

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Kone- ja tuotantotekniikka  
Lentokonetekniikka

Opinnäytetyö

Eetu Koskelainen

**NH90-HELIKOPTERIN JOUSTINTUKIEN PAINEENMITTAUS**

Työn ohjaaja

Yliopettaja Heikki Aalto

Työn teettäjä

Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoona, valvojana

Insmaj. Pasi Kaikonen

Tampere elokuussa 2009

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

Lentokonetekniikka

Koskelainen, Eetu

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Työn teettäjä

Elokuu 2009

Hakusanat

NH90-helikopterin joustintukien paineenmittaus

53 sivua

Yliopettaja Heikki Aalto

Utin Jääkärirykmentti, valvojana Insmaj. Pasi Kaikonen

NH90, helikopteri, paine, mittaus

## Tiivistelmä

Uuden ilma-aluksen elinkaaren alussa ilmenee usein odottamattomia toimintahäiriöitä ja vikoja. Tämän tyyppisissä tapauksissa on tavallista, että häiriöihin kiinnitetään huomiota ja tämä aiheuttaa lisätöitä. Käyttökokeusten lisääntyttyä ja ongelmien löydyttyä voidaan lisähuomion tarpeen mukaan kehittää uusia, tehokkaampia työmenetelmiä.

Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoona operoi keskiraskaalla NH90-kuljetushelikopterilla. NH90 on moderni helikopteri; osaa siinä käytettävistä järjestelmistä ei ole ennen totuttu näkemään helikoptereissa. Utin Jääkärirykmenttiin sijoitettujen kahdenkymmenen NH90-helikopterin huoltaminen lisätöineen asettaa haasteita rykmentin henkilöstölle. Onkin aiheellista tutkia onko joitakin huoltotoimenpiteitä mahdollista suorittaa pienemmällä työmäärällä.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin keinoa selvittää NH90-helikopterin pää-laskutelineiden joustintukien kaasunpainetta nykyistä pienemmällä työmäärällä. Työhön liittyen tahdottiin tuoda esille ympäristön tekijät jotka vaikuttavat kaasun paineeseen. Opinnäytetyössä on esitetty laskuja joiden avulla kaasun paineeseen vaikuttavia tekijöitä on helppo tuoda esille. Työssä haluttiin myös tuoda esille tapoja, jotka mahdollisesti helpottaisivat kaasunpaineen mittaamista joustintuesta ja pienentäisivät työmäärää.

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

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES, TAMPERE

Mechanical and Production Engineering

Aeronautical Engineering

Koskelainen, Eetu

NH-90 Helicopter shock-absorber pressure measurement

Engineering Thesis

53 pages

Thesis supervisor

Heikki Aalto (MSc)

Commissioning Company

Utti Jaeger Regiment: Major(eng.) Pasi Kaikonen

August 2009

Keywords

NH90, helicopter, pressure, measurement

## Abstract

During the first stages of its life cycle, a new aircraft has a high probability of unexpected malfunctions occurring. In particular, there are certain components of the aircraft that require more attention than others due to their intricate workings and, therefore, susceptibility to failure. After many tests we can further develop the component to eliminate flaws and increase efficiency and effectiveness.

The Utti Jaeger Regiment Helicopter Battalion operates with a medium sized NH90 tactical transport helicopter. The NH90 is a very modern helicopter. Some of its systems have not been used before and hence, the issues encountered are completely unforeseen and require innovative design to overcome. The Finnish Defense Force purchased 20 NH90 helicopters, undertaking the maintenance and servicing of them all. This set many challenges for the Utti Jaeger Regiment and its employees. It is well within Utti Jaeger Regiment interest to tackle a specific servicing method which could potentially simplify the overall process.

This thesis examines more efficient and effective methods to determine the NH90-helicopter's main landing gear shock absorber gas pressure. Environmental factors that specifically affect the gas pressures within the landing gear are also highlighted. This thesis presents calculations to understand the effect factors have on gas pressure in a simple, clear fashion. This research focuses on methods that facilitate the shock absorber pressure measurement, and would reduce the overall workload of the component.

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

## **Alkusanat**

Opinnäytetyön tekeminen Helikopteripataljoonalle on minulle luonnollinen valinta. Olen työskennellyt Helikopteripataljoonassa määräaikaisessa virkasuhteessa vuodesta 2006 lähtien. Kiitokset esimiehilleni ja työnohjaajille kun, mahdollistivat työn tekemisen kesällä 2009. Asiantuntevaa apua ja vastauksia kysymyksiini sain kiitettävästi NH-tekniikalta, kiitokset siitä. Ystäviä ja läheisiäni haluan kiittää jaksamisesta ja saamastani tuesta.

Kouvola 29.8.2009

Eetu Koskelainen

## Sisällysluettelo

Sisällysluettelo .....	5
Lyhenteet ja selitykset.....	6
1 Johdanto ja työn esittely.....	7
1.1 Ongelma .....	8
1.2 Tavoitteet.....	10
2 Utin Jääkäriyrykmentti.....	11
2.1 Historia .....	11
2.2 Organisaatio.....	12
2.4 Helikopteripataljoona .....	14
2.5 Huolto-organisaation esittely.....	15
3 NH90-HELIKOPTERI.....	21
3.1 NH90-helikopteri yleisesti.....	21
3.2 NH90-helikopterin teknisiä suoritusarvoja.....	23
3.3 NH90-helikopterin varusteet ja erityisominaisuudet.....	23
3.4 NH90-helikopterin historia.....	24
3.5 NH90-helikopterin laskutelineet .....	26
4 Mittaukset.....	30
4.1 Mittausvälineet .....	31
4.2 Mittaustulokset .....	32
5 Laskutoimitukset .....	35
6 Työvaiheisiin kuuluva aika .....	37
7 Ratkaisumallit .....	39
7.1 Joustintuen iskunpituuden tarkastelu.....	39
7.2 Joustintuen varmistaminen tukikappaleella.....	41
7.3 Nostopalojen pysyvä kiinnitys .....	42
8 Tulosten arviointi .....	44
8.1 Mittaustulosten arviointi.....	44
8.2 Painelaskujen arviointi .....	45
8.3 Ratkaisumallien arviointi .....	46
10 Lähdeluettelo.....	51
LIITTEET .....	53

## **Lyhenteet ja selitykset**

EADS – European Aeronautic Defence and Space Company

NH90 – Nato Helicopter for the 90's

SB – Service bulletin

NFH – Naval Frigate Helicopter

TTH – Tactical Transport Helicopter

MFD – Multi Function Display

HMSD – Helmet Mounted Sight & Display

NATO – the North Atlantic Treaty Organisation

MoU – Memorandum of Understanding

NAHEMO – NATO Helicopter Management Organization

NAHEMA – NATO Helicopter Management Agency

NSHP – Nordic Standard Helicopter Project

EC – Eurocopter

SAR – Search and Rescue

TAMK – Tampereen Ammattikorkeakoulu

S/A – Shock Absorber

MLG – Main Landing Gear

NLG – Nose Landing Gear

UTJR – Utin Jääkäriyrykmentti

HEKOP – Helikopteripataljoona

IETP – Interactive Electronic Technical Publication

WOW – Weight on wheels

LH – Left handed

RH – Right handed

p = paine

V = tilavuus

T = lämpötila

n = polytrooppi eksponentti

## 1 Johdanto ja työn esittely

Tämä on insinöörikseni opinnäytetyöprojekti. Työn tarkoituksena on tarkastella mahdollisuuksia yksinkertaistaa joitakin työvaiheita Puolustusvoimien NH90 kuljetushelikopterin määräaikaishuollossa. Halutun tuloksen saavuttaminen helpottaisi jatkossa todennäköisesti myös omia työtehtäviäni. Onnistuessaan projektini voisi aikanaan johtaa työlään vaiheen poistumiseen NH90-helikopterin huoltotoimenpiteistä ja helpottaa käyttäjätasolla helikopterin päälaskutelineiden joustintukien kaasun paineiden määrittämistä.

Aihe opinnäytetyöhön tuli Utin Jääkäriyrykmentin Helikopteripataljoonalta. Työn tarkoitus ei ole muuttaa valmistajan työohjeita päälaskutelineiden joustintukien kaasunpaineiden tarkastamiseen, vaan etsiä luotettavaa tapaa joustintukien kaasunpaineen todentamiseen hieman pienemmällä työmäärällä.

Opinnäytetyöhöni liittyviä mittaus- ja dokumentointitöitä minulla oli mahdollisuus tehdä tietyssä määrin työaikana. Projektin aikana sain asiantuntija-apua Helikopteripataljoonan tekniseltä henkilöstöltä, projektin työvaiheiden turvallisen läpiviennin takaamiseksi. Projektin aikana minulla oli mahdollisuus olla yhteydessä NH90-helikopterin valmistajan edustajaan ja esittää kysymyksiä ongelmatilanteissa.

Oppilaitokseni ohjaava opettaja työni aikana oli yliopettaja Heikki Aalto. Projektin aikana minulla oli tavoitteena oppia käsittelemään keräämääni tietoa, löytämään luotettavat ratkaisut ongelmatilanteisiin ja saada kokemusta kansainvälisestä asiantuntijakanssakäymisestä.

## *1.1 Ongelma*

NH90-helikopterin valmistaja NHIndustries / EADS havaitsi helikopterin päälaskutelineiden joustintukien ennalta määritetyissä ja mitatuissa kaasun paineissa eroja. Helikopterin valmistajan toimesta asiaa alettiin tarkkailla ja helikopterin käyttäjille, mukaan lukien Utin Jääkäriyrykmentin Helikopteripataljoonalle, lähetettiin bulletiini (SBP-JA-A-32-11-00-01A-A-A-001). Tässä bulletiinissa määritettiin joustintukien kaasunpaineille uudet arvot. Valmistaja ohjeisti joustintukien kaasunpaineet tarkastettavaksi 30 vuorokauden välein tehtävässä tarkastuksessa. Paineen tarkastus on ohjeistettu IETP (Interactive Electronic Technical Publication):ssä ja tarkastuksen englanninkielinen työohje on opinnäytetyön liitteenä.

Helikopterin huoltotoiminnassa tämä on merkittävä työvaihe. Ohjekirjan määrittelemällä tavalla toimittaessa paineiden tarkastus ensimmäisellä kerralla edellyttää, että helikopteri on nostettu hydraulisten nostimien avulla kannatinpukeille. Tällä aikaansaadaan tilanne, jolloin helikopterin massa ei lepää laskutelineiden päällä. Kun päälaskutelineiden joustintuet ovat täydessä pituudessaan, voidaan mitata joustintuessa vallitseva peruspaine. Koneen nostovaiheessa työ vaatii vähintään 5 työntekijää.



