Program pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji na primjeru zrakoplova Airbus 320

Polanščak, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2017

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:119:280718

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Filip Polanščak

PROGRAM POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI NA PRIMJERU ZRAKOPLOVA AIRBUS A320

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

DIPLOMSKI RAD

PROGRAM POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI NA PRIMJERU ZRAKOPLOVA AIRBUS A320

AIRCRAFT RELIABILITY PROGRAM FOR THE OPERATION OF AIRBUS A320

Mentor: doc. dr. sc. Anita Domitrović
Student: Filip Polanščak
JMBAG: 0195026205

Zagreb, rujan 2017.

Zahvala

Zahvaljujem se svojoj mentorici doc. Dr. sc. Aniti Domitrović, čija mi je stručna pomoć i savjeti uvelike olakšalo izradu ovog diplomskog rada.

Također se zahvaljujem i Tehničkom odjelu zrakoplovne kompanije Croatia Airlines, posebno inženjeru Goranu Bjelici na stručnoj pomoći pri shvaćanju metodologije izrade programa pouzdanosti.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji i djevojci, na podršci i razumijevanju koju su mi pružili tijekom cijelog studija.

Sažetak

Program praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji je program statističkog praćenja i bilježenja događaja vezanih za tehničku ispravnost zrakoplova. Primarna svrha programa je prikupljanje podataka i informacija potrebnih za poduzimanje određenih aktivnosti održavanja zrakoplova, s ciljem povećanja sigurnosti zrakoplova. Sukladno Partu M, zračni prijevoznik ima obvezu izrade programa pouzdanosti zrakoplova. Program omogućuje uvid u samo pouzdanost zrakoplova, te usporedbu realnih podataka pouzdanosti flote, s unaprijed definiranim parametrima za određeni tip zrakoplova. Za svaki mjereni parametar potrebno je odrediti gornju i donju granicu uzbune, te korektivne mjere koje se poduzimaju prelaskom granica uzbune.

Ključne riječi: Program praćenja pouzdanosti, Part M, granica uzbune

Summary

Aircraft Reliability program is program of statistical monitoring of data and recording events related to technical validity of aircraft. The primary purpose of program is to collect data and information necessary to undertake specific activities of aircraft maintenance, in order to increase aircraft safety. According to Part M every carrier is obliged to make aircraft reliability program. Program allows insight to aircraft reliability program and comparison of real reliability data with predefined parameters for particular aircraft type. For each measured parameter, it is necessary to determine the upper and lower alert level, and the corrective measures which need to be taken when alert limits are crossed.

Key words: Aircraft reliability program, Part M, alert level.

Sadržaj

1. UVOD 1

1.1. Svrha i ciljevi istraživanja 1

1.2. Dosadašnja istraživanja 1

1.3. Kompozicija rada 2

2. ZRAKOPLOVNI PROPISI KOJIMA SE DEFINIRA OBVEZA PRAĆENJA POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI 4

3. PARAMETRI ZA PRAĆENJE POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI 10

4. INTERPRETACIJA REZULTATA PRAĆENJA POUZDANOSTI 13

4.1. Opći pokazatelji pouzdanosti zrakoplova 15

4.1.1. Raspoloživost zrakoplova 15

4.1.2. Pouzdanost otpreme zrakoplova 15

4.1.3. Pouzdanost sustava zrakoplova 16

4.1.4. Broj primjedbi pilota i mehaničara 17

4.2. Pokazatelji pouzdanosti strukture 17

4.3. Pokazatelji pouzdanosti zrakoplovnih komponenti 21

4.4. Pokazatelji pouzdanosti pogonskog sustava 22

4.4.1. Gašenje motora u letu (In-flight Shutdowns) 23

4.4.2. Neplanirane zamjene motora (Unscheduled Removals) 24

4.4.3. Dolazak motora u radionicu (Shop Visits) 24

4.5. Granica uzbune (Alert Level) 25

5. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE ZRAKOPLOVA AIRBUS A320 27

6. METODOLOGIJA IZRADE IZVJEŠĆA O POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI NA PRIMJERU ZRAKOPLOVA AIRBUS A320 S POSEBNIM OSVRTOM NA ANALIZU POUZDANOSTI POGONSKOG SUSTAVA 31

6.1. Statistika 32

6.1.1. Operativna statistika (Operational Statistics) 32

6.1.2. Raspoloživost zrakoplova (Aircraft in Service) 33

6.1.3. Dnevna iskorištenost zrakoplova (Daily Utilization) 33

6.2. Pouzdanost otpreme zrakoplova (Tehnical Dispatch Reliability Rate) 37

6.3. Operativni prekidi i tehnički incidenti 42

6.3.1. Operativni prekidi (Operational Interruptions) 42

6.3.2. Tehnički incidenti (Tehnical Incidents) 42

6.4. Sati na pregledu (Hours at check) 43
6.5. MEL (Minimum Equipment List) 44
6.6. Pouzdanost komponenti 47
6.7. Pouzdanost kotača i kočnica 50
6.8. Primjedbe pilota i mehaničara 53
6.9. Pouzdanost pogonskog sustava 56
6.10. Objava uzbune 60
6.11. Korektivne mjere 61
7. ZAKLJUČAK 63
Literatura 64
Popis slika 66
Popis tablica 67

1. UVOD

1.1.Svrha i ciljevi istraživanja

Uspješnost svakog zračnog prijevoznika uvelike ovisi o održavanju zrakoplova. Održavanjem se nastoji postići što veća iskoristivost zrakoplova, sa što većom razinom sigurnosti, te što manjim operativnim i ekološkim troškovima. Kako bi to bilo ostvarivo, zračni prijevoznici prate pouzdanost zrakoplova, njegovih sustava i komponenti. Pouzdanost (*Reliability*) je pouzdanost sredstva da će izvršiti zadanu funkciju u zadanim uvjetima, tijekom zadanog vremena, [1]. Učinkovitost programa za održavanje zrakoplova nadzire se programom praćenja pouzdanosti (*Reliability Program*), gdje se prati statistika i bilježe događaji povezani sa tehničkom ispravnošću zrakoplova. Program omogućuje otkrivanje nedostataka u konstruiranju zrakoplov, nedostatke operativnih procedura, te nepravilnosti u održavanju, [2].

Prikupljanje podataka i informacija, te njihova statistička obrada, primarna je svrha programa pouzdanosti zrakoplova, te se temeljem njih zrakoplovnoj kompaniji i proizvođaču pruža povratna informacija o nepravilnostima u eksploataciji. Program praćenja pouzdanosti zrakoplova pruža rezultate koji mogu ukazati na nepravilnosti komponenti ili sustava koji su kroz uporabu pokazali nedostatke, te potrebu za prijevremenom kontrolom i izmjenom, što omogućuje dopunu ili izmjenu programa održavanja.

Cilj rada orijentiran je na istraživanje statističkog praćenja podataka u eksploataciji zrakoplova Airbus A320 zračnog prijevoznika koji u svojoj floti ima šest zrakoplova navedenog tipa, te interpretaciji rezultata praćenja i izračunu pokazatelja pouzdanosti eksploatacije.

1.2.Dosadašnja istraživanja

Razvoj globalnog gospodarstva i postojanost velikog broja konkurenata zračnih prijevoznika na tržištu, potaknuli su istraživanje za najboljim modelom praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji u cilju planiranja i optimiranja održavanja zrakoplova. Ostvarivanje maksimalnih performansi određenog sustava uz najniže troškove održavanja i operativne troškove ukupnog

životnog ciklusa, mora biti cilj svakog odabranog rješenja. Različita rješenja dat će najbolje rezultate, ovisno o postavljenim kriterijima: primjerice jedan sustav održavanja može davati najveću raspoloživost, dok drugi može davati najniže troškove. Značajni uspjesi u rješavanju teorijskih problema ali i u primjenskim iskustvima održavanja zrakoplova postignut je na području praćenja podataka iz eksploatacije zrakoplova, što je rezultiralo povećanim brojem programa praćenja pouzdanosti koji se razvijaju i razmatraju kroz literaturu (knjige, članke, disertacije i sl.). Pokazalo se da je trajanje perioda eksploatacije značajno ovisno o načinu održavanja zrakoplova tj. da je održavanje zrakoplova nedjeljivo vezano uz eksploataciju zrakoplova. Održavanje zrakoplova također je dužnost zračnog prijevoznika, a provodi se prema Programu održavanja odobrenom od strane zrakoplovnih vlasti.

U području pouzdanosti zrakoplova napisani su brojni stručni i znanstveni članci i radovi od kojih se mogu istaknuti:

[1] Domitrović, A. ; Bazijanac, E. ; Alić – Kosteaić, V : Aircraft Reliability Program, Maintworld, 2.2.2012.

[2] Amborski, J.: Calculation of Alert Levels for Reliability, Proceedings 23rd European Conference on Modelling and Simulation ©ECMS Javier Otamendi, Andrzej Bargiela, José Luis Montes, Luis Miguel Doncel Pedrera (Editors), ISBN: 978-0-9553018-8-9 / ISBN: 978-0-9553018-9-6 (CD).

[3] Marušić, Ţ.; Alfirević, I.; Pita, O.: Metode povećanja pouzdanosti i sustava održavanja zrakoplova, Tehnički vjesnik, 14, (3,4), str. 37-45, 2007.

[4] EASA Reliability Program Guidance, Appendix I to AMC M.A.302 and AMC M.B.301 (b)

1.3.Kompozicija rada

Rad je sadržajno podijeljen u sedam poglavlja. U uvodu su definirani svrha i ciljevi istraživanja, dosadašnja istraživanja koja su provedena te struktura rada.

Drugo poglavlje vezano je za zrakoplovne propise kojima se definira obveza praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji, te uvjeti i norme koje organizacija za održavanje zrakoplova mora ispuniti.

U trećem poglavlju definirani su parametri koji se prate prilikom izrade programa pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji.

Četvrta cjelina vezana je za interpretaciju rezultata dobivenih praćenjem pouzdanosti. Definirani su svi pokazatelji pouzdanosti zrakoplova (opći, pouzdanost strukture, pouzdanost zrakoplovnih komponenti, pouzdanost pogonskog sustava), te je prikazan način njihova izračuna. ATA specifikacija, po kojima se zrakoplovni sustavi i komponente svrstavaju, također su objašnjena u ovom poglavlju.

U petom poglavlju prikazane su tehničke i letne karakteristike zrakoplova Airbus A320, kao i povijest njegova nastanka, te nove inačice koje su dostupne u današnje vrijeme.

U šestom poglavlju prikazana je metodologija izrade izvješća o pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji na primjeru Airbus-a A320, jednog zračnog operatera, a proračunati parametri prikazani su tablično i grafički, za određeno razdoblje.

Zaključak opisuje važnost i svrhu izrade programa pouzdanosti, koji povećava sigurnost leta, te omogućuje uštede zračnom prijevozniku.

2. ZRAKOPLOVNI PROPISI KOJIMA SE DEFINIRA OBVEZA PRAĆENJA POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI

Agencija europske unije uspostavljena u cilju razvijanja zajedničkih standarda sigurnosti zračnog prometa te osiguranja njihove jedinstvene primjene u Europi, naziva se Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (EASA – *European Aviation Safety Agency*). EASA je osnovana 28. rujna. 2003. godine sa sjedištem u Kolnu, te je odgovorna za osiguranje sigurnosti i zaštite okoliša u zračnom prometu u Europi. U području sigurnosti civilnog zračnog prometa agencija ima posebne regulatorne i izvršne zadatke, a preuzimanjem funkcija Zajedničkih zrakoplovnih vlasti (JAA – *Joint Aviation Authorities*) 2008. godine, doseže svoju punu funkcionalnost. Osim navedenog, djelokrug EASA-e obuhvaća i: [12]

- usklađivanje propisa i certificiranje;
- razvijanje jedinstvenog zrakoplovnog tržišta na području EU;
- donošenja tehničkih pravila u zrakoplovstvu;
- certificiranje vrsta i sastavnih dijelova zrakoplova;
- odobravanje poduzeća koja projektiraju, proizvode i održavaju aeronautičke proizvode;
- pružanje sigurnosnih nadzora i potporu članicama EU;
- promicanje europskih i svjetskih standarda;
- suradnja sa međunarodnim dionicama za unaprjeđenje sigurnosti u Europi.

Part M se bavi pitanjem kontinuirane plovidbenosti svih zrakoplova (velikih i malih, korištenih u komercijalne i nekomercijalne svrhe), na način da: [8]

- definira odgovornosti;
- definira što je potrebno za upravljanje kontinuiranom plovidbenošću zrakoplova;
- regulira održavanje zrakoplova;
- odobrava puštanje zrakoplova u eksploataciju nakon održavanja;
- postavlja postupke nadzora kroz pregled plovidbenosti koja omogućuje izdavanje certifikata o plovidbenosti (*C of A, Certificate of Airworthiness*).

Sukladno Part-u M, koji se specifično odnosi na eksploataciju i održavanje zrakoplova, zračni prijevoznik ima obvezu izrade programa praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji. U Part-u M utvrđene su mjere koje je potrebno poduzeti kako bi se osigurala plovidbenost, uključujući održavanje. Isto tako, utvrđeni su uvjeti kojima trebaju udovoljiti osobe ili organizacije uključene u vođenje kontinuirane plovidbenosti. Poddio „G“ (*Subpart „G“*) utvrđuje zahtjeve koje organizacija mora ispuniti kako bi imala pravo izdavati ili produljivati odobrenja za vođenje kontinuirane plovidbenosti. Organizacija koja provodi kontinuiranu plovidbenost naziva se CAMO (*Continuing Airworthiness Management Organisation*), a dužna je osigurati priručnik vođenja kontinuirane plovidbenosti zrakoplova, tzv. CAME (*Continuing Airworthiness Managment Exposition*) koji opisuje kako organizacija ispunjava zahtjeve Part-a M. Također, moguće ga je kombinirati sa priručnikom organizacije za održavanje MOE (*Maintenance Organisation Exposition*), te tzv. CAME/MOE priručnik opisuje kako organizacija zadovoljava zahtjeve regulative, te prikazuje: [10]

- organizacijsku shemu operatora i službu održavanja;
- sustav kvalitete;
- procedure održavanja iz područja Part 145 propisa → MOE dio;
- procedura održavanja iz područja Part M propisa → CAME dio.

Za provjeru plovidbenosti zrakoplova, odobrena organizacija za vođenje kontinuirane plovidbenosti vrši potpunu dokumentiranu provjeru, kako bi bili sigurni da je:

- ukupan broj sati leta i ciklusa zrakoplova ispravno evidentiran glede konstrukcije zrakoplova, motora i elise zrakoplova;
- letački priručnik primjenjiv na konfiguraciju zrakoplova i da odgovara posljednjoj reviziji;
- provedeno cjelokupno održavanje koje se treba izvršiti na zrakoplovu sukladno odobrenom programu održavanja, te da:
- su otklonjeni svi poznati kvarovi ili su pod nadzorom;
- svi popravci i preinake na zrakoplovu budu evidentirani i provedeni u skladu s propisima;

- budu primijenjena i evidentirana sva važeća pravila o plovidbenosti;
- svi ugrađeni dijelovi sa ograničenim vijekom trajanja budu ispravno označeni, evidentirani i da nisu prekoračili svoje odobreno ograničenje vijeka trajanja;
- cijelo održavanje bude izvršeno sukladno pravilima;
- izvješće o masi i balansu zrakoplova odgovara konfiguraciji zrakoplova i da je valjana;
- je zrakoplov u skladu s najnovijom revizijom projekta svog tipa koji je odobrila agencija;
- prema potrebi, zrakoplov ima potvrdu o buci koja odgovara trenutačnoj konfiguraciji zrakoplova.

Točka M.A. 707. utvrđuje zahtjeve za osoblje odgovorno za provjeru plovidbenosti koje je neophodno za dobivanje dozvole za obavljanje provjere pouzdanosti i izdavanja ili produljivanja odobrenja. Organizacija osigurava da osoblje za provjeru plovidbenosti zrakoplova stekne odgovarajuće iskustvo i znanje kako bi adekvatno izvršavali zadaće kontinuirane plovidbenosti.

Točka M.A.708 vezana je za vođenje kontinuirane plovidbenosti. Za svaki zrakoplov za kojeg se vodi kontinuirana plovidbenost, odobrena organizacija mora: [7]

- pripremiti i nadzirati program održavanja za zrakoplove koji se vode, uključujući sve važeće programe pouzdanosti;
- podnijeti program održavanja zrakoplova i njegove izmijene nadležnom tijelu na odobrenje, osim ako ti nije obuhvaćeno postupkom neizravnog odobrenja u skladu s točkom M.A.302(c), te za zrakoplove kojima se ne koriste licencirani zračni prijevoznici dostaviti kopiju tog programa vlasniku ili nadležnom operatoru;
- voditi odobrenja izmjena i popravaka;
- osigurati sukladnost provođenja održavanja s odobrenim programom održavanja i puštanjem u operativnu upotrebu;
- osigurati pridržavanje svih važećih plovidbenih i operativnih pravila povezanih sa kontinuiranom plovidbenošću;

- osigurati da svi otkriveni i prijavljeni kvarovi budu uklonjeni od strane odgovarajuće odobrene organizacije za održavanje, tijekom planiranog održavanja;
- kada god je to potrebno, osigurati otpremu zrakoplova do odobrene organizacije za održavanje;
- koordinirati planiranim održavanjem, primjenom pravila o plovidbenosti, zamjenom dijelova s ograničenim vijkom trajanja i pregledom sastavnih dijelova, kako bi se osiguralo ispravno izvršenje radova;
- voditi i pohranjivati svu evidenciju o kontinuiranoj plovidbenosti i/ili tehničku knjigu operatora;
- osigurati da izvještaj o masi i balansiranju odražava stvarno stanje zrakoplova.

Točka M.A.302.(d) Part-a M tumači da se u programu održavanja mora uspostaviti sukladnost s uputama za kontinuiranu plovidbenost. Također, utvrđene su okolnosti pod kojima će se razviti program praćenja pouzdanosti, svrha programa, dobiveni rezultati, te izračun učinkovitosti zrakoplova na temelju rezultata dobivenih praćenjem. Kada se program održavanja temelji na logici grupe za vođenje održavanja ili na praćenju stanja (*condition monitoring*) kod složenih zrakoplova na motorni pogon, program održavanja zrakoplova uključuje program pouzdanosti [7].

