

Analiza parametara probnih letova nakon održavanja helikoptera Bell 206B III Jetranger

Kekez, Mirko

Master's thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:828820>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-03**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Mirko Kekez

ANALIZA PARAMETARA PROBNIH LETOVA NAKON
ODRŽAVANJA HELIKOPTERA BELL 206B III JETRANGER

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2024.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA PARAMETARA PROBNIH LETOVA NAKON ODRŽAVANJA HELIKOPTERA BELL 206B III JETRANGER

ANALYSIS OF TEST FLIGHT PARAMETERS ON THE BELL 206B III JETRANGER HELICOPTER AFTER MAINTENANCE

Mentor: Izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Student: Mirko Kekez

JMBAG: 0135239546

Zagreb, svibanj 2024.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 3. svibnja 2024.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**
Predmet: **Održavanje zrakoplova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7400

Pristupnik: **Mirko Kekez (0135239546)**
Studij: **Aeronautika**

Zadatak: **Analiza parametara probnih letova nakon održavanja helikoptera Bell 206B III Jetranger**

Opis zadatka:

U uvodnom dijelu rada potrebno je opisati tehničko eksploatacijske karakteristike helikoptera Bell 206B. Na primjeru korištenja helikoptera od strane operatera, potrebno je analizirati intervale planiranog i neplaniranog održavanja te posebno radove održavanja nakon kojih je potrebno provoditi testiranje u letu. Na kraju je potrebno analizirati parametre iz probnih letova helikoptera nakon održavanja.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

SAŽETAK

U ovom diplomskom radu analizira se provođenje probnih letova na helikopteru Bell 206B III JetRanger. Opisane su karakteristike helikoptera Bell 206B III JetRanger u smislu povijesti razvoja, primjene te performansi leta. Objašnjen je način održavanja zrakoplova u vojnoj organizaciji na primjeru helikoptera Bell 206B III JetRanger. U radu su također prikazani podaci o održavanju helikoptera tijekom 12 mjeseci praćenja te njihova planirana i neplanirana održavanja. Nabrojene su i analizirane neke neispravnosti koje su se pojavljivale u tom periodu te su opisani načini provođenja probnih letova od pripreme za let do analize podataka nakon leta.

KLJUČNE RIJEČI: analiza podataka; helikopter Bell 206B; probni let; planirano održavanje; neplanirano održavanje;

SUMMARY

In this thesis is analyzed the conduct of test flights on the Bell 206B III JetRanger helicopter. The characteristics of the Bell 206B III JetRanger helicopter are described in terms of history development, application of the helicopter and flight performance. The method of aircraft maintenance in the military organization, as well as the Bell 206B III JetRanger helicopter in particular, is also explained. This thesis also presents maintenance data of three helicopters during 12 months of monitoring and their scheduled and unscheduled maintenance. Some malfunctions that appeared during that period were listed and analyzed, also the methods of conducting test flights, from flight preparation to post-flight data analysis, were described.

KEY WORDS: data analysis; Bell 206B III JetRanger helicopter; test flight: scheduled maintenance; unscheduled maintenance

Sadržaj

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Uvod | 1 |
| 2. | Karakteristike helikoptera Bell 206B III JetRanger..... | 2 |
| 2.1. | Povijest i upotreba helikoptera Bell 206B..... | 3 |
| 2.2. | Tehničke specifikacije helikoptera Bell 206B III JetRanger..... | 3 |
| 2.2.1. | Kapaciteti goriva i ulja | 5 |
| 2.2.2. | Pogonska skupina..... | 5 |
| 2.3. | Performanse leta..... | 5 |
| 2.3.1. | Ograničenja visine i brzine leta..... | 6 |
| 2.3.2. | Ograničenja mase | 7 |
| 2.4. | Avionika | 7 |
| 3. | Održavanje zrakoplova u vojnoj organizaciji..... | 8 |
| 3.1. | Kontinuirana plovidbenost..... | 8 |
| 3.2. | Sustav zrakoplovno-tehničkog održavanja | 11 |
| 3.2.1. | Vrste i modeli održavanja..... | 11 |
| 3.2.2. | Prvi stupanj održavanja (linijsko održavanje) | 12 |
| 3.2.3. | Drugi stupanj održavanja (bazno održavanje) | 13 |
| 3.2.4. | Treći stupanj održavanja | 15 |
| 3.3. | Kontrola kvalitete i nadzor održavanja | 15 |
| 3.4. | Program održavanja helikoptera Bell 206B..... | 16 |
| 3.4.1. | Propisani pregledi helikoptera..... | 16 |
| 3.4.2. | Periodični pregledi helikoptera..... | 19 |
| 4. | Analiza planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger..... | 20 |
| 4.1. | Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 1 | 20 |
| 4.2. | Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 2..... | 22 |
| 4.3. | Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 3..... | 23 |
| 4.4. | Analiza ponavljajućih neispravnosti | 26 |
| 4.5. | Izračun MTBM i MTTR za helikopter 1,2 i 3 | 26 |
| 4.5.1. | Izračun MTBM i MTTR za helikopter 1 | 28 |
| 4.5.2. | Izračun MTBM i MTTR za helikopter 2 | 29 |
| 4.5.3. | Izračun MTBM i MTTR za helikopter 3 | 31 |
| 5. | Probni letovi na helikopteru Bell 206B III JetRanger | 33 |
| 5.1. | Priprema i provedba probnog leta | 34 |
| 5.2. | Lista ispitivanja helikoptera Bell 206B | 34 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5.2.1. | Provjere prije leta | 35 |
| 5.2.2. | Provjere i rad helikoptera na zemlji | 35 |
| 5.2.3. | Provjere u lebdenju helikoptera | 36 |
| 5.2.4. | Provjere u penjanju..... | 36 |
| 5.2.5. | Provjere helikoptera u horizontalnom letu | 36 |
| 5.2.6. | Provjera snage motora | 36 |
| 5.2.7. | Provjere u autorotaciji..... | 37 |
| 5.2.8. | Provjere prilikom zaustavljanja motora..... | 37 |
| 5.3. | Različite vrste provjera prilikom probnih letova | 37 |
| 6. | Analiza parametara probnih letova | 39 |
| 6.1. | Provjere prije leta..... | 39 |
| 6.2. | Provjere i rad helikoptera na zemlji..... | 39 |
| 6.3. | Provjere helikoptera u lebdenju..... | 41 |
| 6.4. | Provjere helikoptera u penjanju..... | 41 |
| 6.5. | Provjere helikoptera u horizontalnom letu..... | 42 |
| 6.6. | Provjera snage motora | 42 |
| 6.7. | Provjere helikoptera u autorotaciji..... | 43 |
| 6.8. | Provjere prilikom zaustavljanja motora | 44 |
| 6.9. | Analiza podataka nakon leta | 44 |
| 7. | Zaključak | 48 |
| | Literatura | 49 |
| | Popis slika | 50 |
| | Popis tablica..... | 51 |
| | Kratice | 52 |

1. Uvod

U ovom diplomskom radu opisan je način provođenja probnih letova od same pripreme pilota za let do izvršavanja zadaće. Probni letovi se provode zbog provjere rada određenih sustava, komponenti, elektroničke i ostale opreme kao i kompletnih letnih karakteristika helikoptera. Provode se nakon otklanjanja određenih neispravnosti koje su se pojavile ili nakon provedbe opsežnijih redovnih radova održavanja na helikopteru. Kroz diplomski rad su osim opisa izvođenja probnog leta prikazane karakteristike helikoptera Bell 206B III JetRanger, najprodavanijeg i najzastupljenijeg helikoptera u svijetu, a koji se koristi u HRZ-u (Hrvatskom ratnom zrakoplovstvu). Iako je zastupljen kao najpouzdaniji helikopter na svijetu uvijek se kroz određeni period pojavi određena neplanirana neispravnost te su zbog toga u ovom diplomskom radu analizirani podaci planiranog i neplaniranog održavanja za 3 izabrana helikoptera iz sastava HRZ-a tijekom perioda od 12 mjeseci.

Rad je strukturiran u 7 poglavlja. Nakon uvoda, u drugom poglavlju su opisane glavne karakteristike helikoptera Bell 206B III JetRanger od povijesti i razvoja helikoptera do tehničkih karakteristika i performansi.

U trećem poglavlju naziva „Održavanje zrakoplova u vojnoj organizaciji“ prikazan je način na koji se provodi održavanje, objašnjeni su osnovni pojmovi održavanja zrakoplova koji se spominju tijekom rada. Osim toga posebno je opisano održavanje helikoptera Bell 206B III JetRanger.

Četvrto poglavlje „Analiza planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger“ prikazuje evidentirane neispravnosti koje su se pojavljivale u spomenutom periodu od 12 mjeseci. Prikazani su podaci o srednjem vremenu između održavanja i srednjem vremenu popravka, na osnovu stvarnih podataka iz knjižica helikoptera za navedeno razdoblje.

U petom poglavlju objašnjen je način provođenja probnog leta od pripreme za let do analize podataka nakon završenog testiranja, prikazane su određene vrste provjera prilikom probnih letova, nakon redovnog održavanja i neplaniranih zamjena komponenata helikoptera.

U šestom poglavlju analizirani su i prikazani stvarni podaci s provedenog probnog leta nakon redovnog održavanja.

Zaključak objedinjuje sva poglavlja rada na način da opisuje što je sve u radu prikazano i analizirano te koji su podaci proizašli nakon analize provedbe probnog leta.

2. Karakteristike helikoptera Bell 206B III JetRanger

Helikopter 206B III JetRanger je jednomotorni, višenamjenski, laki helikopter primarno konstruiran za provođenje kopnenih operacija s bilo kojeg razmjerno ravnog terena koji se koristi u mnogim vojnim i civilnim ulogama diljem svijeta. Opremljen je s pet sjedala, a minimalnu posadu čini jedan pilot koji upravlja helikopterom s desnog sjedala kabine za posadu. Pogonsku skupinu čine turbovratilni motor Rolls-Royce model 250-C20J, dvokraki polukruti glavni rotor i dvokraki polukruti repni rotor. Zmaj helikoptera čine trup polumonokoknog tipa s oplatom od aluminijske legure i fiberglasa, repni konus monokoknog tipa od aluminijske legure te aerodinamički oblikovani kapotaži koji štite sklopove ugrađene izvan trupa i repnog konusa. U trupu su smješteni kabina za posadu, kabina za putnike/teret, prtljažnik, spremnik goriva, komande leta, instrumenti, avionika i najveći dio električne opreme. S gornje strane trupa smješteni su glavni rotor, elementi transmisije glavnog rotora, motor, komande leta i hidrosustav komandi leta. S donje strane trupa ugrađeni su stalni organi tipa "skije" i uređaj za nošenje podvjesnog tereta. Na repnom konusu smješteni su vertikalni stabilizator, horizontalni stabilizator, repni rotor i elementi transmisije repnog rotora [1].

Na slici 1. prikazan je helikopter HRZ-a (Hrvatskog ratnog zrakoplovstva).



Slika 1 Helikopter Bell 206B III JetRanger HRZ-a, [2]

2.1. Povijest i upotreba helikoptera Bell 206B

Povijest i upotreba helikoptera Bell 206B obuhvaća širok spektar primjena u civilnim i vojnim sektorima, kao i značajne događaje u njegovom razvoju.

Prvi model helikoptera Bell 206 je nastao 1962. godine kao laki izviđački helikopter za vojsku SAD-a (Sjedinjene Američke Države). Nakon što se pokazalo da taj model ne ispunjava potrebe vojske, razvijen je novi model Bell 206 JetRanger, koji je poslužio kao osnova za vojnu verziju Bell OH-58. Bell 206 je opremljen motorom Allison Model 250 i postao je vrlo popularan, proizveden je u velikom broju primjeraka (oko 7500). Osnovna verzija helikoptera ima 5 sjedala, dva za pilote i tri za posadu, dok je Bell također razvio model sa sedam sjedala nazvan Bell 206 LongRanger [3].

Bell JetRanger je ušao u civilnu prodaju 1967. godine i od tada je prošao kroz tri modifikacije. Jet Ranger II je predstavljen 1971. godine, a Jet Ranger III sa izmijenjenim repnim rotorom i snažnijim motorom 1977. godine. Njegov prepoznatljiv dizajn sa glatkim linijama ostao je nepromijenjen od 1967. godine. Jet Ranger je postao vrlo popularan među medijskim kućama koje ga koriste za izvještavanje s terena, a zbog svoje pristupačne cijene i jednostavnog održavanja, dostupan je širokom krugu korisnika [3].

Uvođenjem modela Bell 206 u svoju flotu, Američka vojska je postigla svoj cilj, koristeći OH-58 Kiowa za svoje potrebe. Osim vojske, i Američka obalna straža i marinci koriste ovaj helikopter za obuku svojih snaga, nazvavši ga TH-57 SeaRanger. LongRanger se većinom koristi za evakuaciju bolesnika i kao bolnički helikopter [3].

Tijekom godina, Bell 206B je prošao kroz razne nadogradnje i modernizacije kako bi zadovoljio rastuće zahtjeve tržišta i tehnološke inovacije. To uključuje poboljšanja u avionici, performansama leta i sigurnosnim značajkama. Ukratko, povijest helikoptera Bell 206B obilježena je njegovom širokom upotrebom u različitim sektorima, od civilnog do vojnog, kontinuiranim razvojem kako bi ostao relevantan i konkurentan na tržištu zrakoplovstva.

2.2. Tehničke specifikacije helikoptera Bell 206B III JetRanger

U ovom dijelu su objašnjene neke od osnovnih tehničkih specifikacija helikoptera Bell 206B kao što su dimenzije, kapaciteti goriva, performanse i ostali bitni podaci za daljnju analizu.

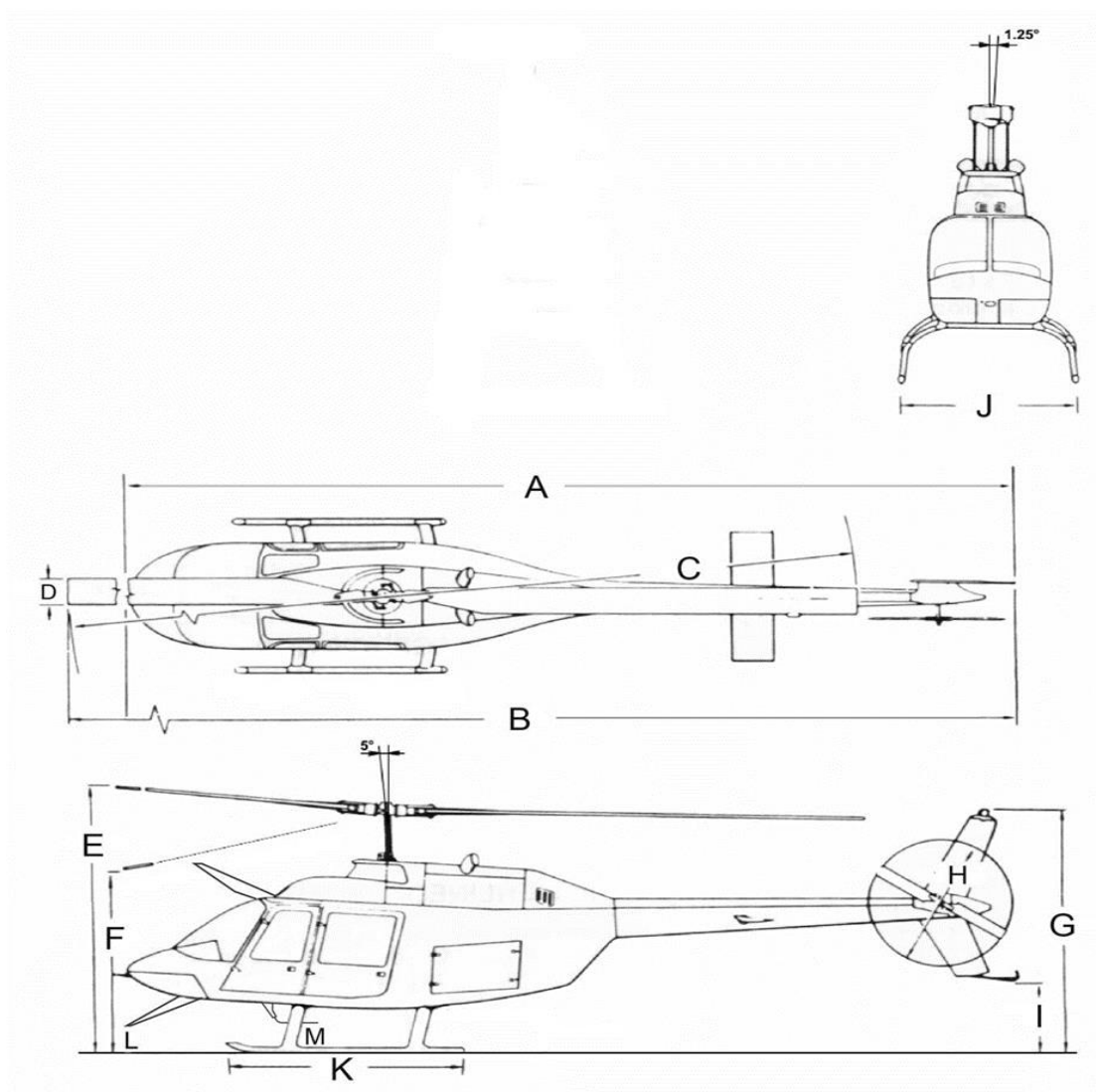
U tablici 1 prikazane su osnovne dimenzije helikoptera Bell 206B III JetRanger.