Kun mittaus on kertaalleen tehty, saadaan laskutelineen yksilölliset arvot tietoon. Jatkossa huolto-ohje ei vaadi koneen nostamista kannatinpukeille, vaan kaasunpaineet voidaan mitata painemittarilla koneen ollessa ns. paino pyörillä-tilassa. Riskinä on kuitenkin venttiilin tai mittalaitteen vioittuminen paineenmittauksen aikana. Tämän seurauksena joustintuen kaasunpaine pääsisi laskemaan dramaattisesti. Laskenut kaasunpaine aiheuttaisi joustintuen pohjaamisen ja mitä todennäköisimmin vaurioita joustintuelle. Varotoimenpiteeksi onkin asetettava kannatinpukit helikopterin alle. Kannatinpukkeja käytettäessä on koneen pohjaan asetettava erikseen kiinnitettävät nostopalat. Nostopalojen ja hydraulisten nostimien asettaminen koneen alle vie kuitenkin lähes saman ajan kuin koko koneen nostaminen ylös hydraulisilla nostimilla. Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoonalla onkin toive voida jatkossa toteuttaa paineen mittaaminen pienemmällä työmäärällä.

Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoona on määritetty sijoituspaikaksi kaikille 20:lle puolustusvoimien hankkimalle NH90-kuljetushelikopterille. Helikoptereiden kappalemäärän kasvaessa Utin Jääkärirykmentin Helikopteripataljoonassa nykyisellä ohjeistuksella toimiminen vaatii suuren määrän henkilöstöä ja kohtuuttoman paljon miestyötunteja paineenmittausten suorittamiseksi. Toistaiseksi Helikopteripataljoona on vastaanottanut vasta viisi NH90-helikopteria. Jatkossa esimerkiksi 15 lentopalveluksessa olevan NH90-helikopterin pelkkiin laskutelineiden paineenmäärittämisiin kuuluisi huomattava määrä miestyötunteja. 30 vuorokauden tarkastuksessa päälaskutelineiden joustintukien paineen mittaus on ainut syy koneen nostamiseksi kannatinpukkien päälle.

## ***1.2 Tavoitteet***

Työn tavoitteena on selvittää mahdollisuuksia pienemmän työmäärän vaativasta menettelytavasta NH90-helikopterin päälaskutelineiden joustintukien kaasupaineiden tarkastamiseen Utin Jääkäriyrykmentin Helikopteripataljoonassa.

Työn on tarkoitus tuoda esiin, millaisia erilaisia mahdollisuuksia on käytettävissä. Näistä vaihtoehtoista on tavoitteena esittää oma näkemys ja kerätä niiden hyvät ja huonot puolet yhteen.

Työn on tarkoitus luoda sen lukijalle käsitys joustintukien kaasupaineeseen vaikuttavista tekijöistä. Tämä käy helposti ilmi yksinkertaisten laskuesimerkkien avulla. Työn tavoitteena on antaa selkeä kuva NH90-helikopterin päälaskutelineen toiminnan pääpiirteistä.

Työssä esitettäviä ratkaisumalleja pyritään esittämään myös niistä koituvien kulujen ja työmäärän vaativuuden mukaan. Tämä helpottaisi aikanaan eri mahdollisuuksien vertailua keskenään.

Työn tavoitteena on kerätä yhteen pakettiin eri ratkaisumallit. Tavoitteena onkin, että jokin näistä ratkaisumalleista tultaisiin aikanaan ottamaan vakituisesti käyttöön Utin Jääkäriyrykmentin Helikopteripataljoonassa.

## 2 Utin Jääkärirykmentti /4/

### 2.1 Historia

Utin Jääkärirykmentin historian katsotaan alkavan 23. huhtikuuta 1918, kun ylipäällikkö K.G.E. Mannerheim antoi määräyksen lentokoulun ja lentovarikon perustamisesta Uttiin.

Rykmentin perinnejoukkoja ovat jatkosodan aikainen erillinen pataljoona 4 sekä Laskuvarjojääkärikoulu, Helikopterilentue ja Sotilaspoliisikoulu. Rykmentin vuosipäivä on 10. toukokuuta, jolloin vuonna 1918 aloitettiin Utin lentokentän rakentaminen.



**Kuva 1** Utin Jääkärirykmentin lippu

Vihreällä taustalla on aarnikotka sekä tangon puoleisessa yläkulmassa viikatekärkinen ympyrähakaristi. Aarnikotka on maan ja ilman valtias, joka symbolisoi sekä voimaa että viisautta; ympyrähakaristi on idästä tullut ikivanha auringon symboli, joka muistuttaa erillisen pataljoona 4:n tunnusta mursunsydäntä.



**Kuva 2** Utin Jääkäriyrykmentin joukko-osastotunnus

Joukko-osastotunnus otettiin käyttöön toukokuussa 2006. Siivellä varustettu nuoli kuvaa ilmasta maahan tehtävien operaatioiden iskukykyä.



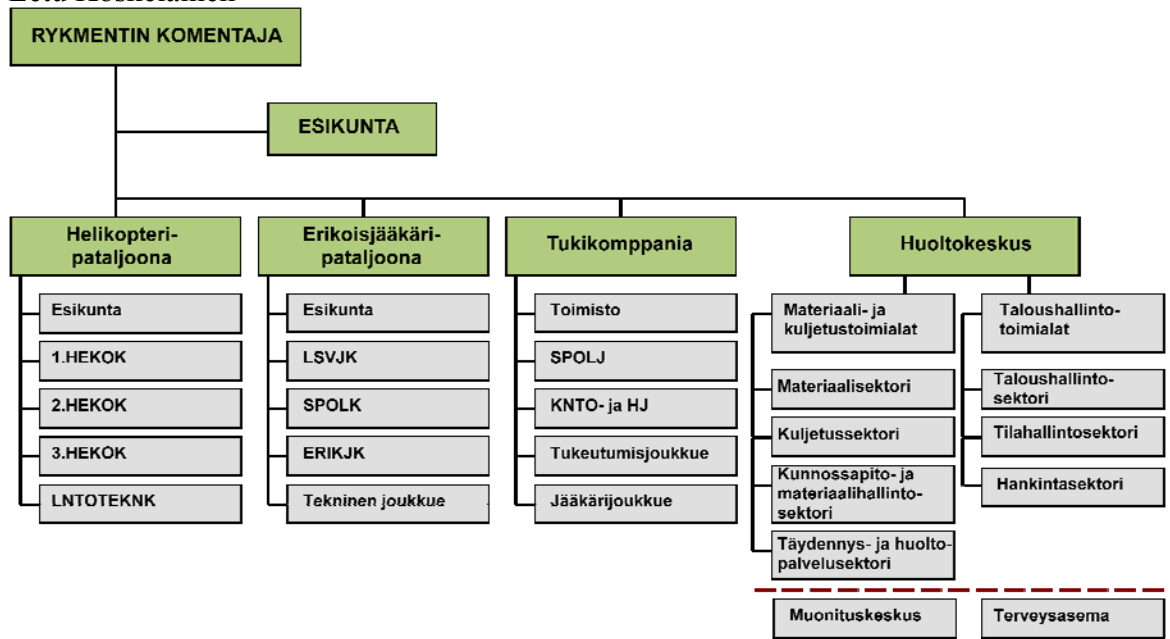
**Kuva 3** Joukko-osastoristi

Utin Jääkäriyrykmentin joukko-osastoristissä on vihreällä hopeareunaisella kaarevakylkisellä Yrjön-ristillä hopeinen viikatekärkinen ympyrähakaristi.

## ***2.2 Organisaatio***

Utin Jääkäriyrykmentti on maavoimien komentajan alainen erikoisjoukko. Rykmentti kykenee reagoimaan nopeasti eriasteisiin kriiseihin koko valtakunnan alueella ja sillä on kyky yhteisoperaatioihin kaikkien puolustushaarojen kanssa. Rykmentti tuottaa sille käsketyt joukot ja pitää yllä tarvittavaa valmiutta. Utin Jääkäriyrykmenttiä kehitetään kohti erikoisoperaatiokykyä.

Utin Jääkäriyrykmentissä työskentelee yli 300 henkilöä. Henkilöstö jakaantuu varsin tasaisesti neljään pääryhmään: upseerit, opistoupseerit, aliupseerit ja siviilit. Pienempiä henkilöstöryhmiä ovat erikoisupseerit ja soti-  
mussotilaat.



**Kuva 4** Utin Jääkärirykmentin organisaatio kaavio

## 2.4 Helikopteripataljoona /11/



**Kuva 5** Helikopteripataljoonan tunnus

Helikopteripataljoona operoi kolmella helikopterityypillä. Konetyypeistä vanhin, venäläisvalmisteinen Mi-8 kuljetushelikopteri poistuu käytöstä lähitulevaisuudessa. Pääpaino Helikopteripataljoonan toiminnassa kohdistuu NH90-helikopterikalustoon ja sen parissa työskentelevien ammattilaisten koulutukseen.

Helikopteripataljoonan päätehtävät ovat:

- kouluttaa lentävää henkilökuntaa
- antaa tekniselle henkilökunnalle tyyppi- ja jatkokoulutusta
- ylläpitää lentovalmiutta helikoptereilla ja toteuttaa käsketyt lennot
- kehittää lento-ohjelmistoja ja koulutusohjeita
- kehittää helikopteritaktiikkaa ja -tekniikkaa
- vastaa Utin tukikohdan lähi- ja lentopelastuspalvelusta

## ***2.5 Huolto-organisaation esittely /7/***

Tässä osiossa kuvataan Utin Jääkärirykmentin lentoteknisen huolto-organisaation toimintapolitiikkaa, organisaatiota ja henkilöstöä.

### ***Lentoteknisen huolto-organisaation toimintaympäristö***

Huolto-organisaation toimintaa koskevien ohjeiden määrävyysjärjestys on seuraava:

- lait, asetukset ja sotilasilmailuviranomaisen määräykset
- puolustusvoimien hallinnolliset ohjeet (PAK -asiakirjat)
- TMT -järjestelmän mukaiset ohjeet
- konetyyppikohtaiset valmisteluohjeet
- konetyyppikohtaiset huolto- ja laiteohjeet
- huolto-organisaation käsikirja
- huolto-organisaation menettely- ja työohjeet
- toimialan erikoisohjeet (esim. IPO ja Pelastusohje)
- lentoteknillinen maapalveluohje (MAPO)

Mikäli ohjeet ovat ristiriidassa, noudatetaan yllä olevassa määrävyysjärjestyksessä korkeammalla olevaa ohjetta.