Polazni dokument grupe za vođenje održavanja je MSG-3 od udruge zrakoplovnih prijevoznika (ATA – *Air Transport Association*), te predstavlja najmoderniji model izrade programa održavanja. MSG-3 sadrži tzv. „*top down approach*“ te polazi od cjeline zrakoplova, preko zrakoplovnih sustava, pa prema nižim razinama do dijelova sustava, te se pri tome vrši analiza grešaka na najvišoj razini zrakoplovnog sustava gdje se greška može odgovarajući otkloniti ili spriječiti. [10]

Praćenje stanja je proces kontinuiranog skupljanja operativnih i iskustvenih informacija o komponentama, te analiziranje i interpretacija istih, te korištenje kao načina za odlučivanje i implementiranje korektivnih mjera. U situaciji kada promatrani parametar prekorači prihvatljive granične vrijednosti (*alert level*), potrebno je poduzeti određene aktivnosti i što je prije moguće povratiti prihvatljivi stupanj pouzdanosti. [10]

Programom održavanja definirani su svi postupci održavanja koji se obavljaju na zrakoplovu u eksploataciji, njegovoj pogonskoj grupi, zrakoplovnim sustavima i opremi. Program održavanja izrađuje se zasebno za svaki tip zrakoplova. Sadržaj Programa održavanja definiran je u „Appendix I to AMC[1] M.A.302 and M.B.301(b)" na kojem se temelji način prikazivanja sljedećih elemenata održavanja: [7]

- generalni zahtjevi;
- osnove programa;
- zahtjevi;
- dopuštena odstupanja programa održavanja;
- periodički pregledi sadržaja programa održavanja;
- program pouzdanosti.

Po dovršetku održavanja zrakoplova, u dokumentaciju o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova unosi se potvrda o otpuštanju zrakoplova u uporabu (EASA obrazac 1, prikazan na slici 1), najkasnije 30 dana nakon obavljanja radova. Dokumentacija o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova sastoji se od:

- Knjige zrakoplova, knjige motora, knjige modula motora, knjige elise i knjige bilo koje komponente sa ograničenim vijekom trajanja;
- Tehničke knjige operatora, kada je to potrebno.

Evidencija o kontinuiranoj plovidbenosti zrakoplova uključuje:

- status naredbi o plovidbenosti i mjera koje zahtijeva nadležno tijelo pri neposrednom reagiranju na sigurnosni problem;
- status preinaka i popravaka;
- status ispunjavanja programa održavanja;
- status sastavnih dijelova s ograničenim vijekom trajanja;
- izvješće o masi i balansiranju;

[1] Appendix 1 to *Acceptable Means of Compliance* – Dodatak 1 o prihvatljivim uvjetima udovoljavanja

- popis odgođenog održavanja.

1. Nadležno tijelo koje izdaje potvrdu / država	2. **POTVRDA O OVLAŠTENOM VRAĆANJU U UPORABU** EASA OBRAZAC 1	3. Referentni broj obrasca
4. Naziv i adresa organizacije		5. Radni nalog/ugovor/račun

6. Element	7. Opis	8. Broj dijela	9. Količina	10. Serijski broj	11. Status/rad

12. Napomene

13a. Potvrđuje se da su gore navedeni elementi proizvedeni u skaldu s: ☐ odobrenim projektnim podacima, te su u stanju za siguran rad ☐ neodobrenim projecktnim podacima, navedenim u polju 12.	14a. ☐ Dio 145.A.50. Vraćanje u uporabu ☐ Drugi propis, naveden u polju 12. Potvrđuje se da je, ako nije drukčije navedeno u polju 12., rad naveden u polju 11. i opisan u polju 12. obavljen u skladu s dijelom 145. i da se u odnosu na taj rad elementi smatraju spremnim za vraćanje u uporabu.

13b. Potpis ovlaštene osobe	13c. Broj odobrenja/ovlaštenja	14b. Potpis ovlastene osobe	14c. Referentni broj potvrde/ odobrenja.
13d. Ime	13e. Datum (dd mmm gggg)	14d. Ime	14e. Datum (dd mmm gggg)

ODGOVORNOSTI KORISNIKA/UGRADITELJA

Ova potvrda ne predstavlja automatski ovlaštenje za ugradnju elementa (elemenata).

Kada korisnik/ugraditelj obavlja posao u skladu s propisima nekog drugog nadležnog tijela za plovidbenost, a ne nadležnog tijela za plovidbenost koje je navedeno u polju 1., bitno je da korisnik/ugraditelj osigura da njegovo/njezino nadležno tijelo za plovidbenost prihvati elemente od nadležnog tijela za plovidbenost navedenog u polju 1.

Izjave u poljima 13.a i 14.a ne predstavljaju potvrdu za ugradnju. U svim slučajevima dokumentacija o održavanju zrakoplova mora sadržavati potvrdu za ugradnju koju korisnik/ugraditelj izdaje u skladu s nacionalnim propisima, prije nego što se zrakoplov može upotrijebiti za letenje.

EASA Obrazac 1 – MF/145, 2. izdanje

Slika 1: EASA obrazac 1 – potvrda o otpuštanju zrakoplova u upotrebu,
Izvor: [7]

3. PARAMETRI ZA PRAĆENJE POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI

Zračni prijevoznik obavezan je prikupljati tehničke podatke tijekom eksploatacije zrakoplova, na redovnim i izvanrednim pregledima, te tehničke podatke njegovih komponenti i sustava. Temeljem prikupljenih podataka, izrađuje se izvještaj pouzdanosti koji ukazuje na moguće nepravilnosti glede konstruiranja zrakoplova, operativnih procedura, te linijskog i temeljnog održavanja.

Praćeni parametri za proračun pouzdanosti su: [5]

- nalet zrakoplova (*Flight hours*);
- broj ciklusa polijetanja[2] (*flights total*);
- broj sati provedenih na pregledu (*Hours at check*);
- kašnjenje iz tehničkih razloga veća od nekog zadanog vremena (*Tehnical delays*);
- otkazi zbog tehničkih razloga (*tehnical cancellations*);
- primjedbe pilota (*Pilot complaints*);
- primjedbe mehaničara (*Tehnical staff complants*);
- neplanirane zamjene komponeneti (*Unscheduled component removals*);
- broj predviđenih otkaza komponenti (*Component removals*);
- broj preventivnog gašenja motora u letu od strane posade (*In-flight engine shut down*):
- broj neplaniranih zamjena motora (*Unscheduled engine removals*);
- broj posjeta motora radionici (*Shop visits*);
- broj zamijenjenih guma;
- broj zamijenjenih kočnica;
- ukupan nalet svih motora.

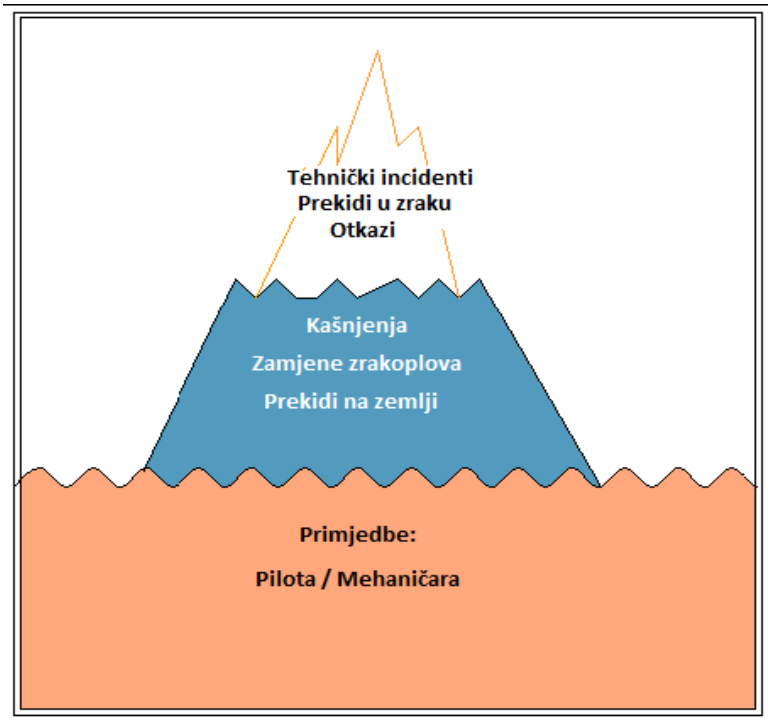
[2] Ciklus je interval od paljenja do gašenja motora

Za usporedbu istog tipa zrakoplova različitih zračnih prijevoznika, pokazatelji pouzdanosti mogu se svrstati u četiri glavne grupe, a to su:

- opći pokazatelji pouzdanosti zrakoplova;
- pokazatelji pouzdanosti strukture;
- pokazatelji pouzdanosti zrakoplovnih komponenti;
- pokazatelji pouzdanosti pogonske grupe.

Tehničko osoblje (*Reliability engineer*) najčešće je odgovorno za prikupljanje podataka, analizu i izradu izvješća na dnevnoj bazi. Sustav raspodijele tehničkih zapisa i operativnih podataka trebao bi osigurati da *Reliability engineer* redovito prima kopiju praćenih parametara. [2]

Nakon prikupljanja podataka za tekući mjesec, isti se statistički analiziraju, te se dobivaju podaci o raspoloživosti i pouzdanosti zrakoplova. Parametri se prate kao jedna cjelina, što program pouzdanosti čini učinkovitijim, a to se može prikazati „ledenim brijegom“. Prikaz „ledenog brijega“ dan je slikom 2.



Slika 2: Ledeni brijeg
Izvor: [1]

Kod „Ledenog brijega“ primjedbe pilota i mehaničara zasebno ne ukazuju na to koji problem ima najveći utjecaj na zrakoplovne operacije i da operativni prekidi (tehnički incidenti, prekidi u zraku i otkazi) pokazuju samo vrh „ledenog brijega“, međutim ne i uzrok problema. [5]

4. INTERPRETACIJA REZULTATA PRAĆENJA POUZDANOSTI

Po završetku prikupljanja podataka za tekući mjesec vrše se izračuni koji pokazuju razinu pouzdanosti zrakoplova, njegovih komponenti i sustava. Standardna dokumentacija za sve komercijalne zrakoplove, po kojoj se svrstavaju komponente i sustavi zrakoplova, naziva se ATA-100 specifikacija. Prema ATA-100 specifikaciji, zrakoplov je podijeljen u sustave i podsustave (Tablica 1), [6].

Sustave čine pogonska grupa, struktura, kontrola leta, elektronika i sl., dok podsustave čine pojedini dijelovi koji zajedno tvore jedan sustav.

Prosječan broj raspoloživih zrakoplova flote tokom promatranog perioda je parametar koji se uobičajeno koristi za ocjenu raspoloživosti zrakoplova. Specificirani su troznamenkastim ATA brojem pri čemu podsustavi jednog sustava imaju iste prve dvije znamenke kao i ATA broj sustava kojeg tvore, npr: [16]

28 FUEL

28-00 FUEL GENERAL
28-10 STORAGE
28-20 DITRIBUTION – DRAIN VALVES
28-30 DUMP
28-40 INDICATING

32 LANDING GEAR

32-00 LANDING GEAR GENERAL
32-10 MAIN GEAR AND DOORS
32-20 NOSE GEAR/TAIL GEAR AND DOORS
32-30 EXTENSION AND RETRACTION
32-40 WHEELS AND BRAKES
32-50 STEERING
32-60 POSITION, WARNING, AND GROUND SAFETY SWITCH
32-70 SUPPLEMENTARY GEAR – SKIS, FLOATS

Tablica 1: ATA-100 specifikacija,
Izvor: http: [17]

ATA CHAPTER NUMBERS	
AIRFRAME GENERAL	**GROUP PROPELLER / ROTOR**
05 TIME LIMITS MAINTENANCE CHECKS	60 STD.PRACTICES - PROP / ROTOR
06 DIMENSIONS and AREAS	61 PROPELLERS/PROPULSORS
07 LIFTING and SHORING	62 MAIN ROTORS
08 LEVELING and WEIGHTING	63 MAIN ROTOR DRIVES
09 TOWING and TAXIING	64 TAIL ROTOR
10 PARKING, MOORING, STORAGE and RETURN TO SERVICE	65 TAIL ROTOR DRIVES
11 PLACARDS and MARKINGS	66 ROTOR BLADE AND TAIL PYLON FOLDING
12 SERVICING - ROUTINE MAINTENANCE	67 ROTORS FLIGHT CONTROL
18 VIBRATION AND NOISE ANALYSIS (HELICOPTER ONLY)	**GROUP POWER PLANT**
AIRFRAME SYSTEMS	70 STANDARD PRACTICES ENGINE
20 STANDARD PRACTICES AIRFRAME	71 POWER PLANT - GENERAL
21 AIR CONDITIONING	72 ENGINE
22 AUTOPILOT	72T ENGINE - TURBINE/TURBOPROP, DUCTED/UNDUCTED FAN
23 COMMUNICATIONS	72R ENGINE - RECIPROCATING
24 ELECTRIC POWER	73 ENGINE FUEL and CONTROL
25 EQUIPMENT and FURNISHINGS	74 IGNITION
26 FIRE PROTECTION	75 BLEED AIR
27 FLIGHT CONTROLS	76 ENGINE CONTROLS
28 FUEL	77 ENGINE INDICATING
29 HYDRAULIC POWER	78 EXHAUST
30 ICE and RAIN PROTECTION	79 OIL
31 INDICATING / RECORDING SYSTEM	80 STARTING
32 LANDING GEAR	81 TURBINES (RECIPROCATING ENGINES)
33 LIGHTS	82 WATER INJECTION
34 NAVIGATION	83 ACCESSORY GEAR BOXES (ENGINE DRIVEN)
35 OXYGEN	84 PROPULSION AUGMENTATION
36 PNEUMATIC	**MISCELLANOUS**
37 VACUUM	91 CHARTS
38 WATER / WASTE	97 WIRING REPORTING
41 WATER BALLAST	115 FLIGHT SIMULATOR SYSTEMS
44 CABIN SYSTEMS	116 FLIGHT SIMULATOR CUING SYSTEM
45 CENTRAL MAINTENANCE SYSTEM (CMS)	**PECULIAR MILITARY CHAPTERS**
46 INFORMATION SYSTEMS	92 ELECTRICAL POWER MULTIPLEXING
49 AIRBORNE AUXILIARY POWER	93 SURVEILLANCE
50 CARGO AND ACCESSORY COMPARTMENT	94 WEAPON SYSTEM
GROUP STRUCTURE	95 CREW ESCAPE AND SAFETY
51 STANDARD PRACTICES AND STRUCTURES - GENERAL	96 MISSILES, DRONES AND TELEMETRY
52 DOORS	98 METEOROLOGICAL AND ATMOSPHERIC RESEARCH
53 FUSELAGE	
54 NACELLES / PYLONS	
55 STABILIZERS	
56 WINDOWS	
57 WINGS	

4.1.Opći pokazatelji pouzdanosti zrakoplova

4.1.1. Raspoloživost zrakoplova

Parametar koji se uobičajeno koristi za ocjenu raspoloživosti zrakoplova je „Prosječan broj raspoloživih zrakoplova flote tijekom promatranog perioda“. Za period promatranja uzima se mjesec dana. Cilj je dobiti podatak o prosječnom broju raspoloživih zrakoplova u promatranom periodu. Ukupni mogući kapacitet flote jednog tipa zrakoplova izražen u satima leta je:

$$i_{sk} = h_m \cdot i_{uk} \tag{1}$$

gdje je:

h_m – broj sati u promatranom periodu, npr. u mjesec dana

i_{uk} – ukupan broj zrakoplova promatranog tipa

Zbog održavanja zrakoplovi nisu bili operativno raspoloživi h_s sati, odnosno bili su raspoloživi za korištenje $h = h_{uk} - h_s$ sati.

Prema tome, broj raspoloživih zrakoplova *i* tijekom promatranog perioda iznosi: [1]

$$i_a = \frac{h_{uk} - h_s}{h_{uk}} \cdot i_{uk} \tag{2}$$

4.1.2. Pouzdanost otpreme zrakoplova

Pouzdanost otpreme zrakoplova (*Despatch reliability*) je vjerojatnost da će zrakoplov poletjeti u planirano vrijeme. Ovdje se uzimaju u obzir samo kašnjenja nastala iz tehničkih razloga, tj. zbog poduzimanja radnji održavanja.

$$R_d = 1 - \frac{n_d - n_c}{n} \tag{3}$$

gdje je:

n_d – broj kašnjenja u promatranom periodu koja su veća od nekog zadanog vremena zbog tehničkih razloga (5 - 15 minuta)
n_c – broj otkaza leta zbog tehničkih razloga
n – broj ciklusa (polijetanja) u promatranom periodu.

Zrakoplovne kompanije umjesto „pouzdanost otpreme“, kao pokazatelj obično koriste „stupanj pouzdanosti u otpremi“ koji pouzdanost otpreme izražava u postocima, odnosno to se može interpretirati i kao pokazatelj uspješnih otprema zrakoplova u odnosu na 100 polijetanja. [1]

4.1.3. Pouzdanost sustava zrakoplova

Sustavi zrakoplova prate se po ATA 100 specifikaciji. Kako bi se procijenila pouzdanost, prati se neispravnost pojedinih sustava zrakoplova, zbog čega se neke komponente moraju neplanski zamijeniti (*unscheduled removals*).

U praktičnim primjenama ovaj se pokazatelj prikazuje u izmijenjenom obliku i naziva se „stupanj pouzdanosti sustava“, a pokazuje prosječan broj neplaniranih zamjena pojedinih komponenti sustava na 1000 sati leta. [1]

$$i_{ur} = \frac{n_{ur}}{n_{ks} \cdot h} \tag{4}$$

gdje je:

n_{ur} – ukupan broj neplaniranih zamjena komponenti u promatranom periodu
n_{ks} – broj komponenti po sustavu
h – ukupan nalet zrakoplova u promatranom periodu.

4.1.4. Broj primjedbi pilota i mehaničara

Pokazatelj pouzdanosti definira se i na temelju primjedba pilota li na temelju podataka (zapažanja) tehničkog osoblja. Primjerice, može se definirati „stupanj pouzdanosti na temelju primjedbi pilota u promatranom periodu u odnosu na 100 polijetanja“. [1]

$$i_p = \frac{n_p}{n_{TO}} \cdot 100 \tag{5}$$

gdje je:

n_p – broj primjedbi pilota tijekom promatranog perioda

n_{TO} – broj polijetanja – broj ciklusa u promatranom periodu.

