toimii koelentotoimisto ja koelentotoimiston määrittelemät henkilöt.

Painopistelaskuri on siis todettu tarpeelliseksi ja tavoitteena olisi hyväksyä painopistelaskuri virallisesti helikopteripataljoonan käyttöön. Hyväksynnän voi tehdä ilmavoimien logistiikkalaitoksen helikopterisektori, jolle on tehty muutosaloite painopistelaskurin käyttöönotosta. Helikopterisektori on pyytänyt helikopteripataljoonaa todentamaan painopistelaskurin oikeellisuuden ja toimivuuden.

Tämän opinnäytetyön tutkimus- ja tarkastustyön tuloksena on tarkoitus todentaa painopistelaskurin todenmukaisuus sekä toimivuus ja tuottaa helikopterisektorille tarvittava tietopohja painopistelaskurin lopullista hyväksymistä ja käyttöönottoa varten.

6.4 Suunnitelma

Painopistelaskurin aikaisempi versio on ollut lentomiehistöillä koekäytössä jo pidempään tehtäväsuunnittelun apuna ja tukena. Sitä on voinut käyttää virallisten painopistelaskentataulukoiden rinnalla, jolloin on todettu myös painopistelaskurin toimivuus sekä tulosten riittävä oikeellisuus. Käyttökokemuksen lisäksi nykyisen painopistelaskurin oikeellisuuden todentaminen

suunniteltiin toteutettavaksi useassa eri vaiheessa lähdetietojen tarkistamisesta ja korjaamisesta aina painopistelaskujen laskemiseen ja painopistetaulukoiden vertaamiseen. Seuraavissa kappaleissa on lueteltu tarkemmin todentamiseen käytetyt menetelmät.

Painopistelaskurin käyttöönotto on suunniteltu toteutettavaksi tarkistamalla ja vertailemalla helikoptereiden varusteiden sijoittelu ja painot taulukkolaskupohjaisessa laskurissa sekä positiot ja painot valmistajan virallisessa IETP 4.2 -ohjeistuksessa. Lisäksi arvioidaan keväällä 2015 käyttöönotettua, valmistajan IETP 4.2 -ohjekirjallisuuden version muutoksia ja niiden oikeellisuutta nykyisiin painopistelaskurin arvoihin.

Vuoden 2015 aikana vastaanotettavan viimeisen uuden NH90-helikopterin tietojen lisääminen sekä punnitustodistuksien arvojen saattaminen painopistelaskuriin. Kyseistä helikopteria, yksilöä TFIA021, yleisimmin NH-221 käytetään myös pääsääntöisesti vertailukohteena painopistelaskurin oikeellisuuteen, koska se on myös punnittu viimeisimmäksi.

Jokaisen jo vastaanotetun helikopterin tämänhetkinen painopistelaskurissa oleva punnittu massa ja massakeskipisteet tarkistetaan sekä varmistetaan niiden vastaavuus virallisiin yksilöllisiin punnitustodistuksiin.

Lisäksi painopistetaulukoita vertaamalla ja käsin laskemalla lasketaan painopisteet joukolle kriittisimmin helikopterin lentotilaan vaikuttaviin variaatioihin ja vertaillaan näitä pisteitä taulukkolaskentapohjaisen laskurin tuloksiin.

Lisäksi tehdään erillinen ohjeistus lentomiehistöille, että painopistelaskurin käyttö yleistyisi ja virhetekijät loppukäyttäjällä vähenisivät.

6.5 Tutkimus, päivitys ja lähdetietojen tarkastus

Painopistelaskurin käyttäjän on hyvä tiedostaa, että painopistelaskurissa käytetään vaihtelevasti termejä paino (weight) ja massa (mass), mutta yleisesti puhuttaessa painosta tarkoitetaan kuitenkin aina massaa.

Seuraavissa päivityksissä ja tarkasteluissa on käytetty tietolähteenä valmistajan IETP 4.2 -ohjekirjallisuutta sekä NH-221:n virallista punnitustodistusta.

6.5.1 Painopistelaskurin välilehdet

Ensin luotiin vanhalta Excel-painopistelaskurin pohjalta uusi tiedosto NH90 painopistelaskuri V4A kehitysversio.xls, josta päivitettiin versio V.5.A painopistelaskurin tarkastuksen jälkeen.

Painopistelaskurin päivittäminen alkaa Excel-tiedoston alasivujen pakollisilla muutoksilla, minkä jälkeen varsinainen tietojen oikeellisuuden tarkastaminen ja päivittäminen alkaa.

Version-välilehti: Päivitetty versionumeroksi V.5.A, päivämäärä sekä voimassaoleva IETP-versio, joka on tällä hetkellä IETP 4.2. Esimerkkikuva osasta Version-välilehteä löytyy alla olevasta taulukosta 7.

TAULUKKO 7. Esimerkkitaulukko osasta Version-välilehteä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Version	Issue	Shown as	Date changed	Valid IETP
1	A	V.1.A	28.8.2012	IETP 3.2
1	B	V.1.B	21.1.2013	IETP 4.0
2	A	V.2.A	13.11.2013	IETP 4.1
3	A	V.3.A	23.4.2014	IETP 4.1
4	A	V.4.A	18.9.2014	IETP 4.1
5	A	V.5.A	20.4.2015	IETP 4.2

Report-välilehti: Päivitetty Worksheet version -kohdan linkki siten, että näkyviin tulee uusi päivitysversio V.5.A, sekä Limits based on -kohdan linkki siten, että näkyviin tulee uusin IETP 4.2 versio. Muutetut tiedot näkyvät taulukosta 8, joka on vain pieni osa Report-välilehdeltä.

TAULUKKO 8. Esimerkkitaulukko osasta Report-välilehteä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Report date:	28.4.2015	Worksheet version:	V.5.A
Compiled by:		Limits based on:	IETP 4.2
Signature:			

Empty Weights -välilehti: Lisätty NH-221 Weight date, Empty weight, Moment X, Moment Y, Empty weight equipped, Moment X, sekä Moment Y virallisesta punnitustodistuksesta, joka on liitteenä 3.

Empty Weights -välilehdeltä tarkastettiin myös aikaisemmin punnittujen ja painopistelaskuriin lisättyjen helikoptereiden punnitustodistuksien punnitustiedot niiltä osin, kuin ne olivat saatavissa. Tiedot olivat oikein ja punnitustodistuksien mukaiset. Taulukossa 9 on nähtävillä osa Empty Weights -välilehdestä hieman muokattuna versiona yksinkertaistamisen vuoksi. Taulukossa on kuitenkin nähtävissä kaikki lisätyt NH-221-helikopterin tiedot sekä tietojen avulla saadut laskennalliset arvot.

TAULUKKO 9. Esimerkkitaulukko osasta Empty Weights -välilehteä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Tail number	Serial number	Configuration	Weight date	Remarks
221	1262	FOC	9.1.2015	SX-16 + Tetra
Empty weight (kg)	CG X (m)	Moment X (kgm)	CG Y (m)	Moment Y (kgm)
6190,29	7,237725858	44803,622	0,009950745	61,598
Empty weight equipped(kg)	CG X (m)	Moment X (kgm)	CG Y (m)	Moment Y (kgm)
7073,3	7,150926159	50580,646	0,016702671	118,143

Configuration-välilehti: Tarkastettu IETP-ohjeistuksen JA-B-08-30-20-07A-056A-A Air vehicle reports-Equipment lists mukaisesti, joka on liitteenä 8. Ohjeistuksesta löytyy valmistajan luetteloima lista erilaisista helikopterissa olevista varusteista, jotka voidaan poistaa tai lisätä helikopteriin tarvittaessa. Listasta löytyy varusteiden paino sekä sijoittelu helikopterin painopistekoordinaatistossa. Configuration-välilehden alta pitäisi siis löytyä samat varusteet ja arvot, mutta tarkistuksen aikana huomattiin useita eroavai-

suuksia lähdetietojen kanssa. Lisäksi painopistelaskurissa on lueteltu valmiiksi suuri joukko varusteita, joita valmistajan listassa ei ole. Configuration-välilehden todella laaja varustelista aiheutti suurimman työn arvojen oikeellisuuden tarkastamisen suhteen. Lisäksi välilehdeltä tarkistettiin päivityksen jälkeen Excel-laskentataulukon kaavat ja lisättiin lähdetiedot tarkastetuille varusteille. Alla olevassa taulukossa 10 on esitetty esimerkkinä hyvin pieni osa Configuration-välilehden alla olevista varustetaulukoista. Taulukkoa on muokattu ja pienennetty yksinkertaistamisen vuoksi.

