

Program održavanja zrakoplova Airbus A320 nakon isteka resursa

Smej, Ivan

Master's thesis / Diplomski rad

2023

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:919060>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-17**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Ivan Smej

**PROGRAM ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A320 NAKON
ISTEKA RESURSA**

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI
POVJERENSTVO ZA DIPLOMSKI ISPIT

Zagreb, 14. rujna 2023.

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

DIPLOMSKI ZADATAK br. 7062

Pristupnik: **Ivan Smej (0135245113)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Zračni promet**

Zadatak: **Program održavanja zrakoplova Airbus A320 nakon isteka resursa**

Opis zadatka:

Produljenje resursa zrakoplova omogućuje operatorima da se iskoristivost zrakoplova poveća u smislu broja sati i broja ciklusa. Detaljan sveobuhvatan program podrazumijeva analizu strukture, razne testove zamora materijala, preglede sustava, te povratne informacije vezane za pouzdanost u eksploataciji zrakoplova. U prvom dijelu rada potrebno je prikazati program održavanja zrakoplova. U nastavku je potrebno detaljno definirati postupak produljenja resursa zrakoplova Airbus A320, sukladno preporukama proizvođača za produljenje (Extended Service Goal, ESG).

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:

izv. prof. dr. sc. Anita Domitrović

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

**PROGRAM ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A320 NAKON
ISTEKA RESURSA**

**MAINTENANCE PROGRAMME FOR AIRBUS A320 LIFE -
EXTENSION**

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

Student: Ivan Smej

JMBAG: 0135245113

Zagreb, rujan 2023.

SAŽETAK

Kroz eksploataciju zrakoplova prati se njegovo održavanje, trošenje resursa, dokumentacija i korištenje kako bi se sigurnost održala na najvišoj mogućoj razini. Na zračnom prijevozniku je da izradi program održavanja koji će biti u skladu sa zrakoplovnim propisima i koji će pratiti zrakoplov kroz operativni vijek. Proizvođač zrakoplova Airbus, uz preporuku i podršku omogućio je svojim korisnicima dodatnu ekstenziju resursa u smislu broja sati leta i ciklusa zrakoplova. U ovom radu obrađen je odobreni program održavanja za Airbus A320 koji se nadovezuje na program ekstenzije resursa od proizvođača zrakoplova. Također, istraženo je kako izgleda postupak ekstenzije resursa i što je sve potrebno za uspješnu implementaciju istog. Rezultati istraživanja pokazali su da je program ekstenzije resursa vrlo opširan proces koji traži puno vremena i resursa. Pitanje isplativosti cijelog projekta ovisi o strateškim planovima zračnog prijevoznika.

KLJUČNE RIJEČI: održavanje zrakoplova, civilna agencija, ekstenzija resursa, zračni prijevoznik, Airbus A320

SUMMARY

Through the exploitation of the aircraft, its maintenance, consumption of resources, documentation and use are monitored in order to maintain safety at the highest possible level. It is up to the airline to create a maintenance program that will comply with aviation regulations and that will follow the aircraft throughout its operational life. The aircraft manufacturer Airbus, with its recommendation and support, enabled its users to further extend their resources in terms of the number of flight hours and aircraft cycles. This work describes the approved maintenance program for the Airbus A320, which is connected on the resource extension program from the aircraft manufacturer. Also, it was investigated what the resource extension procedure looks like and what is needed for its successful implementation. The research results showed that the resource extension program is a very extensive process that requires a lot of time and resources. The question of the profitability of the entire project depends on the strategic plans of the airline.

KEY WORDS: aircraft maintenance, civil agency, extension of resources, air carrier, Airbus A320.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI.....	3
2.1. Općenito o programu održavanja	3
2.2. Maintenance Steering Group (MSG)	6
2.3. MSG-3 logika i analiza	8
2.4. Pregledi na zrakoplovu.....	10
2.5. Definiranje i odobravanje programa održavanja za zračnog prijevoznika ...	13
3. PROGRAM ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A320	18
3.1. Tehničko – eksploatacijske karakteristike zrakoplova A320	18
3.2. Program održavanja prije primjene ESG programa	19
3.2.1. Program održavanja sustava i motora	19
3.2.2. Program održavanja strukture	21
4.2.3. Program održavanja pojedinih zona	23
4.2.4. Planirano održavanje	24
4.2.4.1. Linijsko održavanje.....	24
4.2.4.2. Održavanje u bazi	29
4.2.5. Izvanredno održavanje	31
4.2.6. Program pouzdanosti	32
4. PREPORUKE PROIZVOĐAČA ZA IZRADU PROGRAMA ODRŽAVANJA ZA UPORABU NAKON ISTEKA POČENO ODOBRENOG RESURSA	33
4.1. Općenito o programu za produženje resursa	33
4.1.1. RDAS zahtjev.....	37
4.1.2. Komisijski nadzor	37
4.2. Proces primjene ESG programa na zrakoplovu A320	38
4.2.1. Korak 1 (ESG1).....	40
4.2.2. Korak 2 (ESG2).....	42
5. ZAKLJUČAK.....	45
LITERATURA.....	47

POPIS KRATICA	49
POPIS SLIKA.....	51
POPIS TABLICA	52

1. UVOD

Zračni promet kao dio industrije koja se bavi prijevozom ljudi i dobara ima odgovornost odgovoriti na sve zahtjeve i prepreke koje sa sobom nosi globalizacija. Svakodnevnim rastom potražnje za prijevozom, proizvođači zrakoplova svojim inovacijama i tehnologijom pokušavaju smanjiti vrijeme i cijenu transporta, a pritom ne ugrožavati sigurnost operacija. Za dodatnu razinu sigurnosti i nadzor zaslužne su nadležne vlasti koje su propisale striktna pravila prema kojima se svi sudionici u zračnom prometu moraju pridržavati ukoliko žele biti dio istog. Krovna agencija za sigurnost zračnog prometa u Europi je EASA, dok za područje unutar Republike Hrvatske zadužena Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo - HACZ.

Jedan od vodećih proizvođača zrakoplova Airbus ponudio je svojim korisnicima mogućnost dodatnog korištenja postojećeg zrakoplova u smislu broja sati leta ili ciklusa. Program produženja resursa zrakoplova izvodi se uz preporuke proizvođača, a na zračnom prijevozniku je da osigura uvjete i osoblje. Program produženja resursa je zahtjevan i potrebno je višegodišnje planiranje cijelog projekta od strane zračnog prijevoznika. Preporuka Airbus-a je da se zračni prijevoznik odluči za isti dvije godine prije isteka krajnjih resursa kako bi tranzicija na produženje resursa bila što laganija. U konačnici, na zračnom prijevozniku je hoće li otpustiti zrakoplov iz službe ili primijeniti program koji mu je ponudio Airbus.

Ovaj diplomski rad kroz poglavlja opisuje zrakoplovne propise koji određuju uvjete prema kojima se definira i što čini odobreni program za održavanja za zračnog prijevoznika. Također, opisan je cijeli postupak za primjenu programa ekstenzije resursa zrakoplova prema preporukama proizvođača zrakoplova Airbus.

Uvodno poglavlje opisuje prema kojim zrakoplovnim propisima i tehnologijama je definiran sam program održavanja za zračnog prijevoznika. Europska agencija za sigurnost zračnog prometa u Europi zahtijeva od zračnih prijevoznika da program održavanja bude u skladu s njihovom Regulativom PART-M koja prati i održava zrakoplov plovidbenim kroz čitav životni vijek. Ukoliko začni prijevoznik ne zadovolji definirane uvjete, neće dobiti certifikat za pružanje usluga transporta u zračnom prijevozu. Tehnologija održavanja temelji se na MSG-3 programu koji je također opisan u ovom radu.

Opis odobrenog programa održavanja za zračnog prijevoznika nalazi se u trećem poglavlju, gdje je ukratko upisano koji su obavezni pregledi koji su nužni za sigurno operiranje zrakoplovom.

U četvrtom poglavlju, nalazi se proces primjene i preporuke Airbus-a za konzumiranje programa ekstenzije resursa na zrakoplovu Airbus A320. Cijeli proces odvija se u dva koraka uz nadzor i pomoć od strane Airbus-ovih inženjera.

Na kraju rada iznesena su opća razmatranja i mišljenje o cijelom procesu primjene programa ekstenzije resursa zrakoplova.

2. SUSTAV ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA U EKSPLOATACIJI

2.1. Općenito o programu održavanja

Operativni životni vijek zrakoplova počinje kada je zrakoplov opremljen sa svim potrebnim i ispravnim uređajima za sigurnu plovidbu, odnosno kada su zadovoljeni svi uvjeti prema Regulativi PART 21 o inicijalnoj plovidbenosti. Zrakoplov se tada smatra ispravnim i može se „pustiti“ u upotrebu od strane proizvođača i nadležnog tijela [1].

Međunarodna civilna organizacija za zrakoplovstvo (*International Civil Aviation Organization* - ICAO) je kroz dva Aneksa: Aneks 6: Operacije zrakoplova i Aneks 8: Kontinuirana plovidbenost, definirala uvjete i propise za sigurnu uporabu zrakoplova kroz njegov životni vijek [1].

Na inicijativu Europske Komisije, 2002. godine osnovana je Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (*European Union Aviation Safety Agency* - EASA) koja zamjenjuje prijašnje nadležno tijelo za sigurnost zrakoplovstva u Europi (*Joint Aviation Authorities* – JAA) s ciljem unapređenja sigurnosti zrakoplovstva na području Europe i šire [1].

EASA je dodatno definirala područje koje se tiče održavanje zrakoplova kroz sljedeće propise [2]:

- PART 21: Inicijalna plovidbenost;
- PART M: Kontinuirana plovidbenost (*Continuing Airworthiness* - CA);
- PART 145: Ovlaštena organizacija za održavanje.

Te propisi koji se tiču tehničkog osoblja i školovanja istih:

- PART 66: Licenciranje tehničkog osoblja;
- PART 147: Ustanove za školovanje tehničkog osoblja.

Initial Airworthiness	IR: (EU) No 748/2012	Annex I: Part 21 Annex II: Repealed Regulation – list of amendments Annex III: Correlation Table
Additional airworthiness specifications for operations	IR: (EU) 2015/640	Annex I: Part-26
Continuing airworthiness	IR: (EU) No 1321/2014	Annex I: Part-M Annex II: Part-145 Annex III: Part-66 Annex IV: Part-147 Annex Va: Part-T Annex Vb: Part-ML Annex Vc: Part-CAMO Annex Vd: Part-CAO

Slika 1. Struktura EASA zrakoplovnih propisa, [2]

Na slici 1. prikazana je struktura podjele zrakoplovnih propisa koje je definirala Europska agencija za sigurnost zračnog prometa. Najvažniji dokumenti koji se tiču održavanja zrakoplova su *(EU) No 748/2012*, *(EU) No 2015/640* i *(EU) No 1321/2014*. Primjenom svih prethodno navedenih dokumenata prati se stanje strukture i resursa na zrakoplovu [2].

Svaki vlasnik zrakoplova/operator dužan je napraviti program održavanja u skladu s međunarodnim i nacionalnim zrakoplovnim propisima. Program održavanja zrakoplova ključan je u kontinuiranom praćenju pouzdanosti zrakoplova, sustava, opreme, pogonskih grupa i slično. Različiti tipovi zrakoplova, sustava, motora zahtijevaju različite uvjete održavanja te sukladno s time potrebno je izraditi program održavanja za svaki tip posebno [1].

Program održavanja u Republici Hrvatskoj mora biti u skladu s Regulativom PART-M, dok prije aktualnih zrakoplovnih propisa, program održavanja definirao se u skladu s JAA zrakoplovnim propisima. Vlasnik zrakoplova/operator nakon izrade programa održavanja predaje isti na odobrenje od strane Nacionalnog nadležnog tijela, u RH to je Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo (HACZ). HACZ je ovlaštena institucija od strane RH, te kao članica Europske Unije definirana je u skladu s EASA propisima. Zadužena je za izdavanje Svjedodžbe o plovidbenosti zrakoplova koja je valjana godinu dana. Također, izdaje inicijalnu Svjedodžbu o sposobnosti zračnog prijevoznika (*Air Operator Certificate – AOC*) bez koje se ne može vršiti komercijalni prijevoz zrakoplovom [3].

Program održavanja bit će odobren od strane nadležnog tijela, te za odgovornost o njegovom nadzoru, nedostacima, izmjenama odgovoran je operator zrakoplova. Operator zrakoplova može povjeriti svoje zrakoplove drugim ovlaštenim organizacijama za održavanje zrakoplova koje su u skladu sa PART 145 i da imaju adekvatno školovano osoblje u skladu sa PART 66 ili sam stvoriti uvjete u skladu sa prethodno definiranim zrakoplovnim propisima. Životni vijek zrakoplova procjenjuje se na oko 20-25 godina, odnosno 60 000 letova ili 90 000 sati leta, uz mogućnost ekstenzije resursa u skladu s preporukama proizvođača zrakoplova. Samim time, potrebno je definirati program održavanja i praćenja stanja istog kroz sve životne faze [1].

Benefiti adekvatnog održavanja zrakoplova prikazani su na slici 2. Pravilnim pristupom održava se sigurnost plovidbe i pouzdanost zrakoplova na visokoj razini; optimiziraju se troškovi održavanja (maksimalno iskorištavanje resursa komponenti, sustava, motora...); uz preporuke proizvođača moguće je produžiti životni vijek zrakoplova od onih početno definiranih; povećati/održavati performanse tokom životnog vijeka; raznim izvještajima analizirati i unaprijediti operativnost zrakoplova; održavati sigurnost plovidbe i pouzdanosti zrakoplova na visokoj razini.



Slika 2. Prednosti pravilnog održavanja zrakoplova, [4]

Temelj izrade modernog programa održavanja zrakoplova je u MSG-3 logici (*Maintenance Steering Group-MSG*) logici koja definira radne zadatke, a ne proces održavanja. Program koji se temelji na istom sadrži grupe kontinuiranih radnih zadataka koji se izvršavaju prema predviđenim intervalima. Povećava se sigurnost, efikasnost i ekonomičnost održavanja zrakoplova, sustava, motora i slično [1].

