

# Procedura izmjene tehničko-eksploatacijske dokumentacije malog zrakoplova nakon modifikacije

---

**Petrin, Adam**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2022**

*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:119:086678>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-10-11**



*Repository / Repozitorij:*

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

**Adam Petrin**

**PROCEDURA IZMJENE TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE  
DOKUMENTACIJE LAKOG ZRAKOPLOVA NAKON MODIFIKACIJE**

**ZAVRŠNI RAD**

**Zagreb, 2022.**

Zagreb, 29. lipnja 2022.

Zavod: **Zavod za aeronautiku**  
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

## ZAVRŠNI ZADATAK br. 6646

Pristupnik: **Adam Petrin (0135250872)**  
Studij: **Aeronautika**  
Smjer: **Pilot**  
Usmjerenje: **Civilni pilot**

Zadatak: **Procedura izmjene tehničko-eksploatacijske dokumentacije malog zrakoplova nakon modifikacije**

### Opis zadatka:

U završnom radu je potrebno predočiti konkretan primjer jedne modifikacije lakog zrakoplova na način da se obuhvate svi postupci i radnje koji se odvijaju prije, tijekom i poslije modifikacije lakog zrakoplova.

U uvodnom dijelu rada potrebno je opisati tehničke značajke lakog zrakoplova na kojem je rađena modifikacija. Nadalje, potrebno je obraditi potrebne postupke za modifikaciju, proces modifikacije i testiranja ugrađene opreme, uz prethodni detaljni opis opreme za ugradnju. Na kraju rada je potrebno je dati opis dokumentacije zrakoplova koja se obavezno mijenja nakon modifikacije zrakoplova i podnosi nadležnom tijelu na odobrenje.

Mentor:



---

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Predsjednik povjerenstva za  
završni ispit:

---

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti

## **ZAVRŠNI RAD**

### **PROCEDURA IZMJENE TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE DOKUMENTACIJE LAKOG ZRAKOPLOVA NAKON MODIFIKACIJE**

### **PROCEDURE FOR CHANGING THE TECHNICAL-OPERATIONAL DOCUMENTATION OF A LIGHT AIRCRAFT AFTER ITS MODIFICATION**

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

Student: Adam Petrin

JMBAG: 0135250872

Zagreb, 2022.

## **Sažetak**

Cilj ovog završnog rada jest predočiti postupke i radnje koji se odvijaju prije, tijekom i nakon modifikacije lakog zrakoplova.

Opisane su tehničke značajke lakog zrakoplova Cessne 172N koja se koristila za modifikaciju. Navedena je dokumentacija koja se koristi tijekom eksploatacije i održavanja lakog zrakoplova. Obradeni su postupci za modifikaciju lakog zrakoplova, proces modifikacije i testiranja ugrađene opreme. Također je navedena i opisana ugrađena oprema te zašto se ista ugradila. Na kraju rada je opisana dokumentacija koja se izmjenila nakon modifikacije zrakoplova.

Ključne riječi: Modifikacija; dokumentacija; oprema; testiranja; prikaznici; sustavi

## **Summary**

The purpose of this thesis is to introduce procedures and actions which are carried before, during and after the modification of a light aircraft.

The described technical specifications are of a light aircraft Cessna 172N which was used for the modification. Documentation which is used during aeroplane's exploitation and maintenance is specified. The procedures for modification of a light aeroplane, its process and testing of equipment is described. Also, equipment installed and the reason for its installation is stated and described. The modified documentation is described at the end of the thesis.

Key words: Modification; documentation; equipment; testing; instruments; systems

# Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Tehničko – eksploatacijske značajke lakog zrakoplova i opis opreme sukladno certifikatu plovidbenosti .....	2
2.1. Opis i eksploatacijske značajke lakog zrakoplova C-172N, registracijske oznake 9A-DMB .....	3
2.1.1 Pogonska skupina C172N.....	3
2.2.2. Tehnički podaci C172N .....	4
2.2.3. Performanse C172N.....	5
3. Opis dokumentacije koja se koristi u eksploataciji i održavanju zrakoplova .....	6
3.1. Operativni priručnik za pilote.....	6
3.2. Priručnik za održavanje zrakoplova.....	7
3.3. Program održavanja.....	8
4. Razlozi modifikacije i opis postupaka modifikacije zrakoplova.....	10
4.1 Minimalni zahtjevi za IFR letenje .....	11
4.2. Dodatni zahtjevi za IFR letenje.....	12
4.3. Radiokomunikacijska oprema prema NCO.IDE.A.190.....	12
4.4. Navigacijska oprema prema NCO.IDE.A.195.....	12
4.5. Izračun potrošnje električnih sustava u zrakoplovu .....	13
4.5.1. Normalni uvjeti leta .....	14
4.5.2. Hitni uvjeti leta kod otkaza alternatora.....	16
5. Definiranje procedura za modifikaciju zrakoplova i testiranje nakon modifikacije .....	17
5.1. Priprema.....	17
5.2. Integracija svih sustava .....	19
5.3. Alati i oprema korištena kod modifikacije .....	20
5.4. Ožičenje.....	20
5.5. Provlačenje žica.....	20
5.6. Provjera ožičenja i spojeva .....	20
5.7. Testiranje opreme .....	21
5.7.1 Elektromagnetske smetnje .....	21
5.7.2. Testiranje pitot-statičkog sustava.....	22
5.7.3. Testiranje navigacijskog, komunikacijskog sustava i transpondera .....	23
5.7.4. Kalibracija kompasa .....	24
5.8 Određivanje položaja centra težišta zrakoplova .....	25
6. Opis ugrađene opreme u 9A-DMB .....	26
6.1 Popis ugrađene opreme u 9A-DMB .....	26

6.1.1 Garmin G5.....	27
6.1.2 Garmin GTN750, GTN650.....	29
6.1.3 J.P.Instruments EDM 900.....	32
6.2 Ostali ugrađeni instrumenti i oprema.....	34
6.2.1. Garmin GI 106B CDI indikator.....	34
6.2.2. Bendix King KI 227 ADF indikator.....	34
6.2.3. Bendix King KN 62A DME.....	35
6.2.4. Davtron M803 digitalni sat.....	35
6.2.5. Garmin GAD29B.....	35
6.2.6. Garmin GMU 11 magnetometar.....	35
6.2.7. Garmin GMA 345 zvučni panel.....	36
6.2.8 Garmin GAE12 visinski dekodir.....	36
6.3. Ugrađene antene na zrakoplovu.....	36
6.4. Ostali radovi izvršeni na zrakoplovu.....	37
7.Opis izmjene dokumentacije za eksploataciju i održavanje zrakoplova.....	38
7.1.Izmjena operativnog priručnika za pilote.....	38
7.2.Izmjena priručnika za održavanje zrakoplova.....	39
7.3.Izmjena programa održavanja.....	40
7.3.1.Izvješće o stanju zrakoplova.....	41
7.3.2.Izmjena u radnim karticama za 50 i 100-satne preglede.....	42
7.3.3. Program održavanja po Part-u ML.....	43
8. Zaključak.....	44
Literatura.....	45
Popis kratica.....	48
Popis slika.....	51
Popis tablica.....	52

## 1. Uvod

Zrakoplovna industrija je od početka uvelike napredovala u svim segmentima koji omogućuju rad i razvoj industrije. Jedan od ključnih čimbenika koji utječu na sigurnost i neometan rad zrakoplova je održavanje i eksploatacija. Zrakoplovi, kao i ostali strojevi zahtijevaju održavanje kako bi bili učinkoviti i sigurno izvršavali svoje funkcije te bili unutar granica pouzdanosti i sigurnosti. Laki zrakoplovi mogu imati dugi radni vijek, neki čak i par desetljeća uz pravilno i redovito održavanje. Zrakoplovi mogu biti u privatnom vlasništvu ili u skupu organizacije koja koristi zrakoplove za određene svrhe.

Jedna od najčešćih svrha malih zrakoplova je školovanje i osposobljavanje pilota, bilo civilnih ili vojnih. U počecima letenja, piloti su se oslanjali na samo par osnovnih instrumenata za let i navigaciju. Prolaskom vremena, napredovala je tehnologija i regulativa u zrakoplovstvu što je omogućilo napredovanje u sigurnosti, pouzdanosti i načinima na koji se provode letovi.

Ovaj rad će opisati procedure i načine na koji se laki zrakoplovi modificiraju, potrebnu dokumentaciju i izmjenu dokumentacije te proces testiranja zrakoplova nakon preinaka. Sukladno tome, rad je podijeljen u osam poglavlja. Nakon uvoda, analiziraju se tehničko-eksploatacijske značajke lakog zrakoplova, nadalje, u trećem poglavlju bit će opisana dokumentacija koja je bitna u eksploataciji i održavanju zrakoplova. U četvrtom poglavlju su objašnjeni razlozi za modifikaciju lakog zrakoplova te postupci modifikacije istog. U petom poglavlju su definirane procedure za modifikaciju i testiranje nakon modifikacije. Šesto poglavlje prikazuje ugrađenu opremu u zrakoplovu. U sedmom poglavlju je opisana izmjena dokumentacije za daljnju eksploataciju i održavanje zrakoplova te je u zadnjem poglavlju iznesen zaključak.



## 2. Tehničko – eksploatacijske značajke lakog zrakoplova i opis opreme sukladno certifikatu plovidbenosti

Zrakoplovna tvrtka Cessna, danas pod vlasništvom Textron tvrtke je jedna od najvećih proizvođača zrakoplova generalne avijacije u svijetu. Tvrtka je poznata po proizvodnji tipova zrakoplova kao što su: 208 Grand Caravan, Citation obitelj “*business*” mlažnjaka i naravno najpoznatiji zrakoplov, Cessna 172, uz mnoge druge modele. Cessna 172 je jednomotorni klipni zrakoplov sa visokim krilom koja ima mogućnost prevoženja 4 putnika sa dodatnim teretom. Poznata pod nazivom skyhawk, nakon prvog leta 1955. ubrzo je postao najproizvedeniji zrakoplov na svijetu sa preko 44000 primjeraka proizvedenih do danas. Kroz povijest se Cessna 172 razvijala te danas postoji 21 varijanta.

Cessna 172, prikazana na slici 1., je često korišten zrakoplov za uvježbavanje novih pilota iz razloga što ima dobre performanse i relativno je jednostavan održavanje. Također, zrakoplov se može prilagoditi potrebama vlasnika ili tipu operacija. Prilagodbe ili modifikacije mogu uključivati napredniju avioniku, ugrađivanje autopilota, instrumentizaciju za praćenje parametara motora ili čak modifikacija unutrašnjosti samog zrakoplova.

Navedene aspekte je Cessna iskoristila kada je dizajnirala, prilagođavala i stavljala na tržište ovaj model zrakoplova čime je privukla mnogo mušterije kroz svoj vijek rada [1].



**Slika 1.** C172N registracijske oznake 9A-DMB, [2]

## **2.1. Opis i eksploatacijske značajke lakog zrakoplova C-172N, registracijske oznake 9A-DMB**

Laki zrakoplovi su svi zrakoplovi kojima maksimalna masa pri polijetanju ne prelazi 5700 kg i kao takvi se koriste privatno, sportsko rekreativno, za školovanje pilota, u komercijalne svrhe.

Zrakoplov Cessna 172N je jednomotorni klipni avion, metalne konstrukcije sa visokim krilom te sa svojom maksimalnom masom pri polijetanju od 1043 kg je tipičan primjer lakog zrakoplova jer ne prelazi maksimalnu masu pri polijetanju od 5700kg. Pogonjen je klipnim četverocilindričnim bokser motorom koji za izgaranje koristi avionski benzin AVGAS 100 (zeleno boja) ili AVGAS 100LL (plava boja) [3].

C172N je zrakoplov koji se često koristi kod školovanja pilota jer ima iznimne performanse te je stabilan i "oprašta greške" kod početnika. Također, jedna od značajki ovog zrakoplova je da su inženjeri na početku proizvodnje odlučili napraviti zrakoplov sa nosnim kotačom što kod taksiranja, polijetanja i slijetanja daje pilotu veću preglednost i stabilnost kod upravljanja po tlu.