4.2. Pokazatelji pouzdanosti strukture

Pouzdanost strukture dobiva se metodama ispitivanja materijala bez razaranja (*Non – Destructive Testing* – NDT). U hrvatskom govornom području često se nazivaju i kontrole bez razaranja (KBR). NDT je skup metoda za pronalaženje skrivenih grešaka (mikropukotina na površini ili ispod površine elemenata) u materijalu, na način da ispitani materijali ili uređaji ostanu neoštećeni nakon pregleda, te da se prema potrebi vrate u upotrebu. NDT metode primjenjuju se na samom zrakoplovu ili motoru, te prilikom pregleda pojedinih elemenata zrakoplova ili motora u procesu remonta, a najčešće primjenjivane metode su:

- vizualna – najstariji i najuobičajeniji oblik pregleda, a sastoji se od pregleda područja okom, povećalom, izvorom svjetla i pomoću posebnih optičkih uređaja, jedan od načina vizualne metode prikazan je slikom 3.



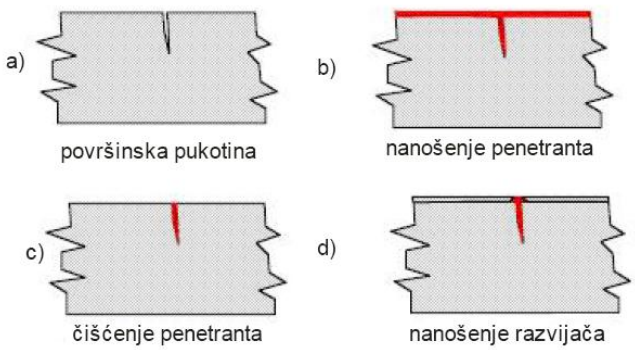
Slika 3: Vizualna metoda
Izvor: http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-non-destructive-test-ndt/2/

- magnetska – metoda koja se koristi za otkrivanje površinskih i subpovršinskih diskontinuiteta u feromagnetičnim materijalima, primjer magnetske metode prikazan je slikom 4.



Slika 4: Magnetska metoda
Izvor: http://www.wikiwand.com/cs/Magnetick%C3%A1_pr%C3%A1%C5%A1kov%C3%A1_metoda

- penetrantska – koristi se za otkrivanje diskontinuiteta otvorenih prema površini na dijelovima napravljenim od materijala koji nije proziran. Metoda ovisi o sposobnosti tekućine da prodire u diskontinuitete materijala na koji se nanosi. Način djelovanja penetrantske metode prikazan je slikom 5.



Slika 5:Penetrantska metoda
Izvor: [1]

- radiografska – nepravilnost materijala dobiva se tako da se ispitivani element prozrači ionizirajućim zračenjem. Radiografsko ispitivanje će zbog toga pokazati unutrašnje i vanjske strukturalne detalje svih tipova dijelova materijala. Metoda se koristi za pregled zrakoplovne konstrukcije koja je nedostupna ili neprikladna za primjenu drugih metoda. Radiografski pregled prikazan je na slici 6.



Slika 6: Radiografska metoda
Izvor: [1]

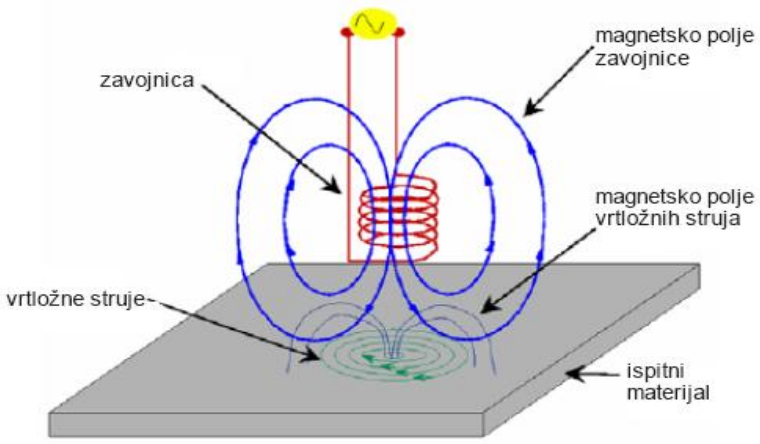
- ultrazvučna – ova metoda pogodna je za pregled većine metala, plastike i keramike za greške na površini ili ispod nje. Pregled zrakoplovne strukture se postiže induciranjem ultrazvučnih valova na predmet s kontaktnom sondom. Reflektirani ultrazvučni valovi se

elektronski projiciraju na cijev osciloskopa i koriste se za otkrivanje grešaka. Pregled ultrazvučnom metodom prikazan je na slici 7.



Slika 7: Ultrazvučna metoda
Izvor: http://www.idef.hr/ultrazvucni-defektoskopi

- metoda vrtložnih strujanja – koristi se za otkrivanje lomova na površini ili blizu površine na većini metala. Pregled se izvodi induciranjem vrtložne struje na djelu koji se ispituje i elektroničkim nadgledanjem varijacija u induciranom polju. Primjer vrtložnih metoda, dan je slikom 8.



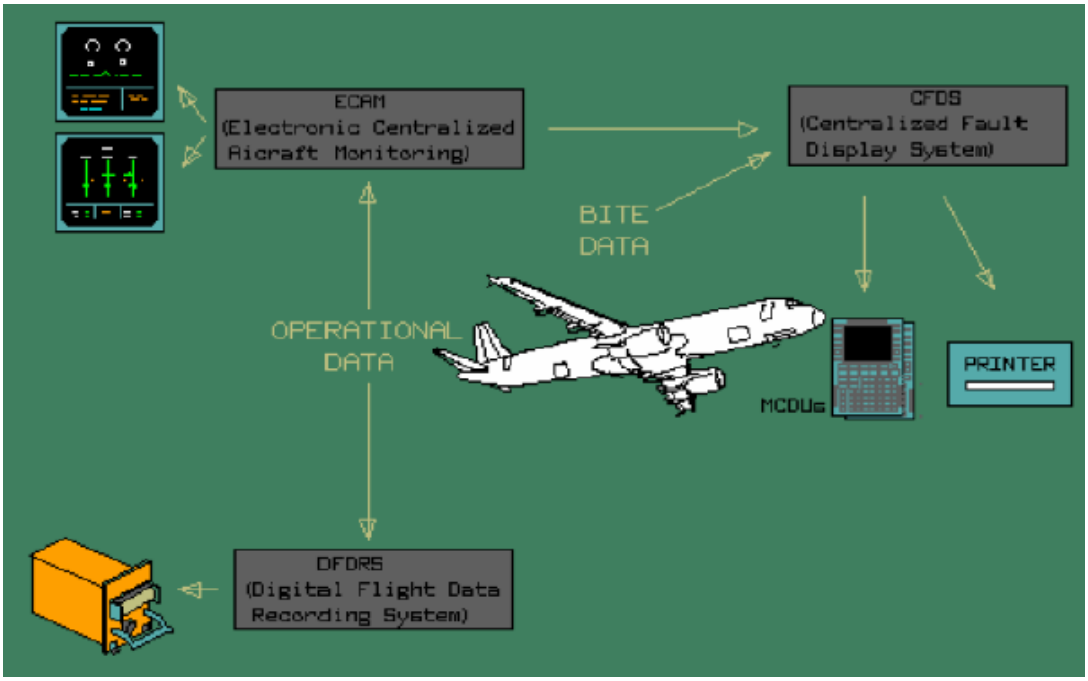
Slika 8: Metoda vrtložnih strujanja
Izvor: [1]

Praćenje stanja strukture (SHM – *Structural Health Monitoring*) predstavlja koncept sustava za stalno praćenje tehničkog stanja strukture zrakoplova. Osnovni princip je stvaranje pouzdane nedestruktivne tehnologije koja bi bila integralni dio zrakoplovne strukture. Na zrakoplov bi se montirali posebni senzori za detektiranje i dojavu greške, nakon čega bi se poduzimale daljnje akcije. U budućnosti, SHM tehnologija biti će ključna tehnologija za održavanje integriteta zrakoplovne strukture. [1]

4.3.Pokazatelji pouzdanosti zrakoplovnih komponenti

Svi moderni transportni zrakoplovi opremljeni su sustavom stalnog nadzora tehničkog stanja, koji je ugrađen na zrakoplov. Za mehaničke komponente to znači da se ugrađuju senzori koji trajno mjere određeni parametar sustava, na temelju kojeg se može procjenjivati tehničko stanje. Primjerice to su senzori koji mjere tlak, temperaturu, vibracije, pomake i sl. Ovi sustavi omogućuju detekciju neispravnosti tijekom rada i nazivaju se BITE (*Built In Test Equipment*), [5].

BITE koncept na zrakoplovu prikazan je slikom 9.



Slika 9: BITE koncept
Izvor: [1]

ECAM (*Electronic Centralized Aircraft Monitoring*) kontrolira sve parametre zrakoplova i informira i upozorava posadu zrakoplova preko zaslona. DFDRS (*Digital Flight Data Recording System*), tj. „crna kutija“ (slika 10) je obavezan uređaj na zrakoplovu koji pohranjuje zrakoplovne parametre koji služe za analizu u slučaju eventualnog incidenta. Greške ili otkaze pojedinog sustava dijagnosticira i pohranjuje CFDS (*Centralized Fault Display System*). [5]



Slika 10: „Crna kutija“
Izvor: http://science.howstuffworks.com/transport/flight/modern/black-box.htm

4.4.Pokazatelji pouzdanosti pogonskog sustava

Kod mjerenja pouzdanosti pogonskog sustava koristi se tehnologija koja omogućava da se podaci prikupljeni tokom leta automatski pohranjuju na prijenosni medij, dok se analiza vrši u tehničkoj bazi. Daljnji razvoj ovog sustava obrade podataka usmjeren je da se određeni podaci šalju u tehničku bazu prilikom leta, kako bi se i prije slijetanja zrakoplova tehnička služba mogla pripremiti za eventualno poduzimanje akcija održavanja. [5]

Praćenje stanja motora, zrakoplova i sustava zrakoplova zasnovano je na sljedećim metodama: [1]

- vibracijska analiza;
- analiza parametara radnog procesa motora;
- vizualni pregled;

- analiza ulja za podmazivanje i produkata trošenja;
- analiza potrošnje ulja;
- metode nedestruktivnog ispitivanja elemenata.

Vibracijsko praćenje stanja pokazuje neuravnoteženost rada rotora motora u eksploataciji. Pilotski indikator pokazuje samo granična područja vibracija, dok stalno praćenje vibracija omogućuje praćenje vremenske promjene, što je koristan element za ocjenu i predviđanje nekih neispravnosti koje utječu na neuravnoteženost rotirajućih elemenata.

Parametri radnog procesa mjere se tek nakon pet minuta ustaljenog horizontalnog leta, nakon što se mjereni parametri ustale na razinama oko kojih se kreću u normalnoj eksploataciji. Zatim se, matematičkim postupkom podaci svode na standardne uvjete, pri čemu računalo mjeri odstupanje od standardnih vrijednosti, te daje preporuke za potrebne akcije održavanja na temelju vlastite baze i ekspertnog sustava za dijagnosticiranje.

Povećana koncentracija metalnih čestica u ulju, koje rezultiraju povećanim trošenjem dijelova motora, detektiraju se analizom ulja za podmazivanje.

Analiza parametara radnog procesa i vibracijska analiza obavljaju se na temelju parametara praćenih za vrijeme rada motora tijekom leta, dok ostale metode podrazumijevaju snimanje parametara dok motor ne radi. [1]

Obično praćene pojave kod pogonskog sustava su:

- gašenje motora u letu (*In-flight Shutdowns*);
- neplanirane zamjene motora (*Unscheduled Removals*);
- dolazak motora u radionicu (*Shop Visits*).

4.4.1. Gašenje motora u letu (*In-flight Shutdowns*)

Temeljem praćenja broja neplaniranih gašenja motora prilikom leta u određenom vremenu rada motora, dobiva se slika o pouzdanosti motora u odnosu na tu pojavu. Zbog toga se definira „indeks gašenja motora u odnosu na 1000 sati rada motora“ [1]

$$i_{sd} = \frac{n_{SD}}{h_p} \cdot 1000 \quad (6)$$

gdje je:

n_{SD} – broj neplaniranih gašenja motora u promatranom periodu

h_p – ukupan broj sati rada motora za vrijeme promatranog perioda.

4.4.2. Neplanirane zamjene motora (*Unscheduled Removals*)

Bitan parametar za ocjenu pouzdanosti je „indeks neplaniranih zamjena motora“ koji pokazuje koliko je bilo neplaniranih zamjena motora na 1000 sati leta.[1]

$$i_{ur} = \frac{n_{ur}}{h_p} \cdot 1000 \quad (7)$$

4.4.3. Dolazak motora u radionicu (*Shop Visits*)

Jedan od uobičajenih pokazatelja pouzdanosti je „indeks dolazaka motora u radionicu“ koji pokazuje koliko je bilo dolazaka motora u radionicu zbog otkaza na 1000 sati rada motora.

$$i_{sv} = \frac{n_{sv}}{h_p} \cdot 1000 \quad (8)$$

gdje je:

n_{sv} – broj dolazaka motora u radionicu u promatranom periodu

h_p – ukupan broj sati rada motora za vrijeme promatranog perioda.

Dolazak motora u radionicu podrazumijeva broj planiranih (*Overhaul*[3] i provjera djelova motora koji rade u uvjetima visoke temperature) i neplaniranih dolazaka motora.

[3] *Overhaul* (Obnavljanje) – temeljiti popravak zrakoplova ili dijela zrakoplova provjerom, testiranjem i zamjenom dijelova u skladu sa odobrenim standardom kako bi se produžilo vrijeme uporabe

Pouzdanost sustava zrakoplova i tehničko stanje sustava zrakoplova, tj. efikasnost službe održavanja, također se može definirati i ocijeniti nizom drugih parametara.[1]

4.5.Granica uzbune (*Alert Level*)

Postoji više načina za proračun granice uzbune, a sve su poznate kao izračun statističke pogreške. Najčešće su: [6]

- SREDNJA VRIJEDNOST + 3 SD[4];
- SREDNJA VRIJEDNOST x 1,3;
- MEAN + 2 SD[5];
- Weibullova metoda.

Budući da se pogreška koristi prilikom prognoza, nakon primanja novih podataka, moraju se napraviti re-kalkulacije. Najčešće se re-kalkulacije rade svakih mjesec dana, međutim neke kompanije ih rade svakih tri do šest mjeseci, ovisno o broju sati leta koje flota ostvari u promatranom mjesecu. [6]

Granica uzbune mora se odrediti za svaki navedeni parametar mjerenja pouzdanosti zrakoplova, a koristi se kako bi se prepoznalo i reagiralo na svako značajno odstupanje od statistički prihvatljivih granica pouzdanosti.

Temeljem pokazatelja pouzdanosti, stanje sustava ocjenjuje se sa tri vrijednosti:

- stabilno,
- nestabilno ili
- kritično.

Stabilno stanje pretpostavlja da se pokazatelj pouzdanosti kreće između određenih kontrolnih granica, a kod nestabilnog stanja parametar izlazi i vraća se u kontrolne granice ili ulazi

[4] 3 SD – 99% vrijednosti je udaljeno manje od 3 standardne devijacije od srednje vrijednosti
[5] 2 SD 95% vrijednosti je udaljeno manje od 2 standardne devijacije od srednje vrijednosti

u kritično područje i vraća se ispod njega. Za neke se pokazatelje kontrolne granice definiraju u odnosu na prosječnu vrijednost parametra.

Sukladno tom kriteriju, gornja kontrolna granica (GKG) i donja kontrolna granica (DKG) iznosi:

$$GKG = \bar{x} + k \cdot \sigma \tag{9}$$

$$DKG = \bar{x} - k \cdot \sigma \tag{10}$$

$$\bar{x} = \sum \frac{x}{N} \tag{11}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{\sum x^2}{N}}{N-1}} \tag{12}$$

gdje je:

$\overline{x}$ – srednja vrijednost pokazatelja
σ – standardna devijacija
k – faktor devijacije, broj 1 do 3 (obično između 2 i 3)
N – broj mjeseci koji se uzimaju u obzir

Gornja kontrolna granica koja se naziva i granica uzbune (*alert level*), indikator je za poduzimanje određenih akcija u održavanju, planiranju i sl. Proračunava se statističkim putem, na temelju standardnih devijacija u periodu od 12 mjeseci, a u odnosu na prethodnu granicu povećava se ili smanjuje za najviše 10%. Veće promjene mogu se odobriti od strane Odbora za kontrolu pouzdanosti (*RCB – Reliability Control Bord*) u iznimnim situacijama. [1]

5. TEHNIČKO EKSPLOATACIJSKE ZNAČAJKE ZRAKOPLOVA AIRBUS A320

Airbus je europska zrakoplovna kompanija osnovana 18. prosinca 1970. godine, koja ima sjedište u Toulouseu (Francuska), te Hamburgu (Njemačka) i jedan je od svjetskih lidera u proizvodnji zrakoplovne i svemirske opreme. Prvi proizvod Airbus-a bio je zrakoplov tipa A300, 1974. godine, a najuspješniji zrakoplov bio je zrakoplov Airbus A320.

Airbus A320 je uskotrupni, dvomotorni zrakoplov srednjeg doleta koji pripada porodici zrakoplova A320 koja se sastoji od tipova zrakoplova A318, A319, A320 i A321. Prednost porodice A320 je što su pripadnici porodice tehnološki gotovo identični što korisnicima omogućuje uštede u području održavanja, te školovanja kabinskog i letačkog osoblja, zbog čega je često zastupljen i u floti niskotarifnih zrakoplovnih prijevoznika. Probni let Airbus A320 imao je 17. veljače 1987. godine, a prva isporuka bila je u ožujku 1987. godine, zrakoplovnoj kompaniji Air France.