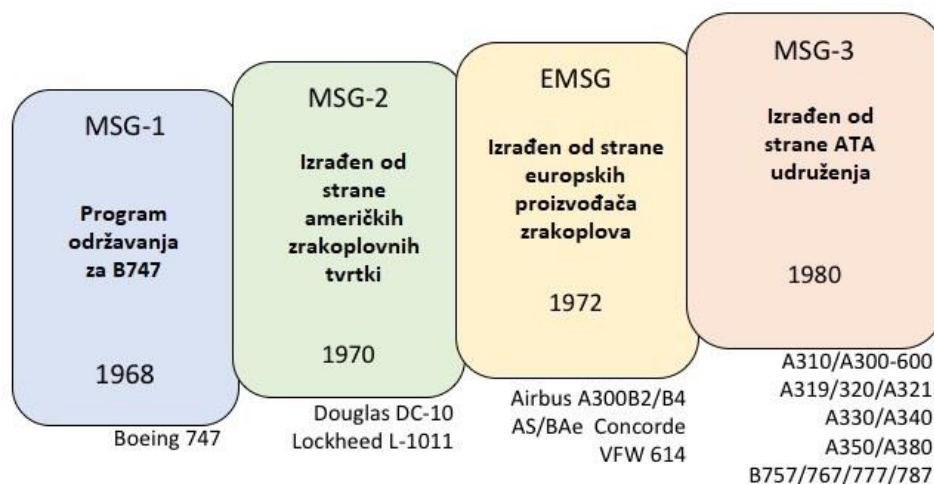
2.2. Maintenance Steering Group (MSG)

Na inicijativu organizacije udruženja zračnih prijevoznika (*Air Transport Association - ATA*) koju predstavljaju razni proizvođači zrakoplova, opreme, dijelova, materijala te predstavnici zrakoplovnih vlasti koji se zalažu za obavezno održavanje zrakoplova, osnovana je MSG grupa. Dokument kojim se definiraju programi/intervali održavanja zrakoplova (sustavi, struktura, motori). Prema MSG-u definirano je tri načina održavanja zrakoplova koji su se razvijali i koristili u skladu s vremenom i tehnologijom. Najmoderniji i danas prisutan način održavanja zrakoplova temelji se na MSG - 3 dokumentu (revizija 2) [1].

Pristup održavanja zrakoplova prije MSG-a bio na principu istrošenosti komponenti, odnosno prema fiksnim intervalima (*Hard Time - HT*). Izvanredno održavanje zrakoplova uvelike je ovisilo o iskustvu mehaničara. Samim time ovakav način održavanja bio je vrlo neefikasan i skup [5].

MSG-1/MSG-2 nastali su 70-tih godina prošlog stoljeća od strane Američkih proizvođača zrakoplova. Točnije, MSG-1 nastao je 1968. godine kao novi koncept programa održavanja za zrakoplov B747, dok MSG-2 izrađen 1970. godine bio je namijenjen za zrakoplove DC-10 i L-1011. Temelj održavanja zrakoplova bio je u već spomenutom „*hard time*“ pristupu, zatim praćenje komponenti i sustava na temelju zatečenog stanja (*On Condition - OC*), te periodičko praćenje stanja istih (*Condition monitoring – CM*) [5].

Za područje Europe, na inicijativu europskih prijevoznika 1972. godine izrađen je program održavanja za zrakoplove Airbus 300 serije i za *Concorde*. Europska verzija temeljila se na MSG-2 principu te bila je poboljšana verzija istog. Na slici 3. prikazan je grafički prikaz razvoja MSG kroz povijest [5].



Slika 3. Razvoj MSG-a kroz povijest, [5]

Razvojem tehnologije i novih zrakoplova, princip održavanja prema metodama: „Hard time“, „On Condition“ i „Condition Monitoring“ postaje neisplativo. S ciljem poboljšanja istih, razvio se MSG-3 koji definira radne zadatke i temelji na logici „from top to bottom“ što znači da se radni zadaci dijele od cjeline zrakoplova prema manjim sustavima, odnosno manjim komponentama. Cilj radnih zadataka je povećati pouzdanost/sigurnost zrakoplova, dok s druge strane povećati ekonomičnost cijelog procesa održavanja [5].

Grupa radnih zadataka trebala bi sadržavati sljedeće radnje:

Tablica 1. Podjela zadataka prema MSG, [5]

REDOVNO ODRŽAVANJE	IZVANREDNO ODRŽAVANJE
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Podmazivanje / Servisiranje; ➤ Vizualni pregled; ➤ Provjera ispravnosti; <ul style="list-style-type: none"> • Vizualni pregled; • Detaljna inspekcija; • Specijalna inspekcija; • Nadzor stanja strukture. ➤ Reparacija dijelova; ➤ Otpis dijelova. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planirani zadaci u skladu s intervalima; ➤ Zapis grešaka; ➤ Analiza podataka; ➤ Zapi potencijalnih kvarova.

2.3. MSG-3 logika i analiza

MSG-3 pristup održavanja zrakoplova dijeli se na tri glavne analize: Analiza strukture, analiza sustava, analiza zona zrakoplova, prikazano na slici 4.



Slika 4. MSG-3 analize, [5]

- **Analiza sustava**

Kod analize sustava primjenjuje se već spomenuta „*from top to bottom*“ logika, što znači da će inženjer/tehničar kod održavanja krenuti od [5]:

- 1) ATA poglavlja sustava (Najviša razina);
- 2) ATA pod-poglavlja sustava;
- 3) ATA pod-pod-poglavlja sustava;
- 4) Komponenta sustava (*Maintenance Significant Items* – MSI).

Zatim povjeravat će se funkcionalnost svake komponente sustava (MSI), te se postavljaju pitanja [5]:

- „Kakav kvar je nastao?“;
- „Koje su moguće posljedice kvara?“;
- „Što je uzrok kvara?“

Slika 6. prikazuje detaljan pristup analizi sustava u kojem se greške dijele na 5 glavnih kategorija kvarova (*Functional equipment code* – FEC) s ciljem preciznijeg otkrivanja kvara na sustavu ili motoru zrakoplova.



Slika 5. Analiza sustava, [5]

- **Analiza strukture**

Pristup analizi strukture sličan je kao i kod analize sustava, razlika je u tome što se ovdje posvećuje pažnja na ključne strukturalne elemente (*Structural Significant Items* - SSI), odnosno detalje koji mogu utjecati na sigurnost cjeline. Dijelovi strukture koji nisu definirani kao ključni (SSI), bit će pregledani u analizi pojedinih zona [5].

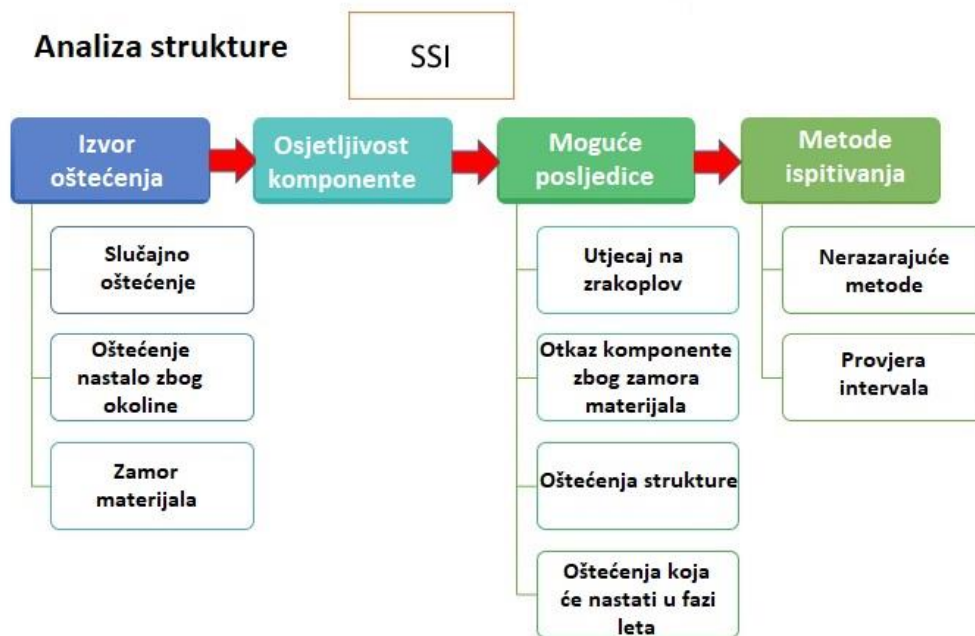
Kroz povijest koristila su se 3 dizajna strukture [5]:

„**Safe life**“ – zamjena strukture nakon određenog perioda, slično kao metoda „*hard time*“.

„**Fail safe**“ – dizajn od više paralelnih elemenata koji imaju istu funkciju, odnosno u slučaju otkaza jednog elementa ostali preuzimaju opterećenje.

„**Damage Tolerance**“ – provjera strukture nerazarajućim metodama (vizualni pregled, magnetsko ispitivanje, ultrazvučno ispitivanje i slično). U ovom pristupu važno je definirati vremenske intervale provjere i provjere nakon izvanrednih događaja.

Inženjer/Tehničar kada je pronašao ključnu komponentu, počinje tražiti mogući uzrok nastanka štete: šteta nastala slučajnom nesrećom, zamorom materijala ili šteta koja je nastala zbog okoline u kojoj se nalazi [5]. Cijeli postupak analize strukture opisan je na slici 6.



Slika 6. Analiza strukture, [5]

- **Analiza pojedinih zona**

Pod ovim pojmom smatra se analiza svih ostalih dijelova zrakoplova kao što su određeni sustavi i motori koji nisu obuhvaćeni prethodnim analizama. Radni zadaci također se obavljaju po logici „*from top to bottom*“ [5].

2.4. Pregledi na zrakoplovu

Zračni prijevoznici i svi ostali operatori u civilnom zrakoplovstvu moraju osigurati konstantne preglede na zrakoplovu kako bi se pratilo stanje zrakoplova, strukture, sustava, komponenti... Cilj je održavati zrakoplov siguran za plovidbu, te u konačnici obnoviti plovidbenost zrakoplova uz adekvatni program održavanja koji je odobren od nadležnih vlasti [1]. Osnovni pregledi koji čine program održavanja, različiti su po veličini i zahtjevnosti zadataka izvršavanja, opisani su u tablici 2.

Tablica 2. Vrsta pregleda na zrakoplovu, [1]

<p>SERVISNI PREGLEDI</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pregledi manjeg obujma, najčešće se izvode radovi podmazivanja određenih dijelova, zamjena potrošnih materijala, probe sustava, otklanjanje kvarova i slično. ➤ Pred-poletni, tranzitni, dnevni pregledi, preventivni radovi (zamjena guma, filtera, kočnica, ulja u motoru i sustavima)
<p>POVREMENI PREGLEDI</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planirana vrsta pregleda koji se odvija redovito nakon definiranog vremenskog intervala. Svrha pregleda je preventivno održavanje, otklanjanje kvarova, izvođenje manjih modifikacija, praćenje stanja strukture, sustava, motora itd. ➤ Nakon izvršenih radova, radovi se planiranju i izvode ponovo prema istoj proceduri i ciklusu.
<p>RADOVI VELIKE OBNOVE</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Zahtjevnija vrsta radova u pogledu kompleksnosti i vremenske dužine radova. Radovi se mogu obavljati odjednom ili u etapama (Blok pregled). Kada se obnavlja u etapama svi radovi moraju biti izvršeni unutar definiranog vremena. Radovi obnove izvršavaju se nakon određenih broj naleta ili po vremenskom intervalu. ➤ Primjer radova: modifikacije, skidanje komponenti i uređaja sa zrakoplova, detaljan pregled strukture, ispitivanje instalacija, radovi preventivnog održavanja, otklanjanje nedostataka, površinska zaštita...
<p>SPECIJALNI PREGLEDI</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nakon izvanrednih situacija izvršavaju se izvanredni pregledi s ciljem analize stanja zrakoplova, strukture, sustava, komponenti i slično. Specijalni pregledi izvode se prema radnim karticama specijalnih pregleda. ➤ Npr. pregledi se izvode: kada zrakoplov sleti pretežak, udar ptice, sumnja na preopterećenje konstrukcije, djelovanje okoline i slično
<p>PROVJERE U LETU</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Letovi u svrhu provjere ponašanja zrakoplova nakon izvođenja radova, odnosno modifikacija na istom. Letovi ovakve vrste moraju biti najavljeni i planirani u skladu s kontrolom zračne plovidbe. Zrakoplov se testira u svim fazama leta te bilježe, kasnije analiziraju zabilježeni podaci. ➤ Npr. nakon zamjene aerodinamičkih površina, testiranje motora, promjene na komandama leta, u svrhu tehničkog ispitivanja za produženje plovidbenosti zrakoplova.
<p>PREGLEDI ZA UTVRĐVANJE PLOVIDBENOSTI ZRAKOPLOVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Niz pregleda kojima se utvrđuje da li je zrakoplov siguran za plovidbu. Ova vrsta pregleda izvodi se uz nadzor civilne agencije.

Zračni prijevoznici koji u floti imaju veće zrakoplove, uz prethodno navedene preglede imaju program održavanja koji se dijeli prema veličini radova i intervalima. Održavanje se bazira na praćenju broja sati i ciklusa (broj natlačivanja kabine) te se pregledi u dijele u četiri osnovne skupine: A-check, B-check, C-check i D-check. A i B check-ovi smatraju se manjim pregledima, dok C i D su veći pregledi koji se najčešće planiraju u zimskom periodu (izvan sezone letenja). Također, manji pregledi mogu biti izvedeni od strane aviokompanije/operatora, dok veći pregledi najčešće obavljaju se kod specijaliziranih tvrtki za takvo održavanje. Svaki proizvođač zrakoplova za određeni tip zrakoplova preporuča intervale održavanja prema spomenutim „check“-ovima [6].

- ❖ **A-check** – interval održavanja svaki 400-600 sati leta ili 200-300 ciklusa. Za ovu vrstu radova potrebno je oko 10 sati, sve ovisi o kojem tipu zrakoplova se radi. Radovi se mogu obavljati na platformi, to su manje zahtjevni radovi, npr. generalna vizualna inspekcija, provjera/zamjena svjetala, podmazivanje dijelova, provjera kočionih sustava i slično [6].
- ❖ **B-check** – radovi koji se otprilike izvode svakih 6 mjeseci, ovisno o uvjetima u kojima je zrakoplov operirao. Traju oko 2-3 dana, te u uključuju radove koji se izvode kod A-check-a plus dodatni radovi inspekcije, podmazivanja i slično [6].
- ❖ **C-check** - Među provjera, uključuje radove iz A i B check-a uz dodatnu inspekciju strukture zrakoplova, provjera motora, komponenti, podmazivanje, sustav zaštite od korozije, provjera sustava, aerodinamičkih površina te obavezno se primjenjuju zahtjevi iz servisnih biltena. Planira se svakih 3000 sati, radovi traju od 7-10 dana [6].
- ❖ **D-check** - Generalna provjera, najveći i najdetaljniji pregled od svih prethodno navedenih. Izvodi se otprilike svake 4 godine, na oko 20 000 sati leta. Detaljni pregled zrakoplova, analizira se stanje strukture, komponenti, sustava... Radovi traju oko mjesec dana [6].