### **2.1.1 Pogonska skupina C172N**

Cessna 172, model N, je uvedena u proizvodnju 1977.g i po prvi put je u zrakoplov ugrađen jedan od najpoznatijih četverocilindričnih atmosferskih zrakoplovnih motora tvrtke Avco Lycoming, O-320-H2AD, motor postiže snagu od 118 kW pri 2700 okretaja nudeći bolje performanse od prijašnjih modela. Motor je četverotaktni, četverocilindrični sa rasplinjačem što daje prilično postojanu specifičnu potrošnju goriva od otprilike 0.43 lbs/HP/hr. Sa tim podatkom je vrlo lagano izračunati potrošnju goriva po satu. Na primjer, motor pri 75% snage proizvodi 120 HP, pomnoženo sa specifičnom potrošnjom goriva dobiva se 51,6 lbs što je, uzimajući u obzir specifičnu gustoću avionskog benzina od 0,7, potrošnja goriva od 8,6 gal/hr. Gorivo koje motor koristi za izgaranje je avionski benzin AVGAS 100LL (*engl. low lead*), a kompresijski omjer je 9:1 te je položaj cilindara u horizontalnoj ravnini jedan nasuprot drugome koji su hlađeni zrakom [3].

## 2.2.2. Tehnički podaci C172N

U sljedećoj tablici su prikazane osnovne karakteristike zrakoplova Cessna 172N.

**Tablica 1.** Tehnički podaci C172N

Proizvođač motora i model	Avco Lycoming O-320-H2AD
Snaga motora na polijetanju	160 BHP / 2700 o/min
Vrsta goriva	Avgas 100 ili Avgas 100LL
Propeler	McCauley 1C160/DTM7557, dvokraki sa konstantnim napadnim kutem, duljine 75 in.
Vrsta podvozja	fiksno podvozje sa nosnim kotačom
Maksimalna masa pri polijetanju i slijetanju	2300 lbs/1045 kg
Zadnja vagana osnovna masa zrakoplova	1528,9 lbs/693,5 kg
Iskoristivo gorivo	40 USgal, 20 USgal po spremniku
Raspon krila	10,97 m
Duljina trupa	8,2 m
Visina	2,74 m
Površina krila	16,17 m <sup>2</sup>
Kapacitet ulja u motoru sa filterom ulja	7,95 l
Opterećenje krila	13,2 lbs/ft <sup>2</sup>
Broj kabinskih vrata	2
Broj sjedala	4
Maksimalna masa prtljage	54 kg

Izvor: [3]

### 2.2.3. Performanse C172N

Nadalje, Cessna 172N sa 160 konjskih snaga postiže brzinu penjanja od 770 stopa u minuti pri ISA (*engl. International standard atmosphere*) standardnim atmosferskim uvjetima na nadmorskoj visini sa maksimalnom dopuštenom masom pri polijetanju. Razlog dobrim performansama penjanja je što je aeroprofil toga zrakoplova napravljen i optimiziran za penjanje, a radi se o NACA 2412 aeroprofilu (*engl. National Advisory Committee for Aeronautics*) [4]. U tablici 2. su prikazane performanse koje C172N pruža pri masi od 2300 lbs u standardnim atmosferskim uvjetima.

**Tablica 2.** Performanse zrakoplova C172N

Brzina krstarenja pri 75% snage na 8000 ft	120 KTAS
Potrošnja pri 75 % snage na 8000 ft	8,4 USgal/hr
Domet pri 75 % snage na 8000 ft	485 NM
Istrajnost pri 75 % snage na 8000ft	4,1 hr
Brzina penjanja na razini mora	770 ft/min
Maksimalna operativna visina leta	12000 ft
Brzina sloma uzgona – Vso	47 KIAS
Udaljenost zatrčavanja pri polijetanju	805 ft
Udaljenost polijetanja sa nadvišavanjem prepreke od 50 ft	1440 ft
Udaljenost zaustavljanja pri slijetanju	520 ft
Udaljenost pri slijetanju sa nadvišavanjem prepreke od 50 ft	1250 ft
Faktori opterećenja pri masi od 2300 lbs	Bez zakrilaca +3,8g / -1,52g Spuštena zakrilca +3,0g
faktori opterećenja pri masi od 2000 lbs	Bez zakrilaca +4,4g / -1,76g Spuštena zakrilca +3,0g

Izvor: [3]

### **3. Opis dokumentacije koja se koristi u eksploataciji i održavanju zrakoplova**

Uz svaki zrakoplov dolazi set priručnika i dokumentacija nužnih za pravilnu eksploataciju i održavanje.

U ovom poglavlju bit će opisani priručnik za letenje zrakoplova (*engl. Aircraft flight manual - AFM*), odnosno operativni priručnik za pilota (*engl. Pilot operating handbook - POH*) i ostali dokumenti koji se odnose na plovidbenosti, održavanje i operacije. Poznavanje ovih priručnika te vođenje dokumentacije i redovito održavanje je neophodno za izvođenje sigurnih letova.

#### **3.1. Operativni priručnik za pilote**

Razlika između POH-a i AFM-a je što je POH prijašnji naziv današnjeg AFM-a koji se koristio za zrakoplove napravljene prije 1979. godine. POH sadrži svu informaciju bitnu za operacije zrakoplova. Bez obzira na naziv priručnika, oba tipa sadrže operacijske limitacije i oznake koje se nalaze na zrakoplovu. Razlika je u tome što je AFM specifičan za neki zrakoplov dok POH pokriva sadržaj samo odabranog modela ili tipa zrakoplova što znači da POH ne može biti zamijenjen sa AFM-om, ali AFM može biti zamjena za POH. [5]

Tipičan POH/AFM sadrži devet sekcija: Općenito (*engl. General*); Ograničenja (*engl. Limitations*); Postupci u slučaju nužde (*engl. Emergency procedures*); Postupci u normalnom radu (*engl. Normal procedures*); Performanse (*engl. Performance*); Masa i balansiranje/Popis opreme na zrakoplovu (*engl. Weight and balance/Equipment List*); Opis zrakoplova i sustava (*engl. Airplane and systems description*); Rukovanje, servisiranje i održavanje zrakoplova (*engl. Airplane handling, service and maintenance*); Dodaci (*engl. Supplements*) [3]. Opisani sadržaj vrijedi za POH Cessne 172N.

POH, uz sve prethodno navedeno, mora biti redovno ažuriran te sadrži dodatne informacije o ugrađenim uređajima te modifikacijama i STC-ovima (*engl. Supplemental type certificate*). STC je dodatni certifikat za tip zrakoplova koji je odobren od zrakoplovnih vlasti kao što su FAA (*engl. Federal aviation administration*) i EASA (*engl. European Union*

Aviation Safety Agency), odnosno, to je dopuštenje da se na određenom zrakoplovu mogu provesti određene modifikacije.

Svaki POH zrakoplova mora imati serijski broj i registraciju zrakoplova na početnoj stranici kako bi se mogao identificirati točan zrakoplov namijenjen za operaciju, razlog tome je što je svaki priručnik zaseban i sadrži određene podatke o točno tom zrakoplovu.

### **3.2. Priručnik za održavanje zrakoplova**

Priručnik za održavanje zrakoplova sadrži detaljne upute za tehničko održavanje kojima se služe zrakoplovni tehničari i inženjeri prije bilo kakvog održavanja ili radova na zrakoplovu i sustavima zrakoplova kao i pogonskoj grupi. Priručnik za održavanje zrakoplova je također podijeljen u odjeljke u kojima su sadržane upute za održavanje zrakoplova kako bi se osigurala kontinuirana plovidbenost zrakoplova. Sadrži informacije potrebne za servisiranje, zamjene, popravke, podešavanje, pregled sustava, provjere opreme i sustava. Priručnik izdaje proizvođač, a nakon svake modifikacije, izmjene komponenata i sl. se u priručnik umeću opisi djelovanja sustava i načini održavanja istih.

Informacije su podijeljene u dva glavna dijela: 1. Opis i način djelovanja, 2. Postupak održavanja

Svrha opisa i načina djelovanja je upoznati osoblje za održavanje sa sustavima zrakoplova te im pružiti dostatnu količinu informacija o tome kako sustavi rade.

U postupku održavanja su zadani zadaci i podzadaci sa opisom procedura radova, pripremom prije radova na zrakoplovu ili sustavu te koracima tijekom samog rada kao i koraci za sastavljanje dijelova zrakoplova ili sustava u početno stanje prije početka radova.

Priručnik također sadrži alate i opremu potrebnu za održavanje, alati mogu biti standardni ili posebni alati koji su određeni PNR-om (*engl. Part number*).

Priručnik se redovno ažurira te sadrži revizijske stranice sa datumom i brojem koje su naknadno dodane u priručnik. [6]

### **3.3. Program održavanja**

Program održavanja sadrži zadatke i podzadatke koji se trebaju izvršiti kako bi se osigurala kontinuirana plovidbenost zrakoplova i održavala razina pouzdanosti, a uključuje redovne preglede, zamjene dijelova, remontove, popravke i otklanjanje kvarova. Svaka od navedenih stavki mora biti sadržana u programu održavanja.

Program održavanja je rađen po preporukama proizvođača zrakoplova sa intervalima koji su izraženi u satima leta zrakoplova, ciklusima, broju slijetanja ili u kalendarskom vremenu. Izrađuje se posebno za svaki tip zrakoplova te ga izrađuje operater, odnosno organizacija za održavanje zrakoplova, a pregledava ju agencija. Već je rečeno da sadrži preporuke proizvođača i zrakoplovnih vlasti, ali je moguće da se operater odluči na devijaciju od toga, što znači da npr. ako je remont motora propisan na 2000 sati, a operater se odluči na produljenje i propiše interval od 2800 sati, onda taj dio mora biti obrazložen zašto je tako odlučeno te mora biti redovito kontroliran, a primjer kontrole bi bio da se na svakom 50 satnom održava i 100 satni pregled. [7]

Namjena programa održavanja je održavanje postojeane razine pouzdanosti i sigurnosti zrakoplova, svih sustava na zrakoplovu kao i pogonske grupe uz minimalne troškove.

Za lake klipne zrakoplove se predviđaju sljedeći pregledi:

- Prijetni pregledi
- 50 satni, 100 satni, 200 satni te 1000 satni pregledi

Program održavanja je podijeljen u 6 grupa:

- 1.** Servisni pregledi
- 2.** Povremeni pregledi
- 3.** Velike obnove
- 4.** Posebni pregledi
- 5.** Provjere u letu

## 6. Pregledi za utvrđivanje plovidbenosti zrakoplova

Program se izrađuje prema zahtjevima i preporukama proizvođača zrakoplova i zrakoplovnih vlasti. Standardizirani obrazac koji EASA preporučuje se nalazi u Part-u ML, uredba o kontinuiranoj plovidbenosti 1321/2014, M.A.302 "*Aircraft maintenance programme*". Odbor za ocjenjivanje održavanja (*engl. Maintenance Review Board*) izrađuje prijedlog programa održavanja te ga predaju zrakoplovnim vlastima koji ga ispravljaju, ovjeravaju, dopunjuju te izdaju kao dokument za izradu programa održavanja sa osnovnim zahtjevima za održavanje cijelog zrakoplova. Proizvođač zrakoplova, u ovom slučaju Cessna, izrađuje dopunjeni program održavanja na osnovu programa napravljenog od strane MRBR-a te sami dokument za planiranje održavanja (*engl. Maintenance Planning Document*) i šalje ga operateru zrakoplova koji izrađuje finalni program održavanja. Operater je nužan nadopunjavati program održavanja dokle god je zrakoplov u eksploataciji. Razlog tome je što svaki zrakoplov ima različito ugrađenu opremu, pogonsku skupinu i ostale sustave te se kroz eksploataciju zrakoplov može modificirati pa se time mora i nadopunjavati program održavanja važećim stranicama za održavanje. [8]



#### 4. Razlozi modifikacije i opis postupaka modifikacije zrakoplova

Razlog modifikacije zrakoplova 9A – DMB u sastavu flote Hrvatskog zrakoplovnog nastavnog (HZNS) središta Fakulteta prometnih znanosti (FPZ) je modernizacija pilotskog sučelja kao i smanjenje troškova održavanja instrumenata gdje stariji i analogni žiroskopski i vakumski instrumenti postaju biti sve teži i skuplji za održavanje. Napretkom tehnologije, sve više vlasnika starijih zrakoplova prelazi na takozvani “*glass cockpit*” pa tako i potražnja za osobljem koja se bavi održavanjem i popravljanim starijih instrumenata slabi te se uz to proizvodi sve manje zamjenskih dijelova.

