

Procjena troškova izvanrednog održavanja zrakoplova

Virovac, Josip

Master's thesis / Diplomski rad

2019

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://um.nsk.hr/um:nbn:hr:119:200711>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-27**



Repository / Repozitorij:

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



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Josip Virovac

**PROCJENA TROŠKOVA IZVANREDNOG
ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2019.

Zagreb, 6. prosinca 2018.

Zavod: **Zavod za zračni promet**
Predmet: **Eksploatacija i održavanje zrakoplova**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4969

Pristupnik: **Josip Virovac (0036464049)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Procjena troškova izvanrednog održavanja zrakoplova**

Opis zadatka:

Održavanje zrakoplova sadrži aktivnosti pregleda, provjera i popravka zrakoplova, a svaka aktivnost izvodi se u određenim intervalima. Vrijeme izvođenja planiranih aktivnosti održavanja ovisi o kvarovima koji se nađu tijekom pregleda, što izravno ovisi o starosti zrakoplova i uvjetima eksploatacije zrakoplova. U radu je potrebno objasniti povezanost vremena izvođenja planiranih aktivnosti održavanja na velikim pregledima sa starenjem zrakoplova i uvjetima eksploatacije zrakoplova. Također, potrebno je analizirati vrijeme zadržavanja zrakoplova tijekom radova (u hangaru ili na zemlji) za izvođenje zadaća grupiranih u velike preglede. Dodatno, potrebno je odrediti utjecaj neplaniranog zadržavanja zrakoplova na održavanju zbog pronalaska grešaka na velikim pregledima na planirano letenje i na troškove zračnog prijevoznika.

Mentor:



izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PROCJENA TROŠKOVA IZVANREDNOG
ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA**

**EVALUATION OF COSTS CAUSED BY
UNSCHEDULED AIRCRAFT MAINTENANCE**

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

Student: Josip Virovac
JMBAG:0036464049

Zagreb, veljača 2019.

SAŽETAK

Interes svih dionika zračnog prijevoza je suradnja na izradi programa održavanja zrakoplova poštujući načela sigurnosti i ekonomičnosti. Održavanje zrakoplova čine zadaće pregleda i popravka, a svaka takva zadaća se izvodi u intervalima određenim satima ili ciklusima leta zrakoplova ili u kalendarskom vremenu. Vrijeme izvođenja planiranih zadaća održavanja ovisi o kvarovima koji se nađu tijekom pregleda, što izravno ovisi o starosti zrakoplova i uvjetima eksploatacije zrakoplova. U radu je razmatrana povezanost vremena izvođenja planiranih zadaća održavanja na velikim pregledima sa starenjem zrakoplova i uvjetima leta zrakoplova. Analizirano je vrijeme zadržavanja zrakoplova tijekom radova održavanja („u hangaru“, ili „na zemlji“) za izvođenje zadaća grupiranih u velike preglede. Analizira se utjecaj neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja zbog pronalaska grešaka na velikim pregledima na planirano letenje i na troškove zračnog prijevoznika. Zračni prijevoznik pored povećanja troškova održavanja ima troškove unajmljivanja zamjenskog zrakoplova i neiskorištene resurse u svojoj organizaciji zbog neplaniranog zadržavanja svog zrakoplova tijekom radova održavanja.

KLJUČNE RIJEČI: zračni prijevoz, održavanje zrakoplova, zadaće održavanja, izvanredno održavanje, dodatni radovi održavanja, troškovi zračnog prijevoza

SUMMARY

All air traffic stakeholders are interested in developing aircraft maintenance program that follows the rules of safety and economics. Aircraft maintenance is a set of inspection and repair tasks, where each task is executed in intervals defined by flight hours, flight cycles or calendar time. Maintenance execution time depends on the number of malfunctions detected during inspection, which depend on aircraft age and flight conditions. This thesis examines the correlation between planned maintenance tasks execution time during maintenance checks and aircraft age and flight conditions. Main point of analysis are the effects of unscheduled maintenance tasks caused by detected defects during checks on scheduled flights and airliners costs. Airliner operation costs are increased due to replacement aircraft leasing costs and unused resources within company caused by unscheduled aircraft maintenance.

KEY WORDS: air transport, aircraft maintenance, maintenance tasks, unscheduled maintenance, additional maintenance tasks, air transport costs

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Preporuke proizvođača zrakoplova za izradu programa održavanja zračnog prijevoznika	3
2.1. Program održavanja zrakoplova.....	3
2.2. Preporučeni program održavanja zrakoplova.....	8
2.3. Podaci o ograničenom vijeku trajanja	9
2.4. Iskustva tijekom korištenja zrakoplova.....	12
2.4.1. Program pouzdanosti u otpremi zrakoplova	12
2.4.2. Preporuke proizvođača zrakoplova	13
2.5. ETOPS	14
3. Izrada programa održavanja zračnog prijevoznika	16
4. Planiranje radova godišnjih i višegodišnjih pregleda baznog održavanja.....	18
4.1. Planiranje zadaća održavanja zrakoplova	18
4.1.1. Zadaće održavanja zrakoplova	18
4.1.2. Vrste održavanja zrakoplova.....	19
4.2. Planiranje održavanja	20
4.2.1. Karakteristike flote zrakoplova	20
4.2.2. Godišnja uporaba flote za letenje.....	21
4.2.3. Raspoloživost kapaciteta održavanja zrakoplova.....	22
4.3. Planiranje velikih radova na zrakoplovima.....	23
4.3.1. Teorijski raspored zadaća održavanja prema programu održavanja	23
4.3.2. Obujam radova tijekom velikih pregleda.....	27
4.4. Postupak izvođenja zadaća održavanja zrakoplova	32
4.5. Vrijeme izvođenja radova velikih pregleda	33
5. Analiza troškova održavanja i neizravnih operativnih troškova zračnog prijevoznika zbog neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja.....	39
5.1. Trošak posade neostvarenog leta	41
5.2. Troškovi vlasništva zrakoplova	42
5.3. Najam zrakoplova	44
5.4. Pričuve za održavanje	46
5.5. Troškovi zamjenskog zrakoplova	49
6. Zaključak.....	51
Literatura.....	53
Popis kratica.....	55
Popis slika	57
Popis tablica	58
Popis grafikona	59

1. Uvod

Zračni prijevoz je grana prijevoza u kojoj je uspostavljen osnovni regulatorni okvir za tehnologiju obavljanja prijevoza ljudi i tereta, proizvodnju i održavanje zrakoplova i međusobne odnose između država. Zrakoplov kao prijevozno sredstvo mora zadovoljiti uvjete sigurnosti i ekonomičnosti prijevoza. U međunarodnoj konkurenciji za ostvarenjem što većeg udjela u prijevozu putnika i dobara zračnim prijevoznicima je u interesu u eksploataciji koristiti zrakoplov koji generira minimalne troškove. Prema izračunima Međunarodne udruge zračnih prijevoznika (*International Air Transport Association*, IATA) koja na godišnjim konferencijama prikazuje udio pojedinih čimbenika u ukupnim troškovima zračnih prijevoznika, tehničko održavanje čini 10% troškova u zračnom prijevozu [1]. Zračni prijevoznici prema svojim uvjetima i obujmu letenja te vrsti prijevoza, koriste tipove zrakoplova koji su za njihovu djelatnost najbolji. Iz perspektive korištenja zrakoplova, primarni zahtjev je smanjiti udio troškova održavanja zrakoplova u ukupnim troškovima zračnog prijevoza. Planirano vrijeme održavanja zrakoplova dio je godišnjeg plana rada zračnog prijevoznika. U godišnjem programu rada vrši se optimiranje planiranog letenja i plana zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja zbog velikih pregleda u odnosu na postojeće kapacitete zrakoplova koje zračni prijevoznik ima.

Odstupanje od planiranog rasporeda letenja i održavanja predstavlja odstupanje od optimiranog godišnjeg plana i u krajnjem slučaju veće troškove. Najveći poremećaj predstavlja greška ili kvar na zrakoplovu koji uzrokuju kašnjenje zrakoplova na let ili otkaz leta.

U radu će se prikazati kakav utjecaj na ostvarenje godišnjeg plana letenja ima zrakoplov koji zbog otkrivenih grešaka na zrakoplovu tijekom velikih pregleda, mora biti duže u održavanju od planiranog. Produženje zadržavanja zrakoplova u baznom održavanju za zračnog prijevoznika predstavlja manjak zrakoplova u planiranom letenju koji se mora nadoknaditi neplaniranim najmom drugog zrakoplova ili otkazivanjem planiranih letova. Kako bi izbjegao negativni publicitet zbog otkaza leta ili gubitak planiranog tržišta na kojem leti zračni prijevoznici obično kratkoročno unajme drugi zrakoplov sličnih ili istih karakteristika kako bi ostvarili planirane letove. Najam drugog zrakoplova uz zadržavanje svog zrakoplova na tlu zbog produženog održavanja predstavlja dodatni trošak za zračnog prijevoznika.

Diplomski rad podijeljen je u šest cjelina:

1. Uvod
2. Preporuke proizvođača zrakoplova za izradu programa održavanja zračnog prijevoznika
3. Izrada programa održavanja zračnog prijevoznika
4. Planiranje radova godišnjih i višegodišnjih pregleda baznog održavanja
5. Analiza troškova održavanja i neizravnih operativnih troškova zračnog prijevoznika zbog neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja
6. Zaključak

Nakon Uvoda, drugo poglavlje sadrži prikaz procesa izrade preporučenog programa koji izrađuje proizvođač zrakoplova, a odobravaju ga zrakoplovne vlasti zemlje u kojoj se proizvodi zrakoplov. Opisani su standardi kojih se koriste za konstrukciju zrakoplova te standardi i procesi analize za izradu zadaća održavanja zrakoplova.

Treće poglavlje opisuje proces izrade programa održavanja zračnog prijevoznika koji odobravaju zrakoplovne vlasti zemlje u kojoj je registriran zrakoplov.

Četvrto poglavlje definira teorijsku osnovu održavanja zrakoplova i vrste planiranja održavanja zrakoplova prema planiranom letenju zračnog prijevoznika. Prikazan je intenzitet zadaća održavanja koji je ovisan o: vremenskom periodu, satima leta, okruženju u kojem zrakoplov leti, zahtjevima održavanja koje zahtijevaju zrakoplovne vlasti i preinakama na zrakoplovu prema zahtjevu zračnog prijevoznika.

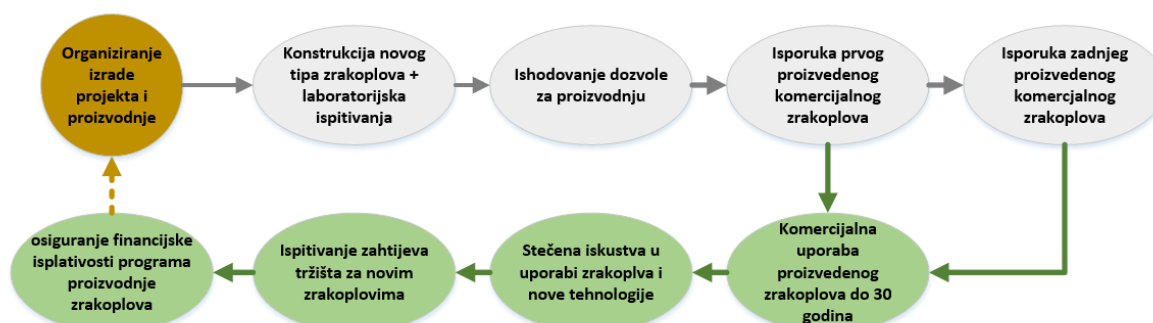
Peto poglavlje prikazuje analizu troškova koja nastaje zbog prekoračenja planiranog vremena održavanja zrakoplova na većim pregledima.

U zadnjem, zaključnom poglavlju izdvojene su ključne stavke svakog poglavlja i iznesen je zaključak o utjecaju neplaniranog održavanja zrakoplova na troškove zračnog prijevoznika.

2. Preporuke proizvođača zrakoplova za izradu programa održavanja zračnog prijevoznika

Proizvođači zrakoplova sukladno razvoju tehnologije, komercijalnim zahtjevima tržišta i regulativi teže izradi optimalnog zrakoplova za tržište. S perspektive održavanja zrakoplova, zrakoplov se pokušava izraditi tako da se može servisno održavati između dva leta u komercijalnom letenju, a da su pregledi većeg obujma kraći i jeftiniji nego za prethodnu generaciju zrakoplova. Kako bi se udovoljilo ovim zahtjevima primarno je za početno razmatranje projektnih rješenja imati iskustva u održavanju sličnog tipa zrakoplova kao i korištenje najnovije tehnologije u izradi novog tipa zrakoplova.

Dijagram toka aktivnosti projektiranja, proizvodnje i korištenja novog tipa zrakoplova prikazan je na slici 1.



Slika 1. Dijagram toka aktivnosti konstrukcije, proizvodnje i korištenja novog tipa zrakoplova, [2]

Od inicijalne konstrukcije novog zrakoplova do izgradnje prvog komercijalnog zrakoplova prođe period od pet do šest godina [2]. Pri prosječnom naletu od 3000 sati leta (*Flight Hours, FH*) godišnje zrakoplov je u komercijalnoj uporabi oko 20 godina. Za vrijeme uporabe zrakoplova prikupljaju se tehnički podaci o stanju zrakoplova koji služe proizvođaču zrakoplova za poboljšanje konstrukcije i primjenu novih tehnologija na postojećem tipu u cilju poboljšanja tehničkog održavanja zrakoplova. Razvojem tehnologije početna tehnologija s kojom je zrakoplov izgrađen ne može se efikasno održavati i usavršavati putem preinaka, pa se na temelju prikupljenih iskustava i primjenom novih tehnologija ponovo započinje ciklus izrade dizajna za novi tip zrakoplova. U trenutnim uvjetima razvoja tehnologije i zahtjevima tržišta ovaj ciklus traje dvadeset godina od izrade prvog zrakoplova za letenje nekog tipa. Zadnji proizvedeni zrakoplov određenog tipa leti prosječno 20 godina do najviše 30 godina od proizvodnje [2].

2.1. Program održavanja zrakoplova

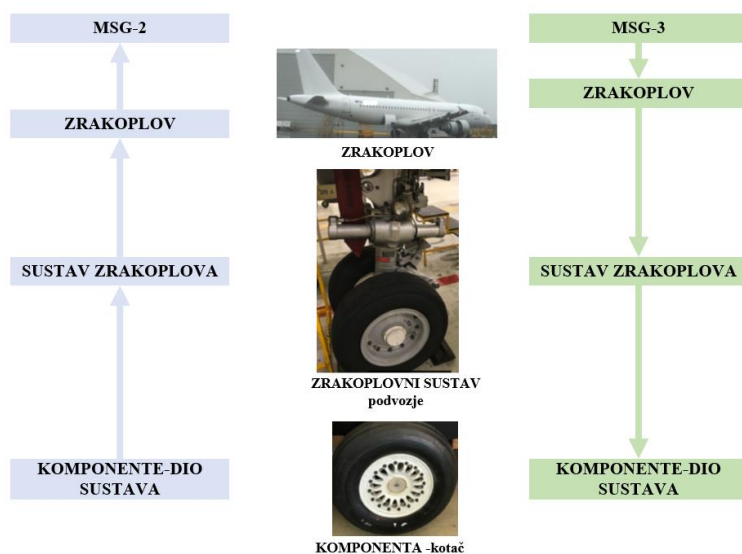
Stečena iskustva u održavanju i uporabi zrakoplova su temelj izrade novog dizajna i konstrukcije zrakoplova. Prema regulativi koju je donijela Europska komisija, *Commission*

Regulation (EU) No 748/2012 of 03/08/2012 [3], uvjeti za konstrukciju putničkih zrakoplova definirani su u *Certification Specification CS-25*, a za izradu zrakoplova i dijelova regulativom PART-21. Održavanje zrakoplova propisano je *Maintenance Steering Group* (MSG) 3 programom održavanja. Konstrukcijski proračuni i modeli se testiraju u laboratorijima i na testnom modelu zrakoplova. Izrada zadaća programa održavanja radi se prema preporuci za izradu programa održavanja zrakoplova MSG-3.

Izrada Izvješćaja odbora za ocjenu održavanja (*Maintenance Review Board Report*, MRBR) temelji se na analitičkim procesima i procedurama definiranim u zadnjoj ATA MSG dokumenta, koji izrađuje Udruženje zračnih prijevoznika (*Air Transport Association*, ATA). Svrha MSG-3 je predstavljanje metodologije izrade zadaća i intervala za plansko održavanje koje je prihvatljivo regulatornim tijelima, operatorima i proizvođačima [4].

Prvi MSG dokument razvijen je 1968. zajedničkim radom predstavnika različitih zrakoplovnih prijevoznika. Dokument se zvao *Handbook MSG-1*, "*Maintenance Evaluation and Program Development*", a sadržavao je procedure i logiku za izradu plana održavanja zrakoplova B747. U sklopu MSG-1 proces održavanja izvodio se u fiksnim intervalima (*Hard Time*, HT) i po zatečenom stanju (*On Condition*, OC), što znači pregled komponente i donošenje odluke može li komponenta nastaviti s radom ili ju je potrebno zamijeniti [5].

MSG-2 nastao je kao poboljšana verzija MSG-1 dokumenta s namjerom da se nova iskustva implementiraju u proces održavanja te da se postupak održavanja ustroji kao jedinstven algoritam i time omogući primjenjivost na druge tipove zrakoplova. U sustav MSG-2 uvodi se praćenje trendova značajki ili parametara pojedinih dijelova ili sustava i njihovo odstupanje od dopustivih vrijednosti. U slučaju odstupanja od unaprijed utvrđenog dozvoljenog trenda izvode se akcije održavanja koje mogu biti pregledi, ispitivanje ili zamjena dijela koji odstupa od trenda praćenja. Proces održavanja po MSG-2 metodi polazi od osnovnih dijelova sustava prema složenijim komponentama sustava, kontroli sustava prema kontroli cijelog zrakoplova. Temeljna ideja sustava je osiguravanje ispravnosti rada i sigurnosti zrakoplova pregledom svih dijelova i zamjenom prema programu održavanja. MSG-2 princip održavanja zahtjeva kontrolu velikog broja komponenti i isključivo se orijentira na sigurnost neovisno o troškovima.



Slika 2. Princip sustava održavanja MSG-2 i MSG-3

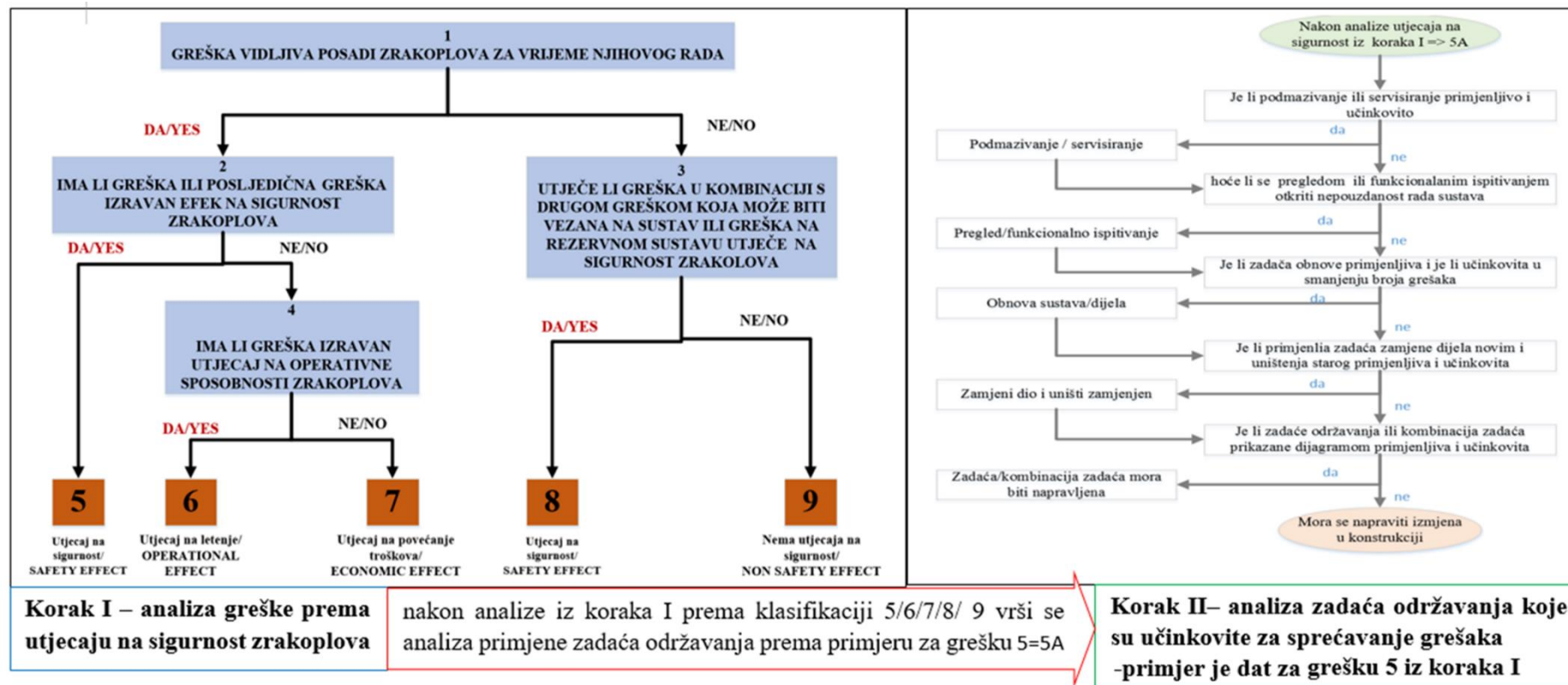
MSG-3 program se razvija 1980. godine zajedničkim radom međunarodnih zrakoplovnih vlasti, zračnih prijevoznika, proizvođača motora i zrakoplova. Novi dokument MSG-3 predstavlja osnovu programa održavanja modernog zrakoplova. MSG-3 za razliku od MSG-2 koji ima logiku *bottom-up* razvija logiku *top-down* prikazanu na slici 2. MSG-3 je dokument koji sadrži metodologiju izrade zadaća i intervala za plansko održavanje koje su prihvatljive regulatornim tijelima, operatorima i proizvođačima. Glavni cilj MSG-3 programa je osigurati sigurnost letenja i ekonomičnost održavanja. MSG-3 koristi logiku kategorizacije grešaka i preventivnog otklanjanja grešaka preko logičkih dijagrama za analizu razine 1 i razine 2 prikazanih na slici 3.

MSG-3 se zasniva na izravnoj preporuci zadaća održavanja zrakoplova. Zadaća održavanja koja preventivno sprječava grešku odabire se tako da je prvi izbor ona zadaća koja je najjednostavnija i najjeftinija.

MSG-3 uvodi obvezu praćenja tehničkog stanja zrakoplova kroz program pouzdanosti rada *Reliability Programmes*. Program prati jesu li zadaće održavanja prema MSG-3 programu učinkovite za otklanjanja grešaka prije njihovog nastajanja tijekom operativnog korištenja zrakoplova.