TAULUKKO 10. Esimerkkitaulukko osasta Configuration-välilehteä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Kit	Installed (QTY)	Installed weight (kg)	Arm X (m)	Moment X (kgm)	Arm Y (m)	Moment Y (kgm)	Remark	Weight input (kg)
Classified information	1	102,43	4,026	412,38318	0,008	0,81944		102,43
Classified information	1	12,41	4,741	58,83581	-0,005	-0,06205		12,41
Classified information	0	0	9,308	0	-0,006	0		47,39
Classified information	1	61,91	9,433	583,99703	-0,005	-0,30955		61,91
Classified information	0	0	7,767	0	-1,047	0		32,88
Classified information	0	0	7,76	0	1,008	0		33,52
Classified information	1	56,83	7,865	446,96795	-0,87	-49,4421		56,83
Classified information	1	56,9	7,865	447,5185	0,87	49,503		56,9
Classified information	0	0	10,404	0	0	0	Included in EW	67,1
Classified information	0	0	11,848	0	0	0	Included in EW	19,47
Classified information	1	18,56	7,05	130,848	0,056	1,03936		18,56
Classified information	0	0	7,067	0	0,055	0		0,21
Classified information	1	36,77	5,659	208,08143	-0,125	-4,59625	Not in IOC	36,77
Classified information	0	0	4,852	0	0,014	0		0,1
Classified information	0	0	2,602	0	0,389	0	Included in EW	18,9
Classified information	0	0	4,565	0	0,449	0	Included in EW	3,5
Classified information	1	19,59	1,627	31,87293	0	0		19,59
Classified information	0	0	1,71	0	0	0		0,53
Classified information	1	24,5	1,926	47,187	-0,55	-13,475	FOC	24,5
Classified information	1	11,82	2,093	24,73926	0	0		11,82
Classified information	1	5,99	1,912	11,45288	0	0		5,99
Classified information	0	0	2,216	0	-0,563	0		8
Classified information	1	8,84	2,215	19,5806	-0,56	-4,9504	FOC	8,84
Classified information	1	9,75	10,327	100,68825	-1,004	-9,789	Not in IOC	9,75
Classified information	1	5,93	4,57	27,1001	-0,945	-5,60385		5,93
Classified information	1	5,93	4,569	27,09417	0,932	5,52676		5,93
Classified information	1	2,68	6,024	16,14432	1,152	3,08736		2,68
Classified information	1	5,2	7,032	36,5664	0,014	0,0728	2 pcs	5,2
Classified information	0	0	6,866	0	0	0	2 pcs	7,45
Classified information	1	1,33	9,35	12,4355	1,232	1,63856		1,33
Classified information	1	20,16	6,515	131,3424	-0,175	-3,528		20,16
Classified information	0	0	6,634	0	-0,17	0		0,42
Classified information	1	14,08	16,415	231,1232	1,396	19,65568		14,08
Classified information	0	0	12,338	0	0,809	0		7,94

Fuel Tables -välilehti: Tarkastettu taulukot IETP-ohjeistuksen JA-A-08-40-12-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) fuel loading tables-Function, data for plans and description mukaisesti, joka löytyy liitteestä 9. Taulukot ja lukuarvot eivät ole muuttuneet ja olivat oikein myös painopistelaskurissa. Lisäksi laskettiin laskuesimerkkinä polttoainemäärän vaikutusta massakeskiöön. Fuel system 1 ja 2 painopisteet määritetään erikseen IETP:n mukaisilla taulukoilla, joissa on 40 kg välein ilmoitettu polttoainemäärää vastaava momenttivarsi. Painopistelaskurissa syötetty polttoainemäärä haetaan Fuel Tables -välilehden taulukoista Excelin phakufunktiolla. Mikäli taulukosta ei löydy täsmälleen samaa polttoainemäärää,

antaa funktio tulokseksi taulukossa olevan seuraavaksi pienemmän polttoainemäärää vastaavan momenttivarren. Laskukaava seurasi loogisesti taulukon arvoja. Alla olevassa taulukossa 11 on esitetty esimerkkinä Fuel Tables -välilehti. Taulukkoa on pienennetty kokonaiskuvan luomiseksi ja yksinkertaistamisen vuoksi.

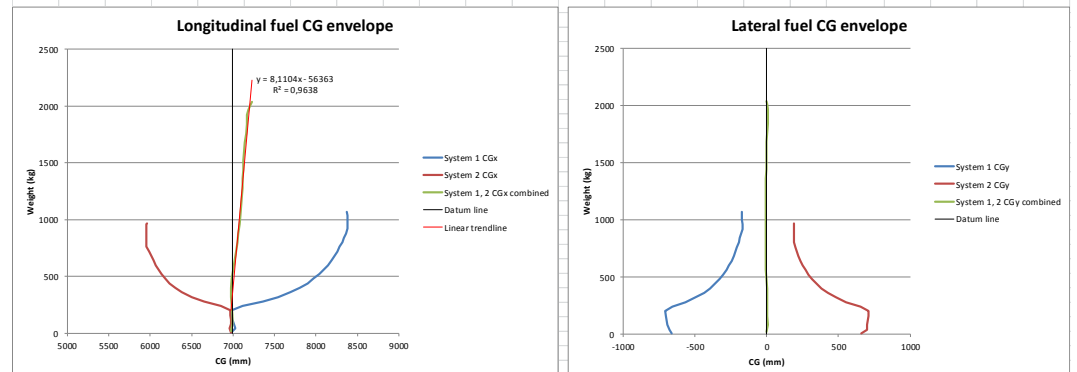
TAULUKKO 11. Esimerkkitaulukko Fuel Tables -välilehdestä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

JP-8 (F-34)		0	6995,6	0
		2500	6995,6	0

System 1		Volume		CG [mm]				
Weight (kg)		F34, F35	F40	F43, F44	X	Y	mom X	mom Y
8	10	10	10	6975	-661	55690	-5288	
40	40	52	40	7024	-678	280980	-27120	
80	80	105	80	7004	-652	563440	-52360	
120	148	157	147	6992	-639	839040	-83880	
160	197	210	195	6988	-704	1117760	-112840	
200	246	262	244	6981	-707	1396200	-141400	
240	296	315	293	7111	-659	1706640	-158160	
280	345	367	342	7360	-564	2068080	-157920	
320	394	419	391	7544	-493	2414080	-157760	
360	443	472	440	7689	-437	2768040	-157320	
400	493	524	489	7802	-393	3120800	-157200	
440	542	577	537	7898	-357	3474240	-157080	
480	591	629	586	7974	-327	3827520	-156960	
520	640	681	635	8038	-302	4179760	-157040	
560	690	734	684	8098	-280	4533760	-156800	
600	739	786	733	8144	-262	4886400	-157200	
640	788	839	782	8187	-245	5239680	-156800	
680	837	891	830	8225	-230	5593000	-156400	
720	887	944	879	8258	-217	5945760	-156240	
760	936	996	928	8288	-208	6298880	-156560	
800	985	1048	977	8315	-195	6652000	-156000	
840	1034	1101	1026	8336	-186	7005280	-156240	
880	1084	1153	1075	8351	-177	7357680	-155760	
920	1133	1206	1124	8363	-169	7712320	-155440	
960	1182	1258	1172	8380	-170	8044800	-163200	
1000	1232	1310	1221	8379	-171	8379000	-171000	
1040	1281	1363	1270	8377	-172	8712080	-178880	
1080	1331	1397	1302	8376	-173	8527750	-184416	

System 2		Volume		CG [mm]				
Weight (kg)		F34, F35	F40	F43, F44	X	Y	mom X	mom Y
8	10	10	10	6975	661	55690	5288	
40	40	52	40	7024	678	280980	27120	
80	80	105	80	7004	656	563440	52360	
120	148	157	147	6992	704	839040	84480	
160	197	210	195	6988	707	1117760	113120	
200	246	262	244	6981	711	1396200	142200	
240	296	315	293	7111	653	1644400	156720	
280	345	367	342	7360	669	1861720	155400	
320	394	419	391	7544	483	2079680	154560	
360	443	472	440	7689	428	2298000	154080	
400	493	524	489	7802	383	2520000	153200	
440	542	577	537	7898	347	2743440	152880	
480	591	629	586	7974	318	2967360	152640	
520	640	681	635	8038	293	3191240	152360	
560	690	734	684	8098	271	3415440	151760	
600	739	786	733	8144	253	3640320	151800	
640	788	839	782	8187	237	3864320	151680	
680	837	891	830	8225	222	4088640	150960	
720	887	944	879	8258	210	4312800	151200	
760	936	996	928	8288	199	4527260	151240	
800	985	1048	977	8315	189	4741600	151200	
840	1034	1101	1026	8336	188	4956000	151920	
880	1084	1153	1075	8351	188	5170760	165440	
920	1133	1206	1124	8363	189	5477980	173880	
960	1182	1258	1172	8380	190	5717760	182400	
970	1195	1271	1185	8369	191	5780230	185270	
970	1195	1271	1185	8369	191	5780230	185270	
970	1195	1271	1185	8369	191	5780230	185270	