Utin Jääkärirykmentin lentoteknisen huolto-organisaation toiminta liittyy keskeisenä osana koko Utin Jääkärirykmentin pääprosesseihin. Toiminta kytkeytyy myös toisten tulosityksiköiden ja sidosryhmien prosesseihin.

Maavoimien Ilmailuosasto (MAAVILMOS) antaa perusteet ja resurssit Utin Jääkärirykmentin lentoteknisen huolto-organisaation toiminnalle. Perusteet pohjautuvat laadittuun strategiaan sekä toiminnan suunnitteluun ja kehittämiseen.

Ilmavoimien Esikunta (ILMAVE) toimii sotilasilmailuviranomaisena. Sotilasilmailu- viranomaisen julkaisee huoltotoimintaa ohjaavia viranomaisvaatimuksia. Vaatimusten toteutumista seurataan viranomaiskatselmoineilla ja toiminnan tarkastuksilla.

Ilmavoimien Teknillinen Koulu (ILMAVTK), Lentosotakoulu (LENTOSK), Ilmasotakoulu (ILMASK) ja Utin Jääkäriyrykmentti tarjoavat Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisen huolto-organisaation tarvitsemaa henkilöstön perus-, tyyppi- ja täydennyskoulutusta. Utin Jääkäriyrykmentissä Helikopteripataljoonan (HEKOP) Kurssiosasto vastaa opetusmateriaalin tuottamisesta lentoteknisen huolto-organisaation käyttöön sekä henkilöstön tyyppi- ja järjestelmäkelpuutuskoulutuksen järjestämisestä.

Utin Jääkäriyrykmentin esikunnan Lentoteknillinen toimisto ohjaa ja valvoo Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisen huolto-organisaation huoltotoimintaa.

Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisessä huolto-organisaatiossa Lentoteknisen komppanian päätehtävänä on suorittaa huoltotason I tehtävät (Maintenance Intermediate).

Helikopterikomppanioiden tehtävänä on tuottaa koulutettuja helikopteriohjaajia ja teknistä henkilöstöä lentomiehistöihin sekä käyttöhuollon henkilöstöä Helikopteripataljoonaan siten, että pataljoonan lentotuntitavoite saavutetaan ja käsketyt valmiusvaatimukset pystytään täyttämään. Helikopterikomppaniat kouluttavat lentoteknistä henkilöstöä reserviin.

Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisessä huolto-organisaatiossa Helikopterikomppanioiden päätehtävänä on suorittaa huoltotason O (Maintenance Organisational) mukaiset tehtävät.



Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisen huolto-organisaation tukeutumiskykyä ja toimintavalmiutta kriisitilanteissa kehitetään sotilaallisissa harjoituksissa. Harjoitukset koskevat tyypillisesti koko lentoteknistä huoltoorganisaatiota. Vastuut kulkevat linjaorganisaation mukaa.

### ***Lentoteknisen huolto-organisaation työn laajuus***

Huoltotoiminta kattaa sotilasilmailussa kalustolle tehtävät huolto- ja korjaustoimenpiteet siinä laajuudessa kuin tässä käsikirjassa, konetyyppikohtaisissa huolto-ohjeissa ja sotilasilmailuviranomaisen myöntämässä huoltotoimintaluvassa on sanottu. Lentoteknillinen huolto käsittää seuraavat osa-alueet:

- ilma-alusten käyttöhuolto
- ilma-alusten ja ilma-aluslaitteiden huolto, vika- ja vauriokorjaus
- TMT -järjestelmän mukaiset muutostyöt
- ilma-alushuollossa käytettävien huoltovälineiden huolto ja vikakorjaus
- lentovarusteiden huolto- ja korjaus
- lentoteknillisten suojarusteiden huolto- ja korjaus
- lentoteknilliset materiaalitoiminnot
- lentoteknillinen laadunhallinta

Utin tukikohdassa suoritetaan kaikkia huoltotason O ja I mukaisia tehtäviä. Muissa tukikohdissa ja tilapäisillä lentopaikoilla suoritetaan kaikkia huoltotason O tehtäviä ja huoltotason I vikahuoltoja, mutta vain rajoitetusti määräaikaishuoltoja. Tehtävien töiden laajuus määräytyy käytettävissä olevien tilojen ja resurssien mukaan.

Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisen huolto-organisaation huoltamat ilma-  
alustyypit ja niille tehtävä huollot ovat seuraavat:

#### Hughes 500-mallit (HH)

- A-tarkastus
- B-tarkastus
- C-huolto
- D-huolto
- muut valmistajan ohjeiden mukaiset huoltotoimenpiteet ja lait-  
teiden huollot

#### Mil Mi-8 (HS)

- A-tarkastus
- B-tarkastus
- 12,5 h:n rasvaus
- C-huolto
- D-huolto
- Vuosihuolto 1 (VH1)
- Vuosihuolto 2 (VH2)
- Kevät- ja syyshuolto
- muut valmistajan ohjeiden mukaiset huoltotoimenpiteet ja lait-  
teiden huollot

#### NH Industries NH90 (KH)

- Before First Flight (BFF)
- Turn Around (TAr)
- After Last Flight (ALF)
- Safety Inspection (SI)
- 300 fh -huolto
- 600 fh -huolto

## **Henkilöstön yleiskuvaus**

Utin Jääkärirykmentin lentoteknisellä huolto-organisaatiolla on huoltotoiminnan johtamiseen, suunnitteluun ja toteutukseen sekä laadun hallintaan tarvittava henkilöstö, joka koostuu Rykmentin esikunnan Lentoteknillisen toimiston, Pataljoonan esikunnan Teknillisen toimiston, Kurssiosaston, Lentoteknisen komppanian ja Helikopterikomppanioiden lentoteknisestä henkilöstöstä.

Huoltoihin, muutostöihin ja korjauksiin voidaan käyttää myös puolustusvoimien lentoteknisten huolto-organisaatioiden ulkopuolista henkilöstöä esim. kotimaisen ilmailuteollisuuden henkilöstöä.

Huoltotoimintaan osallistuu edellisten lisäksi määräaikaisessa työ- tai virkasuhteessa olevaa henkilöstöä, sopimussotilaita, reserviläisiä, varusmiehiä sekä työharjoittelussa olevia opiskelijoita.

## **Ammattiryhmät**

Lentoteknilliseen huoltoon osallistuu useita ammattiryhmiä. Näitä ovat:

### Sotilashenkilöstö:

- upseerit
- erikoisupseerit
- sotilasvirkamiehet
- opistoupseerit
- sotilasammattihenkilöt
- kadetit
- sopimussotilaat
- varusmiehet
- reserviläiset

### Siviilihenkilöstö:

- virkasuhteiset
- työsopimussuhteiset
- opiskelijat

Utin Jääkäriyrykmentin lentoteknisen huolto-organisaation huoltotoimintaan osallistuvat henkilöt ovat joko koulutuksessa tai ovat saaneet vaaditun koulutuksen. Henkilöstön ammattitaitoa pyritään kehittämään nousujohteisella koulutuksella. Koulutusta ja kelpuutuksia valvotaan Lentoteknillisen logistiikan tietojärjestelmän koulutus- ja kelpuutusseurantasovelluksella (LTK) ja paperisilla todistuskopioilla.

## **3 NH90-HELIKOPTERI**

### ***3.1 NH90-helikopteri yleisesti /8/***

NH90 on kaksimoottorinen nykyaikainen keskiraskas kuljetushelikopteri. Helikopterista on alun perin suunniteltu kaksi eri versiota: TTH (Tactical Transport Helicopter) ja NFH (Naval Frigate Helicopter). TTH-malli on tarkoitettu kuljetushelikopterikäyttöön, kun taas NFH-malli on nimensä mukaisesti varusteltu niin, että se on omiaan toimimaan laivastokäytössä. Monet NH90:ssä käytetyistä järjestelmistä ja tekniikoista ovat asennettuina helikopteriin ensimmäistä kertaa. Uudet ratkaisut ovat edesauttaneet nykyaikaisen helikopterin kehitystyötä. Koneen kokonaisuudessa on uusien materiaaliratkaisujen ansiosta pienentynyt huomattavasti vastaaviin edeltäjiinsä verrattuna. Ensi kertaa kokonaan komposiittimateriaaleista valmistettu helikopterin runko ei ole pelkästään kevyt, vaan se on suunniteltu myös suojaamaan koneen miehistöä mahdollisessa maahansyöksytilanteessa. Myös helikopterin istuimet on suunniteltu siten, että ne vaimentavat tehokkaasti henkilön kohdistuvaa iskua maahansyöksytilanteessa. NH90-helikopterissa on ensimmäisenä helikopterina maailmassa täysin sähköinen eli niin sanottu Fly-By-Wire-ohjausjärjestelmä. Nelinkertaisessa lennonohjausjärjestelmässä ei ole mekaanista varajärjestelmää lainkaan. NH90-helikopterin avioniikkajärjestelmä perustuu kahdennettuun MIL-STD-1553B:n mukaiseen digitaaliseen väylätekniikkaan. Ohjaamon erillisistä mittareista on päästy eroon, ja halutut tiedot on esitetty MFD (Multi Function Display)-monitoiminäytöillä. Ohjaajalle tietoa antaa myös HMSD-kypärä- ja tähtäinnäyttö (Helmet Mounted Sight & Display). /11/

Tärkeimmät lentoa koskevat tiedot voidaan heijastaa kypärän näytölle. Helikopterin pääroottorin napa on valmistettu titaanista ja sen neljä lapaa komposiittimateriaaleista. Maassa pääroottorin lavat on mahdollista kääntää kaikki osoittamaan samaan suuntaan tilan säästämiseksi. Myös helikopterin pyrstöpuomi on maassa oltaessa taitettavissa. Näiden ominaisuuksien ansiosta helikopterin säilytys vaatii varsin pienen tilan.