2.5. Definiranje i odobravanje programa održavanja za zračnog prijevoznika

❖ Definiranje programa

Program održavanja za zračnog prijevoznika (*Operator Maintenance Program* - OMP) izrađuje se na temelju dokumenta za preporučeno planiranje održavanja zrakoplova (*Maintenance Planning Document* – MPD) koji primjenjuje MSG-3 logiku. Sadrži minimalne zadaće održavanja koje su se definirale prema: izračunima strukture, materijalima koji s vremenom moraju biti zamijenjeni, proračunima koji su nastali u letu, izvorom iz raznih priručnika za održavanje i slično. Uz program održavanja, zračni prijevoznik mora osigurati i Program pouzdanosti koji ima cilj pratiti elemente ekonomičnosti i sigurnosti, na način da ima obavezu slati povratne informacije o zrakoplovu u upotrebi. Izvješća o pouzdanosti, izvršeni radovi, modifikacije na zrakoplovu, tehnički status, izvanredna održavanja zrakoplova samo su neke od povratnih informacija koje se šalju. Program pouzdanosti sadrži bazu podataka koja se konstantno nadopunjuje od strane piloti izveštaja, upisa u tehničku knjigu zrakoplova (*Technical log book* - TLB), raznih pregleda, analiza sustava, izvještaja o kašnjenju, nesrećama i nezgodama te raznih inspekcija. Na temelju ulaznih podataka, proizvođač izdaje nove promjene i preporuke za primjenu MPD programa [7].

Izrađeni Program održavanja za zračnog prijevoznika, sadrži konstantne i razne nadopune poput: naredba o plovidbenosti (*Airworthiness Directives* – AD note), servisni bilteni (*Service Bulletins* – SB), servisna pisma (*Service Letters* – SL), razni dodatni zahtjevi koje propisuju vlasti države u kojoj je zrakoplov registriran, nove spoznaje koje su nastale primjenom zrakoplova i propisuje ih sam zračni prijevoznik [7]. Na slici 7. prikazani su svi elementi koji utječu na izradu i promjenu programa održavanja za zračnog prijevoznika.

- Naredba o plovidbenosti (*Airworthiness Directives* – AD):

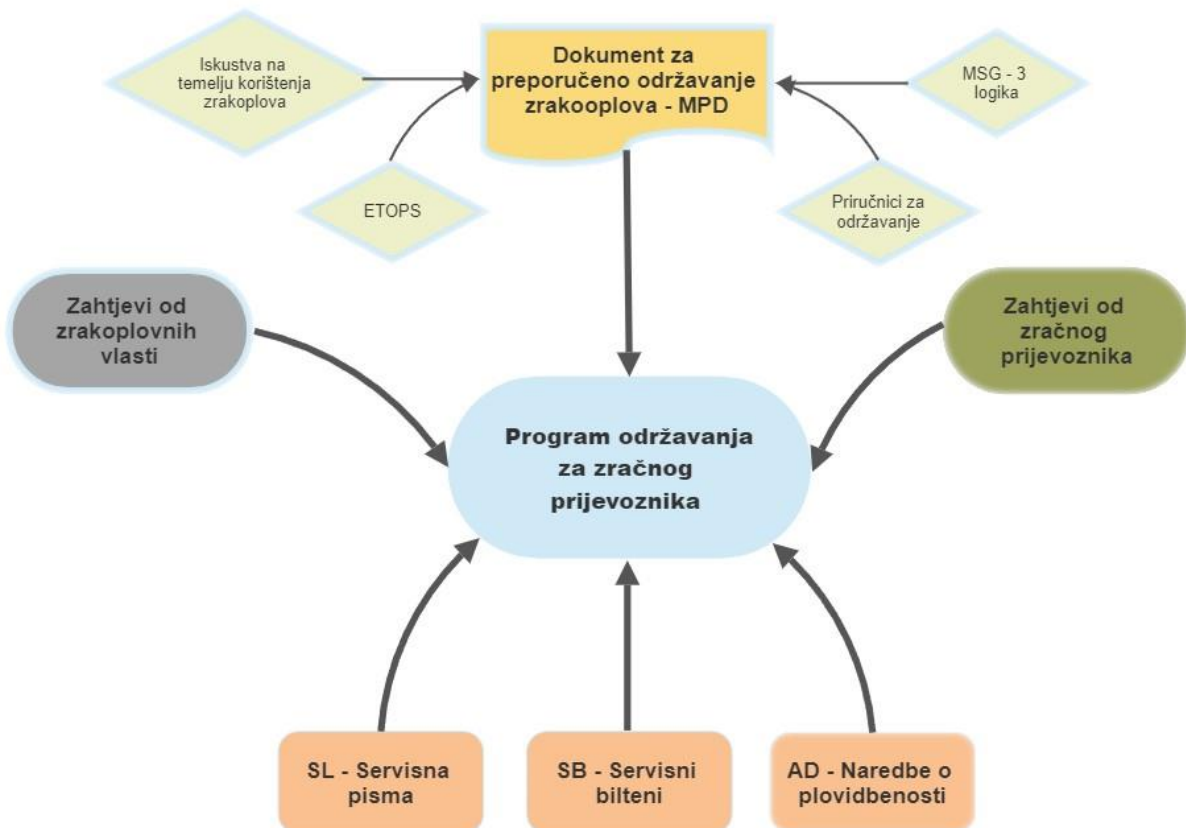
Najviši stupanj zahtjeva za promjenu, opisuje obavezne izmjene u postupcima održavanja zrakoplova s ciljem održavanje kontinuirane plovidbenosti. Primjena se mora dogoditi u što kraćem roku [8].

- Servisni bilten (*Service Bulletins – SB*):

Dokument koji je izdan od strane proizvođača zrakoplova, odnosi na sustave, motore, komponente, strukturu i slično. Cilj ovog dokumenta je unaprijediti sigurnost zrakoplova, odnosno promjene kod održavanja [9].

- Servisna pisma (*Service Letters – SL*):

Mogu imati težinu kao i AD i SB, dokument koji sadrži korisne informacije s ciljem unapređenja sigurnosti, pouzdanosti ili smanjiti troškove održavanja. Nivo primjene nije hitan [7].



Slika 7. Elementi koji utječu na program održavanja za zračnog prijevoznika [7]

Program održavanja sadrži zadaće koje se odnose za točno određeni zrakoplov koji je definiran serijskim brojem, što znači da svaki zrakoplov u floti zračnog prijevoznika ima prilagođeni program održavanja zbog toga jer svaki zrakoplov ima posebne specifikacije i opremu koji je definirao proizvođač. Dokument programa održavanja sastoji se od 5 cjelina koje obuhvaćaju sljedeće [7]:

- 1) Opće informacije;
- 2) Osnova programa (na temelju kojih dokumenata je izrađen);
- 3) Amandmani;
- 4) Dozvoljeno vrijeme odstupanja od redovnog održavanja;
- 5) Revizije programa.

MPD dokument ima univerzalan dizajn za sve vrste zrakoplova, te je nastao od strane industrijskog konzultacijskog tijela (*Industry Steering Committee – ISC*). To su predstavnici raznih proizvođača zrakoplova, motora, sustava, predstavnici aviokompanija. Odabrani predstavnici imaju zadaću analizirati sustave zrakoplova i njihovu pouzdanost u radu, te na temelju toga predložiti program održavanja zrakoplova u ime proizvođača. Dokument koji su je izradilo ISC tijelo naziva se MRBR (*Maintenance Review Bord Report – MRBR*) u kojemu su definirani osnovni i minimalni zahtjevi za održavanje zrakoplova (strukture, sustavi, komponente i slično). Isti mora biti odobren od skupine stručnjaka (*Maintenance Review Bord – MRB*) koje je predložila civilna agencija [7].

Primjer MPD dokumenta za zrakoplov Airbus A320, prikazan je na slici 8. Prvi stupac prikazuje radni zadatak koji je definiran pod određenim brojem, zatim sljedeći prikazuje vezu s MRBR dokumentom, treći stupac definira zonu zrakoplova odnosno gdje se izvode radovi. Opis zadatka nalazi se u središnjem dijelu, te se opisuje što i na kojim sustavima se vrše radovi. Slijedi definiranje intervala pregleda, odnosno koliko često se isti mora izvršiti. Naredni stupci opisuju koliko radni zadatak zahtijeva ljudi i broj radnih sati, te potrebnu vještinu tehničara za takvu vrstu zadatka. U predzadnjem i zadnjem stupcu navedeno je gdje se može naći slikoviti opis radnog zadatka koji je primijenjen za sve ili određene modele tog zrakoplova.

TASK NUMBER	ZONE	DESCRIPTION	THRESHOLD INTERVAL	SOURCE	REFERENCE	MEN	MH	APPLICABILITY
323105-01-1		***** CONTINUE ***** SERVICE (EIS)						
323105-02-1	730 740	NORMAL EXTENSION AND RETRACTION AF OP OPERATIONAL CHECK OF THE MLG DOOR ACTUATOR NOTE : FOR INITIAL ACCOMPLISHMENT REFER TO AIRWORTHINESS DIRECTIVE	T: 3000 FC OR NOTE I: 425 FC	EASA AD FAA AD ISB	EASA AD 2006-0112 FAA AD 2007-06-18 ISB 32-1309	1 1	0.05 0.05	PRE 38274 (32-1338)
323112-01-1	711	SELECTOR VALVE - LG AF VC INSPECTION OF SELECTOR VALVES. NOTE: APPLICABILITY IAW SB 32-1290 / AD 2007-0065. AIRCRAFT MSN 2389, 2392, 2393, 2396, 2398, 2403, 2405, 2407, 2409, 2410, 2411, FROM 2413 TO 2439, 2441, AND MSN ABOVE 2441 ON WHICH NO REPLACEMENT OF THE LANDING GEAR (LG) SELECTOR VALVE 40GA OR OF THE LG DOOR SELECTOR VALVE 41GA HAS BEEN PERFORMED SINCE AIRCRAFT DELIVERY FROM AIRBUS ARE COMPLIANT WITH THE REQUIREMENTS OF AD. AIRCRAFT ON WHICH LG SELECTOR VALVE 40GA AND LG DOOR SELECTOR VALVE 41GA HAVE THE DUPLICATE INSPECTION "DI" OR DI-BE RECORDED ON THEIR AMENDMENT PLATES ARE COMPLIANT WITH THE REQUIREMENTS OF AD.	T: REFER TO ISB / AD I: 20000 FC OR 89 MO	EASA AD ISB	EASA AD 2007-0065R1 ISB 32-1290	1	0.50	MSN 0001-2391 REFER TO ISB 32-1290 AND NOTE
323114-01-1	711	MLG DOOR UNLOCK ASSY AF DI DETAILED INSPECTION OF NOSE LANDING GEAR DOOR UNLOCK. NOTE : INTERVAL IN ACCORDANCE WITH ISB 32-1109	I: NOTE	ISB SIL	323114-200-001 ISB 32-1109 SIL 32-065	1	0.20	PRE 22132 (32-1082) PRE 23796 (32-1122) PRE 23797 (32-1122)
323135-01-1		***** TASK DELETED *****						
323300-01-1	100 200	LANDING GEAR FREE FALL EXTENSION AF DI DETAILED INSPECTION OF FREE-FALL MECHANISM INCLUDING ***** CONTINUED *****	I: 72 MO	MRB 8	323300-200-002 MRB REFERENCE :	1 1	0.50 0.50	A320 OR A321
SYSTEMS AND POWERPLANT PROGRAM : LANDING GEAR			REV. DATE: NOV 01/10		SECTION: 2-32	PAGE 10		

Slika 8. Primjer MDP dokumenta, [10]

❖ Odobrenje programa

Odobrenje programa održavanja za zračnog prijevoznika izdaje agencija države u kojoj je zrakoplov registriran. Program neće biti odobren ukoliko se nije izradio u skladu sa Regulativom (PART-M) koju je definirala Europska agencija za sigurnost zračnog prometa (EASA). Također, nadležne vlasti mogu zahtijevati dodatne uvjete koje zračni prijevoznik mora zadovoljiti [7].

Na zračnom prijevozniku je da osigura uvjete i osoblje koje će ispunjavati sve zadaće iz odobrenog programa kako mu ne bi bio oduzet AOC ili plovidbenost zrakoplova. Većinu zadaća obavlja tehničko osoblje u pogledu redovnog i izvanrednog održavanja, no dio zadaća kao što su prepoletni i pregledi između letova može izvršiti letačko osoblje [7].

Izdavanjem plovidbenosti, civilna agencija smatra da je zrakoplov održavan u skladu sa zrakoplovnim propisima i da je sposoban za sigurnu plovidbu. Na godišnjoj

razini civilna agencija provodi detaljan audit gdje ima mogućnost produžiti ploidbenost ili suprotno, ukoliko se nađu nedostaci u cijelom procesu održavanja, što u konačnici utječe na cijelu sigurnost plovidbe [7].