System 1, 2		Volume		CG [mm]				
Weight (kg)		F34, F35	F40	F43, F44	X	Y	mom X	mom Y
16	111600	0	0	6975	0	0	0	0
80	559360	800	6992	10	0	0	0	0
160	1118560	640	6991	4	0	0	0	0
240	1672560	600	6981,5	2,5	0	0	0	0
320	2232800	480	6977,5	1,5	0	0	0	0
400	2789800	800	6974,5	2	0	0	0	0
480	3350800	-1440	6981	-3	0	0	0	0
560	3922520	-2520	7004,5	-4,5	0	0	0	0
640	4493760	-3200	7021,5	-5	0	0	0	0
720	5066640	-3240	7037	-4,5	0	0	0	0
800	5640800	-4000	7051	-5	0	0	0	0
880	6217640	-4400	7065,5	-5	0	0	0	0
960	6794880	-4320	7078	-4,5	0	0	0	0
1040	7371000	-4680	7087,5	-4,5	0	0	0	0
1120	7949200	-5040	7097,5	-4,5	0	0	0	0
1200	8526600	-5400	7105,5	-4,5	0	0	0	0
1280	9104000	-5120	7112,5	-4	0	0	0	0
1360	9679800	-5440	7117,5	-4	0	0	0	0
1440	10258560	-5040	7124	-3,5	0	0	0	0
1520	10821640	-5320	7119,5	-3,5	0	0	0	0
1600	11413600	-4800	7133,5	-3	0	0	0	0
1680	12001920	1680	7144	1	0	0	0	0
1760	12595440	3680	7156,5	5,5	0	0	0	0
1840	13190400	38400	7168,5	10	0	0	0	0
1920	13762560	39200	7168	10	0	0	0	0
1970	14159230	34270	7187,426	7,243655	0	0	0	0
2010	14492310	6390	7210,104	3,179104	0	0	0	0
2036	14707980	852	7223,959	0,418468	0	0	0	0



Fluid Tables -välilehti: Välilehden alla on kaksi nestemääräistä kertovaa taulukkoa, joita ei varsinaisesti käytetä mihinkään. Taulukoista saattaa kuitenkin olla seurannallisesti hyötyä joissakin harvoissa tilanteissa, vaikka taulukoiden arvot eroavat tietyiltä osin toisistaan. Toinen taulukko vastasi nykyisen IETP 4.2:n arvoja.

CG limit tables -välilehti: Tarkastettu IETP-ohjeistuksen JA-A-15-11-20-00A-043A-A Center of Gravity (CG) limitation-Description (for aircrew) mu-

kaisesti, joka löytyy liitteestä 10. Taulukot ja lukuarvot eivät ole muuttuneet ja olivat oikein myös painopistelaskurissa.

Painopistelaskurista löytyy lisäksi muutamia välilehtiä, joihin ei löydy lähdemateriaalia. Nämä välilehdet ovat kuitenkin tarpeellisia painopistelaskurissa, ja ne tarkastettiin omalta osaltaan. Guide-välilehden tarkoitus on antaa oleellisia ohjeita ja pikaopastus painopistelaskurin käyttämiseen. Equipment mass and balance -välilehteä käytetään ainoastaan painopistelaskurin testaamiseen. Tällä välilehdellä tutkittiin painopistelaskurin toimivuutta kopioimalla väliaikaisesti muiden välilehtien testattavien solujen laskutoimituksia tälle välilehdelle. Manual calculator -välilehdeltä löytyy raakaversio nykyisestä painopistelaskurista. Sitä voidaan käyttää edelleen esimerkiksi laskurin tuloksien vertailuun, jos nykyinen laskuri näyttäisi epäluotettavia arvoja. TODO-välilehdeltä löytyy mahdollisia painopistelaskurin päivitystarpeita sisältävä muistilista, ja punnitus-välilehdeltä löytyy punnituksen aikaisen varustuksen muistilista.

6.5.2 IETP 4.2 tarkastetut datamoduulit

Valmistajan virallisen ja uusimman ohjekirjallisuuden painopistelaskuriin liittyvät datamoduulit tarkastettiin kokonaisuudessaan ja verrattiin datamoduulien tietoja painopistelaskurin tietoihin. Tarkastetut moduulit sisälsivät myös helikoptereiden eri konfiguraatioversioiden datamoduulit. Painopistelaskurin arvojen eroavaisuudet muutettiin pääsääntöisesti datamoduulien arvoihin, mutta myös datamoduuleista löytyi virheitä. Huomatuista virheistä tehtiin sähköiset IPRF-muutosesitykset valmistajalle, ja painopistelaskurin tietoja ei luonnollisestikaan muutettu virheelliseksi. Tarkastetut FOC-version datamoduulit on lueteltu seuraavaksi helpottamaan lukijaa oikean datamoduulin löytymiseen sitä tarvittaessa.

- JA-A-08-00-14-00A-000A-A Loading data (chart E)-Function, data for plans and description (liite 11)
- JA-A-08-31-00-00A-040A-A Weighing, normal condition-Description of how it is made and its function (liite 12)

- JA-A-08-40-10-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) definitions-Function, data for plans and description (liite 13)
- JA-A-08-40-11-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) internal seating/stretchers diagrams-Function, data for plans and description (liite 14)
- JA-A-08-40-12-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) fuel loading tables-Function, data for plans and description (liite 9)
- JA-A-08-40-13-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) calculations-Function, data for plans and description (liite 15)
- JA-A-08-40-30-00A-000A-A Weight and Center of Gravity (CG) vector diagrams-Function, data for plans and description (liite 7)
- JA-A-15-11-10-00A-043A-A Mass limitation-Description (for aircrew) (liite 16)
- JA-A-15-11-20-00A-043A-A Center of Gravity (CG) limitation-Description (for aircrew) (liite 10)
- JA-A-15-11-30-00A-043A-A Cargo and stores limitation-Description (for aircrew) (liite 17)
- JA-B-08-30-20-07A-030A-A Air vehicle reports-Technical data (liite 18)
- JA-B-08-30-20-07A-056A-A Air vehicle reports-Equipment lists (liite 8)

6.5.3 Muutokset ja löydetyt virheet

Seuraavasta tekstistä löytyvät kaikki virheelliset tiedot, joita vanhasta painopistelaskurista ja nykyisestä IETP 4.2 -ohjekirjallisuudesta löytyi tarkastelun ja vertailun aikana. Tarkastelussa havaittiin myös IETP 4.2 -ohjekirjallisuudessa virheitä sekä puutteellisia ja poistettuja tietoja, jotka

aikaisemmissa versioissa ovat vielä näkyvissä. Näissä tapauksissa painopistelaskuriin jätettiin vanhat arvot ja tarkastettiin edellisestä tietolähteestä saadut arvot yhteneviksi painopistelaskurin kanssa.

Painopistelaskurin listauksesta puuttui kokonaisuudessaan Flyable mooring rings. Sen kaikki arvot lisättiin mission equipment -listaukseen.

Ramp ja Hatch positiot korjattiin ohjeen TN N523G5531E01 Issue B:n mukaisiksi, mikä löytyy liitteestä 19.

Lattiasuojalevyn yksittäisten levyjen massat ja positiot korjattiin ohjeen LMO/139/NH:n mukaisiksi, mikä löytyy liitteestä 20.

Ballistisen suojan massat ja positiot korjattiin ohjeen NH5-25-02E1:n mukaisiksi, mikä löytyy liitteestä 21.

IETP 4.2 -ohjekirjallisuudesta löydettiin virheellistä tietoa. Korjausehdotus IPRF 2015-04-27 tehtiin ohjeeseen JA-B-08-30-20-07A-056A-A, joka löytyy liitteestä 8. Ohjeessa lukee, että omasuojaheitteitä on 16 kappaletta makasiinia kohti, joita helikopterissa on neljä kappaletta. Todellisuudessa heitteitä on 32 kappaletta yhdessä makasiinissa. Ohjeessa annettu massa 24,64 kg täsmäisi 128 heitteen massaun, joka on tuotteesta riippuen noin 0,2 kg heite. Päätelyn ja ohjeen perusteella painopistelaskurissa käytettiin siis massaa 24,64 kg, joka on riittävän lähellä todellisuudessa käytettävien heitteiden painojen kanssa.

Huomioitiin uusien laitteiden lisääntyminen tiettyihin helikopteriyksilöihin. Kiinteällä antennilla varustettu Satcom asennus lisättiin NH-218:n tietoihin. Valinta päivittyi painopistelaskurissa automaattisesti koneyksilön valinnan yhteydessä.

Loadmaster seat position tiedot otettiin NH-221 Official weighing reportista, joka on liitteenä 3. Arm X muutettiin luvuksi 8,04, sekä Arm Y muutettiin luvuksi 0,785.