Tablica 1 Osnovne dimenzije helikoptera Bell 206B III JetRanger

| Oznaka na slici 2. | Naziv | Dimenzija (m) |
|--------------------|------------------------------|---------------|
| A | Dužina helikoptera | 9.50 |
| B | Dužina helikoptera s rotorom | 11.90 |

| Oznaka na slici 2. | Naziv | Dimenzija (m) |
|--------------------|---|---------------|
| C | Promjer rotora | 10.16 |
| D | Dužina tetive lopatice | 0.33 |
| E | Max. visina helikoptera na prednjoj lopatici | ≈ 3.00 |
| F | Min. visina helikoptera na prednjoj lopatici | ≈ 1.80 |
| G | Visina helikoptera na repu | ≈ 3.20 |
| H | Promjer repnog rotora | 1.70 |
| I | Visina repne skije | ≈ 1.00 |
| J | Razmak skija | ≈ 2.00 |
| K | Dužina skija | 2.70 |
| L | Udaljenost donjih škara od podloge | ≈ 0.30 |
| M | Udaljenost VHF (eng. <i>Very High Frequency</i>) antene od podloge | ≈ 0.40 |

Izvor: [4]



Slika 2 Osnovne dimenzije helikoptera Bell 206B III JetRanger, [4]

2.2.1. Kapaciteti goriva i ulja

Kapacitet spremnika za gorivo iznosi 92.06 US gal (348.5 L). Količina goriva koja se može iskoristiti je 91.03 US gal (344.5 L). Količina goriva koja se ne može utrošiti zbog veličine samog spremnika i pozicije gorivnih pumpi je 1.03 US gal (4.0 L).

Prosječna potrošnja goriva na max. snazi je 25-28 US gal.

U RH je dostupno gorivo oznake Jet A1 koje se koristi u helikopterima Bell 206B u sastavu Hrvatskog ratnog zrakoplovstva.

Količina ulja u motoru je 5.2 L, količina ulja u glavnom reduktoru je 4.7 L, količina ulja u repnom reduktoru je 0.175 L, kapacitet spremnika hidroulja je 0.5 L [4].

2.2.2. Pogonska skupina

Helikopter Bell 206B III JetRanger opremljen je motorom Rolls Royce 250-C20J nominalne snage 420 HP (313 kW).

Izlazna snaga po torkmetru iznosi [4]:

- najveća stalna snaga – 85 % / 270 HP (201 kW)
- snaga polijetanja - 100 % / 317 HP (236 kW)
- prijelazna snaga - 110 % / 348 HP (260 kW)

Osnovna namjena motora je da preko sustava transmisije pogoni rotore helikoptera. Maksimalna nazivna izlazna snaga na vratilu slobodne turbine motora iznosi 313 kW, no zbog ograničenja transmisije iskoristivo je približno 75 % maksimalne nazivne snage (236 kW). Ta snaga odgovara podjeli 100 % na pokazivaču torkmetra [1].

Motor je modularne izvedbe što pridonosi jednostavnijem i ekonomičnijem održavanju, a sastoji se od četiriju osnovnih sekcija (modula) [1]:

- aksijalno-radijalnog kompresora
- komore izgaranja
- sklopa turbina s kolektorom ispušnih plinova
- reduktora

2.3. Performanse leta

Bell 206B poznat i kao JetRanger, predstavlja izuzetno prilagodljiv i pouzdan helikopter s izvrsnim performansama leta za svoju kategoriju. Ovaj laki helikopter uz izvanredan omjer brzine i efikasnosti je idealan izbor za različite vrste misija, od prijevoza putnika do medicinskih evakuacija i nadzora terena. Sposobnost leta na većim brzinama i dolet koji premašuje mnoge

konkurentne čine Bell 206B III JetRanger omiljenim izborom kako u civilnom tako i u vojnom sektoru. U nastavku teksta navode se glavne performanse koje čine Bell 206B III JetRanger jednim od najtraženijih helikoptera u svojoj klasi.

2.3.1. Ograničenja visine i brzine leta

Ograničenja visine i brzine leta su prikazana u sljedećim tablicama. Za vizualno letenje vrijede sljedeća ograničenja prikazana u tablici 2.

Tablica 2 Ograničenja visine i brzine leta za VFR

| Ukupna masa helikoptera | Najveća dozvoljena visina leta | Najveća dozvoljena brzina leta (V_{NE}) |
|-----------------------------|--------------------------------|---|
| ≤ 3000 LBS (1360.8 kg) | 20000 ft (po tlaku) | 130 KIAS * (do 3000 ft po gustoći) |
| > 3000 LBS (1360.8 kg) | 13500 ft (po gustoći) | 122 KIAS * (do 3000 ft po gustoći) |

Izvor: [4]

* ili prema ograničenju na natpisu u kabini (što je manje).

Povećanjem visine iznad 3000 ft (po gustoći), za svakih 1000 ft pri ukupnoj masi helikoptera 3000 LBS (1360.8 kg) i manjoj, najveća dozvoljena brzina leta se smanjuje za 3.5 kts, a pri ukupnoj masi iznad 3000 LBS (1360.8 kg) najveća dozvoljena brzina smanjuje se za 7 kts.

Za instrumentalno letenje su ograničenja malo izmijenjena te su prikazana u tablici 3.

Tablica 3 Ograničenja visine i brzine leta za IFR

| Ukupna masa helikoptera | Najveća dozvoljena visina leta | Najveća dozvoljena brzina leta (V_{NEI}) |
|-----------------------------|--------------------------------|--|
| ≤ 3000 LBS (1360.8 kg) | 13000 ft (po tlaku) | 110 KIAS * |
| > 3000 LBS (1360.8 kg) | 8000 ft (po tlaku) | 110 KIAS * |

Izvor: [4]

2.3.2. Ograničenja mase

Najveća dozvoljena masa helikoptera u polijetanju/slijetanju [4]:

- 3200 LBS (1451.5 kg) s unutarnjim teretom
- 3350 LBS (1519.5 kg) s vanjskim teretom

Oprez!

Teret koji će uzrokovati ukupnu masu helikoptera iznad 3200 LBS (1451.5kg) mora biti obješen na kuku za vanjski teret te se s tom masom ne smiju opteretiti skije.

Najveća dozvoljena masa u teretnom prostoru - 250 LBS (113.4 kg), tj. 86 LBS / ft² (4.2 kg / dm²).

Na mjesto za putnike može se postaviti teret najveće mase 950 LBS (430 kg).

Najveća dozvoljena masa helikoptera pri korištenju kotača za vuču ne smije prelaziti 3200 LBS (1451.5 kg) [4].

2.4. Avionika

Avionika helikoptera podijeljena je u pet skupina [1]:

- komunikacijski uređaji (VHF i UHF (*Ultra High Frequency*))
- navigacijski uređaji (VOR, LOC/GS, MARKER BEACON, DME, ADF, GPS i radarski visinomjer)
- interfonski uređaj/uređaj za prikupljanje i distribuciju audiosignala elektroničke opreme
- uređaj za elektroničko legitimiranje
- VHF/UHF predajnik za spašavanje posade i putnika

Na helikopterima VFR (*Visual flight rules*) i IFR (*Instrument flight rules*) inačice svi su uređaji identični. Na helikopterima NVG (*Night vision goggle*) inačice dio uređaja se razlikuje u odnosu na uređaje helikoptera VFR i IFR inačice [1].

3. Održavanje zrakoplova u vojnoj organizaciji

U Pravilniku o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova iz NN (50/2022) propisani su uvjeti plovidbenosti i uporabe vojnih zrakoplova, sustav zrakoplovno-tehničkog održavanja, održavanje vojnih zrakoplova i zrakoplovnih komponenti, zrakoplovno-tehničko osoblje te njegovo osposobljavanje, kontrola radova, nadzor i mjere sigurnosti prilikom održavanja vojnih zrakoplova i zrakoplovnih komponenti [5].

Održavanje zrakoplova i tehnička kontrola održavanja provodi se prema programima održavanja zrakoplova, koje izrađuje ustrojstvena jedinica Zapovjedništva HRZ-a nadležna za upravljanje i nadzor kontinuirane plovidbenosti pod nadzorom glavnog inženjera održavanja (GIO-a) Zapovjedništva HRZ-a [5].

Program održavanja sadrži postupke održavanja i preglede za svaki tip zrakoplova, rokove i način provedbe koji su određeni namjenom i uvjetima uporabe, zrakoplovno tehničkom (ZT) dokumentacijom proizvođača, servisnim biltenima, obavijestima i zrakoplovnim direktivama [5].

3.1. Kontinuirana plovidbenost

Kontinuirana plovidbenost su svi procesi koji osiguravaju da, u bilo koje vrijeme u svojem radnom vijeku, zrakoplov udovoljava zahtjevima za plovidbenost koji su na snazi i u stanju je za sigurnu zračnu plovidbu [5].

Zrakoplovi i komponente su tehnički ispravni i udovoljavaju tehničkim zahtjevima plovidbenosti ako [5]:

- ispunjavaju uvjete funkcionalne ispravnosti za izvršenje zadaće
- imaju važeći resurs
- su uklonjene utvrđene neispravnosti
- su izvedene preinake i provedeni pregledi i popravci u skladu s odobrenim programom održavanja
- su provedeni svi obavezni servisni bilteni i izvršene zrakoplovne direktive
- su provedene potrebne mjere na temelju naredbi nadležnog tijela, u reagiranju na problem vezan za sigurnost letenja
- je provedena neposredna priprema zrakoplova za uporabu
- su provedeni probni letovi, kada je to potrebno
- posjeduju kompletnu i pravilno popunjenu zrakoplovno tehničku dokumentaciju (u daljnjem tekstu ZT dokumentacija).

Postoje tri različita stanja funkcionalne ispravnosti zrakoplova, a koja se određuju na temelju LMPO-a (lista minimalno potrebne opreme) koja je propisana za svaki zrakoplov u priručniku za upotrebu istog ili prema odluci odgovorne osobe.

Stanje funkcionalne ispravnosti je sposobnost zrakoplova za izvršenje zadaće, a utvrđuje se kao [5]:

- »stanje S« kada je zrakoplov potpuno tehnički i funkcionalno ispravan i sposoban za izvršenje zadaća u skladu s namjenom
- »stanje DS« kada je zrakoplov tehnički neispravan, ali je funkcionalno ispravan i sposoban za izvršenje zadaće koju može sigurno izvršiti prema jednoj ili više namjena
- »stanje N« kada je zrakoplov tehnički i funkcionalno neispravan i nesposoban za izvršenje zadaće.

Zrakoplovi se, nakon periodičnog pregleda, obnove, popravka većih oštećenja, zamjene motora ili izvedenih promjena za upravljivost i stabilnost zrakoplova koriste isključivo nakon provjere rada na zemlji i u probnom letu.

Na slici 3 na sljedećoj stranici je prikazana potvrda o plovidbenosti vojnog zrakoplova.

POTVRDA O PLOVIDBENOSTI (CERTIFICATE OF AIRWORTHINESS)

| | | | |
|--|--|--|--|
| Potvrda o plovidbenosti broj <i>Airworthiness Certificate No.</i> | | Potvrda o registraciji broj <i>Registration Certificate No</i> | |
| REPUBLIKA HRVATSKA MINISTARSTVO OBRANE Samostalna služba za vojni zračni i pomorski promet | | REPUBLIC OF CROATIA MINISTRY OF DEFENCE Military aviation authority | |
|  | | | |
| POTVRDA O PLOVIDBENOSTI VOJNOG ZRAKOPLOVA CERTIFICATE OF AIRWORTHINESS FOR THE MILITARY AIRCRAFT | | | |
| Registracijska oznaka zrakoplova <i>Registration of the aircraft</i> | Tip zrakoplova <i>Aircraft type</i> | Podaci o proizvodnji <i>Manufacturing data</i> | |
| _____ | _____ | Serijski broj <i>Serial No.</i> | Godina proizvodnje <i>Year of mfg</i> |
| | Tip motora <i>Engine type</i> | _____ | _____ |
| | _____ | | |
| Proizvođač zrakoplova <i>Manufacturer of the aircraft</i> | | _____ | |
| Vlasnik zrakoplova <i>Owner of the aircraft</i> | | _____ | |
| Adresa vlasnika <i>Address of the owner</i> | | _____ | |
| Korisnik zrakoplova <i>Operator of the aircraft</i> | | _____ | |
| Adresa korisnika <i>Address of the operator</i> | | _____ | |
| Ovom Potvrdom opisani zrakoplov, koji je provjerila Samostalna služba za vojni zračni i pomorski promet na temelju članka 5. Pravilnika o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova, proglašava se plovidbenim za zrakoplovne operacije uz uvjet da su zrakoplovne operacije i aktivnosti održavanja zrakoplova provedene u skladu s važećim propisima. | | | |
| <i>It is hereby certified that the above described aircraft has been inspected by the Military Aviation Authority of the Ministry of Defence, according to the article 5. Ordinance of military aircraft airworthiness and maintenance, and has been declared airworthy to perform flight operations, provided that this operations and the maitenance will be carried out in according to the relevant instruction.</i> | | | |
| Oprema podložna posebnim odobrenjima: <i>Equipments subject to special permit:</i> | | | |
| M.P. | | | |
| Datum izdavanja / <i>Date of issuance:</i> | | Voditelj / Head | |
| _____ | | | |

Slika 3 Potvrda o plovidbenosti vojnih zrakoplova, [5]

3.2. Sustav zrakoplovno-tehničkog održavanja

Sustav zrakoplovno-tehničkog održavanja obuhvaća planiranje, organiziranje i tehničku pripremu za uporabu, opsluživanje, dnevne, tjedne i periodične preglede, popravke, preinake, obnovu i čuvanje zrakoplova i komponenti te nadzor i kontrolu održavanja [5].

Nadležnosti u održavanju helikoptera Bell 206B III JetRanger su podijeljene tako da Samostalna služba za vojni zračni i pomorski promet provodi certificiranje helikoptera Bell 206B III JetRanger, zrakoplovno tehničkog osoblja i organizacija za održavanje validacijom potvrda koje je izdala odobrena organizacija održavanja ili potvrda koje su izdala nadležna nacionalna civilna ili vojna tijela [6].