Prvi elektronički prikaznici koji su se pojavili prije par desetljeća nisu mogli pokazivati više od umjetnog horizonta, tj. položaja zrakoplova. Tada su cijene takvih prikaznika bile visoke, do čak 80 000 dolara za dva osnovna prikaznika kao što su umjetni horizont i prikaznik horizontalnog položaja (horizontal situation indicator). Većina vlasnika je odlučila da je to bila daleko preskupa opcija te su odlučili ostati sa svojih osnovnih šest instrumenata, također poznati pod engleskim nazivom “*six pack*” prikazani na slici 2.



1. Prikaznik brzine zrakoplova
2. Umjetni horizont
3. Visinomjer
4. Pokazivač klizanja
5. Prikaznik horizontalne situacije
6. Pokazivač vertikalne brzine

Slika 2. Osnovnih šest instrumenata, [9]

Do nedavno, točnije oko 2015. godine su cijene novih tehnologija avionike počele znatno padati dok su funkcionalnosti i mogućnosti sustava porasle. Razlog tome je što je Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo (*engl. Federal Aviation Administration – FAA*) olakšala postupke certificiranja ugradnje sustava avionike za zrakoplove sa klipnim motorima koji podliježu certifikacijskim specifikacijama 23 (*engl. Certification specifications – CS*), a koji su prije bili namijenjeni ugradnji samo kod eksperimentalnih zrakoplova. Vlasnici zrakoplova kojima je bilo preskupo održavanje ili popravljavanje zastarjelih mehaničkih prikaznika su se odlučili na takozvani “*solid-state*” tip elektroničkih sustava i instrumenata za letenje.

#### **4.1 Minimalni zahtjevi za IFR letenje**

Kako bi zrakoplov postao odobren za instrumentalno letenje (*engl. Instrument flight rules – IFR*), postoje osnovni zahtjevi koje je EASA postavila, a mogu se pronaći u Annex-u VII Part-NCO, NCO.IDE.A.125. [10]

Zrakoplovi koji se koriste za instrumentalno letenje moraju biti opremljeni sa:

(a) Sredstvima za mjerenje i prikazivanje sljedećih stavki:

- (1) Magnetski smjer
- (2) Vrijeme u satima, minutama, sekundama
- (3) Visina po tlaku
- (4) Indicirana brzina
- (5) Vertikalna brzina
- (6) Skretanje i klizanje
- (7) Položaj zrakoplova
- (8) Machovog broja, kad god su ograničenja u brzinama izražena u Machovom broju

- (b) Načinom prikazivanja napajanja žiroskopskih i električnih instrumenata (prikaznik mjerenja vakuuma za žiroskopske instrumente i ampermetar za električne instrumente.
- (c) Načinom sprječavanja zaleđivanja pitot sustava za mjerenje brzine zrakoplova.

## **4.2. Dodatni zahtjevi za IFR letenje**

Zrakoplovi namijenjeni za instrumentalno osposobljavanje pilota koji lete prema Part NCO-u moraju biti opremljeni za tipove operacija koje će izvoditi.

## **4.3. Radiokomunikacijska oprema prema NCO.IDE.A.190**

- (a) Prema zahtjevima zemlje, a u kojem zračnom prostoru se leti, zrakoplovi moraju biti opremljeni radiokomunikacijskom opremom koja pruža dvosmjernu komunikaciju na frekvencijama koje zahtjeva zračni prostor.
- (b) Radiokomunikacijska oprema mora imati mogućnost korištenja frekvencije od 121,5 MHz u hitnim slučajevima.
- (c) Ako postoji više od jedne komunikacijske opreme na zrakoplovu, obje moraju biti neovisne jedna o drugoj u slučaju otkaza bilo koje od te dvije.

## **4.4. Navigacijska oprema prema NCO.IDE.A.195**

Zrakoplovi koji lete iznad ruta na kojima se ne može navigirati pomoću orijentira moraju biti opremljeni navigacijskom opremom koja udovoljava zahtjevima:

- (1) plana leta
- (2) zračnih prostora

Ako se namjerava letjeti standardni instrumentalni odlazak (*engl. Standard Instrument Departure - SID*) ili standardni instrumentalni dolazak (*engl. Standard Instrument Arrival*

- STAR) gdje se upotrebljavaju GNSS (GPS) točke, onda zrakoplov mora biti opremljen GNSS prijamnikom koji udovoljava zahtjevima performansa za tu rutu.

Zrakoplov Cessna 172N, reg. oznake 9A-DMB, je prije modifikacije bio opremljen i certificiran za izvođenje letova samo u vizualnim uvjetima što je ograničavalo školovanje studenata jer se zrakoplov nije mogao koristiti u svrhu instrumentalnog letenja.

Modifikacija zrakoplova 9A-DMB je prema EASA-i svrstana pod značajnu ili "major" modifikaciju jer se zrakoplov kompletno prenamijenio za potrebe IFR letenja.

#### **4.5. Izračun potrošnje električnih sustava u zrakoplovu**

Svaka izmjena na zrakoplovu kojom se dodaje ili uklanja električna oprema zahtijeva analizu električnog opterećenja (*engl. Electrical Load Analysis - ELA*).

Glavna svrha analize električnog opterećenja je procjena kapaciteta električnog sustava potrebnog za opskrbu u najgorim kombinacijama električnih opterećenja.

Kada se električna oprema dodaje zrakoplovu, provodi se izračun kao i kod mase i ravnoteže, ali sa istom strogošću.

To može uključivati svu nepotrebnu opremu koja još uvijek može utjecati na električni sustav zrakoplova.

Razlog izračuna potrošnje električnih sustava ugrađenih na zrakoplov je utvrđivanje da sustav napajanja električnom energijom može podnijeti opterećenje tijekom normalnih i izvanrednih situacija.

Standard koji je postavljen za analizu električnog opterećenja je internacionalni standard i može se pronaći u priručniku ASTM F2490-05, u njemu su opisane procedure i metode izračuna kod analize električnog opterećenja opreme zrakoplova. Dodatno, EASA je izdala formular na osnovu ASTM F2490-05 standarda gdje se opisuju normalne, abnormalne i hitne situacije leta zrakoplova.

Istrajnost baterije tijekom hitne situacije leta gdje generator nije više u mogućnosti snabdijevati električni sustav zrakoplova niti puniti bateriju je vrijeme u minutama koje se određuje računajući vrijeme operacije opreme spojene na sabirnicu, a koju napaja baterija

sve do trenutka kada napon baterije padne ispod najniže dopuštene vrijednosti kojom se smatra da sva oprema u hitnom slučaju može biti pouzdana za korištenje.

Standardno trajanje baterije u hitnom slučaju kod otkaza generatora ovisi o dizajnu i operativnim mogućnostima zrakoplova pa je tako za IFR zrakoplove certificirane do visine od 25 000 ft zahtjev istrajnosti baterije 30 minuta. [11]

Kod izvođenja analize električnog opterećenja, potrebno je prvo navesti sve izvore napajanja u zrakoplovu, primjer za cessnu 172N je dan u tablici 3.

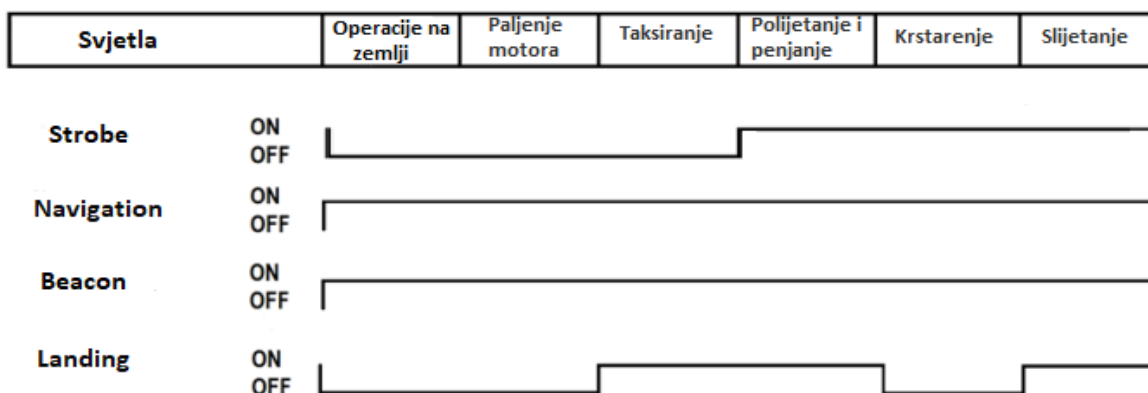
**Tablica 3.** Izvori napajanja električne energije C172N

	Alternator/generator	Baterija/akumulator
Broj jedinica	1	1 (Gill 242 baterija)
Kontinuirano napajanje	60 A	10 Ah
Napon	28 VDC	24 VDC

Izvor: [12]

#### 4.5.1. Normalni uvjeti leta

Maksimalno opterećenje se općenito ne koristi jer će ovisiti o fazi leta i ostalim čimbenicima navedenim u sljedećoj stavki. Ne radi cijela oprema zrakoplova u svakoj fazi leta što je prikazano na slici 3.



**Slika 3.** Primjer operativnih svjetala tijekom faza leta, [13]

U tablici 4. dan je primjer strujnog opterećenja ugrađene opreme u 9A-DMB, svi zahtjevi o potrošnji su izvađeni iz instalacijskih priručnika za svaki ugrađeni dio posebno, a za svjetla na zrakoplovu su podaci izvađeni iz servisnog priručnika Cessne 172N. Opterećenje se bazira na 28 VDC sustavu, odnosno 24 VDC akumulatoru. [12] Navedena oprema u tablici je opisana u 6. poglavlju ovog rada.

**Tablica 4.** Električna potrošnja opreme zrakoplova 9A-DMB

G5 PFD	0,1A/ 0,125A max	KR87 ADF	0,576 A
G5 HSI	0,1A/ 0,125A max	KI 227	0,08 A
GTN 750	1,71A/ 4,88A max	GA 35 (2x)	0,06x2=0.12 A
GTN 650	1,31A/ 4,38A max	Kontaktor baterije	0,5A
Davtron M803	0,2A	Grijanje pitot cijevi	2,9A
EDM 900	0,5A	Svjetla za slijetanje	8,9A
GAD 29B	0,1A	Strobe	3A
GTR335R	0,29A / 0,43A max	Beacon	6A
KN62 DME	0,54A	Navigacijska svjetla	2,5A
= 4,85A / 11,28A max		=24,576A	
=29,426A normalne potrošnje / 35,856A maksimalne potrošnje			

Izvori: [12], [13], [20], [21], [22], [23], [25]

Uzevši u obzir zahtijevanu maksimalnu iskoristivost alternatora od 80%, dobit ćemo teorijski dostupno napajanje strujom od 48 A koje zrakoplov ima na raspolaganju za sve ugrađene sustave. Iz tablice se može vidjeti da za normalnu konstantnu potrošnju sustavi iziskuju 29,426 A što je razlika od 18,574 A pričuvene struje alternatora dok je razlika maksimalne potrošnje struje od 35,856 A i alternatora od 48A, 12,14 A. Iz izračuna se može zaključiti da napajanje alternatora može podnijeti najgoru moguću situaciju gdje su svi sustavi operativni. Valja spomenuti da je u ELA-u uključen i aktuator flapsa koji troši 8,5 A, ali budući da je njegov rad naizmjeničan, odnosno koristi se u polijetanju i slijetanju sa kratkim periodom od par sekundi, onda se ne uzima kao glavni potrošač.