**Kuva 6** NH90-helikopterin TTH-versio lennolla

### ***3.2 NH90-helikopterin teknisiä suoritusarvoja /9/, /6/***

NH90-helikopterin TTH-version tärkeimmät tekniset suoritusarvot

- maksimi lentoonlähtöpaino 10600 kg
- maksimi lentonopeus ( m<10000 kg) 325 km/h
- matkalentonopeus 260 km/h
- maksimi nousunopeus 8,7 m/s
- sisäpuolinen kuorman kantokyky noin 2500 kg
- maksimi leijuntakorkeus 2960 m
- maksimi jatkuva moottoriteho 2x2663 kW (RRTM 322-01/9)
- toiminta-aika 4h 35 min
- toimintamatka noin 800 km
- mitat: pituus 19,56 m, korkeus 5,23 m, leveys 4,61 m ja pääroottorin halkaisija 16,3 m

### ***3.3 NH90-helikopterin varusteet ja erityisominaisuudet /5/***

NH90-helikopteri TTH-versio sisältää seuraavia varustuksia ja ominaisuuksia

- partikkelierottimet moottorien ilmanotoissa
- ripustimet lisäpolttoainesäiliölle
- estevaroitussjärjestelmä
- säätutka
- kypäränäyttöön liitetty lämpökamera ja valonvahvistimet
- etsintävalonheittimet
- omasuojajärjestelmä
- pakokaasunlauhduttimet
- panssarointimahdollisuus
- pelastusvinssi
- kuormakoukku
- jäänestojärjestelmä
- peräramppi
- suurikokoiset liukuovet rungon molemmilla puolilla

### ***3.4 NH90-helikopterin historia /9/***

NH90-helikopterin suunnittelu alkoi, kun monella Euroopan NATO-maalla (the North Atlantic Treaty Organisation), oli tarvetta saada uuden sukupolven keskiraskas helikopteri, joka vastaisi nykyajan sotilaallisiin haasteisiin. Projektiin sitoutuivat Ranskan, Saksan, Italian ja Alankomaiden hallitukset. Hallitukset allekirjoittivat joulukuussa 1990 MoU:n (Memorandum of Understanding), joka takasi projektin alkamisen. Nämä neljä valtiota perustivat NAHEMO:n (NATO Helicopter Management Organization), josta koostuu valmistelukomitea, ja NAHEMA:n (NATO Helicopter Management Agency). Neljän maan hallitusta edustava NAHEMA ohjaa projektin toteutusta, on vastuussa NH90-asejärjestelmän hyväksynnästä ja on yhteydessä toimittajaan neuvotteluissa, sijoituksissa sekä isommissa sopimuksissa.

NH90-helikopterin on kehittänyt neljä yritystä: italialainen Agusta, EC (Eurocopter) Ranska, EC Saksa sekä alankomaalainen Stork-Fokker. Näiden yritysten ympärille perustettiin vuonna 1992 NHIndustries, jolla taatettiin NH90-helikopterin tuotannon toteutuminen. NHIndustriesin osakkeista omistaa EC 62,5 % Agusta 32 % ja Fokker 5,5 %. Nämä neljä yritystä jakavat komponenttivalmistuksensa eri osa-alueisiin. EC:n Ranskan tehdas vastaa ohjaamon, moottoreiden, roottoreiden, pyrstövaihteiston, sähköjärjestelmän, lennonohjauksjärjestelmän ja avioniikkajärjestelmän kehityksestä ja tuotannosta. EC:n Saksan tehdas vastaa etu-, keski- ja takarunkomoduuleista, polttoainejärjestelmästä, yhteydenpitojärjestelmästä, näytöistä, tehtäväjärjestelmistä sekä TTH-version tehtäväjärjestelmien integroinnista. Italialainen Agusta on vastuussa päävaihteistosta, hydraulikkajärjestelmästä, automaattisesta lennonohjauksjärjestelmästä, valvontajärjestelmästä, toisesta moottorivaihtoehdosta (T700) sekä NFH-version tehtäväjärjestelmien integroinnista. Alankomaalainen Stork-Fokker vastaa NH90:n pyrstön rakenteesta, ovista, sponsoneista, laskutelineistä, välivaihteistosta ja tuulitunnelitesteistä.





**Kuva 7** NH90-helikopterin valmistajien vastuualueet

Suomi teki vuonna 1997 päätöksen hankkia uusi helikopterityyppi korvaamaan vanhentuvat Mi-8 malliset helikopterit. Vuonna 1998 hanke muuttui yhteis pohjoismaalaiseksi NSHP ( Nordic Standard Helicopter Project), ja siihen osallistuvat Suomi, Norja ja Ruotsi. NSHP-hankkeeseen osallistuvat maat valitsivat NH90-helikopterityypin. NH90 täyttää parhaiten pohjoismaiden koptereiden suorituskyvylle ja soveltavuudelle asettamat vaatimukset. NH90-helikoptereita on tilattu pohjoismaiden lisäksi Ranskan, Saksan, Italian, Alankomaiden, Portugalin, Kreikan, Omanin ja Australian puolustusvoimille. Myös Espanja ja Uusi-Seelanti ovat hankkimassa niitä.

Ensimmäiset NH90-helikopterit on koottu Ranskassa, Saksassa ja Italiassa sijaitsevilla kokoonpanolinjoilla. Ensimmäinen Suomessa Patrian Kuoreveden Hallin tehtaalla koottu NH90-helikopteri lensi ensilentonsa kesällä 2005. Suomen puolustusvoimat on tilannut kaiken kaikkiaan 20 kappaletta TTH/SAR- version NH90-helikopteria. Alun perin ensimmäisen NH90-helikopterin toimittamisen Suomelle piti tapahtua jo vuonna 2005. Ensimmäinen NH90-helikopteri (NH-203) toimitettiin puolustusvoimille kuitenkin vasta maaliskuussa 2008. Syynä viivästyksiin olivat ongelmat koneen tyyppihyväksynnässä sekä kauppasopimusta koskevat erimielisyydet.

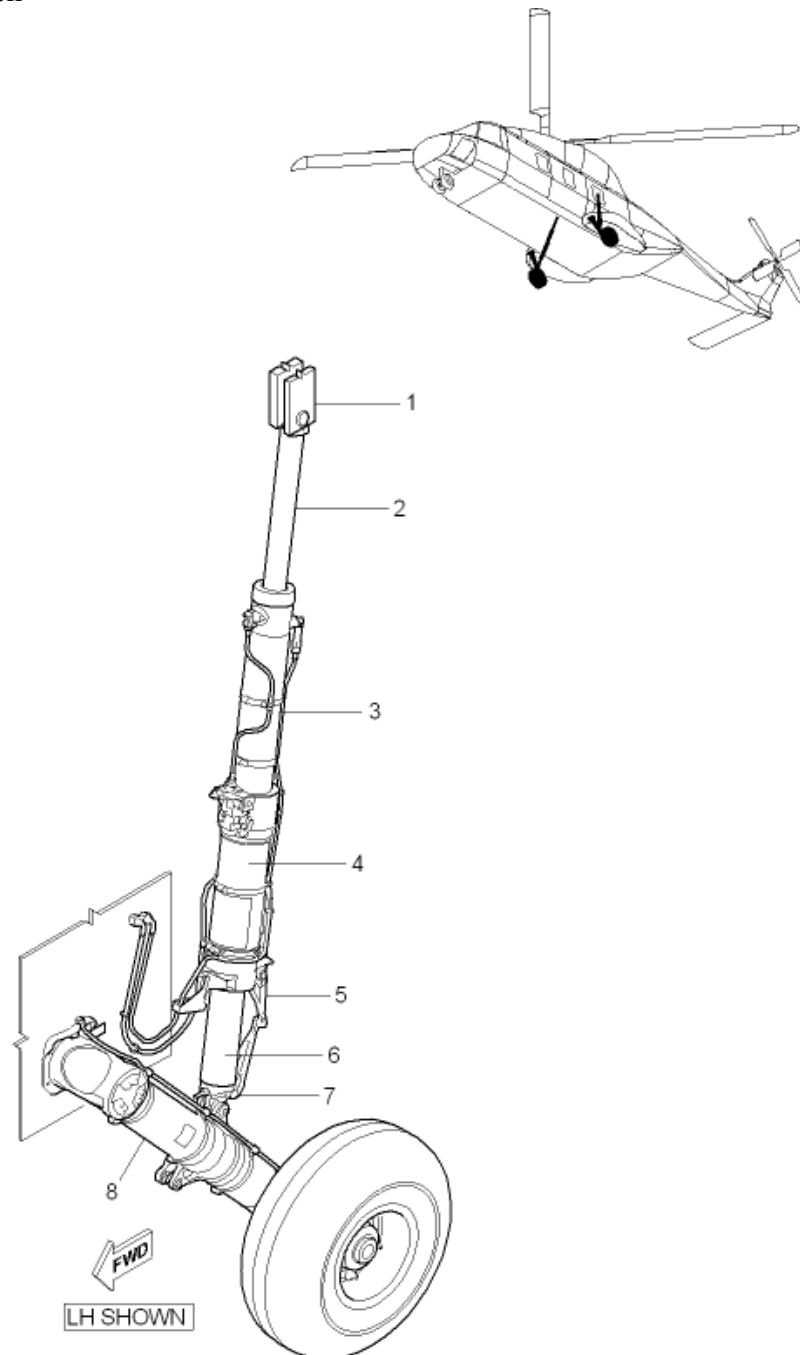
### ***3.5 NH90-helikopterin laskutelineet /10/, /2/***

Laskutelineiden tehtävänä on kantaa koneen paino koneen ollessa maassa sekä absorboida koneeseen kohdistuvia voimia laskeutumisen ja rullauksen aikana. NH90-helikopterin laskuteline koostuu kahdesta päätelineestä ja yhdestä nokkatelineestä. Laskutelineet käsittävät NH90-helikopterissa myös helikopterin renkaat, jarrut ja nokkapyörän ohjauksen.

NH90-helikopterin päälaskutelineillä käsitetään sekä oikean- että vasemanpuoleinen päälaskuteline. Päälaskutelineet ovat sijoitettu helikopterin keskirungon alueelle rungon molemmille puolille.