Zadaci održavanja pripadaju u jednu od skupina, a to su:

1. Podmazivanje i servisiranje (*Lubrication/Servicing*, LU/SV ili LUB/SVC)) - podrazumijeva potpunu izmjenu u sustavu sredstva za podmazivanje ili nadopunu potrošene količine
2. Operativni/Vizualni Pregled (*Operational/Visual Check*, OP/VC ili OPC/VCK) - testiranje sustava kako bi se utvrdilo radi li određeni dio svoju namjenu u skladu sa zahtjevima
- 3) Funkcionalna provjera/inspekcija (*Functional Check/Inspection*, FC/IN) - provjere kojima se utvrđuje rade li funkcionalnosti nekog dijela unutar definiranih limita. Postoje tri razine ove inspekcije a to su:
 - Generalna vizualna inspekcija (*General Visual Inspection*, GVI) - vizualni pregled generalnog stanja koji se izvodi s udaljenosti ne veće od jedan metar
 - Detaljna inspekcija (*Detailed Inspection*, DT) - pregledi koji zahtijevaju fizički kontakt s objektom pregledavanja te uključuju dodatna pomagala, primjerice dodatno svjetlo, ogledalo, povećalo
 - Specijalna detaljna inspekcija (*Special Detailed Inspection*, SDI) - inspekcija koja uključuje metode inspekcije bez razaranja
- 4) Obnova (*Restoration*, RS ili RST) - prerada, izmjena dijelova, čišćenja koja dovode dio u stanje koje zadovoljava standard
- 5) Otpis (*Discard*, DS ili DIS) - izbacivanje iz uporabe dijela koji je potrošio svoj životni vijek

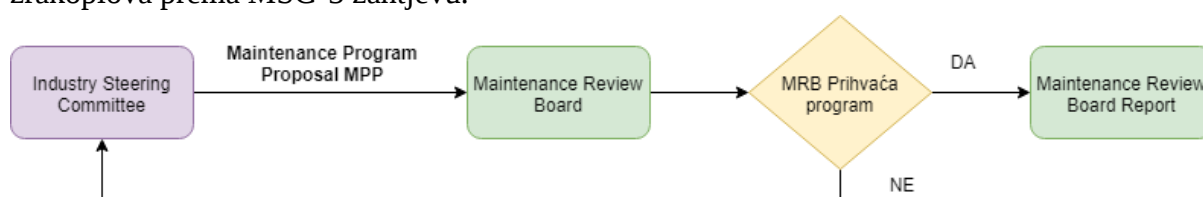


Slika 3. Logički dijagram za kategorizaciji i otklanjanje grešaka, [4]

Radni dio MSG-3 dokumenta sastoji se od četiri dijela koji sadrže logiku analize i odlučivanja, a to su:

- Struktura - definira zadatke za detekciju i otklon kvarova na strukturi zrakoplova.
- Udar groma/radijacija jakog elektromagnetskog polja (*Lightning/High Intensity Radiated Field*, L/HIRF) - predstavlja zaštitu zrakoplova u slučaju udara groma. Pri udaru groma na zrakoplov zbog nehomogenosti strukture ili zbog neizjednačenog potencijala (koje se osigurava premosnicama između dva dijela strukture) dolazi do oštećenja strukture i posredno do velikog elektromagnetnog udara na navigacijsku opremu. L/HIRF je analiza zaštite zrakoplova od magnetskog i električnog polja koje nastaje pri udaru groma.
- Zonalna inspekcija - zrakoplov je podijeljen u zone, a svrha ovog dijela je utvrđivanja stanja svih sustava i dijelova strukture koji se nalaze u određenoj zoni. Zonalna analiza predviđa zadaće Procedure poboljšane zonalne analize (*Enhanced Zonal Analysis Procedure*, EZAP) koja uz standardni pregleda zone uključuje zadaće održavanja zrakoplova koje bi trebale preventivno otkloniti i popraviti neispravnosti ožičenja radi sprječavanja mogućnost nastanka iskre ožičenja ili zagrijavanja ožičenja uslijed neispravnosti, što može dovesti do požara na zrakoplovu.
- Zrakoplovni sustavi i pogonska grupa definira funkcionalne i/ili operativne provjere na zrakoplovnim sustavima, motorima, propelerima i pomoćnim motorskim agregatima (*Auxiliary Power Unit*, APU).

Izrada programa održavanja prema MSG-3 logici počinje od ustroja inženjerskog tima za konstrukciju zrakoplova. Prvi korak je ustroj radnog tijela Upravni odbor industrije (*Industry Steering Committee*, ISC) i radnog tijela Odbora za ocjenu održavanja (*Maintenance Review Board*, MRB). Na slici 4. prikazan je dijagram aktivnosti prijedloga izrade zadaća održavanja zrakoplova prema MSG-3 zahtjevu.



Slika 4. Izrada programa održavanja prema MSG-3 logici

ISC je radna grupa pod nadležnošću proizvođača zrakoplova. Zadaća ISC-a je predložiti programa održavanja zrakoplova u ime proizvođača zrakoplova. Predsjedavajući ISC-a je član kojeg imenuje proizvođač zrakoplova uz suglasnost zrakoplovnih vlasti. Predsjednik imenuje članove radne grupe koje se sastoje od inženjera proizvođača zrakoplova koji vrše projektiranje i temeljem projektiranja predlažu održavanje, motora i opreme. Članovi grupe mogu biti i predstavnici zračnih prijevoznika koji će letjeti zrakoplovom ili budući vlasnici koji će kupiti zrakoplov. Predsjedavajući član ISC-a zadužen je za izradu Priručnika smjernica i procedura (*Policy and Procedures Handbook*, PPH) koji služi pri izradi prijedloga MRBR-a i

koordinaciju aktivnosti radnih skupina i pripremu MRBR-a. Glavni zadatak radnih skupina je izrada minimalnih potrebnih zadaća i intervala za novi zrakoplov ili motor koristeći zadnju verziju MSG-3 procesa i zadnji odobreni PPH, [5].

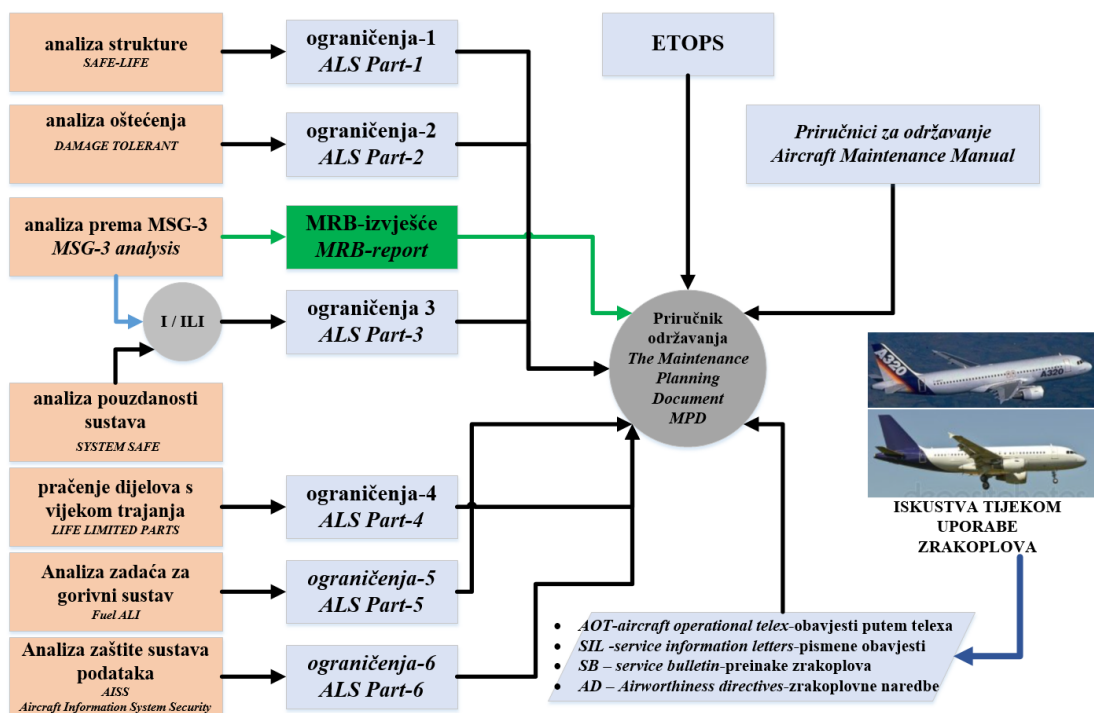
MRB je radna grupa pod nadležnošću zrakoplovnih vlasti koje izdaju potvrdu o udovoljavanju zahtijeva za proizvodnju zrakoplova (*Type Certificate*, TC). MRB se sastoji od predsjednika kojeg imenuje zrakoplovna agencija koja daje TC, članova drugih zrakoplovnih vlasti država gdje će zrakoplov letjeti i predstavnika budućih zračnih prijevoznika koji će koristiti zrakoplov. Kada ISC pripremi prijedlog programa održavanja zrakoplova MPP i predsjedavajući ga preda predsjedavajućem članu MRB-a, svi članovi MRB-a se sastaju i pregledavaju, recenziraju zaprimljen prijedlog. Ako MRB nije zadovoljan zaprimljenim Prijedlogom programa održavanja (*Maintenance Program Proposal*, MPP), vraćaju ga ISC-u na doradu. Nakon dorade ISC daje u proceduru novi prijedlog i ako su u novom prijedlogu primjedbe razriješene MRB prihvata prijedlog i izrađuje MRBR. MRBR je dio programa održavanja zrakoplova u kome su definirane zadaće održavanja zrakoplova na osnovi MSG-3 analize (prikazano na slici 3.).

2.2. Preporučeni program održavanja zrakoplova

Priručnik za planiranje održavanja (*Maintenance Planing Document*, MPD) je dokument koji sadrži zadaće održavanja koje predstavljaju minimalne zahtjeve koji su potrebni za učinkovit program održavanja. Za izradu preporučenog programa održavanja zrakoplova MPD proizvođač zrakoplova pored MRBR mora dostaviti na odobrenje zrakoplovnim vlastima, koje odobravaju dozvolu za proizvodnju i uporabu zrakoplova (TC), zadaće održavanja koje su proizašle iz proračuna konstrukcije, ograničenja dijelova s vijekom trajanja, posebne zahtjeve za održavanjem proizišle iz programa letenja i priručnike za održavanje.

Na slici 5. prikazani su izvori podataka koji su obvezni da bi se ustrojio program preporučenog održavanja zrakoplova MPD. Za izradu kompletnog MPD potrebni su podaci:

- MRBR koji je opisan u prethodnom poglavlju
- Podaci o dijelovima zrakoplova koji imaju ograničen vijek trajanja. Podaci o ograničenom vijeku trajanja daju se u posebnim izvješćima koja se nazivaju (*Aircraft Limitation Section*, ALS)
- Standardi operativnih performansi zrakoplova s dva motora za produženu udaljenost leta (*Extended-range Twin engine Operational Performance Standards*, ETOPS)
- Priručnici za održavanje zrakoplova (*Aircraft Maintenance Manuals*, AMM)
- Iskustva tijekom uporabe tipa zrakoplova



Slika 5. Izrada MPD-a

2.3. Podaci o ograničenom vijeku trajanja

ALS predstavlja skupinu dokumenata koji se odobravaju zasebno, a predstavljaju neophodne zadaće redovitog održavanja i ograničenja pri izmjeni dijelova, čiji je cilj osigurati sigurnost plovidbe i tehničku pouzdanost, plovidbenost zrakoplova te kontrolu troškova održavanja u slučaju kvarova. Na slici 6. prikazana je podjela ALS-a prema vrsti utjecaja na sigurnost zrakoplova. Od početka proizvodnje zrakoplova tipa A380 uvodi se poglavlje ALS-6 gdje se izvodi analiza sigurnosti prijema, predaje i protoka informacija zrakoplova kao i otpornost na zlonamjerne smetnje.

Analize zrakoplova, motora i sustava zrakoplova s ograničenim vijekom uporabe-Aircraft Limitation Section - ALS					
ANALIZA STRUKTURE ZRAKOPLOVA		ANALIZA SUSTAVA ZRAKOPLOVA		ANALIZA GORIVNOG SUSTAVA	ANALIZA INFORMATIČKOG SUSTAVA
dijelovi strukture sa životnim vijekom	dijelovi strukture koji imaju otpornost na oštećenja	analiza sustava zrakoplova prema sigurnosti i prema MSG-3 analizi	analiza komponenti prema utjecaju na sigurnost zrakoplova, MSG-3 analiza i prema životnom vijeku	Sigurnosna analiza spremnika za gorivo	Analiza sigurnosti sustava zrakoplova na prijenos informacija
<i>safe life airworthiness limitation items</i>	<i>fail safe – damage tolerance analysis</i>	<i>system safety assessment & MSG-2 analysis</i>	<i>System safety component evaluation, MSG-3 analysis, sistem life limits</i>	<i>Fuel tank safety analysis</i>	
	Otpornost na oštećenja dijelova strukture koji imaju životni vijek	zadaće od važnosti za plovidbenost	Analiza sustava i komponenti za produženje životnog vijeka zrakoplova	<i>Zadaće održavanja sustava goriva koje utječu na plovidbenost zrakoplova</i>	<i>Aircraft information system security AISS</i>
	<i>Damage tolerant airworthiness limitation items-ALI</i>	<i>Certification maintenance requirements CMR</i>	<i>System equipment maintenance requirements-SEMR</i>	<i>Fuel airworthiness limitations FAL</i>	
ALS-1	ALS-2	ALS-3	ALS-4	ALS-5	ALS-6

Slika 6. Podjela ALS-a za zrakoplov Airbus A320, [6]

ALS Part 1 *Safe Life Airworthiness Limitation Items* - *ALI* su komponente koje imaju ograničen vijek trajanja. Tijekom svog životnog vijeka komponente se mogu ugrađivati s jednog zrakoplova na drugi. Komponente se mogu ugraditi s jednog na drugi zrakoplov ako imaju zalihost životnog vijeka odnosno resursa za rad. Zrakoplovi na koje se ugrađuju mogu imati različitu konfiguraciju mase slijetanja, mase polijetanja ili verziju preinaka u odnosu na zrakoplov s kojeg su izgrađene. To može uzrokovati posljedice na ostatak životnog vijeka dijela ili komponente.

Primjerice noga zrakoplova može se ugraditi na zrakoplove različite mase slijetanja, ovisno o masi slijetanja noga ima proračunski životni vijek, koji za zrakoplove s najvećom masom slijetanja može biti do 30% manji životni vijek od zrakoplova s najnižom težinom polijetanja. Točni podaci se mogu provjeriti u Airbus katalogu za ALS.

Životni vijek dijela koji se ugrađuje s jednog zrakoplova na drugi računa se prema formuli (1), [7]

$$T_{ri} = \left[1 - \sum_{j=1}^n \left(\frac{Ca_j}{Cp_j} \right) \right] \times Cp_i \quad (1)$$

Gdje je:

T_{ri} = preostali životni vijek dijela ugrađenog na zrakoplov

Ca_j = akumulirano vrijeme na prethodnom zrakoplovu

Cp_j = proračunsko vrijeme životnog vijeka na prethodnom zrakoplovu

Cp_i = proračunski životni vijek na ugrađenom zrakoplovu

n = broj zrakoplova na kojima je komponenta prethodno bila ugrađena

ALS Part 2 *Fatigue & damage tolerant ALI* je dokument u kojem se nalaze obavezne upute i ograničenja za doseganje gornje granice zamora ili oštećenja elementa strukture čija neispravnost može dovesti do oštećenja zrakoplova koja vode u katastrofu. Određivanje zadaća održavanja zrakoplovne primarne strukture i dijelova koji nose primarnu strukturu se određuju na temelju proračunskih analiza i laboratorijskih ispitivanja. Postupak se zove *Damaged Tolerance Analysis* koja se zasniva na proračunima i testiranjima sigurnosti u slučaju oštećenja dijela strukture.

Ova ograničenja odnose se na komponente koje su dizajnirane po *FAIL-SAFE* konceptu. Projektiranje elemenata strukture koja se temelji na fail-safe pristupu predstavlja projektiranje više paralelnih linija/elementa pod opterećenjem koje u slučaju otkaza jednog elementa, ostali imaju dovoljnu čvrstoću da osiguraju pouzdan rad. Zadaće održavanja ALS-2 vrše se kad zrakoplov naleti određen broj FC ili FH koji se zove prvi početni pregled (*THRESHOLD*) i nakon toga u periodičnim intervalima koji su definirani u FC ili FH. U slučaju prijave letenja izvan proračunskih limita kao što je let u turbulenciji ili veća opterećenja pri slijetanju od dozvoljenih izvodi se izvanredan pregled ovih elemenata.

ALS Part-3 *Certification Maintenance Requirements* - *CMR* su zadaće održavanja zrakoplova koje se određuju tijekom dobivanja svjedodžbe o sposobnosti tipa zrakoplova (*Type Certificate*, TC). Zadaće proizilaze iz zahtjeva CS-25 [8], a mogu proizaći kao dio MSG-3 analize. Analiza ima dva elementa; moguće ishodi greške i vjerojatnost nastanka greške. Zadaće koje su proizašle

iz analize ALS Part-3 su periodička ispitivanja pojedinih sustava u intervalima koje operator zrakoplova ne smije mijenjati i označeni su pod nazivom *Certification Maintenance Requirements – CMR*, a njihova greška može imati katastrofalan ili opasan utjecaj na sigurnost zrakoplova.

ALS Part-3 zadaće održavanja *Certification Maintenance Requirements - CMR* u programu održavanja zrakoplova označavaju se sa:

One Star CMR ()* -

Ovako označene zadaće održavanje ne mogu se mijenjati ili izbaciti iz programa održavanja bez odobrenja zrakoplovnih vlasti koje su dali TC za tip zrakoplova.

Bilo kakvo jednokratno ili višekratno produženje izvođenja zadaća od zadatih u MPD ne može se napraviti bez odobrenja zrakoplovnih vlasti koje su izdali TC.

*Two Star CMR (**)*

Ovako označene zadaće održavanje ne mogu se mijenjati ili izbaciti iz programa održavanja bez odobrenja zrakoplovnih vlasti koje su dali TC za tip zrakoplova.

Intervali izvođenja mogu biti mijenjani prema odobrenom programu pouzdanosti koji ima zračni prijevoznik ili prema odobrenom programu produženja intervala zadaća održavanja.

Za izmjenu intervala mora se izraditi analiza programa pouzdanosti i dokazati da izmjena u intervalima ne ugrožava sigurnost i pouzdanost zrakoplova.

ALS Part-4 *System Equipment Maintenance Requirements - SEMR* je sekcija koja navodi sve dijelove koji imaju životni vijek. Služi da bi zračni prijevoznik imao uvid u sve dijelove koji su navedeni u ALS poglavljima i sve dijelove koji mogu biti ugrađeni po posebnim zahtjevima od proizvođača opreme zrakoplova na listi dijelova s ograničenim životnim vijekom (*Life-Limited Parts - LLP*) uključujući proizvođače opreme zrakoplova.

ALS Part-5 *Fuel ALI* je analiza koja se koristi radi smanjenja mogućnost pojave iskre u spremnicima za gorivo i smanjenje zapaljivosti goriva u spremnicima za gorivo. *Critical Design Configuration Control Limitations - CDCCL* predstavlja dizajniranje zrakoplova koje sprječava nastanak iskrenja i smanjuje mogućnost gorenja tako što je konstrukcija u funkciji prevencije istog. Zadaće održavanja ovog dijela zrakoplova moraju izvoditi inženjeri i tehničari koji su prema regulativi posebno obučeni za izradu programa održavanja i inspekcije i popravke prema zahtjevima CS-25 poglavlja H [8].

ALS Part-6 *Aircraft Information System Security - AISS*.

Analiza obuhvaća sustave koji su dio komunikacije s kontrolom letenja ili nadzora rad sustava zrakoplova. Analiza obuhvaća praćenje i zaštitu rada sustava:

- Sigurnosti i pouzdanosti rada sustava *Aircraft systems*
- Sigurnost i pouzdanost sustava koji su dio polijetanja i slijetanja zrakoplova, dio navigacije ruta zrakoplova
- Sigurnosnog sustava putničke kabine i pilotske kabine
- Nadzora i sigurnosti komunikacijskog sustava zrakoplova
- Nadzora i sigurnost internog komuniciranja u zrakoplovu
- Nadzora *Air Traffic Radar Transponder* sustava zrakoplova
- Sustava zapisa komunikacije tijekom leta *Cockpit Voice Recorder*
- Sustava zapisa parametara leta *Flight Data Recorder*

2.4. Iskustva tijekom korištenja zrakoplova

2.4.1. Program pouzdanosti u otpremi zrakoplova

Svrha Programa pouzdanosti (*Reliability Programmes*, RP) je osigurati efikasan Program održavanja zrakoplova (*Aircraft Maintenance Program*, AMP) prema MSG-3 logici koji osigurava dva elementa sigurnost i ekonomičnost. Prema *Acceptable Means of Compliance AMC-PART-M : Appendix I to AMC M.A.302 and AMC M.B.301(b) – Content of the maintenance program* zračni prijevoznik koji ima zrakoplove čiji je program održavanja zasnovan na MSG-3 logici mora imati kao dio programa održavanja ustrojen Program pouzdanosti [9,10]. Izvješće o pouzdanosti flote, problemima u održavanju, poduzetim mjerama za otklanjanje primjedbi i negativnih trendova, izvršenih radova na zrakoplovu, ugrađenih preinaka i svih bitnih značajki za tehnički status zrakoplova zračni prijevoznik šalje proizvođaču zrakoplova.

RP je obavezan za zračnog prijevoznika prema PART-u M u slučaju:

- Kad se AMP se temelji na MSG-3 logici
- Kad se Program održavanja zasniva se na praćenju stanja (*Condition Monitoring*, CM) komponenata
- Kad AMP nema jasno definirane periode za sve značajne dijelove (*Significant Items*, SI)
- Kad AMP propisuje intervale remonta za sve SI

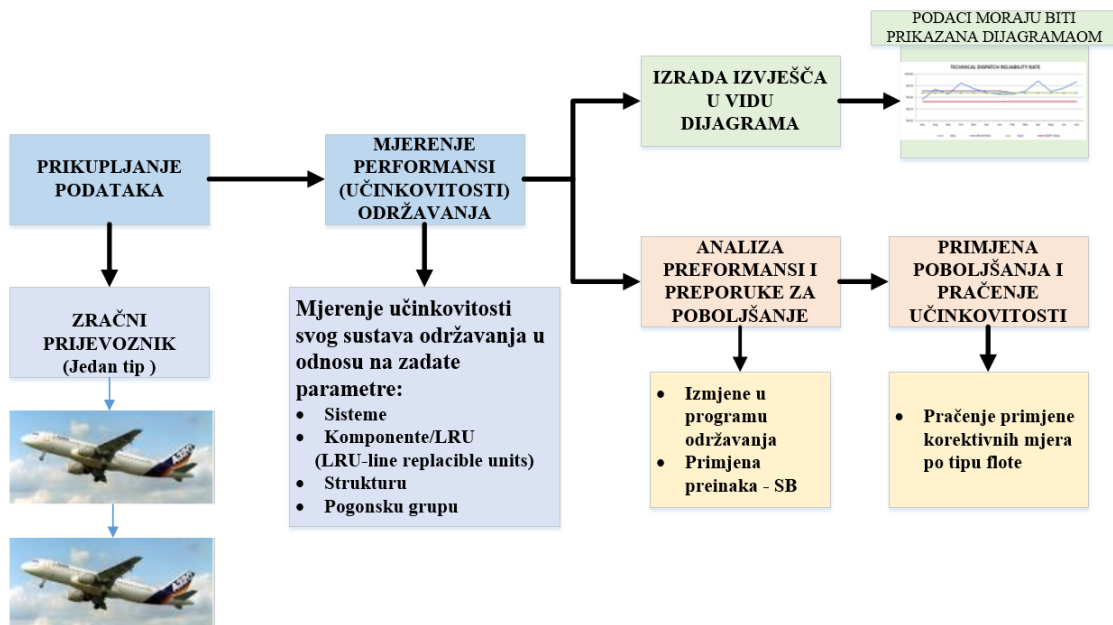
Ciljevi RP-a:

- Prepoznavanje elemenata koji se trebaju mijenjati
- Predložiti i uspostaviti korektivnu akciju koja je potrebna za elemente koji se moraju mijenjati
- Pratiti i odrediti učinak korektivne akcije

RP vrši prikupljanje podataka od:

- Pilotskih izvješća
- Tehničkih upisa o greškama
- Upisa grešaka tehničkog osoblja
- Prikupljanjem nalaza tijekom pregleda
- Izvješća o funkcionalnim pregledima
- Izvješća s inspekcija i specijalnih inspekcija
- *Air Safety Report*
- Izvješća o kašnjenjima
- Izvješća o nesrećama i nezgodama
- Izvješća o CAT-III; ETOPS...

Dijagram tijeka aktivnosti za tip zrakoplova za koji se prati RP prikazan je na slici 7.