Troop seat 90 deg turned RH- sekä Troop seat bar for 90 deg turned RH -tiedot lisättiin NH-221 Official weighing raportista (liite 3). Tiedot ovat 0,59

kg, Arm X 8,04, Arm Y 0,785. Lisäksi kyseinen osa laitettiin asentumaan Excelissä automaattisesti Loadmaster seatin mukana, jos kohde valitaan kuormaustaulukosta Payload Input -välilehdeltä. Troop seat barin position todettiin olevan sama kuin kuormamestarin penkillä, mikä ei oikeasti voi pitää paikkaansa. Vaikutus painopisteeseen on kuitenkin minimaalinen ja hyvin lähellä oikeaa positiota.

Troop seat 90 deg turned LH- sekä Troop seat bar for 90 deg turned LH -tiedot lisättiin vastaamaan RH positioiden mukaisia paikkoja Arm Y:n ollessa kuitenkin miinus merkkinen lukuarvo. Arvot ovat 0,59 kg, Arm X 8,04, Arm Y -0,785. Lisäksi kyseinen osa laitettiin asentumaan Excelissä automaattisesti Rescue swimmer seatin mukana, jos kohde valitaan Payload Input -välilehdeltä. Troop seat barin positio on myös tässä tapauksessa väärä arvon ollessa sama kuin Rescue swimmerin penkillä. Vaikutus painopisteeseen on kuitenkin minimaalinen ja hyvin lähellä oikeaa positiota.

Cargo rolling device totalin paino on uudelleen laskettu osien perusteella yhteen siten, että säilytyslaukut eivät sisälly lastattavaan massaan. Laskettu paino ja lisätyt arvot ovat 84,12 kg, Arm X 8,123, Arm Y 0. Tällä hetkellä Cargo rolling devicen käyttö on vielä vähäistä ja yksittäisiä osia ei asenneta erikseen helikopteriin, joten painopistelaskurin ja käyttäjän kannalta on helpompi käyttää yhtä kokonaisuutta massan laskentaan.

IETP 4.2:n mukaan Aircraft Data Recorderin (ADR) Arm Y on 1,004, vaikka laite sijaitsee todellisuudessa helikopterin rungon vasemmalla puolella. Painopistelaskurissa käytetään siten arvoa -1,004. Valmistajan viralliseen ohjeistukseen on tehty korjausehdotus IPRF JA-SL215-2015-0021. Sama virhe oli myös NH-221-punnitustodistuksessa. Laitteen paino on 9,75 kg ja positio vastakkaisella laidalla helikopteria, joten virhe aiheuttaisi pienen eron poikittaispainopisteeseen.

Listattujen työkalujen painot tarkastettiin luonnostasolla olevasta MA/177/NH/02-90 (liite 22) mukaisista rooli- ja perusvarusteluetteloista, jotka löytyvät liitteistä 23 ja 24.

Tetra Tranceiverin ja Tadiran Tranceiverin painojen lähdetiedon oikeellisuutta ei pystytty tarkastamaan. Laitteiden arvot olivat ennestään painopistelaskurissa, mutta arvoja ei tähän tarkasteluun löytynyt. Laitteiden massa on kuitenkin mukana jo punnituksessa, joten laskurissa niiden massa on merkityksellinen vain siinä tapauksessa, että laitetta ei ole asennettu. Käytännössä tällaista tilannetta tuskin normitoiminnassa tulee vastaan.

Stretchers support for 3 stretchers rear RH -lähdetietoja ei enää löydy valmistajan IETP 4.2 -ohjekirjallisuudesta. Kokonaisuus on kuitenkin harvoin käytössä eikä ole oleellinen painopistelaskurin kannalta. Painopistelaskuriin jätettiin vanhat arvot edellisestä ohjekirjallisuudesta.

Rescue hoist extendedin asentoa ei löydy IETP 4.2 -ohjekirjallisuudesta. Rescue hoist extended -arvot tarkastettiin TN S084A0527E01 Issue C:stä, mikä löytyy liitteestä 25. Rescue hoist mid position -arvot on laskettu painopistelaskurissa yksinkertaistetusti retracted ja extended position keskiarvona, mikä on tarpeeksi lähellä loppukäyttäjän tehtäväsuunnittelussa tarvitsemaa arvoa.

IETP 4.2 ei enää erittele M134 Dillon konekiväärin positiota erikseen stowed- ja extended-asentojen välillä. Painopisteessä on kuitenkin pieni eroavaisuus eri asentojen välillä, joten painopistelaskurin käyttämät vanhat tiedot tarkistettiin edellisestä lähteestä TN S084A0527E01 Issue C, joka löytyy liitteestä 25. Kyseisessä lähdetiedostossa tiedot on eritelty, joten painopistelaskuriin jäi tarkemmat arvot, kuin nykyinen ohjeistus määrittää.

Palonsammutuspullojen valintamahdollisuus ja tiedot on poistettu varustelistasta epäselvän position vuoksi. Sammutuspullot sisältyvät punnittuun tyhjäpainoon valmiiksi, joten painopistelaskurin kannalta niillä ei ole merkitystä. Lisäksi ilman palonsammutuspulloja ei lennetä missään tilanteessa.

Joissakin painopistelaskurin arvoissa oli vain pieniä yksittäisiä muutoksia vaativia toimenpiteitä. Näitä muutoksia aiheuttaneita virheitä on lueteltu seuraavaksi.

3rd crew seat, Arm Y korjattu luvuksi -0,005.

Mission DID, Arm Y korjattu luvuksi -0,148.

Cockpit/cabin separation curtain, Arm X korjattu luvuksi 4,88.

IPS HSDK Arm X korjattu arvoon 1,396.

Cabin compressor Arm Y korjattu arvoon 0,294.

6.5.4 Painopistelaskurin toimivuus

Painopistelaskurin toimivuuden tarkastus tehtiin NH-221 viralliseen punnitustodistukseen verraten, joka löytyy liitteestä 3.

On tärkeää huomioida, että nykyinen helikoptereiden punnitseminen toteutetaan valmistajan määrittämällä varustuksella, mikä ei vastaa täysin käyttäjän vaatimuksia. Näin ollen punnituksen aikaiset varustelistat tarkastettiin ja todettiin erinäisten varusteiden olevan poikkeavat painopistelaskurin arvoista. Jotta painopistelaskurin tulos saataisiin vastaamaan punnitustodistusta, tehtiin seuraavat väliaikaiset muutokset testattavaan taulukkoon.

– Toolbags chocks and covers -pikavalinta poistettiin Payload Input -välilehdeltä, mikä poistaa taulukosta erilaisten lentotehtävälle mukaan otettavien laukkujen, pyöräpukkien ja suojiin painon.

– Polttoainemääräksi valittiin 0 kg Payload Input -välilehdeltä.

– Configuration-välilehdellä laitteiden valinta täytyi muuttaa punnitustodistuksen mukaiseksi.

– Matkustamon penkkien massa muutettiin arvoon 8,24 kg, koska punnituksessa penkeissä ei ole pelastusliivejä eikä kuulonsuojaimia mukana.

– Penkkinumeroiden 4 ja 6 massaksi vaihdettiin 10,5 kg ilman pelastusliivejä sekä kuulonsuojaimia. Penkit on varustettu AVD-laitteistolla eli tärinänvaimentimilla, joten ne ovat hieman tavallista matkustamon penkkiä painavammat.

– Punnitustodistuksen varustelistasta lisättiin MLG mooring eye 0,6 kg, Arm X 10,545 m, Arm Y 1,03 m painopistelaskurin varusteisiin. Punnitustodistuksen mukainen positio kyseiselle varusteelle on sama kuin helikopterin takahylly, joten punnitustodistuksessa varusteen paikka on hyvin todennäköisesti väärä. Oletettavasti MLG mooring eye on ollut kiinni päälaskutelineissä punnituksen aikana, koska kyseessä on päälaskutelineeseen kiinnittyvä helikopterin sidontaan käytettävä sidontakappale. Näin ollen NH-221 punnitustodistuksessa tai sidontakappaleen punnituksen aikaisessa paikassa on virhe.

– Lentotietojen tallennuslaitteen, eli ADR:n positio CGy muutettiin takaisin arvoon 1,004 m. Dokumenteissa oli virhe position suhteen, mikä on mainittu jo aikaisemmassa muutokset ja löydetyt virheet -kappaleessa. Oikeasti laite sijaitsee helikopterin rungon vasemmalla puolella positiossa CGy -1,004 m.