#### 4.5.2. Hitni uvjeti leta kod otkaza alternatora

Kod otkaza alternatora kao glavnog sredstva napajanja zrakoplova električnom energijom, zrakoplov će tada crpiti električnu energiju iz baterije. Bitno je naglasiti kako je zahtjevano napajanje sustava pomoću baterije 30 minuta. Ako znamo da je minimalna potrebna istrajnost baterije 30 minuta, odnosno 0,5h, potrebno je u formulu prikazanu ispod upisati podatke o kapacitetu baterije koja je spomenuta u tablici 3. da bi se dobila maksimalna moguća struja kako bi se zadovoljila istrajnost baterije.

$$t \text{ (vrijeme u satima, h)} = \frac{Q \text{ (kapacitet u Amper – satima, Ah)}}{I \text{ (struja potrošača u amperima, A)}}$$

Zamijenimo li mjesta struje (I) i vremena (t), dobit ćemo:

$$I = \frac{10Ah}{0,5 \text{ h}} = 20A$$

Iz izračuna se može zaključiti da bi za potrebu trajanja baterije od 30 minuta trebalo rasteretiti mrežu zrakoplova što znači da treba isključiti sve u tom trenutku nebitne sustave i uređaje od kojih su najveći potrošači svjetla na zrakoplovu.

## **5. Definiranje procedura za modifikaciju zrakoplova i testiranje nakon modifikacije**

Prije bilo kakve modifikacije, rezova na instrumentalnoj ploči, ožičenja sustava i sličnog, tehničari moraju biti upoznati sa AC 43.13-2B dokumentom u kojem su propisane metode i tehnike kod preinaka na konstrukcijama zrakoplova. AC 43.13-2B je dopunjen dokumentom AC 43.13-1B koji objašnjava detalje strukturalne preinake kod metala, odnosno instrument ploče u ovom slučaju. Na primjer, Garminov STC instalacijski priručnik upozorava na ukupnu masu sustava kod ugradnje pa je potrebno provjeriti je li masa ugrađenih sustava na instrument ploči unutar granica. Kako je sva ugrađena oprema lakša od izvađene, to u ovom slučaju nije predstavljalo problem.

Nakon što se odredilo da je električna potrošnja svih sustava i instrumenata koji će se ugraditi u zrakoplov unutar granica te da zrakoplovna električna mreža i napajanje može napajati sve sustave tijekom najgore faze leta, slijedi integracija svih sustava koji se ugrađuju.

### **5.1. Priprema**

Kako je odlučeno da će se na zrakoplov ugrađivati novi instrumenti sa dodatkom Garminovih GTN750 i GTN650 sustava, cijela instrument ploča se morala raditi od nule što znači da su se prvo svi stari prikaznici i sustavi morali maknuti kako bi se ploča mogla također maknuti iz zrakoplova.

Nakon što je sve izvađeno iz kabine, svi instrumenti i dijelovi su označeni te idu u skladište. Glavni razlog modifikacije je modernizacija pilotskog sučelja što zauzvrat pruža funkcionalni i moderni izgled u usporedbi sa prijašnjom instrument pločom. Kako bi se to postiglo, sva avionika ugrađena u zrakoplov je zahtijevala pažljivo razmišljanje, planiranje i mjerenje, razlog tome je što svi instrumenti i sustavi koji su ugrađivani imaju svoje dimenzije te je trebalo imati na umu da kod pozicioniranja instrumenata ne dođe do udaranja ili struganja instrumenata i priključaka sa bilo kojim djelovima zrakoplova iza ploče prema požarnom zidu.



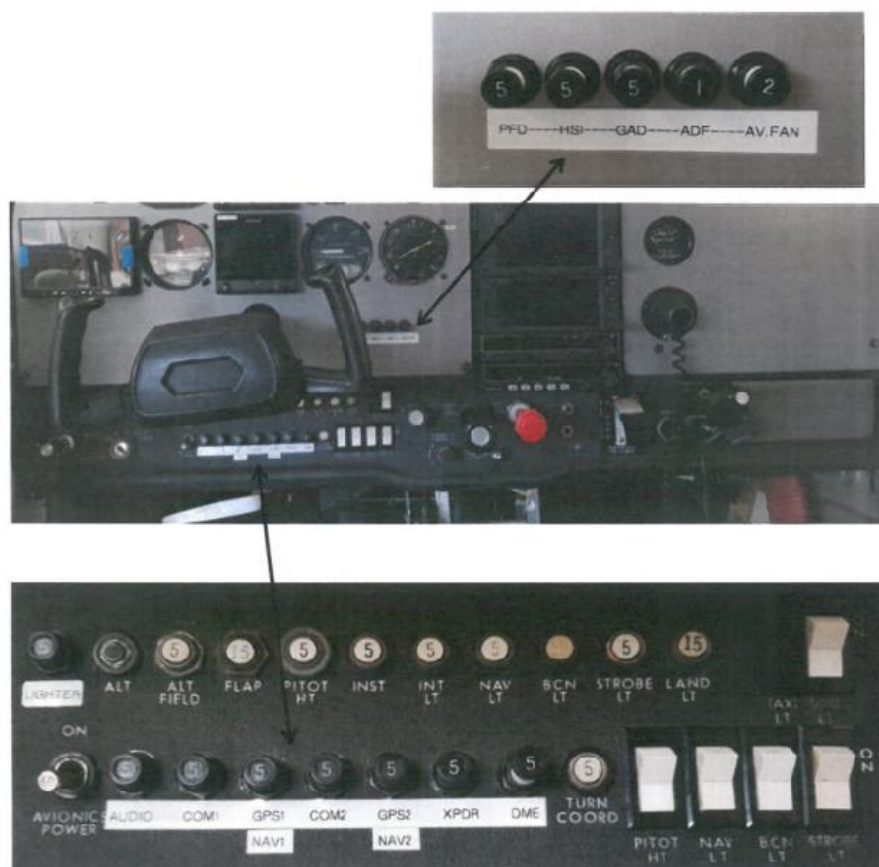
Specifični zahtjevi koje Garmin postavlja za planiranje rasporeda instrumenata za digitalnim zaslonom kao što su G5, GTN 750/650 jesu da oni moraju biti kruto postavljeni na instrument ploču. U usporedbi, stariji žiroskopski instrumenti su morali biti ugrađeni sa amortizerima kako bi ublažili udarce i vibracije te produžili vijek trajanja instrumenata.

Nakon uzimanja mjera razmaka iza ploče, radi se raspored novih instrumenata na novoj ploči. Odlučeno je zadržati klasični izgled osnovnih šest (*engl. basic six*) instrumenata koji su opisani u 4. poglavlju. Umjetni horizont i prikaznik horizontalne situacije su zamijenjeni modernim Garminovim G5 instrumentima, za navigacijski i komunikacijski sustav odlučeno je ugraditi u sredinu ploče Garminove GTN 750 i GTN 650 sustave. EDM 900 sustav nadziranja parametara motora je smješten na lijevoj strani instrument ploče. Ostali klasični instrumenti su zadržani na pozicijama kao osnovnih šest instrumenata. Modificirana instrument ploča prikazana je na slici 4.



**Slika 4.** Modificirana instrument ploča 9A-DMB, [14]

Osigurači i prekidači su pozicionirani ispod instrumenata na lijevoj pilotskoj strani prikazanoj na slici 5.



**Slika 5.** Smještaj osigurača na novoj instrument ploči, [3]

## 5.2. Integracija svih sustava

Jedan od najzahtjevnijih poslova je bila integracija svih schema sustava iz STC instalacijskih priručnika i njihovih spojeva sa drugim instrumentima. Integracija i ugradnja također treba biti u skladu sa AC 43.13-1B/2B dokumentom.

### **5.3. Alati i oprema korištena kod modifikacije**

Svaki instrument i sustav zasebno dolazi sa kompletom djelova za ugradnju i instalacijskim priručnicima. Također, alat potreban za rad na zrakoplovu je standardni alat kod rada sa avionikom zrakoplova. Jedan od bitnih alata koji se koristio u ovom slučaju je elektroinstalacijski alat za ogoljevanje žica i stiskanje terminala na žice jer je većina avionike, osigurača i prekidača zahtijevala nove spojeve. Svi dodatni potrebni alati za ugradnju sustava su također opisani u instalacijskim priručnicima.

### **5.4. Ožičenje**

Sve naponske žice i žice za uzemljenje moraju biti debljine kako je propisano u instalacijskim priručnicima. Žice korištene za ugradnju su vojnog standarda MIL-27500 i MIL-22759.

### **5.5. Provlačenje žica**

Posebna pažnja se morala pridavati pri provlačenju žica kako se nebi oštetila izolacija tijekom instalacije i radnog vijeka. Trebalo je osigurati da se izolacija ne trlja o bilo koji dio zrakoplova, a posebno žice koje sadrže tanku izolaciju.

### **5.6. Provjera ožičenja i spojeva**

Stanje i debljina svih ugrađenih žica treba biti pregledana nakon ugradnje. Sve naponske žice bi trebale biti AWG 20 (*engl. American Wire Gauge*) ili deblje [15]. Ostale žice koje prenose signal ne prenose velike količine struje, ali trebaju biti prema propisanim veličinama. Provjera kontinuiteta struje je nužna kako bi se osigurali spojevi te je provjera spojeva na stražnjim spojnicama nužna kako bi se osigurao normalan rad.

## **5.7. Testiranje opreme**

Nakon uspješne integracije, ugradnje te provjere spojeva svih sustava u zrakoplovu slijedi inicijalno paljenje elektronike i avionike. Testiranje opreme je također zasebno detaljno opisano u priručnicima za instalaciju.

Kod inicijalnog paljenja i testiranja sustava, sustavi moraju biti napajani zrakoplovnim izvorom električne energije osim ako nije drugačije propisano. Nakon paljenja sustava je potrebno utvrditi da se cijeli sustav pokrenuo, a nakon toga slijede testiranja svakog sustava zasebno.

### **5.7.1 Elektromagnetske smetnje**

Prva radnja nakon uključivanja električne energije je provjera elektromagnetskih smetnji opreme i električnih spojeva. Sva oprema na zrakoplovu treba biti uključena prije provođenja testiranja.

Zatim slijedi zasebna provjera svakog sustava i opreme kako bi se utvrdilo da ne postoji značajna smetnja. Potrebno je provjeriti komunikacijsku i navigacijsku opremu, a pogotovo tijekom rada motora jer najveći izvori smetnje proizlaze iz rotora, alternatora, svjećica te kod bljeskalica i ostalih iskrišta. Uz sve navedeno, potrebno je također provjeriti bilo kakve šumove koji se mogu stvarati kod komunikacijske opreme, jedan od izvora isto mogu biti zakrilca, odnosno njihova operacija.

Za opremu koja se može testirati samo u letu je potrebno utvrditi da neće doći do značajnijih smetnji tijekom leta, to se procjenjuje tako da se svaka moguća kombinacija rada sustava isproba prije leta.

### 5.7.2. Testiranje pitot-statičkog sustava

Testiranje pitot - statičkog sustava se provodi nakon bilo koje izmjene na spojevima sustava ili instrumenata. Testiranja su nužna kako bi se utvrdilo da ne postoje curenja na spojevima, a izvodi se uz pomoć posebne opreme koja je prikazana na slici 6.



**Slika 6.** Oprema za testiranje pitot-statičkog sustava, AD450E-1, [16]

Oprema služi za provjeru i kalibraciju visinomjera, brzinomjera, variometra i ostalih sustava koji rade na principu vakuma ili niskog tlaka.

Zahtjevi i načini testiranja propisani su u Appendix-u E Part-a 43, unutar dokumenta su također propisane tablice sa tolerancijama odstupanja kod mjerenja.

Za zrakoplove koji lete po instrumentalnim pravilima (IFR) je potrebno testirati visinomjere svakih 24 mjeseca, ali se preporuča da se redovito provjeravaju. [17]

### 5.7.3. Testiranje navigacijskog, komunikacijskog sustava i transpondera

Način testiranja navigacijskog i komunikacijskog sustava je opisan u Garminovom priručniku za sustave GTN 750 i GTN 650. Testiraju se VHF komunikacijski sustavi kako bi se utvrdilo da ne dolazi do ikakvih smetnji između navigacijskih sustava i frekvencija tijekom operacija, također se provjerava audio panel za komunikaciju.