3.2.1. Vrste i modeli održavanja

Održavanje zrakoplova se može podijeliti na dvije osnovne vrste, a to su preventivno održavanje i korektivno održavanje.

Preventivno održavanje su planirane aktivnosti održavanja zrakoplova i komponenti, a provodi se prema odobrenom programu održavanja po vremenskom ili radnom resursu te stanju helikoptera prije neispravnosti ili otkaza.

Korektivno održavanje su aktivnosti održavanja koje zbog funkcionalne neispravnosti ili kvara zrakoplova ili komponenti provode sve razine održavanja u skladu s Programom održavanja i odobrenjem za održavanje [5].

Ovisno o tipu održavanje zrakoplova i komponenti provodi se kroz dva modela i to [5]:

- održavanje prema resursima (eng. *Hard Time Maintenance*)
- održavanje prema stanju (eng. *On Condition Maintenance*).

Modeli održavanja utvrđuju se Programom održavanja za svaki tip zrakoplova.

Prethodno navedeno održavanje prema resursima se provodi prema unaprijed zadanim resursima te se u HRZ-u provodi kroz tri stupnja održavanja.

Održavanje prema stanju se provodi kroz dvije razine [5]:

- linijsku razinu, koja obuhvaća opsluživanje, planirane preglede, mjerenja degradacije tehničkih parametara, zamjene sklopova, manje popravke i podešavanja
- baznu razinu, koja obuhvaća najsloženije popravke i preinake koje se provode radi obnove degradiranih tehničkih parametara zrakoplova i/ili komponenti.

Prvi stupanj održavanja istovjetan je s linijskom razinom, a drugi i treći stupanj s baznom razinom održavanja zrakoplova i komponenti.

3.2.2. Prvi stupanj održavanja (linijsko održavanje)

Prvim stupnjem održavanja (linijsko održavanje) osigurava se priprema i pregledi zrakoplova ili komponenti za pravodobnu pripremu i sigurnu provedbu zadaća te uklanjanje manjih neispravnosti, smještaj, vuču i čuvanje zrakoplova i komponenti [5].

Prvi stupanj održavanja (linijsko održavanje) obuhvaća [5]:

- tjedne preglede
- neposrednu pripremu zrakoplova
- međuletni pregled i opsluživanje tijekom uporabe
- uklanjanje jednostavnijih neispravnosti i zamjenu komponenti koje ne zahtijevaju složenije funkcionalne provjere na zemlji
- izvlačenje, uvlačenje i vuču zrakoplova
- smještaj, čuvanje i održavanje zrakoplova izvan uporabe
- prihvat zrakoplova u prolazu
- izvanredni pregled
- periodične preglede nižeg obujma složenosti koji ne zahtijevaju provedbu probnog leta, a definirani su u Programu održavanja za svaki pojedini tip zrakoplova kao što su progresivni fazni pregledi, 25, 50-satni pregledi plovaka, šestomjesečni pregledi i sl.).

Prvi stupanj održavanja (linijsko održavanje) jednog zrakoplova provodi tim ovlaštenih zrakoplovnih tehničara koji čine [5]:

- nadležni zapovjednik održavanja
- ZT kontrolori
- zrakoplovni tehničar za zrakoplov i motor (u daljnjem tekstu tehničar ZIM)
- zrakoplovni tehničar za instrumente, radio i elektroopremu (u daljnjem tekstu tehničar IRE)
- zrakoplovni tehničar za zrakoplovno naoružanje (u daljnjem tekstu tehničar ZN), ako je zrakoplov opremljen sustavima naoružanja.

Tim zrakoplovnih tehničara u skladu sa ZT dokumentacijom i programom održavanja, određuje nadležni zapovjednik postrojbe.

Tijekom godine svaki tjedan postoji jedan tehnički dan kada tehničari obavljaju tjedne preglede zrakoplova gdje se utvrđuju možebitni nedostaci i manje neispravnosti koje se, ako postoje, upisuju u knjižicu zrakoplova te se nakon toga uklanjaju.

Kada se svi eventualni nedostaci utvrde te kada je zrakoplov spreman i ispravan za pokretanje, izvodi se pokretanje zrakoplova na stajanci. U slučaju da je zrakoplov ispravan pokretanje može odraditi pilot, a u slučaju da je na zrakoplovu neka komponenta zamijenjena ili se smatra neispravnim pokretanje obavlja isključivo probni pilot.

Prije svakog pokretanja pilot izvršava prijeletni pregled helikoptera uz pratnju tehničara koji ga izvještava o stanju helikoptera i radovima koji su obavljani ako ih je bilo.

Nakon izvršenog prijeletnog pregleda pilot potpisuje knjižicu helikoptera te može nastaviti s pokretanjem motora. Pokretanje helikoptera dopušteno je isključivo pilotima helikoptera te se u kabini može nalaziti samo letačko osoblje. Tehničar se nalazi ispred helikoptera na sigurnoj udaljenosti u vidnom dijelu pilota.

U slučajevima kada je za provedbu provjera u letu potrebno rukovanje dodatno ugrađenom opremom za mjerenje vibracija glavnog i repnog rotora, vibracija motora, kompenzacije magnetskog kompasa te kada postoje potrebe otkrivanja specifičnih neispravnosti, dozvoljeno je da uz probnog pilota u letu sudjeluje ovlašteno zrakoplovno-tehničko osoblje.

3.2.3. Drugi stupanj održavanja (bazno održavanje)

Drugi stupanj održavanja, bazno održavanje, provodi se radi obnove resursa i osiguranja ispravnosti i pouzdanosti za sigurnu uporabu zrakoplova tijekom odobrenog resursa.


Drugi stupanj održavanja, bazno održavanje, obuhvaća [5]:

- periodični pregled VZ-a
- progresivno fazne preglede koji zahtijevaju provjeru zrakoplova u letu
- zamjene komponenti zrakoplova koje zahtijevaju složenije funkcionalne provjere na zemlji i/ili provjeru zrakoplova u letu
- popravak i podešavanje zrakoplova i komponenti, koji zahtijevaju složenije funkcionalne provjere na zemlji i/ili provjeru zrakoplova u letu
- manje promjene zrakoplova i komponenti
- pomoć nižim i višim stupnjevima održavanja
- prihvat zrakoplova u prolazu
- smještaj, čuvanje i održavanje zrakoplova izvan uporabe
- izvanredni pregled zrakoplova.

Drugi stupanj održavanja, bazno održavanje, provodi ovlašteno ZT osoblje VOO-a(Vojna organizacija održavanja) ili OOO-a(Ovlaštena organizacija održavanja) prema potrebi.

Nakon održavanja zrakoplova izdaje se dokument kojim se sredstvo vraća natrag u uporabu. Taj dokument se naziva potvrda o vraćanju u uporabu te se izdaje se na temelju izvješća o provedenim radovima (slika 4.).

POTVRDA O VRAĆANJU U UPORABU (CERTIFICATE OF RELEASE TO SERVICE)

| | | |
|--|---|--|
|  <p>REPUBLIKA HRVATSKA Ministarstvo obrane Samostalna služba za vojni zračni i pomorski promet REPUBLIC OF CROATIA Ministry of defence Military aviation authority</p> | <p>POTVRDA O VRAĆANJU U UPORABU CERTIFICATE OF RELEASE TO SERVICE</p> | <p>3. Broj potvrde <i>Certificate Ref. No</i></p> |
| <p>4. Naziv i adresa odobrene organizacije/ Broj odobrenja <i>Approved Organisation Name and Address/Approval number</i></p> | | <p>5. Radni nalog/ugovor/faktura <i>Work Order/Contract/Invoice</i></p> |
| <p>6. Tip i registracijska oznaka zrakoplova <i>Aircraft type and registration</i></p> | <p>7. Broj potvrde o plovidbenosti <i>Certificate of Airworthiness no.</i></p> | <p>8. Ukupno sati naleta <i>Total flight hours</i></p> |
| <p>9. Provedeni radovi <i>Work performed</i></p> | | |
| <p>10. Napomene <i>Remarks</i></p> | | |
| <p>11. Vraćanje u uporabu prema:</p> <p><input type="checkbox"/> Pravilniku o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova. <i>Release to service in accordance with Military Aviation Authority maintenance protocols</i></p> <p><input type="checkbox"/> Drugi propisi navedeni u polju 10 <i>Other regulation specified in Block 10.</i></p> | <p>12. Potvrđuje da su, osim ako nije drukčije navedeno u polju 10, radovi navedeni u polju 9. i opisani u polju 10 provedeni u skladu s Pravilnikom o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova i, što se tiče navedenih radova, zrakoplov se smatra spremnim za vraćanje u uporabu. <i>Certifies that unless otherwise specified in Block 10, the work identified in block 9 and described in Block 10, was accomplished in accordance with Military Aviation Authority maintenance protocols and in respect to that work the aircraft is considered ready for release to service.</i></p> | |
| <p>13. Datum (dan/mjesec/godina) <i>Date (dd/mm/yyyy)</i></p> | <p>14. Broj ovlaštenja <i>Authorisation Number</i></p> | <p>15. Ime i potpis ovlaštene osobe <i>Authorised name and signature</i></p> |

Slika 4 Potvrda o vraćanju u uporabu, [5]

3.2.4. Treći stupanj održavanja

Održavanje u OOO-u provodi se radi obnove utvrđenog resursa ili dovođenja u ispravno stanje nakon nesreće, oštećenja, veće neispravnosti ili nedostatnih kapaciteta za održavanje u VOO-u, a obuhvaća [5]:

- obnovu (remont) zrakoplova, sustava i uređaja
- popravak zrakoplova, sustava i uređaja prije isteka resursa
- popravak nakon nesreće ili oštećenja zrakoplova
- preinake (modifikacije, modernizacije) zrakoplova i komponenti
- najsloženije promjene na zrakoplovu
- izradu i homologaciju sustava i uređaja
- konstruiranje, izradu i homologaciju specijalne opreme i alata
- prenamjenu i homologaciju zrakoplova
- izradu nastavnih sredstava
- popravak i umjeravanje opreme, alata i pribora.

3.3. Kontrola kvalitete i nadzor održavanja

U kontroli kvalitete i nadzoru održavanja vojnih zrakoplova ključno je osigurati da svi postupci održavanja zadovoljavaju visoke standarde sigurnosti i operativne sposobnosti. To uključuje redovite provjere i inspekcije, implementaciju propisanih protokola i procedura, kao i vođenje detaljnih evidencija o svim aspektima održavanja.

Nadzor održavanja također obuhvaća praćenje svih zrakoplova, detekciju potencijalnih problema i brzo reagiranje na iste zbog osiguranja neprekidne operativnosti zrakoplovnog sustava. Sve su ove aktivnosti ključne za očuvanje operativne sposobnosti vojnih zrakoplova i sigurnosti osoblja.

Kontrola kvalitete obuhvaća provjeru [5]:

- primjene tehničkih normi i propisa o održavanju
- isprava i knjige zrakoplova i ZT dokumentacije
- kvalitete ugrađenih materijala i pričuvnih dijelova
- kvalitete obavljenih radova i usluga
- dozvola ZT osoblja, njihove stručne sposobnosti
- organizacije rada i procesa održavanja
- ispravnosti opreme, uređaja i alata za održavanje
- ispravnosti opskrbe i opsluživanja.

Kontrolu i nadzor kvalitete održavanja provode [5]:

- ZT kontrolori stalnom i neposrednom kontrolom
- nadležni zapovjednici nadzorom održavanja
- GIO HRZ-a ili GIO VOO-a
- nadzornici nadležnog tijela.

3.4. Program održavanja helikoptera Bell 206B

Program održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger je temeljni dokument kojim se implementiraju zahtjevi zrakoplovno-tehničkog održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger definirani tehničkom dokumentacijom proizvođača helikoptera sa zahtjevima definiranim važećim Pravilnikom o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova i drugim srodnim regulativnim dokumentima, propisanim od strane Ministarstva obrane i OSRH (Oružane Snage Republike Hrvatske).

Program održavanja sadrži obvezne postupke održavanja i preglede za helikopter Bell 206B III JetRanger, rokove i način njihove provedbe, a koji su određeni namjenom i uvjetima uporabe helikoptera, zrakoplovno-tehničkom dokumentacijom proizvođača i odredbama Pravilnika.

Program održavanja određuje objekte održavanja (helikopter, sustav, uređaj, komponentu), te obujam i periodičnost izvršenja radova tehničkog održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger.

Pravovremeno i kvalitetno provođenje radova zrakoplovno-tehničkog održavanja, osigurava održavanje zadane razine raspoloživosti helikoptera za letenje [7].

3.4.1. Propisani pregledi helikoptera

Status liste (liste odobrenih resursa), liste pregleda i ispitne liste su dokumenti definirani zrakoplovno tehničkom dokumentacijom helikoptera Bell 206B III JetRanger i pripadajućih komponenti. Status liste usvojene za helikopter Bell 206B III JetRanger definiraju se na osnovu vremenskog perioda, sati rada (naleta), brojem ciklusa te broja slijetanja, a propisani su u priručniku od proizvođača.

Minimum kojem sve liste moraju udovoljavati su zahtjevi propisani od strane proizvođača helikoptera ili komponente.

Pregledi se provode kada su helikopter ili komponenta ispunili svoj satni, vremenski resurs odnosno broj ciklusa:

- Satni resurs (vrijeme leta) je vrijeme od kada se helikopter odvojio od tla do trenutka kada je sletio odnosno dotaknuo tlo.

- Vremenski resurs je kalendarsko vrijeme od kada je određena komponenta ugrađena ili od kada je završen pregled ili kako proizvođač komponente odredi u pratećoj dokumentaciji, bitno je naglasiti da se vremenski resurs ne prestaje računati konzerviranjem helikoptera.
- Radni ciklus definira se kao pokretanje ili pokušaj pokretanja komponente helikoptera odnosno motora [7].






















Tako postoji lista komponenti u kojoj je definirano od strane proizvođača nakon koliko sati se određeni dio treba zamijeniti odnosno vremenski resurs komponenti helikoptera Bell 206B III JetRanger. Vremenski resurs komponenti je također podijeljen na remontni resurs i životni vijek. Razlog tome je što određene komponente zahtijevaju zamjenu nakon određenog broja sati bez obzira jesu li još uvijek ispravne (životni vijek). S druge strane određene se komponente nakon određenog broja sati mogu poslati na remont te kasnije ponovno ugraditi, naravno ispravne nakon radova na remontu.

Za primjer se može izdvojiti da starter generator ima remontni resurs od 1000h, mast 3000h, dok npr. jednosmjerna spojnica ima životni vijek 3000h, lopatice glavnog rotora 5000h, repnog rotora 3000h [7].