Slika 7. Program pouzdanosti zračnog prijevoznika,[4]

RP-om se izvodi analiza podataka nad:

- Usporedbom željenog standarda pouzdanosti i ostvarenog tijekom letenja
- Analizom trendova
- Analizom ponavljajućih grešaka
- Dobivenim i očekivanim rezultatima ispitivanja
- Praćenjem LLP životnog vijeka
- Radioničkim izvješćima nakon popravka ili obnove
- Drugim metodama

2.4.2. Preporuke proizvođača zrakoplova

Uzimajući u obzir sve analize i svjetsku tehničku pouzdanost proizvođač zrakoplova i vlasti koje su izdale TC daju zahtjeve i dodatne obavijesti za održavanje zrakoplova koje su [11]:

- *Alert Operators Transmission - AOT* je hitan zahtjev za akciju za određenog zračnog prijevoznika. AOT daje informaciju o mogućem kvaru koji bi imao katastrofalne posljedice na sigurnost zrakoplova. Akcija koja se traži je hitna i kratkog roka, što može biti i akcija prije prvog leta. AOT je obavezan i ne može se odlagati i ima snagu zrakoplovne naredbe.
- Informativna servisna pisma (*Service information Letter, SIL*) je obavijest zračnom prijevozniku o poboljšanju održavanja zrakoplova preko izmjene procedure, kupnje novog dijela ili drugog praktičnog savjeta.
- Servisni bilten (*Service Bulletin, SB*) je obavijest zračnom prijevozniku koja opisuje kako se može izvesti neka preinaka na zrakoplovu, inspekcija, zamjena dijela ili

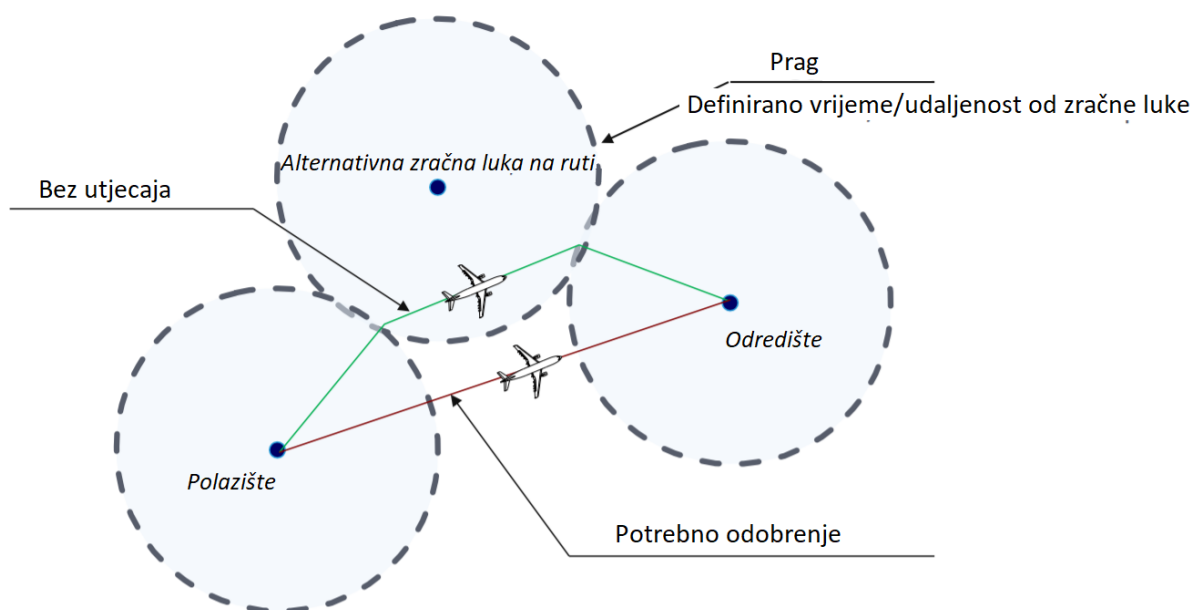
preventivni popravak. SB po važnosti može biti neobavezan za primjenu i obavezan za primjenu s definiranim rokom.

Pored preporuka proizvođača zrakoplova, zrakoplovne vlasti koje su dale dozvolu za proizvodnju zrakoplova TC mogu izdati zrakoplovne naredbe koje se odnose na održavanje zrakoplova.

Direktive o plovidbenosti (*Airworthiness Directives notes*, AD) ili zrakoplovne naredbe su zakonski obvezne regulative koje izdaju zrakoplovne vlasti u svrhu ispravljanja nesigurnih uvjeta rada u proizvodu koji konkretno predstavlja zrakoplov, motor, propeler ili druge uređaje. Direktiva specificira akcije koje vlasnik zrakoplova, operator mora izvesti kako bi razriješio sigurnosnu prijetnju leta.

2.5. ETOPS

ETOPS (*Extended-range Twin engine Operational Performance Standards*) predstavlja let između dvije zračne luke koje u pravolinijskom letu zahtijeva letenje iznad velikih vodenih površina što nije moguće s dva motora ako je u bilo kojoj točki leta, udaljenost zrakoplova od zračne luke za slijetanje u slučaju nužde veće od vremena odobrenog pravilom za letenje ETOPS. Zahtjev se odnosi na zrakoplove s dva motora. Početni zahtjev je da u svakom trenutku leta zrakoplov može biti udaljen maksimalno 60 minuta od zračne luke na koju mogu sletjeti u slučaju izvanrednih okolnosti. ETOPS propisuje dodatne zahtjeve održavanja i letenja zrakoplova čijom se implementacijom maksimalna udaljenost zrakoplova od najbliže zračne luke produžuje na 120 odnosno 180 minuta. Na slici 8. Prikazan je let zrakoplovom koji leti između dvije luke preko velikih vodenih površina.



Slika 8. Ruta leta prema ETOPS dozvoli za let, [12]

Implementacija ETOPS-a je proces koji se izvodi u dva koraka, jedan je vezan za proizvođača, a drugi za operatora. Obveza proizvođača je dizajniranje pouzdanih motora i sustava te implementacija sustava i procedura potrebnih za plovidbu i slijetanje u ETOPS uvjetima. Obveza operatora je implementacija specifičnih postupaka i mjera opreza pri održavanju kako bi se očuvala visoka razina pouzdanosti. Zračni prijevoznik mora imati procedure za letenje koje prema ETOPS zahtjevu osiguravaju potrebne procedure za zaštitu posade i putnika u slučaju izvanrednih okolnosti.

ETOPS *Configuration, Maintenance and Procedures - CMP* je dokument koji za određenu kombinaciju motora i strukture sadrži minimalne konfiguracijske zahtjeve, specijalne inspekcijske zahtjeve, ograničenja životnog vijeka sklopovlja, ograničenja prema listi minimalne ispravnosti zrakoplova za let *Master Minimum Equipment List - MMEL*, procedure za letenje po uvjetima ETOPS i posebne uvijete održavanja zrakoplova.

3. Izrada programa održavanja zračnog prijevoznika

Zračni prijevoznik na temelju MPD-a izrađuje vlastiti program održavanja, koji se zove Program održavanja zračnog prijevoznika (*Operator Maintenance Program*, OMP). U OMP osim zahtjeva i preporuka ulaze AD note, SB, SIL, zahtjevi zrakoplovnih vlasti države u kojoj je registriran zrakoplov, zahtjevi održavanja i priručnici za održavanje proizvođača opreme i motora i posebni zahtjevi koje propisuje zračni prijevoznik na osnovu vlastitih iskustava u letenju. Na temelju navedenih dokumenata izrađuje se lista zadataka i definicije postupaka i procedura koje predstavljaju osnovu održavanja zrakoplova nekog prijevoznika kako je prikazano na slici 9.

Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (*European Aviation Safety Agency*, EASA) propisuje u PART-M regulativi zahtjeve koje zračni prijevoznik mora zadovoljiti da bi mu lokalne zrakoplovne vlasti odobrile program održavanja. Lokalne zrakoplovne vlasti mogu dodati vlastite obvezujuće zahtjeve za održavanje zrakoplova, primjerice dodatne periodične provjere, kalibracije, testove [13].

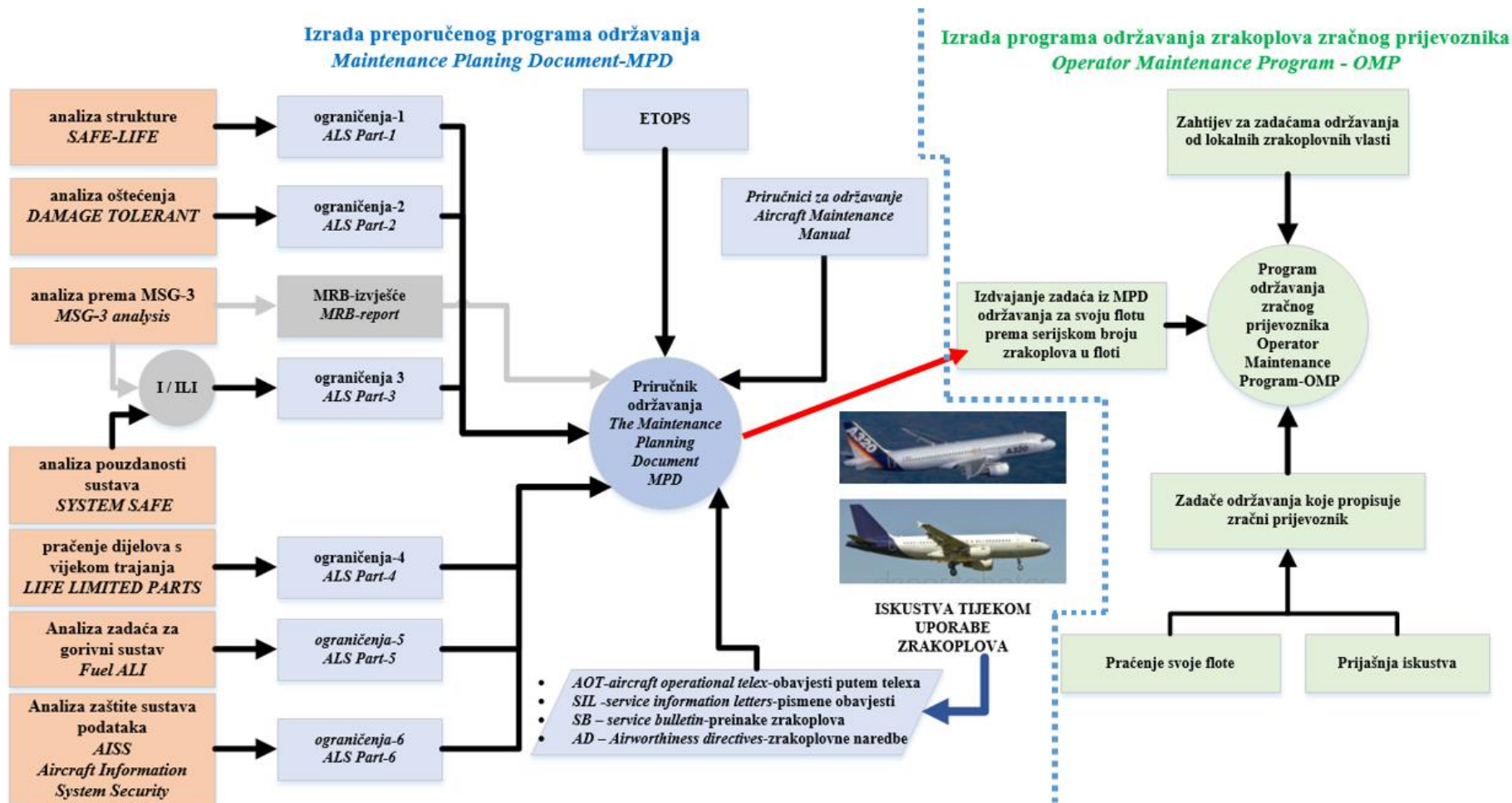
Zračni prijevoznik je dužan stalno pratiti izmjene MPD-a i pratiti izdavanje AD koje izdaju zrakoplovne vlasti. Obvezan je identificirati AD i periodično provjeravati izdavanje novih te ih ukoliko se odnosi na zrakoplov koji ima zračni prijevoznik mora uvrstiti u program održavanja.

Uz stalno praćenje tehničke ispravnosti zrakoplova preko RP-a, potrebno je, ako se na RP-u utvrdi da su nužne izmjene u programu održavanja, izmijeniti program održavanja kako bi poboljšao sigurnost i učinkovitost održavanja.

Program održavanja predstavlja program izvršenja svih zadataka održavanja koje se odnose na jedan tip zrakoplova i na određeni serijski broj zrakoplova.

Program održavanja prijevoznika sastoji se od pet potpoglavlja. Prvo potpoglavlje, Opće informacije, definira za koji zrakoplov je program napisan, tko je vlasnik i odgovoran za izradu programa, te ukratko opisano što je definirano u ostalim dijelovima programa. Drugo potpoglavlje, Osnova programa, definira na temelju kojih dokumenata je izrađen program, primjerice definira točnu verziju i reviziju MRBR-a, MPD-a za neki tip zrakoplova. Amandmani su treće potpoglavlje i definiraju tko implementira potrebne promjene u program. Četvrto potpoglavlje Dozvoljena odstupanja perioda održavanja, definira maksimalno vrijeme odgađanja potrebne akcije održavanja za neku stavku, kako bi zrakoplov u izvanrednim okolnostima ipak mogao letjeti. Dozvoljena odstupanja primjenjuju se za točno određen zrakoplov u jedinstvenoj situaciji. Revizije programa održavanja je posljednje potpoglavlje u koje se nalazi podatak o zadnjoj reviziji, pravila godišnjih revizija i implementacija novina u program.

Definicije i regulativa sadrži popis skraćenica i oznaka za određene intervale odnosno aktivnosti pregleda, primjerice definirano je da slovo S predstavlja Servis pregled, zadaće mehaničari izvode svakih osam dana. Slijede definicije jedinica vremenskih intervala za zadaće, koje se dijele na operacijske: satovi leta i ciklus te kalendarske: kalendarski sati, tjedni, mjeseci i godine. U sklopu rječnika nalaze se popis pojmova koji se provlače kroz program i njihove definicije.



Slika 9. Program održavanja zrakoplova koji izrađuje zračni prijevoznik za svoje zrakoplove

4. Planiranje radova godišnjih i višegodišnjih pregleda baznog održavanja

4.1. Planiranje zadaća održavanja zrakoplova

Prema definiciji Hrvatska agencije za civilno zrakoplovstvo [14], plovidbenost se definira na sljedeći način:

„Plovidbenost zrakoplova je sposobnost zrakoplova za sigurnu zračnu plovidbu. Aktivnosti koje osiguravaju plovidbenost zrakoplova se dijele na certificiranje i nadzor nad zrakoplovima, te na certificiranje i nadzor nad organizacijama i osobama koje se bave projektiranjem, proizvodnjom, kontinuiranom plovidbenosti i održavanjem zrakoplova. Da bi zrakoplov bio sposoban za sigurnu zračnu plovidbu potrebno je da se stanje njegove plovidbenosti neprekidno nadzire. Taj koncept naziva se „kontinuirana plovidbenost“.“

Odgovornost za izradu programa održavanja zrakoplova i nadzor za kontinuirana plovidbenost zrakoplova provodi dio organizacije zračnog prijevoznika koji je propisan regulativom PART-M koju propisuje EASA [9], a Republika Hrvatska kao članica Europske Unije ima ustrojenu agenciju koja je dio EASA.

Svi zahtjevi održavanja propisuju se kroz zadaće održavanja koje izvodi organizacija koja je ovlaštena za održavanje zrakoplova po regulativi PART-145.

Zrakoplov se smatra plovidben ako ga se održava i koristi u skladu s navedenim i odgovarajućim ograničenjima u korištenju.

4.1.1. Zadaće održavanja zrakoplova

PART-M organizacija mora program održavanja zrakoplova zračnog prijevoznika kontinuirano mijenjati u skladu sa zahtjevima programa održavanja koji propisuje proizvođač zrakoplova, u skladu s izdanim AD notama i uvrstiti izmjene u program održavanja koje proizilaze iz zahtjeva odbora koje kod zračnog prijevoznika prati tehničku pouzdanost rada zrakoplova i sigurnost letenja.

Zadaće održavanja zrakoplova propisane su u odobrenom programu održavanja zrakoplova koji su odobrile zrakoplovne vlasti gdje je zrakoplov registriran, a koji je izradio zračni prijevoznik. Na slici 9. prikazan je dijagram aktivnosti izrade programa održavanja zrakoplova za zrakoplove Airbus A320f.

Zadaće održavanja zrakoplova koje su propisane programom održavanja su:

- Zadaće održavanja strukture zrakoplova ili strukture zrakoplova što predstavlja zadaće koje se odnose na inspekcije, testiranja i zamjenu dijelova s vijekom trajanja na strukturi zrakoplova.

- Zadaće održavanje sustava i pogonske grupe zrakoplova su zadaće koje se odnose na praćenje rada, zamjenu dijelova s vijekom trajanja, testiranje sustava, motora i komponenti zrakoplova.
- Zadaće pregleda pojedinih zona zrakoplova kojima se propisuju inspekcije pojedinih zona zrakoplova za utvrđivanje općeg stanja zone i provjere ožičenja i zaštite zrakoplova od jakih elektromagnetnih zračenja.

Zadaće održavanja zrakoplova se izvršavaju prema intervalima koji su izraženi u:

- FH zrakoplova što predstavlja vrijeme mjereno u satima od polijetanja zrakoplova do slijetanja zrakoplova.
- FC jedan ciklus je jedan događaj polijetanja i slijetanja zrakoplova
- vrijeme kalendarsko je proteklo vrijeme mjereno od prvog leta zrakoplova

4.1.2. Vrste održavanja zrakoplova

Zadaće održavanja zrakoplova izvodi PART-145 organizacija koja može imati ovlaštenje za održavanje zrakoplova prema tehnologiji održavanja:

- Linijsko održavanje (*Line Maintenance*). Ovo održavanje je održavanje zrakoplova tijekom komercijalnog letenja i osnovna namjena je servisno održavanje zrakoplova tijekom letenja i otklon grešaka koje mogu nastati. Održavanje se izvodi primarno na otvorenom prostoru bez hangara i posebnih uvjeta za rad.
- Bazno održavanje (*Base Maintenance*). U Baznom održavanju zrakoplova izvode se zadaće održavanja koje zahtijevaju posebne uvjete rada, ili zadaće koje zahtijevaju posebne tehnologije ili duže zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja.
- Radioničko održavanje (*Shop Maintenance*) je održavanje pogonske grupe (motora) i svih popravljivih dijelova na zrakoplovu.

Zračni prijevoznici su odgovorni za izvršenje zadaća održavanja u za to ovlaštenim organizacijama za rad prema PART-145 [9]. Zračni prijevoznici mogu imati svoje radionice za održavanje zrakoplova za sve radove, za dio radova ili ih uopće ne moraju imati u svom djelokrugu rada organizacije za održavanje zrakoplova. Zračni prijevoznici za sve PART-145 organizacije za održavanje zrakoplova koje nemaju u svojoj organizaciji, moraju osigurati ugovore s ovlaštenim organizacijama za održavanje zrakoplova kako bi osigurali izvršenje zadaća održavanja.

4.2 Planiranje održavanja

Polazište za planiranje održavanja zrakoplova je životni vijek zrakoplova. Za zrakoplov Airbus A320f polazni parametri su životni vijek koji je 48000 FC i 60000 FH [15]. Ako bi zrakoplov do kraja životnog vijeka potrošio sve projektirane sate leta i sve cikluse leta zrakoplov bi letio u omjeru $FH/FC = 1,25$ odnosno prosječna dužina leta zrakoplova bi bila 1,25 sati.

Zadaće održavanja prema intervalima ponavljanja mogu biti:

- Zadaće koje se periodično ponavljaju od proizvodnje zrakoplova do kraja uporabivosti zrakoplova. Intervali ponavljanja zadaća održavanja određuju se u FH, u FC i prema kalendarskom vremenskom intervalu.
- Zadaće koje imaju prag kada se prvi put izvode i nakon toga se ponavljaju u pravilnim intervalima letenja. Ovo su primarno zadaće pregleda strukture zrakoplova i prvo izvođenje ili prag za prvo izvođenje su im nakon polovice potrošenosti ciklusa zrakoplova, a nakon prvog izvođenja imaju periodične intervale za izvođenje.

Planiranje održavanja zrakoplova prema planiranom naletu ili kalendarskom vremenu izvodi se:

- Kratkoročno - za zadaće održavanja koje se rade na linijskom održavanju, koji se izvršavaju bez posebnih zahtjeva hangarskog prostora, posebnih alata ili posebnih znanja i kvalifikacija ljudi. Odnose se na održavanje koje se izvodi tijekom komercijalnog letenja.
- Dugoročno - za zadaće koje su intervala većeg od 12 mjeseci ili razmjernog naleta u tom periodu, koje zahtijevaju posebne uvijete održavanja, posebne alate ili posebne vještine i znanja tehničkog osoblja.

Da bi se moglo planirati održavanje, zračni prijevoznik mora uzeti u obzir sljedeće podatke za planiranje:

- Karakteristiku flote zrakoplova
- Godišnju uporabu flote za letenje
- Raspoloživost kapaciteta održavanja zrakoplova

4.2.1 Karakteristike flote zrakoplova

Planiranje radova na svakom pojedinačnom zrakoplova polazi od broja sati naleta zrakoplova, broja ciklusa leta i starosti zrakoplova. Zrakoplov koji se više koristi, odnosno tijekom kalendarskog perioda ima više FH ili FC razmjerno potrošenim satima leta ili ciklusima, zadaće održavanja kalendarski češće dolaze po lanu održavanja zrakoplova. U drugoj polovici životnog vijeka zrakoplov ima veći obujam radova u baznom održavanju zbog zadaća koje se po programu održavanja prvi put izvode, odnosno zbog zadaća koje imaju prag prvog izvođenja kad ostvare dovoljan broj sati leta ili ciklusa zrakoplova.

Tijekom uporabe zrakoplova dolazi do oštećenja strukture, čiji se popravci odgađaju do prvog sljedećeg velikog pregleda. Oštećenja mogu nastati zbog nenamjernih oštećenja na strukturi zrakoplova tijekom opsluživanja zrakoplova, tvrdim slijetanjem ili uporabom zrakoplova izvan dozvoljenih proračunskih ograničenja rada, oštećenja koja nastaju udarom groma u zrakoplov ili udarom stranog tijela i ptica. Popravci ovih oštećenja strukture se planiraju po vremenu popravka za svaki zrakoplov i svaki pregled posebno.

Pojedini kvarovi zrakoplova ili redovne zamjene značajnih dijelova kao što su noge zrakoplova, komande zrakoplova ili motori predstavljaju dodatno zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja.

Planiranje rasporeda pregleda zrakoplova radi se prema broju zrakoplova u floti i prema broju zrakoplova koji je moguće izdvojiti iz komercijalnog letenja za održavanje. Planira se optimiranje planiranog letenja i radova po programu održavanja, pri takvom optimiranju moguće je napraviti odgode radova koji nisu nužni za plovidbenost zrakoplova ili pojedine radove održavanja na zrakoplovu napraviti ranije, kako bi se osigurala optimalna iskoristivost zrakoplova za letenje.

SB koji se žele ugraditi na zrakoplov produžuju vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja.

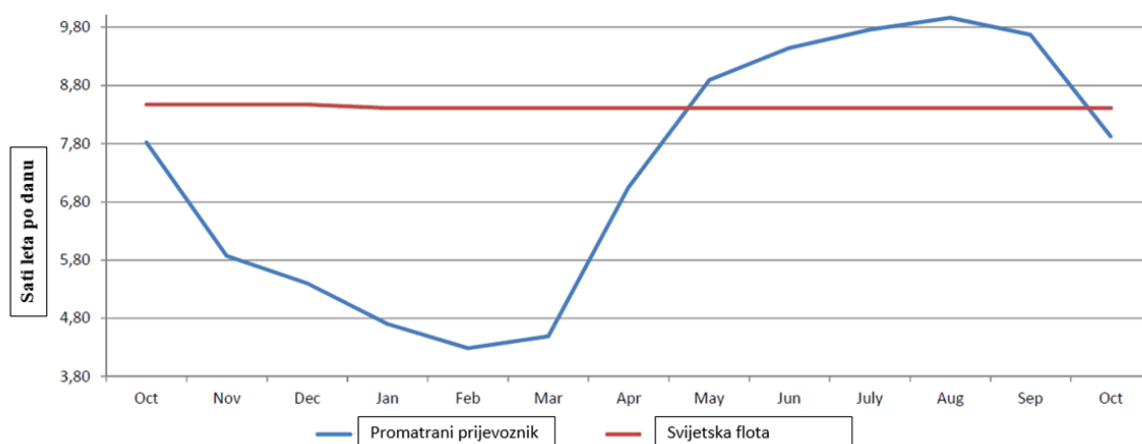
4.2.2. Godišnja uporaba flote za letenje

Karakteristika uporabivosti zrakoplova primarno određuje vrijeme i obujam održavanja zrakoplova. zračni prijevoznici mogu imati kontinuirao letenje duž cijele godine, a mogu biti izuzetno sezonalnog karaktera.