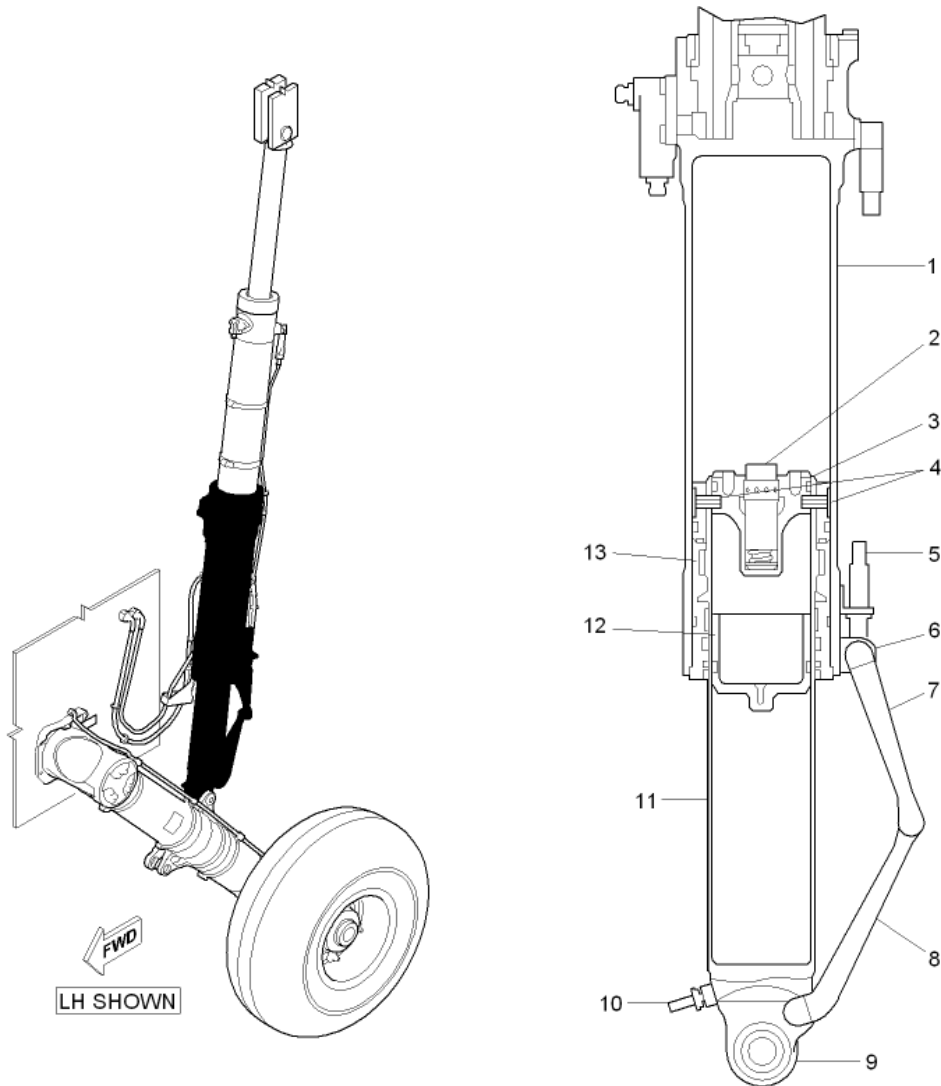
Päälaskutelineet ovat ns. sisään vedettävää tyyppiä. Telineet voidaan hydraulisesti ajaa ylös asentoon lennon ajaksi. Tällöin telineet vetäytyvät rungon molemmilla sivuilla olevien muotosuojien sisään ja lentotilassa aiheuttavat vähemmän vastusta.

Laskutoimitukset-osiossa on kuvattu yksinkertaisilla laskuesimerkeillä kaasun tilanmuutoksia joustintuen sisällä. Esimerkeistä on helppo huomata mitkä kaikki tekijät vaikuttavat siihen, missä asussa joustintuki ja sen sisällä oleva kaasu kulloinkin ovat.



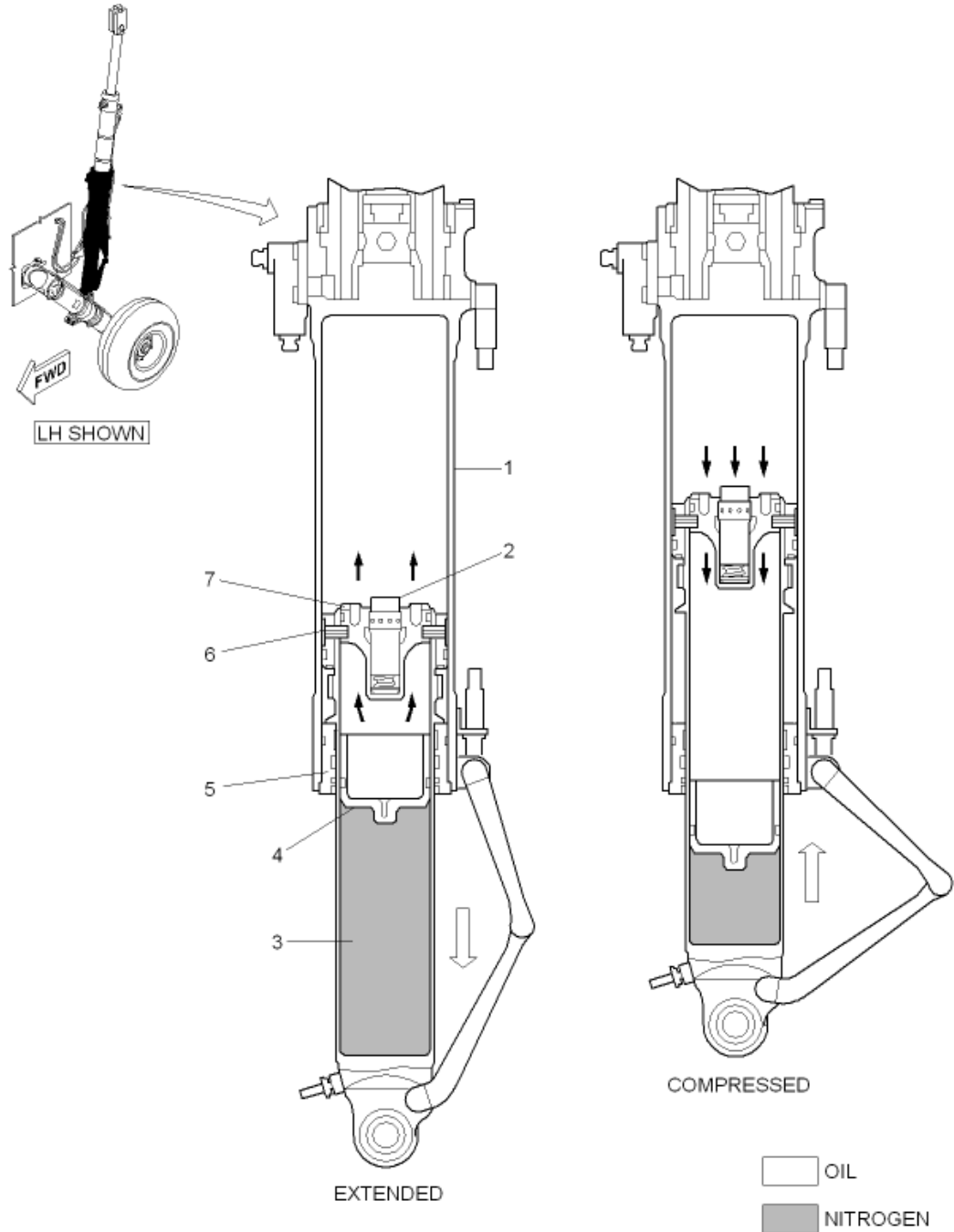
**Kuva 8** NH90-helikopterin päälaskutelineen kokoonpano

- (1) Helicopter structure
- (2) Retraction actuator piston
- (3) Retraction actuator
- (4) Shock absorber
- (5) Torque links
- (6) Shock absorber piston
- (7) End fitting
- (8) Trailing arm



**Kuva 9** Päälaskutelineen joustintuen kokoonpano

- (1) Cylinder housing
- (2) Ground resonance valve
- (3) Piston head
- (4) Shear pins
- (5) LH (left handed) and RH (right handed) WOW( weight on wheels ) sensors
- (6) LH and RH WOW sensor targets
- (7) Upper arm assembly
- (8) Lower arm assembly
- (9) End fitting
- (10) Charging valve
- (11) Shock absorber piston
- (12) Arlon separator
- (13) Flapper valve



**Kuva 10** Kaasu- ja nestetilojen muutokset joustintuen puristuessa

- (1) Cylinder housing
- (2) Ground resonance valve
- (3) Sliding piston
- (4) Arlon separator
- (5) Gland
- (6) Shear pins
- (7) Piston head

## 4 Mittaukset

Mittausten tarkoituksena oli kerätä tietoa myöhempää tarkastelua ja laskentaa varten. Mittaustulosten toivottiin osoittavan, että kaasunpaineet ja etenkin niiden ohjearvoista poikkeavat arvot olisi pystytty osoittamaan nostamatta helikopteria kannatinpukeille.

Helikopteripataljoonan vuonna 2006 käyttöön otetussa helikopterihallissa mittaolosuhteet ovat lämpötilan suhteen hyvin stabiilit ja mittalaitteet valvottuja ja kalibroituja.

Mittaukset pyrittiin suorittamaan kahdelle koneyksilölle. Koneyksilöistä toisen laskutelineiden oli jo aiemmin todettu asettuvan mittauksissa toleranssiarvojen ulkopuolelle. Tutkimalla mittaustuloksia ehjän ja viallisen joustintuen välillä pystyimme löytämään poikkeavat mittausrvot ja käyttämään niitä myöhemmin esimerkkilaskuissa. Mittaukset tehtiin valmistajan määrittelemien ohjeiden mukaisesti. Ohjeistus on opinnäytetyön liitteenä.



**Kuva 11** NH90-helikopteri nostettuna hydraulisilla nostimilla

## 4.1 Mittausvälineet

### Painemittari

Painemittari AERO-M on helikopterin mukana hankittu painemittari. Sen mittatarkkuus on  $\pm 1$  % ja mitta-alue 0-250 bar.



**Kuva 12** Mittauksissa käytetty painemittari

### Metalliviivain

Pituudenmittaukset joustintuelle tapahtuvat metalliviivaimella. Työohje kuvaa selkeästi kohdan, jota vasten metalliviivain asetetaan. Viivain on helppo tukea ohjeen osoittamaan kohtaan, jolloin mittaustulos on helppo lukea asteikolta. Mittausvirheen mahdollisuus jääkin siis hyvin pieneksi. Tietenkään tavallinen metalliviivain ei ole järin tarkka mittalaite, mutta tässä tapauksessa sen mittatarkkuus, 1 mm, on varsin riittävä.