Za testiranje transpondera zrakoplov mora biti postavljen van hangara na čistinu. Transponder se uključuje te stavlja na mod rada ALT te se čeka dvije minute kako bi se uspostavila GPS pozicija. Kada se uspostavila GPS pozicija zrakoplova, pomoću opreme kao što je IFR 6000, prikazana na slici 7., se provjerava i uspoređuje geografska širina i geografska dužina sa stvarnom na kojoj je zrakoplov pozicioniran.



**Slika 7.** Viavi IFR 6000 oprema za testiranje transpondera, [18]

Oprema koja se koristi za testiranje ILS, VOR, VHF/UHF komunikacijskog sustava te marker beacon-a dok je zrakoplov stacioniran na tlu prikazana je na slici 8.



**Slika 8.** Viavi IFR 4000 oprema za testiranje navigacije i komunikacije, [19]

Nakon što su napravljena sva testiranja na tlu, slijede testiranja u letu koja objedinjuju provjeru GPS pozicije zrakoplova, VHF komunikacijskog sustava, VOR-a, ILS-a te marker *beacon*-a. Točne procedure za testiranje su opisane u priručnicima koje pružaju proizvođači sustava.

#### **5.7.4. Kalibracija kompasa**

Kalibracija kompasa se provodi jer je u zrakoplov ugrađena kompletna druga električna i elektronička oprema. Procedura pelingacije kompasa je opisana u dokumentu AC 43.13-1B. Nakon uspješne kalibracije, vrijednosti skretanja se upisuju na karticu devijacije te stavljaju na pilotu vidljivo mjesto na instrument ploči.

## 5.8 Određivanje položaja centra težišta zrakoplova

Poslije testiranja i kalibriranja opreme slijedi izračunavanje položaja centra mase tj. težišta zrakoplova, a to se odrađuje tako da se zrakoplov postavi na pod bez nagiba. Zrakoplov se mora vagati bez goriva kako bi se dobila osnovna masa praznog zrakoplova (*engl. Basic empty mass*). Ispod svakog kotača se postavlja vaga za mjerenje mase te se uz izmjerene udaljenosti od datum linije računaju momenti. Datum linija je određena od strane proizvođača te je postavljena na početak protupožarnog zida. Svi momenti koji se nalaze lijevo od linije datuma će imati negativan predznak, a svi momenti koji se nalaze desno od datum linije će imati pozitivan predznak.

Masa očitana sa lijevog glavnog kotača je 246 kg, sa desnog glavnog je 245,5 kg te sa nosnog 202 kg. Udaljenost od datum linije do glavnog lijevog i desnog kotača je 1,492 m, a udaljenost od datuma do nosnog kotača je -0,175 m. Da bi se dobio moment, treba pomnožiti posebno svaku masu izmjerenu na kotaču sa udaljenosti na kojoj se nalazi. Sljedeći izračuni su dani u tablici 4.

**Tablica 5.** Određivanje položaja težišta

	IZMJERENA MASA (kg)	UDALJENOST OD DATUMA	MOMENT (kgm)
LIJEVI GLAVNI KOTAČ	246	1,492 m	367,03
DESNI GLAVNI KOTAČ	245,5		366,29
NOSNI KOTAČ	202	-0,175 m	-35,35
	Ukupna masa = 693,5		Ukupni moment = 697,97

Izvor: [3]

Nakon uspješnog izračuna ukupne mase praznog zrakoplova i ukupnog momenta treba podijeliti ukupni moment sa ukupnom masom kako bi se dobila udaljenost težišta od datum linije.

$$\text{Položaj centra težišta (m)} = \frac{\text{ukupni moment, } M \text{ (kgm)}}{\text{ukupna masa, } m \text{ (kg)}} = \frac{697,97}{693,5} = 1,006 \text{ m}$$

Dobivena udaljenost od 1,006 m, odnosno 39,61 in. se koristi za izračune kod mase i balansiranja zrakoplova.



## 6. Opis ugrađene opreme u 9A-DMB

Na slici 9. se može vidjeti izgled instrument ploče Cessne 172N prije modifikacije gdje je zrakoplov bio opremljen standardnim mehaničkim prikaznicima uz dodatak Garminovog panela za komunikaciju, GNS 430 sustava i digitalnog transpondera. Satelitska pozicija prikazana GNS 430 sustavom je bila isključivo informativnog karaktera.



- 1-prikaznik vremena
- 2-šest osnovnih instrumenata ("Basic six")
- 3-prikaznik devijacije kursa
- 4-ADF prikaznik
- 5-okretomjer
- 6-ampermetar
- 7-prikaznik temperature i tlaka ulja
- 8-prikaznik količine goriva u krilima
- 9- audio panel
- 10-GNS 430
- 11-transponder
- 12-adf

Slika 9. Izgled instrument ploče prije modifikacije, [14]

## 6.1 Popis ugrađene opreme u 9A-DMB

Odlučeno je kompletno maknuti vakumski pogonjeni sustavi u korist električnih sustava jer ugrađena oprema također ne zahtijeva vakumski sustav. Osim već navedenog, ugradnjom elektroničkih instrumenata smanjuje se ukupna masa zrakoplova i zauzimanje mjesta iza instrument ploče.

Na instrument ploči su zadržani klasični instrumenti kao pomoćni, a ostali su zamijenjeni novima. Klasični vakumski pogonjeni umjetni horizont je zamijenjen Garmin G5 primarnim prikaznikom leta (*engl. Primary Flight Display - PFD*), nadalje, ispod PFD-a, smješten je G5 instrument namijenjen za korištenje kao pokazivač horizontalnog položaja zrakoplova (*engl. Horizontal Situation Indicator - HSI*).

Motorski analogni instrumenti za prikazivanje parametara rada motora (tlak ulja, tlak punjenja u rasplinjaču, temperatura ulja, temperatura glave cilindra, ampermetar, količina goriva, okretaji, temperatura ispušnih plinova i dr.) su zamijenjeni sa J.P. Instruments EDM 900. Globalni pozicijski sustav (*engl. Global Positioning System - GPS*) stanica za komunikaciju i navigaciju te transponder su zamijenjeni sa Garminovim GTN 650 i GTN750 sustavima.

### 6.1.1 Garmin G5

U zrakoplov su ugrađena dva elektronička instrumenta renomiranog proizvođača zrakoplovne opreme Garmin. Oba instrumenta su istih fizičkih značajki, ali različitih funkcija. Gornji instrument se koristi kao PFD dok se donji koristi kao HSI i na oba se mogu zamijeniti funkcije u slučaju otkaza jednog od dva instrumenta što omogućuje povećanu sigurnost u letu.

Značajke G5 instrumenta:

- zamjenjuje klasične instrumente
- 8,9 LCD višebojni zaslon razlučivosti 320x240 piksela koji je standardne veličine za ugradnju na mjesto starih instrumenata

- Mogućnost rada do 4 sata u slučaju otkaza glavnog napajanja uz pomoć pričuvne Li-ion baterije

Slika 10. prikazuje PFD način rada gdje lijeva ljestvica pokazuje indiciranu brzinu u čvorovima, a ispod nje je prikazana brzina zrakoplova u odnosu na zemlju (*engl. Ground speed - GS*), također iskazana u čvorovima. Brzina u odnosu na zemlju se dobiva preko GPS sustava GTN 750/650. U sredini, na gornjem dijelu zaslona se nalaze podaci o smjeru leta i pravcu, u sredini je silueta zrakoplova koja prikazuje nagib, valjanje, skretanje zrakoplova u odnosu na horizont sa kuglicom u donjem dijelu za uravnotežene zaokrete.

Sa desne strane u sredini je prikaz trenutne visine zrakoplova u stopama i prikaz vertikalne brzine.

Glavni gumb sa desne strane se koristi za: odabir željene visine, trenutnog vanjskog tlaka na zemlji, pravca leta.

Ako neka od funkcija G5 nije operativna, 'X' crvene boje se prikaže iznad instrumenta ili podataka do kojih je došlo do kvara. Nakon uključivanja G5, određeni instrumenti ostaju neupotrebljivi jer se oprema i sustav pokreću. Svi instrumenti bi trebali biti operativan unutar jedne minute nakon uključivanja no ako neki instrument ostane prekrižen crvenim x-om onda znači da nije operativan i treba servisiranje.



**Slika 10.** Garmin G5 u ulozi PFD-a, [20]

G5 u ulozi HSI-a, a prikazan na slici 11. prikazuje u sredini ekrana kompasnu ružu koja se okreće tijekom leta, a ovisno o pravcu leta. Unutar kompasne ruže postoje četiri točke koje predstavljaju odstupanje od zadanog radijala po VOR-u, kursa leta ili ILS localisera, ovisno u kojem se modu leti. U gornjem desnom kutu je prikazana udaljenost u nautičkim miljama do sljedeće GPS točke. Glavni rotacijski gumb služi za odabiranje željenog pravca leta ili radijala VOR-a. U usporedbi sa žiroskopskim instrumentima, G5 ne pati od precesije što ga čini pouzdanijim i točnijim od analognih mehaničkih instrumenata. Oba G5 instrumenta su spojeni na sabirnicu namijenjenu za avioniku sa osiguračima postavljenim na instrument ploči na lijevoj pilotskoj strani sa desne strane volana.



**Slika 11.** Garmin G6 u ulozi HSI-a, [20]

### **6.1.2 Garmin GTN750, GTN650**

Garminovi GTN 750 i GTN 650 navigacijski sustavi su sustavi sa zaslonima osjetljivima na dodir koji omogućuju radiokomunikaciju, postavljaju transpondera te navigaciju sa višefunkcionalnim zaslonom visoke rezolucije. Oba uređaja su primarno namijenjena za navigaciju omogućujući LPV instrumentalne prilaze uz pomoć dopune SBAS-a do minimuma visina od 200 stopa što uvelike proširuje operacijske mogućnosti. Avionika ugrađena u zrakoplov je jedan od glavnih razloga za modificiranje zrakoplova kako bi

udovoljavali zahtjevima za navigaciju temeljenu na performansama (*engl. Performance based navigation, PBN*).

Značajke GTN750 sustava:

- Vizualizacija cijelog plana leta
- Preklapanje prilaznih karata sa potencijalnim opasnostima oko zrakoplova kao što su teren,
- Masa od 4,24kg
- IFR certificiran
- Prilazi pomoću SBAS/WAAS
- 17,5 cm dijagonalni multifunkcionalni zaslon na dodir sa razlučivosti 600 x 708 piksela
- Spajanje sa ostalom avionikom sa Garminovim sučeljem
- Mogućnost davanja glasovnih zapovijedi, slanja i primanja poziva i tekstualnih poruka

Na slici 12. su prikazani Garmin GTN 750 i GTN 650, GTN 750 je gornji uređaj, ispod njega je GTN650 u čestoj konfiguraciji kod modifikacije zrakoplova.



**Slika 12.** Garmin GTN 750 i GTN 650 navigatori, [20]

Garmin GTN 650 sustav ima iste funkcionalne značajke kao i GTN 750, ali u manjem formatu sa 12,5 cm dijagonalnim ekranom.

Oba sustava imaju mogućnost klasične navigacije po sredstvima VOR, letenje preciznih prilaza ILS, nepreciznih prilaza, prikaza terena sa visinama, prikaza trenutne vremenske prilike pomoću SiriusXM satelitskog sustava gdje se vrijeme trenutno ažurira sa satelitskih radarskih postaja (sustav nije ugrađen, ali moguća je nadgradnja), mogućnost bežičnog povezivanja mobilnih uređaja sa sustavom kao i laku sinkronizaciju sa bazom podataka, plastični okvir oko ekrana za laganije korištenje prilikom turbulencija i mnoge druge opcije.

U zrakoplov je ugrađen transponder Garmin GTX 335R. Transponder radi na frekvencijskom području od 1090 MHz i povezan je sa GTN 750/650 multifunkcionalnim sustavom te su oba sustava međusobno povezana što omogućuje sinkronizaciju „squawk“ koda prilikom odabira na jednom od sustava. GTX 335R omogućuje precizniji

nadzor prometa za kontrolu pružajući informacije o poziciji zrakoplova, visini, brzini, spuštanju/penjanju, pravcu leta te identifikaciju zrakoplova.