Čimbenik linijskog planiranja radova na zrakoplovu predstavlja vrijeme planiranog zadržavanja zrakoplova na radovima između dva leta i na kraju planiranog dnevnog letenja. Manji pregledi i servisiranje zrakoplova tijekom komercijalnog letenja mogu se izvršiti između dva leta ili na kraju zadnjeg leta u danu ako ima dovoljno vremena za pojedine zadaće održavanja. Ovakvo planirano linijsko održavanje je moguće ako na zračnoj luci postoji organizacija PART-145 koja može izvesti planirane radove. Ukoliko na zračnim lukama nema PART-145 organizacije za održavanje raspoloživi sati letenja se moraju uskladiti s potrebama održavanja odnosno zrakoplov mora obaviti preglede na zračnim lukama gdje je to moguće da bi osigurao plovidbenost do sljedećeg pregleda.

Veliki pregledi se usklađuju s redom letenja u ovisnosti o sezonalnosti letenja zrakoplova. Zračni prijevoznici mogu imati podjednak obujam letenja tijekom cijele godine ili u jednom dijelu godine letovi mogu biti intenzivniji u odnosu na drugi dio.

Primjer zračnog prijevoznika koji ima sezonalni godišnji nalet, raspoređen primarno u ljetnom periodu prikazan je na grafu 1.



Graf 1. Nalet svjetske flote i promatranog zračnog prijevoznika po danu

Prema letenju koje je prikazano na grafu 1. vidljivo je da je period do studenog tekuće godine do početka travnja sljedeće godine povoljan za velike radove s obzirom na to da je nalet flote u tom periodu dva puta manji od vršne uporabivosti zrakoplova u kolovozu i ostalim mjesecima sezone.

4.2.3. Raspoloživost kapaciteta održavanja zrakoplova

Raspoloživi kapaciteti za linijsko održavanje zrakoplova nisu kritični jer se svode na zadaće koje se mogu prema vremenu i kvalifikaciji tehničkog osoblja obaviti tijekom komercijalnog letenja. Radovi linijskog održavanja zahtijevaju u osnovnoj verziji potporu jednog ovlaštenog tehničara za rad tipa B1 i osnovne alate za servisiranje zrakoplova [16].

Primarni problem predstavlja hangarsko ili bazno održavanje kada je zrakoplov na velikom pregledu, koji zahtjeva zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja do 10 do 20 dana za redovne dvogodišnje preglede i do 30 dana za dvanaestogodišnje preglede. Radionice za ovakve radove zahtijevaju hangarske prostore i tehničare koji izvođe radove raznih specijalnosti. Zračni prijevoznici koji nemaju svoje radionice za održavanje zrakoplova radove izvođe u profesionalnim organizacijama za održavanje koje su ovlaštene prema PART-145 regulativi. Zbog ograničenog kapaciteta hangarskog prostora u svijetu zračni prijevoznik ukoliko nema mogućnosti izvesti zadaće održavanja prije isteka predviđenog intervala za rad mora prizemljiti zrakoplov jer zrakoplov gubi plovidbenost.

Za radove je potrebno dugoročno planiranje materijala za održavanje. Prema iskustvu pojedine specijalizirane radionice definira se redosljed čekanja za izradu dijelova ili za popravak dijela tako da planer mora uskladiti termin radova na zrakoplovu i vrijeme dolaska ispravnog dijela za održavanje.

Mjesto izvođenja radova predstavlja administrativni i troškovni problem. Ako je zrakoplov iz EU, administrativni problem predstavlja sam prelet zrakoplova u zemlju koja nije članica EU jer se zrakoplov kao takav privremeno uvozi u zemlju gdje se radovi izvođe za period vremena izvođenja radova. Dio administrativnih zadaća planera je i uvoz ili izvoz opasnih tvari kao što

su boce pod tlakom ili razne kemikalije ili dijelovi koji su opasan otpad ili se označavaju kao dijelovi s posebnim zahtjevom za transport kao što je motor koji zahtijeva posebna kopnena vozila i koji se ne može transportirati brodom.

Troškovni problem je prelet zrakoplova od zračne luke polazišta do zračne luke na kojoj je radionica za održavanje. U izračun troškova održavanja računa se sat leta zrakoplova, naknade za slijetanje na dolaznu zračnu luku i naknade za kontrolu letenja i usluge koje se posebno ugovore.

4.3. Planiranje velikih radova na zrakoplovima

Zrakoplov Airbus A320f konstruiran je za životni vijek uporabivosti od 48000 FC ili 60000 FH. Prvi interval koji zrakoplov ostvari znači da zrakoplov ne može dalje letjeti odnosno da je u potpunosti istrošen projektirani resurs zrakoplova. Uzimajući omjer parametara FH i FC, odnos sati i ciklusa je $FH/FC = 1.25$. Na grafu 1. prikazan je prosjek letenja svjetske flote što iznosi 8,41 FH dnevno ili 252,3 FH mjesečno. S brojem od 250 FH mjesečno zrakoplov bi vremenski trebao biti operativan 240 mjeseci i ako se u izračun uvrsti broj ciklusa koji bi se potrošio u potpunosti u tom periodu, zrakoplov bi mjesečno potrošio 200 FC.

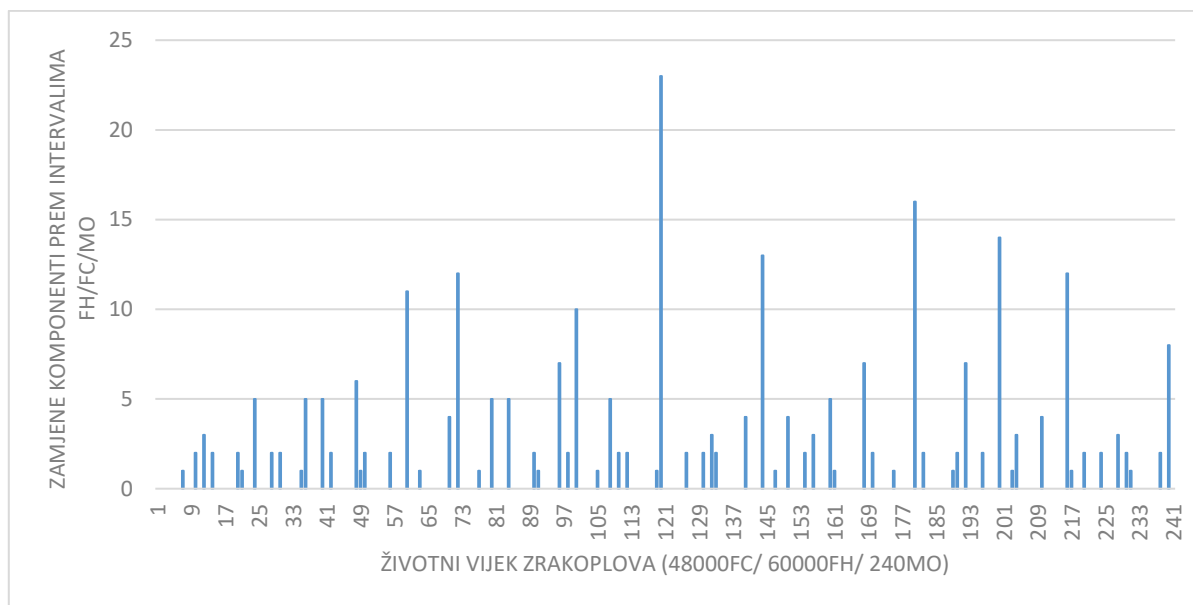
Program održavanja zrakoplova je skup zadaća održavanja koje se moraju izvršiti na određenim satima leta, ciklusima leta ili vremenskim intervalima. Postavljanjem svih zadaća održavanja na vremensku os koja iznosi 240 mjeseci, a svaki mjesec predstavlja 250 FH i 200 FC dobiva se idealni program održavanja zrakoplova prema teorijskom naletu s odnosom FH/FC koji iznosi 1.25, a prema prosječnom naletu svjetske flote zrakoplova od 250 sati mjesečno.

Program održavanja zrakoplova propisuje sve zadaće održavanja od preduzetnog pregleda zrakoplova koji se izvodi prije svakog leta do zadaća održavanja koje se izvode s pragom prvog izvođenja pri kraju životnog vijeka zrakoplova. U prikaz rasporeda zadaća po vremenskoj osi od 240 mjeseci u razmatranje će se zadaće održavanja zrakoplova koje imaju interval ponavljanja veći od 12 mjeseci odnosno veći od 3000 FH ili 2400 FC [14].

4.3.1. Teorijski raspored zadaća održavanja prema programu održavanja

Na grafu 2. prikazan je intenzitet zamjena komponenti koje se skidaju sa zrakoplova nakon što im je istekao vijek uporabivosti. Skinute komponente se popravljaju ili obnavljaju u radionicama, nakon čega im je životni vijek obnovljen. Na velikim pregledima skinute komponente se mogu poslati u radionicu na popravak i obnovu resursa i ponovo ugraditi na zrakoplov ako je zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja dovoljno dugo da se za to vrijeme komponente mogu popraviti. Ukoliko je vrijeme zadržavanja zrakoplova na pregledu kraće od vremena popravke komponente, onda se komponente mogu zamijeniti komponentama kojima nije istekao životni vijek trajanja ili se mogu ugraditi nove ili obnovljene. Zrakoplov nije plovidben ako bilo kojoj komponenti istekne životni vijek, a nalazi se na zrakoplovu. Zrakoplov postaje plovidben zamjenom komponente s komponentom koja ima životni vijek.

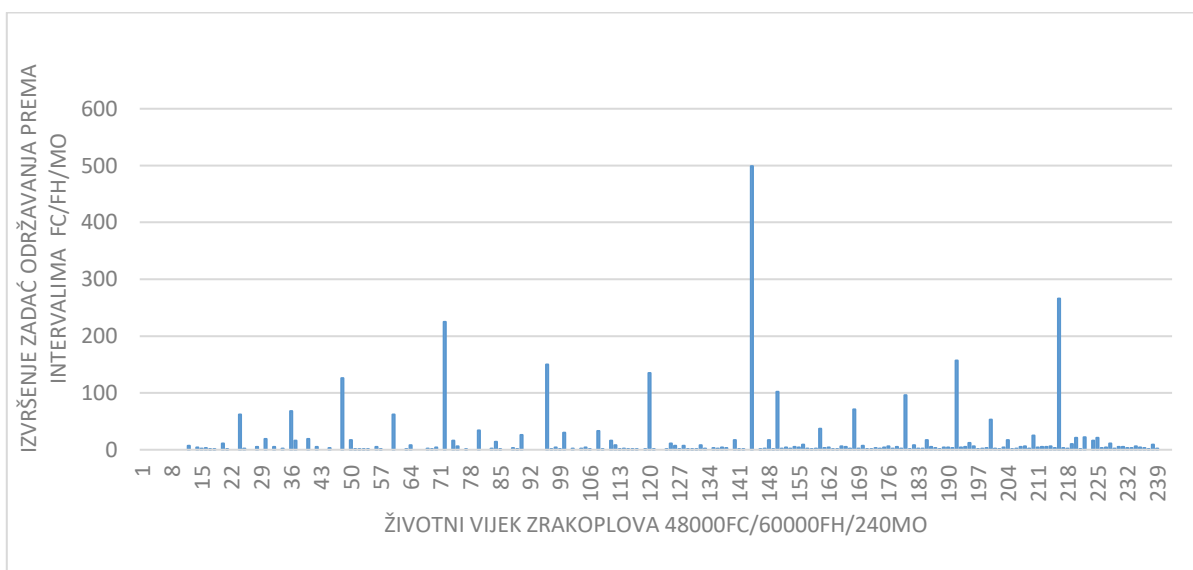
Intenzitet zamjena je cijele godine ujednačen, a veći broj zamjena je u drugoj polovici životnog vijeka zrakoplova ili nakon 12 godina letenja zrakoplova kako je prikazano na grafu 2.



Graf 2. Komponente koje se skidaju nakon isteklog radnog vijeka

Zadace održavanja zrakoplova koje se ponavljaju u intervalima, a odnose na preglede, inspekcije, funkcionalne provjere, praćenja stanja, servisiranje ili obnove sustava, motora i strukture zrakoplova prikazane su na grafu 2. Ako je zadaći istekao rok obavljanja, a ona nije obavljena zrakoplov prestaje biti plovidben dok se zadaća ne obavi.

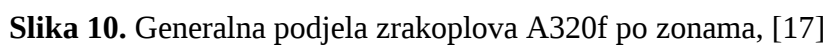
Rok izvršenja ovih zadaća se može produžiti pod uvjetima koji su propisani u priručniku za održavanje za svaku zadaću posebno. Vidljivo je grupiranje zadaća održavanja po šestogodišnjem intervalu s tim da se nakon polovice životnog vijeka broj zadaća redovitog održavanja povećava jer se neke zadaće prvi put izvršavaju. Zadaće koje se prvi put izvršavaju, su zadaće s početnim pragom izvršenja u drugoj polovici životnog vijeka zrakoplova.



Graf 3. Zadaće održavanja sustava, strukture i pogonske grupe prema MSG-3 analizi

ŽIVOTNI VIJEK ZRAKOPLOVA	ZADAČE PREGLEDA ZONA U INTERVALIMA PREMA FC/FH/MO
1	0
9	0
17	3
25	26
33	3
41	2
49	43
57	2
65	3
73	54
81	5
89	0
97	43
105	2
113	3
121	28
129	3
137	2
145	102
153	0
161	5
169	26
177	3
185	2
193	43
201	2
209	3
217	54
225	3
233	45

Prikaz osnovnih zona zrakoplova je na slici 10. [17]. Zadaće inspekcije zrakoplova u zoni imaju oznaku *Aircraft Electrical Wiring Interconnect System EWIS* gdje god se nalazi ožičenje u zoni. Zahtjev za posebnom oznakom zadaća održavanja EWIS koje se odnose na pregled ožičenja zrakoplova donesen je nakon više katastrofa zrakoplova različitih proizvođača, a čiji je uzrok kvar u ožičenju zrakoplova. EWIS zadaće su od 2008. godine propisane posebno u *Certification Specification CS-25-H* [9].



25

izložene kontaminaciji padalina s uzletno-sletne staze i okoline u kojoj zrakoplov leti. U zonama se izvodi pregled strukture zrakoplova, sustava koji se u njima nalaze i pregled ožičenja. Popravak strukture u slučaju nalaza korozije ili oštećenja zahtijeva duže zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja od planiranog vremena izvršenja pregleda.



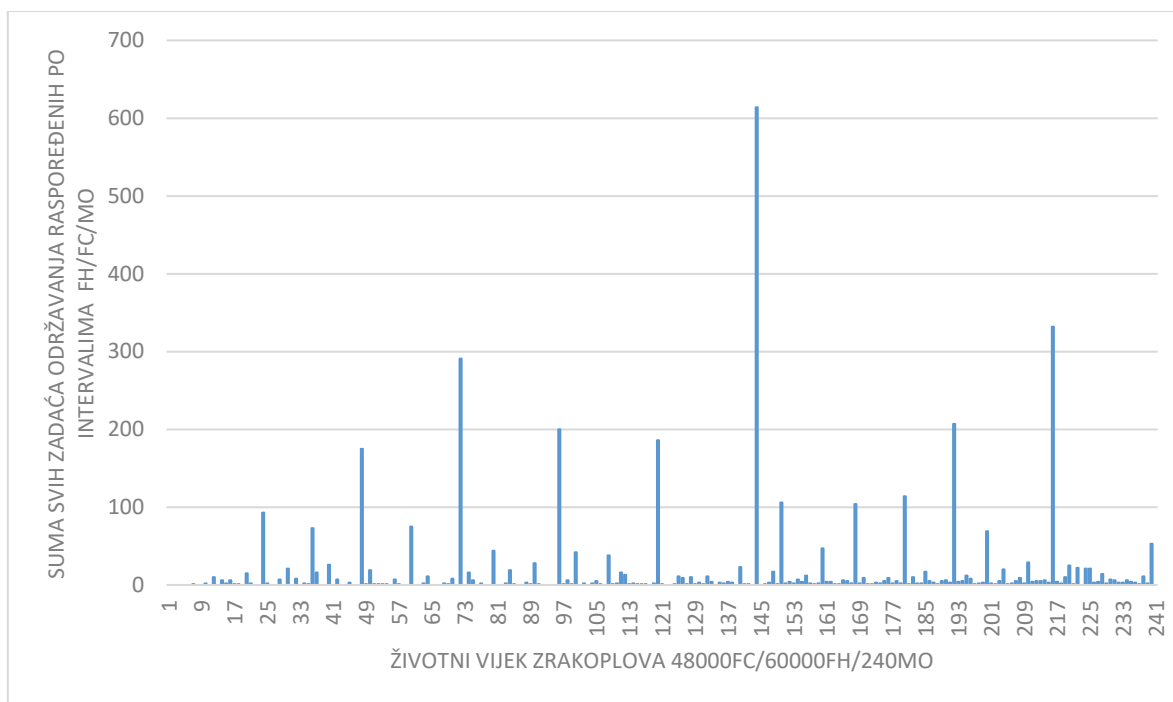
ZONA-140 podvozje zrakoplova
izloženost vibracijama i okolini leta



ZONA-500 krilo zrakoplova
izloženost vibracijama, i okolini leta

Slika 11. Zone 140 i 500 u kojoj se izvode pregledi strukture sustava i ožičenja

Raspored svih zadataka održavanja zrakoplova tijekom životnog vijeka zrakoplova koje se ponavljaju u intervalu većem od 12 mjeseci prikazane su na grafu 5. Na osnovu rasporeda zadataka održavanja, vidljivo je da se broj zadataka održavanja na cikličnim dvogodišnjim i šestogodišnjim pregledima povećava u drugoj polovici životnog vijeka zrakoplova. Ovakvo postavljanje zadataka održavanja zrakoplova prema ostvarenom naletu i prema planiranom naletu omogućuje zračnom prijevozniku izradu optimalnog programa pregleda zrakoplova za zadatke koje se ponavljaju u intervalima više od dvanaest mjeseci prema svojim uvjetima letenja.

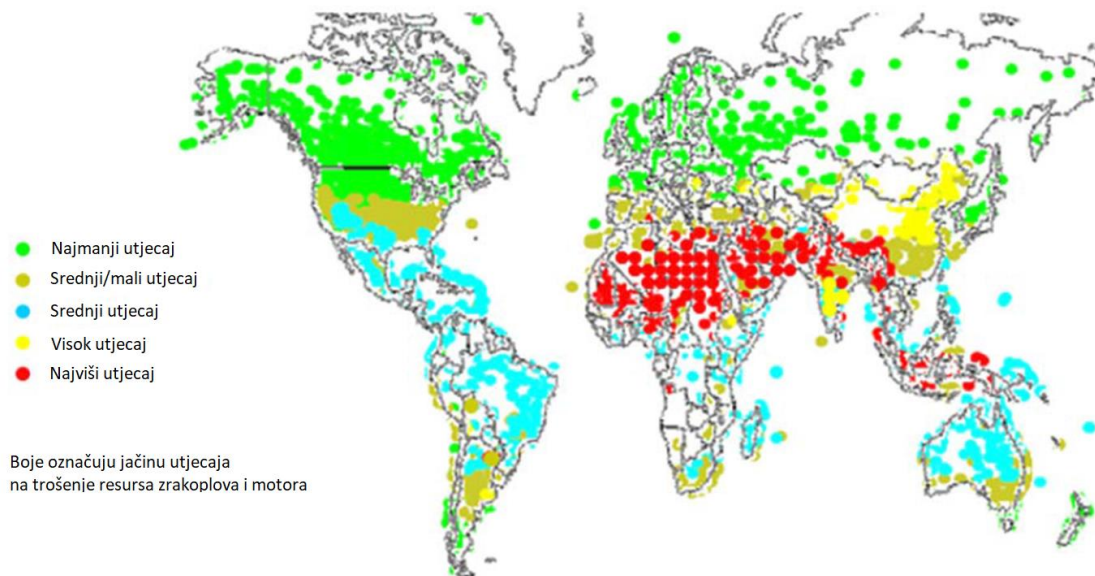


Graf 5. Raspored svih zadaća održavanja zrakoplova tijekom životnog vijeka koje se ponavljaju u intervalu većem od 12 mjeseci

4.3.2. Obujam radova tijekom velikih pregleda

Osnovne značajke planiranja trajanja vremena izvođenja radova predstavlja broj izvedenih zadaća održavanja tijekom radova i vjerojatnost da će se tijekom izvršenja neke zadaće pronaći neispravnost. Iz svih dijagrama je vidljivo da se broj zadaća održavanja povećava sa starošću zrakoplova. U drugoj polovici životnog vijeka uvode se radovi pregleda za održavanja strukture zrakoplova koji su vezani na cikluse letenja.

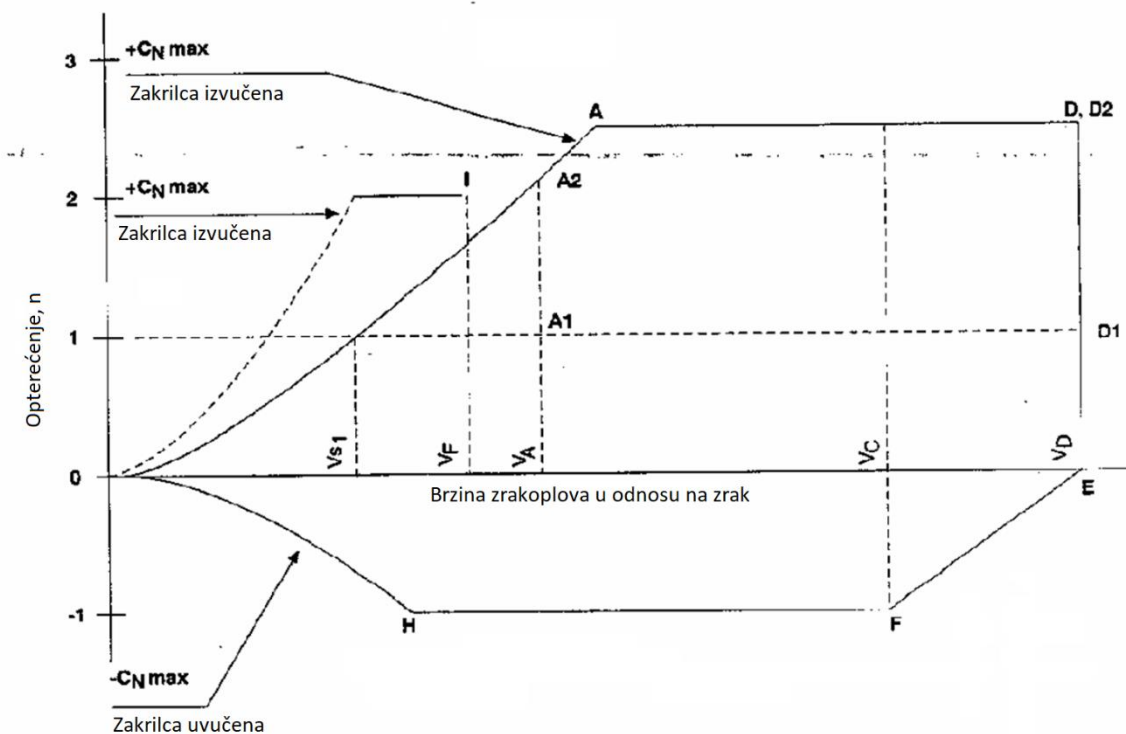
Vjerojatnost pronalaska grešaka primarno ovisi o okolini u kojoj zrakoplov leti i povećava se s brojem ciklusa zrakoplova. Na slici 12. prikazana je karta svijeta prema utjecaju na trošenje resursa motora [18]. Zelena boja prikazuje mali utjecaj na trošenje resursa motora, siva i plava srednji utjecaj, a žuta i crvena veliki utjecaj. Ovisno o zoni leta zrakoplova dolazi do većeg, odnosno manjeg oštećenja motora, što utječe na troškove obnove resursa motora u radionici. Zona leta zrakoplova jednako utječe i na pojavu oštećenja i korozije na trupu zrakoplova. Let kroz zelenu zonu s povećanom količinom soli u zraku povećava mogućnost korozije, a let u zonama gdje se javlja pijesak ili čestice pepela (crvena zona) povećava trošenje napadnih dijelova trupa koji su postavljeni frontalno prema letu zrakoplova i napadnih rubova krila uslijed abrazije.