A320 je prvi zrakoplov u povijesti u kojeg je ugrađen *fly-by-wire* (FBW) sustav upravljanja zrakoplovom, koji koristi električne impulse za upravljanje komandama, umjesto dotad korištenih manualnog sustava upravljačkih kontrola. Pomicanje upravljačke kontrole (*joystick*), stvara električne impulse koji se žičano prenose do upravljačkog računala koje zatim određuje koja će se upravljačka površina otkloniti. Također, kod ovog sustava, računalo može i automatski slati električne impulse koje pomiču komande, bez prethodne interakcije pilota, što pomaže u stabiliziranju zrakoplova. Na slici 11 prikazan je Airbus A320 zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlines.



Slika 11: Zrakoplov Airbus A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines
Izvor: Autor

Tehničke i letne karakteristike zrakoplova Airbus A320 su: [9]

Tehnničke karakteristike	
Dužina (m)	37.6
Visina (m)	11.8
Raspon krila (m)	34.1 – 35.8[6]
Površina krila (m^2)	122.4
Kapacitet	150 - 180
Širina trupa (m)	3.95
Masa praznog zrakoplova (kg)	37 230
Maksimalna masa pri polijetanju (kg)	77 000
Maksimalna masa pri slijetanju (kg)	64 500
Kapacitet spremnika za gorivo (L)	27 200
Maksimalni korisni teret (kg)	16 600

[6] Raspon krila od 35.8 metara je sa sharklet-ima na krajevima krila

Letne karakteristike

Brzina krstarenja (km/h)	840
Maksimalna brzina (km/h)	890
Maksimalna operativna visina (m)	11 900
Dolet uz maksimalni korisni teret (km)	6 100
Potrebna duljina USS[7]-e u polijetanju (m)	2 090
Potrebna duljina USS-e pri slijetanju (m)	1 530
Pogon	2 X CFM56
Snaga motora (kN)	110.3 (svaki)

U novije vrijeme, kompanija Airbus izdala je novu generaciju zrakoplova porodice A320, koja je nazvana A320 NEO (*New Engine Option*). U odnosu na staru inačicu A320, A320 NEO troši 15% manje goriva, ima 8% manje operativne troškove, buka i emisije štetnih plinova smanjeni su za 10%, dolet je povećan za 900 km, te je povećan kapacitet putničke kabine za 20-ak sjedala. Također, dodavanjem *wingleta* na završetke krila ostvarila se i bolja aerodinamika. Uz navedena poboljšanja A320 NEO ima manju masu, novu kabinu s većim prostorom za ručnu prtljagu i bolji sustav za pročišćavanje zraka u putničkoj kabini. [11]

Na slici 12 prikazan je zrakoplov Airbus A320 NEO zrakoplovnog prijevoznika Lufthansa.

[7] USS – Uzletno – sletna staza



Slika 12: Zrakoplov Airbus A320 zračnog prijevoznika Lufthansa
Izvor: https://www.lufthansagroup.com/en/themes/airbus-a320neo.html

6. METODOLOGIJA IZRADE IZVJEŠĆA O POUZDANOSTI ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI NA PRIMJERU ZRAKOPLOVA AIRBUS A320 S POSEBNIM OSVRTOM NA ANALIZU POUZDANOSTI POGONSKOG SUSTAVA

U ovom dijelu rada dan je prikaz metodologije izrade izvješća o pouzdanosti zračnog prijevoznika, koji u svojoj floti posjeduje šest zrakoplova Airbus A320. Tehnički odjel kompanije (*Tehnical Serice*) priprema mjesečno izvješće o pouzdanosti zrakoplova (*Reliability Report*), te se izvještaj predstavlja Odboru za kontrolu pouzdanosti (*RCB – Reliability Control Board*). RCB čine:

- tehnički direktor;
- predstavnik pilota;
- predstavnik Agencije za civilno zrakoplovstvo;
- rukovoditelj tehničkog odjela, itd.

Mjesečno izvješće šalje se proizvođaču motora i proizvođaču zrakoplova. Na temelju prikupljenih podataka dobivenih od različitih operatera, proizvođač zrakoplova jednom godišnje izdaje izvješće o pouzdanosti za određeni tip zrakoplova iz kojeg je moguće vidjeti povećani otkaz pojedinih komponenti, koje bi mogle uzrokovati neplovidbenost zrakoplova. Izvješće o pouzdanosti zrakoplova, omogućuje operateru zrakoplova provođenje prijevremenih provjera, servisiranje ili zamjenu kritičnih komponenti, koje bi mogle uzrokovati tehničku neispravnost zrakoplova [15]. Dijagram toka izrade programa pouzdanosti zrakoplova prikazan je slikom 13.



Slika 13: Tijek izrade programa pouzdanosti zrakoplova
Izvor: [3]

6.1.Statistika

6.1.1. Operativna statistika (*Operational Statistics*)

Operativna statistika prikazuje osnovne podatke o floti. Iz programa AMICOS (*Aircraft Maintenance, Inventory Control & Operations System*) se prikupljaju sljedeći podaci:

- broj zrakoplova u floti;
- nalet zrakoplova (*Flight hours*) – zbroj sati naleta svih zrakoplova u floti;
- broj ciklusa polijetanja – zbroj ciklusa svih zrakoplova u floti:
- ukupan broj sati rada motora.

Statistika obuhvaća omjer sati naleta i broj ciklusa polijetanja te se prikazuje omjer istih za svjetsku flotu[8]. Grafički se prikazuje nalet zrakoplova, broj ciklusa zrakoplova te prosječno vrijeme trajanja leta flote operatora i trajanja leta svjetske flote (slika 14). [15]

6.1.2. Raspoloživost zrakoplova (*Aircraft in Service*)

Prosječan broj raspoloživih zrakoplova u promatranom vremenu prikazuje raspoloživost zrakoplova. Raspoloživost zrakoplova računa se jednadžbom (1), te se grafički prikazuje za period od 12 mjeseci. Raspoloživost zrakoplova prikazana je na slici 15. [15]

Napomena:

- Broj sati zrakoplova provedenih na pregledu, objašnjen je u poglavlju 6.4.

6.1.3. Dnevna iskorištenost zrakoplova (*Daily Utilization*)

Prosječna dnevna iskorištenost zrakoplova definirana je kao ukupan broj sati leta zrakoplova u razdoblju od jednog mjeseca svedeno na dnevnu bazu, gdje je:

$$Prosječna\ dnevna\ iskorištenost\ zrakoplova = \frac{Sati\ naleta}{Broj\ dana\ u\ mjesecu\ \cdot Broj\ zrakoplova} \quad (13)$$

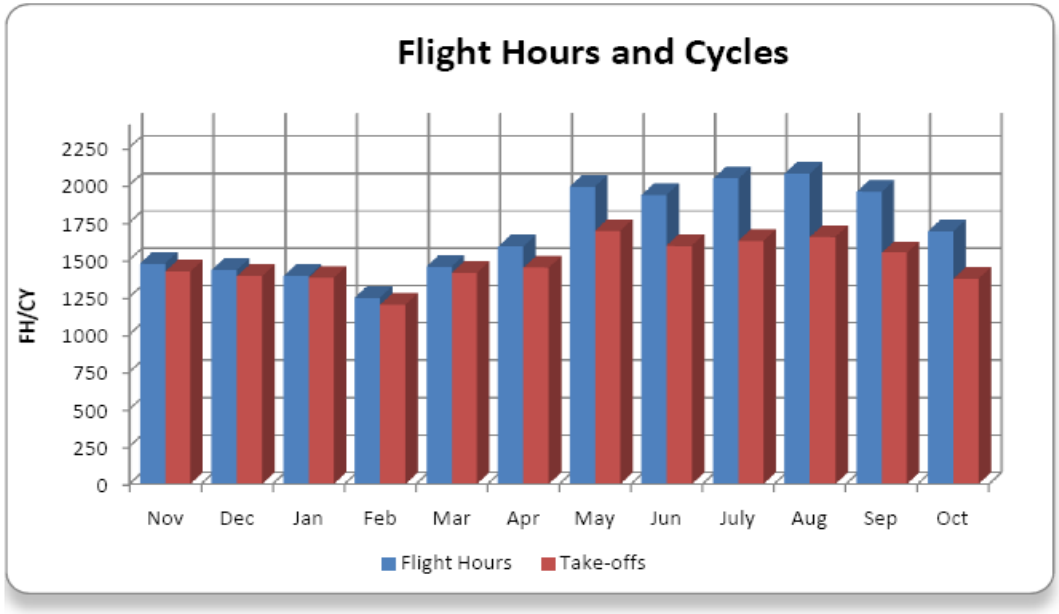
Podaci o prosječnoj dnevnoj iskorištenosti flote operatora i dnevnoj iskorištenosti svjetske flote[9] prikazuju se grafički (slika 16). [15]

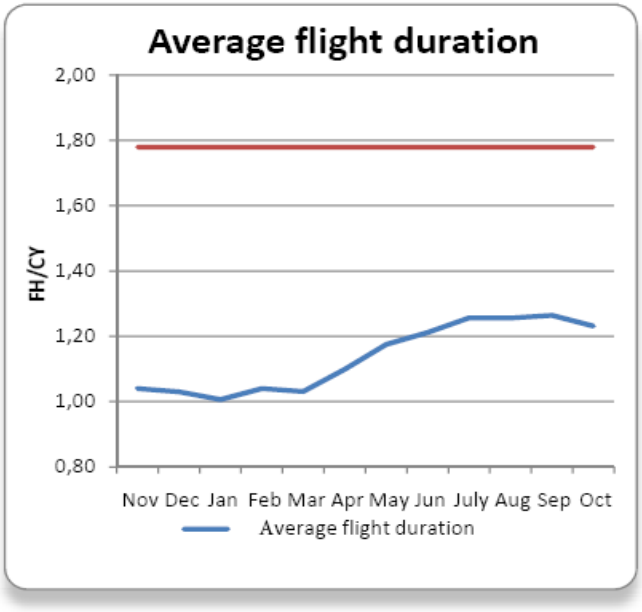
[8] Podatak za svjetsku flotu se uzima FRACAS-ovog (*A Failure Reporting, Analysis and Correctice Action System*) mjesečnog izvješća
[9] *Ibid*

OPERATIONAL STATISTICS

MONTH	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Flight Hours	1476	1431	1389	1247	1454	1589	1991	1934	2043	2076	1954	**1690**
Take-offs	1420	1389	1381	1199	1411	1446	1695	1597	1627	1653	1546	**1372**
Number of a/c	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	**8**
CTN - Flight Hours/Take-offs	1,04	1,03	1,01	1,04	1,03	1,10	1,17	1,21	1,26	1,26	1,26	**1,23**
Total engine time - 5A	110099	110895	111672	112367	113094	113792	114782	115750	116718	117716	118640	**119423**
Total engine time - 5B	283710	285776	287777	289575	291755	294235	297227	300126	303245	306399	309383	**311980**
World - Flight Hours/Take-offs*	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78	1,78

*Cumulative data for FH/TO





Note: FH/CY accumulated per a/c in reported period:

A/C MSN:	*258*	*767*	*833*	*1029*	*1009*	*1237*	*1252*	671
A/C reg:	*9A-CTF*	*9A-CTG*	*9A-CTH*	*9A-CTI*	*9A-CTJ*	*9A-CTK*	*9A-CTL*	9A-CTM
FH:	184,18	206,82	235,83	216,95	219,42	206,60	212,85	207,38
CY:	159,00	175,00	187,00	169,00	174,00	174,00	158,00	176,00

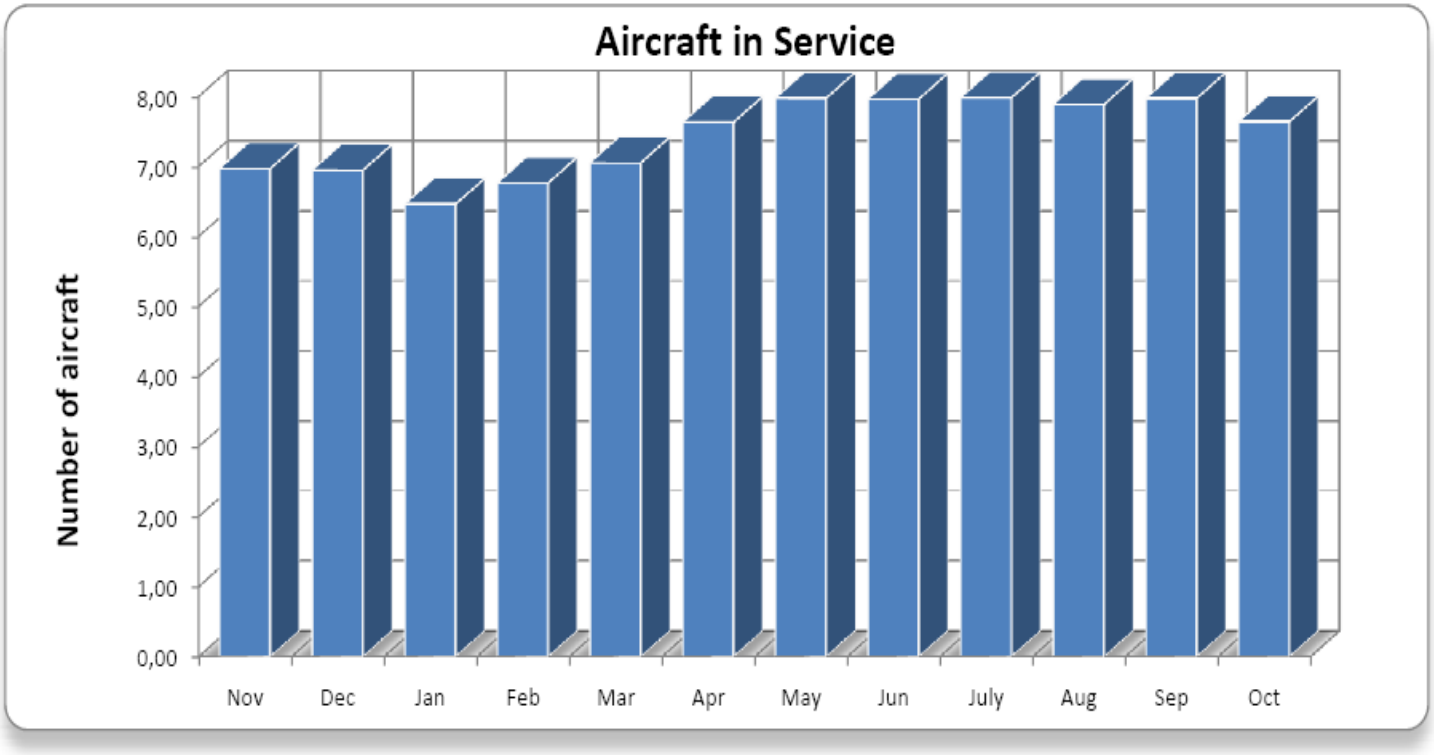
Slika 14: Operativna statistika za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

AIRCRAFT IN SERVICE

MONTH	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
No. of hours in month (huk)	5760	5952	5952	5376	5952	5760	5952	5760	5952	5952	5760	5952
No. of hours at check (hs)	743	785	1145	831	705	267	18	28	14	85	20	269
(huk) - (hs)	5017	5167	4807	4545	5247	5493	5934	5732	5938	5867	5740	5683
Aircraft in service (i)	6,97	6,94	6,46	6,76	7,05	7,63	7,98	7,96	7,98	7,89	7,97	7,64

LAST 3 MONTHS AVERAGE: *7,83*



Slika 15: Taspoloživost zrakoplova za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

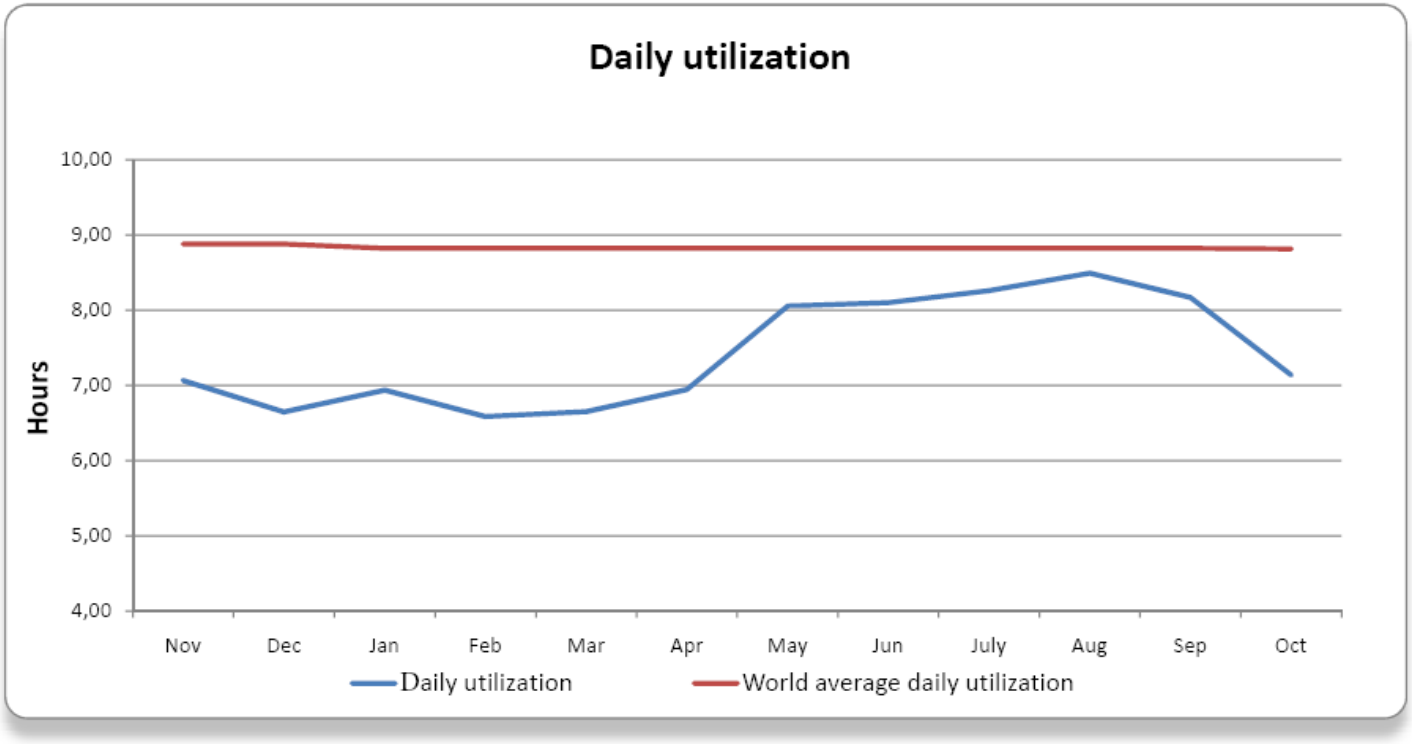
Izvor:[15]

DAILY UTILIZATION

MONTH	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Flight Hours	1476	1431	1389	1247	1454	1589	1991	1934	2043	2076	1954	**1690**
Aircraft in service	6,97	6,94	6,46	6,76	7,05	7,63	7,98	7,96	7,98	7,89	7,97	**7,64**
Daily Utilization	7,06	6,65	6,93	6,58	6,65	6,94	8,05	8,10	8,26	8,49	8,17	**7,14**
World 12mo. Average Daily Utiliz.*	8,88	8,88	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82	8,82

*

LAST 3 MONTHS AVERAGE:	*7,93*
LAST 6 MONTHS AVERAGE:	8,03
LAST 12 MONTHS AVERAGE:	7,42



Slika 16: Dnevna iskorištenost flote od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.2. Pouzdanost otpreme zrakoplova (*Tehnical Dispatch Reliability Rate)*

Pouzdanost otpreme zrakoplova definira se kao pokazatelj otpreme zrakoplova koji su započeli i završili let bez prekida uzrokovanih tehničkim razlozima.