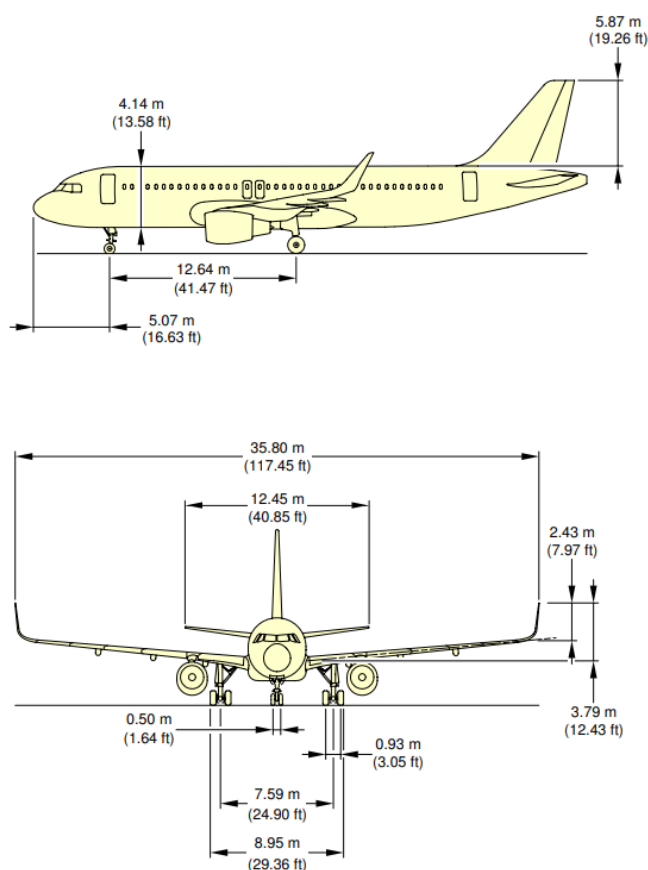
Za izvođenje svih radova, potrebnih za održavanje zrakoplova u ploidbenom stanju, zračni prijevoznik mora izvoditi radove u organizaciji koja zadovoljava zahtjeve iz Regulative (PART-145 i PART-66). Zračni prijevoznici mogu imati svoje radionice i ovlaštene tehničare za izvođenje radova ili se isti mogu održavati u sklopu drugih ovlaštenih organizacija [7].

3. PROGRAM ODRŽAVANJA ZRAKOPLOVA AIRBUS A320

3.1. Tehničko – eksploatacijske karakteristike zrakoplova A320

Airbus A320 je jedan od najpopularniji modela zrakoplova proizveden u više od 10 000 primjeraka od njegovog pojavljivanja na tržištu 1988. godine. Uskotrupni zrakoplov, malog do srednjeg doleta ima kapacitet prijevoza od maksimalno 180 putnika. Pogone ga dva turboventilatorska motora koji se nalaze ispod krila, te ovisno o preferenciji kupca, dolazi u različitim varijantama proizvođača motora [10].

Prvi komercijalni zrakoplovi na svijetu koji su primijenili tehnologiju „*fly-by-wire*“ sustava u prijenosu kontakta između kokpita i letnih površina i sustava. Umjesto prijašnjih žičanih veza između pilotske palice i letnih površina, zrakoplovom se upravlja uz pomoć upravljačkog uređaja (*Joystick*). *Joystick* generira električne impulse na temelju ulaznih podataka koji su nastali pomicanjem istog, a zatim putem računala i „*fly by wire*“ sustava, impulsi se dalje šalju do upravljačkih jedinica [10].



Slika 9. Tehničke karakteristika zrakoplova Airbus A320, [9]

U A320 „Family“ pripadaju i zrakoplovi A318, A319 i A321, što omogućuje zračnim prijevoznicima olakšani tranziciju posade/tehničara s jednog tipa zrakoplova na drugi iz razloga što svi koriste iste sustave. Tehničke karakteristike prikazane su na slici 9. Najnovija verzija zrakoplova A320 predstavljena je 2016. godine pod nazivom A320NEO koji primjenjuje tehnologije i spoznaje koje su se stekle na prethodnom modelu. Samim time, omogućuje manju potrošnju goriva, veći kapacitet, dolet, jednostavnije održavanje i korištenje [10].

Airbus A320 može ostvariti maksimalnu visinu leta od 11 900m ili FL410, dok je optimalna brzina krstarenja 840 km/h. Dolet od 6 100km ostvaruje uz maksimalni mogući korisni teret [10]. Okvirne eksploatacijske vrijednosti prikazane su u tablici 4.

Tablica 3. Okvirne eksploatacijske vrijednosti za zrakoplov A320 [10]

Maksimalna težina na rampi / taxi težina (MRW/MTW)	73 900 kg (162 922 lbs)
Maksimalna težina u polijetanju (MTOW)	73 500 kg (162 040 lbs)
Maksimalna težina u slijetanju (MLW)	64 500 kg (142 198 lbs)
Maksimalna težina zrakoplova s koristim teretom, ali bez goriva. (MZFW)	60 500 kg (133 380 lbs)

Upravo zbog svoje opće popularnosti proizvodi se diljem svijeta. Završna faza sklapanja zrakoplova odvija se u Toulouse (Francuska) i u Hamburgu (Njemačka). Također, zbog velike potražnje tržišta nedavno su otvoreni dodatni kapaciteti za proizvodnju u Kini, a završno sklapanje u mjestu Mobile u Alabami (SAD) [10].

3.2. Program održavanja prije primjene ESG programa

3.2.1. Program održavanja sustava i motora

Program održavanja opisuje radne zadatke koji imaju ulogu inspekcije i potrebne radnje za održavanje sustava i motora zrakoplova. Vizualni nadzor definiran je prema analizi pojedinih zona, te sva kontaminirana površina (korozija, prašina...)

smatra se da ugrožava vatrootpornost dijela zrakoplova i preporuka je da se u što kraćem roku očisti [11].

Sustavi goriva i rezervoari podložni su utjecanjem nastajanja raznih mikroba koji mogu utjecati na normalno funkcioniranje cijelog sustava. Zbog toga su potrebni periodički pregledi koje će odrediti zračni prijevoznik na temelju uvjeta u kojima zrakoplov operira. Uvjeti veće vlažnosti zahtijevaju češće preglede jer pogoduju razvoju mikroba, te je potrebno planirati češće preglede i inspekcije [11].

Elektroničke komponente održavaju se redovnim vizualnim pregledima, čišćenjem, detaljnom inspekcijom rada sustava, indikacijama i slično. Način pregleda i redovitost definirani su prema MSG-3 u poglavlju: analiza pojedinih zona [11].

❖ *Pomoćna pogonska jedinica (Auxiliary power unit - APU)*

APU je mali mlazni motor koji je najčešće smješten u repu putničkog zrakoplova i ima 3 glavne funkcije [11]:

1. Dopremanje zraka za pokretanje motora (*Bleed air*);
2. Proizvodnja električne energije uz pomoć generatora;
3. Klimatizacija putničke kabine.

Održavanje se vrši prema posebnom planu i programu, obavezna boroskopija motora nije potrebna kao na pogonskim motorima. U slučaju kvara, potrebno je detaljnije pregledati komponente APU jedinice ili kontaktirati proizvođača. Također, proizvođač može zahtijevati posebne inspekcije prema individualnom pristupu ili putem servisnih biltena [11].

❖ *Motori zrakoplova*

Dijelovi motora koji nisu definirani životnim vijekom bit će pregledani na pojedinačnim ili velikim radovima na motoru. Proizvođač zrakoplova je određenim dijelovima definirao preporučeni životni vijek, za takve dijelove raspisan je poseban priručnik za održavanje. U svrhu dodatne sigurnosti, preporučeni životni vijek komponenti umanjen je o odnosu na stvarni finalni životni vijek koji je odobrio

proizvođač. Vizualni pregledi, najčešća su vrsta pregleda motora, te u slučaju da se ustanove oštećenja ili nepravilnosti u radu, bit će potrebne dodatne inspekcije, a i u krajnjem slučaju kontaktiranje proizvođača motora [11].

❖ *Ulja i tekućine za redovno održavanje*

Poglavlje u kojem su navedena ulja koja je preporučio proizvođač. Za svaku komponentu sustava ili motora, navedena je koja vrsta ulja s njezinim svojstvima je odobrena od strane proizvođača [11].

3.2.2. Program održavanja strukture

Program za strukturu koji je dizajniran da se pravovremeno otkrije i popravi oštećenje koje je nastalo prilikom operiranja zrakoplovom. Pomoću ne razarajućih metoda i vizualnog pregleda moguće je pravovremeno detektirati koroziju, mala oštećenja, oštećenja nastala zamorom materijala, udar ptice, oštećenje nastalo upotrebom zemaljske opreme, te oštećenje na strukturi. Veća oštećenja koja u konačnici mogu uzrokovati gubitak tlaka u kabini, curenje goriva, pucanje spojnica..., vodit će se kao SSI komponenta i održavat će se u skladu s istim. Kako bi zračni prijevoznik zadržao plovidbenost zrakoplova morat će popraviti oštećenje u što kraćem roku. Postoje tri osnovne razine inspekcija kojima se mogu utvrditi strukturalna oštećenja na zrakoplovu [11]:

Generalna vizualna inspekcija - vrsta inspekcije koja se provodi na dnevnom svjetlu, svjetlu hangara ili uz pomoć svjetiljke na udaljenosti dodira. Ponekad je potrebno otkloniti određene elemente kako bi se pristupilo željenom području uz pomoć ljestvi i platforme koji su dio pomoćne opreme [11].

Detaljna inspekcija – detaljno ispitivanje površine strukture s ciljem otkrivanja oštećenja koja nisu vidljiva na prvi pogled. Ukoliko je moguće, inspekcija se vrši na dnevnom svjetlu uz pomoć razne opreme kao što su ogledala, leće, posebni uređaji i slično. Čišćenje kontaminirane površine je obavezno prije analiziranja iste [11].

Specijalna inspekcija - intenzivna inspekcija određenog područja uz pomoć posebne opreme i tehnika otkrivanja oštećenja (ultrazvučno ispitivanje, vrtložne struje,

magnetsko ispitivanje...). Čišćenje površina ili skidanje određenih elemenata bit će potrebno za pristup željenom mjestu [11].

❖ *Operativna pravila*

Zračni prijevoznik primjenom odobrenog programa održavanja obavezan je obavljati zadatke unutarnje i vanjske inspekcije strukture s ciljem detektiranja i sprečavanja daljnjeg oštećenja nastalog od korozije, zamora materijala itd. [11].

Intervali pregleda strukture zrakoplova, definirani su prema kalendarskom vremenu ili prema ciklusima zrakoplova. Svaka promjena, mora biti odobrena od strane nadležnih vlasti. Prije svake specijalne inspekcije, površina mora biti očišćena jer kontaminirana površina smanjuje vatrootpornost površine. Tretiranje korozije mora biti prema posebnom priručniku za prevenciju od korozije [11].

❖ *Program nadzora i inspekcije zamora materijala strukture*

Za dijelove zrakoplova koji nemaju definirani interval održavanja, te se ne može pravovremeno otkriti zamor na elementu strukture, bit će potrebna detaljna inspekcija na cijeloj floti istih zrakoplova zračnog prijevoznika ukoliko se na njima nađe oštećenje. Ovakva vrsta inspekcije mora biti obavljena prije izdavanja novih AD nota koje imaju definirani rok izlaska. Eskalacija oštećenja konstrukcije može utjecati na druge sigurnosne elemente koji su definirani kao ključni i zbog kojih se može uskratiti potvrda o plovidbenosti zrakoplova. Procedure i način inspekcije strukture moraju biti odobre od strane nadležnih vlasti [11].

❖ *Program prevencije i nadzora korozije*

Korozija na strukturi zrakoplova trebala bi biti otkrivena putem prethodno navedenih inspekcija strukture. Proizvođač zrakoplova izdao je dokument koji se nalazi u sklopu dokumenta za održavanje strukture zrakoplova (*Structural maintenance program*). Cilj dokumenta je da se korozija održava pod kontrolom i da se šalju adekvatna izvješća proizvođaču o stanju iste. Tri su razine prema kojima se kategorizira korozija na zrakoplovu [11]:

Razina 1 (Level 1)

Korozija može biti:

- Nastala između uzastopnih pregleda i unutar je dopuštenih granica štete;
- Ne nalazi se na elementima od sigurnosne važnosti;
- Učestalo se javlja između redovnih pregleda i izvan je dopuštenih granica. Razlog nastanka nije poznat;
- Korozija koja nastaje između pregleda, oštećenje je takvo da se moraju elementi dodatno ojačati [11].

Razina 2 (Level 2)

Vrsta korozije koja zahtjeva dodatne radove, modifikacije, ojačanja, zamjene dijelova nakon inspekcija koje se događaju prema redovnom održavanju zračnog prijevoznika [11].

Razina 3 (Level 3)

Razina korozije na zrakoplovu koja utječe na samu sigurnost operacije, te zahtjeva da se radne akcije izvedu u što kraćem roku kako bi se održala plovidbenost zrakoplova. Također, obavezno je pregledati ostatak flote zračnog prijevoznika i poslati izvješće proizvođaču [11].

4.2.3. Program održavanja pojedinih zona

Poglavlje održavanja zrakoplova koje obuhvaća jednostavnije radnje kao što su: generalna vizualna inspekcija, inspekcija fizičkog stanja komponenti odnosno provjera da li su iste adekvatno učvršćene. Zatim pregled stanja električnih žica; provjera oštećenja ili nedostatak boje na strukturi; pregled curenja fluida i sve ostale radnje koje nisu opisane prema MSG-3 analizi. Ove vrste inspekcija nisu zamišljene da budu jamstvo kvalitete, preporuka je da se detaljniji pregledi odrade na većim pregledima zrakoplova [11].

Dva su glavna cilja programa održavanja pojedinih zona:

- a) Uz praćenje radnih zadataka procijeniti opće stanje i sigurnost svih sustava i predmeta sadržanih u svakoj zoni [11].
- b) Definirati broj vizualnih pregleda, odnosno podijeliti preglede u cjeline kako bi se obuhvatio nadzor svih komponenti sustava (MSI) i strukturalnih komponenti (SSI) [11].

❖ *Operativna pravila*

Operativna pravila opisuju pojedinačne sustave, te način na koji se trebaju tretirati, odnosno na jednom mjestu moguće je naći sve potrebne dodatne informacije. Sustav električnog ožičenja, sustav hidraulike, pneumatski sustav, sustavi pogonskih jedinica, struktura zrakoplova samo su dio cjelina koja je opisana u operativnim pravilima. Određeni dijelovi zahtijevat će detaljniju analizu od generalne vizualne inspekcije. U tom slučaju potrebno se voditi prema detaljnoj zonskoj analizi (*Enhanced Zonal Analysis Procedure* -EZAP) koja se i obavezna prema intervalu održavanja svakih 6 godina ili 18 000 ciklusa zrakoplova [11].

4.2.4. Planirano održavanje

4.2.4.1. Linijsko održavanje

Linijsko održavanje sastoji se od vrsta zadataka koji se mogu obaviti na parkirnoj poziciji/platformi te nije potrebno stvarati posebne uvjete za rad da bi se izveli radovi [11].