Vrste pregleda helikoptera su [7]:

- Redoviti pregled helikoptera
- Redoviti pregled motora
- Redoviti pregled ugrađene opreme
- Izvanredni pregled
- Pregled u svrhu provedbe zrakoplovnih naredbi, servisnih biltena i servisnih pisama

Na slici 5 je prikazan primjer iz Bell priručnika za održavanje, životni vijek određenih komponenti za dijelove glavnog rotora helikoptera.

| COMPONENT | PART NUMBER  | AIRWORTHINESS LIFE |
|---|---|--|
| MAIN ROTOR HUB AND BLADES (CONT) | | |
| Strap Retention Fitting | 206-010-155-011/-015 |  1200 hours |
| Latch Bolt | 206-010-169-001/-003 |  |
| Main Rotor Blade | 206-010-200-029 |  |
| Main Rotor Blade | 206-010-200-033/-133/-137/ -139/-141/-145/-149/-151/-153 |  5000 hours |
| Main Rotor Trunnion | 206-011-113-001 |  2400 hours |
| Main Rotor Trunnion | 206-011-113-103/-105 |  4800 hours |
| Latch Bolt | 206-011-122-003 |  |
| Strap Retention Fitting | 206-011-124-001 | 2400 hours |
| Strap Retention Pin | 206-011-125-001 | 1200 hours |
| Strap Retention Pin | 206-011-125-105 | 2500 hours |
| Main Rotor Grip | 206-011-132-009/-113 |  4800 hours |
| Strap Retention Fitting | 206-011-140-001 | 1200 hours |
| Tension Torsion Strap | 206-011-147-001/-003/-005/-007 |   1200 hours/24 months |
| Strap Retention Fitting | 206-011-150-101/-105 | 2400 hours |
| Tension Torsion Strap | 206-011-154-101/-103/-105/-107 |   1200 hours/24 months |
| Latch Bolt | 206-011-260-101 |   1200 hours |
| Latch Bolt | 206-011-260-103 |  2500 hours |
| Tension Torsion Strap | 206-310-004-101/-103 |  1200 hours/48 months |
| SWASHPLATE AND SUPPORT | | |
| Upper Collective Tube | 206-001-024-017/-027 |  4800 hours |
| Lower Collective Tube | 206-001-194-001 | 4800 hours |
| Lower Cyclic Tube | 206-001-194-005 | Unlimited |
| Lower Cyclic Tube | 206-001-194-101 |  15,000 hours |
| Bellcrank Support | 206-001-521-005/-006 |  |
| Bellcrank Support | 206-001-521-013/-014 |  |

Slika 5 Životni vijek komponenti glavnog rotora helikoptera Bell 206B III JetRanger, [8]

3.4.2. Periodični pregledi helikoptera

Periodični pregled provodi se radi pouzdanog rada helikoptera do idućeg pregleda provjerom, utvrđivanjem i otklanjanjem neispravnosti nakon propisanih sati rada (leta) ili vremena uporabe, u skladu s uporabnom zrakoplovno tehničkom dokumentacijom helikoptera Bell 206B III JetRanger i pripadajućih komponenti (motora).

Broj sati rada (leta) ili vremena uporabe između periodičnih pregleda za helikopter Bell 206B III JetRanger određen je priručnikom održavanja.

Osnovni periodični pregled helikoptera Bell 206B III JetRanger izražen u satima naleta, provodi se nakon 100 sati leta helikoptera, a vremenski jednom u 12 mjeseci.

Osim 100h ili 12 mjeseci, redovni pregledi na helikopteru Bell 206B III JetRanger su 300h, 1200h, tjedni, 6 mjeseci, 12 mjeseci, 24 mjeseca.

Za potpunu i kvalitetnu provedbu periodičnog pregleda odgovoran je nadležni zapovjednik održavanja i ZT osoblje koje je radove provelo, evidentiralo i potpisom ovjerilo u ZT dokumentaciji helikoptera [7].

4. Analiza planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger

U ovom dijelu diplomskog rada prikazani su i analizirani podaci o planiranom i neplaniranom održavanju helikoptera Bell 206B III JetRanger iz flote HRZ-a. Poznato je kako je primarni cilj održavanja zadržati što veću raspoloživost helikoptera za izvršavanje svih zadaća za koje su predviđeni. Prema navedenim podacima napravljen je izračun srednjeg vremena helikoptera u radu između dva održavanja te izračun srednjeg vremena kada je helikopter bio na zemlji zbog planiranog ili neplaniranog održavanja. Analizom prethodno navedenih podataka se dobija uvid u raspoloživost helikoptera.

Helikopter Bell 206B III JetRanger kao što je već spomenuto ima razne svrhe primjene, ali u HRZ-u služi uglavnom za školovanje kadeta vojnih pilota te se većina letova odvija upravo kroz različite letačke obuke koje se provode svakodnevno tijekom većeg dijela godine. U HRZ-u je još od 1997. godine, dakle 27 godina. S obzirom na već tako dugotrajno korištenje ovog tipa helikoptera u HRZ-u u ovom dijelu rada će biti prikazani podaci o satima naleta, planiranim i neplaniranim održavanjima te eventualnim učestalim otkazima koji su se pojavljivali tijekom godina ako ih je bilo. Zbog količine podataka podaci će biti prikazani za period od 12 mjeseci.

Podaci koji su prikazani su iz tehničkih knjižica tri helikoptera Bell 206B III JetRanger iz sastava HRZ-a koji će u daljnjem tekstu biti prikazani kao 1,2 i 3, zbog zaštite podataka.

4.1. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 1

U tablici 4 je prikaz planiranog održavanja helikoptera 1 za period od 12 mjeseci koji u tablici nisu označeni kao mjeseci u godini nego mjeseci od početka praćenja za potrebe ovog diplomskog rada.

Tablica 4 Planirano održavanje helikoptera 1

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) na kojima je odrađen pregled | 100 satni povremeni pregled | 300 satni povremeni pregled |
|---------------------------|--|-----------------------------|-----------------------------|
| 1 | 6251 | + | |
| 5 | 6345.9 | + | |
| 10 | 6445.4 | | + |
| 12 | 6480 | | |
| Ukupan nalet u 12 mjeseci | 229 | 2 | 1 |

Početak praćenja helikoptera započeo je na 6251 h naleta. Periodični pregled helikoptera provodi se svakih 100 h ili vremenski svakih 12 mjeseci. U zadnjem 12. mjesecu praćenja helikopter je imao 6480 h što znači da je u 12 uzastopnih mjeseci helikopter ukupno letio 229 h. Iz prethodno navedene tablice može se vidjeti da je helikopter u tom periodu odradio dva 100 satna pregleda te jedan 300 satni.

Tijekom izabranog perioda od 12 mjeseci postoji i nekoliko razloga neplaniranog održavanja od kojih su neki uočeni od strane pilota tijekom letenja, a neki od strane tehničara prilikom planiranog održavanja.

U tablici 5 su prikazani razlozi neplaniranog održavanja po mjesecu praćenja.

Tablica 5 Neplanirano održavanje helikoptera 1

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) | Neispravnost | Radovi održavanja nakon utvrđene neispravnosti |
|--------------------|-----------------|--|---|
| 1 | 6275 | - Pokazivač goriva pokazuje krive vrijednosti - Argus ne reagira na pritisak tipki | Zamjena dijela – proba na zemlji |
| 2 | 6277 | Puknuće na vanjskoj oblozi komore izgaranja | Zamjena dijela - proba na zemlji |
| 3 | 6293 | Prekoračenje TQ 104 % | Inspekcija sukladno priručniku |
| 4 | 6306 | Pokazivači N1,N2,NR neispravno pokazuju | Zamjena dijela – pokretanje na zemlji |
| | 6308 | NR veći za 1,5 % | Zamjena instrumenta – pokretanje na zemlji |
| | 6312 | Neispravnost LDG lights | Zamijenjen relej |
| | 6344 | Na NAV stanicama ne radi STBY tipka | Zamijenjen dio |
| 5 | 6346 | Korozija na vijcima kompresorskih obloga | Zamijenjeni vijci – pokretanje u sklopu redovnog pregleda |
| | 6361 | Pregled lopatica gl.rotora zbog mogućeg oštećenja | Izvršen pregled |
| 6 | 6364 | Pogrešno pokazivanje desnog HSI-a 30°-40° | Zamijenjen dio – proba na zemlji |
| | 6365 | <ul style="list-style-type: none"> • HSI lijevi ne radi, RMI ne radi • Graničnik mahanja se ne vraća | <ul style="list-style-type: none"> • Zamijenjen dio – proba na zemlji • Graničnik mahanja očišćen |
| | 6366 | Graničnik mahanja se ne vraća | Zamjena dijela – pokretanje na zemlji |

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) | Neispravnost | Radovi održavanja nakon utvrđene neispravnosti |
|--------------------|-----------------|---|--|
| 6 | 6371 | Nejednolično otvaranje gasa | Izvršeno čišćenje i podmazivanje sajle gasa |
| 7 | 6401 | <ul style="list-style-type: none"> Komad plastike iznad vrata se odvojio Neispravan blower | <ul style="list-style-type: none"> Zamjena dijela |
| 10 | 6446 | <ul style="list-style-type: none"> Na 300 satnom pregledu uočeno oštećenje savitljive cijevi dovoda zraka na hladnjak ulja transmisije | <ul style="list-style-type: none"> Zamijenjen dio – check run |
| 12 | 6480 | <ul style="list-style-type: none"> Neispravna NAV 1 stanica | <ul style="list-style-type: none"> Zamijena dijela |
| Ukupno | | 19 neispravnosti | |

Prema navedenim podacima se može vidjeti da je na helikopteru 1 tijekom 12 mjeseci i ukupno 229 h naleta došlo do 19 neplaniranih pregleda. Neki od tih neispravnosti su uočene tijekom planiranog održavanja te su tada iste i otklonjene. U tablici se također vidi da je npr. u 5 mjesecu održavanja pregledana lopatica glavnog rotora zbog mogućeg oštećenja što je prijavio pilot, ali oštećenja nije bilo pa nije bilo potrebe za daljnjim postupanjem i zamjenom lopatice.

Isto tako vidljivo je kako su se neke neispravnosti ponavljale tri leta uzastopno jer se nakon radova na probnom letu nisu otklonile (6. mjesec praćenja).

4.2. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 2

U tablici 6 prikazani su podaci o planiranom održavanju helikoptera 2, ovaj helikopter je u periodu od 12 mjeseci imao nešto manje naleta za razliku od prethodno navedenog helikoptera što je vidljivo po podacima iz tablice tako da nije naveden 300 satni pregled jer do njega u navedenih 12 mjeseci nije došlo.

Tablica 6 Planirano održavanje helikoptera 2

| Redni broj mjeseca | Sati naleta na kojima je odraden pregled | 100 satni povremeni pregled |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | 3714 | + |
| 8 | 3810 | + |
| 12 | 3890 | |
| Ukupan nalet u 12 mjeseci | 176 | 2 |

Iz tablice je vidljivo kako je početak praćenja helikoptera 2 započeo na 3714 sati naleta kada je obavljen 100 satni pregled, nakon 8 mjeseci obavljen je drugi 100 satni pregled nešto malo prije nego je bilo potrebno. U programu održavanja je navedeno da je po priručniku od proizvođača dopušteno odstupanje +/- 10% od propisanog satnog odnosno vremenskog resursa.

Navedena odstupanja dozvoljena su isključivo na planirane redovite preglede, a nikako se ne smiju provoditi u slučaju prekoračenja propisanog resursa neke od komponenti.

Ovaj helikopter je u 12 mjeseci praćenja ostvario ukupno 176 sati naleta.

U sljedećoj tablici 7 je navedeno neplanirano održavanje helikoptera 2.

Tablica 7 Neplanirano održavanje helikoptera 2

| Redni broj mjeseca | Sati naleta | Neispravnost | Način obrade neispravnosti |
|----------------------------|-------------|--|------------------------------|
| 1 | 3715 | Oštećena lopatica glavnog rotora | Zamjena – probni let |
| 3 | 3734 | Puknuta žica osiguranja na matici od FCU | Provjera na zemlji |
| | 3739 | Neispravan pilotski UH | Zamjena – provjera na zemlji |
| 5 | 3740 | Neispravan graničnik mahanja | Zamjena – provjera na zemlji |
| 8 | 3810 | Oštećen kabel svjećice | Zamjena – probni let |
| | 3812 | Neispravno fleksibilno crijevo hladnjaka hidro spremnika | Zamjena – probni let |
| 12 | 3890 | Neispravan prekidač LDG lights | Zamjena dijela |
| Ukupno u 12 mjeseci | | 7 neispravnosti | |

Iz tablice 6 je vidljivo kako je u 12 mjeseci praćenja i ukupno 176 sati naleta bilo ukupno 7 neplaniranih održavanja helikoptera. Po ovome je vidljivo kako je helikopter 2 imao dosta manje neplaniranog održavanja od helikoptera 1 iz prošlog poglavlja bez obzira na nekih 50-ak sati naleta manje.

4.3. Analiza praćenja planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 3

U sljedećoj tablici 8 je navedeno planirano održavanje helikoptera 3.

Tablica 8 Planirano održavanje helikoptera 3

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) na kojima je odrađen pregled | 100 satni povremeni pregled |
|----------------------------------|--|-----------------------------|
| 1 | 3170 | / |
| 2 | 3191 | + |
| 11 | 3284 | + |
| 12 | 3291 | / |
| Ukupan nalet u 12 mjeseci | 121 | 2 |

U tablici 8 je vidljivo da je ovaj helikopter imao najmanje naleta od 3 navedena u ovom radu. S ukupno 121 h naleta u 12 mjeseci imao je ukupno dva 100 satna pregleda iz razloga što je u 2 mjesecu praćenja bio prvi te onda u 11 mjesecu praćenja drugi. Opet je vidljivo da je drugi 100 satni pregled napravljen nešto ranije, nakon 93 sata, ali kao što je već spomenuto u ranijem poglavlju, unutar dopuštenih odstupanja po programu održavanja helikoptera Bell 206B.

U tablici 9 je prikazano neplanirano održavanje helikoptera 3 kojeg je s obzirom na broj sati bilo poprilično dosta, ali potrebno je naglasiti kako je bilo nekoliko probnih letova uzastopno nakon provođenja 100 satnog pregleda u 11 mjesecu praćenja po tablici 7.

Tablica 9 Neplanirano održavanje helikoptera 3

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) | Neispravnost | Način obrade neispravnosti |
|--------------------|-----------------|---|------------------------------|
| 1 | 3185 | Puknut klin poklopca akumulatora | Zamjena – provjera na zemlji |
| 2 | 3191 | Neispravna Nav/Comm stanica | Zamjena – provjera na zemlji |
| 4 | 3213 | Argus se sam isključuje | Zamjena – provjera na zemlji |
| 5 | 3230 | Oštećenje premaza obloge kompresora | Zamjena – provjera na zemlji |
| | | Okretaji N2 niži za 1 % | Podešavanje okretaja N2 |
| 6 | 3243 | Frikcija CP neispravna | Podešena frikcija kose ploče |
| 10 | 3264 | Tijekom poslijeletnog pregleda uočena nedovoljna zategnutost spojnice na reduktoru motora | Zategnuto nakon uočavanja |

| Redni broj mjeseca | Sati naleta (h) | Neispravnost | Način obrade neispravnosti |
|----------------------------|-----------------|--|--|
| 10 | 3267 | U poslijeletnom pregledu uočeno curenje na hidro pumpi | Zamjena dijela – proba na zemlji |
| 10 | 3272 | U prijeletnom pregledu uočeni tragovi curenja u prostoru ispod hidro pumpe i transmisije | Vizualni pregled – check run |
| 10 | 3284 | NR veći od N2 za 1 % pri otvorenom gasu | Zamijenjen dio – check run |
| 12 | 3285 | Uočeno curenje na 6,7,8 ležaju i na uljnom karteru | Zamijenjen dio – check run |
| 12 | 3285 | Na probnom letu okretaji NR previsoki 1,5% | Izvršeno podešavanje broja okretaja |
| 12 | 3285 | Na probnom letu tijekom AR helikopter ima tendenciju kretanja unazad pri IAS 52 kts | Izvršeno ispitivanje pitot-statičkog sustava |
| 12 | 3286 | Kazaljke VOR-a na Argusu pokazuju 30° više nego na HSI-u | Zamjena dijela – proba na zemlji |
| 12 | 3291 | U poslijeletnom pregledu uočeno curenje hidroulja kočnice glavnog rotora | Zamijenjen dio – check run |
| Ukupno u 12 mjeseci | | 15 neispravnosti | |

U tablici 9 je vidljivo kako su 4 nedostatka odnosno neispravnosti utvrđene u 12 mjesecu praćenja nakon 100 satnog pregleda na 3284 h naleta iz tablice 8. Također je važno napomenuti za bolje razumijevanje tablice, u 10 mjesecu praćenja je helikopter imao 3284 h naleta te je bio na 100 satnom pregledu, zbog toga nije letio u 11 mjesecu praćenja te se nakon toga vraća u 12 mjesecu praćenja na probni let te se utvrđuju spomenute neispravnosti na 3285 h naleta.