Već spomenuta funkcija navigacije GTN750/650 omogućuje kompletno planiranje leta sa unošenjem procedura odlaska, dolaska, računanjem puta spuštanja, modificiranjem putanja leta, dodavanjem točaka i dr. Navigacija odabrana na GTN750 se prikazuje na novougrađenim G5 instrumentima dok se GTN650 uparuje sa klasičnim analognim CDI instrumentom, koji je namijenjen za letenje po ILS-u i VOR-u.

Za planiranje leta sa PBN navigacijom, dostupnost GPS RAIM-a (*engl. Receiver autonomous integrity monitoring*) treba biti provjerena. To je tehnologija koja procjenjuje integritet GPS signala gdje je pet najmanji broj GPS satelita koji moraju mora biti unutar vidljivog područja antene prijarnika. RAIM može za neki let provjeriti dostupnost satelita koji će biti vidljivi u određeno vrijeme na ruti kako bi osigurao integritet u zadano vrijeme leta. U slučaju predviđenog kontinuiranog gubitka RAIM-a dužeg od pet minuta za bilo koji dio predviđene rute leta, let treba biti odgođen, otkazan, ili preusmjeren. Let se može također isplanirati sa korištenjem navigacijskih mogućnosti koje se ne temelje na GPS-u ako to zračni prostor i zahtjevi pružaju. U slučaju gubitka integriteta, na zaslonu će se pojaviti LOI (*engl. Loss of integrity*) što je jedan od zahtjeva za opremu koja ispunjava PBN uvjete.

### **6.1.3 J.P.Instruments EDM 900**

J.P.Instruments je Američka tvrtka čiji se instrumenti baziraju na prikazivanju parametara rada motora. EDM 900 je certificirani primarni instrument za letenje koji je ugrađivanjem uklonio mnogo analognih mehaničkih instrumenata za praćenje parametara rada motora. U usporedbi sa GTN 750 i GTN 650 sustavima, EDM 900, prikazan na slici 13., nema zaslon osjetljiv na dodir već četiri fizička gumba kojima se koristi za navigaciju po zaslonu i promjenu prikaza parametara. Jedna od značajki mu je da se može postaviti horizontalno ili vertikalno na instrument ploči, ovisno o želji operatera.

Parametri koji se prikazuju na instrumentu ugrađenom u 9A-DMB su okretaji motora, tlak punjenja, temperatura ispušnih plinova koja se koristi za određivanje optimalne smjese

goriva, tlak ulja, temperatura ulja, temperatura glave cilindra, tlak goriva, protok goriva, napon u mreži, struja, količina goriva, vanjska temperatura zraka.

Gorivni sustav je spojen preko plovaka u svakom spremniku goriva te može uz protok goriva odrediti približnu istrajnost leta. Prikazuje se skraćenicom „T to E“ (*engl. Time to empty*), preostalo gorivo u spremnicima se prikazuje uz skraćenicu „REM“ (*engl. Remaining*) i iskorišteno gorivo kao „USD“ (*engl. Used*). Gorivo se prilikom svakog leta mora upisati i potvrditi koliko je ručno izmjereno u spremnicima. Ako u slučaju leta ili na zemlji dođe do neusklađenosti goriva među spremnicima, na zaslonu će se prikazati „fuel quantity mismatch“.



**Slika 13.** EDM 900 sustav za praćenje parametara motora, [21]

Uz EDM900 sustav dolazi indikator za bilo kakve nepravilnosti tijekom rada motora koji ako se pojave, kao npr. previsoka temperatura glave cilindra, paljenjem lampice se upozorava i skreće pozornost pilota na situaciju. Lampica, tj. sustav koji upozorava na već navedeno ima naziv RAL (*engl. Remote annunciator light*) i smještena je pokraj PFD-a na instrument ploči.

Uz navedene značajke, EDM900 sustav je pogodniji za korištenje u usporedbi sa analognim starijim instrumentima zbog točnijeg prikaza parametara koji se prikazuju u brojevima. Zaslona u boji je višebojni sa dobrim kutevima gledanja gdje desna strana zaslona prikazuje vrijednosti parametara na vrpčastoj ljestvici, a u gornjem lijevom kutu su prikazani parametri pomoću kružne ljestvice. Sustav ima mogućnost pohranjivanja parametara u intervalima od 1 do 500 sekundi, a sa intervalom od 6 sekundi se mogu



pohranjivati podaci za više od 300 sati rada. Svi podaci se također mogu skinuti na USB što se može koristiti za analizu podataka i pronalaženja potencijalnih nepravilnosti kod rada motora.

## **6.2 Ostali ugrađeni instrumenti i oprema**

U nastavku će biti opisana ostala oprema koja je ugrađena na zrakoplov kao i dodatni radovi koji su bili provedeni.

### **6.2.1. Garmin GI 106B CDI indikator**

Za drugu pričuvnu navigaciju odlučeno je ugraditi klasični prikazivač kursa skretanja relativno male mase koji ne zahtijeva posebni utor na instrument ploči za ugrađivanje. Instrument sadrži dvije igle od kojih jedna pokazuje kurs skretanja od zadanog radijala ili kursa leta po GPS-u dok druga horizontalna igla pokazuje devijaciju od glideslope-a kada zrakoplov leti po ILS prilazu. Ako glideslope nije dostupan, horizontalna igla će biti automatski sakrivena. Na instrumentu se također automatski prikazuju prema (*engl. TO*) ili od (*engl. FROM*) u slučaju letenja po VOR sredstvu. Ovisno u kojem modu rada instrument radi, GPS, NAV ili VLOC signalizator će biti osvijetljen LED lampicom što olakšava očitavanje. [19]

### **6.2.2. Bendix King KI 227 ADF indikator**

Ugrađen je standardni ADF pokazivač koji ima gumb za pomicanje kompasne ruže unutar instrumenta. Instrument služi za letenje po NDB sredstvu ili lokatoru koji rade u niskofrekventnom području od 190kHz do 1750kHz.

Za prikazivanje i rad ADF pokazivača, na zrakoplov je ugrađena KA-44B antena niskog profila koja sadrži prepojačalo signala, a radi na 9V istosmjernom naponu sa maksimalnom potrošnjom struje od 80mA koju samoj anteni isporučuje ugrađeni ADF sustav Bendix KR 87. KR 87 stanica nudi ADF, ANT, BFO načine rada sa audio izlazom za indentifikaciju NDB radio sredstva. Sustav je otporniji na statičke i atmosferske smetnje koje se javljaju kod niskofrekventnog područja. Na zaslonu je uz aktivnu frekvenciju

prikazana i odabrana pričuvna te sadrži tajmer i vrijeme leta. Sustav zahtjeva 12W snage sa operativnim naponom od 11 do 33V što ga čini malim potrošačem. [22]

### **6.2.3. Bendix King KN 62A DME**

KN 62A je Bendix-ov sustav za mjerenje udaljenosti od DME sredstva koji ima mogućnost traženja 200 mogućih frekvencijskih kanala gdje će se ako je zrakoplov u dometu sa DME sredstvom, odabirom te frekvencije sredstva na zaslonu prikazati udaljenost u intervalu od jedne sekunde. Sustav također može prikazivati putnu brzinu u odnosu na zemlju te vrijeme potrebno za prelet preko sredstva. [23]

### **6.2.4. Davtron M803 digitalni sat**

Jedan od prijašnje spomenutih zahtjeva za instrumentalno letenje jest funkcionalni sat na instrument ploči. Ugrađen je Davtron M803 digitalni sat sa mogućnostima prikazivanja lokalnog vremena, utc vremena, zapornog vremena, napona baterije zrakoplova te vanjske temperature zraka. Zaslon sata je LCD konstrukcije sa noćnim pozadinskim osvjetljenjem i sadrži pričuvnu bateriju. [24]

### **6.2.5. Garmin GAD29B**

Lagani modul za prijenos podataka putem ARINC 429 koji je standard za prijenos podataka u avionici generalnog i komercijalnog zrakoplovstva. Spaja se sa GTN 650 i GTN 750 navigacijskim i komunikacijskim uređajima, a omogućuje GPS praćenje, vođenje zrakoplova u LPV (*engl. Localiser Performance with vertical guidance*) prilazu, spajanje vertikalne navigacije sa GPS navigacijom. [19]

### **6.2.6. Garmin GMU 11 magnetometar**

Magnetometar je uređaj koji sadrži 3 osi za određivanje magnetskog polja duž svake osi u odnosu na koje je mjesto na zrakoplovu postavljen. To je zapravo magnetski senzor koji služi za mjerenje magnetske indukcije, odnosno magnetskog polja Zemlje što je bitno

za orijentaciju zrakoplova u prostoru. Magnetometar dalje šalje podatke o magnetskom polju u procesor koji računa podatke o letu (*engl. air data, attitude and heading reference systems - ADAHRS*). U suštini, magnetometar se ponaša kao elektronski kompas koji ADAHRS-u šalje podatak o orijentaciji zrakoplova u odnosu na magnetski sjever. Da bi se smanjile magnetne smetnje od ostalih komponenti a zrakoplovu, magnetometar mora biti postavljen na vanjski dio krila ili kraj vertikalnog stabilizatora. [19]

### **6.2.7. Garmin GMA 345 zvučni panel**

Audio panel se koristi za kontrolu glasnoće zvuka, odabir različitih izvora zvukova te odabir prijenosa govora u zrakoplovu. Jedna bitna stvar kod audiopanela je emitiranje zvučnog i svjetlosnog signala po preletu takozvanih markera tijekom instrumentalnog prilaza koji potvrđuju udaljenost zrakoplova od staze za slijetanje u prilazu. Ugrađeni audiopanel nudi nove mogućnosti kao što je povezivanje mobilnog uređaja putem bluetooth veze. Vrlo je jednostavan za uporabu, nudi visokokvalitetan trodimenzionalni prostorni zvuk kao i USB utor za punjenje uređaja.[19]

### **6.2.8 Garmin GAE12 visinski dekođer**

Već spomenuti GTX 335R transponder je uparen sa GAE12 visinskim dekođerom kako bi se zadovoljili zahtjevi za prijenos visinskih podataka za IFR. GAE 12 je malih dimenzija, veličine kovanice i ugrađen je na posebni stalak što omogućuje lakgarmin gmu11

o servisiranje transpondera bez odpajanja GAE12 dekođera što zauzvrat smanjuje troškove održavanja cijevi i spojnice koje služe za prijenos statičkog tlaka. [19]

## **6.3. Ugrađene antene na zrakoplovu**

Transponder, komunikacijski uređaji te uređaji za navigaciju zahtijevaju antene na zrakoplovu za primanje i odašiljanje signala. Antena za navigaciju po VOR sredstvu je smještena na vertikalnom stabilizatoru, za GPS na gornjoj strani trupa iznad pretinca za prtljagu dok je na donjoj strani trupa smještena antena za navigaciju po NDB sredstvu te antena za transponder. Komunikacijske antene su smještene na sredini gornje strane krila. [19]

#### **6.4. Ostali radovi izvršeni na zrakoplovu**

Osim ugrađene opreme i instrumenata, odlučilo se za presvlaku sjedala i volana zrakoplova. Ugrađen je novi štitnik od sunca koji je u usporedbi sa prijašnjim modelom napravljen od transparentnog pleksiglasa. Unutrašnjost kabine je opremljena LED osvjetljenjem što je također prednost jer svjetla imaju duži vijek trajanja i zahtijevaju manje snage od klasičnih žarulja na žarne niti. Među ostalom, u zrakoplov su sa unutrašnjosti vrata ugrađene izolacijske ploče protiv vibracija, novi stropni tapecirung, tapecirung vrata i tepih.

## 7. Opis izmjene dokumentacije za eksploataciju i održavanje zrakoplova

Ugrađena oprema, sustavi, pogonska skupina te propeler na zrakoplovu dolaze sa uputama od strane proizvođača za održavanje kontinuirane plovidbenosti zrakoplova (*engl. Instructions for continued airworthiness - ICA*). U njima su detaljno opisani postupci održavanja instrumenata i sustava kako bi se održala kontinuirana plovidbenost zrakoplova.