Varustelistojen tarkastuksella ja yllä mainituilla korjauksilla painopistelaskurin painopistetiedot vastasivat lopulta punnitustodistusta täydellisesti, jossa arvot olivat EWE 7073,30 kg, X(m) 7,1509, Y(m) 0,0167. Tästä voidaan päätellä painopistelaskurin varustelistojen arvojen olevan tällä hetkellä täysin vastaavat valmistajan punnituksen ja IETP 4.2 -ohjeistuksen arvojen kanssa. Näin ollen painopistelaskuri toimii ja antaa oikean lopputuloksen painopistettä laskettaessa. Se on jopa tarkempi tietyissä asioissa valmistajan ohjeistuksesta löydettyjen tämänhetkisten virheiden vuoksi.

6.5.5 Painopistelaskurin vertailu muihin painopistetyökaluihin

Painopistelaskurin todettiin antavan oikeat arvot tarkistettaessa sen toimivuutta punnitustodistukseen nähden. Seuraavaksi suoritettiin painopistelaskurin vertailu helikopterin oman järjestelmän antamiin arvoihin, sekä laskettuihin painopistetaulukon arvoihin. Tämä tehtiin käyttämällä painopistelaskurin eri kuormausalueita, jotka ovat yhtenevät helikopterin oman järjestelmän ja painopistetaulukoiden kanssa. Näin ollen kaikki painopistelaskurin täytettävät solut tulee koekäytettyä ja todennettua niiden toimivuus.

Vertailu tehtiin FOC-version helikopterilla NH-220 ja sen oman järjestelmän painonhallintatiedostolla. Ensin helikopterin oma KIT & CONF -tiedosto tarkistettiin ja painopistelaskuri muutettiin sen mukaiseksi. Lisäksi polttoaineen määrä muutettiin helikopterin oman järjestelmän mukaiseksi, jonka jälkeen eri kuormausalueille alettiin syöttää painoa. Taulukossa 12 on esitetty tarkoituksellisesti etupainoiseksi muutetun helikopterin vertailu ja tulokset. Taulukon kohdissa 1–7 on lisätty seuraavan kuormausalueen massa aina edellisen kuormausalueen massan päälle.

TAULUKKO 12. Etupainoisen helikopterin DKU:n, painopistelaskurin ja painopistetaulukon tuloksien vertailu (Puolustusvoimat, Painopistelaskurin vertailu)

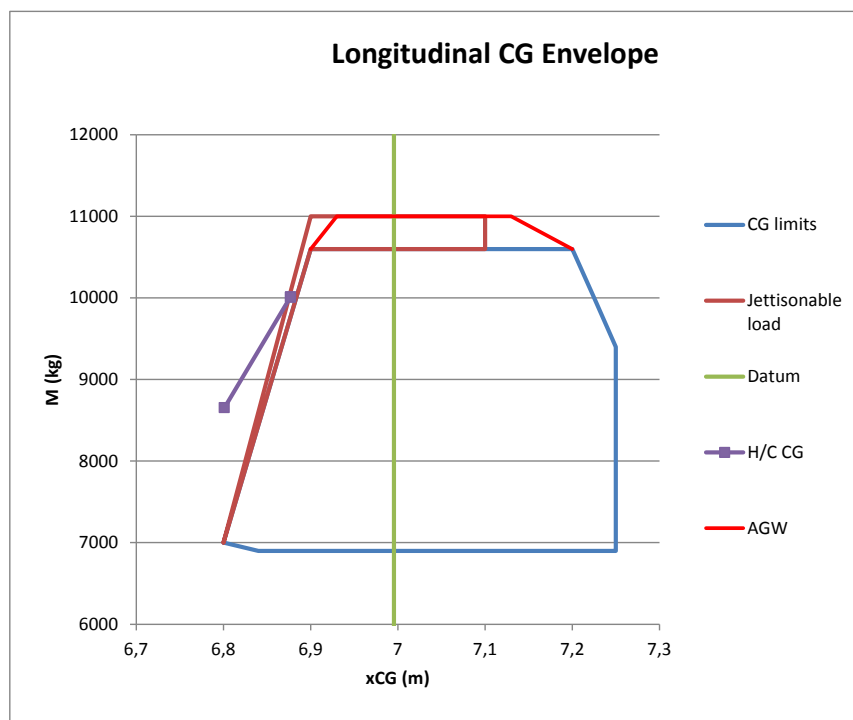
Syötettävät arvot			DKU		Painopistelaskuri		Painopistetaulukko	
nro	Massa	Zone	GW	CG	GW	CG	GW	CG
1.	200,00	cockpit	8506,00	7,12	8510,00	7,11	8510,00	arvio 7,10
2.	200,00	cockpit	8711,00	7,04	8710,00	7,04	8710,00	arvio 7,04
3.	300,00	A	9012,00	6,98	9010,00	6,97	9010,00	ei mahd.
4.	300,00	B	9308,00	6,93	9310,00	6,93	9310,00	ei mahd.
5.	300,00	C	9611,00	6,91	9610,00	6,90	9610,00	ei mahd.
6.	300,00	D	9912,00	6,90	9910,00	6,89	9910,00	ei mahd.
7.	101,00	HSC	10012,00	6,88	10012,00	6,88	10012,00	ei mahd.
Yht.	1701,00							

Taulukosta on luettavissa helikopterin display and keyboard unitin (DKU), painopistelaskurin ja painopistetaulukon antamat tulokset seitsemältä eri lähtökohdalta. Tuloksista voidaan nähdä, että painopistelaskurin CG -arvot seuraavat helikopterin oman DKU:n tuloksia lähes täydellisesti. Tulosten pienet erot johtuvat helikopterin oman sähköisen järjestelmän arvojen pyöristyksestä sekä polttoainejärjestelmän epätarkkuudesta ja muutoksista. Polttoaineen määrä vaihtelee +/-10 kg syöttösäiliöissä tapahtuvien muutoksien vuoksi ja se vaikuttaa painoon sekä painopisteeseen. Näin ollen painopistelaskurin antama tulos on jopa tarkempi kuin helikopterin oman järjestelmän antama tulos.

Vertailtaessa painopistelaskurin tulosta tällä hetkellä käytössä oleviin valmistajan painopistetaulukoihin, todettiin painopistelaskurin antavan huomattavasti tarkemman ja paremman tuloksen painopistetaulukoihin verrat-

tuna. Taulukosta 12 on nähtävissä, että kohtien 3–7 CG -arvoa ei pystytä edes laskemaan nykyisillä painopistetaulukoilla. Valmistajan painopistetaulukoiden käyttö on myös paljon epätarkempaa ja suurpiirteisempää. Tulokset arvioidaan silmämääräisesti ja lopputulokset ovat vain suuntaa antavia.

Taulukossa 12 kohdan 6 ja 7 painopistearvot ovat polttoaineen kuluessa yli painopisterajojen. Kohdan 7 tulos on nähtävissä kuviossa 6, jossa violetti jana osoittaa painopisteen lennon aikana ja kertoo polttoainemäärästä. Kuvioista on luettavissa kuinka etupainoisen helikopterin painopiste liikkuu aina kauemmaksi painopistealueelta polttoainemäärän vähentyessä. Tämä painopistelaskurin ominaisuus on erityisen hyvä, koska painopisteen mennessä yli painopisterajojen helikopterin oma järjestelmä ei osaa ottaa tätä huomioon. Painopistelaskuri näyttää graafisesti, jos pitkittäis- tai poikittaissuuntainen painopiste ylittyy. Painopistelaskuri myös varoittaa ylityksestä sanallisesti. Painopistetaulukoita käyttämällä pisteitä jouduttaisiin laskemaan useaan kertaan saman asian varmistamiseksi minkä painopistelaskurilla näkee yhdellä laskutoimituksella.



KUVIO 6. Helikopterin pitkittäissuuntainen painopiste lentotehtävällä (Puolustusvoimat, painopistelaskuri)

Etupainoisen helikopterin vertailun lisäksi vertailua tehtiin takapainoiselle ja painavalle helikopterille käyttäen kaikkia painopistelaskurin kuormaus-alueita. Vertailua tehtiin myös helikopterin oman sähköisen järjestelmän equipment configuration -listauksen ja painopistelaskurin mukaisille laitteille. Kaikkien vertailuiden tulokset ovat löydettävissä liitteestä 26. Lisäksi liitteistä 27, 28, 29 ja 30 löytyvät jokaisen vertailun yksilölliset painopistelaskurit. Kyseisten liitteiden painopistelaskurit ovat tallennettuna vertaillun NH-220-helikopterin senhetkisillä asetuksilla.

6.5.6 Painopistelaskurin kehitysehdotukset

Painopistelaskuri on jo todettu toimivaksi työkaluksi tehtävänsuunnittelun apuna. Tehtävänsuunnittelun uusien vaatimusten ja helikopterin varusteiden myötä painopistelaskurin tiettyjä osia joudutaan kuitenkin päivittämään tasaisin väliajoin. Tällä hetkellä painopistelaskuri on vielä yksinkertainen käyttää, mutta uusien käyttäjän antamien toiveiden ja kehitysideoiden myötä on vaarana, että painopistelaskurista tulee liian laaja kokonaisuus, jota on hankala hallita. Siksi on syytä miettiä tarkasti, mitkä kehitysideoista ovat lopulta toteuttamiskelpoisia. Seuraavissa kappaleissa on lueteltu tämän opinnäytteen aikana tulleita kehitysideoita ja muutostarpeita.