## 4.2 Mittaustulokset

Taulukossa 1 on esitetty NH202:n laskutelineille tehtyjen mittausten mittaustulokset. NH202:n laskutelineiden molempien päätelineiden painearvot asettuvat toleranssiarvojen ulkopuolelle. Niissä paineet ovat liian matalat, vaikka peruspaine telineet pitkänä-asennossa on asetettu kohdalleen.

	vasen pääteline	oikea pääteline
pituus teline pitkänä [mm]	270,5	271
pituus paino pyörillä [mm]	44,5	40,5
männän iskunpituus [mm]	225,5	229,5
paine teline pitkänä [bar]	8,6	8,6
paine paino pyörillä [bar]	50	58
minimi paine ohjeesta [bar]	57	62

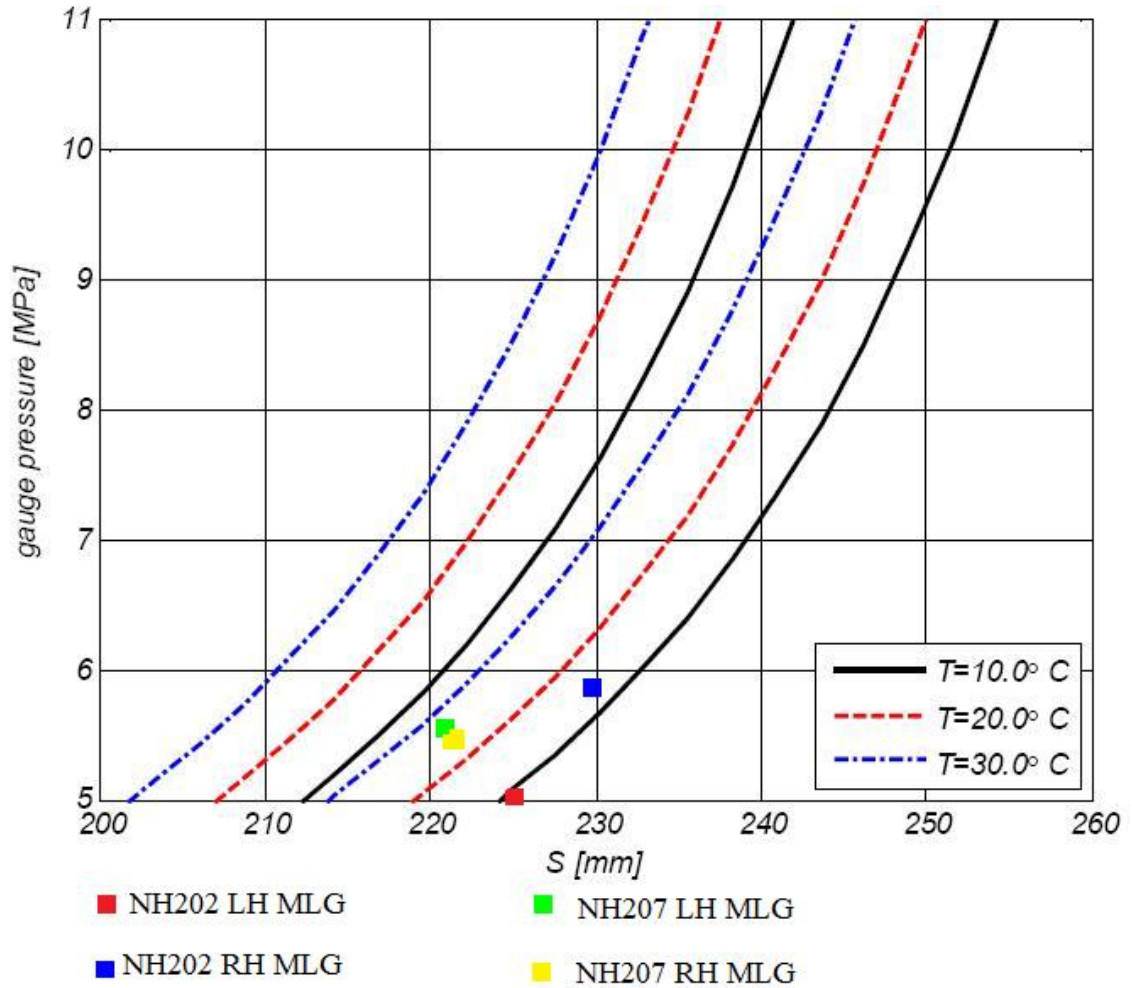
**Taulukko 1** NH202 päälaskutelineiden mittaustulokset

Taulukossa 2 on esitetty NH207:n laskutelineille tehtyjen mittausten mittaustulokset. Nämä tulokset ovat hyvä vertailukohta NH202:n laskutelineiden mittaustuloksille, sillä näitä mittausrvoja sovitettaessa painekäyrälle, asettuvat ne selkeästi toleranssiarvojen sisäpuolelle.

	vasen pääteline	oikea pääteline
pituus teline pitkänä [mm]	275	273
pituus paino pyörillä [mm]	54	51
männän iskunpituus [mm]	221	222
paine teline pitkänä [bar]	8,6	8,6
paine paino pyörillä [bar]	56,2	55,6
minimi paine ohjeesta [bar]	51	52

**Taulukko 2** NH207 päälaskutelineiden mittaustulokset





**Kuva 13** Mittaustulokset asetettu painekäyrälle

NH202 ja NH207 joustintuille saadut mittaustulokset on esimerkin vuoksi esitetty kuvassa 13. Mittausympäristön, eli helikopterihallin lämpötila on niin lähelle 20 °C:ta, että tarkastelut voidaan tehdä kuvaajan punaisten painerajakäyrien mukaan. Toleranssialue on punaisten katkoviivojen väli. Piirrettyjen apuviivojen avulla on kuitenkin nopeasti havaittavissa, että mittaustulos asettuu NH202:n tapauksessa toleranssiarvojen ulkopuolelle.

On tärkeää huomata että joustintuen peruspaine oli juuri todettu oikeaksi ja asetettu ohjearvoon 8,6 bar. Jos teline olisi ehjä, ja toimisi odotetulla tavalla, painearvot olisivat toleranssialueella, kun koneen paino on laskutelineiden varassa.

Kuva 5 havainnollistaa, kuinka kaasu- ja nestetilat on erotettu toisistaan. Kuvasta näkyy miten joustintuen liukuminen kokoon aiheuttaa kaasun puristumisen. Nestetila kaasutilan yläpuolella säilyy tilavuudeltaan samana, koska nesteelle kokoonpuristuminen on lähes olematonta. Tästä syystä kaasun kokoonpuristuminen saa aikaan korkeamman paineen joustintuen sisällä.

Voidaankin siis olettaa että mahdollinen nestevuoto tai nestemäärän muusta syystä johtuva vajoitus kasvattaisi kaasutilan tilavuutta, koska yläpuolella oleva nesteentilavuus pienenee.

Työn painelaskut osiossa on kuvattu laskuesimerkillä tilannetta, jossa kaasutilavuus olisi suurentunut. Tällainen laskutoimitus osoittaa, kuinka paljon kaasun tilavuutta tulisi kasvattaa, jotta paine laskisi saman verran kuin mittaustulokset jäävät ohjearvoista. Tämä tilavuuden muutos kuvaa joustintuesta poistuneen nesteen määrää.

## 5 Laskutoimitukset

Laskuissa on osittain käytetty arvoja, jotka on saatu helikopterin valmistajalta. Näitä arvoja ovat esimerkiksi joustintuen männän efektiivinen pinta-ala sekä joustintuen sylinterissä olevan nitrogeenin polytrooppi-eksponentti.

Joustintuen valmistaja on julkaissut painekäyrät huolto-ohjeissa. Näillä painekäyrillä voi tarkastaa mittaustulosten oikeellisuuden.

Painekäyrät eivät kuitenkaan ole pelkästään laskennan tulos. Laskutelineille tehtyjen testien yhteydessä on simuloitu tilanne eri lämpötiloissa ja joustintuen iskunpituuksien yhdistelmissä. Tästä syystä voi olla vaikeaa päästä laskuilla samoihin lukuarvoihin, kuin mitä mittaukset ja painekäyrät antaisivat odottaa. Laskut onkin pyritty tekemään tilannetta kuvaaviksi ja suuntaa-antaviksi.

Polytrooppisten tilanmuutosyhtälöiden yhtälöt: /3/

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{n-1} \quad [1]$$

Jossa: T = lämpötila

V = tilavuus

n = polytrooppi-eksponentti

Taulukon 1 mittaustulosten arvot sijoitettuna yhtälöön [1] antoi  $T_2$ :n ar-

voksi:  $T_2 \approx 720\text{K}$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} \quad [2]$$

Jossa:  $p = \text{paine}$

Lasketun  $T_2$ :n avulla laskettiin yhtälöstä [2]  $p_2$ .

$$p_2 \approx 143\text{bar}$$

Isokoorinen tilanmuutos yhtälö:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad [3]$$

Puristustyössä tapahtuneen lämpenemisen ansiosta kohonneen  $p_1$ :n arvon oletetaan laskevan lämpötilan  $T_2$  tasaantuessa hallin lämpötilaan. Yhtälöstä [3] saadaan ratkaistuksi  $p_2$ .

$$p_2 \approx 58,4 \text{ bar}$$

Isoterminen tilanmuutos-yhtälö:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad [4]$$

Yhtälö [4] avulla tarkasteltiin tilavuuden kasvattamisen vaikutusta mitattuun paineeseen. Tämä tilanne käy toteen jos voidaan olettaa, että joustintuen nestetilasta poistunut neste kasvattaa kaasutilan tilavuutta. Tämä voisi puolestaan selittää alentuneen paineen joustintuen kaasutilassa.  $V_2$ :n ja  $V_1$ :n erotus  $\Delta V$  kuvaa tilavuutta, jonka lisäys aiheuttaa halutun paineen pienenemisen.

$$\Delta V \approx 38\text{cm}^3$$

Iskunpituutena tämänkoinen tilavuuden muutos olisi pohjan pinta-alan avulla ratkaistuna:

$$l \approx 6\text{mm}$$

## 6 Työvaiheisiin kuuluva aika

Todellisen hyödyn havaitsemiseksi uusien työvaiheiden tarkastelussa selvitettiin, minkä verran aikaa työvaiheet vaativat. Tarkastellut ajat ovat joko kokemusperäisiä ja työn kautta todettuja, tai arvioita mahdollisesta työn kestosta.