4.4. Analiza ponavljajućih neispravnosti

Iz prethodno navedenih podataka o tri helikoptera tijekom 12 mjeseci praćenja vidljivo je da nije bilo nekih većih, opasnijih neispravnosti zbog kojih bi se mogla ugroziti sigurnost leta.

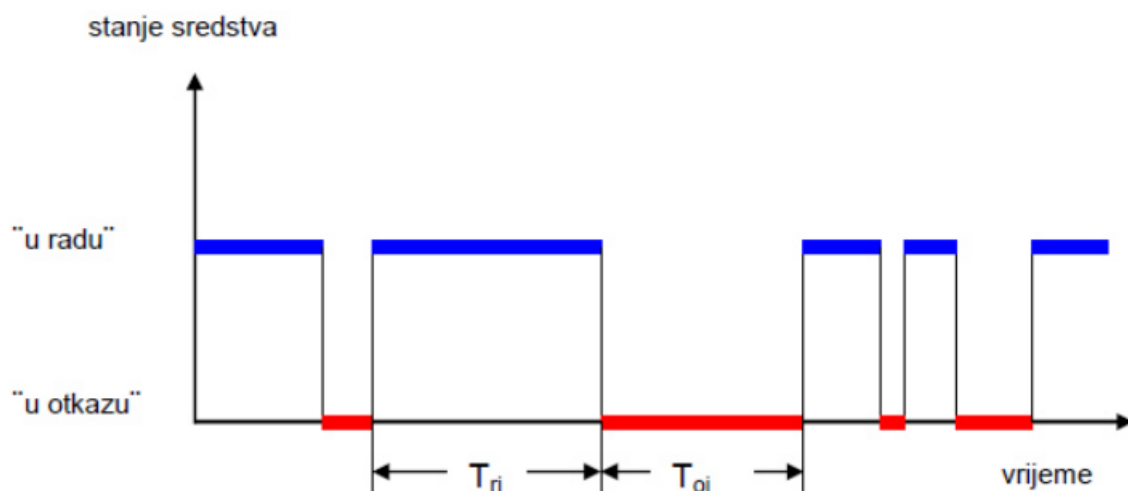
Najčešće neispravnosti koje se pojavljuju su neispravnost Argus uređaja u helikopteru te neispravnost plovaka u spremniku goriva zbog kojih se ponekad javlja krivo očitavanje količine goriva na instrumentu u helikopteru, u smislu da kazaljka krene „titrati“ od jedne do druge vrijednosti.

Na Argus uređaju neispravnost bude da pokazuje pogreške u pokazivanju prema VOR-u, nasumično isključenje i uključanje uređaja, ne reagira na tipke, itd.

4.5. Izračun MTBM i MTTR za helikopter 1,2 i 3

MTBM (eng. *Mean Time Between Maintenance*) je srednje vrijeme između održavanja, odnosno vrijeme između dva održavanja na helikopteru. Koristi se za predviđanje vjerojatnosti otkaza u određenom vremenskom razdoblju [9].

MTTR (eng. *Mean Time To Repair*) je srednje vrijeme popravka odnosno prosječno vrijeme popravka neplaniranog kvara ili planiranog održavanja helikoptera. MTTR je vrijeme koje je helikopter proveo prizemljen zbog održavanja [9].



Slika 6 Prikaz stanja zrakoplovnog sredstva u radu i prizemljenog tijekom održavanja, [9]

Iz slike 6 je vidljivo kako se tijekom određenog vremena na helikopteru izmjenjuju stanja „u radu“ te stanja „u otkazu“. Tijekom stanja „u otkazu“ helikopter je prizemljen zbog radova održavanja (planiranih i neplaniranih).

Prema [9] MTBM računa se pomoću jednadžbe 1:

$$MTBM = \frac{\sum_{i=1}^n Tri}{n} \quad (1)$$

Po navedenoj jednadžbi 1 je:

T_{ri} – trajanje i-tog razdoblja ispravnog rada

n – ukupan broj analiziranih razdoblja rada i otkaza

Kako bi se izračunao MTBM potrebno je ukupan broj sati razdoblja ispravnog rada podijeliti s brojem radova održavanja u tom razdoblju. Tako se dobije srednje vrijeme između održavanja (planiranog i neplaniranog), što je taj broj veći, helikopter je više raspoloživ za letenje.

Prema [9] MTTR računa se pomoću jednadžbe 2:

$$MTTR = \frac{\sum_{i=1}^n Toi}{n} \quad (2)$$

Po navedenoj jednadžbi 2 je:

T_{oi} – trajanje i-tog popravka

n – ukupan broj analiziranih razdoblja rada i otkaza

Radovi održavanja ovise o vrsti održavanja odnosno da li je to planirano održavanje ili neplanirano. Za planirano održavanje je zrakoplovno tehnička služba uvijek unaprijed pripremljena te ima podatak što treba zamijeniti i kada će se to dogoditi. Kod neplaniranog održavanja vrijeme koje će helikopter provesti prizemljen uvelike ovisi o kakvom je otkazu riječ, da li treba popravak ili zamjenu određene komponente, te ukoliko treba zamjenu, da li tu komponentu treba naručiti ili je dostupna u skladištu. Isto tako kod neplaniranih popravaka vrijeme održavanja ovisi da li su to nekakvi popravci koji se mogu provesti u toj organizaciji ili komponentu treba slati negdje drugo.

Nekada se MTTR naziva i MDT (eng. *Maintenance DownTime*) ili vrijeme zastoja [9]. MDT ili vrijeme zastoja se sastoji od vremena provedenih na radovima i vremena čekanja na eksploataciju. U principu čim helikopter bude gotov s radovima ide odmah na probni let (ukoliko je potreban) te ukoliko je ispravan ide na eksploataciju međutim može se dogoditi da

helikopter završi s radovima te zbog lošije meteo situacije ne može na probni let po nekoliko dana.

4.5.1. Izračun MTBM i MTTR za helikopter 1

Prema podacima iz poglavlja 4.1 o planiranim i neplaniranim održavanjima helikoptera 1, ovdje su izračunati MTBM i MTTR za isti period od 12 mjeseci praćenja.

Tablica 10 Vrijeme ispravnog rada T_{ri} (h) i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} (h) za helikopter 1

| Sati naleta | T_{ri} (h) | T_{oi} (h) | Vrsta održavanja | Redni broj mjeseca |
|-------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 6251 | / | 120 | 100 satni pregled | 1 |
| 6275 | 24 | 18 | Neplanirano | 1 |
| 6275 | 0 | 2 | Neplanirano | 1 |
| 6277 | 2 | 30 | Neplanirano | 2 |
| 6293 | 16 | 3 | Neplanirano | 3 |
| 6306 | 13 | 2 | Neplanirano | 4 |
| 6308 | 2 | 1 | Neplanirano | 4 |
| 6312 | 4 | 1 | Neplanirano | 4 |
| 6344 | 32 | 1 | Neplanirano | 4 |
| 6346 | 2 | 115 | 100 satni pregled | 5 |
| 6346 | 0 | 5 | Neplanirano | 5 |
| 6361 | 15 | 1 | Neplanirano | 5 |
| 6364 | 3 | 1 | Neplanirano | 6 |
| 6365 | 1 | 1 | Neplanirano | 6 |
| 6365 | 0 | 1 | Neplanirano | 6 |
| 6366 | 1 | 2 | Neplanirano | 6 |
| 6371 | 5 | 2 | Neplanirano | 6 |
| 6401 | 30 | 2 | Neplanirano | 7 |
| 6401 | 0 | 1 | Neplanirano | 7 |
| 6446 | 45 | 150 | 300 satni pregled | 10 |
| 6446 | 0 | 1 | Neplanirano | 10 |
| 6480 | 34 | 1 | Neplanirano | 12 |
| Ukupno | 229 | 461 | 22 | / |

Iz tablice 10 je vidljivo kako je helikopter 1 tijekom 12 mjeseci praćenja u 229 sati naleta imao ukupno 461 sat proveden na zemlji u održavanju. Ukupno su bila 22 održavanja, od tog 19 neplaniranih i 3 planirana. Bitno je za naglasiti kako je u ovih 461 sat uključeno efektivno vrijeme na održavanju kao i vrijeme čekanja na eksploataciju.

Vidljivo je također kako je većina neplaniranih popravaka kratko trajala te je zrakoplov vraćan u eksploataciju isti dan. Najduže su trajali redovni pregledi 100 satnog i 300 satnog održavanja.

Po podacima iz tablice 10 se može izračunati:

$$MTBM = \frac{229}{22} = 10.40 \text{ h} \quad (3)$$

$$MTTR = \frac{461}{22} = 20,95 \text{ h} \quad (4)$$

Iz izračunatih jednadžbi slijedi kako je srednje vrijeme između održavanja 10.40 h (jednadžba 3), a srednje vrijeme popravka 20.95 h (jednadžba 4). Ovdje se može vidjeti kako je srednje vrijeme između popravaka dosta malo, razlog tome je što je u tablici navedeno nekoliko neispravnosti koje su prijavljene u istom letu, a ovdje su navedene posebno (na 6275 h, na 6346 h, na 6365 h, na 6401 h, na 6446 h) Kada bi takve skupinu neispravnosti u jednom letu brojali kao jednu, onda bi ukupnih neispravnosti bilo oko 17 zbog čega bi se ovo vrijeme MTBM i MTTR nešto povećalo.

4.5.2. Izračun MTBM i MTTR za helikopter 2

Prema podacima iz poglavlja 4.2 o planiranim i neplaniranim održavanjima helikoptera 2, ovdje su izračunati MTBM i MTTR za isti period od 12 mjeseci praćenja.

Tablica 11 Vrijeme ispravnog rada T_{ri} (h) i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} (h) za helikopter 2

| Sati naleta (h) | T_{ri} (h) | T_{oi} (h) | Vrsta održavanja | Redni broj mjeseca |
|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 3714 | / | 110 | 100 satni pregled | 1 |
| 3715 | 1 | 5 | Neplanirano | 1 |
| 3734 | 19 | 1 | Neplanirano | 3 |
| 3739 | 5 | 1 | Neplanirano | 3 |
| 3740 | 1 | 1 | Neplanirano | 5 |

| Sati naleta (h) | T_{ri} (h) | T_{oi} (h) | Vrsta održavanja | Redni broj mjeseca |
|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 3810 | 70 | 100 | 100 satni pregled | 8 |
| 3810 | 0 | 1 | Neplanirano | 8 |
| 3812 | 2 | 1 | Neplanirano | 8 |
| 3890 | 78 | 1 | Neplanirano | 12 |
| Ukupno | 176 | 221 | 9 | / |

Iz tablice 11 je vidljivo kako je helikopter 3 u 12 mjeseci praćenja imao ukupno 176 sati naleta. Tijekom navedenih 176 sati naleta imao je ukupno 9 održavanja, od toga 2 planirana pregleda i 7 neplaniranih održavanja zbog različitih neispravnosti koje su navedene u tablici 7.

Vidljivo je ponovno kako su redovni pregledi trajali najduže, a neplanirani pregledi su većinom bili završeni unutar par sati jer su sve bile jednostavniji popravci ili zamjene.

Po podacima iz navedene tablice 11 se može izračunati:

$$MTBM = \frac{176}{9} = 19.56 \text{ h} \quad (5)$$

$$MTTR = \frac{221}{9} = 24.56 \text{ h} \quad (6)$$

Iz izračunatih jednadžbi vidljivo je kako je srednje vrijeme između popravka 19.56 h (jednadžba 5), a srednje vrijeme održavanja 24.56 h (jednadžba 6). Ovdje je također vidljivo kako je jedna neispravnost bila prijavljena na 100 satnom pregledu, kada bi se ta neispravnost brojala pod jednu odnosno redovni pregled onda bi ih ukupno bilo 8 što bi također povećalo MTBM i MTTR.

Ovdje se također može uočiti kako je zbog manje neplaniranog održavanja i nešto manje sati naleta zbog čega nije trebao 300 satni pregled u odnosu na helikopter 1 srednje vrijeme između popravaka duplo više od prethodnog helikoptera.

4.5.3. Izračun MTBM i MTTR za helikopter 3

Prema podacima iz poglavlja 4.3 o planiranom i neplaniranom održavanju helikoptera 3, ovdje su izračunati MTBM i MTTR za isti period 12 mjeseci.

Tablica 12 Vrijeme ispravnog rada T_{ri} (h) i vrijeme provedeno na popravku T_{oi} (h) za helikopter 3

| Sati naleta (h) | T_{ri} (h) | T_{oi} (h) | Vrsta održavanja | Redni broj mjeseca |
|-----------------|--------------|--------------|-------------------|--------------------|
| 3170 | / | / | / | 1 |
| 3185 | 15 | 1 | Neplanirano | 1 |
| 3191 | 6 | 85 | 100 satni pregled | 2 |
| 3191 | 0 | 2 | Neplanirano | 2 |
| 3213 | 22 | 1 | Neplanirano | 4 |
| 3230 | 17 | 75 | Neplanirano | 5 |
| 3230 | 0 | 1 | Neplanirano | 5 |
| 3243 | 13 | 50 | Neplanirano | 6 |
| 3264 | 21 | 20 | Neplanirano | 10 |
| 3267 | 3 | 2 | Neplanirano | 10 |
| 3272 | 5 | 1 | Neplanirano | 10 |
| 3284 | 12 | 2 | Neplanirano | 10 |
| 3284 | 0 | 120 | 100 satni pregled | 11 |
| 3285 | 1 | 2 | Neplanirano | 12 |
| 3285 | 0 | 2 | Neplanirano | 12 |
| 3285 | 0 | 2 | Neplanirano | 12 |
| 3286 | 1 | 1 | Neplanirano | 12 |
| 3291 | 5 | 20 | Neplanirano | 12 |
| Ukupno | 121 | 386 | 17 | / |

Iz tablice 12 je vidljivo kako je helikopter 3 tijekom 12 mjeseci praćenja i ukupno 121 sat naleta imao 17 održavanja, od toga 2 planirana redovna 100 satna i 15 neplaniranih.

U tablici je ponovno vidljivo kako su redovni pregledi trajali najduže s tim da su bila dva duža neplanirana održavanja od 50 h i 75 h. Napomena je da to nije efektivno vrijeme na održavanju nego ukupno vrijeme održavanja i čekanja na eksploataciju.

Po podacima iz tablice 12 se može izračunati:

$$MTBM = \frac{121}{17} = 7.11 \text{ h} \quad (7)$$

$$MTTR = \frac{386}{17} = 22.71 \text{ h} \quad (8)$$

Ovdje se može primijetiti kako je srednje vrijeme između održavanja 7.11 h (jednadžba 7) što je jako malo. Međutim razlog je što su u 12 mjesecu praćenja bile četiri uzastopne neispravnosti te je bilo još nekoliko neispravnosti na istim letovima, ali su u tablici navedene i pobrojene posebno.

5. Probni letovi na helikopteru Bell 206B III JetRanger

Probni let provodi se kao sastavni dio periodičnog pregleda u skladu s Pravilnikom i provodi se po listi probnog leta definiranoj za određeni periodični pregled. Kod ostalih radova koji zahtijevaju provedbu probnog leta, a nisu definirani listama, probni let provodi se u obujmu definiranom od strane glavnog inženjera održavanja u zrakoplovnoj bazi putem ZTIN-a (zrakoplovno tehnički inženjerski nalog) i uputa. [7]

Postoji uputa za provedbu probnih letova u kojoj su određeni uvjeti i načini provedbe probnih letova na helikopteru Bell 206B III JetRanger. U uputi su određene posebne liste ispitivanja helikoptera na zemlji i u zraku koje se koriste u provedbi probnih letova.