Report-välilehden Worksheet version -kohdan linkki olisi hyvä muuttaa päivittymään siten, että uusin versio näkyy aina automaattisesti käyttäjälle. Myös Limits based on -kohdalle olisi hyvä tehdä sama toimenpide. Korjataan kohtien linkitys siten, että solu hakee automaattisesti Version-välilehdeltä tiedot aina uusimmasta versiosta.

Painopistelaskurin Hoist keskiasento on laskettu extended ja retracted position keskiarvona. Keskiasennon voisi laskea tarkemmin ja oikeammin, mutta tälle muutokselle tuskin on oikeasti tarvetta. Vinssin käyttäjä ei kuitenkaan voi koskaan asettaa vinssiä tarkasti keskiasentoon sitä käytettäessä.

Payload Input -välilehdellä valittaessa esimerkiksi kuormamestarin istuin asennetuksi, on mahdollista valita myös istuin numero 10 aktiiviseksi. Käy-

tännössä tämä ei kuitenkaan ole mahdollista oikeassa helikopterissa. Painopistelaskuriin voisi lisätä automaattisen eston, joka estää istuimen numero 10 asennuksen kuormamestarin penkin ollessa aktiivinen. Sama ongelma koskee useita laitekokonaisuuksia, mikä aiheuttaa hankaluuksia Excel-tiedoston muuttamiseen. Etenkin oviase ja ballistisen suojan eri osat ja niiden yhdistelmät vaikuttavat matkustamon penkkien paikkoihin huomattavasti. Esimerkiksi AVD-penkkejä ei voi asentaa millekään paikalle ballistisen suojan kanssa. Myöskään penkkejä numero 7, 8, 15 ja 16 ei voi asentaa ballistisen suojan kanssa, ellei irrota tiettyjä osia ballistisesta suojasta. Vasemman oviaseen kanssa toimittaessa penkit 3 ja 5 on irrotettava. Oikean oviaseen kanssa toimittaessa penkit 10, 12 ja kuormamestarin penkki eivät voi olla käytössä samanaikaisesti, joten ne on myös irrotettava.

Edellisen kappaleen ongelman ratkaisemiseksi löytyy myös toinen ja ehkä helpompi tapa hallita varustekokonaisuuksien oikeellisuutta. Tiettyjen Payload Input -välilehden Configuration quick selection -listan valintaikkunoiden yhteyteen voitaisiin lisätä huomautuskenttä. Huomautuskenttään ilmestyisi kehoitus poistaa esimerkiksi penkit 3 ja 5, jos vasen oviase on asennettuna. Tämä ratkaisumalli olisi mahdollisesti parempi, ettei painopistelaskuri turhaan estäisi penkkien asentamista tietyissä varustekokonaisuuksissa. Esimerkiksi paarien käytön yhteydessä penkit voidaan tilanteesta riippuen joko jättää varustukseen tai poistaa varustuksesta. Painopistelaskurin ja helikopterin varustekokonaisuuksien hallinta on todella laaja kokonaisuus ja hankala seurata jos käyttäjä ei ole täysin selvillä mitkä varustekokonaisuudet ovat yhteensopivia. Siksi painopistelaskuriin ei kannata tehdä liian tiukkoja rajoituksia varustuksen suhteen. Samaan asiaan liittyen huomautuskenttään voisi lisätä myös tiedon helikopterin oman järjestelmän KIT & CONF -tiedoston muutostarpeesta, jos tietty muutoksen aiheuttava varuste on valittuna tai poistettuna.

Painopistelaskurin Payload Input -välilehden Configuration quick selection -lista voitaisiin muuttaa helikopterin oman järjestelmän KIT & CONF -tiedostoa vastaavaksi. Lista voisi periaatteessa olla identtinen, riippuen kuitenkin siitä, määritetäänkö tulevaisuudessa tiettyjen laitteiden massan-

laskenta manuaalista laskentaa vai koneen omaa järjestelmää käyttäen. Lentotehtävillä usein käytetyille laitteille voitaisiin myös tehdä täysin oma Configuration quick selection -listaa muistuttava lista ja jättää vähemmän käytetyt helikopterin oman järjestelmän massanlaskennassa mukana olevat laitteet Configuration quick selection -listalle. Olisi kuitenkin tärkeää, että painopistelaskuri ja helikopterin massanlaskentaan vaikuttavat KIT & CONF -tiedoston laitteet ja niiden valintamahdollisuudet vastaisivat toisiinsa.

Report-välilehdelle olisi hyvä saada kooste Configuration quick selection -listan valinnoista. Esimerkiksi penkkien lukumäärä, SX16-valonheittimen asennus ja oviaseiden asennus pitäisi saada näkyviin miehistöille tulostettavaan raporttiin. Tästä olisi hyötyä, koska usealle helikopterille eri lentotehtäviä ja lentotehtävän vaiheita suunniteltaessa koneyksilöiden varustus saattaa mennä helposti sekaisin. Samalla pystyttäisiin raportista tarkistamaan, jos tiettyjä tehtäväkohtaisia varusteita voidaan vaikkapa poistaa painon säästämiseksi.

Lisäksi Report-välilehdelle olisi hyvä lisätä lentotehtävän nimi sekä kooste Payload Input -välilehden load summary -listaan käsin syötetyistä huomautuksista. Omat muistutukset tehtävään liittyvästä varustuksesta sekä lentotehtävän nimi helpottavat käyttäjää tehtäväkokonaisuuden hahmottamisessa. Report-välilehteä voisi muokata myös enemmän käyttäjystävällisemmäksi korostamalla niitä asioita, jotka syötetään helikopterin omaan sähköiseen järjestelmään.

Helikopterin uusien varusteiden lisääminen sitä mukaa painopistelaskuriin, kun ne otetaan käyttöön. Esimerkiksi matkustamon penkkiin asennettava aseteline voitaisiin lisätä jo laskuriin. Lisätään Payload Input -välilehdellä aseteline yhdeksi valintamahdollisuudeksi seat/no seat -valintaikkunoihin. Aseiden painot kannattaisi kuitenkin sijoittaa penkin painoon aina erikseen, koska lentotehtävästä riippuen aseita saattaa olla mukana eri määrä.

Configuration-välilehdellä Mission equipment -listalla oleva ballistinen suoja on tällä hetkellä jaettu suurempiin kokonaisuuksiin. Tehtäväsuunnittelun kannalta tähän täytyy lisätä enemmän vaihtoehtoja. Esimerkiksi ohjaamo ja matkustamon lattia, pelkkä matkustamon lattia, sekä matkustamon lattia ja seinät voisivat olla tarpeellisia vaihtoehtoja. Lisäksi ballistisen suojan kaikki osat olisi hyvä lisätä painopistelaskuriin. Osat pitäisi eritellä ja määrittää yleisimmät käytetyt yhdistelmät, jotta tiettyjen tehtäväkohtaisten osien painot voidaan tarkistaa suoraan painopistelaskurista. Tämän osion tekemistä kannattaa kuitenkin odottaa sen verran, että ballistisen suojan kaikki tulevat osat, niiden painot ja positiot saadaan selville.

Configuration-välilehdellä Mission equipment -listalla olevat paarivarustukset olisi hyvä muuttaa pelkkään parikehikon ja parien mukaisiin painoihin. Tällä hetkellä painopistelaskuri käyttää MEDEVAC-laitteiston mukaisia varustekokonaisuuksia ja painoja. Nämä varustukset ovat harvoin kokonaisuudessaan kiinni helikopterissa ja muuttuvat eri tehtävien mukaan. Lisäksi käytetyt painot eivät täysin vastaa todellisuutta ohjekirjallisuuden ja oikeiden massojen eroavaisuuksien vuoksi. Myös positiot ovat ainakin osittain puutteelliset muun muassa valmisteluohjeessa.

Edelliseen kappaleeseen liittyen painopistelaskurissa olisi parempi laskea vain helikopteriin kuuluvat kiinteät kokonaisuudet ja lisätä tähän painoon varusteiden painot käsin syöttämällä. Esimerkiksi parit ja parikehikko normaalipainoisena, johon lisätään lääke ja hoitovarustuksen paino erillisen varustelistan ja kokonaisuuden mukaisesti.