Jos helikopteri aiotaan nostaa ylös hydraulisilla nostimilla, vaatii työ ohjeen mukaan toimittaessa nostovaiheessa vähintään viisi mekaanikkoa. On myös otettava huomioon valmistelevat ja päättävät toimenpiteet. Valmisteleviin ja päättäviin toimenpiteisiin voidaan laskea yhteensä yksi miestyötunti. Itse koneen nosto ja lasku hydraulisilla nostimilla vaatii tunnin viideltä mieheltä. Paineen mittaukseen koneen ollessa nostettuna ilmaan voidaan laskea yhdeltä mieheltä kuluvan tunti. Tämä tekee jo seitsemän miestyötuntia.

Mikäli riittää, että kone vain varmistetaan hydraulisilla nostimilla, voidaan valmisteleville ja päättävälle toimenpiteille laskea sama työaika, yksi miestyötunti. Tässä kohtaa helikopteria ei tarvitse nostaa ilmaan, ja siksi työvaihe ei tarvitse montaa nostajaa ja tarkkailijaa. Hydraulisten nostimien asettaminen varmistimiksi koneen alle onnistuu yhdeltä mekaanikolta valmistelevien toimenpiteiden yhteydessä. Jos tässä kohtaa koneen nostopalat ovat jo ennestään kiinni koneessa, riittää asettamiseen ja päättäviin toimenpiteisiin yhteensä yksi miestyötunti.

Kun koneen laskutelineet on varmistettu hydraulisilla nostimilla, voi yksi mekaanikko mitata paineet ja tarkastaa rajat painekäyriltä yhdessä tunnissa.

Suuremmista valmistelevista ja päättävistä toimenpiteistä olisi mahdollista luopua vielä, jos käytössä olisi nopeampi tapa varmistaa laskuteline. Laskutelineeseen itseensä kiinnitettävä varmistin, joka olisi nopea irrottaa ja asentaa, olisi omiaan tässä työvaiheessa, mutta sellaista ei ole vielä suunniteltu. Tämä puolittaisi valmisteleviin ja päättäviin toimenpiteisiin kuluvan ajan. Koko työ onnistuisi yhdeltä mekaanikolta noin puolessatoista tunnissa.

Alla olevaan taulukkoon on eritelty, mistä työvaiheisiin kuluva aika syntyy paineen mittauksessa. Taulukossa on ilmoitettu työtunnit miestyötunteina.

	Nostettaessa helikopteri	Varmistettaessa nostimella	Varmistaminen tukikappaleella	Silmämääräinen tarkastus
Valmistelevat ja loppu toimenpiteet	1	1	0,5	
Nosto toimenpiteet	5			
Paineenmittaus	1	1	1	0,5
<b>Yhteensä:</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>0,5</b>
<b>mth / a</b>	<b>1260</b>	<b>180</b>	<b>270</b>	<b>90</b>

**Taulukko 3** Työvaiheisiin kuluvat ajat miestyötunteina

Taulukossa esitetty vuotuinen miestyötuntimäärä on laskettu oletusarvolla että käytössä olisi samanaikaisesti 15 helikopteria ja että jokaiselle helikopterille tehdään tarkastus 12 kertaa vuodessa.

## 7 Ratkaisumallit

Löydetyt ratkaisumallit on esitetty tässä osiossa.

### *7.1 Joustintuen iskunpituuden tarkastelu*

Alkuperäinen idea paineen määrittämiseksi oli vain tarkastella joustintuen iskunpituutta. Tämä menettelytapa on tuttu useimmilla ilma-aluksilla ja hyvin käytetty ympäri maailman. Täytyy muistaa, että kyseessä on kuitenkin vain 30 vuorokauden välinen tarkastus ja että joustintuki sinällään on varsin yksinkertainen toiminnaltaan.

Kun koneen massa ja mittausympäristön lämpötila tunnetaan, tiedetään mitä kokoluokkaa iskunpituuden tulisi olla. Aikaisempien kokemusten perusteella ero olisi helppo havaita.

Tarkastelemme kuitenkin nyt tilannetta, jossa uuden helikopterityypin joustintukien painearvoissa on ollut liian suuria poikkeamia. Tästä syystä kuukausittain tehtävä paineiden tarkastus on siinä määrin oleellinen, että valmistaja on julkaissut asiasta uudet huolto-ohjeet. Paineiden määrittämisen tulisi olla siis mahdollisimman tarkka, jotta mahdollinen piilevä vika saataisiin havaituksi mahdollisimman nopeasti. Joustintukien iskunpituuden tarkastelu sopii mielestäni oivallisesti jokapäiväiseen kunnossapitoon.

Käyttökokemusten kartuttua tätä menettelytapaa voidaan varmasti jatkossa käyttää NH90-helikopterille. Niin kauan kun joustintuissa ilmenevien vikojen perimmäinen syy on saatu selville, on mielestäni tarkoituksenmukaisempaa tehdä mittaukset tarkemmin.

Riskinä tällä tapaa toimittaessa on vian huomaamatta jääminen, vaikkakin työn aikana tehdyissä mittauksissa oli selvästi havaittavissa eroja viallisen ja ehjän joustintuen iskunpituuden välillä.

Yhdenlainen viallinen toiminta joustintuille on ollut joustintuen nesteeseen vuotaminen nestetilasta. Esimerkiksi tällaisen vian havaitseminen silmämääräisellä tarkastuksella on hyvin vaikeaa, jos ei ole vertausarvoja. Seurausta on kuvattu laskuesimerkillä paineosiossa.



## ***7.2 Joustintuen varmistaminen tukikappaleella***

Yksi käyttökelpoinen ratkaisumalli olisi varmistaa joustintuki tukikappaleella ennen painemittauksen suorittamista. Asettamalla tukikappale joustintuen sylinterin alapinnalle voitaisiin varmistua, ettei venttiilin tai painemittarin rikkoutuessa joustintuki pääsisi pohjaamaan. Näin vaurioilta säästyttäisiin, vaikka joustintuen paine pääsisikin dramaattisesti laskemaan.

Näin meneteltäessä saatettaisiin paineenmittausta edeltävät työläät työvaiheet tarpeettomiksi. Kuitenkin tilanne vastaisi sitä, että paineenmittaus suoritetaan nykyisen ohjeistuksen mukaisesti. Työ onnistuisi helposti yhdeltä mekaanikolta teline kerrallaan, joten työ kuormittaisi teknistä henkilöstöä huomattavasti vähemmän. Muut tehtävään alun perin sidotut henkilöt voisivat käyttää tämänkin ajan 30 vuorokauden tarkastuksen muihin tehtäviin.

Tämän toteuttaminen kuitenkin vaatisi kokonaan uuden kappaleen suunnittelua ja valmistamista. Jos Helikopteripataljoona lähtisi itse suunnittelemaan tukikappaletta, vaatisi sekin resursseja. Lisäksi uuden kappaleen luominen saattaa olla hyvinkin pitkä prosessi.

Opinnäytetyön liitteenä on TMT (teknillinen muutos- ja tiedotusjärjestelmä) järjestelmän asiakirja joka ohjeistaa uuden lentoteknisen työvälineen käyttöönoton puolustusvoimissa.

### ***7.3 Nostopalojen pysyvä kiinnitys***

Helikopteria nostettaessa hydraulisilla nostimilla on helikopterin pohjaan asetettava nostopalat (jacking adapter). Nämä metalliset nostokorvakkeet suojaavat koneen pohjan rakennetta ja toimivat hydraulisten nostimien vastakappaleena. Nostopalat kiinnitetään erikseen helikopterin pohjaan ruuveilla. Nostopalat kuitenkin tulisi erikseen asentaa ja irrottaa aina ennen jokaista nostoa hydraulisilla nostimilla. Nostopalat eivät varsinaisesti ole helikopterin osa.

Valmiiksi asennetut nostopalat nopeuttaisivat hydraulisten nostimien käyttöä joustintukien varmistamiseen. Helikopterin alle voitaisiin asettaa hydrauliset nostimet näin entistä nopeammin. Konetta ei tarvitsisi nostaa ilmaan hydraulisilla nostimilla, vaan hydrauliset nostimet asetettaisiin koneen alle nostopalojen kohdalle ikään kuin varmistimiksi. Tämän ansiosta korkean paineen mittaaminen joustintuesta olisi turvallisempaa, eikä paineen häviäminen joustintuesta aiheuttaisi lisävaurioita. Painuessaan alas helikopteri jäisi lepäämään hydraulisen nostimen varaan.

Näin toimittaessa helikopterin työläs nostovaihe jäisi pois. Tämän jälkeen työ ei vaatisi välttämättä kuin yhden mekaanikon. Kuitenkin toimittaessa tällä tavalla saataisiin painemittaukset suoritettua asianmukaisesti.



**Kuva 14** Nostopala kiinnitettynä helikopterin pohjaan

Kuvasta 14 voi nähdä, että nostopala kiinnittyy helikopterin pohjaan neljällä uppokantaruuvilla.

## 8 Tulosten arviointi

### 8.1 Mittaustulosten arviointi

Mittausmenetelmät ovat verraten hyvin ohjeistettuja. Mittaustapahtumat eivät olleet monimutkaisia, vaan työvaiheet olivat johdonmukaisia. Mittaustapahtumasta tehtiin toistoja eri koneille kuitenkin harmillisen vähän. Tarkempia tietoja ehjän joustintuen mittaustuloksista on saatu Partian Hallin kokoonpanolinjalta. Toisaalta mittausmenetelmät ja välineet ovat heiläkin samat, joten eroja ei tästä syystä pitäisi ilmetä. Työhön liittyviä mittauksia päästiin tekemään lähinnä muiden työtehtävien sen salliessa. Kuitenkin tarvittavat mittausarvot saatiin kirjattua ylös myöhempää tarkastelua varten. Oli ensiarvoisen tärkeää, että saimme mittaustulokset niin ehjistä kuin vikaa indikoivastakin joustintuesta.

Mittatarkkuus painemittarille oli  $\pm 1$  % ja metalliviivaimen mittatarkkuus oli  $\pm 1$  mm. Virhettä ei kuitenkaan ole laskettu mittaustuloksille, vaan mittatarkkuudet täytyy huomioida tarkasteltaessa, kuinka mittaustulokset asettuvat valmistajan antamille painekäyrille.