Kašnjenja nastala iz tehničkih razloga, ispisuju se pomoću informacijskog sustava NetLine[10], pri čemu se uzimaju u obzir samo kašnjenja veća od 15 minuta, a svako kašnjenje ima svoj kod:

41 – Kvar zrakoplova

42 – Redovito održavanje

43 – Izvanredno održavanje

44 – Dijelovi i oprema održavanja

45 – AOG (*Aircraft On ground*) dijelovi

46 – Zamjena zrakoplova (Uslijed tehničkih razloga)

47 – Zrakoplov na čekanju

48 – Redovito održavanje kabine / prilagodba

Kašnjenja iz sustava NetLine uspoređuju se sa kašnjenjima iz internog izvješća sektora inženjerskih poslova (*Izvještaj potpore prometu*), koje sadržava tehnička kašnjenja i otkaze s razlozima istih. Takvo interno izvješće sastavlja djelatnik MCC-a (*Maintenance Control Center*) jednom tjedno.

Izvješće potpore prometu sadrži:

- datum;
- registraciju zrakoplova;
- kod kašnjenja;
- vrijeme kašnjenja (izraženo u minutama);
- broj leta;
- problem na zrakoplovima;

[10] Integrirana platforma za mrežno planiranje i kontrolu cijelog poslovnog procesa zrakoplovne kompanije razvijene od strane Lufthansa System

- promjene stanja (*MEL – Minimum Equipment List*).

Program za održavanje zrakoplova AMICOS sadrži podatke iz Tehničke knjige zrakoplova (*TLB – Tehnical Log Book*), upisane od strane mehaničara ili osobe koja se bavi TLB-om. U AMICOS-u se provjeravaju sva kašnjenja i otkazi. [4]

Svi navedeni izvori pružaju podatke za statističku obradu prema kojima se vrše statističke analize, a potrebni parametri su:

- datum;
- kašnjenje / otkaz (*Delay / Cancellation*);
- registracija zrakoplova;
- opis događaja;
- korektivne mjere;
- ATA kod;
- trajanje;
- polazišna točka;
- kod;
- bilješke.

Napomena:

- ukoliko operator ima 2 ili više flota, a kašnjenje jedne flote vezano je sa drugom flotom, u statističkoj obradi podataka kašnjenje se pribraja samo floti uzročniku.
- Ukoliko postoje dva ili više ATA koda, u statističku obradu ubraja se samo onaj koji je uzrokovao veće kašnjenje (na temelju samostalne procjene).

U pouzdanost otpreme zrakoplova prikazuje se broj otkaza i kašnjenja iz tehničkih razloga te se izračunava pouzdanost.

$$Stopa\ kašnjenja/otkaza\ (r) = \frac{Broj\ kašnjenja/otkaza}{Broj\ ciklusa} \cdot 100 \qquad (14)$$

$$Stopa\ pouzdanosti\ otpreme\ (R1) = [1 - \frac{broj\ kašnjenja + broj\ otkaza}{Broj\ ciklusa}] \cdot 100 \qquad (15)$$

Zbog usporedbe se u izvješću u pouzdanosti zrakoplova prikazuje i pouzdanost svjetske flote promatranog tipa zrakoplova, cilj zrakoplovne kompanije koji se postavlja za razdoblje od 12 mjeseci, te granica uzbune. Također su navedeni i prosjeci pouzdanosti svjetske flote za period od prethodnih 3, 6 i 12 mjeseci (Slika 17). [15]

U grafičkom obliku specificiranom po ATA 100 poglavljima prikazuje se izvještaj o stupnju kašnjenja i otkaza, te se navodi najčešćih šest uzroka kašnjenja i otkaza letova u posljednjih godinu dana za flotu operatera i svjetsku flotu (slika 18). [15]

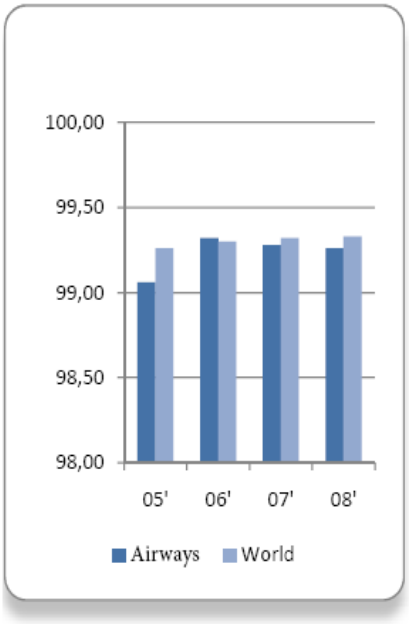
TECHNICAL DISPATCH RELIABILITY RATE

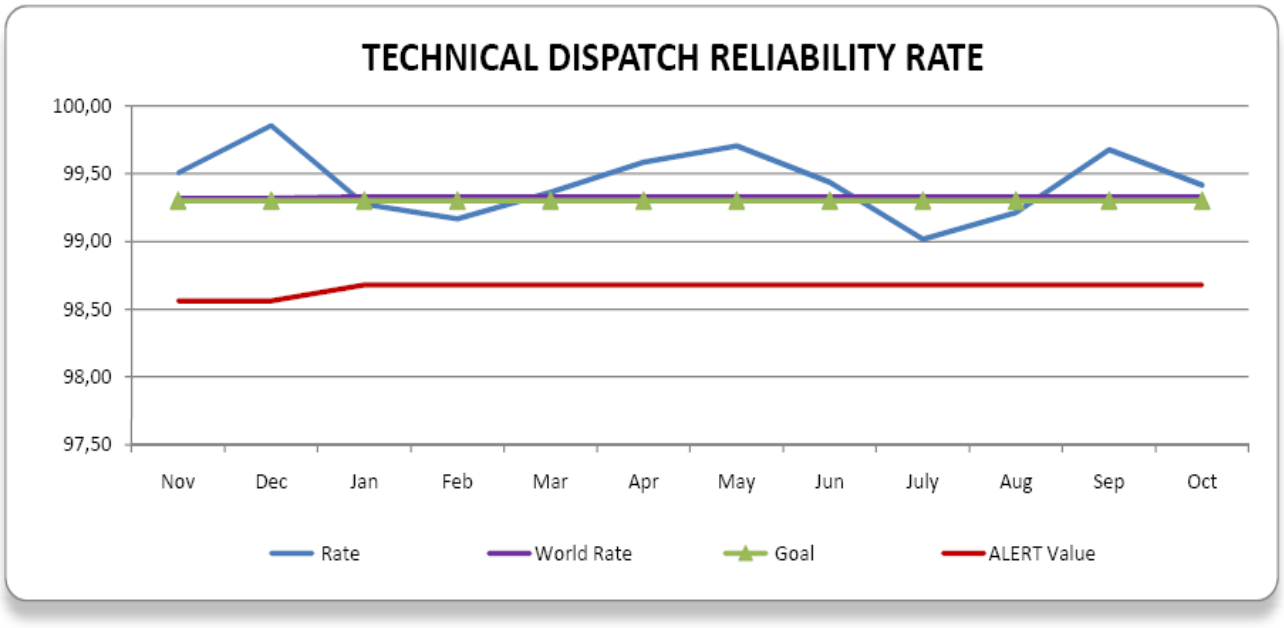
CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Delays > 15 minutes	No	6	2	10	10	9	6	5	9	16	11	5	8
	r	0,42	0,14	0,72	0,83	0,64	0,41	0,29	0,56	0,98	0,67	0,32	0,58
Cancellations	No	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	r	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,00	0,00
Dispatch Reliability Rate R1		99,51	99,86	99,28	99,17	99,36	99,59	99,71	99,44	99,02	99,21	99,68	99,42
World Fleet Reliability		99,32	99,32	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33	99,33
Goal		99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30	99,30
ALERT Value		98,56	98,56	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68	98,68

rates per 100 take-offs

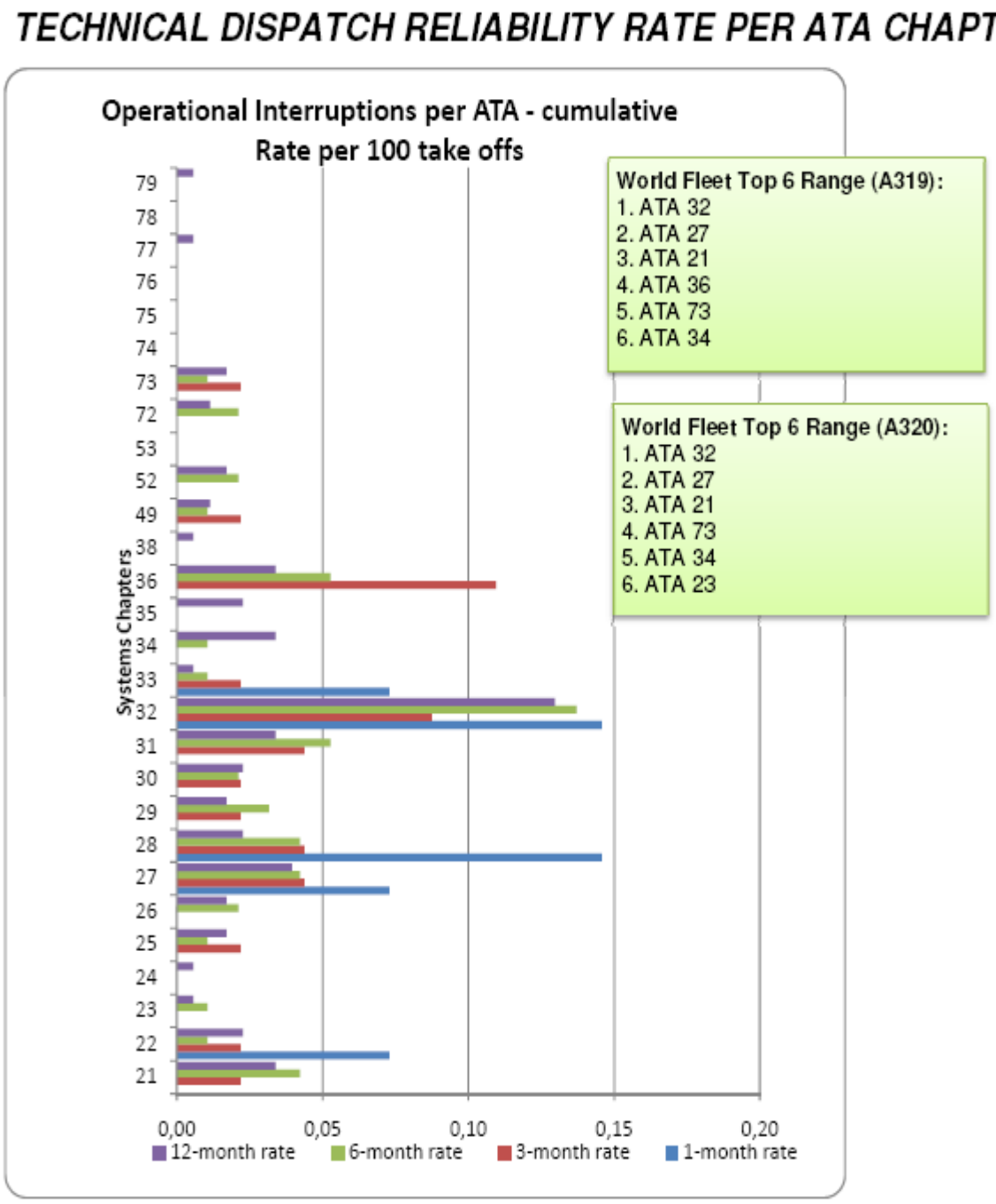
LAST 3 MONTHS AVERAGE: *99,44*
LAST 6 MONTHS AVERAGE: *99,41*
LAST 12 MONTHS AVERAGE: *99,43*





Slika 17: Pouzdanost otpreme zrakoplova flote od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]



Slika 18: Pouzdanost otpreme po ATA specifikaciji flote od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.3. Operativni prekidi i tehnički incidenti

6.3.1. Operativni prekidi (*Operational Interruptions*)

Kvarovi koji imaju utjecaj na operativni rad mogu biti uzročnici različitih operativnih prekida koji se dijele na:

- Prekidi na zemlji (*Ground Interruptions:* Delay / Cancellation);
- Prekidi u zraku (*Air Interruptions:* In-Flight Turn-Backs i Flight Diversion).

Uredi letačkih operacija i linijskog održavanja zrakoplova u bazu podatka bilježe operativne prekide uzrokovane mehaničkim smetnjama (npr. ne zatvaranje vrata podvozja nakon uvlačenja stajnog trapa, kvar na sustavima za odmrzavanje i sl.). Na temelju podataka prikupljenih iz NetLine-a, u izvješće pouzdanosti se upisuje: [15]

- datum;
- događaj;
- registracija zrakoplova;
- opis događaja;
- korektivne mjere;
- ATA kod;
- trajanje;
- polazišna točka;
- napomene.

6.3.2. Tehnički incidenti (*Tehnical Incidents*)

Tehnički incident je događaj uzrokovan tehničkim problemima u svezi s operacijom zrakoplova koji utječe ili bi mogao utjecati na sigurnost zrakoplova, a nije nesreća. Primjerice to su: gašenje motora, kvar u sustava kočenja, dim u kabini i sl. tehnički incidenti upisuju se u „Knjigu incidenata“ (*TIR – Tehnical Incident Report*). Svako ugrožavanje sigurnosti koje je dovelo ili moglo

dovesti do ugrožavanja sigurnog odvijanja leta, mora se dostaviti CCAA[11] od strane operatera ili kapetana zrakoplova, najkasnije 72 sata nakon događaja. Izvještaji o incidentima šalju se: [15]

- CCAA;
- Odjelu za kvalitetu operatera;
- Tehničkom odjelu;
- Proizvođaču zrakoplova (ukoliko je potrebno).

Izvještaj o tehničkim incidentima sadrži:

- datum;
- registraciju zrakoplova;
- opis problema;
- korektivne mjere;
- ATA kod;
- mjesto;
- referencu TIR-a.

6.4. Sati na pregledu (*Hours at check*)

Svi duži redovni radovi koji su se izveli u proteklih mjesec dana, kao i izvanredni radovi od značaja (AOG – *Aircraft on Ground*), izdvajaju se iz informacijskog sustava (*NetLine*). U statističku obradu ulaze samo redovni radovi duži od 5 sati, dok se kod izvanrednih broje i vremenski kraći radovi. U situacijama kada se na istom zrakoplovu obavi više kraćih radova, a između tih radova zrakoplov nije letio ili nije kraj dana, vremena popravka se zbrajaju i ulaze u statističku obradu kao jedan rad. U izvještaj pouzdanosti se upisuju sljedeći parametri: [4]

- datum;
- registracija zrakoplova;
- vrijeme na pregledu (AOG/Maintenance Status);

[11] Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo

- razlog radova;
- ATA kod;
- trajanje radova;
- polazišna točka zrakoplova.

6.5. MEL (*Minimum Equipment List*)

Lista minimalne opreme (MEL- *Minimum Equipment List*) je lista koja osigurava operaciju zrakoplova, prema specifičnim uvjetima, s određenim instrumentima, opremom i stavkama ili funkcijama neoperativnim na početku leta. Zračni prijevoznik definira MEL listu, zasebno za svoj zrakoplov, pri čemu u obzir uzima osobine zrakoplova, relevantne operativne procedure i procedure održavanja u skladu sa procedurama odobrenim od strane Nadležnih zrakoplovnih vlasti.