❖ **Pretpoletni pregled**

Kao i kružni pregled oko zrakoplova, ovaj pregled ima ulogu osigurati da je zrakoplov spreman za nadolazeći let. Pretpoletni pregled izvodi se najranije 2 sata prije samog leta i za isti zadužena je posada zrakoplova ili u iznimnim slučajevima može biti odrađen od strane tehničara. Bez obzira na okolnosti oba pregleda su obavezna prije svakog leta. Preporuča se da se pregledi izvedu na rampi odnosno parkirnoj poziciji i sve se mora zabilježiti u tehničku knjigu aviona (*Technical Log Book* – TLB) kako bi trenutna i naredna posada imala uvid o stanju zrakoplova [11].

Zadaci koji čine pretpoletni pregled podijeljeni su u 7 sljedećih cjelina:

1) Početne stavke

Vrši se pregled na potrošnim tekućinama na sustavima i motorima zrakoplova, npr. provjera ulja u motorima, APU jedinici, provjera ulja u rezervoarima za hidrauličko ulje. Također, potrebno je postaviti sigurnosne pinove na dijelovima podvozja i upaliti električni sustav zrakoplova [11].

2) Kružni pregled zrakoplova

Proces cijelog kružnog pregleda opisan je na prethodnoj stranici ovog rada. Uz sami pregled važno je da nema curenja tekućina, da gume nisu previše potrošene, da su ventili svi u urednom stanju, da nema oštećenja na antenama i strukturi, provjeriti da kočnice nisu pregrijane [11].

3) Provjera opreme u slučaju nužde

Pod opremom u slučaju nužde podrazumijeva se oprema koja se nalazi u kokpitu i u putničkoj kabini [11].

4) Provjera plovidbenosti zrakoplova

Provjera plovidbenosti u smislu ako zrakoplov ima planiran popravak u skorije vrijeme, važno je ustanoviti isti može sigurno obaviti operaciju letenja prije samog popravka [11].

5) Proces punjenja gorivom (ako je potrebno)

Nakon punjenja provjeriti da li su svi ventili adekvatno zatvoreni i da li je dogovorena količina goriva na zrakoplovu [11].

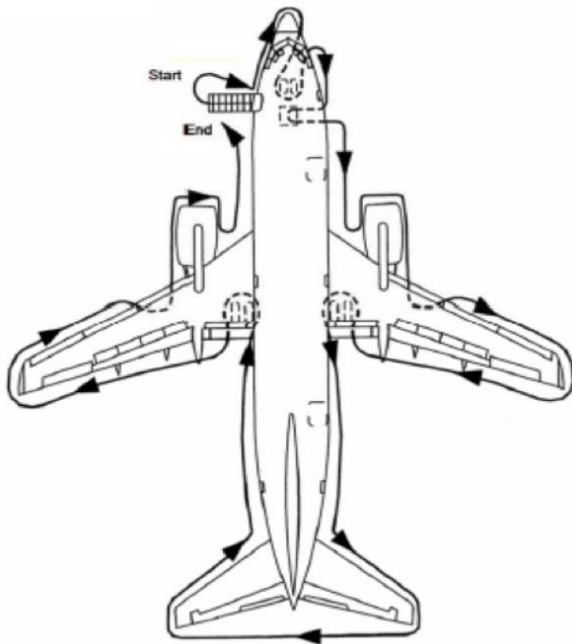
6) *Izmjena otpadnih voda (ako je potrebno)*

7) *Završne stavke*

Za kraj cijelog pretpoletnog pregleda potrebne su radnje koje se tiču interijera i eksterijera zrakoplova. Ovlaštena osoba na kraju pregleda potpisuje TLB te navodi lokaciju, vrijeme (UTC) i svoj ID [11].

❖ **Kružni pregled**

Izvodi se prema slici 10. i sastoji se od sljedećih koraka [11]:



Slika 10 Kružni pregled zrakoplova

1. Lijeva strana prednjeg dijela trupa;
2. Nos zrakoplova;
3. Podvozje nosnog kotača;
4. Desna strana prednjeg dijela trupa;
5. Desna strana korijena krila;
6. Motor #2 lijeva strana;
7. Motor #2 desna strana;
8. Desno krilo i napadna ivica;
9. Desno krilo, izlazna ivica i vrh krila;
10. Desno podvozje;
11. Kotači na desnoj strani podvozja;
12. Desna strana stražnjeg dijela trupa;
13. Rep zrakoplova;
14. Pomoćna pogonska jedinica (APU);
15. Lijeva strana stražnjeg dijela trupa;
16. Lijevo podvozje;
17. Kotači na lijevoj strani podvozja;
18. Lijevo krilo, izlazna ivica i vrh krila;
19. Lijevo krilo i napadna ivica;
20. Motor #1 lijeva strana;
21. Motor #1 desna strana;
22. Lijeva strana korijena krila;
23. Desna strana prednjeg dijela trupa.

❖ Dvodnevni pregled

Svakih 48 sati, tehničar mora napraviti dvodnevni pregled, preporuka je da se pregled obavi nakon zadnjeg leta u danu ili prije duže noćne stanke. U slučaju da zbog okolnosti nije moguće odraditi pregled, potrebno je zrakoplov parkirati na dulje vrijeme. Osim pregleda, dvodnevni pregled uključuje i radne zadatke koji su definirani prema planu održavanja za zračnog prijevoznika. Dvodnevni pregled ne smije se odgađati i sve se mora zabilježiti u TLB zrakoplova [11].

Kao i kod pretpoletnog pregleda, definirano je 9 poglavlja koja predstavljaju cijeli pregled.

1) Početne stavke

Početne stavke definiraju postupke sigurnog osiguravanja zrakoplova kao što je postavljenje pin-ova i uzemljenje istog. Nakon toga potrebno je testirati sustave upozorenja za vatru na zrakoplovu i motorima [11].

2) Dokumenti na zrakoplovu

Provjera da li su svi potrebni dokumenti prisutni na zrakoplovu i na lokaciji gdje se namjerava vršiti dvodnevni pregled. Obavezni dokumenti su sljedeći [11]:

- Certifikat o registraciji;
- Certifikat o plovidbenosti;
- Certifikat operatora (AOC);
- Certifikat o buci zrakoplova;
- Certifikat o radio stanicima;
- Tehnička knjiga zrakoplova (TLB) + jedna rezervna;
- Kabinska knjiga zrakoplova + jedna rezervna;

Osim provjere da li su prisutni svi potrebni dokumenti, potrebno je napraviti provjere što se tiče kokpita i kabine zrakoplova. Zatim, kao u pretpoletnom pregledu provjeriti adekvatne količine ulja u sustavima i provjeriti sustave (generatore) kisika na zrakoplovu [11].

3) Svjetla na zrakoplovu

Svjetla u interijeru čine svjetla u kabini i svjetla u kokpitu zrakoplova, dok ostatak svjetala potrebno je provjeriti s vanjske strane zrakoplova, npr. taxi, pozicijska, protu-sudarna, logo svjetla... Također, uz sva navedena svjetla potrebno je provjeriti i svjetla koja se javljaju u slučaju opasnosti [11].

4) Kružni pregled zrakoplova

Cijeli proces naveden je u prethodnim stranicama [11].

5) Provjera opreme u slučaju nužde

Opremu u slučaju nužde čine uređaji/stvari kao što su: prijenosna maska za kisik, uređaj za gašenje požara, rukavice, boce za kisik, svjetiljke, kutija za prvu pomoć i slično [11].

6) Drenaža vode iz spremnika goriva

Cijeli postupak potrebno je napraviti prije punjenja gorivom, u slučaju da je vanjska temperatura ispod nula stupnjeva Celzijevih, drenaža nije dozvoljena. Dozvoljena granica je da na 2 litre goriva ili više, ima manje od 0.2l vode [11].

7) Proces punjenja gorivom

Postupak je isti kao i kod pretpoletnog pregleda [11].

8) Izmjena otpadnih voda

Pražnjenje rezervoara dozvoljeno je u uvjetima kada je temperatura veća od 5 stupnjeva Celzijevih. Postoji mogućnost smrzavanje vode u cijevima ukoliko se rezervoari ne isprazne na vrijeme i u potpunosti. Također, izmjena je obavezna jednom u tri dana kako bi se spriječilo nastajanje bakterija u sustavima [11].

9) Završne stavke

Završna faza pregleda podrazumijeva vizualne preglede i skidanje sigurnosne opreme koja je postavljena na zrakoplov. Osoba koja je izvršila dvodnevni pregled potpisuje se u tehničku knjigu zrakoplova (TLB) i mora zabilježiti cikluse i radne sate APU jedinice [11].

❖ 15-dnevni pregled

Pregled koji se obavlja svakih 15 dana sam po sebi nije zahtjevan kao prethodna dva pregleda. Od zračnog prijevoznika očekuje se da osigura vizualni pregled cargo odjeljka, testira baterije, pričuvne sustave (*stand by systems*), provjeri rad i prisutnost rezervnih žarulja potrebnih za slučaj opasnosti i osvjetljenja zrakoplova. Prema potrebi mora obaviti zadatke prema planiranom održavanju [11].

4.2.4.2. Održavanje u bazi

Svaka provjera koja prelazi 1200 sati leta ili 120 dana smatra se baznim održavanjem. Provjera od 7500 sati leta ili 24 mjeseca sastoji se od MPD zadataka koji su dubinske inspekcije poznate kao systemske ili provjere pojedinih zona [11].

Pregledi od 6 godina, 8 godina, 10 godina, 12 godina sastoje se od MPD-a zadataka koji uključuju temeljnu C-check provjeru plus strukturalne provjere. To je vrsta provjere koja podrazumijeva uklanjanje panela, podnih i bočnih stijenki, detaljan pregled i ulazak u spremnik goriva, sa zrakoplova se skidaju gotovo svi elementi [11].

Svaki zadatak ima određeni interval koji pripada u provjeru osnovnog održavanja kako je utvrđeno prema korištenju zrakoplova, pristupu i vrsti inspekcije. Ostale i naknadne provjere mogu se zakazati kasnije kako bi se prilagodilo zadacima koje je potrebo izvršiti prema sljedećem: AD, SB, zamjena komponenti, promjena stajnog trapa i preinake [11].

❖ Tehnički let zrakoplova

Prije svakog tehničkog leta, tehničari i inženjeri koji su pustili zrakoplov na let moraju biti sigurni da su obavili sve moguće preglede i testove koji su mogli biti izvršeni na zemlji. Tehnički let ne obavlja se često i postoje dva su uvjeta kada su obavezni [11]:

- Kada to zahtjeva civilna agencija, let se mora obaviti prema njihovim pravilima;
- Promjena ili instaliranje motora.

Nakon održavanja, sigurnost ili plovidbenost zrakoplova smije biti ugrožena do neke prihvatljive razine, u suprotnom, tehnički let je strogo zabranjen [11].

Određene stavke ne mogu se predvidjeti na zemaljskim testovima jer sve ovisi kako će se ugrađene/zamijenjene komponente ponašati u letu pod utjecajima atmosfere (Mach-ov broj, temperatura, tlak, visina i slično). Zbog atmosferskih uvjeta koji su specifični i promjenjivi tokom leta, adekvatno podešavanje upravljačkih površina moguće je samo u letu, odnosno u prirodnom okruženju zrakoplova [11].

U tablici 5. prikazano je koji uvjeti se moraju ostvariti da se izvede tehnički let zrakoplova.

Tablica 4. Uvjeti za izvođenje tehničkog leta [11]

Radovi na zrakoplovu		Potreban tehnički let?
Zamjena jednog motora na zrakoplovu		NE
Zamjena dva motora na zrakoplovu		DA
Ponovna instalacija jednog ili oba motora		NE
Zamjena jednog motora i ponovna instalacija drugog		DA
Zakrilca	Zamjena	DA
	Ponovna instalacija	NE
Elevatori	Zamjena	DA
	Ponovna instalacija	NE
Zamjena ili ponovna instalacija kormila smjera		DA
Zamjena ili ponovna instalacija zakrilaca		NE

4.2.5. Izvanredno održavanje

Nakon neplaniranih situacija ili poteškoća u operiranju zrakoplovom, nužno je pristupiti izvanrednom održavanju kako bi se spriječilo narušavanje sigurnosti i plovidbenosti zrakoplova. Izvanredne inspekcije potrebne su ukoliko se pojave neuobičajeni zvukovi, promjene u stabilnosti i okretljivosti, vanjska oštećenja i slično. Sve neregularnosti potrebno je zabilježiti u tehničku knjigu zrakoplova kao i dodatno izvješće (npr. izvješće o šteti). Također, obavezno je ukloniti sve neregularnosti prije leta [11].

Proizvođač zrakoplova izradio je listu najčešćih situacija u prema kojima se može dogoditi oštećenje na zrakoplovu. U skladu s time, definirao je radne zadatke i inspekcije. Neke od njih su [11]:

- Prevelika masa u taxi-ranju;
- Izvlačenje zakrilaca u prevelikim brzinama;
- Potrošene gume;
- Udar groma;
- Prolazak kroz zrak koji je kontaminiran vulkanskim pepelom;
- Prevelika masa u slijetanju;
- Vibracije na podvozju;
- Curenje tlaka iz putničke kabine...

❖ *Podešavanje kompasa*

Kompas zrakoplova jedan je od ključnih navigacijskih sredstava, pogotovo u slučaju poteškoća s uređajima koji su ovisni o GPS sustavima. Jedan od glavnih uvjeta da zrakoplov bude plovidben je i da kompas bude adekvatno podešen. Zbog same karakteristike kompasa, isti je podložan na vanjske utjecaje. Obavezno podešavanje potrebno je nakon [11]:

- Uklanjanje kompasa i ako nema nikakvih modifikacija u blizini istog;
- Ako se pojavi devijacija od udara groma u zrakoplov;
- Kada je zrakoplov parkiran dulje od godinu dana na istoj poziciji.

4.2.6. Program pouzdanosti

Svrha programa pouzdanosti je da se na vrijeme prepoznaju opasnosti koje mogu utjecati na plovidbenost zrakoplova. Na temelju izvješća poduzet će se određene mjere koje će unaprijediti program održavanja. Cilj programa je izvješćivanje i analiziranje ponašanja cijelog zrakoplova u okolnostima operiranja. Bilježe se parametri performansa motora, sustava i uspoređuju se sa unaprijed definiranim vrijednostima. Zračni prijevoznici koji imaju više od 6 zrakoplova u floti, imaju poseban kompleksni program izvješćivanja. Prikupljeno izvješće šalje se jednom mjesečno prema proizvođaču motora, zrakoplova, svim ostalim proizvođačima na zrakoplovu i civilnoj agenciji [11].