Slika 12. Regije prema utjecaju na trošenje resursa zrakoplova i motora, [18]

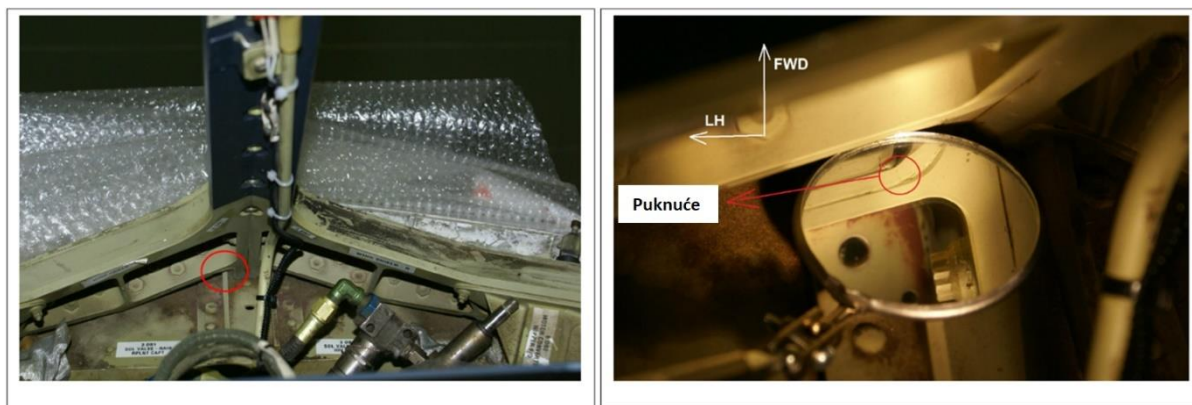
Struktura zrakoplova se projektira tako da može izdržati sile naprezanja tijekom životnog vijeka zrakoplova u granicama sile naprezanja za koje su projektirane i za broj ciklusa koji je najmanje jednak životnom vijeku zrakoplova.

Prema CS-25 [8] preporučena su maksimalna vršna pozitivna i negativna opterećenja strukture zrakoplova kako je prikazano na grafu 6. Zrakoplov Airbus A320f je projektiran za maksimalno opterećenje polijetanja od 1.7 g i slijetanja 2.6 g, tijekom leta podnosi naprezanja od 2.5 g pozitivnog naprezanja i 1g negativnog naprezanja [17]. Sila od 1 g naprezanja zrakoplova jednaka je težini zrakoplova na zemlji. Ovi podaci su proračunski za konstrukciju zrakoplova koja se radi na osnovu pretpostavljenih uvjeta letenja zrakoplova. Zrakoplov ne bi trebao imati oštećenje strukture uslijed zamora materijala ako se koristi u zadanim okvirima i ako se izvodi propisano tehničko održavanje. Proračunske nosivosti zrakoplova potvrđuju se u realnom letu tijekom uporabe zrakoplova. Proizvođač zrakoplova prati cijelu svjetsku flotu za tip zrakoplova i temeljem nalaza o stanju strukture na velikim pregledima daje obavijesti zračnim prijevoznicima o mogućim oštećenjima uslijed zamora materijala ili pojave korozije na dijelovima strukture. Ove informacije zračni prijevoznici koriste kako bi mogli planirati vrijeme izvođenja velikih pregleda gdje se očekuju popravci strukture. Popravak strukture može imati veliki utjecaj na zadržavanje zrakoplova na radovima tijekom velikih pregleda. Na starijim zrakoplovima koji su u drugoj polovici životnog vijeka veća je vjerojatnost pronalaska oštećenja strukture uslijed zamora materijala ili korozije na strukturi zrakoplova.



Graf 6. Preporučena ograničenja dozvoljenog opterećenja strukture zrakoplova prema CS-25, [8]

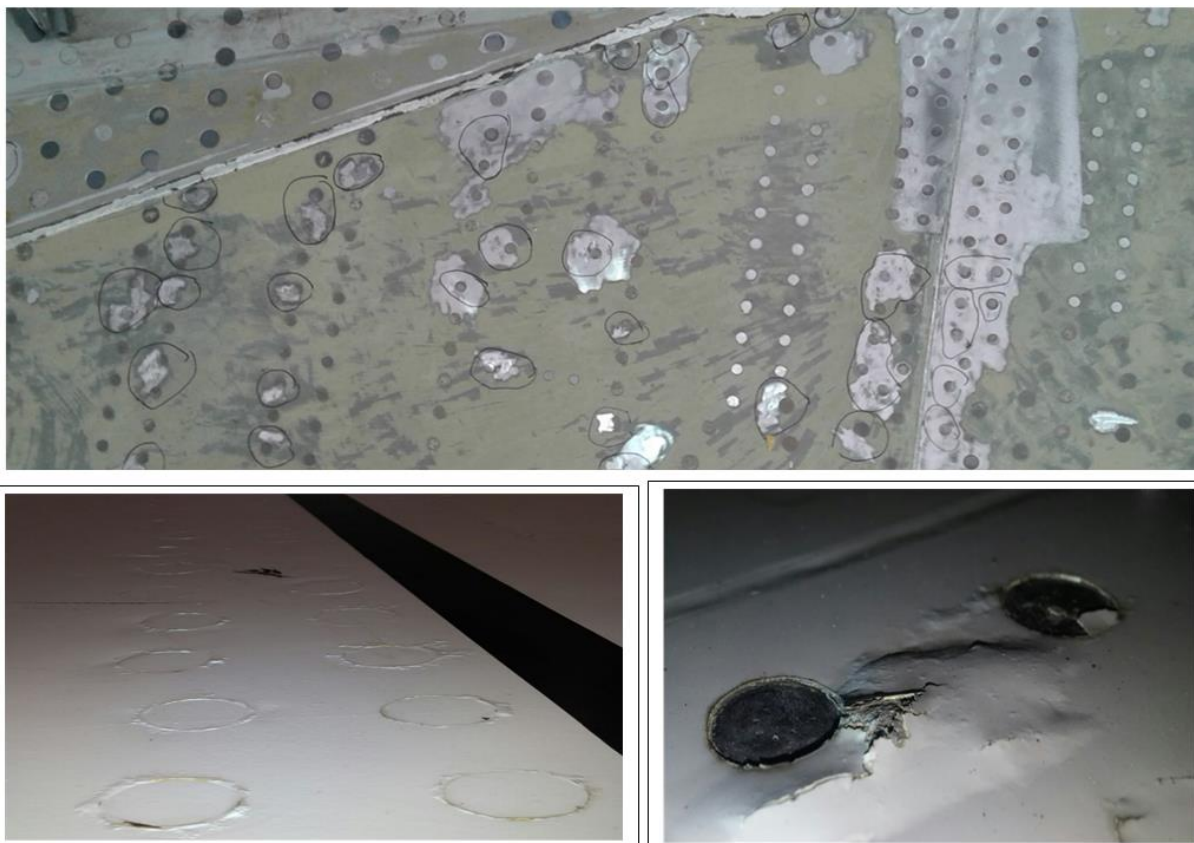
Primjer oštećenja strukture uslijed zamora materijala prikazan je na slici 13. Na zrakoplovima koji su po ciklusima leta bili u trećoj četvrtini životnog vijeka na pregledima su pronađena puknuća nosača prednjih pilotskih prozora. Puknuće je nastalo zbog zamora materijala. Popravak strukture zrakoplova produžuje planirano zadržavanje zrakoplova na radovima koje se planira za pregled baznog održavanja.



Slika 13. Puknuće dijela nosača prednjeg prozora na pilotskoj kabini uslijed zamora materijala

Primjer nastanka korozije uslijed letenja u okruženju koje u atmosferi ima čestica soli odnosno iznad morskih površina prikazano je na slici 14. Popravak ovakvog oštećenja zahtjeva rasterećenje krila, potporu trupa zrakoplova i krila kako bi se uklonila napregnutosti strukture. Nakon toga se mijenja jedna po jedna zakovica ili vijak što zahtijeva dugotrajan rad. Za organizaciju koja radi ovakvo održavanje to predstavlja dugotrajan rad s malim efektom

potrošnje ljudskog rada jer se radi samo na krilu s tempom sanacije jednog po jednog vijka. Sanacija korozije predstavlja vađenje vijka, čišćenje korozije u strukturi oko vijka, izrada novog provrta, mjerenje novog presjeka vijka, izrada novog vijka, postavljanje vijka i izrada zaštite. Za zračnog prijevoznika ovakvo dugotrajno zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja predstavlja manjak zrakoplova za planirano letenje što znači izravan gubitak prihoda.

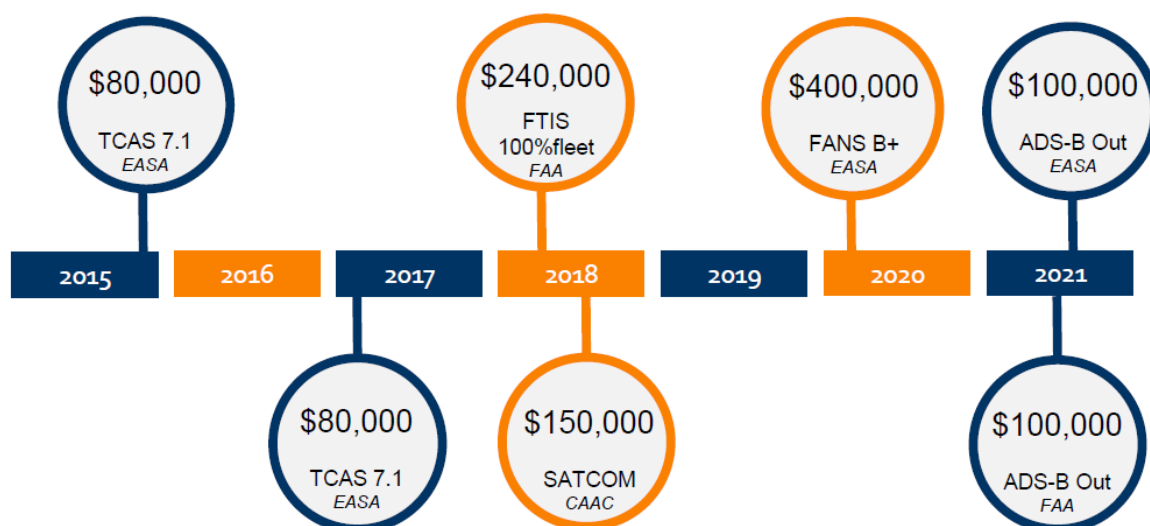


Slika 14. Primjer korozije oko vijaka i zakovica na krilu zrakoplova

Preinake ili modifikacije se izvode na zrakoplovu zbog zahtjeva regulative ili zahtjeva zračnog prijevoznika. Preinake koje se izvode zbog zahtjeva regulative odnose se na postavljanje novih standarda letenja ili zbog povećanja sigurnosti i pouzdanosti zrakoplova. Zračni prijevoznik preinake ugrađuje na zrakoplov koje nisu obavezne ako želi ugraditi nove sustave koji omogućuju manje troškove letenja i održavanja ili ako se želi dati novu ponudu na tržištu.

Zrakoplov ima životni vijek od 20 godina do 30 godina i u tom periodu dolazi do konstantnog tehnološkog razvoja tehnologije letenja. U skladu s novim tehnologijama letenja izravno se regulativom propisuju standardi opreme zrakoplova koje moraju zadovoljiti svi zrakoplovi koji su operativni. Noviji zrakoplovi se proizvode sa zahtijevanom novom tehnologijom, a na zrakoplovima koji su proizvedeni bez sustava za letenje koje propisuje regulativa, obavezno se moraju prilagoditi novim zahtjevima. Na slici 15. prikazan je zahtjev za preinake za sustave navigacije i komunikacije. Zrakoplovi koji su proizvedeni prije postavljanja standarda moraju ugraditi sustave kako bi bili u traženom standardu leta. Prikazan je trošak po pojedinom zahtjevu koji se odnosi na komponente i materijal. Pored ovog troška zračni prijevoznik mora predvidjeti vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja koje je neophodno da bi se preinaka izvela. Za pojedine preinake koje su prikazane na slici 15. potrebno je zadržavanje

zrakoplova na radovima održavanja do 15 dana. Kako bi smanjio odsutnost zrakoplova iz redovnog letenja ovakvi radovi se planiraju tijekom velikih radova kako bi se dio radova na preinakama uskladio s radovima za velike pregleda čime se za pojedinu preinaku može smanjiti zadržavanje zrakoplova u odnosu na vrijeme izvođenja same preinake samostalno.



Slika 15. Zahtjevi preinaka na zrakoplovu za održavanje standarda za navigaciju zrakoplova, [1]

Ugradnja satelitske komunikacije (*Satellite Communication*, SATCOM) na slici 16. prikazuje sustav za prijem i predaju signala satelitu na frekvenciji od 1525 MHz do 1660.5 MHz. Sustav služi za razonodu putnika i omogućava telefoniranje. Zračni prijevoznik ugrađuje ovakve sustave na zrakoplove na kojima izvorno nije ugrađen sustav pri proizvodnji zrakoplova, a u cilju omogućavanja veće udobnosti putnika. Ovisno o vrsti ugrađenih sustava na zrakoplovu zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja može se računati u okvirima od 20 dana prema iskustvu organizacije koja radi preinake na zrakoplovu. Preinaka se može planirati tijekom velikih radova u hangaru kako bi se dio radova preinake mogao obaviti tijekom velikih pregleda.



Slika 16. SATCOM sustav na zrakoplovu

4.4. Postupak izvođenja zadaća održavanja zrakoplova

Sve zadaće održavanja zrakoplova moraju se izvesti prema propisanim uputama za održavanje koje propisuje proizvođač zrakoplova [9,17]. Postupak za izvođenje zadaća koje su propisane priručnikom za održavanje sastoji se od:

- Postavljanje zrakoplova u uvjete za izvođenje zadaće, predstavlja osiguravanje uvjeta za rad za pojedinu zadaću. Zadaće linijskog održavanja izvode se na stajanci zračne luke i nisu potrebni posebni uvjeti za rad. Ako se na zrakoplovu treba provjeriti izvedba uvlačenja i izvlačenja podvozja, zrakoplov se mora odvući u hangar. Zabranjeno je dizati zrakoplov na otvorenom prostoru gdje je moguć vjetar ili gdje podloga nije ravna. Oko zrakoplova se mora osigurati sigurnosna zona za rad i svi zahtjevi koji su definirani u proceduri za dizanje zrakoplova propisani u AMM [17].
- Osiguranje pristupa za izvođenje zadaća na zrakoplovu, predstavlja izvedba svih predradnji koje su potrebne da bi se glavna zadaća izvršila. Potrebno je pripremiti alat, materijal i zrakoplov da se na njemu mogu vršiti radovi održavanja prema zahtijevanoj zadaći. Zadaće linijskog održavanja ne zahtijevaju posebnu pripremu zrakoplova za servisiranje ili pregled. Primjerice dopuna ulja u motor se vrši bez posebnih priprema zrakoplova, a pristup spremniku za ulje na motoru je izravno preko poklopca koji ima brave koje se otvaraju bez alata. Zadaće koje zahtijevaju posebnu pripremu zrakoplova su složene zadaće održavanja i planiraju se za izvođenje tijekom dužeg zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja. Za zadaću kojom se provjerava napregnutost kablova za izvlačenje podvozja u slučaju nužde potrebno je osigurati pristupnost kablovima za odbravljivanje brava koji se protežu od pilotske kabine do nogu podvozja *Task-Adjustment of the MLG Free-Fall Extension Cable System*. Za pristup treba skinuti podne panele u pilotskoj kabini, putničkoj kabini, prostoru za prtljagu, a ovisno o konfiguraciji zrakoplova prednju kuhinju i putnička sjedala od pilotske kabine do krila zrakoplova.
- Izvršenje zadaće *Task-Adjustment of the MLG Free-Fall Extension Cable System* predstavlja mjerenje zategnutosti kablova, a u slučaju da se mjerenjem pokaže da postoji odstupanje od zahtijeva u proceduri izvodi se podešavanje. Za mjerenje i podešavanje potrebno je 4 sata rada tehničara.
- Dovođenje zrakoplova u početno stanje predstavlja vraćanje zrakoplova u konfiguraciju i stanje kao što je bilo prije početka radova. Za zadaće linijskog održavanja to je zanemarivo vrijeme radova u odnosu na izvođenje glavne zadaće. U baznom održavanju zahtjeva se postavljanje svih panela u početno stanje uključujući i brtvljenje panela. Ovaj korak u radu predviđa potpisivanje potvrde o udovoljavanju uvjeta za plovidbenost zrakoplova. Osiguranje pristupa za izvršenje zadaće na zrakoplovu i dovođenje zrakoplova u početno stanje predstavlja višestruko veći obujam radova od same glavne zadaće za rad. Okvirno se troši do 60 sati rada tehničkog osoblja uz zadržavanje zrakoplova u održavanju od minimalno 24 sata. Završne radnje zahtijevaju višestruko duže zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja od izvršenja samog rada koji je osnova zadaće (pregleda, testiranja ili zamjene dijela sustava, strukture ili motora)

- Vraćanje zrakoplova u plovidbeno stanje predstavlja postavljanje zrakoplova u uvijete u kojima se može koristiti za let. Izvlačenje zrakoplova iz hangara i postavljanje na poziciju za korištenje zračnog prijevoznika za let.

4.5. Vrijeme izvođenja radova velikih pregleda

Zračni prijevoznik planira radove održavanja zrakoplova tako da grupira zadaće koje su propisane u odobrenom programu održavanja, a koje dolaze po broju FH, po FC i vremenu izvođenja u isti period za izvršenje. Paketu radova dodaju se zadaće kojima se izvode neobavezne preinake ili poboljšanja koja smanjuju troškove održavanja redovitog letenja ili su dio marketinga. Vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja prikazano je pregledom u tablici 1.

Radove izvodi PART-145 organizacija koja može biti u sastavu zračnog prijevoznika ili posebna organizacija za održavanje. Part-145 organizacija koja izvodi radove održavanja zrakoplova na osnovi broja zadaća održavanja zrakoplova planira izvršenje radova po vremenu i obujmu u pojedinom vremenskom intervalu radova. Primjer planiranog izvršenja radova prikazan je na slici 17.

Redoslijed izvođenja zadaća na velikom pregledu i vrijeme izvršenja ustrojen je redoslijedom kojim se optimalno skraćuje vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja. Glavne značajke su vremenski tijek radova koji je podijeljen u dijelove:

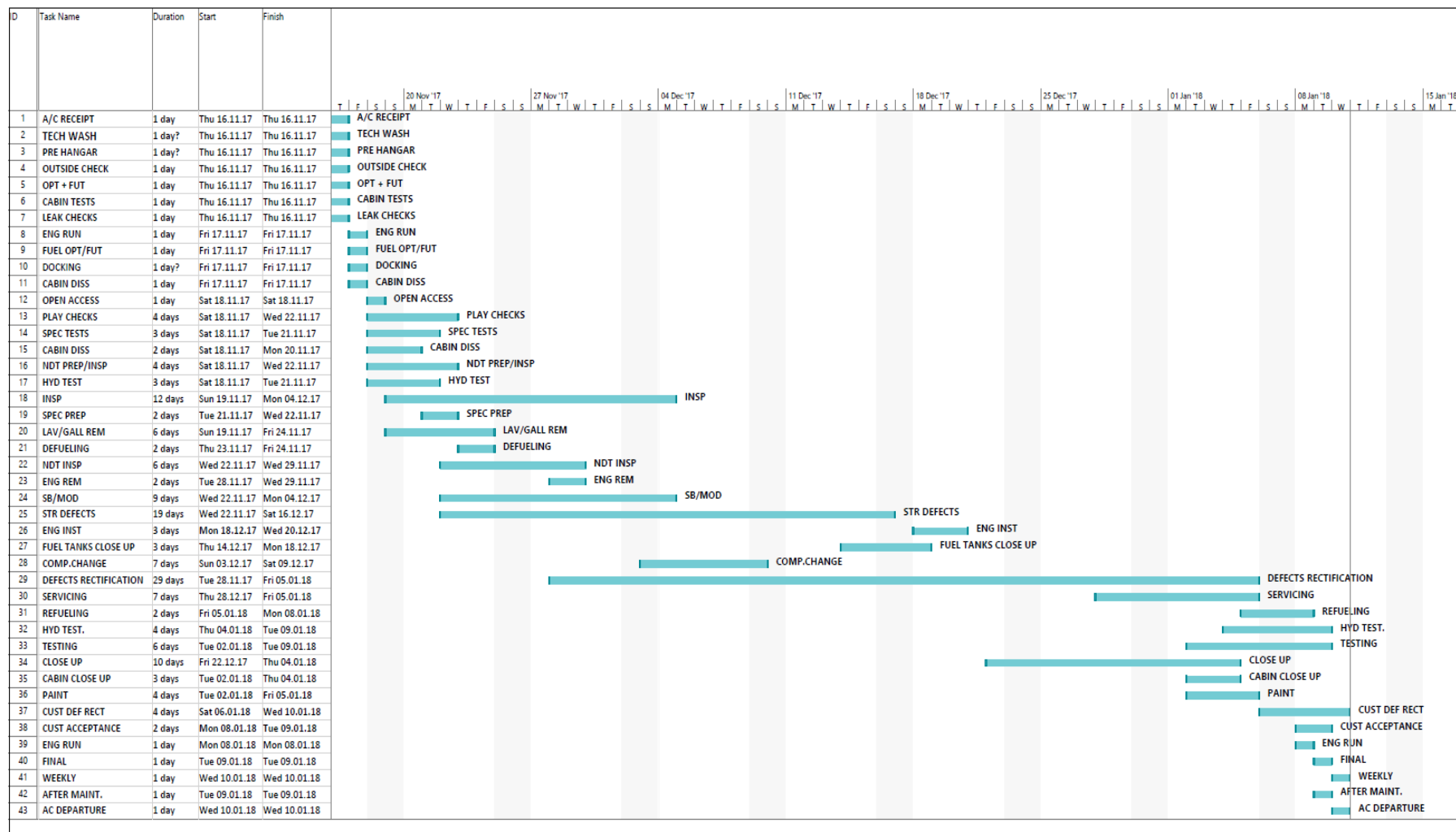
- Prihvat zrakoplova – ulazni pregled predstavlja generalnu pripremu zrakoplova za pregled. Pregled općeg stanja zrakoplova i pregled parametara motora. Zrakoplov se čisti i pere kako bi se mogle izvoditi inspekcije.
- Postavljanje zrakoplova u hangar je postavljanje zrakoplova na poziciju koja omogućava postavljanje skela oko zrakoplova koje omogućavaju pristup svim dijelovima zrakoplova uključujući i repne površine.
- Priprema zrakoplova za radove predstavlja osiguranje zrakoplova od nekontroliranog kretanja pomičnih površina, uvlačenja podvozja, aktiviranja boca pod tlakom ili drugih sustava koji mogu izazvati oštećenje zrakoplova ili povredu ljudi.
- Otvaranje zrakoplova predstavlja otvaranje pristupnih otvora i panela za inspekcije i predviđene radove. U kojoj mjeri će zrakoplov biti otvoren ovisi o obujmu radova. U prethodnom poglavlju je pojašnjeno kako svaka zadaća ima upute koje treba slijediti kako bi se osigurao pristup za njeno izvršenje. Pri izvođenju više zadaća pojedini paneli ili pristupi su zajednički za više zadaća, stoga se prije početka radova uspoređuju svi zahtjevi za pristup izvršenja zadaća i izrađuje zajednička lista pristupa i zajednička lista zatvaranja pristupa ili kompletiranja zrakoplova nakon radova. Ova lista omogućava racionalizaciju pripreme radova i postavljanje jedinstvenog sustava kontrole otvaranja zrakoplova za radove i nakon izvršenih radova zatvaranje zrakoplova.
- Inspekcije se izvode optimalnim redoslijedom sukladno omogućavanju pristupa za inspekcije na zrakoplovu. Cilj ih je izvesti u što kraćem roku kako bi se u slučaju nalaza kvara zrakoplov što prije popravio.
- Radovi na preinakama usklađuju se s planiranim radovima inspekcija i servisiranja i zamjeni komponenata. Usklađivanje podrazumijeva da se u zoni gdje se izvodi preinaka

prvo izvedu inspekcije kako bi se utvrdilo stanje zone. Time se omogućuje pravovremena reakcija u slučaju pronalaska kvara u zoni.