Glavna lista minimalne opreme (MMEL – *Master Minimum Equipment List*) je lista pisana za točno određeni tip zrakoplova od strane organizacije odgovorne za projektiranje tipa zrakoplova i odobrene od strane nadležnih tijela, koje identificira stavke koje pojedinačno mogu biti nespremne za početak obavljanja letova. MMEL može biti povezana s posebnim radnim uvjetima, ograničenjima ili postupcima, opisanih u ICAO Annex 6: *Operation of Aircraft.*

Prijevoznik listu minimalne opreme mora uključiti u operativni priručnik (*Operations manual)*, te upotrebljavati zrakoplov u skladu sa listom minimalne opreme, osim uz posebno odobrenje Agencije za civilno zrakoplovstvo. Ni u kojem slučaju se ne smiju odobriti manje ograničenja od onih propisanih u glavnoj listi minimalne opreme. [14]

Glede vremenskog intervala popravaka, postoje četiri MEL kategorije: [18]

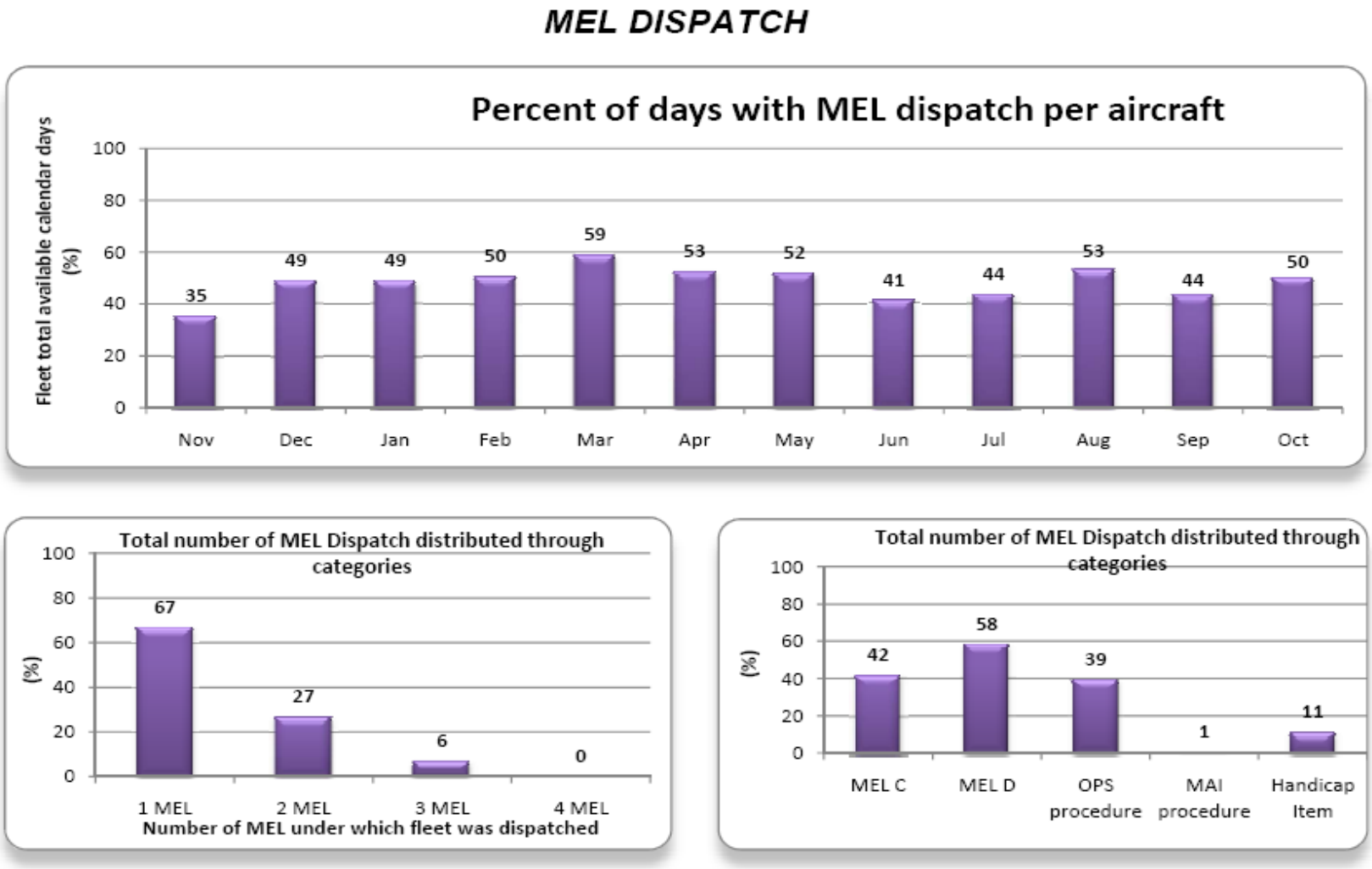
- **Kategorija A**: Stavke iz ove kategorije moraju biti popravljene u vremenskom intervalu specificiranom od strane operatora, a vremenski interval nalazi se u polju „zabilješka“.
- **Kategorija B**: Stavke iz ove kategorije moraju biti popravljene u roku od 3 uzastopna dana (72 sata), ne uključujući dan kada je kvar zabilježen u dnevniku održavanja zrakoplova (*Log Book*).

- **Kategorija C**: Stavke iz ove kategorije moraju biti popravljene u roku od 10 uzastopnih dana (240 sati), ne uključujući dan kada je kvar zabilježen u dnevniku održavanja zrakoplova.
- **Kategorija D**: Stavke iz ove kategorije moraju biti popravljene u roku od 120 uzastopnih dana (2880 sati), me uključujući dan kada je kvar zabilježen u dnevniku održavanja zrakoplova.

Dežurni inženjer MCC (*Maintenance Control Center*) ispunjava izvještaj o stanju zrakoplova koji sadrži: [4]

- registraciju zrakoplova;
- plovidbenost zrakoplova. Ukoliko zrakoplov nije plovidben upisuje se u AOG ili u *Maintenance Status*;
- ILS (*Instrumental Landing System*) kategorija;
- rubriku u koju se upisuje referenca sa dokumentacijom za CDL (*Configuration Deviation List*), *Tehnical* ili MEL (kod MEL-a se upisuje datum/interval i registracija zrakoplova na kojem je otvoren MEL);
- hendikep ili MMP (MEL Maintenance Procedure) – Prometni sektor izvještava posadu ukoliko postoji hendikep ili MMP.

Grafički se prikazuje postotak dana sa otvorenim MEL-om po zrakoplovu, postotak pojedinačno otvorenih MEL-ova (Kategorija A, B, C, D), OPS procedure (*Crew Operation Procedures*), MMP procedura i hendikepa, te postotak istovremeno otvorenih MEL-ova na jednom zrakoplovu (slika 19). [15]



Slika 19: MEL izvještaj za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.6. Pouzdanost komponenti

Izvješće o pouzdanosti komponenti sastavlja djelatnik PPC-a (*Production Planing and Control*) jednom mjesečno, a prate se samo komponente koje imaju serijski broj. Ne prate se komponente vrijednosti manje od 1000 $, te komponente kao što su: boce, baterije, strukturalne komponente, prekidači, slušalice i sl. [4]

Izvještaj sadrži:

- datum;
- opis;
- zamijenjena komponenta (upisuje se P/N – part number i S/N – serial number);
- instalirana komponenta (P/N, S/N);
- ATA;
- redovna / izvanredna zamjena komponenti (statistički se obrađuju samo izvanredne zamjene komponenti);
- pozicija komponente (u slučaju ako ih ima više na zrakoplovu);
- razlog izmjene;
- ukupno vrijeme leta zrakoplova;
- ukupan broj ciklusa zrakoplova;
- vrijeme od prošle zamjene komponente;
- broje ciklusa od prošle zamjene komponente.

Na temelju navedenog izvještaja, u izvještaj programa pouzdanosti upisuje se broj neplaniranih zamjena po ATA specifikaciji, nakon čega se stupanj pouzdanosti komponenti na 1000 sati leta izračunava formulom (4), te se zatim prikazuje granicom uzbune (Slika 20). [15]

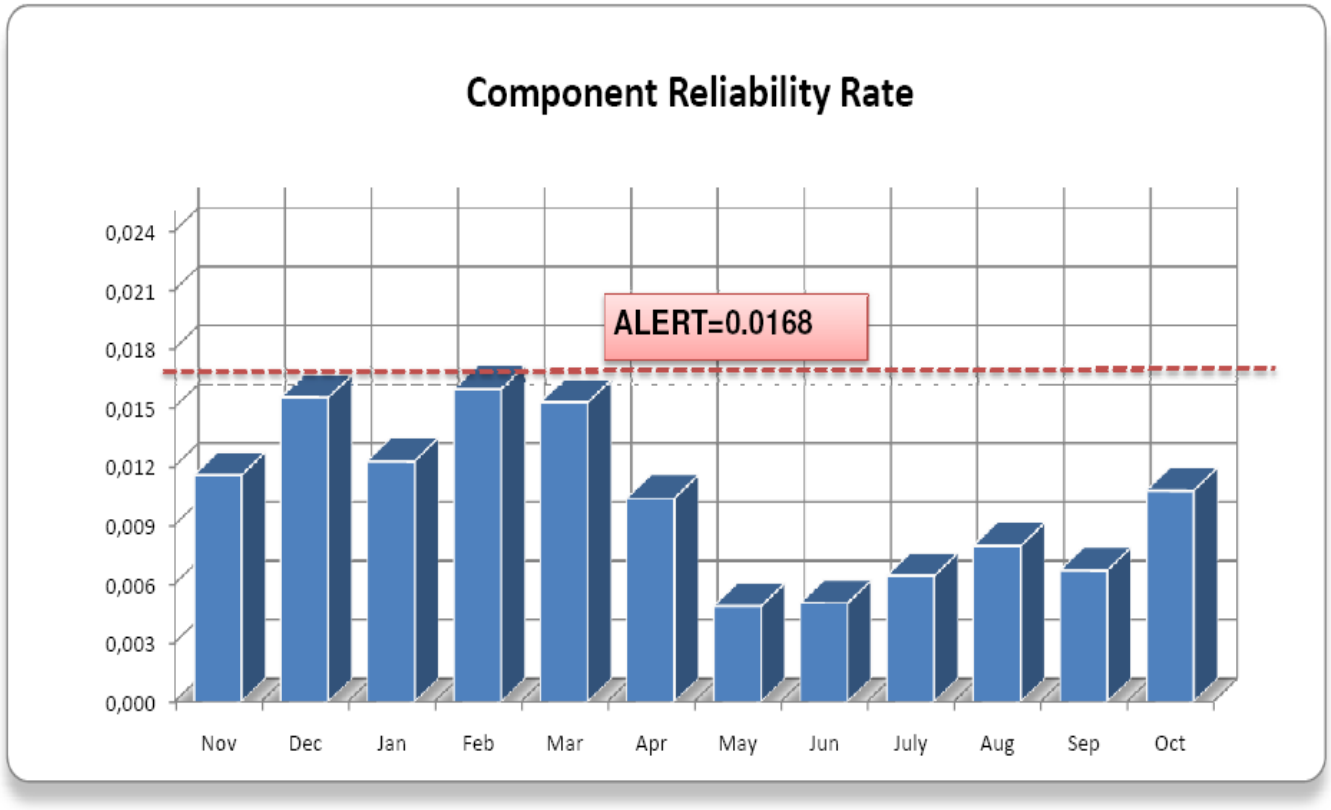
Pouzdanost kotača i kočnica te pouzdanost komponenata CAT III, posebno se mjere u pouzdanosti komponenti, a mjere se po istom principu kao i izračun pouzdanosti ostalih komponenti (Slika 21). [15]

COMPONENTS RELIABILITY RATE

CLEAR

MONTH	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Comp. unscheduled removals	30	39	30	35	39	29	17	17	23	29	23	32
No. of components	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760
Comp. Reliability Rate R2	0,012	0,015	0,012	0,016	0,015	0,010	0,005	0,005	0,006	0,008	0,007	0,011

rate per 1000 components hours *LAST 3 MONTHS AVERAGE: 0,008*



Slika 20: Pouzdanost komponenti za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

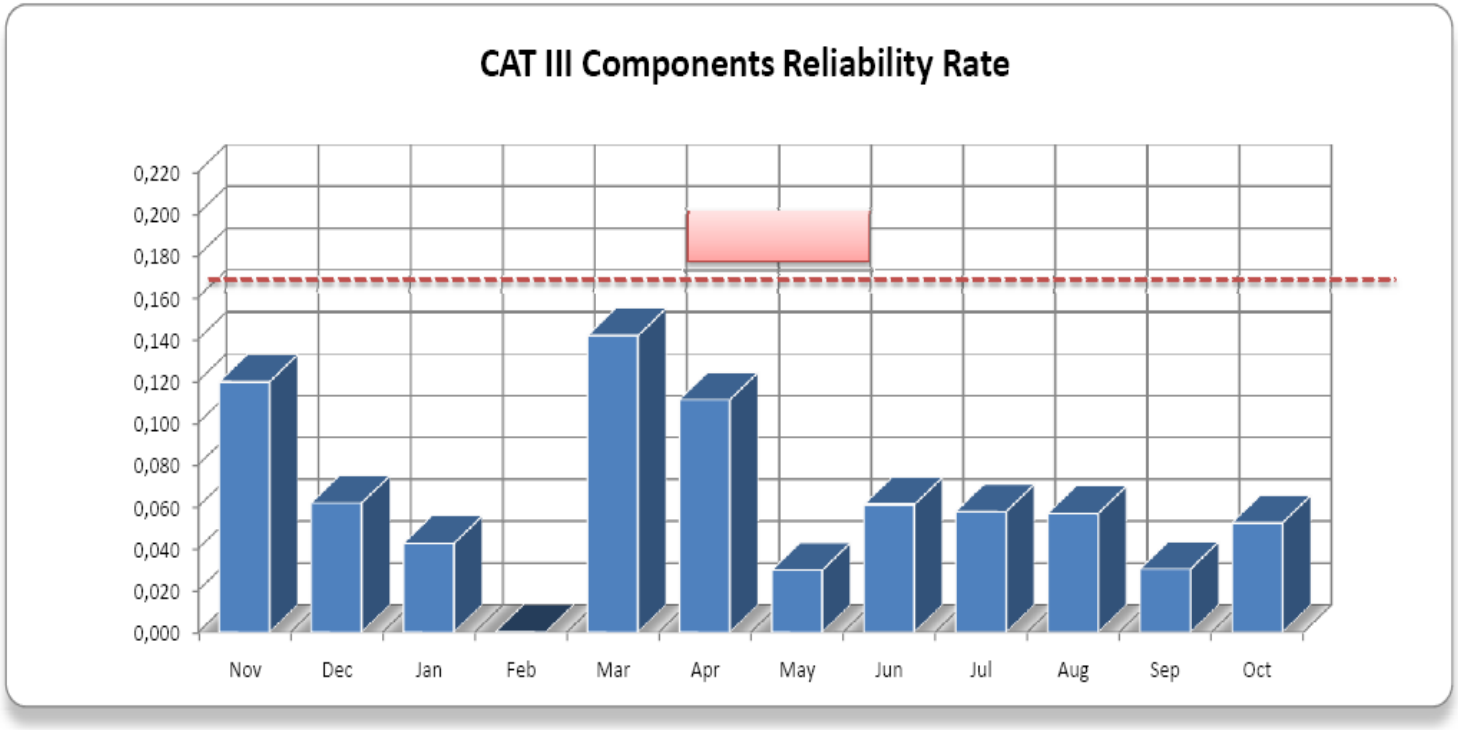
Izvor:[15]

CAT III COMPONENTS RELIABILITY RATE

CLEAR

MONTH	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
Comp. unscheduled removals	6	3	2	0	7	6	2	4	4	4	2	3
No. of CAT III components	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
CAT III Comp. Rel. Rate R2a	0,120	0,062	0,042	0,000	0,142	0,111	0,030	0,061	0,058	0,057	0,030	0,052

rate per 1000 component hours *LAST 3 MONTHS AVERAGE: 0,05*



Slika 21: Pouzdanost CAT III komponenti za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.7. Pouzdanost kotača i kočnica

U mjerenju pouzdanosti komponenti, mjeri se pouzdanost kotača i kočnica na 100 ciklusa, a izvještaj sadrži: [15]

- stupanj zamjene guma;
- stupanj zamjene guma glavnog podvozja (MLG – *Main Landing Gear*);
- stupanj zamjene guma nosnog podvozja (NSG – *Nose Landing Gear*);
- stupanj zamjene kočnica.

$$Stupanj\ zamjene\ komponente = \frac{Broj\ neplaniranih\ zamjena\ komponente}{Broj\ ciklusa \cdot Ukupan\ broj\ komponenta\ na\ zrakoplovu} \cdot 100 \qquad (16)$$

U pouzdanosti kotača i kočnica, za gume nosnog i glavnog podvozja te za kočnice računa se srednje vrijeme do zamjene komponente (MTBR – *Mean Time Between Removal*), na temleju sljedeće formule: [15]

$$MTBR = \frac{\sum_{i=1}^{n} T_{ri}}{n} \qquad (17)$$

pri čemu je:

T_{ri} – vrijeme rada do zamjene i-tog sredstva

n – broj sredstava koje se promatra.

U pouzdanosti guma se prikazuje stupanj zamijene guma, te podatak o broju slijetanja po obnavljanju (PLO – *Landing per Overhaul*) za svjetsku flotu i flotu operatera (Slika 22).

Pouzdanost kočnica prikazuje se stupnjem zamijene kočnica te MTBR kočnica, za svjetsku flotu i flotu operatera (Slika 23).