Lentotehtävän suunnitteluun liittyen painopistelaskuriin voitaisiin lisätä ohjeistuksen JA-A-15-11-10-00A-043A-A mukainen maksimi lentoonlähtömassan määrittäminen. Ohjeistus löytyy liitteestä 16. Ohjeistuksen avulla pystytään toteamaan suuntaa-antavasti helikopterin suorituskyky helikopterin kannalta kriittisimmissä lentotiloissa, kun tiedetään lentoonlähtöhetken vallitsevat olosuhteet. Nykyään maksimi lentoonlähtömassa määritetään paperisia taulukoita käyttäen tai arvioimalla, mutta painopistelaskuriin tämä voitaisiin lisätä tehtäväsuunnittelun tueksi ja helpottamiseksi. Pohjatietoina tarvitaan ulkoilman lämpötila (OAT) ja painekorkeus (PA). Jos nä-

mä tiedot olisivat saatavilla, painopistelaskuri voisi hälyttää, mikäli lentoonlähtömassa on suurempi kuin suurin sallittu massa.

Painopistelaskurissa on useita vanhasta ohjekirjallisuudesta poimittuja kuvia, kaavioita ja taulukoita, jotka eivät enää ole nykyisessä valmistajan ohjekirjallisuudessa nähtävissä ja käytettävissä. Tiedot ovat kuitenkin tarkoituksella säästetty niiden informaation takia. Painopistelaskuriin olisi syytä lisätä jokaisen kuvan, kaavion ja taulukon yhteyteen lähdetiedosto, koska osa tiedoista saattaa olla myös vanhentunutta ja painopistelaskurin käyttäjän olisi hyvä huomioida tämä laskuria tutkiessaan.

7 PARANNUSEHDOTUKSET

NH90-helikopterin tehtävänäikaisen suunnittelun ja painonhallinnan kehittämistyö on vasta alussa. Suuria muutoksia ei ole odotettavissa nopealla aikataululla, mutta parannusehdotuksia ja muutosaloitteita tehdään valmistajalle, sekä ilmavoimien logistiikkalaitoksen helikopterisektorille kasvavassa määrin. Tämän opinnäytetyön ajatustyön tuloksena on kertynyt suuri joukko erilaisia muutostarpeita ja parannusehdotuksia nykyiseen helikopteritoimintaan liittyen. Osaan ehdotuksista pyritään tämän opinnäytetyön pohjalta tekemään ja hyväksyttämään muutosaloitteet nopealla aikataululla, koska ne vaikuttavat oleellisesti helikoptereiden jokapäiväiseen käytettävyyteen. Seuraavissa kappaleissa on tuotu esille tarvittavia kehitys- ja parannusideoita.

Punnituksen aikainen perusvarustus ja perusvarusteluettelo olisi hyvä muuttaa käyttäjän tarpeiden mukaiseksi. Tällä hetkellä NH90-helikopterin punnitus on valmistajan vastuulla ja ilmoitettu perusmassa ei sisällä täydellisesti voimassaolevan perusvarusteluettelon mukaisia välineitä. Siten perusvarusteet sisältyvät vain osittain koneen järjestelmän suorittamaan massanlaskentaan, jolloin tarvittavan korjauksen määrittäminen on hankalaa. Helikopterin miehistön suorittama massalaskenta helpottuisi, mikäli perusvarustus koostuisi vain koneessa pysyvästi olevista varusteista. Tehtäväkohtaisten varusteiden massa voitaisiin aina lisätä perusmassaan, ilman vähennyslaskutoimenpiteitä. Esimerkiksi kesällä koneessa ei ole tarpeen kuljettaa talvipeitteitä, joten ei olisi tarkoituksenmukaista sisällyttää niitä myöskään perusmassaan. Esimerkki suunnitellusta perusvarusteluettelosta löytyy liitteestä 24.

Tehtävä- ja roolikohtaisten varusteiden punnitseminen ja listaaminen tehtäväkohtaisiksi luetteloiksi olisi hyvä parannus tehtävänsuunnittelun kannalta. Tehtävä- ja roolikohtaisten varusteiden luettelo olisi erillinen käyttäjän vastuulla ja kehitettävissä oleva luettelokokonaisuus, jonka ulkoasu vastaisi suunniteltua perusvarusteluetteloa, mikä on nähtävissä liitteessä 24. Luettelossa olisi valmiit varusteet, varusteiden painot ja mahdollisesti koneen sisällä käytettävät positiot, jolloin tehtävänäikainen painopisteenlas-

kenta helpottuisi lentotehtävää suunniteltaessa. Liitteessä 23 on esitetty yksi monista mahdollisista tehtäväkohtaisista roolivarusteluetteloista. Kyseinen luettelo on suunniteltu normaalissa lentopalveluksessa yleisesti käytössä olevan matkustamon 14 istumapaikkaa mukaisesti. Luetteloiden lisäksi eri varustekokonaisuuksista piirrettäisiin pohjapiirustus sekä laskettaisiin valmiiksi suuntaa antava painopistelaskelma painopistelaskurilla. Tiedostot tallennettaisiin helikopteripataljoonan tietokantaan, josta ne olisivat nopeasti käytettävissä tehtävänsuunnittelun apuna.

Nykyinen punnitus tehdään käyttäjän kannalta väärällä roolivarustuksella. Tähän on vaikea vaikuttaa valmistajan (NHI) vaatimusten vuoksi. Valmistaja vaatii esimerkiksi matkustamon penkkien olevan aina punnituksessa kiinni, vaikka niitä ei tarvitse jokaisella lentotehtävällä. Tällä hetkellä lentomiehistö joutuu vähentämään penkkien painon helikopterin kokonaisuudesta, jos penkkejä ei tarvitse ottaa lennolle mukaan. Lisäksi helikopterin oman järjestelmän asetuksia joudutaan muuttamaan näissä tapauksissa. Helpoin tapa vaikuttaa asiaan olisi punnita helikopteri kahteen kertaan. Punnitustapahtumaa olisi suotavaa muuttaa siten, että ensin helikopteri punnitaan valmistajan vaatimassa laskennallisessa varustuksessa, ja tämän jälkeen käyttäjän määrittämässä varustuksessa, jolloin helikopterin todellinen perusmassa (EWE) selviäisi. Käyttäjän määrittämä roolivarustus olisi muuten täydellinen FOC-varustus ilman tiettyjä roolivarusteita, joita ovat esimerkiksi matkustamon penkit ja parit.

Edellisen kohdan listauksen perusteella helikopterin oman sähköisen järjestelmän KIT & CONF -tiedoston oletusarvot on muutettava punnituksen mukaiseksi. Esimerkiksi penkit PRES tai ABS.

KIT & CONF -tiedoston muuttaminen käyttäjän, eli helikopteripataljoonan haluamaan konfiguraatiomalliin olisi toivottava parannus helikopterin omaan järjestelmään. Valmistajan luoma konfiguraatiopohja ei vastaa helikopteripataljoonan tehtävänäikaisten kokonaisuuksien tarpeita ja on täysin väärä joiltakin osin. Muutokset vaatisivat valmistajan tuottaman ohjelmistopäivityksen.

Lentotehtävän aikaisen painonhallinnan kehittämisen kannalta helikopterin ohjaamon etupaneelissa olevan sarjanumerokilven massan ja painopisteiden muuttaminen tyhjäpainosta (EW) perusmassaksi (EWE) ja perusmassalla suoritetun punnituksen painopisteiksi olisi suotavaa. Miehistön ja tehtäväsuunnittelun kannalta EW -painoa ei tarvitse tietää, mutta EWE -paino ja painopiste tarvitaan kokonaispainon ja painopisteen määrittämistä varten. Miehistöllä ei ole keinoja laskea helikopterin lentoonlähtömassaa ainoastaan tyhjäpainoon perustuen, mutta punnitun perusmassan avulla helikopterin sen hetkinen massa olisi mahdollista määrittää tarvittaessa ennen lentoonlähtöä käsin laskemalla.

Valmistajan virallisessa uusimmassa IETP 4.2 -ohjekirjallisuudessa havaittiin virheitä ohjekirjallisuuden tarkastuksen aikana. Kaikista havaituista virheistä olisi syytä tehdä korjauspyynnöt IPRF:n kautta valmistajalle. Ohjekirjallisuus on edelleen osittain epäluotettava useiden havaittujen virheiden ja puutteiden vuoksi. Tämän opinnäytetyön aikana tehtiin kaksi kappaletta korjauspyyntöjä painopistelaskurin tarkastuksen aikana havaittujen ohjekirjallisuuden arvojen eroavaisuuksien vuoksi.

Tehtäväkohtaista painonhallintaa voisi kehittää hankkimalla jokaisen helikopterin varustukseen puntarin, jolla kuormattava joukko ja tavara voitaisiin punnita lentotehtävien suuntautuessa kotitukikohdan ulkopuolelle. Esimerkiksi kuljetuslentolaivueessa on tapana punnita kaikki lentokoneeseen tuleva kuorma erillisellä lentokoneen mukana kulkevalla puntarilla. Tällä parannuksella miehistö tietäisi aina tarvittaessa helikopterin reaaliaikaisen massan.