- Nalozi koji predstavljaju radove koji su planirani za saniranje grešaka koje su se pojavile u komercijalnom letu, a s kojima je zrakoplov mogao nastaviti let. Primjer su oštećenja strukture, delaminacije prozora i svi kvarovi koji se mogu dogoditi na zrakoplovu.
- Zamjena dijelova i servisiranje su radovi zamjene dijelova po isteku životnog vijeka i radovi koji su po zadaćama servisnog održavanja.
- Radovi na otklanjanju pronađenih neispravnosti tijekom pregleda su radovi koji se unose u plan aktivnosti, a koji se očekuju kao rezultat inspekcija zrakoplova. Količina i vrijeme trajanja ovih radova isključivo se određuje iskustveno za svaku organizaciju za održavanje. U plan ne ulaze greške koje su izvan prosječnog obujma nalaza po količini ili po vremenu popravka.
- Zatvaranje zrakoplova predstavlja instalaciju svih skinutih pristupnih panela i dijelova zrakoplova koji su skinuti u pripremnom dijelu za pregled.
- Završno testiranje zrakoplova vrši se nakon dovođenja zrakoplova u stanje plovidbenosti. Testiraju se sustavi i pogonske grupe zrakoplova. U izuzetnim slučajevima može uključivati test zrakoplova u zraku. Test zrakoplova u zraku vrše posebno obučeni piloti i tehničari na letu koji se deklarira kao *Test Flight*.
- Dovođenje zrakoplova u stanje plovidbenosti podrazumijeva pregled dokumentacije po kojoj je rađen pregled i izdavanje dozvole o uporabivosti *Certificate to Release CRS*.
- Isporuka zrakoplova zračnom prijevozniku, predaja plovidbenog zrakoplova zračnom prijevozniku. Predaja podrazumijeva primopredajni zapisnik koji potpisuje zračni prijevoznik i organizacija za održavanje zrakoplova.

Tablica 1. Vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja u drugoj polovici životnog vijeka (dvanaestogodišnjeg i osamnaestogodišnjeg pregleda) promatranog zračnog prijevoznika

PREGLED	144 mjeseci (12 godina) pregled					
Zrakoplov	MPD zadaće	EO zadaće	$\Sigma(\text{MPD}+\text{EO})$	DE-greške	$(\text{DE}/\Sigma) \times 100\%$	vrijeme radova
A	1450	49	1499	578	27,82	26 dana
B	1486	29	1515	601	28,4	23 dana
PREGLED	216 mjeseci (12 godina + 6 godina) pregled					
Zrakoplov	MPD zadaće	EO zadaće	$\Sigma(\text{MPD}+\text{EO})$	DE-greške	$(\text{DE}/\Sigma) \times 100\%$	vrijeme radova
A	1259	318	1577	318	16,78	34 dana
B	1496	157	1653	393	19,2	30 dana

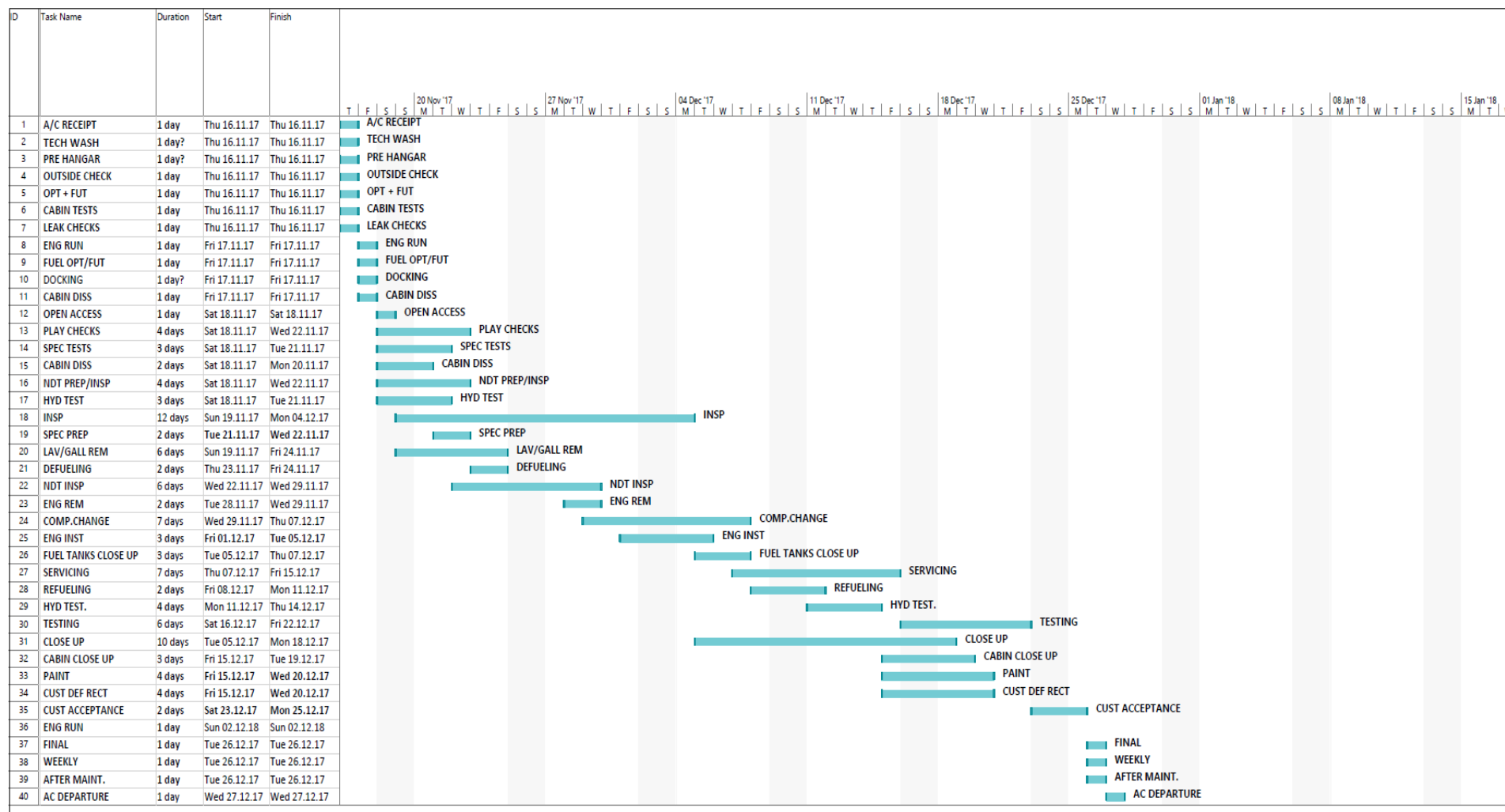


Slika 17. Slijed aktivnosti velikog pregleda zrakoplova u baznom održavanju promatranog zračnog prijevoznika

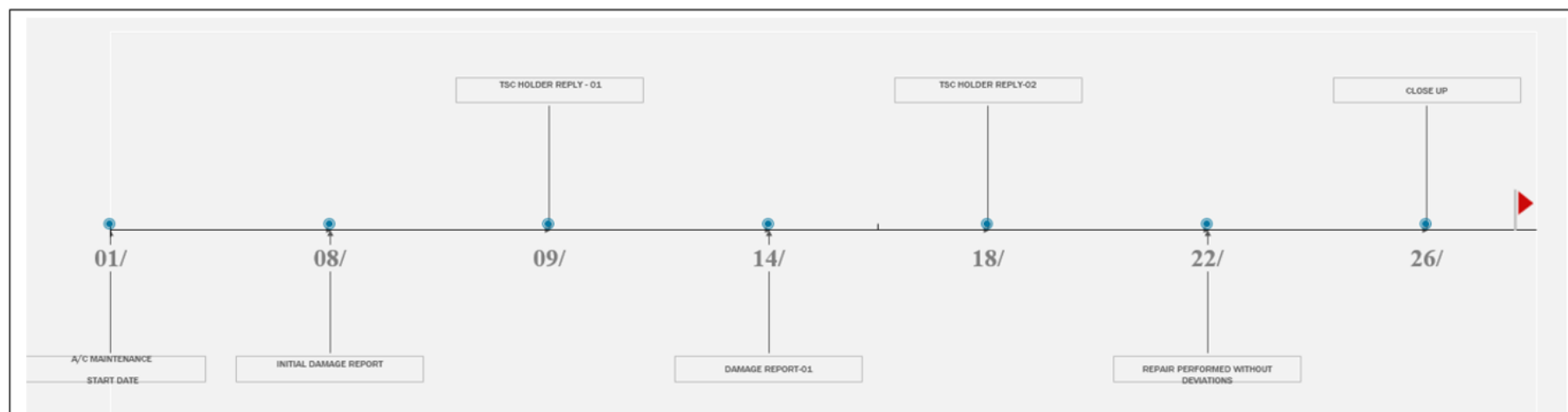
Na slici 17. predstavljen je primjer planiranja radova s prosječnim očekivanim nalazima grešaka tijekom pregleda i prosječnim preinakama za dvanaestogodišnji pregled koji po planiranom vremenu izvođenja traju 55 dana. Isti obujam radova na zrakoplovu s idealnim sustavima i strukturom bez planiranih preinaka na zrakoplovu prikazan je na slici 18. U idealnom slučaju na zrakoplovu bi se izvodile samo zadaće održavanja, bez pronađenih grešaka tijekom radova što bi smanjilo zadržavanje zrakoplova na radovima pregleda na 41 dan. Razlika u vremenu održavanja između idealnog zrakoplova bez grešaka i prosječnog zrakoplova s greškama u održavanju je u ovom primjeru 14 dana.

Slijed aktivnosti prikazan na slici 18. u slučaju da nema nalaza grešaka tijekom radova mogao bi se optimirati i dodatno skratiti vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja. S obzirom na to da to nisu realni uvjeti i pretpostavke za planiranje, u radu nije obrađeno teoretsko razmatranje ovakvih idealiziranih procesa održavanja.

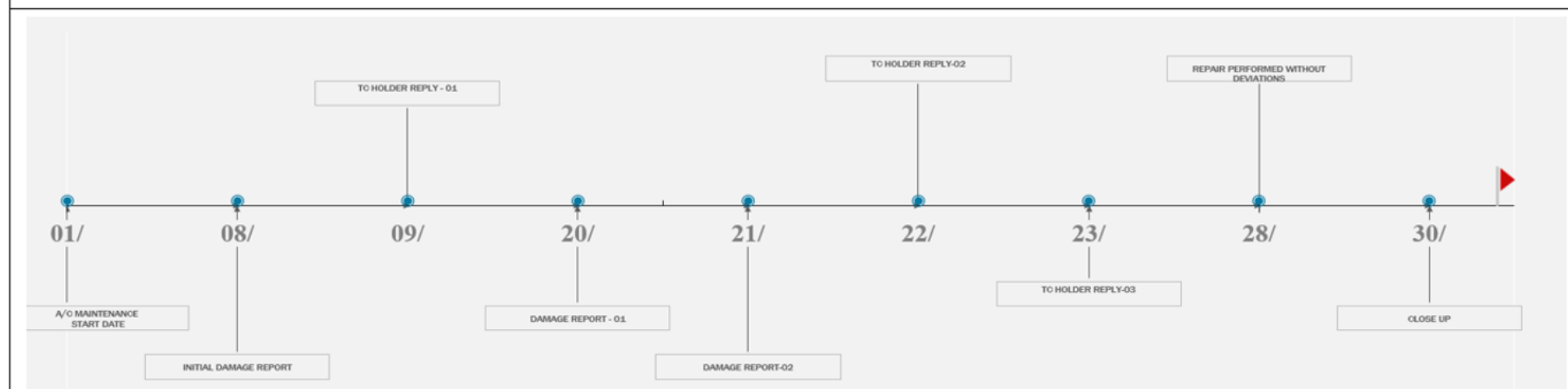
Na slici 19. prikazan je popravak korozije na zrakoplovu koji je pronađen tijekom radova. Korozija nije uobičajena i izvan je standarda planiranja zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja na velikim radovima. Zrakoplov je zbog izvanrednih radova bio 15 dana više u baznom održavanju od planiranog vremena za prosječno zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja.



Slika 18. Prikaz planiranih radova bez očekivanih grešaka i bez planiranih preinaka promatranog zračnog prijevoznika



Popravlak strukture na lijevom krilu u trajanju od 26 dana



Popravlak strukture na desnom krilu u trajanju od 30 dana

Slika 19. Tijek popravka korozije vijaka i zakovica na krilu koja je pronađena tijekom velikih radova promatranog zračnog prijevoznika

5. Analiza troškova održavanja i neizravnih operativnih troškova zračnog prijevoznika zbog neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja

Osnovni parametri koje zračni prijevoznik koristi u analizi svoje djelatnosti su troškovi koji se računaju za, [19]:

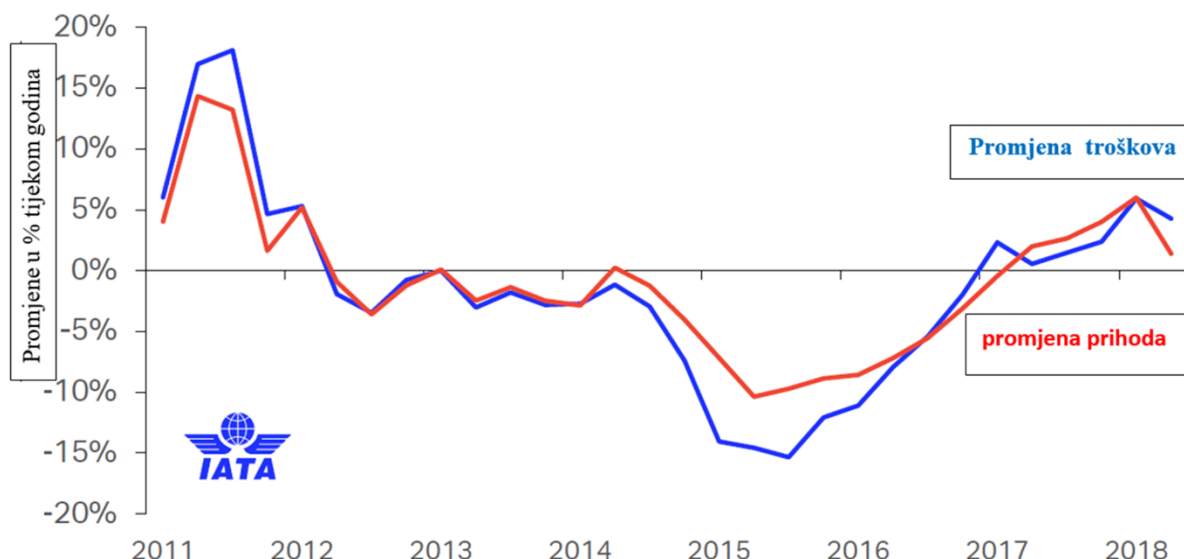
- Trošak jednog sjedala po pređenom kilometru
- Trošak jedne tone prevezenog tereta po jednom kilometru

Pored toga se koriste izračuni za detaljniju analizu koji se odnose na analizu pojedinih linija ili prosječni troškovi za, [19]:

- Trošak po satu letenja
- Trošak po jednom ciklusu letenja
- Trošak po jednom zrakoplovu ili po jednom tipu
- Trošak po jednoj liniji

Trošak letenja zrakoplova čine, [19]:

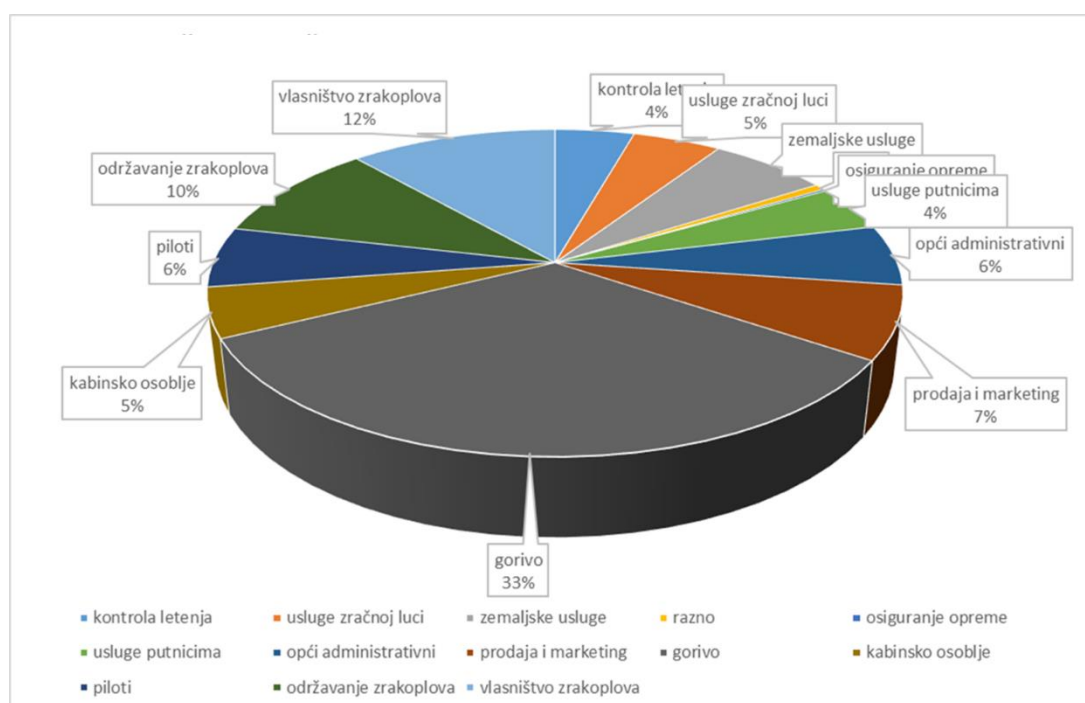
- Planiranje letenja čije su značajke vrsta zrakoplova kojim se leti, namjena i tip usluga prijevoza, geopolitički položaj lokacija na kojima se leti i sezonalnost letenja.
- Posade zrakoplova čine značajku koja se odnosi na utreniranost posada za letenje na tipu zrakoplova, na iskoristivosti radnog vremena i udovoljavanju lokalnih zahtjeva regulative zemalja u kojima lete.
- Održavanje zrakoplova čini značajku planiranja održavanja prema dostupnim organizacijama za održavanje i prema planiranom vremenu za održavanje koje je raspoloživo za linijsko održavanje, između dva leta tijekom komercijalnog letenja, ili bazno održavanje kad je zrakoplov planski povučen iz komercijalnog letenja.
- Usluge zračne luke predstavljaju sve usluge prihvata i otprema putnika i tereta kao i usluge letenja i opsluživanja zrakoplova na zemlji.
- Usluge kontrole letenja su usluge koje naplaćuje kontrola zračne plovidbe za praćenje i navođenje zrakoplova u zraku i na zemlji.
- Neplanirani događaji koji utječu na plan letenja



Graf 7. Promjene troškova i prihoda u periodu od 2011. do 2018. godine u odnosu na srednju vrijednost, [20]

Utjecaj promjene cijene goriva na troškove i prohode prikazan je grafu 7. Ovisno o promjeni cijene goriva mijenja se odnos troškova zračnog prijevoznika u komercijalnom letenju. Za analizu utjecaja kašnjenja zrakoplova u operativnom letenju korišten je dijagram na slici 20. gdje je promjena cijene goriva približno 0% za 2014. godinu.

Na slici 20. prikazana je struktura troškova zračnog prijevoznika koji je analizirala *Airline Cost Management Group ACMG* u sklopu IATA-e, [21].



Slika 20. Struktura troškova zračnog prijevoznika izražena u postotcima prema IATA za 2014. godinu, [21]

Prema IATA kategorizaciji troškova zračnog prijevoznika prikazanih u tablici 2., troškovi su grupirani u troškove koji se odnose na plaćanje pristojbi i usluga za letenje, troškove koji se odnose na prodaju i marketing i uvjetni troškovi koji se izravno mijenjaju u slučaju najma zamjenskog zrakoplova koji bi letio umjesto planiranog zrakoplova koji je u vlasništvu zračnog prijevoznika odnosno kontrolirani troškovi. Troškovi su grupirani u tablicu prema tablici 2.

Tablica 2. Klasifikacija troškova sa slike 20, [21]

troškovi koji se ne mijenjaju u slučaju letenja iznajmljenog zrakoplova s posadama zrakoplova				troškovi koji se mijenjaju u slučaju letenja iznajmljenog zrakoplova s posadama zrakoplova	
pristojbe i usluga za letenje	%	prodaja i marketinga	%	uvjetni ili kontrolirani troškovi	%
kontrola leta	4.4	razno	0.6	kabinsko osoblje	4.9
usluge u zračnoj luci	4.9	osiguranje opreme	0.2	piloti	6
zemaljske usluge	6.6	usluge putnicima	4.5	održavanje zrakoplova	9.9
		opći administrativni	6	vlasništvo zrakoplova	11.5
		prodaja i marketing	7.2		
		gorivo	33.3		
Σ	15.9	Σ	51.8	Σ	32.3

U slučaju neplaniranih potreba za zamjenskim zrakoplovom zračni prijevoznik nabavlja zrakoplove na tržištu, koji se nude kao najam za jedan let ili sezonsko razdoblje. Takvi zrakoplovi se iznajmljuju s posadom. Na tržištu zrakoplova za najam postoje zračni prijevoznici koji se bave isključivo iznajmljivanjem svojih zrakoplova u slučaju iznenadne potrebe koju imaju zračni prijevoznici koji su planirali letenje a iz bilo kojeg razloga nemaju dovoljno vlastitih kapaciteta ili na zahtjev drugih fizičkih ili pravnih subjekata imaju zahtjev za iznajmljivanjem zrakoplova. Ukupni troškovi za pristojbe i usluge leta, prodaje i marketinga se ne mijenjaju, a uvjetno kontrolirani troškovi se mijenjaju.

5.1. Trošak posade neostvarenog leta

Najam zamjenskog zrakoplova s posadom za let na liniji na kojoj je bio planiran zrakoplov zračnog prijevoznika mijenja strukturu troškova zračnog prijevoznika. Postojeći troškovi koji se odnose na plaće posade zrakoplova, održavanje zrakoplova i vlasništva zrakoplova zadržavaju se ali su po strukturi drugačiji. Dodatni troškovi koji se odnose na najam zamjenskog zrakoplova dodatno povećavaju troškove letenja.

Prema regulativi EASA-e maksimalni broj sati letenja posade zrakoplova u jednoj kalendarskoj godini može biti 900 i maksimalno vrijeme letenja posade može biti 1000 sati leta u zadnjih dvanaest mjeseci.