Probni letovi se provode zbog provjere rada određenih sustava, komponenti, elektroničke i ostale opreme kao i kompletnih letnih karakteristika helikoptera. Provode se nakon otklanjanja određenih neispravnosti koje su se pojavile ili nakon provedbe opsežnijih redovnih radova na helikopteru. Probni letovi se sastoje od provjera na zemlji i u zraku. Nekada je dovoljna samo provjera na zemlji, ali to sve ovisi o kakvim se neispravnostima i radovima na samom helikopteru radilo. Probni letovi se odrađuju na helikopterima na kojima su provedeni svi radovi sukladno „Programu održavanja helikoptera“ te su svi otklonjeni nedostaci upisani u tehničku knjižicu tog helikoptera.

Probne letove provode probni piloti koji su za to osposobljeni. U slučaju da postoji potreba za zrakoplovno tehničkim osobljem (npr. zbog balansiranja NR – noseći rotor) to je dozvoljeno isključivo osoblju koje je osposobljeno za takve letove. Posada za provedbu probnih letova sastoji se od minimalno jednog probnog pilota, kopilot ne treba biti probni pilot. Probni pilot koji obavlja probne letove treba imati odgovarajuću razinu znanja o helikopteru i povezanoj problematici (razlog zbog kojeg je potreban probni let). Treba imati odgovarajuću razinu vještine, biti iskusan kako bi znao dobro procijeniti situaciju, biti „u trenaži“ za letenje te imati završenu obuku za probne pilote odnosno biti osposobljen što je već ranije i spomenuto.

Probni let može zahtijevati kompletnu probu nakon preuzimanja novog ili rabljenog helikoptera, popravaka nakon oštećenja ili povremenih pregleda i remonta. Nekada je potreban samo probni let u smislu provjere ispravnosti na zemlji prije povratka helikoptera u upotrebu nakon radova na pojedinim komponentama ili sustavima koji ne zahtijevaju probni let u smislu polijetanja i provjere u zraku.

Definicija probnog leta po [10] je da je to let za provjeru funkcionalne ispravnosti serijskih zrakoplova nakon izvršenih preventivnih ili korektivnih radova u održavanju nakon kojih je propisan probni let.

5.1. Priprema i provedba probnog leta

Probni pilot je u pripremi za provedbu probnog leta dužan proučiti svu zrakoplovno tehničku dokumentaciju helikoptera te se uvjeriti da su svi potrebni radovi provedeni i upisani u tehničku knjižicu helikoptera. Za probni let se provodi uobičajena priprema leta kao i za svaki drugi let. Let treba biti u planu vojnog letenja za taj dan, zone za izvršavanje probnih letova trebaju biti unaprijed definirane kako bi se izbjegla preklapanja s ostalim prometom. Treba također provjeriti i vremenske uvjete prije probnog leta jer se probni letovi provode isključivo u vizualnim meteorološkim uvjetima. Prije probnog leta treba izvršiti detaljan prijeletni pregled helikoptera.

Tijekom provedbe probnog leta treba se pridržavati svih propisanih normi i parametara leta iz Priručnika za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger [4]. U slučaju da se tijekom provedbe probnog leta uoče određene neispravnosti, neusklađenosti nekih karakteristika i parametara helikoptera ili odstupanja od nekih normalnih vrijednosti, a koje utječu na sigurnost provedbe tog probnog leta, probni pilot odnosno zapovjednik zrakoplova dužan je odmah po uočavanju prekinuti provedbu tog probnog leta. Tijekom provedbe probnog leta uvijek pažnju fokusirati na praćenje terena u slučaju prinudnog slijetanja.

Po završetku probnog leta zapovjednik zrakoplova treba održati analizu leta s posadom koja je taj let izvršila. Također, zapovjednik zrakoplova odnosno probni pilot odgovoran je za analizu podataka s probnog leta te utvrđivanje eventualnih odstupanja određenih parametara od normalnih vrijednosti.

Ukoliko dođe do odstupanja određenih parametara u probnom letu, probni pilot predaje izvješće zrakoplovno tehničkom osoblju koje nakon toga po dobivenim podacima pristupa otklanjanju tih istih neispravnosti po Programu održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger.

U slučaju da tijekom provedbe probnog leta i tijekom poslijeletnog pregleda nisu uočene nepravilnosti u radu helikoptera i njegovih sustava, probni pilot to upisuje u knjižicu helikoptera i s tim potvrđuje da je helikopter spreman za daljnju eksploataciju.

Nakon toga glavni inženjer održavanja u zrakoplovnoj bazi na temelju izvješća o završetku radova i stanju helikoptera ima ovlast otpusta s radova.

Već je ranije spomenuto kako izgleda potvrda o vraćanju sredstva u uporabu nakon održavanja, a prikazana je na slici 4.

5.2. Lista ispitivanja helikoptera Bell 206B

Kako je već u prethodnom poglavlju spomenuto, postoji lista ispitivanja helikoptera Bell 206B III JetRanger, tzv. „*check lista*“ koju probni pilot nosi na probni let te se po toj list provodi probni let po raznim točkama te se upisuju podaci potrebni za kasniju analizu. Nažalost zbog zaštite podataka o provedbi probnih letova na helikopteru Bell 206B III JetRanger u HRZ-u, ne

može se prikazati kako lista u stvarnosti izgleda, ali će se u ovom poglavlju objasniti što se sve provjerava tijekom probnog leta.

Probni let se obzirom na različite provjere može podijeliti na:

- provjere prije leta
- provjere i rad helikoptera na zemlji
- provjere u lebdenju
- provjere u penjanju
- provjere u horizontalnom letu
- provjere snage motora
- provjere u autorotaciji
- provjere na zaustavljanju motora.

5.2.1. Provjere prije leta

Provjere prije probnog leta se provode kako bi probni pilot bio siguran da je helikopter u svakom smislu spreman za let. Kako je već ranije u ovom radu spomenuto, probni pilot provjerava:

- da je u knjižicu helikoptera upisano da su svi potrebni radovi koji su odrađeni i upisani.
- dokumentaciju helikoptera (uvjerenje o plovidbenosti, registracija helikoptera, priručnik za korištenje helikoptera, lista o masi i balansiranju ovisno o konfiguraciji helikoptera)
- detaljan prijeletni pregled po Priručniku za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger.
- sa zrakoplovno tehničkom službom koje točno provjere treba odraditi na probnom letu ovisno koji su radovi provedeni na helikopteru.

5.2.2. Provjere i rad helikoptera na zemlji

Provjere helikoptera na zemlji se sastoje od normalnih provjera prije samog pokretanja helikoptera kao i na svakom drugom uobičajenom letu. U tom dijelu probni pilot izvršava sve potrebne provjere po Priručniku za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger. Kada je sve spremno i nema nikakvih prepreka oko helikoptera, vrši se pokretanje motora. Nakon pokretanja motora helikoptera zapisuju se neke osnovne informacije i parametri motora poput:

- temperatura ispušnih plinova
- okretaji
- temperatura ulja u motoru i reduktoru
- tlakovi goriva
- ostali bitni podaci.

5.2.3. Provjere u lebdenju helikoptera

Nakon pokretanja helikoptera te izvršenih svih provjera prije polijetanja, helikopterom se zalebdi na sigurnu visinu lebdenja od svih prepreka te se u ovom dijelu probnog leta provjeravaju komande helikoptera i ponašanje helikoptera na zadani otklon komandi leta. Bitno je da helikopter ima normalan odziv na otklone svih pojedinih komandi leta. U ovom se dijelu osim komandi leta provjerava i odziv motora na otvaranje i zatvaranje gasa. Zbog blizine tla, a prije polijetanja ovdje se utvrđuje da helikopter ispravno odgovara na otklon komandi te da motor funkcionira i reagira na otvaranje i zatvaranje gasa. Ako nešto i ne bude uredi, uvijek se može izvršiti slijetanje i zaustavljanje rada. U slučaju pojave bilo kakvih vibracija koje nisu uobičajene također se prekida s izvršenjem i zaustavlja rad motora.

5.2.4. Provjere u penjanju

U ovom dijelu probnog leta se prevodi helikopter iz lebdenja u režim penjanja. Prate se okretaji tijekom podizanja snage, pojava eventualnih vibracija s povećanjem brzine i ostali bitni parametri.

5.2.5. Provjere helikoptera u horizontalnom letu

Tijekom održavanja horizontalnog leta se zapisuju određeni podaci za daljnju analizu podataka nakon leta kao što su:

- okretaji
- TOT(eng. *Turbine Outlet Temperature*)
- snaga potrebna za održavanje horizontalnog leta na određenoj visini,
- tlakovi goriva i ulja
- ostali bitni podaci.

Provjeravaju se opet komande leta u smislu otklona u svim smjerovima i odziva helikoptera na pomake te letovi s različitim brzinama kako bi se uočilo eventualni nedostaci.

5.2.6. Provjera snage motora

Provjera snage motora se radi na određenoj visini i brzini kako bi se zapisali potrebni podaci koji se kasnije unose u grafove iz Priručnika za održavanje helikoptera, ti se podaci analiziraju nakon leta kako bi utvrdili da li je sve unutar normalnih radnih ograničenja.

5.2.7. Provjere u autorotaciji

Prije provođenja ovog dijela probnog leta uvijek je potrebno prvo osigurati da je pogodan teren za slijetanje u doseg doleta u autorotaciji. Postoji određena sigurnosna visina s koje se ova procedura izvodi kako bi probni pilot imao dovoljno vremena za očitati određene podatke, održavati norme i na vrijeme dodati snagu prije dolaska prema izabranom terenu.

Kroz imitaciju autorotacije prate se pojave vibracija ako ih ima te broj okretaja nosećeg rotora da bude unutar ograničenja po Priručniku za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger te drugi bitni podaci.

5.2.8. Provjere prilikom zaustavljanja motora

Tijekom zaustavljanja motora se prate parametri motora te se sve eventualne uočene nepravilnosti zapisuju kako bi se mogle analizirati nakon leta. Nakon zaustavljanja motora zrakoplovno tehničko osoblje izvršava uobičajeni poslijeletni pregled helikoptera te provjeravaju da li ima nekih nepravilnosti ili bilo čega što je neuobičajeno nakon leta (npr. veća curenja ulja u području motora ili hidrosustava i slično).

U slučaju da se tijekom probnog leta utvrdi određena neispravnost, probni pilot to prijavljuje zrakoplovno tehničkom osoblju te istu upisuje u knjižicu helikoptera. U slučaju da su potrebna nekakva podešavanja (npr. broj okretaja) ili zamjene komponenti, izvršavaju se potrebne radnje kako bi se neispravnosti uklonile te se ponavlja prethodno opisana procedura po potrebi.

5.3. Različite vrste provjera prilikom probnih letova

Postoje propisane procedure odnosno postupci koji se provode s obzirom na vrstu radova koja je odrađena na helikopteru. Bell je propisao za svaku zamjenu komponente postupak provjere kako bi se utvrdila ispravnost helikoptera, isto tako postoji postupak provjere nakon provedbe planiranog održavanja helikoptera.

Kako je ranije u poglavlju 4.4. spomenuto u analizi ponavljajućih neispravnosti da se često pojavljuje krivo očitavanje količine goriva, ovdje je za primjer opisano kako se radi provjera gorivnog sustava.

Naime, nakon svakog povremenog pregleda ili svaki put kada se rastavljaju dijelovi gorivnog sustava helikoptera Bell je u svim priručniku propisao da se helikopter treba pokrenuti na zemlji te raditi 2 minute bez „*booster*“ pumpe na 100% okretaja NR (nosećeg rotora).

Postoji napomena da svaki put kada se rastavljaju dijelovi gorivnog sustava ispod „*shut off*“ ventila helikopter treba raditi na zemlji 2 minute bez „*booster*“ pumpe na 100% okretaja NR s 10 galona goriva.

Nakon izvršenog prijeletnog pregleda te provjera na zemlji prije pokretanja koje su opisane u prethodnom poglavlju 5.2.1. i 5.2.2., tehničar prati pokretanje helikoptera na sigurnoj

udaljenosti te mogućnost pojave „*flame out-a*“, probni pilot u helikopteru prati okretaje, mogućnost pada snage te tlakove goriva i ulja. Ako je pokretanje prošlo uredno, zrakoplovno tehničko osoblje prilazi helikopteru te provjerava moguće curenje ulja i goriva u predjelu motora. U slučaju da dođe do pojave „*flame out*“ znači da postoji zrak u gorivnom sustavu te zrakoplovno tehničko osoblje pristupa odzračivanju sustava.

Postoje razne vrste provjera koje se provode nakon određenih radova pa je tako za primjer u Bell priručniku helikoptera također opisano da se svakih 300 h na redovnom pregledu radi dinamičko uravnoteženje repnog rotora. Taj isti postupak se radi i u slučaju skidanja ili zamjene elemenata repnog rotora zbog primjedbi pilota ili neplaniranog održavanja.

Za razliku od prethodnog slučaja, dinamičko uravnoteženje glavnog rotora se radi svakih 1200 sati ili 24 mjeseca, odnosno nakon svakog rastavljanja elemenata glavnog rotora.

Za drugi primjer je prikazano kako se prilikom zamjene, skidanja ili popravaka kompresora, turbina, komore izgaranja, FCU-a (eng. *Fuel Control Unit*), visokotlačne gorivne pumpe, mlaznice goriva ili termoparova izvršava „*check run*“ kako bi se utvrdila ispravnost helikoptera [8].

„*Check run*“ je opisan u „*Operation and Maintenance manual-u*“. U ovoj proceduri se helikopter pokreće na „*flight idle*“, te radi na malom gasu 5 minuta. Naravno prethodno probni pilot također prolazi kroz sve procedure pripreme i provjera prije pokretanja opisanih u poglavljima 5.2.1. i 5.2.2. Na malom gasu se provjeravaju tlakovi ulja, provjerava se normalan rad motora (buka, vibracije, curenja). Zrakoplovno tehničko osoblje prilazi helikopteru te vizualno provjerava spojeve gdje bi moglo doći do curenja ulja i goriva. Nakon svih pregleda i isteka 5 minuta, otvara se gas na 100% te se podiže snaga do one potrebne za rasterećenje skija od podloge. Helikopter ponovno u ovoj postavci snage radi 5 minuta nakon čega se smanjuje snaga te zatvara gas na „*flight idle*“. Izvršava se hlađenje motora 2 minute nakon čega se motor zaustavlja.

Nakon zaustavljanja rada motora, helikopter se pregledava, posebno motor od strane zrakoplovno tehničkog osoblja te ako su potrebni popravci ponovno se nakon završetka radova pristupa istom postupku.

6. Analiza parametara probnih letova

Tijekom ovog poglavlja će se prikazati podaci o stvarnom probnom letu nakon redovnih planiranih 300 h radova. Zbog zaštite podataka o listama za provođenje probnih letova, iste ne mogu biti prikazane, ali će biti napisani neki od podataka koji se prikupljaju te opisan način postupka nakon prikupljenih podataka.

Dakle u ovom dijelu je prikazana metodologija analize parametara probnih letova, naravno ovisno o vrsti probnog leta koji se provodi i načinu provedbe istog. Kako je već ranije u radu opisano postoji više vrsti provjera helikoptera nakon radova. Neke od provjera zahtijevaju samo provjeru sustava na zemlji nakon ugradnje, primjer može biti zamjena određenog instrumenta ili dijela instrumenta. Neke provjere zahtijevaju pokretanje helikoptera na zemlji da bi se provjerila ispravnost helikoptera i odradenih radova, jedan takav postupak je opisan u prethodnom poglavlju kao „*check run*“ ili zamjena dijelova gorivnog sustava.

Određeni radovi zahtijevaju provođenje potpunog probnog leta gdje se zapisuju određeni podaci poput tlakova, okretaja, temperatura i slično, a čiji je način provođenja opisan po dijelovima u poglavlju 5.2.

Kompletni probni let zahtijeva svaki redovni planirani pregled, odnosno nakon svakog 100 satnog pregleda ili 12 mjeseci (što ranije nastupi), 300 satnog, itd.

