

Mapiranje oštećenja konstrukcije putničkog zrakoplova A319

Lončarević, Enea

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:746624>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-09**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Enea Lončarević

Zagreb, 2019.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Dragutin Lisjak

Student:

Enea Lončarević

Zagreb, studeni 2019.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc Dragutinu Lisjaku na stručnom vođenju, korisnim savjetima tijekom izrade rada i strpljenju za odgovaranje na moje brojne upite.

Također zahvaljujem osoblju Croatie Airlines na pomoći i vrijednim savjetima.

Na kraju, zahvaljujem svojem mužu, obitelji i prijateljima na neizmjerne podršci tokom mojeg studiranja.

Enea Lončarević



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE
Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne i diplomske ispite studija zrakoplovstva



Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur.broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **ЕНЕА LONČAREVIĆ** Mat. br.: 0035192184

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Mapiranje oštećenja konstrukcije putničkog zrakoplova A319**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Structural damage mapping of passenger aircraft A319**

Opis zadatka:

Mapa oštećenja konstrukcije i popravaka na zrakoplovu ("Structure Damage/Repair Record") je dokument u kojemu se nalazi potpuni popis svih pronađenih oštećenja i izvedenih popravaka na konstrukciji zrakoplova. Mapa predstavlja indeks svih oštećenja i popravaka radi njihove evidencije i brzog pregleda, a služi kao informacija (npr. održavateljima i posadi) kod pregleda konstrukcije zrakoplova kako bi se na jednostavan način ustanovilo da li je uočeno oštećenje već ranije evidentirano. Na temelju evidencija, poduzimaju se određene aktivnosti održavanja.

Na temelju prethodno navedenog, u radu je potrebno:

1. Opisati strategije održavanja putničkih zrakoplova
2. Detaljno opisati oštećenja konstrukcije putničkog zrakoplova A319 kao i načine otklanjanja prema preporukama proizvođača
3. Mapirati i popisati sva oštećenja na konkretnom primjeru putničkog zrakoplova A319
4. Dizajnirati obrasce za unos oštećenja konstrukcije
5. Predložiti procedure za evaluaciju i postupke prilikom oštećenja konstrukcije zrakoplova
6. Definirati i izraditi bazu podataka za unos podataka o oštećenjima
7. Izraditi web aplikaciju za unos, ispravak i pretraživanje oštećenja konstrukcije.

U radu treba navesti literaturu i eventualno dobivenu pomoć tijekom izrade.

Zadatak zadan:

26. rujna 2019.

Zadatak zadao:

Prof.dr.sc. Dragutin Lisjak

Predvideni datumi obrane:

2. – 6. prosinca 2019.

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Milan Vrdoljak

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA	V
1. Uvod.....	1
2. Strategije održavanja putničkih zrakoplova	2
2.1 Povijest održavanja zrakoplova	3
2.2. Grupiranje programa održavanja	8
2.2.1 Zadaci u održavanju	9
2.3 Razvoj programa održavanja.....	11
2.3.1 Maintenance Review Board Report	11
2.3.2 Dokument za planiranje održavanja.....	14
2.3.3 Program održavanja prilagođen korisniku.....	15
2.3.4 Podržavajući dokumenti programa održavanja.....	15
2.3.5 Opći i prilagođeni programa održavanja	18
2.4 Provjere u održavanju	20
2.4.1 Linijsko održavanje	21
2.4.2. Bazno održavanje.....	22
2.4.3 Grupiranje radova planiranog održavanja	22
2.5 Program skladištenja.....	24
3. Oštećenja konstrukcije na Airbusu 319.....	25
3.1 Općenito o strukturi	27
3.2 Općenito o oštećenjima	29
3.2.1 Određivanje tipa oštećenja	32
3.2.2 Dopuštena oštećenja	32
3.3 Udubine	33
3.3.1 Udubina koja rezultira redukcijom materijala	37
3.3.2 Uklanjanje udubine	38
3.4 Ogrobotine	39
3.4.1 Pentracijski test	40
3.4.1 Uklanjanje ogrebotina s površina lijevanih aluminijskih legura	41
3.4.2 Uklanjanje ogrebotina s titanskih legura	41