Zračni prijevoznik planira broj posada zrakoplova prema broju zrakoplova i planu letenja. Cilj je osigurati da posade zrakoplova u godini dana izvrše punu dozvoljenu satnicu letenja koja je propisana regulativom jer se tako postiže potpuna iskoristivost ljudskog potencijala. Faktor iskoristivosti posada za letenje je odnos ostvarenih i mogućih sati leta u nekom vremenskom periodu izražen u postotcima, a može se računati prema formuli (2).

$$\eta_{Pi} = \frac{\text{ukupan godišnji ostvaren nalet}}{900} \times 100 \quad (2)$$

Trošak zračnog prijevoznika za jedan sat letenja svakog člana posade zrakoplova je godišnji bruto iznos plaće za jednu godinu podijeljen s brojem ostvarenih sati leta člana posade. Prikazano formulom (3).

$$P_i = \frac{GP_i}{GN_i} \quad (3)$$

Gdje je:

P_i = trošak pojedinog člana posade za jedan sat letenja u jednoj kalendarskoj godini

GP_i = godišnja bruto plaća člana posade u jednoj kalendarskoj godini

GN_i = ostvaren nalet pojedinog člana posade zrakoplova u jednoj kalendarskoj godini

Trošak posade zrakoplova za let koji nije ostvaren jer je zrakoplov neplanirano na zemlji, predstavlja zbroj troškova jednog sata letenja pojedinog člana posade uvećan za sate planiranog letenja prikazano formulom (4).

$$P_a = N_p \times \sum_{i=1}^n P_i \quad (4)$$

Gdje je:

P_a = ukupan trošak posade za neostvaren let

N_p = planirani sati leta

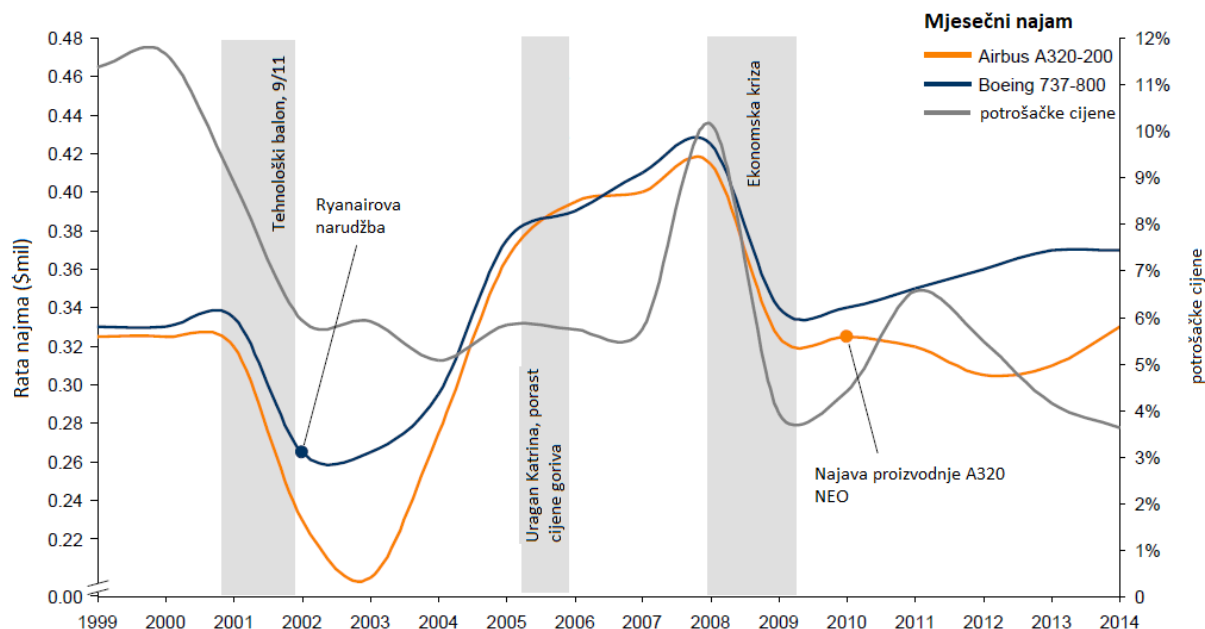
5.2. Troškovi vlasništva zrakoplova

Zračni prijevoznici zrakoplove primarno nabavljaju po principu najma zrakoplova koji može biti operativni ili vlasnički. U slučaju operativnog najma pri završetku najma, vlasnik zrakoplova ostaje poduzeće koje je u ime zračnog prijevoznika kupilo zrakoplov i iznajmilo mu ga. Nakon isteka perioda najma zračni prijevoznik vraća zrakoplov vlasniku pod uvjetima ugovora. Uvjeti ugovora moraju pratiti standarde tržišta koji nalažu da tehnički status vraćenog zrakoplov mora omogućavati nastavak letenja najmanje dvije godine bez velikih planiranih radova na sustavima, strukturi zrakoplova ili obnovi pogonske grupe zrakoplova. Najam zrakoplova s pravom otkupa zrakoplova je najam pri kojem zračni prijevoznik plaća ugovoreni iznos dok zrakoplov u cijelosti ne isplati najmodavcu.

U oba slučaja trošak vlasništva zračnog prijevoznika ima dvije komponente a to su, [22]:

- Komponenta plaćanja korištenja zrakoplova kao imovine
- Komponenta plaćanja potrošenog resursa strukture, dijelova sustava s vijekom trajanja i pogonske grupe.

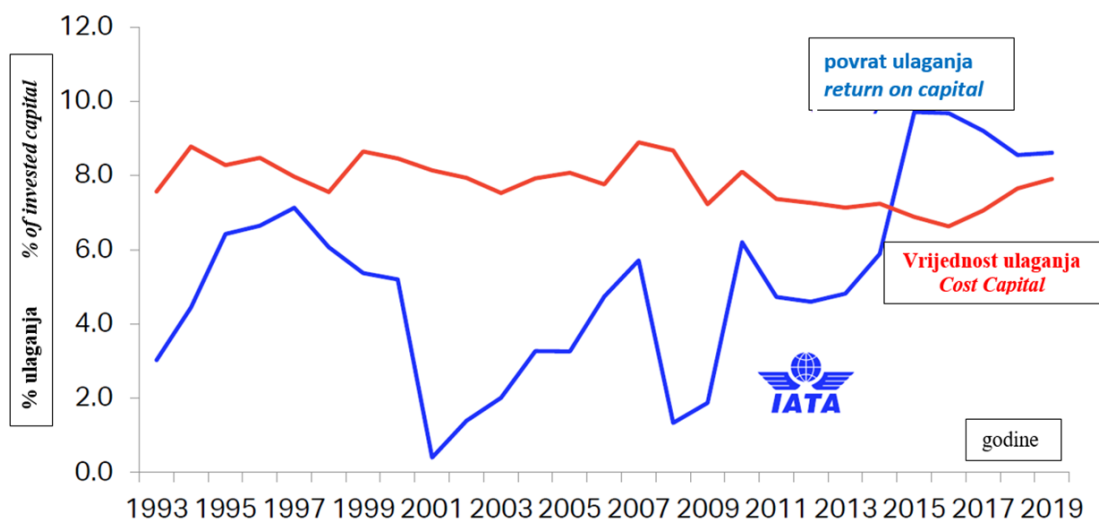
Kretanje troškova najma zrakoplova kao imovine prikazano je na grafu 8. Mjesečni najam i kamatna stopa ovise o tržišnim uvjetima.



Graf 8. Trend kretanja najma zrakoplova i kamatnih stopa na najam, [1]

Ovaj trošak je nepromijenjen tijekom cijelog vremena najma bez obzira leti li zrakoplov ili je prizemljen zbog kvara ili na redovitom održavanju. Najam je vremenski i uobičajeno se plaća u mjesečnim ratama. Uvjeti plaćanja i korištenja su ugovorno definirani između najmodavca kao vlasnika i najmoprimca kao zračnog prijevoznika.

Trend cijene kapitala odnosno najma zrakoplova i sklapanja novih ugovora prikazan je na grafu 8, a povrat kapitala koji ima najmodavac je prikazan na grafu 9.



Graf 9. Povrat i trošak ulaganja u zračne prijevoznike, [20]

5.3. Najam zrakoplova

U radu se razmatraju zračni prijevoznici koji svoje zrakoplove za komercijalni let nabavljaju kroz najam od specijaliziranih tvrtki koje se bave najmom zrakoplova. Izravna kupnja zrakoplova nije prihvatljiva većini zračnih prijevoznika jer predstavlja djelatnost nabave i prodaje zrakoplova koja nije u njihovoj domeni rada.

Generalno se zračni prijevoznici prema intenzitetu letenja kroz kalendarsku godinu dijele na:

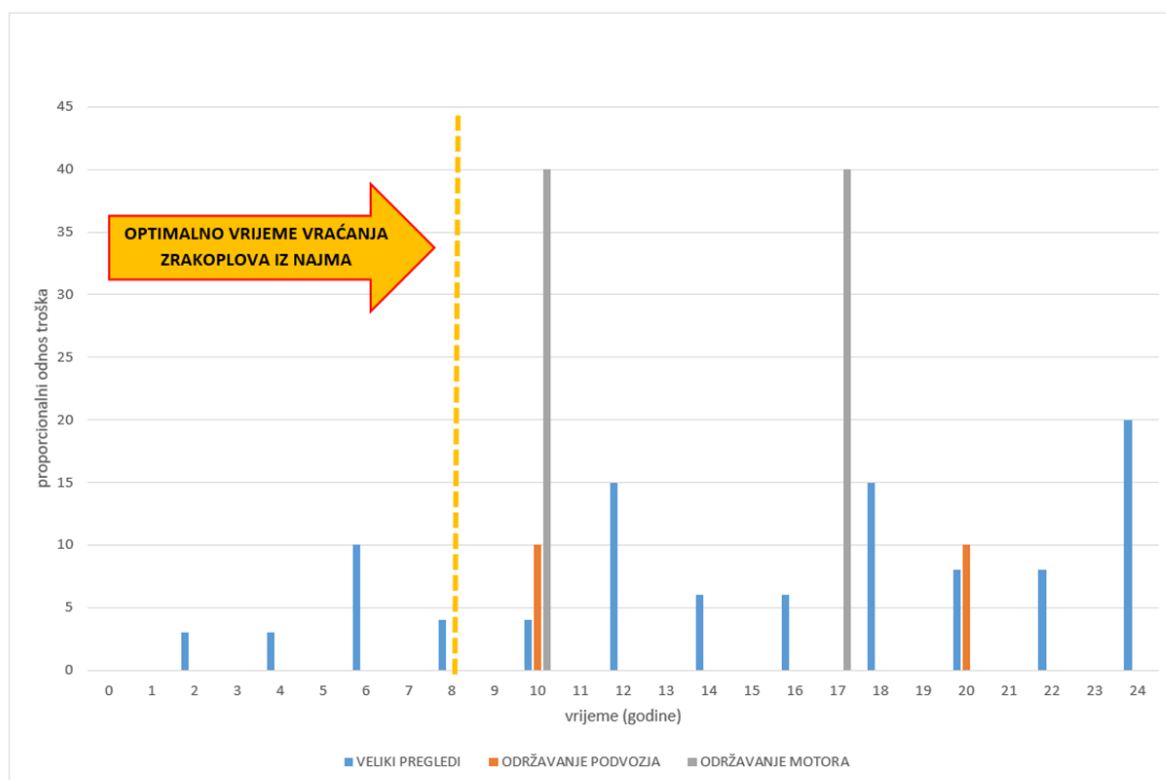
- Zračne prijevoznike koji lete sezonski i kojima nalet ovisi o dobu godine kad lete najviše i dobu godine kad im je nalet znatno smanjen. Na grafu 1. je prikazan je nalet prijevoznika koja leti sezonski, nalet prijevoznika u sezoni je veći od svjetskog prosjeka, a izvan sezone skoro dva puta manji.
- Zračne prijevoznike koji lete kontinuirano tijekom cijele godine. Ova vrsta zračnih prijevoznika nema odstupanja u letenju tijekom godine.

Zračni prijevoznici unajmljuju zrakoplove na period od 6 godina do 12 godina [1]. Najam zrakoplova prvenstveno ovisi od vrsti korištenja zrakoplova i planiranom ulaganju u održavanje zrakoplova.

Nakon proteklog perioda ugovorenog najma zrakoplova zračni prijevoznik, prema standardnom ugovoru o najmu, mora zrakoplov vratiti iznajmljivaču u tehničkom standardu koji podrazumijeva da će zrakoplov letjeti bez velikih pregleda najmanje dvije godine. Odnosno do prvog većeg pregleda koji je po programu održavanja propisan za zrakoplov. Tehnički status zrakoplova podrazumijeva da će se prije povratka vlasniku na zrakoplovu izvesti radovi koji osiguravaju da, [23]:

- Zrakoplov ima najmanje dvije godine resursa trupa zrakoplova do prvog velikog pregleda, ili prema prosječnom naletu 4500 FC.
- Podvozje zrakoplova ima najmanje dvije godine resursa do obnove ili 4500 FC
- Motori zrakoplova imaju najmanju zalihosti resursa od 6000 FH ili 4500 FC
- APU ima najmanje 2000 FH do slanja u radionicu na obnovu
- Su izvršene sve AD koje su izdane u trenutku povratka, a imaju rok izvršenja u idućih 24 mjeseci

Na grafu 10. prikazani su očekivani planirani veliki radovi na zrakoplovu koji ima godišnje prosječno korištenje od 3000 FH i 2400 FC. Prikazani su radovi dvogodišnjeg pregleda zrakoplova, obnova podvozja zrakoplova i zamjena dijelova sa životnim vijekom na motorima.



Graf 10. Planirana održavanja strukture zrakoplova, podvozja i motora tijekom životnog vijeka zrakoplova, [1]

Najveći izdaci održavanja novog zrakoplova je obnova motora. Prosječna obnova motora predstavlja trošak od 5 do 7 milijuna dolara što ovisi o zoni u kojoj zrakoplov leti prema slici 12. Pri obnovi se mijenjaju lopatice motora i dijelovi koji imaju definirani životni vijek. Uz to dijelovi koji nemaju definirani životni vijek u crvenoj zoni imaju izraženo trošenje dijelova zrakoplova i motora što povećava troškove obnove.

Zbog velikih ulaganja u obnovu motora i osiguravanja najmanje dvije godine zalihosti rada zrakoplova nakon povratka vlasniku, idealno vrijeme za povratak zrakoplova je nakon prvog šestogodišnjeg pregleda. U ovoj fazi zrakoplov je na početku svog životnog vijeka i nema velikih ulaganja u održavanje zrakoplova. Prema podacima IATA-e najam novog zrakoplova na period manji od 8 godina svojstven je prijevoznicama Ryanairu i easyJetu odnosno prijevoznicima s intenzivnim letenjem koji nije sezonalan. Ovim pristupom prijevoznici izbjegavaju moguće produženje zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja zbog nalaza grešaka tijekom velikih radova, a ujedno ne ulaze u rizike velikog troška obnove motora.

Zračni prijevoznici koji unajme zrakoplov nakon ovog perioda imaju drugi najpovoljniji trenutak za vraćanje zrakoplova, a to je dvije godine prije sljedeće obnove motora.

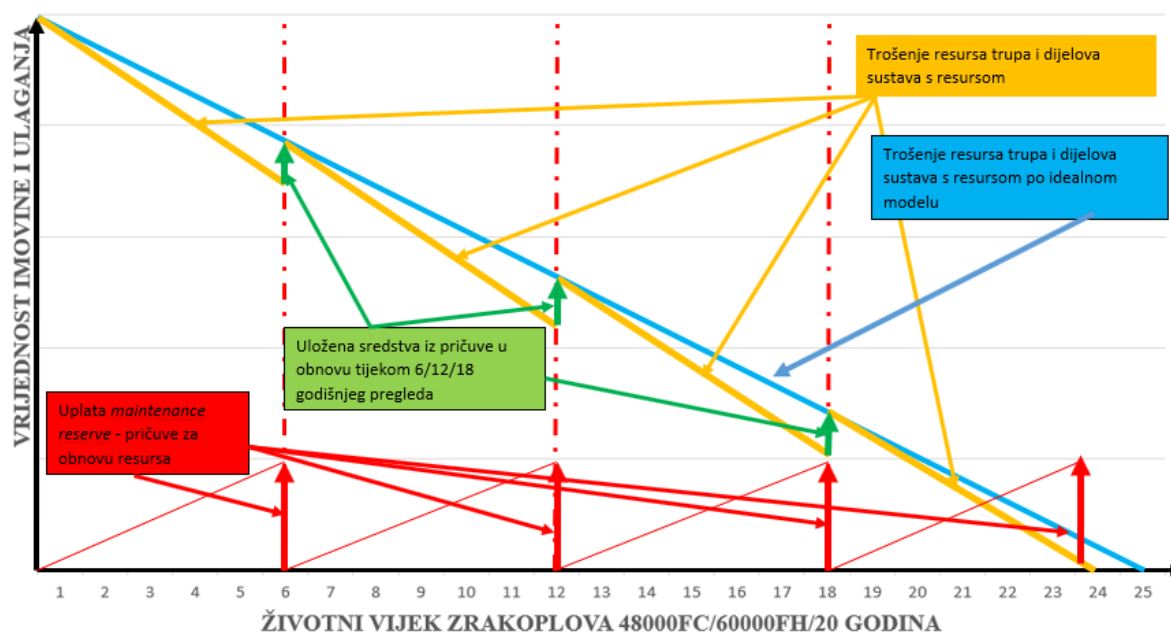
Treću životnu dob, nakon trećeg šestogodišnjeg pregleda i druge obnove motora, koriste prijevoznici koji imaju sezonalno letenje jer im duže vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja ne utječe na komercijalno letenje. Iz grafa 1. vidi se da sezonalno letenje koje na vrhu sezone iznosi 10 sati dnevno, pada od prvog studenog tekuće godine do prvog travnja sljedeće godine na 4 sata letenja dnevno. To znači da je uporaba zrakoplova više od dva puta manja, odnosno svaki drugi zrakoplov prijevoznika je višak. S planiranim dužim

zadržavanjem zrakoplova na radovima održavanja, zračni prijevoznik može letjeti a da ne ugrozi svoje letenje s manje zrakoplova, što znači da više od pola zrakoplova može održavati na velikim pregledima. U takvim okolnostima dugo zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja ne utječe na operativnu sposobnost zračnog prijevoznika.

5.4. Pričuve za održavanje

Pojedini dijelovi sustava, strukture, motora i pogona zrakoplova imaju vijek trajanja izražen u satima leta, ciklusima letenja ili vremenskim intervalima nakon čijeg isteka se moraju zamijeniti, pregledati i popraviti ili u potpunosti obnoviti. Navedeni radovi održavanja izvode se planski tijekom velikih pregleda ili planiranih obnova komponenti ili motora i predstavljaju trošak koji zračni prijevoznik mora jednokratno platiti nakon radova. Da bi se osigurala sredstva za plaćanje te vrste održavanja i da bi se ujedno održala financijska vrijednost zrakoplova, korisnik zrakoplova, odnosno zračni prijevoznik za potrošene resurse uplaćuje pričuvu ili uplaćuje *Maintenance Reserve* za strukturu, dijelove sustava s vijekom trajanja i motor. Račun na koji se uplaćuju pričuva je dogovor između najmoprimca i najmodavca zrakoplova.

Na grafu 11. prikazana je idealna krivulja gubitka vrijednosti strukture zrakoplova (plava boja krivulje), realna vrijednost gubitka vrijednosti strukture zrakoplova (žuta boja krivulje), uplata pričuva (crvena boja na dijagramu) i obnova vrijednosti strukture zrakoplova na teorijsku krivulju (zeleno boja na dijagramu).



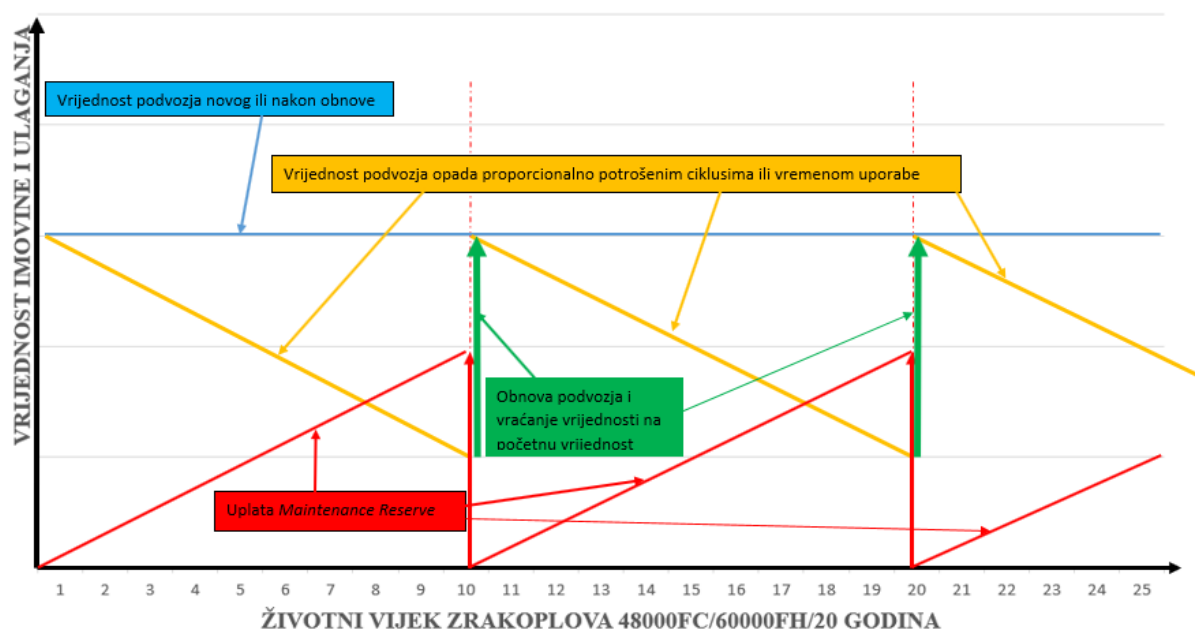
Graf 11. Plaćanje pričuve (*Maintenance Reserves*) za održavanje zrakoplova tijekom najma, [24]

Na grafu 11. prikazano je trošenje resursa strukture zrakoplova tijekom uporabe zrakoplova. Pod trošenjem se podrazumijeva zamjena dijelova koji imaju vijek trajanja, a koji se nakon tog vijeka moraju zamijeniti ili popraviti da bi ponovno mogli biti u uporabi s vijekom rada koji

mu se dodjeljuje nakon popravka. Trošenje podrazumijeva i interval pojedine zadaće održavanja koja se mora obaviti da bi se interval ponovo počeo za sljedeće izvršenje. Standardni ugovor između najmoprimca i najmodavca podrazumijeva da se za radove velikih pregleda odrede pričuve koje se uplaćuju mjesečno na račun, čija se sredstva mogu koristiti isključivo namjenski za plaćanje radova na velikim pregledima. Ovaj iznos se plaća od trenutka izdavanja uporabne dozvole za letenje (*Certificate Release to Service*, CRS) nakon velikih radova na zrakoplovu bez obzira koristi li se zrakoplov u letenju ili ne. Plaćanje je u mjesečnim anuitetima.

Pričuve se računaju prema iskustvenim podacima o prosječnoj potrošnji za pregled koji je karakterističan za flotu zrakoplova kojoj pripada. Pričuva iznosi reda veličine 20000 američkih dolara mjesečno za šestogodišnji pregled i red veličine do 10000 američkih dolara za dvanaestogodišnji pregled. Prikupljene pričuve ne pokrivaju u potpunosti šestogodišnji ili dvanaestogodišnji pregled. Stvarni trošak pregleda ovisi o uvjetima korištenja zrakoplova, vrsti korištenja i prostoru na kojem se zrakoplov koristi (slika 12.).

Na razmatranom tipu zrakoplova Airbusu A320, podvozje ima životni vijek od 20000 FC ili deset godina. Prema planiranom letenju od 3000 FH i 2000 FC godišnje, prikazanom na grafu 12. podvozje se mora dva puta u životnom vijeku zrakoplova obnavljati. Nakon istrošenog životnog vijeka od 20000 FC ili 10 godina uporabe na zrakoplovu izvodi se potpuna tehnička obnova podvozja. Obnova predstavlja rastavljanje podvozja, pregled svih dijelova i zamjena dijelova s isteklim resursom te zamjena ili popravak pregledanih dijelova što ovisi o nalazima stanja tijekom pregleda. Pregledom podvozja u radionici moguće je ustanoviti da je oštećenje na podvozju takvo, da se komercijalno ne isplati popravljati već je isplativije kupiti ispravno podvozje koje može biti novo ili s dijelom istrošenog resursa što ovisi o planu letenja i starosti zrakoplova. Ako se utvrdi da je podvozje oštećeno tako da se komercijalno ne isplati popravljati na prvom servisu, može se preporučiti kupovina novog podvozja, a ako je to drugi servis (na 200 mjeseci) onda je preporučljivo kupiti podvozje s resursom koji je dostatan za ostatak životnog vijeka zrakoplova.