Ovdje će za primjer potpunog probnog leta biti prikazani podaci probnog leta nakon 300 h koji je odraden na helikopteru 1 iz poglavlja 4.1. Analiza planiranog i neplaniranog održavanja helikoptera 1.

6.1. Provjere prije leta

Prije samog leta potrebno je izvršiti sve pripreme kako bi se probni let mogao izvršiti, a koje su opisane u poglavlju 5.1. (plan leta, meteorološka situacija, aktivacija zone za izvršavanje leta, itd.).

Nakon što je sve pripremljeno za sigurno izvršenje probnog leta u skladu s pravilima, probni pilot odraduje detaljan prijeletni pregled po Priručniku za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger, a nakon što je već zrakoplovno tehničko osoblje odradilo isti (dvostruka provjera).

Nakon odradenog prijeletnog pregleda helikoptera, probni pilot se potpisuje u knjižicu helikoptera kako bi potvrdio da je odradio prijeletni pregled te provjerava da su upisani svi potrebni podaci o izvršenom 300 satnom pregledu.

6.2. Provjere i rad helikoptera na zemlji

Nakon što je sve spremno za pokretanje (posada u helikopteru, zrakoplovno tehničko osoblje ispred helikoptera, protupožarna skupina spremna, prostor oko helikoptera bez prepreka

i slično) probni pilot izvršava provjere prije pokretanja te pokreće helikopter po standardnoj proceduri za pokretanje iz Priručnika za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger.

U ovom konkretnom slučaju je helikopteru trebalo 24 sekunde da dostigne broj okretaja 58 % N1, što je unutar ograničenja. (ako se pokreće na vanjski izvor onda je ograničenje 25 s, ako je na akumulator helikoptera onda je ograničenje 40 s)

TOT tijekom pokretanja je očitani 720 °C, što je također unutar ograničenja. (<827 °C neograničeno vrijeme)

Osim navedenih podataka, na malom gasu se evidentiraju podaci iz tablice 13.

Tablica 13 Prikaz očitanih podataka na malom gasu

| Podaci | Ograničenja | Očitani podaci |
|-------------------|----------------|----------------|
| N2/NR | 60 % + | 63 % |
| N1 | 60 % - 64 % | 63 % |
| TOT | 500 – 550 °C | 550 °C |
| TQ | 13 +/- 1 % | 13 % |
| ENG OIL PRESS | 50 – 130 psi | 110 psi |
| ENG OIL TEMP | 0 – 107 °C | 40 °C |
| TRANS OIL PRESS | 30 – 70 psi | 40 psi |
| TRANS OIL TEMP | 15 – 110 °C | 30 °C |
| FUEL quantity | 10 – 90 US gal | 80 US gal |
| FUEL pressure | 4 – 30 psi | 13 psi |
| OAT | °C | 30 °C |
| PRESSURE ALTITUDE | ft | 120 |

Nakon prethodno očitanih podataka provjerava se ispravnost hidro sustava te se nakon toga otvara gas u potpunosti.

Na potpuno otvorenom gasu se ponovno zapisuju svi potrebni parametri kako bi se utvrdilo da su unutar dopuštenih ograničenja po Priručniku za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger.

Navedeni podaci se nalaze u tablici 14.

Tablica 14 Prikaz očitanih podataka na potpuno otvorenom gasu

| Podaci | Ograničenja | Očitani podaci |
|-----------------|--------------|----------------|
| N2/NR | 97 – 100 % | 100 % |
| N1 | 105 % | 81 % |
| TOT | <810 °C | 590 °C |
| TQ | 26 – 32 % | 29 % |
| ENG OIL PRESS | 50 – 130 psi | 120 psi |
| ENG OIL TEMP | 0 – 107 °C | 70 °C |
| TRANS OIL PRESS | 30 – 70 psi | 50 psi |

| Podaci | Ograničenja | | Očitani podaci | |
|-------------------|----------------|-------|----------------|-------|
| TRANS OIL TEMP | 15 – 110 °C | | 50 °C | |
| FUEL quantity | 10 – 90 US gal | | 79 US gal | |
| LOADMETER | 5 – 20 % | | 12 % | |
| FUEL pressure | 4 – 30 psi | | 16 psi | |
| OAT | °C | | 30 °C | |
| PRESSURE ALTITUDE | ft | | 120 | |
| HEADING | MC 1 | HSI 1 | HSI 2 | RMI 1 |
| | 310° | 313° | 313° | 311° |

Iz tablice 14 je vidljivo kako su svi podaci unutar ograničenja, također očitavanja kurseva su unutar dopuštenih odstupanja jer je dozvoljeno da budu unutar 5°.

Nakon toga se odrađuje „*deceleration check*“ gdje se gas zatvara na „*flight idle*“ te se mjeri vrijeme potrebno da se okretaji N1 smanje sa 100 % na 65 %. Okretajima bi trebalo duže od 2s da se smanje na 65 % N1, u ovom konkretnom slučaju im je trebalo 3,1s što je unutar ograničenja.

Gas se ponovno otvara na potpuno otvoren te je helikopter spreman za provjere u lebdenju.

6.3. Provjere helikoptera u lebdenju

Ove provjere su opisane u točki 5.2.3. , osim provjera funkcionalnosti komandi leta i odziva helikoptera na zadane pomake, u ovom dijelu ne postoje nekakvi parametri ili podaci koji se posebno zapisuju za daljnju analizu. Najbitnije je da sve funkcionira na uobičajen način, zato je važno da probni pilot bude dovoljno iskusan kako bi mogao procijeniti eventualna odstupanja u manevrima helikoptera tijekom lebdenja (pojava vibracija, sporiji odziv na komande i slično). U ovom konkretnom slučaju tijekom probnog leta, sve je bilo u zadanim granicama.

6.4. Provjere helikoptera u penjanju

Provjere koje se izvršavaju u penjanju su opisane u poglavlju 5.2.4., osim provjera eventualnih pojava vibracija te odziva motora na otvaranje i zatvaranje gasa također nema nekakvih bitnih podataka koji bi se zapisivali za daljnju analizu. Bitno je da su svi parametri motora u zelenom području te da nema određenih neuobičajenih pojava. U ovom probnom letu koji je prikazan za primjer nije bilo nikakvih odstupanja te je sve bilo unutar standarda.

6.5. Provjere helikoptera u horizontalnom letu

U horizontalnom letu se ponovno zapisuju podaci kao u tablici 13, ustabili se horizontalan let na određenoj visini pri određenoj brzini. U ovom slučaju probnog leta koji je istaknut za primjer, ustabiljen je horizontalan let na 2000 ft s brzinom 70kts te su zabilježeni sljedeći podaci, prikazani u tablici 15.

Tablica 15 Prikaz očitanih podataka u horizontalnom letu

| Podaci | Ograničenja | Očitani podaci |
|-------------------|---------------------|----------------|
| N2/NR | 97 – 100 % | 100 % |
| N1 | 105 % | 90 % |
| TOT | <810 °C | 630 °C |
| TQ | 85 % (neograničeno) | 58 % |
| ENG OIL PRESS | 50 – 130 psi | 120 psi |
| ENG OIL TEMP | 0 – 107 °C | 75 °C |
| TRANS OIL PRESS | 30 – 70 psi | 48 psi |
| TRANS OIL TEMP | 15 – 110 °C | 75 °C |
| FUEL quantity | 10 – 90 US gal | 73 US gal |
| LOADMETER | 5 – 20 % | 12 % |
| FUEL pressure | 4 – 30 psi | 17 psi |
| OAT | °C | 22 °C |
| PRESSURE ALTITUDE | ft | 2000 |

Nakon zabilježenih podataka u tablici 15, provjerava se ponovno otklon komandi leta u svim smjerovima pri različitim brzinama.

U ovom probnom letu su svi parametri u horizontalnom letu bili unutar standarda.

6.6. Provjera snage motora

Provjera snage motora se izvršava na definiranoj visini kako bi protupumpažni ventil bio zatvoren tijekom ove provjere. Za ovaj primjer je provjera odrađena na 6000 ft i 7000 ft. Preciznija provjera ostvaruje se s TOT većom od *max.* stalne TOT (738 °C), što će obično zahtijevati penjanje na visinu iznad 5000 ft kako bi se izbjeglo prekoračenje ograničenja TQ. Tijekom hladnih dana ograničenje po torkmetru može se dostići prije dostizanja ograničenja TOT. Za vrućih dana i/ili na većim visinama TOT će biti ograničavajući čimbenik. Prilikom izvođenja provjere isključuje se sustav protiv zaleđivanja motora, generator i grijanje kabine, podiže se kolektiv do stabilnog dostizanja ograničenja TOT ili TQ. Zapisuje se vanjska temperatura OAT, TOT, visinu po tlaku (visinomjer podešen na tlak 1013 hPa), TQ i N1.

Podaci koji su zabilježeni prikazani su u tablici 16.

Tablica 16 Podaci zabilježeni tijekom provjere snage

| Pressure altitude | 6000ft | 7000ft |
|-------------------|--------|--------|
| OAT (°C) | 15 | 12 |
| TQ (%) | 90 | 90 |
| TOT (°C) | 730 | 740 |
| N1 (%) | 97 | 98 |

Navedeni podaci će kasnije koristiti za analizu podataka.

6.7. Provjere helikoptera u autorotaciji

Postupak provjera u autorotaciji je opisan u poglavlju 5.2.7.

Za ovu provjeru je bitno zapisati količinu goriva u helikopteru u tom trenutku. U ovom slučaju je količina goriva bila 70 US gal. Količina goriva je bitna kako bi se nakon leta izračunala ukupna masa helikoptera tijekom autorotacije, a koja je bitna za daljnju analizu.

Tijekom ovog probnog leta ukupna masa helikoptera što uključuje masu praznog helikoptera, masu posade i masu goriva iznosi 2832,6 LBS što je prikazano u tablici 17.

Tablica 17 Ukupna masa helikoptera u autorotaciji

| | | |
|----------------------------------|----------|-------------------|
| Masa praznog helikoptera | | 1948.60 LBS |
| Masa posade i putnika (kg x 2.2) | | 429 LBS |
| Masa goriva (US gal x 6.5) | + | 455 |
| Ukupna masa | = | 2832.6 LBS |

Tijekom autorotacije se održava brzina 52 kts što je brzina za najbolju istrajnost u autorotaciji te se zapisuju određeni podaci na različitim visinama koji su prikazani u tablici 18.

Tablica 18 Podaci zabilježeni tijekom autorotacije

| Pressure altitude | 4000 ft | 2000 ft |
|-------------------|---------|---------|
| OAT (°C) | 16 | 21 |
| NR (%) | 102 | 100.5 |

Nakon izvođenja imitacije autorotacije, helikopterom se slijeće natrag na aerodrom te se izvršavaju provjere helikoptera prilikom zaustavljanja.

6.8. Provjere prilikom zaustavljanja motora

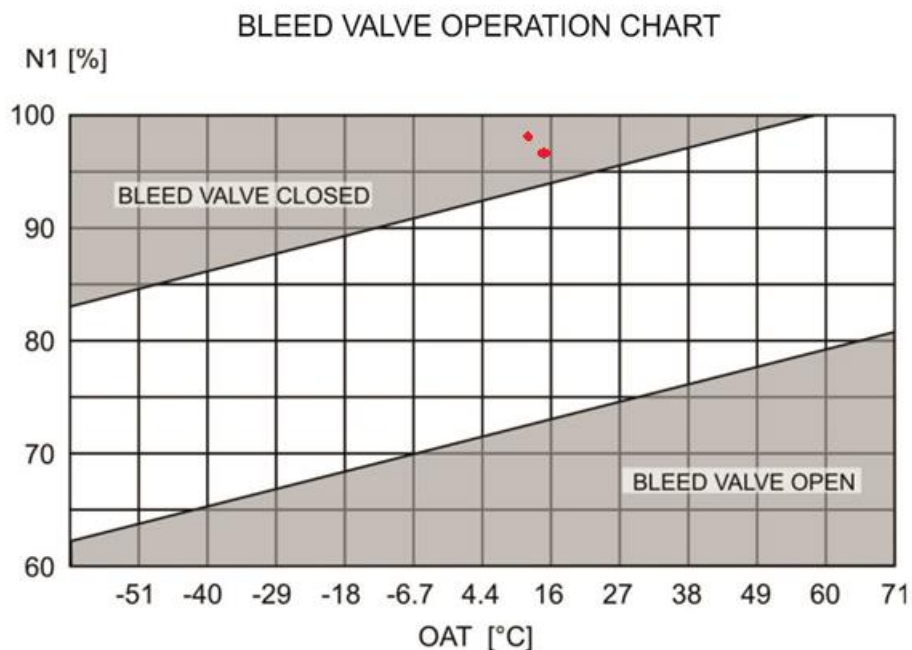
Zaustavljanje motora se izvršava po standardnoj proceduri iz Priručnika za uporabu helikoptera. Prate se parametri motora da su u zelenom području te pokazivanja svih ostalih instrumenata helikoptera. Podaci koji se zapisuju su vrijeme potrebno da se prilikom zatvaranja gasa s potpuno otvorenog na režim malog gasa okretaji smanje sa 100 % N1 na 65 % N1. To ne bi trebalo biti kraće od 2s, u ovom slučaju je bilo 3s.

Također nakon potpunog zatvaranja gasa, zrakoplovno tehničko osoblje javlja kada se graničnici mahanja na glavnom rotoru spuste u donji položaj te tada probni pilot zapisuje broj okretaja NR pri kojem se to dogodilo. U ovom slučaju 25 % NR.

S tom provjerom je kompletiran jedan probni let nakon čega slijedi poslijeletni pregled zbog mogućih curenja ulja i goriva te analiza podataka s leta.

6.9. Analiza podataka nakon leta

Nakon leta se podaci iz tablice 16 zapisani tijekom provjere snage motora unose u graf. Prvo je potrebno provjeriti na dijagramu da je protupumpažni ventil bio zatvoren u trenutku uzimanja podataka što je za ovaj probni let prikazano na slici 7.