Program pouzdanosti dijeli se na manje cjeline zrakoplova i prema tome postoje izvješća posebno definirana za motore zrakoplova, strukturu i slično.

Nakon detaljne analize mjesečnog izvješća, zračni prijevoznik može poduzeti određene radnje kako bi unaprijedio ili korigirao sam program održavanja. Radnje mogu biti sljedeće [11]:

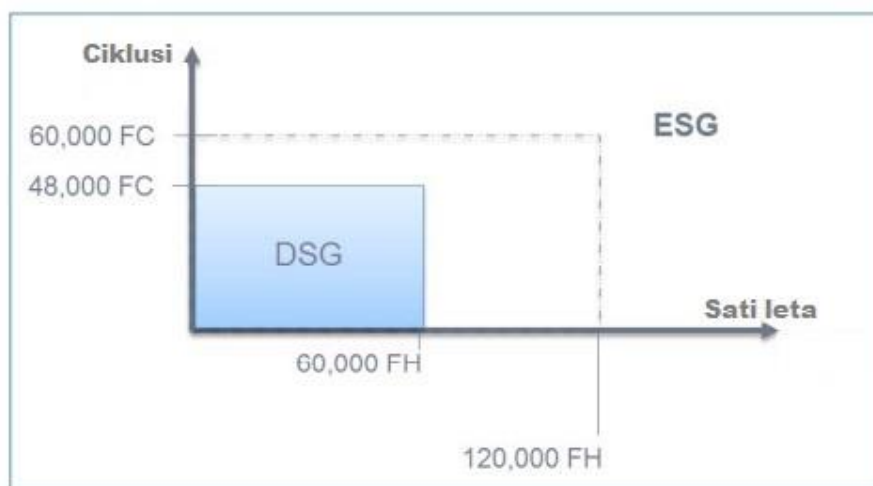
- Izmjena procedura u održavanju;
- Posebne inspekcije;
- Trening osoblja;
- Inicijativa za modifikacije na zrakoplovu;
- Promjena planova u vezi opreme i osoblja .

4. PREPORUKE PROIZVOĐAČA ZA IZRADU PROGRAMA ODRŽAVANJA ZA UPORABU NAKON ISTEKA POČENO ODOBRENOG RESURSA

4.1. Općenito o programu za produženje resursa

Ekstenzija resursa zrakoplova omogućuje operatorima da se iskoristivost zrakoplova poveća u smislu broja sati i broja ciklusa. Također, u ovisno o upotrebi zrakoplova, operativnost istog može se povećati i do 10 godina [12].

Svaki zrakoplov ima svoj životni vijek, odnosno razdoblje upotrebe za koje proizvođač zrakoplova garantira da je zrakoplov siguran za uporabu. Prvobitni definirani životni vijek (*Design Service Goal – DSG*), u kojemu su definirani maksimalni sati naleta i ciklusa koje zrakoplov može izvršiti. U većini slučajeva DSG je razdoblje od 20 godina s prosječnim brojem naleta i ciklusa, također ovisno o modelu zrakoplova [12]. Približavanjem krajnjih definiranih resursa, na operatoru je da donese odluku o tome da li će izbaciti zrakoplov iz upotrebe ili će investirati u program produženje resursa (*Extended Service Goal – ESG*), prikazano na slici 11.



Slika 11. ESG program, [12]

Proizvođač zrakoplova Airbus, ponudio je svojim korisnicima produživanje vijeka zrakoplova uz određene preporuke, odnosno modifikacije na zrakoplovu. Prije toga, morao je uvjeriti nadležno tijelo u samu učinkovitost i pouzdanost cijelog programa.

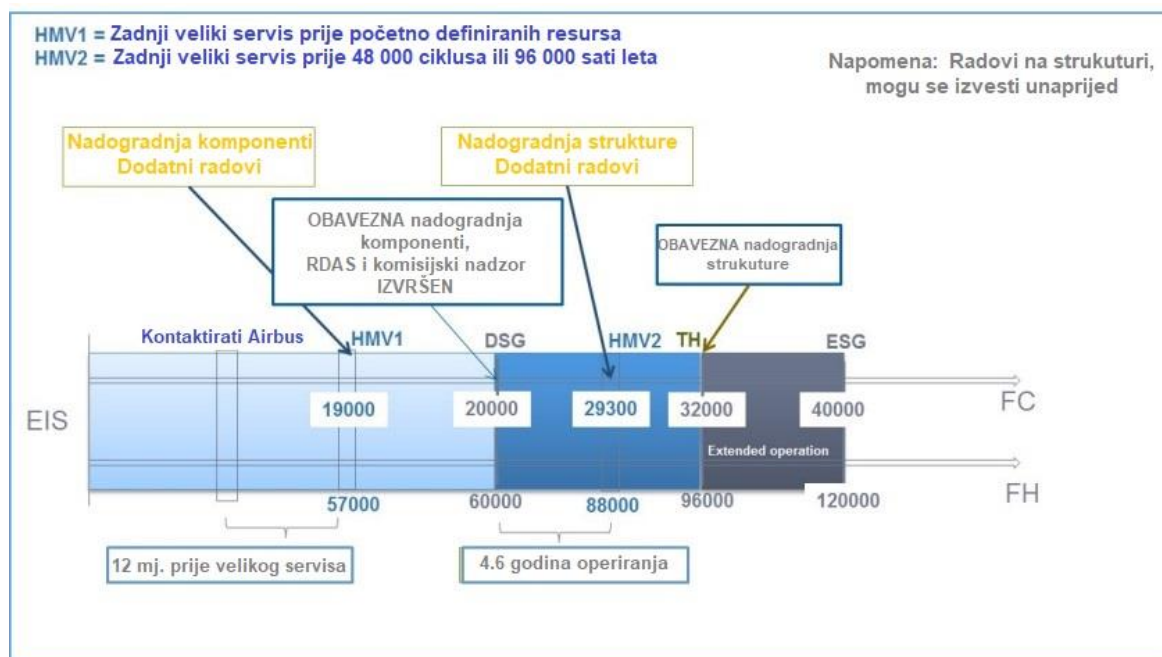
Detaljan sveobuhvatan program podrazumijeva analizu strukture, razne testove zamora materijala, preglede sustava, te povratne informacije vezane za pouzdanost istog i slično. Nakon završetka i primjene preporuka za produživanje početno definiranih resursa, zrakoplov će biti pušten u operativu uz produženi životni vijek uz obaveznu primjenu servisnih biltena, inspekcija i prakse održavanja koje je predložio Airbus. ESG program dostupan je za zrakoplove A300/310, A320 i A330/A340 „Family“, ovisno o konfiguraciji koju zrakoplov posjeduje sukladno se definira se isti. Nakon kompletnih radova, odnosno primjene ESG programa, operater zrakoplova može pristupiti obnavljanju plovidbenosti [12]. Primjer zračnog prijevoznika koji je primijenio ESG program je odabrani zračni prijevoznik, svi radovi izvršeni su unutar tvrtke.

Također, Airbus preporučuje program manje ekstenzije resursa za operatore koji „troše“ resurse zrakoplova više od uobičajenog, takva vrsta programa naziva se (*Interim Service Goal – ISG*). Primjenjivi su za zrakoplove A320 „Family“ i A330. Ekstenzija je moguća bez dodatnog testiranja [12]. Na slici 12. prikazani su testovi i analize koje se izvode prilikom primjene ESG programa.



Slika 12. Primjer testova i analiza za zrakoplov A320, [12]

Preporuka je da se pristupi s programom produženja resursa 12 mjeseci prije planiranog velikog servisa na zrakoplovu, dok preporuka za kontaktiranje Airbus-a je 2 godine prije isteka početno definiranih resursa. Iz razloga što se na zadnjem velikom servisu mogu primijeniti ESG servisni bilteni koji će olakšati i smanjiti troškove za daljnju pripremu zrakoplova za primjenu ESG programa, detaljnije je prikazano na slici 13. Nakon upita od strane operatora, Airbus šalje ponudu za certifikaciju i listu posebnih pregleda/radova koji će biti potrebni da se može pristupiti programu produženja resursa [12].



Slika 13. Airbus-ov prijedlog rasporeda za primjenu ESG programa, [12]

Pristankom na ponudu, operater će dobiti detaljne upute za izvođenje radova „korak po korak“, podršku i nadzor stručnjaka te specijalne servisne biltene. Završetkom radova, zrakoplov će morati dobiti odobrenje za plovidbenost, s kojim će uvjeriti nadležne vlasti u sigurnost operiranja istog. Također, potrebno je izraditi poseban program održavanja zrakoplova i program pouzdanosti do kraja produženog životnog vijeka zrakoplova. Civilne agencije koje su odobrile EGS program su sljedeće: EASA, FAA (SAD), CAAC (Kina) i TCCA (Kanada) i kontinuirana plovidbenost garantirana je prilagođenim programom održavanja zrakoplova i sustava [12].

Radovi na zrakoplovu izvode se prema sljedećem [12]:

- ❖ Za radove na strukturi odgovoran je operater ili ovlaštena institucija, isti moraju biti provedeni u skladu sa priručnikom za popravak strukture (*Structure repair manual* – SRM).
 - SRM mora biti ažuriran;
 - Nakon isteka početno definiranih resursa, nije obaveza odmah pristupiti popravcima strukture;
 - Prema potrebi, Airbus će izdati specijalne servisne biltene;
 - U slučaju oštećenja na strukturi primijeniti radove u skladu sa SRM.

- ❖ Radovi na zahtjev RDAS-a, moraju biti u koordinaciji s Airbus-om.
 - Nakon izvedbe radova, dodatna analiza može zahtijevati dodatne radove.
 - Radovi koji su planirani u skladu s programom održavanja zrakoplova koji je definirao operator, nisu pod odgovornošću Airbus-a.

Kod zrakoplova A320 „Family“, preporuka primjene programa za produživanje resursa je 48 000 ciklusa ili 60 000 sati naleta, ovisno što se prije ostvari. Prije primjene, potrebno se konzultirati s tehničkom podrškom proizvođača Airbus te u skladu s njihovim preporukama dogovoriti pripreme radove koji su potrebni. Airbus tehnička podrška asistirat će kroz sljedeće [12]:

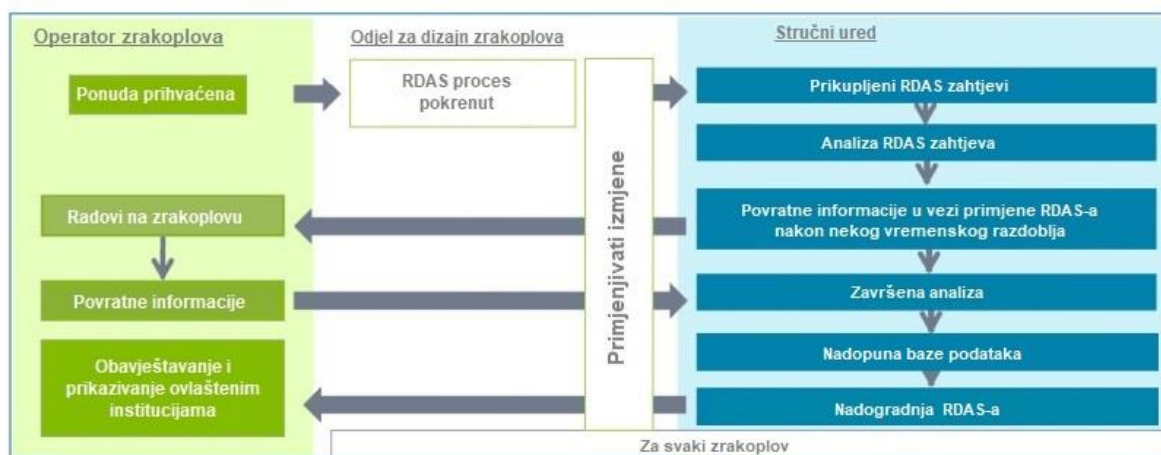
1. Nadogradnja komponenti, RDAS i komisijski nadzor;
2. Nadogradnja strukture;
3. Nadogradnja sustava.

Posebna pažnja mora se posvetiti stanju strukture, odnosno provesti detaljnu analizu stanja. Stanje strukture ključna je komponenta u daljnjem pristupu programa produženja resursa zrakoplova. Ukoliko je potrebno, treba izvršiti radove s ciljem obnove i očuvanja strukture, također, važno je uzeti u obzir sve zapise dosadašnjih izvedenih radova vezani za strukturu zrakoplova. Dozvoljena tolerancija stanja strukture mora se pratiti u skladu s priručnikom za popravak strukture. U slučaju kada

je oštećenje na strukturi takvo da preporuke za radove nisu navedene u priručniku, potrebno je kontaktirati Airbus tehničku službu i u skladu s njihovim konzultacijama mogu izdati posebno odobrenje koje se naziva („Repair Design Approval Sheet“ – RDAS) ili pozvati tim stručnjaka koji će izvršiti komisijski nadzor [12].

4.1.1. RDAS zahtjev

RDAS dokument izdaje Airbus i on je ključan za rješavanja prepreka u specifičnim slučajevima oštećenja strukture ili komponenti. Može se dogoditi da se zahtijevaju dodatni radovi i modifikacije s ciljem zadovoljavanja svih uvjeta prije primjene programa za produženje resursa. Airbus se odriče odgovornosti ukoliko se ne primjenjuju sve njihove preporuke i izdani servisni bilteni. Svaki upit, odnosno zahtjev za RDAS uslugom se naplaćuje te je na operatoru da definira sve nedoumice i pošalje upit proizvođaču zrakoplova. Važno je da se radovi i modifikacije izvode u skladu sa RDAS-om kada su sve komponente na zrakoplovu [12]. Cijeli proces primjene RDAS usluge prikazano je na slici 14.



Slika 14. RDAS proces, [12]

4.1.2. Komisijski nadzor

Komisijski nadzor je usluga u kojoj tim stručnjaka koje je predložio Airbus, dodatno razrađuje i analizira cijeli utjecaj primjene programa za produženje resursa

na sam zrakoplov, te da li je isti uopće moguće primijeniti. Za svaki zrakoplov potrebno je napraviti zasebnu procjenu primjene programa. Ovakva vrsta analize je nužna u primjeni servisnih biltena nakon isteka početno definiranih resursa zrakoplova. Može se dogoditi da se zahtijevaju dodatni radovi, analize, inspekcije na zrakoplovu i slično. Sve to uz preporuke i vodstvo stručnjaka koje je predložio Airbus [12].