## ***8.2 Painelaskujen arviointi***

Painelaskut tehtiin kuvaamaan kaasun tilanmuutoksia. Painelaskuilla oli helppo esittää selkeästi ja paikkansapitävillä matemaattisilla yhtälöillä, mitkä tekijät vaikuttavat kaasuun sen kokoonpuristuessa joustintuen sisällä.

Painelaskut ovat suuntaa antavia, mutta kuitenkin havainnollistavat erinomaisesti, mitä joustintuen puristusvaiheessa tapahtuu. Välivaiheiden osoittamat korkeat lämpötilat ja paineet toki laskevat varsin nopeasti. Pieni kaasumäärä luovuttaa lämmentyään nopeasti lämpöenergiaa ympäristöön. Lämpötila puristuksen lopussa onkin teoreettinen.

### ***8.3 Ratkaisumallien arviointi***

Tässä osiossa on tarkasteltu saatujen tuloksien oikeellisuutta ja tarkoituksemukaisuutta.

#### **Iskunpituuden tarkastelu**

Ainoastaan iskunpituuden tarkastelu ei kaikessa yksinkertaisuudessaan ole vielä ajankohtainen vaihtoehto joustintukien kaasupaineiden määrittämiseksi kuukausitarkastuksessa. Niin kauan kuin joustintukien paineita on tarve tarkastella erillisen ohjeen määrittelemällä tavalla kuukauden jaksolla, ei silmämääräinen tarkastelu riitä. Paineet tulee tarkastaa, jotta mahdolliset ”lapsentaudit” telineiden käytössä saadaan esille. Paineiden tahattomalle alenemiselle ei valmistaja ole julkaissut yhtä selitystä, tästäkin syystä käytön alkuvaiheessa on poikkeamiin osattava kiinnittää huomiota.

Käyttökokemusten kartuttua NH90-helikopterista voi tämän tyyppinen tarkastusmenetelmä hyvinkin olla käyttökelpoinen. Ensin yleisimmät viat ja niiden indikaatiot on saatava selville. Tämän jälkeen kuukauden välein tehtävä tarkastus voi hyvinkin muuttua työmäärältään kevyemmäksi.

Tästä esimerkkinä olen laittanut työni liitteeksi otteen Rajavartiolaitoksen AS322 Super Puma-helikopterin huolto-ohjeesta. Tässä ohjeessa oleellista on, että ohje määrittää tekemään paineen tarkastuksen ja mahdollisen lisäyksen 500 lentotunnin tai kahden vuoden välein.

## **Joustintuen varmistaminen tukikappaleella**

Tämä menetelmä on verraten nopea, koska koneen nostaminen ei ole tarpeellista. Työn periaate on jo kuvattu ratkaisumallit-osiossa, joten pyritään löytämään niihin liittyviä epäkohtia.

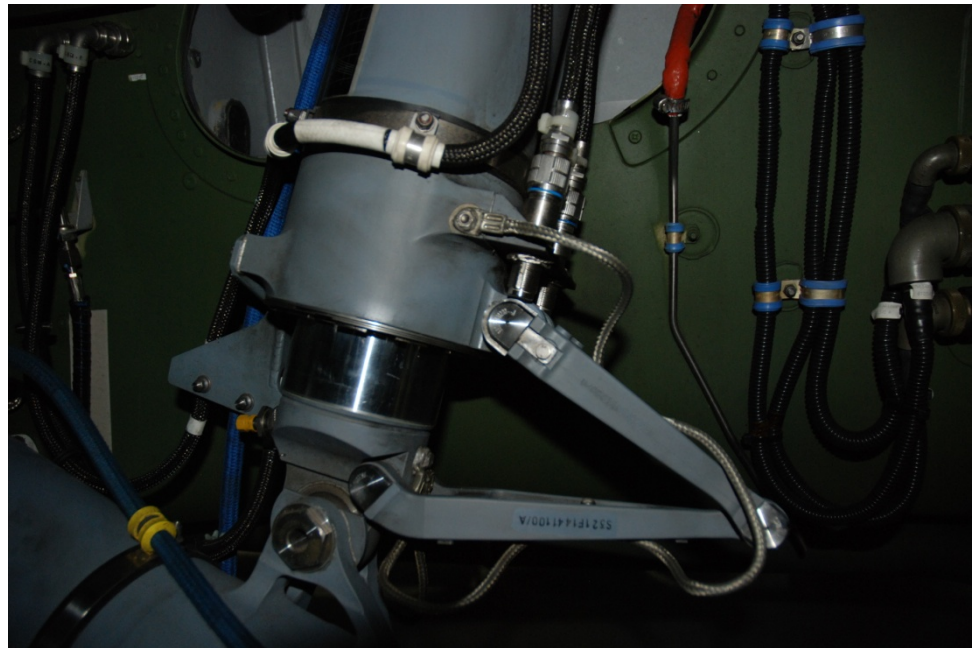
Kappaletta ei ole vielä saatavilla. Mikäli tällainen kappale olisi valmiiksi kehitelty ja valmistajan hyväksymä, ei sen käyttöönotto olisi vaikeaa.

Kappaleen suunnittelun aloittamisesta voi hyvin mennä vuosi, ennen kuin kappaletta päästään ensimmäisen kerran käyttämään. Kuukausitarkastuksia tällä välillä kertyy 15 helikopterin laivueelle jo hyvin runsaasti.

Tilaa rungon muotosuojien sisällä ei ole rajattomasti. Tämä asettaisi haasteita suunnittelulle.

Myös joustintuen kaasutilan paineventtiili on sijoitettu joustin tuen alapäähän. Sen tavoitettavuus on varmistettava vielä tukikappaleen kiinnittämisenkin jälkeen. Kiinnitettynä tukikappale ei saisi olla paineenmittauksen tiellä, eikä sen tahaton irtoaminen paineenmittauksen aikana saisi olla mahdollista.

Tukikappaleen tulisi myös olla säädettävissä, sillä jokaisen helikopterin molemmat joustintuet saattavat poiketa toisistaan iskunpituudeltaan.



**Kuva 15** NH90-helikopterin vasemman päätelineen joustintuen alapää  
Kuvasta 14 näkee, mihin ympäristöön varmistinkappale tulisi sovittaa.



## **Nostopalojen pysyvä kiinnitys**

Pitämällä nostopalat jatkuvasti kiinnitettyinä helikopterin pohjassa päästäisiin haluttuihin tuloksiin hyvin pienillä muutoksilla. Jos tätä ratkaisumallia vertaa joustintuen varmistamiseen tukikappaleella, olisi toimintamalli hyvin valmiin oloinen. Toimintamallin käyttöönottamiseksi ei tarvitsisi luoda uusia apuvälineitä eikä kouluttaa henkilöstöä niiden käyttöön.

Nostopalojen pysyminen kiinnitettyinä on kuitenkin tarkistettava huolellisesti. Sen jälkeen kun nostopalat on kiinnitetty ohjeiden mukaisesti helikopterin pohjaan, kiinnitysruuvit tulisi merkitä esimerkiksi maalimerkein. Maalimerkkien tarkistaminen päivittäisessä lentopalveluksessa antaisi takuun siitä, etteivät kiinnitysruuvit ole päässeet löystymään

Korroosion vaikutukset on myös otettava huomioon. Helikopterin roottorivirta nostattaa maasta ilmaan epäpuhtauksia ja kosteutta. Nämä tekijät saattavat ajan kuluessa aiheuttaa korroosiota tukikappaleelle tai sen kiinnitysruuveille. Joko määräaikainen tarkastus ja puhdistus kappaleelle tai kappaleen suojaaminen aineella, joka estää epäpuhtauksien pääsemisen kappaleen ja ruuvien pinnoille, olisivat aiheellisia.



**Kuva 16** Nostopala asetettuna vaa'alle

Yhden nostopalan massa on noin 270 g. Massa on niin pieni, ettei neljän nostopalan jatkuvasta kiinnityksestä aiheudu huomattavaa lisäpainoa helikopterille.

## 10 Lähdeluettelo

### Painetut lähteet

- 1 Utin Jääkärirykmentin, Helikopteripataljoonan NH90-helikopterin perehdytyskurssin kurssimateriaali, 2008, ei julkinen
- 2 Flight engineer instructor academic course – ETS, 2009 , ei julkinen
- 3 Mäkelä, Soininen, Tuomola, Öistämö - Tekniikan kaavasto – Gummerus 2002, s. 107 – 108
- 4 Utin Jääkärirykmentin toimintasuunnitelma 2009, puolustusvoimien asiakirjat, ei julkinen
- 5 Saarinen, Ahti, Uusi helikopterikirja, Lahti-Kuopio Oy, Lahti 2001, 253 s.
- 6 NH90 pilots flight crew checklist TTH-TFIA IOC, lentotekniikkalaitos 2008, ei saatavilla
- 7 Utin Jääkärirykmentin lentoteknisen huolto-organisaation käsikirja, 21.4.2006 , [PVAH-asiakirja], viitattu 26.8.2009, ei saatavilla

Sähköiset lähteet

- 8 Website for the defence industries-airforce [www-sivu]. [viitattu 17.7.2009] Saatavissa: <http://www.airforce-technology.com/projects/nh90/>
- 9 NHIndustries, [www-sivu]. [viitattu 10.8.2009] Saatavissa: <http://www.hnindustries.com/>
- 10 Interactive Electronic Tecnical Publication, NH90 [viitattu 7.2009] , ei kolmannelle osapuolelle
- 11 Puolustusvoimat, [www-sivu]. [viitattu 15.8.2009] Saatavissa: [www.mil.fi](http://www.mil.fi)
- 12 MIL-STD-1553 esittely, [www-sivu]. [viitattu 20.8.2009] Saatavissa: <http://www.altadt.com/1553Tutorial-Reference.html>

## **LIITTEET**

- 1 SBP-JA-A-32-11-00-01A-A-A-001, NH90 Mandatory Service Bulletin, ei saatavilla , 12 s.
- 2 Laskutelineiden Huolto-ohje lista AS322 Super Puma, Rajavartiolaitos, Eurocopter DVD ROM Maintenance Manual, 2009-02-26 , ei saatavilla, 1 s.
- 3 Paineentarkastus ja täyttö ohje AS322 Super Puma, Rajavartiolaitos, Eurocopter DVD ROM Maintenance Manual, 2009-02-26 , ei saatavilla, 8 s.
- 4 Lentoteknillisen huoltovälineen käyttöön hyväksyntä + koekäyttö oheistus, Utin Jääkärirykmentti, TMT-järjestelmän asiakirja, ei saatavilla, 7 + 3 s.