Primjeri dokumenata i priručnika koji se mogu smatrati kao dio održavanja kontinuirane plovidbenosti zrakoplova su:

- Operativni priručnik za pilote
- Priručnik za održavanje zrakoplova
- Program održavanja
- Dijagrami ožičenja
- Analiza potrošnje električnih sustava

### 7.1. Izmjena operativnog priručnika za pilote

Izmjena POH-a se mora provesti svaki put kada je na zrakoplovu ugrađivan ili zamijenjen bilo koji sustav, a koji je bitan za upravljanje zrakoplovom. Danas je izmjena POH-a pa tako i svaka dokumentacija pojednostavljena jer se u digitalne kopije lagano mogu pridodati dodaci (*engl. supplements*).

Na početku POH-a se nalazi tablica sa svim izmjenama koje su napravljene na zrakoplovu podijeljenim po sekcijama iz originalnog POH-a. Sekcije koje spadaju pod izmjenu u POH-u su također dopunjene dodacima i vodičima za pilote. Naglasak u vodičima je pridodan na *emergency* procedurama i ograničenjima samih sustava. Svaki

od *suplemenat*-a za operativni priručnik ima svoju potvrdu od nadležnih vlasti te je također umetnuta u POH.

Crvenim slovima su označene bitne značajke koje se tiču sustava u zrakoplovu, primjer je dan u sekciji br. 3 gdje se naznačava kako je vakumski sustav u zrakoplovu nepostojan, odnosno ugradnjom novih sustava je kompletno izvađen vakumski sustav za žiroskopske instrumente pa tako ta emergency procedura i ograničenje više nije važeća. Ako je stranica i/ili slika u POH-u nevažeća, pisat će “*PAGE X, FIGURE X NOT APPLICABLE*”, gdje “X” označava broj stranice ili slike. U nastavku će pisati koja točno sekcija, stranica i slika zamjenjuju nevažeće djelove POH-a. Nadalje, u sekciji 9 su umetnuti suplementi za sustave i instrumente, opis instrumenata i vodiči za korištenje. U istoj sekciji je slika razmještaja instrumenata i osigurača na novoj instrument ploči za lakše snalaženje. Umetnut je suplement sa izvađenim i ugrađenim instrumentima te razlika u masi između ugrađene i izvađene opreme koja iznosi -2,2 kg. Novi podaci za izračunavanje mase i položaja težišta zrakoplova su također umetnuti u sekciju 9. [3]

## **7.2. Izmjena priručnika za održavanje zrakoplova**

Priručnik za održavanje zrakoplova se dopunjava s revizijskim stranicama, također se dopunjuje sa uputama za kontinuiranu plovidbenost i priručnicima za sustavno održavanje. Uklanjanjem vakumski pogonjenih žiroskopskih sustava se također uklanjaju stranice koje sadrže uputstva za održavanje tih sustava jer time nisu potrebni. Jedna od bitnih stvari za ugrađene digitalne sustave kao što su Garmin GTN 650 i GTN 750 sustavi je periodično nadograđivanje baze podataka.

Ostale stavke za održavanje sustava GTN650/750 i upute za kontinuiranu plovidbenost su dane u priručniku “System Maintenance Manual GTN 6XX/7XX Part 23 AML STC” pod brojem 190-01007-A1. Također, na internetskim stranicama proizvođača se za ostale instrumente mogu pronaći relevantni priručnici za održavanje i kontinuiranu plovidbenost.

### 7.3. Izmjena programa održavanja

U programu održavanja su uključene redovite provjere koje ovise o satima leta zrakoplova, broju slijetanja ili kalendarskom vremenu kao što je opisano u poglavju 3.3. ovog rada. U programu su nakon modifikacije navedeni intervali provjere instrumenata i sustava, a koji su bitne za održavanje plovidbenosti zrakoplova. Intervali navedeni unutar programa mogu biti na zahtjev proizvođača ili nadležne vlasti ukoliko postoje dodatni zahtjevi koji se trebaju ispuniti.

U programu su tablice koje naznačavaju intervale remonta ili zamjene komponenti ugrađenih u zrakoplov. Dodatno, program sadrži tablice sa dodatnim zadacima koje proizvođač zahtijeva za održavanje i inspekciju komponenti, u tim tablicama su također naznačene učestalosti zadataka i sami zadaci koji se moraju provesti kako bi se omogućila plovidbenost zrakoplova.

Proizvođači izdaju posebne zahtjeve za provjere instrumenata te intervale, većina ugrađenih instrumenata u zrakoplov 9A-DMB imaju takozvane “*on-condition*” intervale održavanja, što znači da se dijelovi, tj. instrumenti ili dijelovi instrumenata zamjenjuju kada njihovo stanje nije više plovidbeno. Primjer takvog održavanja su Garminovi G5 instrumenti te GTN650/750.

U priručnicima za održavanje su također navedeni načini otklanjanja grešaka ukoliko dođe do istih.

Program održavanja se sukladno tome mijenjao uklapajući prijedloge i intervale od proizvođača za održavanja i zamjene sustava.

### 7.3.1. Izvješće o stanju zrakoplova

U tom dokumentu su sadržana vremena i intervali za TBO (*engl. Time between Overhaul*) i vijekovi trajanja motora, propelera, instrumenata, pribora i opreme koja je ugrađena na zrakoplov. Dokument je u obliku tablice prikazane na slici 14. Nadodani elementi nakon modifikacije u tablici su upisani u rubriku “*Modification installed equipment*”.

ITEM	Reference	Part-no	S/N
Garmin G5 PFD - ELECTRICAL BONDING TEST	i.a.w. Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.4, latest rev.	K10-00280-00	4IQ027653
Garmin G5 HSI - ELECTRICAL BONDING TEST	i.a.w. Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.4, latest rev.	K10-00280-00	4IQ028306
Garmin GMU 11 - ELECTRICAL BONDING TEST	i.a.w. Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.4	010-01788-01	

Time limit		Aircraft dana		Hrs to go	Days to go	Assembly ok until hrs	Assembly ok until date O/H	WO No.	Remark
Hrs to o/h	Yrs	when hrs	date						
2000	10	5541	18.02.20	900,4	2924	7541	18.02.30	DMB191001	
2000	10	5541	18.02.20	900,4	2924	7541	18.02.30	DMB191001	
2000	10	5541	18.02.20	900,4	2924	7541	18.02.30	DMB191001	

**Slika 14.** Izvješće zrakoplova, [25]

Počevši sa lijeva na desno, prvi stupac označava o kojem se instrumentu, sustavu, opremi i sl. radi te koja vrsta radova se obavlja. Slijedi referenca, odnosno dokument ili priručnik po kojem se radovi moraju obaviti. U ovom slučaju, za G5 instrument i testiranje električne veze se koristi Garminov G5 STC priručnik za održavanje. Točno je naveden broj priručnika, sekcija u kojem je opisan postupak te revizija, odnosno izdanje koje se koristi. “*Part-no*” označava broj ugrađenih dijelova dok “*S/N*” označava specifični serijski broj za svaki dio. Nadalje, “*Time limit*” označava interval nakon kojeg se dio, komponenta ili sustav mora zamijeniti ili napraviti remont, interval je označen u satima, odnosno projektiranom vijeku u godinama. U stupcu označenom svijetlo plavom bojom je upisano vrijeme naleta zrakoplova i datum, a označavaju vremena kada je instrument ugrađen u zrakoplov. “*Hrs to go*” i “*Days to go*” označavaju vremena preostala do rada, remonta ili zamjene koji se moraju izvršiti. “*Assembly ok until hrs/date*” su sati naleta zrakoplova do ili projektirani datum do izvršavanja radova. “*WO No.*” označava broj radnog naloga te su pod “*Remark*” upisane napomene što se tiče radova. [25]



### 7.3.2. Izmjena u radnim karticama za 50 i 100-satne preglede

Radne kartice sadrže detaljne informacije za održavanje zrakoplova i opreme koja je ugrađena. Svaka kartica je podijeljena po zonama zrakoplova počevši od izmjene ulja i filtera te provjere metalnih čestica u ulju. Nakon izmjene ulja, radovi se nastavljaju po zonama u kojima je detaljno opisano što sve treba odraditi kako bi se zadovoljio 50 ili 100 satni pregled. Tri su glavne zone koje čine pregled: propeler, motor i trup. Svaka zona ima stavku i pokraj stavke glavni dio koji se pregledava, popravlja ili zamjenjuje te opis radova koji su za tu stavku bitni.

Izmjena na radnim karticama nakon modifikacije je na 100-satnom pregledu gdje je izbačena provjera vakumskog sustava jer je kompletan sustav izvađen iz zrakoplova. Za ugrađenu avioniku nakon modifikacije je propisana provjera istrošenosti, napuknuća te pričvršćenost instrument table i instrumenata na instrument tabli. Položaj, pričvršćenost i opće stanje se također mora provjeriti za električne konektore i vodove ugrađene avionike. Nakon svakog 50 i 100-satnog pregleda slijedi provjera motora i instrumenata, budući su svi motorski instrumenti zamijenjeni EDM 900 sustavom, provjera se obavlja preko istog. Primjer isječka HZNS-ove radne kartice je dan na slici 15. [25]

#### 50/100 hours / Annual check

Place:		Datum:		Tacho:		W/O:		
Item	Zahtjevane provjere						Meh.	Kont.
J 23	<b>Kompresija cilindra</b> - Napraviti diferencijalni test kompresije cilindra. Ako je kompresija cilindra van granica vidi O-320-H2AD CMM Troubleshooting za daljne upute <b>Upisati izmjerene vrijednosti:</b> 80/                      80/                      80/                      80/							
J 31	<b>Motorsko ulje</b> Dreniraj sabirnik ulja i hladnjak za ulje. Provjeri da nema metalnih čestica ili stranog materijala u filteru, na drenaži sabirnika ulja i usisnoj mreži motora. Zamijeni filter i napuni motor novim uljem. Otvoriti filter i provjeriti unutrašnjost filtera.							
<b>ELISA</b>								
L 4	Kok - provjeri opće stanje i pričvršćenost.							
L 5	Kok i podložak koka - skini kok, operi i provjeri da nema napuknuća na podložnoj ploči propelera.							
L 3	Krkovi propelera – provjeri napuknuće, udubljenja, zagrebotine, ogrebotine, erozije, korozije ili drugo oštećenje.							
L 7	Glavčina propelera - provjeri opće stanje.							

Slika 15. Radna kartica za 50/100 satni pregled, [25]

### 7.3.3. Program održavanja po Part-u ML

Početak program održavanja sadrži sve osnovne informacije o zrakoplovu, motoru, propeleru i vlasniku kao te tko je odgovorno tijelo za održavanje kontinuirane ploidbenosti istog zrakoplova. Budući da program održavanja sadrži ICA-u, odnosno upute za održavanje kontinuirane ploidbenosti zrakoplova, slično kao i kod izvješća o stanju zrakoplova rađena je tablica sa tri stupca. U prvom stupcu je naveden instrument, sustav ili oprema i opis zadatka koji se mora izvesti kako bi se održala ploidbenost. U drugom stupcu su navedene reference po kojima se ICA izvodi, a u trećem intervali provjera ili ažuriranja sustava.

Program je podijeljen po dodacima (*engl. Appendix*), ukupno ih je četiri sa izuzetkom Appendix-a A. Appendix B sadrži dodatne zahtjeve za održavanje tj. sve instrumente i sustave koji su ugrađeni tijekom modifikacije, a koji zahtijevaju ICA-u. [25]

Primjer isječka programa održavanja dan je na slici 16.