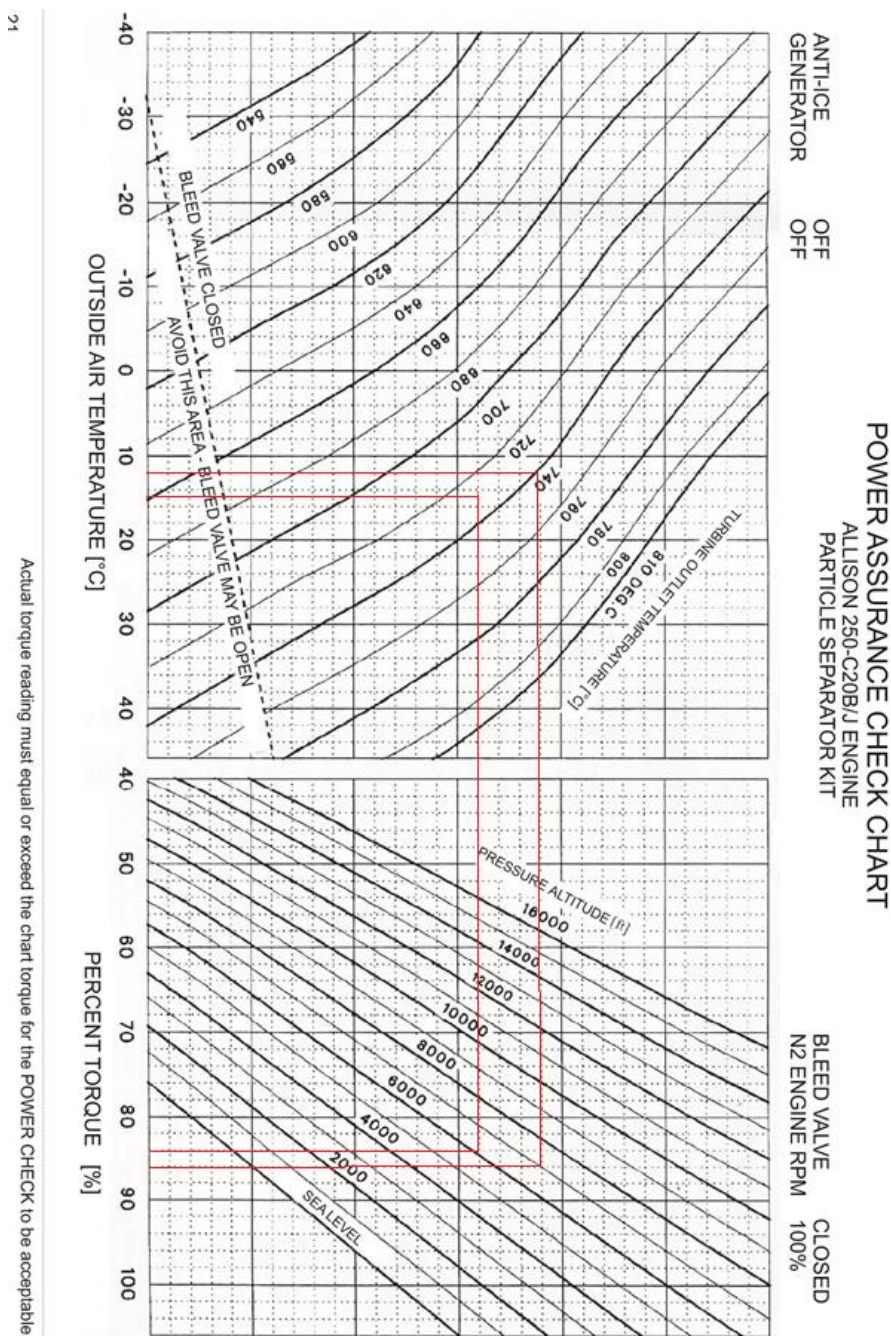


NOTE: THE LINES ON THE FIGURE REPRESENT NOMINAL SETTINGS AND ARE NOT INTENDED AS SPECIFIC LIMITS. THE EXACT OPERATING RANGE MAY VARY DUE TO VARIATIONS IN ENGINE AND AIRCRAFT INSTALLATIONS.

Slika 7 Dijagram otvaranja/zatvaranja protupumpažnog ventila, [4]

U dijagram se dakle unose podaci iz tablice 16 o vanjskoj temperaturi i očitavanju okretaja N1, ovdje su za te dvije visine prikazane crvene točke koje se nalaze u osjenčanom području što znači da je protupumpažni ventil bio zatvoren.

Nakon toga se podaci unose u dijagram provjere snage. Rezultat provjere snage je prihvatljiv kada je vrijednost TQ ostvarenog u letu jednaka ili veća od vrijednosti TQ očitane po dijagramu (slika 8).



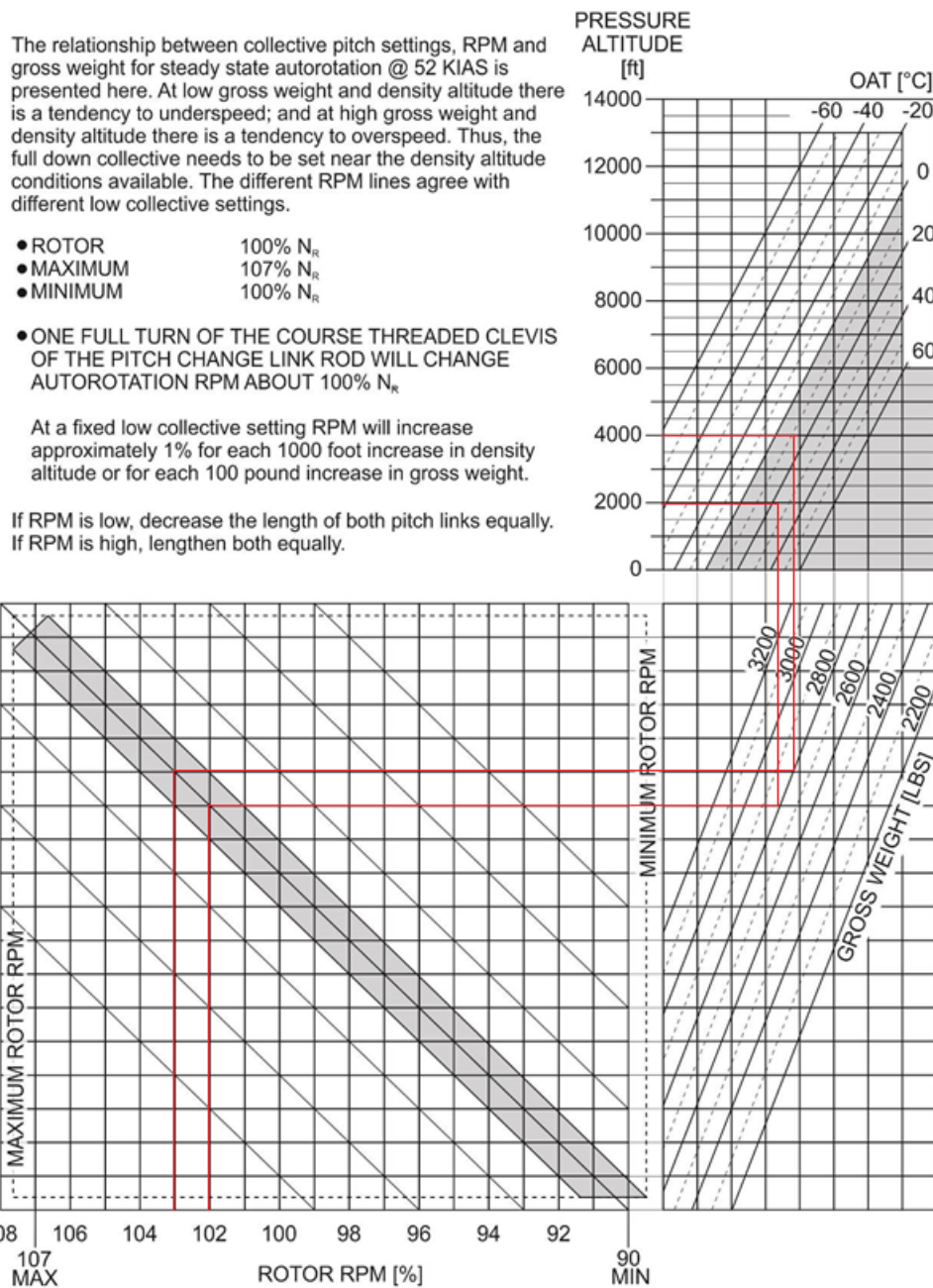
Slika 8 Dijagram provjere snage, [4]

Na slici 9 su crvenim linijama označeni podaci iz tablice 14 za provjeru snage. Iz grafa se dobije očitavanje snage 84 % i 86 % što je manje od vrijednosti TQ održavanog u letu od 90 % što znači da je provjera snage u standardu.

Nakon toga se još provjerava broj okretaja NR po podacima zabilježenim u tablici 18.

Podaci se unose u graf koji je prikazan na slici 9.

MAIN ROTOR AUTOROTATION RPM ADJUSTMENT CHART



Slika 9 Dijagram okretaja NR u autorotaciji, [4]

Iz grafa sa slike 9 je vidljivo kako su okretaji za NR 102 % i 103 % gdje se uzima srednja vrijednost od 102.5 % kao ispravna. Okretaji NR trebaju biti između 90 – 107% u autorotaciji, ali se prilikom probnog leta korigiraju da budu oko 100 %.

S ovim je jedan kompletan probni let uspješno završen te su sve komponente na helikopteru ispravne. Helikopter je nakon 300 satnog pregleda spreman za povratak u eksploataciju.

7. Zaključak

Proces provođenja probnih letova na helikopteru Bell 206B III JetRanger opisan u ovom radu omogućuje bolje razumijevanje kako se navedeni zrakoplov testira i evaluira, do sada nije provedena slična analiza. Prikazano je kako se cjelokupan probni let nakon redovnih održavanja provodi na način da jedan član posade zapisuje podatke dok drugi leti te se nakon leta podaci analiziraju i upisuju u grafove koji su prikazani u radu kako bi se vidjelo da li su očitani podaci unutar radnih ograničenja. Moguće poboljšanje koje bi se moglo uvesti u postupak provođenja probnog leta je da se napravi računalni program s listom provjera za probni let u koji bi se u letu na tablet unosili zadani podaci koji bi odmah bili povezani s grafovima te pružili pravovremenu informaciju o točnosti podataka. U današnjim listama uvijek postoji mogućnost da se određeni podatak pogrešno očita i evidentira te se nakon leta prilikom analize i obrade podataka dobiju pogrešni rezultati nakon čega je potrebno ponovno s helikopterom na let.

Analizom planiranih i neplaniranih održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger prikazan je uvid u srednje vrijeme između održavanja kao i srednje vrijeme popravka. Prikazani podaci su bitni kako bi se mogla organizirati raspoloživost helikoptera za letenje. Raspoloživost helikoptera za letenje je jedna od ključnih stvari kako bi flota uvijek bila spremna za izvršenje svih zadaća. Analizom podataka o planiranim i neplaniranim održavanjima na tri helikoptera iz flote HRZ-a dobivene su najčešće neispravnosti koje se pojavljuju što je također bitna informacija da bi se moglo utvrditi zašto do toga dolazi i kako se to može prevenirati.

U radu je prikazano kako različite zamjene komponenti helikoptera zahtijevaju različite provjere za povratak u eksploataciju. Bitno je istaknuti važnost komunikacije probnih pilota sa zrakoplovno tehničkim osobljem kako bi uvijek bili upoznati kakvo je održavanje provedeno i što treba odraditi da bi se određena komponenta ili sustav ispitaio.

Literatura

- [1] P. T. Gren D., Tehnički opis helikoptera Bell 206 B III JetRanger.
- [2] »MORH, RH,« ožujak 2011. [Mrežno]. Available: <https://www.morh.hr/eskadri-la-helikoptera-93-zb-obiljeila-dan-postrojbe-14032011/>. [Pokušaj pristupa travanj 2024].
- [3] »Wikipedia,« [Mrežno]. Available: https://hr.wikipedia.org/wiki/Bell_206. [Pokušaj pristupa 06. Travanj 2024.].
- [4] Priručnik za uporabu helikoptera Bell 206B III JetRanger, Zagreb: MORH, 2018.
- [5] NN svez. br. 634, 2022, »Pravilnik o kontinuiranoj plovidbenosti i održavanju vojnih zrakoplova,«. (NN 50/2022)
- [6] M. RH, »<https://www.morh.hr/samostalna-sluzba-za-vojni-zracni-i-pomorski-promet/>,« studeni 2020.. [Mrežno]. [Pokušaj pristupa travanj 2024.].
- [7] M. G. O. RH, Program održavanja tehničkog materijalnog sredstva helikopter Bell 206B III, Zagreb, 2022..
- [8] B. T. Inc, »Bell Customer Bulletins,« siječanj 1998. [Mrežno]. Available: https://www.bellcustomer.com/Bulletins/Download?FileName=206AB-Inspection_and_Airworthiness_Limitations.pdf&CategoryID=139. [Pokušaj pristupa travanj 2024].
- [9] E. Bazijanac, Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova, Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, 2007.
- [10] NN svez. br. 1708, 2016, »Pravilnik o letenju vojnih zrakoplova,«. NN (72/2016), [Mrežno]. Available: https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2016_08_72_1708.html. [Pristupano travanj 2024].

Popis slika

| | |
|---|----|
| Slika 1 Helikopter Bell 206B III JetRanger HRZ-a, [2]..... | 2 |
| Slika 2 Osnovne dimenzije helikoptera Bell 206B III JetRanger, [4] | 4 |
| Slika 3 Potvrda o plovidbenosti vojnih zrakoplova, [5]..... | 10 |
| Slika 4 Potvrda o vraćanju u uporabu, [5] | 14 |
| Slika 5 Životni vijek komponenti glavnog rotora helikoptera Bell 206B III JetRanger, [8] | 18 |
| Slika 6 Prikaz stanja zrakoplovnog sredstva u radu i prizemljenog tijekom održavanja, [9] | 26 |
| Slika 7 Dijagram otvaranja/zatvaranja protupumpažnog ventila, [4]..... | 44 |
| Slika 8 Dijagram provjere snage, [4]..... | 45 |
| Slika 9 Dijagram okretaja NR u autorotaciji, [4] | 46 |

Popis tablica

| | |
|---|----|
| Tablica 1 Osnovne dimenzije helikoptera Bell 206B III Jetranger | 3 |
| Tablica 2 Ograničenja visine i brzine leta za VFR..... | 6 |
| Tablica 3 Ograničenja visine i brzine leta za IFR..... | 6 |
| Tablica 4 Planirano održavanje helikoptera 1 | 20 |
| Tablica 5 Neplanirano održavanje helikoptera 1..... | 21 |
| Tablica 6 Planirano održavanje helikoptera 2 | 22 |
| Tablica 7 Neplanirano održavanje helikoptera 2..... | 23 |
| Tablica 8 Planirano održavanje helikoptera 3 | 24 |
| Tablica 9 Neplanirano održavanje helikoptera 3..... | 24 |
| Tablica 10 Vrijeme ispravnog rada Tri (h) i vrijeme provedeno na popravku Toi (h) za helikopter 1 | 28 |
| Tablica 11 Vrijeme ispravnog rada Tri (h) i vrijeme provedeno na popravku Toi (h) za helikopter 2 | 29 |
| Tablica 12 Vrijeme ispravnog rada Tri (h) i vrijeme provedeno na popravku Toi (h) za helikopter 3 | 31 |
| Tablica 13 Prikaz očitanih podataka na malom gasu..... | 40 |
| Tablica 14 Prikaz očitanih podataka na potpuno otvorenom gasu | 40 |
| Tablica 15 Prikaz očitanih podataka u horizontalnom letu..... | 42 |
| Tablica 16 Podaci zabilježeni tijekom provjere snage | 43 |
| Tablica 17 Ukupna masa helikoptera u autorotaciji | 43 |
| Tablica 18 Podaci zabilježeni tijekom autorotacije..... | 43 |

Kratice

ADF – *Automatic direction finder*

DME – *Distance measuring equipment*

FCU – *Fuel control unit*

GIO – Glavni inženjer održavanja

GPS – *Global positioning System*

HRZ – Hrvatsko ratno zrakoplovstvo

IFR – *Instrument flight rules*

IRE – zrakoplovni tehničar za instrumente, radio i elektro opremu

LMPO – Lista minimalno potrebne opreme

LOC/GS – *Localiser/Glideslope*

MDT – *Maintenance downtime* (vrijeme zastoja)

MTBM – *Mean time between maintenance* (srednje vrijeme između održavanja)

MTTR – *Mean time to repair* (srednje vrijeme popravka)

NR – Noseći rotor

NVG – *Night vision goggle*

OOO – Ovlaštena organizacija održavanja

OSRH – Oružane Snage Republike Hrvatske

SAD – Sjedinjene Američke Države

TOT – *Turbine outlet temperature* (temperatura ispušnih plinova)

UHF – *Ultra High Frequency*

VFR – *Visual flight rules*

VHF – *Very High Frequency*

VOO – Vojna organizacija održavanja

VOR – *Very high frequency omnidirectional radio range*

ZIM – zrakoplovni tehničar za motor

ZT – Zrakoplovno tehnička služba

ZTIN – Zrakoplovno tehnički inženjerski nalog

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI


Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je _____ **diplomski rad** _____
(vrsta rada)

isključivo rezultat mojega vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu, a što pokazuju upotrijebljene bilješke i bibliografija. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedopušten način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem, također, da nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu završnog/diplomskog rada pod naslovom **___Analiza parametara probnih letova nakon održavanja helikoptera Bell 206B III JetRanger_____**, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, _____2024._____

Mirko Kekez, 
(ime i prezime, potpis)