Dodatnim inspekcijama postiže se sljedeće [12]:

- S prikupljenim informacijama, tim stručnjaka ima široku sliku o stanju zrakoplova te na temelju toga donosi se odluka da li su potrebni daljnji radovi ili je zrakoplov spreman za primjenu programa za produženje resursa.
- Ukoliko su potrebni dodatni radovi ili analize, izdaje se RDAS dokument u kojem se definira cijela procedura. Izdavanje RDAS dokumenta potrebno je sve dok se ne zadovolji standard za primjenu programa za produženje resursa.

Cijeli proces komisijskog nadzora prikazano je na slici 15.



Slika 15. Proces komisijskog nadzora, [12]

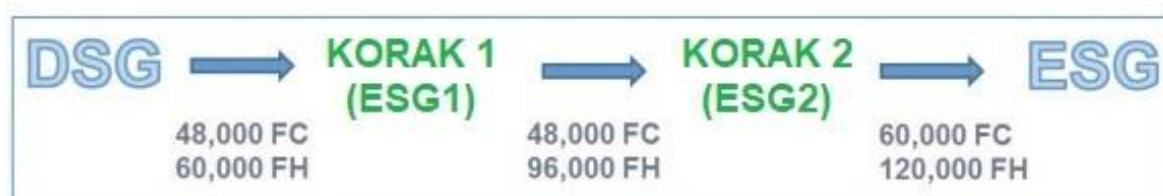
4.2. Proces primjene ESG programa na zrakoplovu A320

Proces primjene za produženje resursa zrakoplova vrši se uz koordinaciju s Airbus-om, te u skladu s njihovim preporukama gdje su definirani postupci „korak po korak“ (ESG1 + ESG2). Sam postupak dovođenja zrakoplova do završnih resursa je postepen [12]. U tablici 5. prikazane su vrijednosti za A320 „Family“ zrakoplove, odnosno mogućnost produženja resursa do definiranih vrijednosti.

Tablica 5. Mogućnost produženja resursa za pojedine tipove zrakoplova, [12]

	DSG		ISG		ESG	
	Design service goal		Internim service goal		Extended service goal	
	Ciklusi	Sati leta	Ciklusi	Sati leta	Ciklusi	Sati leta
A319	48 000	60 000	37 500	80 000	60 000	120 000
A320	48 000	60 000	37 500	80 000	60 000	120 000
A321	48 000	60 000	37 500	80 000	60 000	120 000

Prvi stupac tablice 5. prikazuje vrijednosti koje su inicijalno definirane prilikom proizvodnje zrakoplova, odnosno to su vrijednosti bez produženja resursa zrakoplova i sustava. Drugi stupac namijenjen je korisnicima koji žele dodatno produžiti životni vijek zrakoplova bez dodatnih testiranja, te je to uvodna faza za ESG program. ISG namijenjen je samo za zrakoplove A320 „family“ i A330. Treći stupac pokazuje finalne vrijednosti koje se mogu postići primjenom ESG programa za produženje resursa. Što operatoru omogućuje dodatnih 12 000 ciklusa ili 60 000 sati leta, nakon toga zrakoplov nije više siguran za upotrebu i gubi potvrdu plovidbenosti [12].



Slika 16. ESG program, [12]

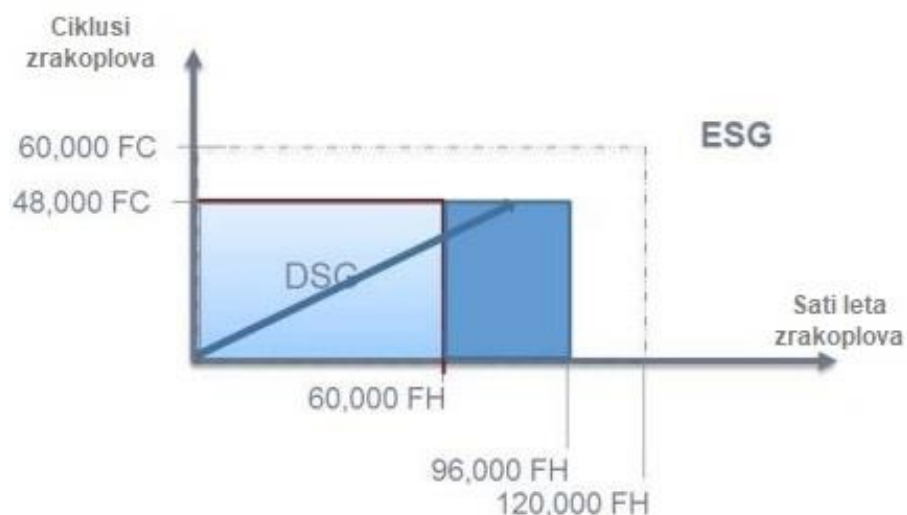
Proces primjene programa događa se korak za korakom, što znači da se prvo mora ostvariti uvjeti za izvedbu prvog koraka (ESG1). Nakon realizacije prvog koraka, drugi korak (ESG2) ostvaruje se jedino ukoliko je prvi korak adekvatno izvršen [12]. Koraci su definirani određenim ciklusima i satima leta, prikazano na slici 16.

4.2.1. Korak 1 (ESG1)

Ovisno o vrsti operacija koje operater obavlja zrakoplovom. Kod kraćih letova brže se postiže limit od ciklusa, dok operiranjem dugih letova znači da će operater brže postići definirani limit broja sati. Prema tome, Airbus je definirao procedure vezano za dva navedena slučaja [12].

❖ Limit ciklusa zrakoplova

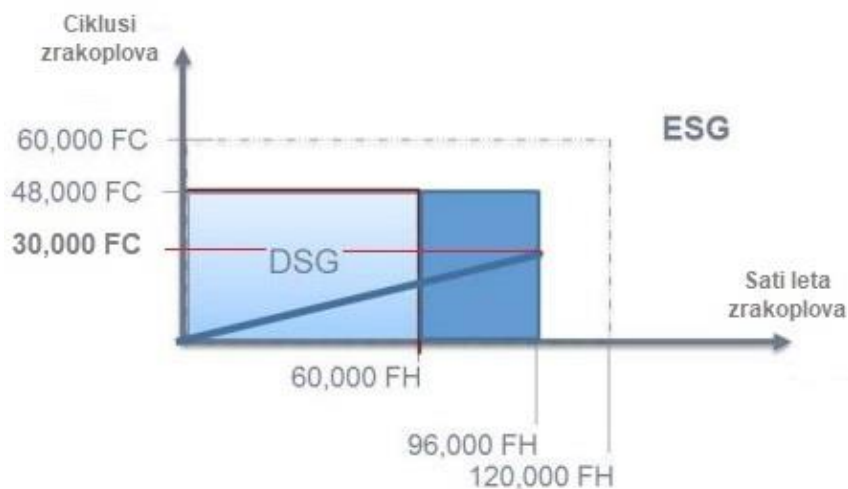
Pod pojmom ciklus zrakoplova, podrazumijeva se proces „nadtlačivanja“ kabine, odnosno kada se prilikom polijetanja i slijetanja, prostor zrakoplova prilagođava adekvatnim tlakom kako bi vožnja zrakoplovom bila što ugodnija, a i u konačnici održiva. Razlika između vanjskog tlaka i tlaka u kabini naziva se diferencijalni tlak i on u većini slučajeva kod velikih zrakoplova iznosi oko 8 psi. Takva razlika između vanjskog i unutarnjeg tlaka stvara velike napore na konstrukciju zrakoplova samim time broj ciklusa i stanje strukture ključni su pokazatelji stanja istog [13]. Zrakoplovi sa 48 000 ciklusa, u prvoj fazi ekstenzije resursa mogu jedino ostvariti dodatnih 36 000 sati leta. Više od 48 000 ciklusa nije dozvoljeno, to dodatna prepreka za operatore zrakoplova koji moraju prije prekoračenja definiranih ciklusa pristupiti prvoj fazi ekstenzije kako bi mogli dobiti maksimum iz iste [12]. Detaljnije je prikazano na slici 17.



Slika 17. Ekstenzija prema limitu ciklusa zrakoplova, [12]

❖ Limit broja sati leta zrakoplova

Broj sati leta koje ostvaruje zrakoplov u vremenskom razdoblju, također ovisi o vrsti operacija za koje je namijenjen (dugolinijski / kratkolinijski letovi). U ovom slučaju ekstenzije resursa moguće je povećati broj sati leta sve dok ne dosegne prvi limit što se tiče ciklusa ili broja sati [12]. Primjer sa slike 18., prikazuje situaciju kada zrakoplov pristupa prvoj fazi ekstenzije sa oko 30 000 ciklusa i 60 000 sati leta. Kao što je već spomenuto, ovisno o vrsti operacija, dosegnut će se prvi limit koji je u ovom slučaju 48 000 ciklusa ili 96 000 sati leta, nakon toga zatvara se prvi korak ekstenzije resursa zrakoplova.



Slika 18. Ekstenzija prema broju sati leta zrakoplova, [12]

Završetkom prve faze primjene programa za ekstenziju resursa zrakoplova, potrebno je izvršiti detaljnu analizu stanja zrakoplova kako bi se sigurno moglo pristupiti sljedećoj finalnoj fazi. Nakon analize, prema potrebi treba izvršiti sljedeće [12]:

- Nadogradnja komponenti;
- Izvođenje RDAS –a;
- Komisijski nadzor.

Dugogodišnjom analizom cijele flote Airbus 320 zrakoplova, ustanovilo se da je potreban RDAS pregled zrakoplova potreban za daljnju proceduru ekstenzije. Od

operatora se zahtjeva da primjeni izdane specijalne servisne biltene i zamijeni dijelove zrakoplova koji u deklarirani kao komponente koje utječu na plovidbenost zrakoplova (*Airworthiness Limitation Section – ALS*) [12].

ALS je dio zrakoplova (motor, propeler, sustavi...) koji od samog početka imaju definirani životni vijek, te bez obzira na njegovu funkcionalnost ili dobro stanje, dio mora biti zamijenjen. Planirana zamjena mora biti propisana i planirana prema odobrenom planu održavanja zrakoplova i sustava operatora. Ukoliko se ne izvrši promjena na vrijeme, zrakoplov će izgubiti potvrdu o plovidbenosti i se ista ne može produžiti ukoliko se ne poduzmu potrebne radnje. Vrste ALS-a su sljedeće [12]:

- Dijelovi koji utječu na sigurnost/plovidbenost zrakoplova;
- Dijelovi tolerantni na oštećenje;
- Dijelovi koji su u skladu s programom održavanja;
- Dijelovi koji se mijenjaju s vremenom;
- Dijelovi vezani za sustav goriva na zrakoplovu.

Postoje dijelovi zrakoplova koji ne moraju prolaziti detaljan pregled dodatne ekstenzije resursa zrakoplova. Njihov broj je limitiran te ih je jako malo, neki od njih prikazani su na slici 19.

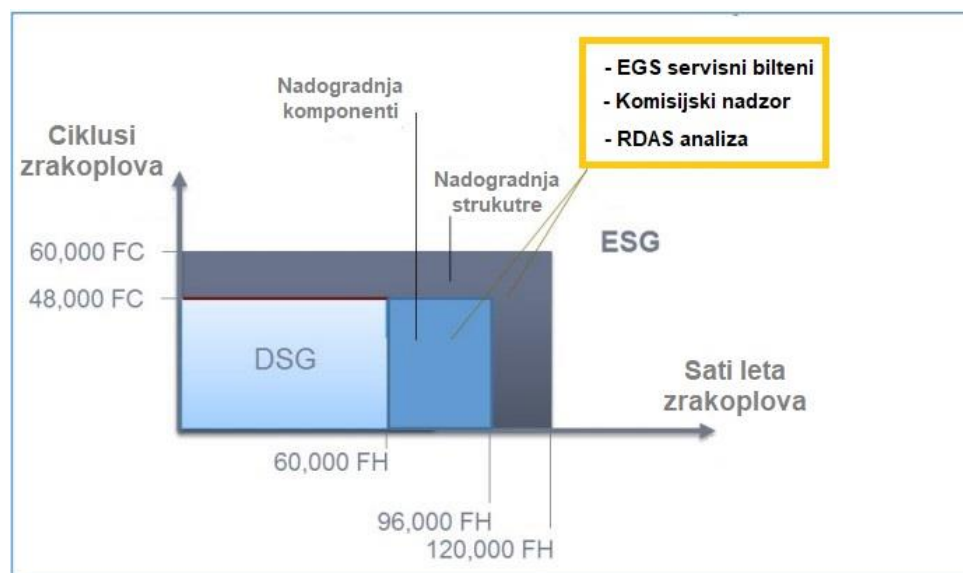
SB	DESCRIPTION	A319	A320	A321	STD RMO	MH	Compliance (*)	AD	KIT AIB	comments
System prerequisites (due latest @ 488FC/608F10)										
32-1153	LANDING GEAR - NOSE LANDING GEAR - INTRODUCE MODIFIED WASHER ON NLG DOOR ACTUATOR	X	X	X	STD		Recommended	-	N	Monitored retrofit campaign, 99% of the fleet is done
32-1181	LANDING GEAR - MAINLANDING GEAR - INTRODUCE MLG DOOR UPLOCK WITH MODIFIED TARGET SUPPORT AND UPLOCK ROLLER BEARING	X	X	X	STD		Recommended	-	N	
32-1190	LANDING GEAR - WHEELS AND BRAKES - INTRODUCE SAFETY VALVES 1 AND 3 IN NORMAL AND ALTERNATE BRAKE MANIFOLDS (TWIN WHEEL AND BOGIE)	X	X	X	STD		Recommended	-	N	Applicable only to some A/C configurations
32-1405	LANDING GEAR - WHEELS AND BRAKES - INTRODUCE MODIFIED PARKING BRAKE PRESS - RELIEF VALVE		X	X	STD		Desirable	-	N	Parking brake pressure relief valve PNR 920635 could have been replaced by new design PNR 3022016-000 as per SIL 32-096/151 32.44.00002 instructions. This SB requires 32-1268 as concurrent requirement
36-1017	PNEUMATIC - ENG. BLEED AIR SYSTEM - IMPROVE HP BLEED VALVE, BLEED PRESSURE REGUL. VALVE & CONTROL SOLENOID RELIABL.	X	X	X	STD		Desirable	-	N	Associated MDO already embodied on all A319/321
36-1023	PNEUMATIC - PYLONS - REINFORCE BLEED AIR DUCT IN PROBE SUPPORT AREA	-	X	X	STD		Desirable	-	Y	
27-1147	FLIGHT CONTROLS- YAW DAMPER ACTUATION -INSTALL YAW DAMPER SERVO ACTR.SC4700-S WITH IMPROVED PISTON ROD FINISH.	X	X	X	STD		Recommended	-	N	Recommended only; NOT a concurrent requirement.