WHEELS & BRAKES RELIABILITY RATES

TYRE REMOVALS RATE

CLEAR

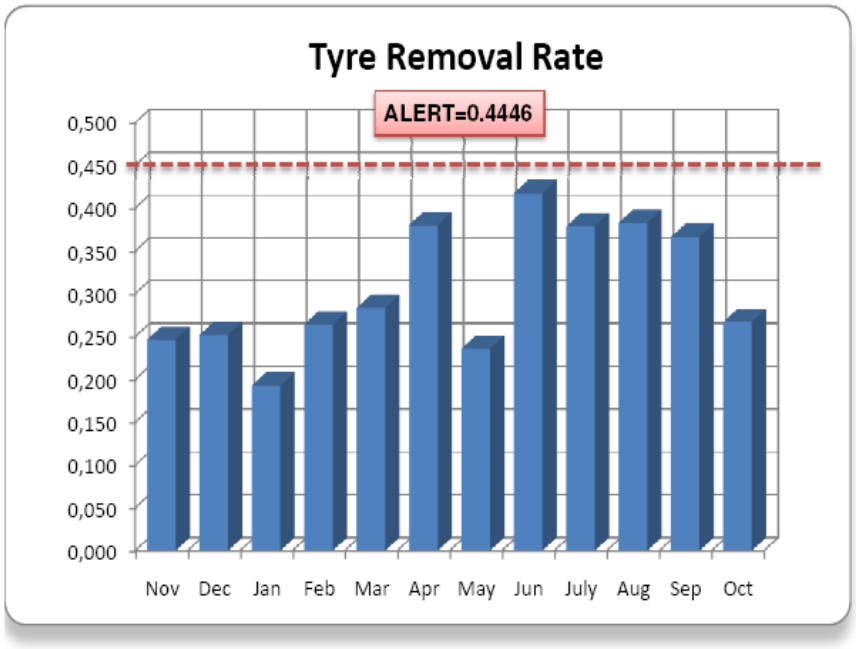
MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Tyre Removals Rate *	No	21	21	16	19	24	33	24	40	37	38	34	**22**
	Total No	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	**6**
	R9	0,246	0,252	0,193	0,264	0,283	0,380	0,236	0,417	0,379	0,383	0,367	**0,267**
Tyre MTBR **		406	397	518	379	353	263	424	240	264	261	273	**374**
World fleet Tyre MTBUR**		330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330	**330**

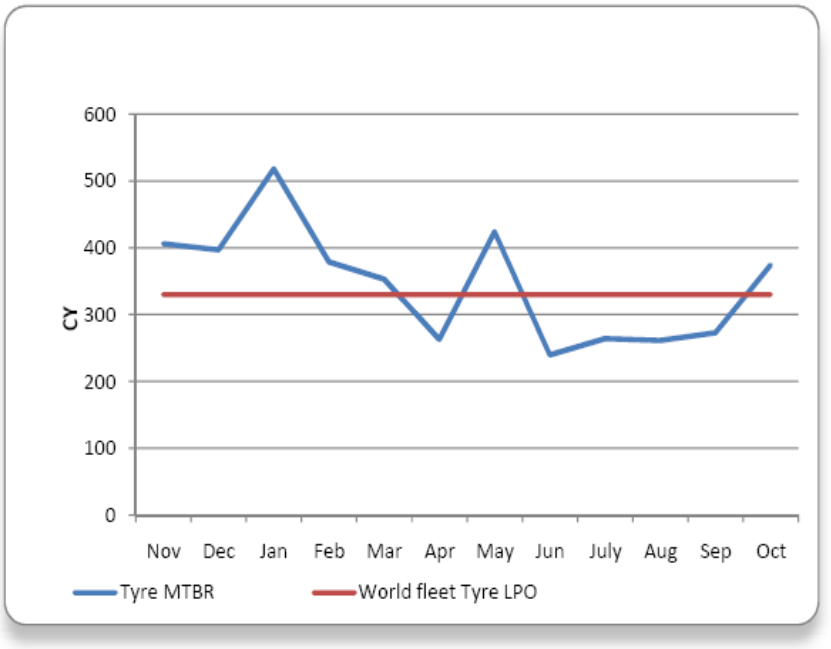
* Rate per 100 landings

(**MTBUR**)

LAST 3 MONTHS RATE AVERAGE: *0,339*

LAST 12 MONTHS "MTBR" AVERAGE: 346





Slika 22: Indeks zamjene guma za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

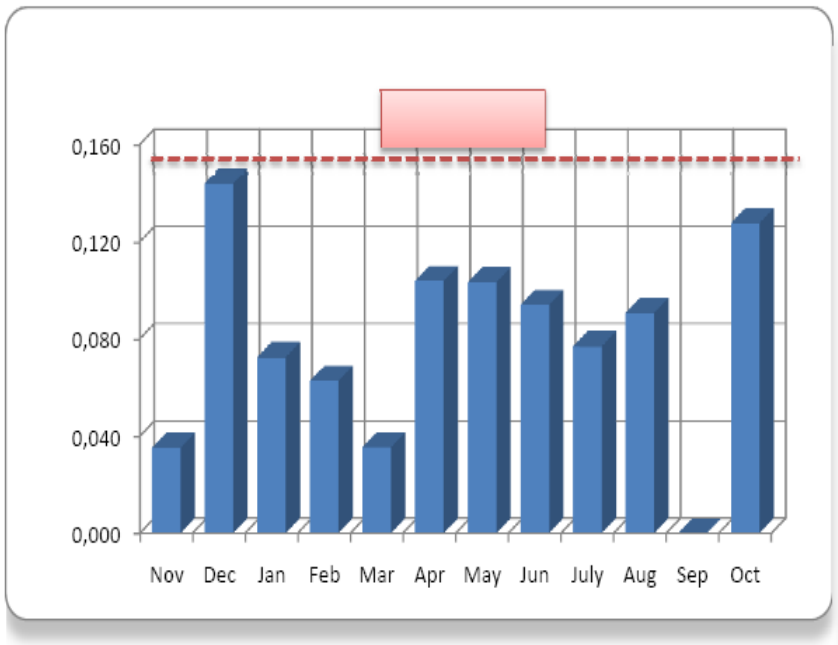
BRAKE ASSY REMOVAL RATE

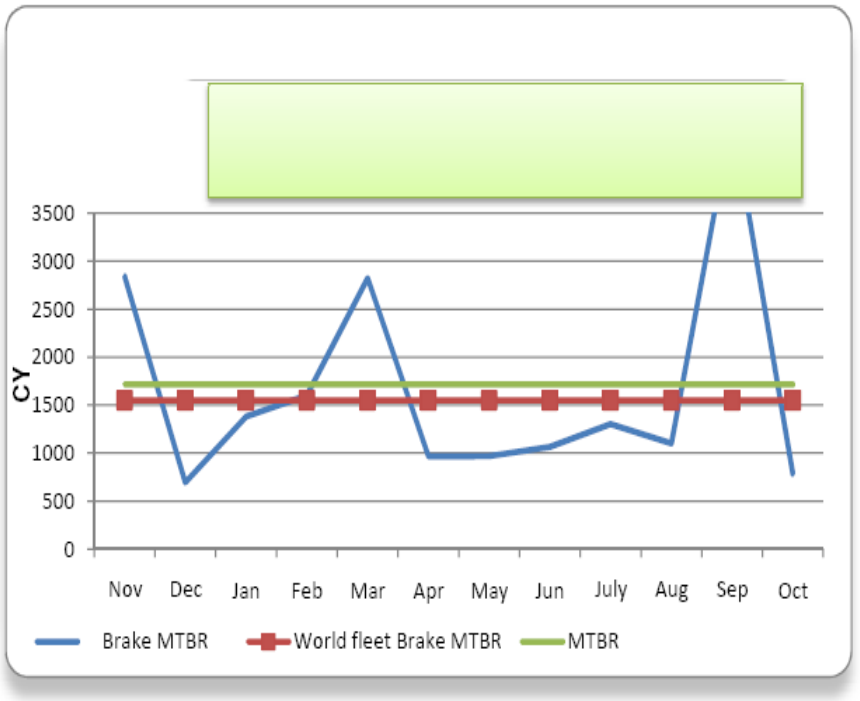
CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Brake Assy. Removals Rate*	No	2	8	4	3	2	6	7	6	5	6	0	7
	Total No	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	R10	0,035	0,144	0,072	0,063	0,035	0,104	0,103	0,094	0,077	0,091	0,000	0,128
Brake MTBR**		2840	695	1381	1599	2822	964	969	1065	1302	1102	4500	784
World fleat Brake MTBR**		1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550	1550

* Rate per 100 landings
(MTBUR)

LAST 3 MONTHS RATE AVERAGE: *0,073*
LAST 12 MONTHS "MTBR" AVERAGE: 1668





Slika 23: Indeks zamjene kočnica za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.8. Primjedbe pilota i mehaničara

Zapisi o događajima i kvarovima uneseni u Tehničku knjigu zrakoplova od strane pilota naziva se Izvješće pilota (PIREPS – *Pilot Reports*), a pošto su direktne indikacije o pouzdanosti zrakoplova opažene od posade, predstavljaju najznačajniji izvor informacija.

Služba održavanja također unosi svoja opažanja u Tehničku knjigu zrakoplova, te se ono naziva Izvješće mehaničara (MAREPS – *Maintenance Reports*). [15]

Izvještaj pilota/mehaničara sadrži:

- datum;
- kod P - *pilot* ili M – *maintenance*;
- registraciju zrakoplova;
- ATA;
- kvar i kod kvara;
- popravak;
- ponavljanje problema;
- TLB referenca;
- Trajanje kašnjenja (izraženo u minutama).

Stupanj primjedbi računa se na 100 ciklusa na temelju jednadžbe (5). Stupanj primjedbi pilota (slika 24) i stupanj primjedbe mehaničara(Slika 25), prikazuju se grafički.

Pilotske primjedbe imaju prednost nad mehaničarskim, što znači da se mehaničarska prijava ne važi ako se pilotska pojavila prva, osim u slučajevima ako je prošao duži vremenski period ili ako se problem smatrao riješenim. U slučaju dvije mehaničarske primjedbe za istu stvar, broji se ona u kojima je poduzeta neka akcija. Događaji na koje se ne može utjecati kao što su: sudar s pticom, udar groma, šteta nastala uslijed sudara sa nepoznatim objekotm (FOD – *Foregin Object Damage*), štete na strukturi, prekidači i sl. [4]

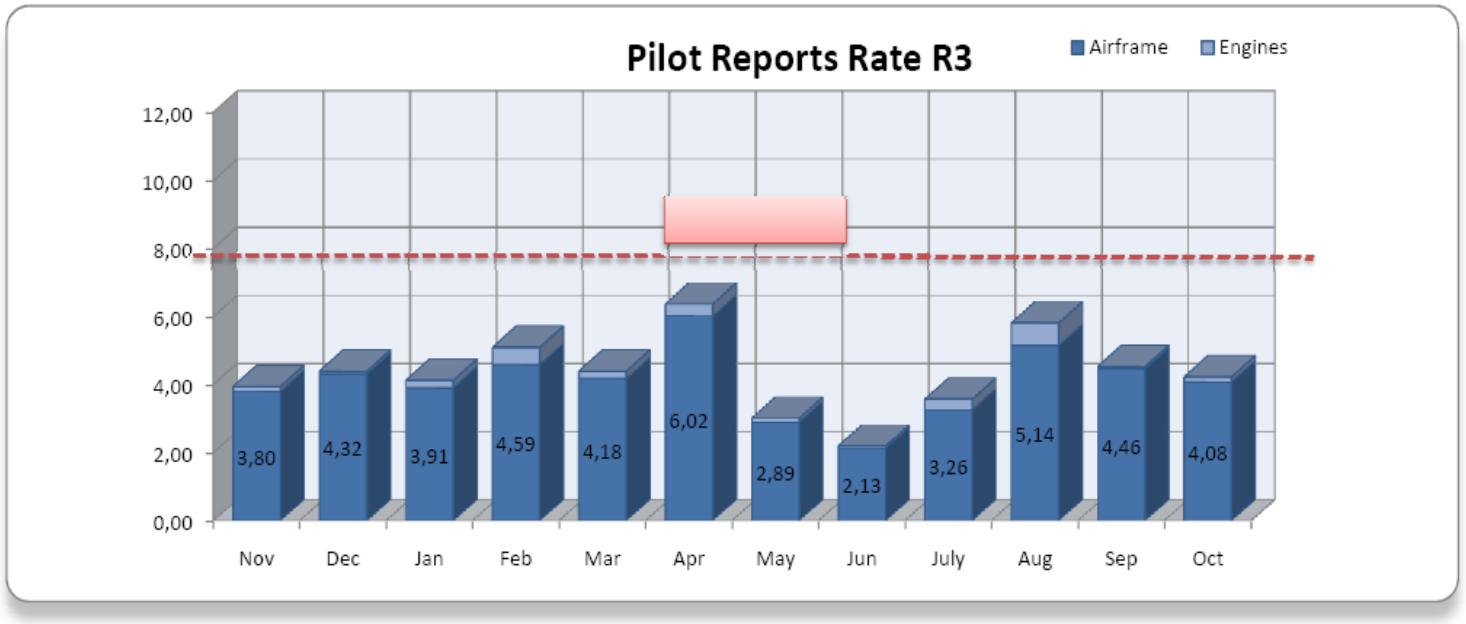
PILOT REPORTS RATE

CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Powerplant	No	2	1	3	6	3	5	2	1	5	11	1	**2**
	r	0,14	0,07	0,22	0,50	0,21	0,35	0,12	0,06	0,31	0,67	0,06	**0,15**
Airframe	No	54	60	54	55	59	87	49	34	53	85	69	**56**
	r	3,80	4,32	3,91	4,59	4,18	6,02	2,89	2,13	3,26	5,14	4,46	**4,08**
All systems	No	56	61	57	61	62	92	51	35	58	96	70	**58**
	R3	3,94	4,39	4,13	5,09	4,39	6,36	3,01	2,19	3,56	5,81	4,53	**4,23**

rate per 100 take-offs

LAST 3 MONTHS AVERAGE: *4,85*



Slika 24: Stupanj primjedba pilota za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

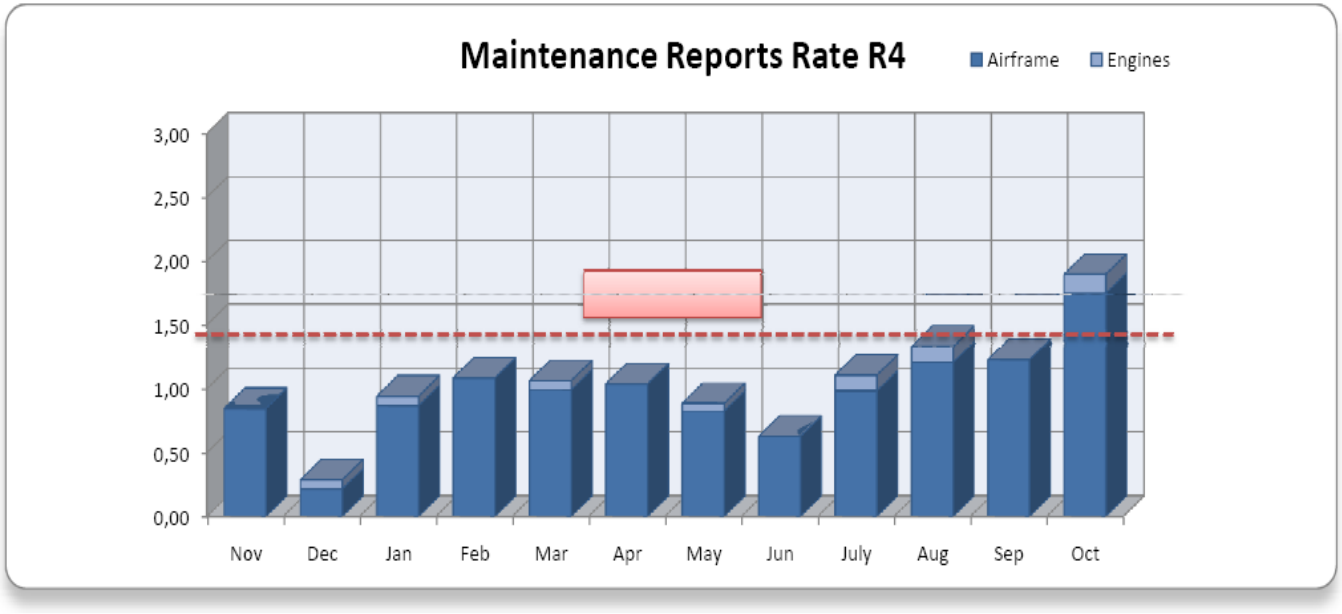
MAINTENANCE REPORTS RATE

WATCH

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Powerplant	No	0	1	1	0	1	0	1	0	2	2	0	**2**
	r	0,00	0,07	0,07	0,00	0,07	0,00	0,06	0,00	0,12	0,12	0,00	**0,15**
Airframe	No	12	3	12	13	14	15	14	10	16	20	19	**24**
	r	0,85	0,22	0,87	1,08	0,99	1,04	0,83	0,63	0,98	1,21	1,23	**1,75**
All systems	No	12	4	13	13	15	15	15	10	18	22	19	**26**
	R4	0,85	0,29	0,94	1,08	1,06	1,04	0,88	0,63	1,11	1,33	1,23	**1,90**

rate per 100 take-offs

LAST 3 MONTHS AVERAGE: *1,48*



Slika 25: Stupanj primjedba mehaničara za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.9. Pouzdanost pogonskog sustava

Praćenje pouzdanosti pogonskog sustava vezano je za tri događaja, a to su: [1]

- neplanirana gašenja motora u letu (*In-flight Shutdowns*);
- neplanirane zamjene motora (*Unscheduled Removals*);
- dolazak motora u radionicu (*Shop Visit*).

Informacije o neplaniranom gašenju motora u letu pruža posada uz detaljno objašnjenje i indikacije o ponašanju motora neposredno prije gašenja. U izvještaju se navodi broj gašenja motora u letu za točno određeno razdoblje, kao i ukupan broj gašenja u letu od uvođenja motora u eksploataciju. Stupanj gašenja motora na 1000 sati rada motora računa se formulom (6), te se navodi granica uzbune i stupanj gašenja motora svjetske flote promatranog zrakoplova (slika 26).

Odjel održavanja pruža informacije o neplaniranim zamjenama motora na 1000 sati leta, te se prikazuju isti podaci kao za neplanirano gašenje motora (slika 27).

U statističku obradu broja dolaska motora u radionicu ulaze planirani i neplanirani dolasci motora u radionicu, a računa se u odnosu na 1000 sati leta (Slika 28).

U izvješću pouzdanosti potrebno je i priložiti podatke o potrošnji ulja za razdoblje od godinu dana (OCM – *Oil Condition Monitoring*).