Garmin G5 PFD - Altimeter System Test	i.a.w.Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.7	24 MO	<input type="checkbox"/>
Garmin G5 HSI - Altimeter System Test	i.a.w.Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.7	24 MO	<input type="checkbox"/>
Garmin G5 HSI - Heading Accuracy Check (Compass Rose Swing)	i.a.w.Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.7	24 MO	<input checked="" type="checkbox"/>
G5 PFD Battery - Capacity Check	i.a.w.Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.4	12 MO	<input type="checkbox"/>
G5 HSI Battery - Capacity Check	i.a.w.Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.4	12 MO	<input type="checkbox"/>
G5 PFD Software Update	If required, install new software i.a.w. Garmin G5 Electronic Flight Instrument Part 23 AML STC MM # 190-01112-11, Sec.7	O.C	<input type="checkbox"/>

**Slika 16.** Program održavanja, [25]

## 8. Zaključak

U zrakoplovstvu je važno obavljati svako održavanje marljivo te sa pravom i važećom dokumentacijom. Bitno je da osoblje koje je uključeno ima razumijevanje o opsegu i načinu radova prije početka radova te potrebnu opremu za obavljanje istih. Veliku važnost ima regulativa koju se mora poštivati cijelo vrijeme tijekom održavanja i eksploatacije zrakoplova. Regulativa kao takva je propisana sa razlogom standardizacije kako bi se smanjile mogućnosti pogrešaka u provedbi radova.

Iako skupa, vremenski i resursno zahtjevna, modifikacijom zrakoplova nude se veće mogućnosti kod školovanja studenata, jedna od njih je PBN letenje koje je danas široko rasprostranjeno i potrebno u mnogim državama i njihovim zračnim putevima. Modifikacijom se unaprijedilo pilotsko sučelje, maknuli su se vakumski pogonjeni instrumenti koje je danas sve teže održavati te su osim toga bili i skloniji kvarovima. Digitalizacijom instrumenata se uvode sustavi bez mehaničkih dijelova što omogućava duži radni vijek sa jednostavnijim održavanjem.

## Literatura

- [1] Cessna 172 – The Most Popular Plane Ever, Preuzeto sa: <https://www.sps-aviation.com/story/?id=2912&h=Cessna-172-The-Most-Popular-Plane-Ever> [Pristupljeno 15. Travnja 2022].
- [2] Cessna 172N 9A-DMB, Preuzeto sa: <https://www.jetphotos.com/photo/7724034> [Pristupljeno 15. travnja 2022.]
- [3] Pilot's operating handbook, Cessna 172N, revizija 1, datum: 30.01.2020
- [4] Airfoils of US and Canadian Aircraft, Preuzeto sa: <http://www.aerofiles.com/airfoils.html> [Pristupljeno 16. travnja 2022.]
- [5] Difference between AFM and POH, Preuzeto sa: <http://www.differencebetween.net/miscellaneous/difference-between-afm-and-poh/> [Pristupljeno 16. travnja 2022.]
- [6] How to use Aircraft Maintenance Manual, Preuzeto sa: <https://www.aviationhunt.com/aircraft-maintenance-manual/> [Pristupljeno 25. travnja 2022.]
- [7] Aircraft Maintenance, Preuzeto sa: <https://skybrary.aero/articles/aircraft-maintenance> [Pristupljeno 20 travnja 2022.]
- [8] Maintenance Program Overview, Preuzeto sa: <https://www.icao.int/Search/pages/results.aspx?k=maintenance%20program%20overview> [Pristupljeno 21. travnja 2022.]
- [9] Prepar3D simulator, verzija 4.4
- [10] Annex VII "Part-NCO", Preuzeto sa: <https://part-aero.com/en/view/part-nco> [Pristupljeno 21. travnja 2022.]
- [11] Certification Specifications for Normal, Utility, Aerobatic, and Commuter Category Aeroplanes CS-23, Preuzeto sa:

<https://www.easa.europa.eu/certification-specifications/cs-23-normal-utility-aerobatic-and-commuter-aeroplanes> [Pristupljeno 21. travnja 2022.]

- [12] Service Manual 1977 Thru 1986, Model 172 Series
- [13] Aircraft electrical load analysis and power source capacity, Preuzeto sa: <https://www.casa.gov.au/search?keys=advisory+circular+ac+21-38> [Pristupljeno 10. svibnja 2022.]
- [14] Hrvatsko Zrakoplovno Nastavno Središte. Preuzeto sa: <https://www.fpz.unizg.hr/zan/> [Pristupljeno: 15. svibnja 2022.].
- [15] AC 43.13-1B - Acceptable Methods, Techniques, and Practices - Aircraft Inspection and Repair, Preuzeto sa: [https://www.faa.gov/regulations\\_policies/advisory\\_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/99861](https://www.faa.gov/regulations_policies/advisory_circulars/index.cfm/go/document.information/documentid/99861), [Pristupljeno 17. svibnja 2022.]
- [16] Pitot/static test set AD450E-1, Preuzeto sa: <https://www.aerocontact.com/en/virtual-aviation-exhibition/product/372-pitotstatic-test-set-ad450e-1>, [Pristupljeno 17. svibnja 2022.]
- [17] Appendix E to Part 43 – Altimeter System Test and Inspection, Preuzeto sa: <https://www.ecfr.gov/current/title-14/chapter-I/subchapter-C/part-43/appendix-Appendix%20E%20to%20Part%2043>, [Pristupljeno 17. svibnja 2022.]
- [18] IFR6000 Transponder/DME/TCAS Flight Line Test Set, Preuzeto sa: <https://www.viavisolutions.com/en-us/products/ifr6000-transponder-dme-tcas-flight-line-test-set>, [Pristupljeno 17. svibnja 2022.]
- [19] IFR4000 Nav/Comm Flight Line Test Set, Preuzeto sa: <https://www.viavisolutions.com/en-us/products/ifr4000-nav-comm-flight-line-test-set>, [Pristupljeno 20. svibnja 2022.]
- [20] STC priručnici za instrumente i sustave, Preuzeto sa: <https://support.garmin.com/en-US/q/?focus=manuals>, [Pristupljeno 25. svibnja 2022.]

- [21] EDM 900 Primary, Preuzeto sa:  
<https://www.jp instruments.com/shop/edm-900-2/>, [Pristupljeno: 25. svibnja 2022.]
- [22] KI227, Preuzeto sa:  
<https://www.bendixking.com/en/products/nc/navigation-and-communication/ki-227>, [Pristupljeno: 25. svibnja 2022.]
- [23] KN 62A, Preuzeto sa:  
<https://www.bendixking.com/en/products/nc/navigation-and-communication/kn-62a>, [Pristupljeno: 10. lipnja 2022.]
- [24] Davtron M803 Manual, Preuzeto sa: <https://www.davtron.com/product-detail.php?M803-14>, [Pristupljeno: 10. lipnja 2022.]
- [25] POZ-DMB, Issue 0, revizija 4, datum: 16.02.2022.

## Popis kratica

A	(Ampere) amper
AC	(Advisory Circular)
ADAHRS	(Air Data/Attitude/Heading Reference System) referentni sustav za podatke u letu
ADF	(Automatic Direction Finder)
AFM	(Aircraft Flight Manual) priručnik leta zrakoplova
Ah	(Ampere-hour) Amper-sat
ALT	(Altitude) visina
AML	(Approved Model List) popis odobrenih zrakoplova
ANT	(Antenna) antena
ARINC	(Aeronautical Radio, Incorporated) standard za zrakoplovne sustave
ASTM	(American Society for Testing and Materials)
AVGAS	(Aviation Gasoline) zrakoplovni benzin
AWG	(American Wire Gauge)
BFO	(Beat Frequency Oscillator)
CS	(Certification Specifications) tehnički podaci za certificiranje zrakoplova
EASA	(European Union Aviation Safety Agency) Agencija Europske unije za sigurnost zračnog prometa
ELA	(Electric Load Analysis) analiza električne potrošnje
FAA	(Federal Aviation Administration) Savezna uprava za civilno zrakoplovstvo
GNSS	(Global Navigation Satellite System) Globalni navigacijski satelitski sustav
GPS	(Global Positioning System) Globalni sustav za pozicioniranje

I	(current) struja
IFR	(instrument Flight Rules) Pravila instrumentalnog letenja
ILS	(Instrument Landing System) Sustav za instrumentalno slijetanje
ISA	(International Standard Atmosphere) Međunarodna standardna atmosfera
HSI	(Horizontal Situation Indicator) prikaznik horizontalnog položaja
KIAS	(Knots of indicated airspeed) čvorovi indicirane brzine
KTAS	(Knots of true airspeed) čvorovi brzine u odnosu na zrak
LCD	(Liquid Crystal Display) ekran temeljen na tehnologiji tekućih kristala
LED	(Light-Emitting Diode) svjetleća dioda
LOI	(Loss of Integrity) gubitak integriteta
LPV	(Localiser Performance with Vertical Guidance)
MHz	(Megahertz)
MIL	(Military "standard") vojni standard
NACA	(National Advisory Committee for Aeronautics) nacionalni savjetodavni odbor za aeronautiku
NDB	(Non-directional beacon) neusmjereni radio far
NM	(Nautical mile) nautička milja
PBN	(Performance Based Navigation) navigacija temeljena na navigacijskim sposobnostima zrakoplova
PFD	(Primary Flight Display) primarni zaslon za letenje
PNR	(Part number) broj dijela
POH	(Pilot's operating handbook) priručnik za letenje zrakoplova
RAIM	(Receiver autonomous integrity monitoring) Prijemnik za provjeravanje integriteta



RAL	(Remote Annunciate Light) svjetlo za upozoravanje na EDM900 sustavu
SBAS	(Satellite Based Augmentation System) Satelitski sustav za povećanje
SID	(Standard Instrument Departure) Standardni instrumentalni odlazak
STAR	(Standard Instrument Arrival) Standardni instrumentalni dolazak
STC	(Supplemental type certificate) Dopunski certifikat za tip zrakoplova
TBO	(Time between overhaul) Vrijeme između remonta
UHF	(Ultra High Frequency) Ultravisoka frekvencija
USB	(Universal Serial Bus) Univerzalna serijska sabirnica
USgal	(US gallon) Američki galon
VDC	(Volts of direct current) Napon istosmjerne struje
VHF	(Very High Frequency) vrlo visoka frekvencija
VOR	(Very high frequency omnidirectional range)
WAAS	(Wide Area Augmentation System) navigacijska pomoć za poboljšanje preciznosti, integriteta i dostupnosti GPS-a

## Popis slika

<b>Slika 1.</b> C172N registracijske oznake 9A-DMB, [2].....	2
<b>Slika 2.</b> Osnovnih šest instrumenata, [9].....	10
<b>Slika 3.</b> Primjer operativnih svjetala tijekom faza leta, [13] .....	14
<b>Slika 4.</b> Modificirana instrument ploča 9A-DMB, [14].....	18
<b>Slika 5.</b> Smještaj osigurača na novoj instrument ploči, [3] .....	19
<b>Slika 6.</b> Oprema za testiranje pitot-statičkog sustava, AD450E-1, [16].....	22
<b>Slika 7.</b> Viavi IFR 6000 oprema za testiranje transpondera, [18] .....	23
<b>Slika 8.</b> Viavi IFR 4000 oprema za testiranje navigacije i komunikacije, [19].....	24
<b>Slika 9.</b> Izgled instrument ploče prije modifikacije, [14].....	26
<b>Slika 10.</b> Garmin G5 u ulozi PFD-a, [20].....	28
<b>Slika 11.</b> Garmin G6 u ulozi HSI-a, [20].....	29
<b>Slika 12.</b> Garmin GTN 750 i GTN 650 navigatori, [20].....	31
<b>Slika 13.</b> EDM 900 sustav za praćenje parametara motora, [21].....	33
<b>Slika 14.</b> Izvješće zrakoplova, [25].....	41
<b>Slika 15.</b> Radna kartica za 50/100 satni pregled, [25].....	42
<b>Slika 16.</b> Program održavanja, [25].....	43

## Popis tablica

<b>Tablica 1.</b> Tehnički podaci C172N, [3] .....	4
<b>Tablica 2.</b> Performanse zrakoplova C172N, [3] .....	5
<b>Tablica 3.</b> Izvori napajanja električne energije C172N, [12].....	14
<b>Tablica 4.</b> Električna potrošnja opreme zrakoplova 9A-DMB.....	15
<b>Tablica 5.</b> Određivanje položaja centra težišta, [3] .....	25

Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih znanosti  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je \_\_\_\_\_ završni rad  
(vrsta rada)

isključivo rezultat mogega 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 Procedura izmjene tehničko-eksploatacijske dokumentacije lakog zrakoplova nakon modifikacije, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

Student/ica:

U Zagrebu, 1. srpnja 2022.

Adam Petrin



(ime i prezime, potpis)