Slika 19 Dijelovi zrakoplova koji ne trebaju dodatnu analizu stanja, [12]

4.2.2. Korak 2 (ESG2)

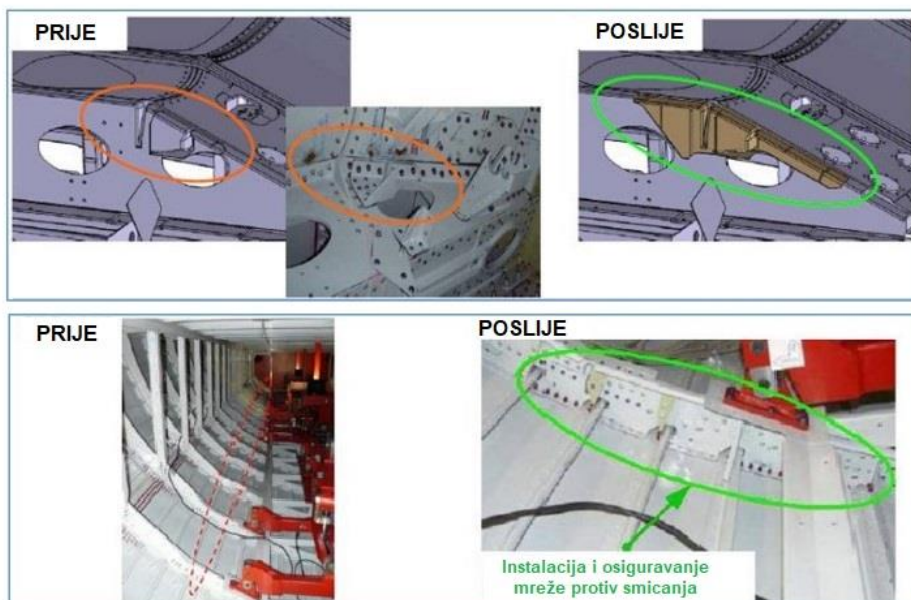
Nakon uspješno „zatvorene“ faze broj 1, operator zrakoplova ima mogućnost doći do maksimalne moguće ekstenzije od 60 000 ciklusa ili 120 000 sati leta. Ova

faza pripreme zrakoplova kompleksnija je od prethodne, te se zahtjeva od operatora zrakoplova da se posebna pažnja posveti strukturi zrakoplova, te po potrebi izvedu dodatne radnje s ciljem ojačanja iste. Također, potrebno je kao i u prethodnoj fazi po potrebi primijeniti savjete stručnjaka (komisijski nadzor), RDAS analizu i EGS servisne biltene [12]. Na slici 20. prikazano je kako operator zrakoplova uz primjenu ESG1 i ESG2 preporuka i radnji, može sigurno operirati zrakoplov do krajnjih dozvoljenih resursa.



Slika 20. Priprema za ESG2, [12]

Povećanjem resursa zrakoplova u smislu ciklusa i dozvoljenih broja sati leta, najveći teret „nositi“ će struktura zrakoplova. Stalnim podlijevanjem opterećenjima u svim fazama leta potrebno je strukturu dodatno ojačati prema preporukama Airbus-a kako bi se postigao ESG program [12]. Na slici 21. prikazani su dijelovi konstrukcije zrakoplova prije i nakon radova. Prve dvije slike (gornje) prikazuju pravilno ojačanje spojnica konstrukcije zrakoplova, dok sljedeće dvije slike prikazuju ojačanja u dijelovima cargo prostora zrakoplova.



Slika 21. *Primjer radova na konstrukciji zrakoplova, [12]*

5. ZAKLJUČAK

Činjenica je da su troškovi radova i održavanje zrakoplova jedno od ključnih pitanja s kojima se bavi zračni prijevoznik. Prije svega, glavni cilj je da zrakoplov bude plovidben i siguran za upotrebu, dok se s druge strane pokušava izvući ekonomski maksimum u cijelom spektru korištenja zrakoplova. Svakim danom se uz pomoć novih spoznaja i primjenom novih tehnologija procesi održavanja optimiziraju. Također, u novije doba vrlo važan aspekt koji se mora uzeti u obzir je ekološki utjecaj. Zračni prijevoznici su pod sve većim pritiskom smanjenja istog.

Način održavanja zrakoplova uvelike se mijenjao kroz povijest. U početnoj fazi avijacije koristila se metoda zamjene komponenti tek kada se pojavi istrošenost i nefunkcionalnost iste. Iz današnje perspektive, takav način održavanja je vrlo skup i opasan. S vremenom pojavile su se nove metode održavanja koje su temelj današnjeg programa održavanja. Zahvaljujući skupini stručnjaka koji su na svoju inicijativu htjeli optimizirati cijeli proces, nastala je MSG logika i analiza. Danas se primjenjuje MSG-3 logika koja definira radne zadatke pomoću kojih zrakoplov ostaje siguran za plovidbu kroz cijeli životni vijek i nakon primjene programa ekstenzije resursa. Za dodatnu razinu sigurnosti zadužena su nadležna tijela države koja imaju zadatak da kontroliraju cijeli proces operiranja zrakoplova od strane zračnog prijevoznika.

Airbus, kao vodeći proizvođač zrakoplova, „iskoristio“ je veliku pouzdanost cijelog procesa održavanja i proizvodnje zrakoplova kako bi omogućio svojim korisnicima dodatnu iskoristivost zrakoplova do krajnjih granica. Program ekstenzije resursa primjenjuje se sve više na današnjim zrakoplova. Dodatnih 12 000 ciklusa ili 60 000 sati leta zrakoplovom može produžiti operativnost zrakoplova do 10 godina.

Iz perspektive zračnog prijevoznika osim sigurnosti operacija, glavni aspekt je ekonomska održivost, odnosno trošenje vlastitih resursa. Od ukupnih troškova, 10 do 15 % odnosi se na održavanje zrakoplova. Također, za operatera, zrakoplov je najskuplji kada se nalazi na zemlji, jer tada zrakoplov nije raspoloživ za operiranje.

Preporuka Airbus-a je da se najavi interes za programom ekstenzije barem dvije godine prije isteka krajnjih resursa. Dok primjena istog kreće godinu dana prije planiranog velikog održavanja. Kroz specijalne servisne biltene zračni prijevoznik ima mogućnost konzumacije cijelog programa uz najmanje moguće troškove. Cijeli

program ekstenzije izvodi se u dva koraka i uz konstantu podršku Airbus-a. Način primjene ovisi o uvjetima i duljini letova koje zračni prijevoznik operira.

U ovom diplomskom radu opisan je cijeli proces primjene programa ekstenzije resursa prema preporukama proizvođača Airbus za zrakoplov A320, te sama struktura cijelog odobrenog programa održavanja za zračnog prijevoznika. Može se zaključiti da pitanje isplativosti primjene programa uvelike ovisi o politici zračnog prijevoznika, odnosno uklapa li se u njihov strateški plan. Dodatna ulaganja u zrakoplove koji su u operativi više od 20 godina predstavlja rizik od izvanrednih velikih troškova koje mogu pogoditi zračnog prijevoznika. Također, vremensko razdoblje za primjenu programa ekstenzije jednako je kao i za velike servise koji traju oko mjesec i pol dana. Dodatni troškovi mogu se javiti ukoliko se na zrakoplovu nađu oštećenja koja se smatraju da ugrožavaju plovidbenost. Svaki zahtjev za podršku od strane Airbus-a dodatno se naplaćuje. Zračni prijevoznik mora uzeti u obzir spomenute izvanredne troškove, ali i rizike gdje najveću ulogu upravo ima dobra priprema i analiza cijelog procesa primjene programa ekstenzije resursa.

LITERATURA

- [1] Domitrović A. "Eksploatacija i održavanje zrakoplova". Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. Fakultet prometnih znanosti. Autorizirana predavanja; 2021/2022.
- [2] EASA Regulations. Preuzeto sa:
<https://www.easa.europa.eu/en/regulations> [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [3] Narodne novine, Zakon o zračnom prometu. Preuzeto sa:
https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1998_10_132_1596.html [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [4] Asset, Importance of Maintenance for the Airlines Industry. Preuzeto sa:
<https://www.assetinfinity.com/blog/airlines-aircraft-maintenance-importance>
[Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [5] Blogspot, Aircraft Maintenance - What is MSG?. Preuzeto sa:
<http://ulricapen.blogspot.com/2016/12/aircraft-maintenance-what-is-msg.html>
[Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [6] Studyflying, A,B,C,D Maintenance check. Preuzeto sa:
<https://studyflying.com/a-b-c-d-check-airline-maintenance/>. [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [7] Darko Virovac. „Model poboljšanja pouzdanosti otpreme zrakoplova upravljanjem greškama u održavanju“ Zagreb: Sveučilište u Zagrebu. Fakultet prometnih znanosti. Doktorski rad; 2018.
- [8] Skybrary, Airworthiness Directive. Preuzeto sa:
<https://skybrary.aero/articles/airworthiness-directive>. [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [9] Skybrary, Service Bulletins. Preuzeto sa:
<https://skybrary.aero/articles/service-bulletin-sb> . [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]
- [10] Airbus, Aircraft characteristics airport and maintenace planning. Preuzeto sa:
<https://www.airbus.com/sites/g/files/jlcbta136/files/2021-11/Airbus-Commercial-Aircraft-AC-A320.pdf> [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]

[11] Odobreni program za zračnog prijevoznika. Interni materijali. Zagreb, 2023.

[12] Airbus. „Extended Service Goal (ESG) - White paper“. Interni materijali. Toulouse, 2023.

[13] Simple Flying, Pressurization Cycles. Preuzeto sa:

<https://simpleflying.com/pressurization-cycles-aircraft-lifespan/> [Pristupljeno: Kolovoz, 2023]

POPIS KRATICA

AD	(Airworthiness Directives) Naredba o plovidbenosti
ALS	(Airworthiness Limitation Section) Dijelovi zrakoplova koji utječu na plovidbenost
AOC	(Air Operator Certificate) Potvrda od certificiranom prijevozniku
AMS	(Approved Maintenance Schedule) Odobreni program održavanja za operatora zrakoplova
ATA	(Air Transport Association) Međunarodna zajednica zračnih prijevoznika
CAAC	(Civil Aviation Administration of China) Kinesko nacionalno nadležno tijelo
CM	(Condition monitoring) Praćenje stanja
DSG	(Design Service Goal) Početno definirani resursi zrakoplova
EASA	(European Union Aviation Safety Agency) Europska agencija za sigurnost zračnog prometa
ESG	(Extended Service Goal) Produženi resursi zrakoplova
FAA	(Federal Aviation Administration) Američko nacionalno nadležno tijelo
FEC	(Functional equipment code) Podjela kvarova prema vrsti
HACZ	(Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo) Nacionalno nadležno tijelo
HT	(Hard time) Održavanje prema fiksnim intervalima
ICAO	(International Civil Aviation Organization) Međunarodna organizacija za civilno zrakoplovstvo
ISC	(Industry Steering Committee) Industrijsko konzultacijsko tijelo
ISG	(Interim Service Goal) Moguće produženje resursa bez dodatnih radova
MPD	(Maintenance planning document) Dokument za održavanje zrakoplova
MRBR	(Maintenance Review Board Report) Dokument za minimalno održavanje zrakoplova
MRB	(Maintenance Review Board) Radna skupina stručnjaka

MRQ	(Maintenance Requirements) Dokument za održavanje zrakoplova koji se temelji na MDP dokumentu
MSG	(Maintenance Steering Group) Logika održavanja zrakoplova
ON	(On condition) Održavanje prema trenutnom stanju
RDAS	(Repair Design Approval Sheet) Poseban dokument Airbus-a
SB	(Service Bulletins) Servisni bilteni
SL	(Service Letters) Servisna pisma
SRM	(Structure repair manual) Priručnik za popravak strukture
SSI	(Structural Significant Items) Dijelovi strukture od ključne važnosti
TCAA	(Transport Canada Civil Aviation) Kanadsko nacionalno nadležno tijelo

POPIS SLIKA

Slika 1. Struktura EASA zrakoplovnih propisa, [2]	4
Slika 2. Prednosti pravilnog održavanja zrakoplova, [4].....	5
Slika 3. Razvoj MSG-a kroz povijest, [5].....	7
Slika 4. MSG-3 analize, [5].....	8
Slika 5. Analiza sustava, [5]	9
Slika 6. Analiza strukture, [5].....	10
Slika 7. Elementi koji utječu na program održavanja za zračnog prijevoznika [7].....	14
Slika 8. Primjer MDP dokumenta, [10].....	16
Slika 9. Tehničke karakteristika zrakoplova Airbus A320, [9].....	18
Slika 10 Kružni pregled zrakoplova	26
Slika 11. ESG program, [12].....	33
Slika 12. Primjer testova i analiza za zrakoplov A320, [12].....	34
Slika 13. Airbus-ov prijedlog rasporeda za primjenu ESG programa, [12]	35
Slika 14. RDAS proces, [12].....	37
Slika 15. Proces komisijskog nadzora, [12]	38
Slika 16. ESG program, [12].....	39
Slika 17. Ekstenzija prema limitu ciklusa zrakoplova, [12]	40
Slika 18. Ekstenzija prema broju sati leta zrakoplova, [12]	41
Slika 19 Dijelovi zrakoplova koji ne trebaju dodatnu analizu stanja, [12]	42
Slika 20. Priprema za ESG2, [12].....	43
Slika 21. Primjer radova na konstrukciji zrakoplova, [12]	44

POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela zadataka prema MSG, [5]	7
Tablica 2. Vrsta pregleda na zrakoplovu, [1]	11
Tablica 3. Okvirne eksploatacijske vrijednosti za zrakoplov A320 [10]	19
Tablica 4. Uvjeti za izvođenje tehničkog leta [11]	30
Tablica 5. Mogućnost produženja resursa za pojedine tipove zrakoplova, [12]	39

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOSTI

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

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

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu diplomskog rada pod naslovom Program održavanja zrakoplova Airbus A320 nakon isteka resursa, u Nacionalni repozitorij završnih i diplomskih radova ZIR.

U Zagrebu, 15.09.2023.

Student: Ivan Smej