POWER PLANT RELIABILITY RATES

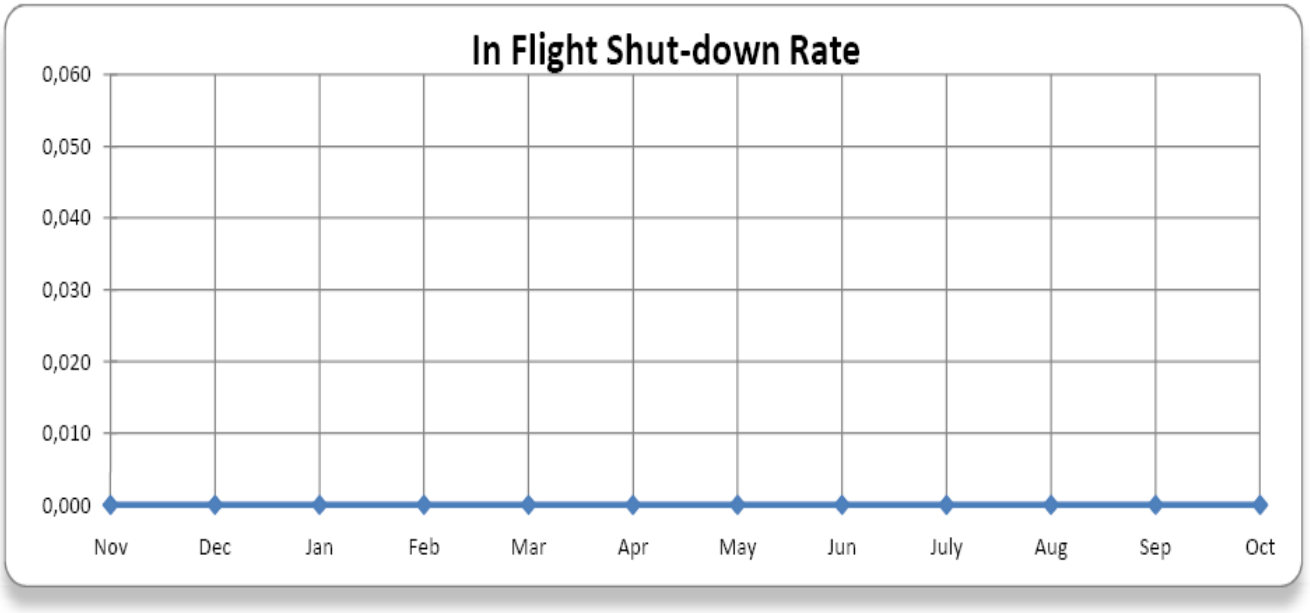
IN-FLIGHT SHUT DOWN RATE

CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
In-Flight Shut Down Rate	No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Total No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	R5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	**0,000**

rate per 1000 engine hours

LAST 3 MONTHS AVERAGE: *0,000*



Slika 26: Stupanj gašenja motora u letu za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

UNSCHEDULED REMOVALS RATE

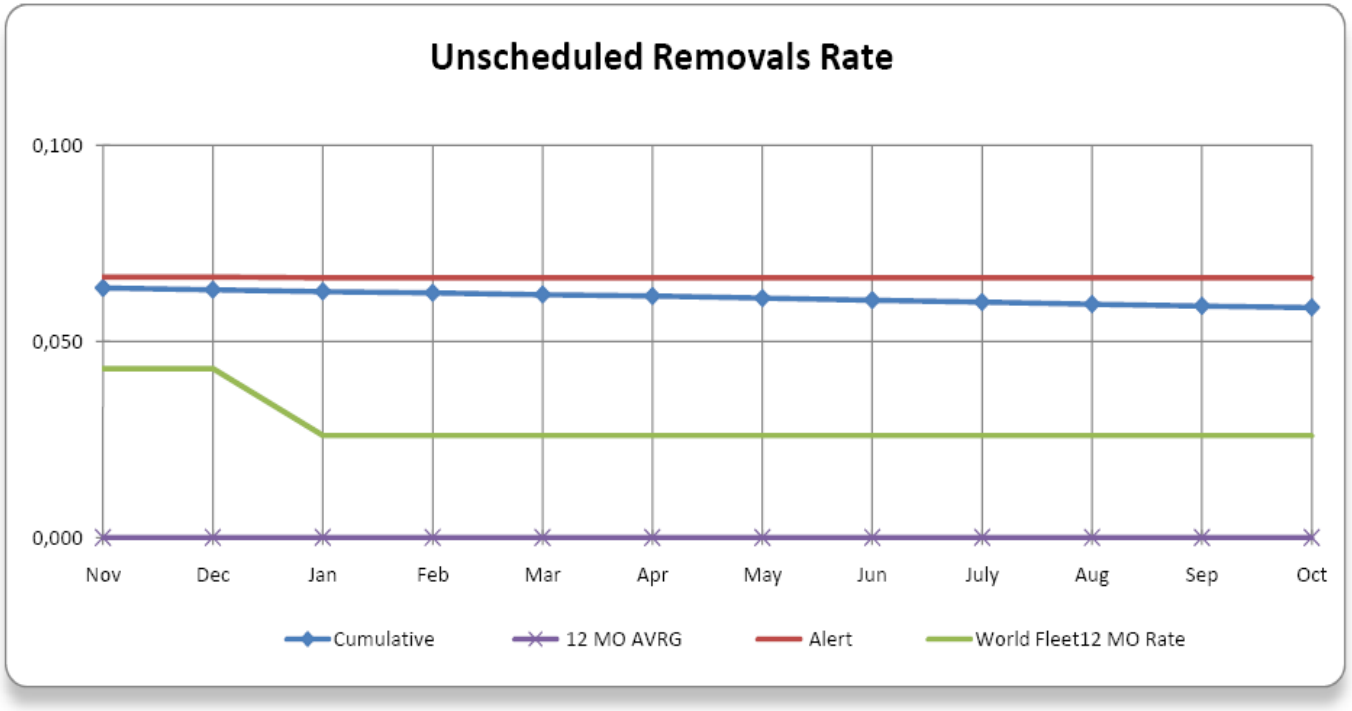
CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Unscheduled Removals Rate*	No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Total No	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	**7**
	R6*	0,064	0,063	0,063	0,062	0,062	0,062	0,061	0,060	0,060	0,059	0,059	**0,05862**
Alert		0,06642	0,06642	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662	0,0662
World Fleet Average		0,043	0,043	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026

*Rate per 1000 engine hours (cumulative)

12 MO AVRG 0,000

LAST 12 MONTHS AVERAGE (CUM): 0,061



Slika 27: Stupanj neplaniranih zamjena motora za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

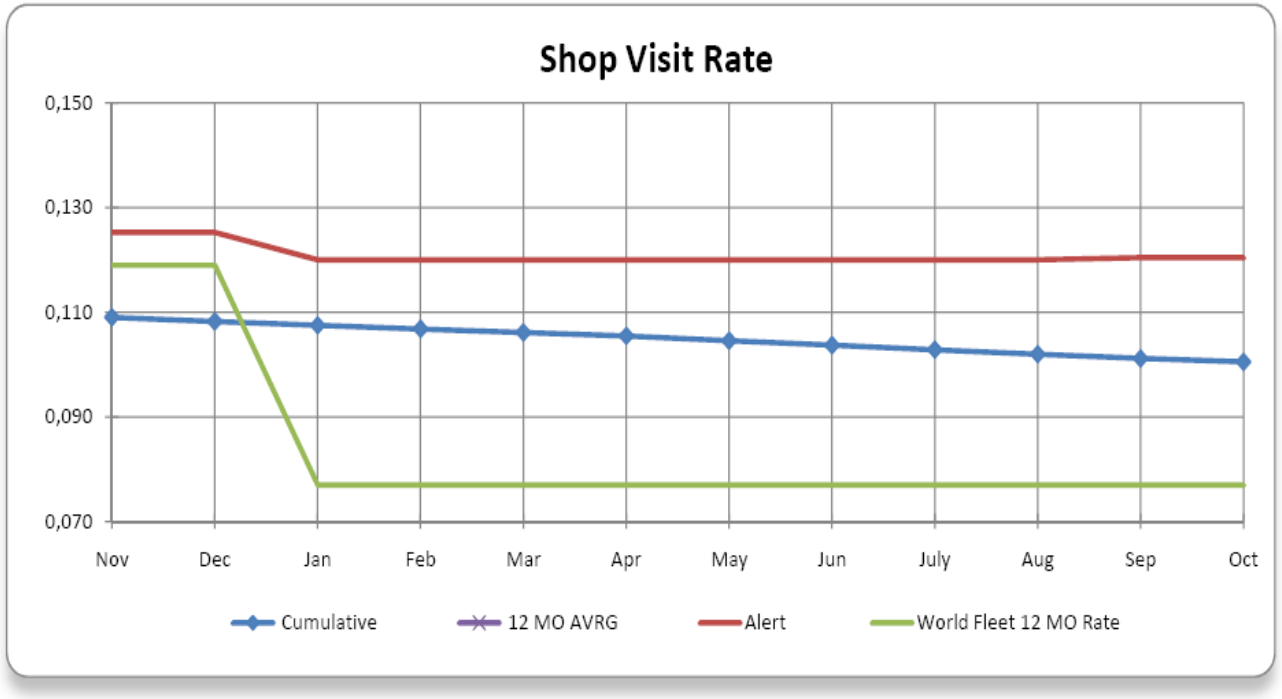
SHOP VISIT RATE

CLEAR

MONTH		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct
Shop Visit Rate	No	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**
	Total No	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	**12**
	R7*	0,109	0,108	0,107	0,107	0,106	0,105	0,105	0,104	0,103	0,102	0,101	**0,100**
Alert		0,125	0,125	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
World Fleet '08 Average**		0,119	0,119	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077

*Rate per 1000 engine hours (cumulative)
**Fleet Highlites Dec '08

12 MO AVRG 0,000
LAST 12 MONTHS AVERAGE (CUM): 0,105



Slika 28: Stupanj dolazaka motora u radionicu za flotu od šest zrakoplova Airbus A320

Izvor:[15]

6.10. Objava uzbune

„Izvješća o objavi alerta“ (ANR – *Alert Notification Report*) je dokument u koji se pohranjuju svi događaji izvan prihvatljivih granica, koji su postavljeni temeljem statističkih vrijednosti jednadžbama (9) i (10). ANR sadrži: [4]

- broj slijeda;
- datum izdavanja objave;
- status;
- analizu pouzdanosti na temelju koje se potvrđuje objava;
- imena odgovornih osoba koje sudjeluju u provođenju analiza;
- detaljan opis objave sa svim bitnim preporukama (vrsta alerta, ATA kod, izvor alerta, status alerta, ostale potrebne informacije).

U objavi se imenuje osoba odgovorna za detaljno istraživanje i analizu svih elemente koji su prethodili pojavi alert-a, te se kopija objave šalje odsjeku koji provodi analizu i popunjava obrazac objave alert-a, nakon što se utvrde korektivne akcije koje treba poduzeti. Jednu kopiju obrasca zadržava odsjek, a druga kopija šalje se odjelu za pouzdanost. U objavi su navedeni kronološki popis poduzetih istraga i korektivnih akcija. Kako bi mogao vršiti usporedbe u slučaju pojavljivanja novih problema, nakon rješenja problema objava ostaje u vlasništvu odjela za pouzdanost. Otvorene alert objave potrebno je sakupljati i prezentirati Odboru za pouzdanost. Odbor za pouzdanost održava mjesečne sastanke, na kojima određuje potrebne akcije koje se moraju poduzeti kako bi se problem riješio, te je odgovoran za zatvaranje objava. [4]

Granice uzbune definiraju se za:

- pouzdanost otpreme zrakoplova;
- pouzdanost komponenti;
- PIREPS i MIREPS;
- Pouzdanost pogonskog sustava (posebno za: neplanirano gašenje motora u letu, neplanirane zamjene motora, te broj dolazaka motora u radionicu).

Oznake statusa stavljaju se kraj promatranog parametra, a to su: [15]

- *„Clear“* status – pokazatelj pouzdanosti kreće se između nekih kontroliranih granica;
- *„Watch“* status – promatrani parametar je jedan mjesec iznad alert vrijednosti;
- *„Yellow“* – promatrani parametar je dva uzastopna mjeseca iznad alert vrijednosti;
- *„Red“* – promatrani parametar je tri uzastopna mjeseca iznad alert vrijednosti;
- *„Alert“* – promatrani parametar ima tri uzastopna mjeseca *„Red“* status.

U slučaju pojave *„Watch“* statusa, a uzorak je premali, korektivne mjere neće se vršiti do sljedećeg mjeseca.

6.11. Korektivne mjere

Korektivne mjere razmatraju se na sastancima Odbora za pouzdanost, a provede se kao rezultat djelovanja Tehničkog ureda koji istražuje probleme. Poduzimanje određenih akcija za uklanjanje alerta izglasava Odbor, te se nakon toga izdaje dokumentacija, temeljem koje se usvaja program korektivnih akcija. Najčešće se to izvodi na temelju Tehničkih naredbi po sljedećem rasporedu: [4]

- promjene u programu održavanja;
- inspekcije flote;
- modifikacije.

Program korektivnih akcija sadrži sljedeće elemente:

- operativne procedure;
- obuka i školovanje;
- procedure održavanja / tehničke procedure;
- promjene u programu održavanja;
- nabava rezervnih dijelova;
- uvjete skladištenja;
- dokumentaciju;

- reviziju podugovaratelja.

Pri utvrđivanju učinkovitosti programa korektivnih akcija, odgovornost za praćenje njihovog izvršavanja i provođenja snosi odsjek za pouzdanost.

7. ZAKLJUČAK

Svaki zračni prijevoznik, sukladno Part-u M, ima obvezu izrade programa praćenja pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji, kao dopuna standardnom programu održavanja. Program praćenja pouzdanosti je alat koji statističkim praćenjem i bilježenjem događaja povezanih s tehničkom ispravnošću zrakoplova nadzire učinkovitost programa održavanja. Osim nadzora učinkovitosti održavanja, program omogućuje otkrivanje nedostataka u konstruiranju zrakoplova, nepravilnosti operativnih procedura, te povećava sigurnost leta.

Tehničko osoblje prikuplja podatke, analizira ih te izrađuje izvješća. Nakon prikupljanja podataka za tekući mjesec, podaci se statistički analiziraju, te se dobivaju podaci o pouzdanosti i raspoloživosti zrakoplova. Temeljem tih mjesečnih izvještaja, proizvođač zrakoplova jednom godišnje izdaje godišnji izvještaj o pouzdanosti svjetske flote za promatrani tip zrakoplova, što omogućuje proizvođaču i zračnom prijevozniku utvrđivanje sustava i komponenti zbog kojih najčešće dolazi do problema tijekom eksploatacije.

Ostvarivanje što kvalitetnije usluge uz maksimalnu sigurnost leta, sa što većim profitom i minimalnim troškovima, cilj je svakog zračnog prijevoznika. Taj cilj ostvaruje se kvalitetnim vođenjem programa pouzdanosti koji daje na uvid sistematično rješavanje problema.

Programom pouzdanosti se omogućuje kontrola i održavanje komponenti i sustava unutar zadovoljavajućih granica pouzdanosti, plovidbenosti i ekonomičnosti.

Program pouzdanosti „povezuje“ zračnog prijevoznika i proizvođača zrakoplova zajedničkim interesima smanjenja troškova održavanja te povećanjem profitabilnost i sigurnost leta.

Literatura

[1] Bazijanac, E.; Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2007.

[2] Marušić, Ž.; Alfirević, I.; Pita, O; Maintenance Reliability Program as Essential Prerequisite of Flight Safety, Transport vol. XXI, No 4, 2009. pp. 269-277.

[3] Marušić, Ţ.; Galović, B. ; Pita, O.; Optimizing Maintenance Reliability Program for Small Fleets, Transport vol. XXII, No 3, 2007. pp. 174 – 177

[4] Pažin, I.; Program pouzdanosti zrakoplova u eksploataciji na primjeru zrakoplova Dash 8 Q400, Diplomski rad, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.

[5] Domitrović, A.; Bazijanac, E.; Alić-Kostejić, V.; Aircraft Reliability Program, Maintworld, 2.2.2012., URL: http://www.maintworld.com/R-D/Aircraft-Reliability-Programme

[6] Amborski, J.: Calculation of Alert Levels for Reliability, Proceedings 23rd European Conference on Modelling and Simulation ©ECMS Javier Otamendi, Andrzej Bargiela, José Luis Montes, Luis Miguel Doncel Pedrera (Editors), ISBN: 978-0-9553018-8-9 / ISBN: 978-0-9553018-9-6 (CD).

[7] Europska agencija za sigurnost zračnog prometa u Europi – Part M (rujan 2017.)

[8] Course Syllabus Revision - Continuing Airworthiness Requirements (Commercial Air Transport) Part-M (CAT) Detailed Course, revision 5.11.2008.

[9] Airbus A320 – Aircraft Characteristics - Airport and Maintenance Planing;

[10] Autorizirana predavanja; Domitrović, A.: Program odrţavanja zrakoplova, Fakultet prometnih znanosti, Zagreb, 2011.;

[11] http://www.aircraft.airbus.com/aircraftfamilies/passengeraircraft/a320family/a320neo/; (28.8.2017.)

[12] https://www.easa.europa.eu/the-agency/the-agency; (15.8.2017.)

[13] http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-non-destructive-test-ndt/2/ (26.8.2017.)

[14] http://www.s-techent.com/ATA100.htm, (1.9.2017.)

[15] Mjesečni izvještaj programa pouzdanosti operatora Airbus A320, konzultacije sa tehničkim odjelom zrakoplovne kompanije Croatia Airlines, rujan 2017.

[16] ATA clasification, skybrary, (1.9.2017.)

[17] Minimum Equipment List, skybrary (10.9.2017.)

[18] Master Minimum Equipment List/ Minimum Equipment List Policy and Procedures Manual, Cooperative Development of Operational Safety and Continuing Airworthiness COSCAP - South Asia

Popis slika

Slika 1: EASA obrazac 1 – potvrda o otpuštanju zrakoplova u upotrebu, ...9
Slika 2: Ledeni brijeg....11
Slika 3: Vizualna metoda 18
Slika 4: Magnetska metoda 18
Slika 5:Penetrantska metoda....19
Slika 6: Radiografska metoda 19
Slika 7: Ultrazvučna metoda....20
Slika 8: Metoda vrtložnih strujanja....20
Slika 9: BITE koncept 21
Slika 10: „Crna kutija“....22
Slika 11: Zrakoplov Airbus A320 zračnog prijevoznika Croatia Airlines....28
Slika 12: Zrakoplov Airbus A320 zračnog prijevoznika Lufthansa 30
Slika 13: Tijek izrade programa pouzdanosti zrakoplova....32
Slika 14: Operativna statistika za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....34
Slika 15: Taspoloživost zrakoplova za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....35
Slika 16: Dnevna iskorištenost flote od šest zrakoplova Airbus A320....36
Slika 17: Pouzdanost otpreme zrakoplova flote od šest zrakoplova Airbus A320....40
Slika 18: Pouzdanost otpreme po ATA specifikaciji flote od šest zrakoplova Airbus A320 41
Slika 19: MEL izvještaj za flotu od šest zrakoplova Airbus A320 46
Slika 20: Pouzdanost komponenti za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....48
Slika 21: Pouzdanost CAT III komponenti za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....49
Slika 22: Indeks zamjene guma za flotu od šest zrakoplova Airbus A320 51
Slika 23: Indeks zamjene kočnica za flotu od šest zrakoplova Airbus A320 52
Slika 24: Stupanj primjedba pilota za flotu od šest zrakoplova Airbus A320 54
Slika 25: Stupanj primjedba mehaničara za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....55
Slika 26: Stupanj gašenja motora u letu za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....57
Slika 27: Stupanj neplaniranih zamjena motora za flotu od šest zrakoplova Airbus A320....58
Slika 28: Stupanj dolazaka motora u radionicu za flotu od šest zrakoplova Airbus A320 59

Popis tablica

Tablica 1: ATA-100 specifikacija, ...14