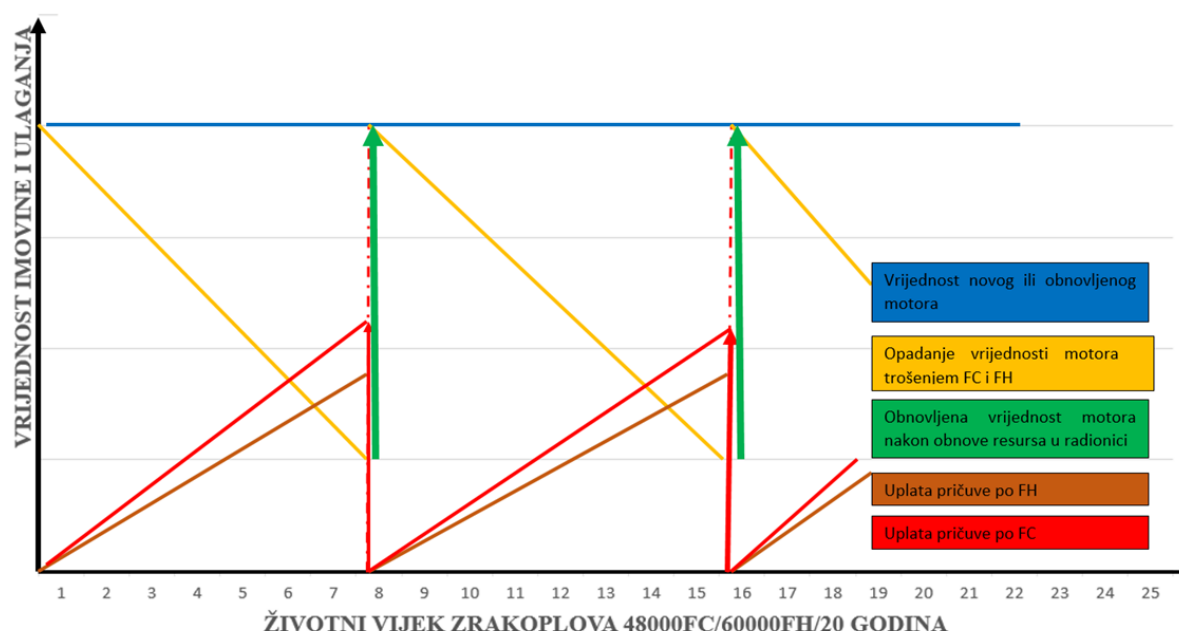
Graf 12. Interval obnove podvozja i uplata pričuva za održavanje, [24]

Uplata za pričuve je u granicama koje osiguravaju prosječni popravak podvozja za tip flote kojem pripada. Ponekad trošak popravka ima veću vrijednost od uplaćenih pričuva što predstavlja dodatni financijski izdatak za zračnog prijevoznika koji koristi zrakoplov.

Pričuve se uplaćuju od prihvata novog zrakoplova ili od instalacije podvozja na zrakoplov nakon dolaska iz radionice s obnove bez obzira leti li zrakoplov ili ne. Pričuve se uplaćuju u mjesečnim iznosima.

Na grafu 13. prikazan je tijek aktivnosti uplate pričuva za obnovu motora. Pričuva za obnovu motora ima dvije značajke:

- Pričuva za dijelove motora koje imaju životni vijek. Za motor tipa CFM56, dijelovi sa životnim vijekom se projektiraju na 20000 FC. U izračunu se pretpostavlja da je jedan ciklus motora jednak jednom paljenju i gašenju motora ili jednom polijetanju i slijetanju zrakoplova. Nakon potrošenih 20000 FC dijelovi s istrošenim resursom se mijenjaju u radionici za motor. Uplata za dijelove s vijekom trajanja obavlja se svaki mjesec, prema broju potrošenih ciklusa. Vrijednost uplate je izračunata da bude jednaka vrijednost novih zamjenskih dijelova na tržištu nakon istrošenog resursa.
- Pričuva koja se uplaćuje na temelju obnove popravljivih dijelova na motoru. Ova pričuva se plaća na osnovu sati rada motora. Plaća se svaki mjesec razmjerno potrošenim satima za motor. Vrijednost uplate se izračunava na osnovi prosječne obnove motora u uvjetima u kojima leti zrakoplov. Ako zrakoplov leti u uvjetima stalnih abrazija, u zoni gdje u zraku ima čestica pijeska ili krutih tvari, trošak popravka takvog motora je najveći i iznosi prema iskustvenim analizama do 15% više nego kada zrakoplov leti u uvjetima bez krutih čestica u zraku.



Graf 13. Uplata pričuve za obnovu motora, [24]

Trošak vlasništva najma zrakoplova uključuje zrakoplov s motorom, ponekad zbog tehničkih grešaka motora zračni prijevoznik mora mijenjati svoj motor na zrakoplovu i unajmiti

zamjenski. U slučaju takvog letenja zračni prijevoznik pored pričuva vlasniku motora plaća i najam motora. Najam motora plaća se mjesečno bez obzira leti li zrakoplov ili ne.

5.5. Troškovi zamjenskog zrakoplova

Najam zrakoplova po vrsti hitnosti može biti trenutni, kad je potreba za zamjenskim zrakoplovom neplanirana i planirani kad se unaprijed zna potreba za zrakoplovom. Zračni prijevoznik planira letenje zrakoplova najmanje godinu dana unaprijed kako bi mogao uskladiti planirano letenje zrakoplova s održavanjem zrakoplova na velikim pregledima.

Trošak najma zrakoplova ovisi o uvjetima na tržištu i o hitnosti potrebe za zrakoplovom. Okvirna cijena najma za tip Airbus A320 je rada veličine 3500 američkih dolara po satu leta. Ovakav najam uključuje posadu zrakoplova, a zračni prijevoznik koji unajmljuje zrakoplov ima strukturu troškova prikazanu u tablici 3. koji se mijenjaju u slučaju najma.

Tablica 3. Troškovi najma zamjenskog zrakoplova s posadom

troškovi koji se mijenjaju u slučaju letenja iznajmljenog zrakoplova s posadama zrakoplova		troškovi za vrijeme letenja iznajmljenog zrakoplova	
kabinsko osoblje	ostvareni let	kabinsko osoblje	neostvaren let
piloti	ostvareni let	piloti	neostvaren let
održavanje zrakoplova	linijsko održavanje	održavanje zrakoplova	izvanredno bazno održavanje zrakoplova
	pričuva za zmaj i sustave		pričuva za podvozje
	pričuva za podvozje		
	pričuva za motor		ugovorne obveze za održavanje
održavanje zrakoplova	ugovorne obveze za održavanje	održavanje zrakoplova	ugovorne obveze za održavanje
vlasništvo zrakoplova	vasništvo kroz najam	vlasništvo zrakoplova	vasništvo kroz najam
vlasništvo motora	vlasništvo kroz najam	vlasništvo motora	vlasništvo kroz najam
		dodatni trošak	izvanredni najam zrakoplova

Ukoliko zrakoplov zbog grešaka pronađenih tijekom velikih pregleda ostane duže od planiranog na održavanju, zračni prijevoznik, da bi održao planirano letenje unajmljuje zrakoplov. Zrakoplov se unajmljuje s posadom na ugovoreni period. Zračni prijevoznik koji unajmi zrakoplov, pored svih troškova koji su vezani za prodaju i pristojbe za letenje ima dio operativnih troškova i troškova održavanja svog zrakoplova te dodatne troškove najma zrakoplova.

Ukupni neplanirani troškovi koje zračni prijevoznik ima u slučaju najma zamjenskog zrakoplova predstavlja trošak po satu leta i po kalendarskom vremenu.

Troškovi po kalendarskom vremenu su:

- Dodatni troškovi baznog održavanja. Zbog produženog održavanja zrakoplova trošak ljudskih resursa za rad za jedan dan održavanja na velikim pregledima je reda veličine 300 sati ljudskog rada uz dodatne troškove materijala i usluga održavanja koje ovise o vrsti greške koja se popravljaju.
- Pričuve koje se plaćaju za podvozje na osnovi kalendarskog vremena.
- Troškovi vlasništva zrakoplova koji se plaćaju neovisno o tome je li zrakoplov u održavanju ili u komercijalnom letu.
- Troškovi vlasništva (najma) iznajmljenog motora koji je iznajmljen na zrakoplovu.

Troškovi po satu leta su:

- Troškovi posade zrakoplova zračnog prijevoznika koja ne leti, dakle smanjuje se iskoristivost posada zrakoplova zračnog prijevoznika. Ovi troškovi predstavljaju trošak člana posade po satu leta.
- Troškovi najma zamjenskog zrakoplova. Ovi troškovi se plaćaju prema iznajmljenom satu leta.

Pored ovih troškova postoje troškovi koji su zanemarivi, a koji se odnose na komercijalnu i pravnu pripremu ugovora i dozvola za korištenje zrakoplova u floti zračnog prijevoznika.

6. Zaključak

Program održavanja zrakoplova zračnog prijevoznika sastoji se od minimalnih zahtjeva zadaća održavanja koje propisuje proizvođač zrakoplova, zahtjeva koje propisuju zrakoplovne vlasti i zadaća koje proizilaze iz iskustva korištenja zrakoplova zračnog prijevoznika. Svi čimbenici izrade programa poštuju načelo ekonomičnosti održavanja i sigurnosti letenja koje je propisano programom MSG-3. Zadaće održavanja propisane su programom održavanja zrakoplova i izводе se u intervalima sata letenja zrakoplova, sata ciklusa polijetanja i slijetanja zrakoplova i vremenskim kalendarskim intervalima. Zadaće održavanja planiraju se prema intenzitetu letenja zrakoplova odnosno prema intenzitetu ostvarenih sati letenja, odnosno sati letenja i ciklusa polijetanja i slijetanja ili vremenskom intervalu. Intenzitet letenja može biti stalnog intenziteta tijekom cijele godine, dakle isti broj sati letenja po danu ili može biti sezonalan što znači da se u jednom dijelu godine dnevno leti znatno više nego u drugom dijelu godine. Zračni prijevoznik koji leti sezonski planira izvođenje zadaća održavanja velikih pregleda izvan sezone kada je obujam letenja manji. Time optimalno koristi postojeće kapacitete jer nedostatak zrakoplova koji je na održavanju mogu zbog smanjenog intenziteta letenja nadoknaditi preostali operativni zrakoplovi. Zračni prijevoznici koji imaju isti intenzitet letenja tijekom cijele godine moraju planirati letove tako da imaju zalihost zrakoplova koji je planski na tehničkom održavanju.

Novi zrakoplovi imaju manji obujam zadaća za održavanje, jer se dio zadaća održavanja prvi put izvodi nakon što je struktura potrošila pola svog životnog vijeka. Zrakoplovi koji su potrošili više od pola životnog vijeka imaju dodatne zahtjeve za održavanje jer se tijekom njihove uporabe tehnologija navigacije mijenja, oštećuje se struktura, dijelovi sustava imaju veću vjerojatnost grešaka pa se planirano vrijeme zadržavanja na radovima za velike pregled produžuje. Zbog grešaka koje se pronalaze na strukturi zrakoplova i zahtjeva za ugradnjom novih sustava u zrakoplov dolazi do tehnički neplaniranih zahtjeva održavanja što dovodi do neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja.

Zračni prijevoznici s velikim intenzitetom letenja, problem neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja rješavaju tako što koriste zrakoplove do perioda koji traje do dvije godine prije velikih pregleda ili popravaka motora ili podvozja. Time uz smanjenje vjerojatnosti produženja pregleda uslijed pronađenih grešaka tijekom pregleda izbjegavaju moguće velike troškove popravka motora, podvozja ili strukture zrakoplova.

Zračnim prijevoznicima koji imaju izraženu sezonalnost u letenju, u interesu je letjeti zrakoplov cijeli životni vijek jer mogu planirati duže zadržavanje zrakoplova na zemlji zbog pregleda zrakoplova, a povećane troškove popravka strukture zrakoplova, motora i podvozja pokušavaju nadoknaditi manjim plaćanjem vrijednosti imovine zrakoplova ili održavanjem zrakoplova u svom tehničkom centru.

U oba slučaja može doći do neplaniranog zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja što za zračnog prijevoznika predstavlja dodatni trošak letenja. Trošak letenja se povećava za vrijednost najma zamjenskog zrakoplova. Uz postojeće troškove za svoju flotu i troškova neiskorištenih ljudskih resursa za rad koji su uključeni u sustav zračnog prijevoznika za svaki let se trošak povećava za trošak najma zamjenskog zrakoplova. Najam zamjenskog zrakoplova ovisi o trenutnoj raspoloživosti mogućeg najma zamjenskog zrakoplova. Pored najma

zamjenskog zrakoplova zračni prijevoznik gubi marketinški proizvod jer leti sa zrakoplovima koji nisu dio standardne ponude zračnog prijevoznika.

Zračni prijevoznik godišnji proračun planira na temelju prihoda koje ostvaruje prijevozom ljudi i robe i rashoda koji su u vidu troškova potrebnih da bi se navedeni prijevoz izvršio. Neplanirano zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja ima izravan utjecaj na planirano letenje jer zračni prijevoznik ne može ispuniti planske zadaće letenja zbog nedostatka zrakoplova kojemu je neplanirano produženo vrijeme održavanja. Zbog neostvarenog leta smanjuju se prihodi u planiranom proračunu, a ujedno neizvršeni let predstavlja i pravne obaveze prema korisnicima koji su platili prijevoz koji se ne može ostvariti. Da bi se ostvarilo planirano letenje koristi se zamjenski zrakoplov koji uz planirane troškove dodatno povećava troškove prijevoza. Povećanje troškova prijevoza za navedeni let predstavlja najam zamjenskog zrakoplova, izvanredni troškovi održavanja prizemljenog zrakoplova zračnog prijevoznika, i smanjenje iskoristivosti ljudskih resursa posada zrakoplova. Troškovi vlasništva zrakoplova, odnosno zakupa zrakoplova i motora koji je neplanirano duže na pregledu ostaju nepromijenjeni u mjesečnim troškovima zračnog prijevoznika bez obzira na to što zrakoplov nije plovidben. Rezultat toga je plaćanje dva zrakoplova za planirani let: jednog u vlasništvu zračnog prijevoznika, a drugog koji je unajmljen. Efikasnost iskoristivosti radnog vremena članova posada se smanjuje proporcionalno satima leta koje nisu ostvarili zbog letenja zamjenskog zrakoplova. Zračni prijevoznik u vremenu dok leti zamjenski zrakoplov ima veći broj zaposlenih posada zrakoplova od potrebnih koje plaća kao da optimalno rade.

Izvanredno zadržavanje zrakoplova na radovima održavanja zračni prijevoznik može izvesti tako da se zračni prijevoznici koji su u ugovornim odnosima za prijevoz međusobno dopunjuju s kapacitetima zrakoplova čime bi se mogla izbjeći negativna reklama korištenjem zrakoplova koji nisu predviđeni u usluzi koju je putnik platio, a ujedno bi se zbog postojećeg međusobnog ugovora mogli smanjiti troškovi najma zamjenskog zrakoplova.

Literatura

- [1] Bruinsma R. The financial impact of extending or reducing a lease. Paper presented at IATA Maintenance Cost Conference; 2015 September 24; Miami, USA
- [2] Francouis J. Maintenance program implementation. Paper presented at Technology evolution – Impact on airworthiness workshop ; 2015 November 11-12, Abidjan, Ivory Coast.
- [3] Commission Regulation (EU) No 748/2012 of 03/08/2012 laying down implementing rules for the airworthiness and environmental certification of aircraft and related products, parts and appliances, as well as for the certification of design and production organisations. European Aviation Safety Agency or EASA; 2018.
- [4] Air Transport association of America. ATA MSG-3: Operator/Manufactures Scheduled Maintenance Development. Washington D.C: Air Transport Association of America; 2002.
- [5] US Department of Transport Federal Aviation Administration; Advisory Circular; Subject: Maintenance Review Boards, Maintenance Type Boards, and OEM/TCH Recommended Maintenance Procedures; 2012.
- [6] Delmas C. Scheduled maintenance requirements: Maintenance programmes and planning. Fast [Internet]. 2015 Jan [cited 2019 Feb]; (vol. 55):28-37. Available from : <https://www.airbus.com/content/dam/corporate-topics/publications/fast/Airbus-FAST55.pdf>
- [7] Airbus, A318/A319/A320/A321 Airworthiness Limitations Section (ALS) Part 1 Safe Life Airworthiness Limitation Items (SL – ALI), R6; 2018.
- [8] Certification specifications for large Aeroplanes CS-25. European Aviation Safety Agency EASA; A22; 2018.
- [9] Commision Regulation (EU) No 1321/2014: Annex I (PART-M) CONTINUING AIRWORTHINESS, EASA, 2014. Dostupno na stranici: <https://www.easa.europa.eu/regulations>
- [10] Quality Control management QCM; Anex-I PART-M; Commision Regulation (EU) NO 2018/1142; 14.08.2018.
- [11] Airbus. In–Service Information ISI-00.00.000096; 2015.
- [12] ICAO. EDTO Workshop - Module No-2 Basic concept. ICAO; 2018.
- [13] URL: http://www.ccaa.hr/download/documents/read/poz-general-aviation_564; 13.01.2019.
- [14] URL: http://www.ccaa.hr/hrvatski/opcenito_302/; 16.12.2018.
- [15] Croatia Airlines. Maintenance Program A320f, R23; 2017.
- [16] Commision Regulation (EU) No 1321/2014: ANNEX II (PART-145) APPROVED MAINTENANCE ORGANISATIONS, EASA, 2014. Dostupno na stranici: <https://www.easa.europa.eu/regulations>

- [17] Airbus. Aircraft Maintenance Manual, R53; 2018.
- [18] Ackert S. Basic of aircraft maintenance reserve development and management. Aircraft Monitor; 2012.
- [19] IATA. Operations Cost Management. Paper presented at: IATA 2nd Airline Cost Conference; 2014 August 25-27; Geneva, Switzerland
- [20] Pearce B. Airline industry Outlook 2019. IATA; 2018.
- [21] Ferjan K. Airline Cost Management Group. Paper presented at: IATA 4th Airline Cost Conference; 2016 August 30-31; Geneva, Switzerland.
- [22] Philip A. Ownership of Aircraft – Lease versus Buy, Boeing; 2016.
- [23] Ackert S. Redelivery Considerations in Aircraft Operating Leases: Guidelines and Best Practices to Ease Transferability of Aircraft. Aircraft Monitor; 2014.
- [24] IATA. Guidance Material and Best Practices for Aircraft Leases. 4th Edition; Montreal, 2017.

Popis kratica

AD	(Ariworthiness directives) Direktive o plovidbenosti
ALS	(Aircraft Limitation Section) Podaci o ograničenom vijeku trajanja
AMM	(Aircraft Maintenance Manuals) Priručnici za održavanje zrakoplova
AMP	(Aircraft Maintenance Program) Program održavanja zrakoplova
AOT	Alert Operators Transmission
APU	(Auxiliary Power Unit) pomoćni motorski agregati
ATA	(Air Transport Association) Udruženje zračnih prijevoznika
CM	(Condition Monitoring) praćenje stanja
CMP	Configuration, Maintenance and Procedures
CRS	(Certificate Release to Service) Uporabna dozvola za letenje
DI	(Detailed Inspection) Detaljna inspekcija
EASA	(European Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa
ETOPS	(Extended-range Twin engine Operational Performance Standards) Standardi operativnih performansi zrakoplova s dva motora za produženu udaljenost leta
EZAP	(Enhanced Zonal Analysis Procedure) Procedure poboljšane zonalne analize
FC/IN	(Functional Check/Inspection) funkcionalna provjera/inspekcija
FH	(Flight Hours) sati leta
GVI	(General Visual Inspection) generalna vizualna inspekcija
HT	(Hard Time) održavanje po fiksnim intervalima
IATA	(International Air Transport Association) Međunarodna udruga zračnih prijevoznika
ISC	(Industry Steering Committee) Upravni odbor industrije
L/HIRF	(Lighting/High Intensity Radiated Field) Udar groma / radijacija jakog elektromagnetskog polja
LLP	(Life-Limited Parts) dijelovi s ograničenim životnim vijekom
LU/SV ili LUB/SVC	(Lubrication/Servicing) podmazivanje/servisiranje
MMEL	Master Minimum Equipment List

MPD	(The Maintenance Planing Document) Priručnik za planiranje održavanja
MPP	(Maintenance Program Proposal) Prijedlogom programa održavanja
MRB	(Maintenance Review Board) Odbor za ocjenu održavanja
MRBR	(Maintenance Review Board Report) Izvještaja odbora za ocjenu održavanja
MSG	Maintenance Steering Group
OC	(On Condition) održavanje po zatečenom stanju
OMP	(Operator Maintenance Program) Program održavanja zračnog prijevoznika
OP/VC ili OPC/VCK	(Operational/Visual Check) operativni/vizualni pregled
PPH	(Policy and Procedures Handbook) Priručnik smjernica i procedura
RP	(Reliability Programmes) Program pouzdanosti
SATCOM	(Statelite Communication) satelitska komunikacija
SB	(Service Bulletin) Servisni bilteni
SDI	(Special Detailed Inspection) Specijalna detaljna inspekcija
SI	(Significant Item) zanačajan dio
SIL	(Service information Letter) Informativna servisna pisma
TC	(Type Certificate) Svjedodžba o sposobnosti tipa

Popis slika

Slika 1. Dijagram toka aktivnosti konstrukcije, proizvodnje i korištenja novog tipa zrakoplova, [2] ...	3
Slika 2. Princip sustava održavanja MSG-2 i MSG-3	4
Slika 3. Logički dijagram za kategorizaciji i otklanjanje grešaka, [4]	6
Slika 4. Izrada programa održavanja prema MSG-3 logici	7
Slika 5. Izrada MPD-a	9
Slika 6. Podjela ALS-a za zrakoplov Airbus A320, [6].....	9
Slika 7. Program pouzdanosti zračnog prijevoznika,[4].....	13
Slika 8. Ruta leta prema ETOPS dozvoli za let, [12]	14
Slika 9. Program održavanja zrakoplova koji izrađuje zračni prijevoznik za svoje zrakoplove	17
Slika 10. Generalna podjela zrakoplova A320f po zonama, [17].....	25
Slika 11. Zone 140 i 500 u kojoj se izvode pregledi strukture sustava i ožičenja	26
Slika 12. Regije prema utjecaju na trošenje resursa zrakoplova i motora, [18]	28
Slika 13. Puknuće dijela nosača prednjeg prozora na pilotskoj kabini uslijed zamora materijala	29
Slika 14. Primjer korozije oko vijaka i zakovica na krilu zrakoplova	30
Slika 15. Zahtjevi preinaka na zrakoplovu za održavanje standarda za navigaciju zrakoplova, [1]	31
Slika 16. SATCOM sustav na zrakoplovu.....	31
Slika 17. Slijed aktivnosti velikog pregleda zrakoplova u baznom održavanju promatranog zračnog prijevoznika.....	35
Slika 18. Prikaz planiranih radova bez očekivanih grešaka i bez planiranih preinaka promatranog zračnog prijevoznika	37
Slika 19. Tijek popravka korozije vijaka i zakovica na krilu koja je pronađena tijekom velikih radova promatranog zračnog prijevoznika.....	38
Slika 20. Struktura troškova zračnog prijevoznika izražena u postotcima prema IATA za 2014. godinu, [21].....	40

Popis tablica

Tablica 1. Vrijeme zadržavanja zrakoplova na radovima održavanja u drugoj polovici životnog vijeka (dvanaestogodišnjeg i osamnaestogodišnjeg pregleda) promatranog zračnog prijevoznika.....	34
Tablica 2. Klasifikacija troškova sa slike 20, [21]	41
Tablica 3. Troškovi najma zamjenskog zrakoplova s posadom.....	49

Popis grafova

Graf 1. Nalet svjetske flote i promatranog zračnog prijevoznika po danu.....	22
Graf 2. Komponente koje se skidaju nakon isteklog radnog vijeka.....	24
Graf 3. Zadaće održavanja sustava, strukture i pogonske grupe prema MSG-3 analizi	24
Graf 4. Generale vizualne inspekcije	25
Graf 5. Raspored svih zadata održavanja zrakoplova tijekom životnog vijeka koje se ponavljaju u intervalu većem od 12 mjeseci.....	27
Graf 6. Preporučena ograničenja dozvoljenog opterećenja strukture zrakoplova prema CS-25, [8] ...	29
Graf 7. Promjene troškova i prihoda u periodu od 2011. do 2018. godine u odnosu na srednju vrijednost, [20].....	40
Graf 8. Trend kretanja najma zrakoplova i kamatnih stopa na najam, [1]	43
Graf 9. Povrat i trošak ulaganja u zračne prijevoznike, [20].....	43
Graf 10. Planirana održavanja strukture zrakoplova, podvozja i motora tijekom životnog vijeka zrakoplova, [1].....	45
Graf 11. Plaćanje pričuve (Maintenance Reserves) za održavanje zrakoplova tijekom najma, [24] ...	46
Graf 12. Interval obnove podvozja i uplata pričuva za održavanje, [24]	47
Graf 13. Uplata pričuve za obnovu motora, [24]	48



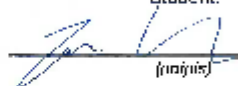
Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištena bilješka i bibliografija.
Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
neatranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.
Izjavljujem također, kako 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 _____ diplomskog rada
pod naslovom Procjena troškova izvanrednog održavanja zrakoplova

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 24.02.2019.

Student:

(potpis)