Helikopterin varustukseen olisi hyvä hankkia tehtäväkohtaista painonhallintaa ja lentotehtävän suunnittelua helpottamaan erillinen tietokone. Tietokoneella pystyttäisiin hallitsemaan painopistelaskuria, jolloin tehtäväkohtainen painonhallinta olisi aina ajan tasalla erilaisten kuormaustilanteiden varalta. Lisäksi tietokoneelle sopisi koko helikopterin ohjekirjallisuus sekä muuta tärkeää lentämiseen liittyvää materiaalia.

Ilmavoimien Materiaalilaitoksen virallisessa valmisteluohjeessa havaittiin tiettyjä eroavaisuuksia painonhallinnan kannalta. MEDEVAC-laitteiston positiot ovat puutteelliset laitteistokokonaisuuden muokattavuuden ja käytettävyyden vuoksi. Valmisteluohjeessa on joko turhaan tarkat positiot tietyille laitteistokokonaisuuksille, tai sitten sieltä puuttuvat tiettyjen kokonaisuuksien positiot. Lisätään huomio valmisteluohjeen muutoslistaan ja tehdään aikanaan yhteinen ohjekirjan muutosesitys (OME) kertyneistä ehdotuksista. Valmisteluohjeeseen tulee lisätä myös tehtävä- ja roolivarustelutoista aiheutuvat muutokset, jos ne hyväksytään tulevaisuudessa virallisesti käyttöön.

Painopistelaskurin hyväksymisen ja käyttöönoton jälkeen lisätään laskurin ohjeistus kuormamestarikoulutusohjelmaan sekä lisätään laskurin kouluttaminen kuormamestarikoulutuksen sisältöön.

8 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää NH90-helikopterin tehtävänäikaista painonhallintaa sekä todentaa painopistelaskurin toimivuus ja oikeellisuus. Tehtävänäikaisen painonhallinnan toimintamenetelmiin luotiin uusia ajatusmalleja ja tarpeita, joita tämän opinnäytetyön pohjalta pyritään hyväksyttämään jokapäiväiseen käyttöön. Osa ehdotuksista ja ajatuksista ovat niin laajoja kokonaisuuksia, että niiden luominen ja käyttöönotto ovat pitkän ajan prosesseja. Painopistelaskurin toiminnan tarkastaminen toteutettiin onnistuneesti, ja tämän opinnäytetyön tutkimuksen pohjalta se pyritään hyväksyttämään virallisesti käyttöön.

Tehtävänäikaisen painonhallinnan tehtäväkenttä on todella laaja ja moniulotteinen kokonaisuus, joka kehittyy jatkuvasti. Siksi tämänhetkiset ajatukset ja muutosehdotukset saattavat vanhentua nopeallakin aikataululla. Tämänhetkisillä toimintamenetelmillä luodaan kuitenkin pohja tulevaisuudelle ja niitä käytetään sekä kehitetään eteenpäin. Tulevaisuudessa kaikkien helikoptereiden ollessa FOC-konfiguraatiomallia painonhallintatyökälujen ja menetelmien suunnittelu helpottuu joiltakin osin. Silloin voidaan keskittyä vain yhteen konfiguraatiokokonaisuuteen eikä konekohtaisia merkittäviä eroavaisuuksia pitäisi enää löytyä. Kaikkiin helikopterin tehtävänäikaisen painonhallinnan ongelmiin ei kuitenkaan pystytä vaikuttamaan tiettyjen rajoitusten ja valmistajan vaatimusten vuoksi.

Opinnäytetyön aihealueen laajuudesta, aikakapeikosta ja työn rajaamisesta johtuen joitakin haluttuja asioita ei käsitelty tässä tutkimuksessa. Esimerkiksi NH90-helikopterin omaa sähköistä painopistejärjestelmää ja erillistä tehtävänsuunnitteluohjelmistoa sekä niiden vaikutusta painopistelaskeintaan ja tehtävänsuunnitteluun ei otettu huomioon muutamia mainintoja lukuun ottamatta. Nämä kokonaisuudet on kuitenkin otettava huomioon tulevaisuudessa, vaikka eivät mahtuneetkaan tämän opinnäytetyön sisältöön.

Tämän opinnäytetyön pohjalta jatketaan erillisen painopistelaskurin ohjeistuksen luomista lentomiehistöjen käyttöön sekä jätetään opinnäytetyö helikopteripataljoonaan pohjatiedoksi tulevaan suunnittelu- ja tutkimustyöhön.

LÄHTEET

FAA. 2007. Aircraft Weight and Balance Handbook, FAA-H-8083-1A.

U.S.Department of transportation FAA. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:
http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aircraft/media/faa-h-8083-1a.pdf

FAA. 2012. Helicopter Flying Handbook, FAA-H-8083-21A.

U.S.Department of transportation FAA. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:
http://www.faa.gov/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/helicopter_flying_handbook/media/helicopter_flying_handbook.pdf

HLK. 2009. Helikopterilentotoimintakäsikirja. Maavoimien esikunta. Puolustusvoimat. Ei julkinen.

IETP. 2015. Versio 4.2. NH90-helikopterin ohjekirjallisuus. Puolustusvoimat. Ei julkinen.

Ilmailumääräys. 1986. Helikoptereiden punnitus ja massantarkkailu AIR M4-5/1986. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:

http://www.trafi.fi/filebank/a/1320403273/05468a863ee74d16a769df228d8c694b/570-aim4_05.pdf

NHI (NHindustries). 2015. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:

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

Puolustusvoimat. Arkisto. Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

Puolustusvoimat. Painopistelaskuri. Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

Puolustusvoimat. Painopistelaskurin vertailu. Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

Puolustusvoimat. 2015. Utin Jääkärirykmentti. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:

www.puolustusvoimat.fi/fi/Maavoimat/Etusivu/Joukkoosastot/UtinJääkäriyksikön_komentti

Suila, K. 2008. Suomen helikopterihanke, Puolustusministeriö. [viitattu 14.4.2015]. Saatavissa:

<http://www.defmin.fi/files/1213/Helikopterihanke.pdf>

TT/625B/YL/8-10. 2005. Teknillinen tiedotus. Puolustusvoimat. Ei julkinen.

LIITTEET

Kaikki opinnäytetyössä mainitut liitteet luokitellaan salaisiksi. Liitteet löytyvät erilliseltä CD-levyltä, joka jää helikopteripataljoonan käyttöön.

- Liite 1. TFIA21 Official GQN02 H. Punnitusohje, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 2. TFIA21 Official inventory. Punnitusvarustus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 3. PV Official Weighing TFIA021 (19-12-2014) issue A at 09-01-2015. Virallinen punnitustodistus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 4. SOP300-401_Annex_N4_NH90 painopistelaskuri V4A MEDEVAC GL. Painopistelaskelma, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 5. SOP300-401_Annex_N3_FOC Roolivarustus- MEDRACK GL. Roolivarusteluettelo, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 6. NH90 painopistelaskuri V5A. Painopistelaskuri, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 7. JA-A-08-40-30-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 8. JA-B-08-30-20-07A-056A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 9. JA-A-08-40-12-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

- Liite 10. JA-A-15-11-20-00A-043A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 11. JA-A-08-00-14-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 12. JA-A-08-31-00-00A-040A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 13. JA-A-08-40-10-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 14. JA-A-08-40-11-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 15. JA-A-08-40-13-00A-000A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 16. JA-A-15-11-10-00A-043A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 17. JA-A-15-11-30-00A-043A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 18. JA-B-08-30-20-07A-030A-A. IETP, Versio 4.2, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

- Liite 19. TN N523G5531E01 Issue B. IETP, Technical Note, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 20. LMO/139/NH. Lattiasuojalevyjen käyttö NH90-helikopterissa, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 21. NH5-25-02E1. Ballistisen suojan ohjeistus. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 22. MA/177/NH/02-90. NH90-helikopterin perusvarusteluettelon päivitys, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 23. MA_esimerkki_roolivarustus. Roolivarusteluettelon esimerkki, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 24. MA_NH90_Perusvarusteluettelo. Perusvarusteluettelon esimerkki, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 25. TN S084A0527E01 Issue C. IETP, Technical Note, NH90-helikopterin ohjekirjallisuus, Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 26. Painopistelaskurin vertailu. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 27. NH90 painopistelaskuri V5A Etupainoinen kone. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 28. NH90 painopistelaskuri V5A Takapainoinen kone. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.

- Liite 29. NH90 painopistelaskuri V5A Paino EQPM CONFIG. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.
- Liite 30. NH90 painopistelaskuri V5A CHECK WEIGHT. Puolustusvoimat, Helikopteripataljoonan sisäinen verkko. Ei julkinen.