3.5 Obrada površine izravnjavanjem	42
3.6 Zaustavljanje širenja pukotine	43
3.8 Otklanjanje ispučenja	44
3.8.1 Otklanjanje ispučenja na aluminiju	44
3.8.2 Način otklanjanja ispučenja na čeliku i titanskim legurama	45
3.9 Korozija	47
3.9.1 Tipovi korozije na zrakoplovu	48
3.9.2 Inspekcija korozije	50
3.9.4 Postupak uklanjanja korozije	51
3.9.5 Pripreme za obradu korozije	51
3.9.6 Tehnike uklanjanja korozije	52
3.9.6 Uklanjanje korozije na aluminijskim legurama	53
3.9.7 Uklanjanje korozije sa ugljičnog čelika	54
3.9.8 Uklanjanje korozije sa nehrđajućeg čelika i nikal-krom legura	54
3.9.9 Postupak uklanjanja korozije s titanskih legura	55
3.9.10 Postupak uklanjanja korozije na dijelovima obloženim kadmijem	55
3.10 Oštećenja od udara munje	56
4. Obrasci za prijavljivanje oštećenja strukture	59
4.1 Strukturna mapa zrakoplova	59
4.1.1 Prvi dio- Sadržaj, predgovor, upute	60
4.1.2 Drugi dio- Specifične stranice	60
4.1.3 Treći dio- Popis oštećenja	62
4.1.4 Ucrtavanje oštećenja	67
4.2 Način korištenja mape	69
4.3 Structure Damage Report	70
4.4 Procedura prijavljivanja oštećenja proizvođaču	74
5. Web obrazac za prijavu oštećenja	77
6. Zaključak	82

POPIS SLIKA

Slika 1. Pojednostavljeni dijagram MSG2 procesa [1].....	5
Slika 2. Usporedba MSG2 i MSG3 procesa [2].....	7
Slika 3. Primjer MRBR za Canadair zrakoplov [6].....	11
Slika 4. Karakteristike MRBR-a [1].....	12
Slika 5. Nastajanje MRB izvještaja [1]	13
Slika 6. Primjer naslovne stranice AMM-a za zrakoplov A320 [1].....	16
Slika 7. Dokumenti u planiranom i neplaniranom održavanju [2].....	17
Slika 8. Primjer blok i faznog načina pripremanja paketa radova [1].....	23
Slika 9. Primjer označavanja poglavlja [9].....	26
Slika 10. Struktura zrakoplova A319 [9].....	27
Slika 11. Površine određene glatkoće na A319 [9]	28
Slika 12. Udubine na trupu zrakoplova [12].....	33
Slika 13. Oblici udubina [12].....	33
Slika 14. Parametri udubine [9]	34
Slika 15. Područje zavara [9].....	36
Slika 16. Udubina koja rezultira redukcijom materijala [9]	37
Slika 17. Ogrebotine na rebru zakrilca [14].....	39
Slika 18. Dimenzije uravnanja/obrade [9]	42
Slika 19. Primjer zaustavljanja širenja pukotine [15].....	43
Slika 20. Parametar [9]	43
Slika 21. Način otklanjanja ispučenja [9]	45
Slika 22. Otklanjanje ispučenja s obostranim pristupom [9]	46
Slika 23. Metode otklanjanja ispučenja kod ograničenog pristupa [9]	46
Slika 24. Pitting korozija [9].....	48
Slika 25. Filiforma i intergranularna korozija [9]	48
Slika 26. Galvanska i napetosna korozija [9].....	49
Slika 27. Biološka i korozija uzrokovana trošenjem [9]	49
Slika 28. Piling korozija [9]	50
Slika 29. Pljeskarenje [9]	53
Slika 30. Tok udara munje [17].....	56
Slika 31. Oštećenja nastala od udara munje [17]	57

Slika 32. Naslovna stranica strukturne mape zrakoplova [19].....	60
Slika 33. Primjer specifične stranice za desno krilo zrakoplova A319 [19].....	61
Slika 34. Prikaz područja uz <i>cargo</i> vrata [19]	61
Slika 35. Primjer popisa oštećenja [19]	63
Slika 36. Rubrike [19]	63
Slika 37. Primjer ispravnog opisa lokacije oštećenja [19].....	64
Slika 38. Primjer rubrike Ograničenja [19]	65
Slika 39. Primjer rubrike za dopušteno oštećenje [19].....	65
Slika 40. Primjer za oštećenje izvan dopuštenih granica [19]	66
Slika 41. Ucertavanje oštećenja na specifične stranice [19].....	67
Slika 42. Primjer ucrtanog oštećenja [20].....	68
Slika 43. Structure Damage/Defect Report [20]	71
Slika 44. Opis oštećenja[20]	72
Slika 45. Postupak otklanjanja oštećenja u Croatia Airlines [20]	73
Slika 46. Koraci koji se prate pri kontaktiranju Airbusa [9].....	74
Slika 47. Obrazac za prijavu oštećenja Airbusu [9]	75
Slika 48. Obrazac za prijavu oštećenja na zrakoplovu Dash Q8-400.....	76
Slika 49. Prijava na web obrazac	77
Slika 50. Primjer ispunjenog web obrasca <i>Structure Damage/Defect Reporta</i>	81
Slika 51. Struktura obrasca u tablici baze podataka	81

POPIS TABLICA

Tablica 1. Prednosti i nedostaci općeg programa [1]	19
Tablica 2. Prednosti i nedostaci prilagođenog programa [1]	19
Tablica 3. Prednosti i nedostaci blok načina pripremanja paketa radova [1]	22
Tablica 4. Prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja paketa radova [1].....	23
Tablica 5. Postotak kvarova na zrakoplovu uzrokovan različitim čimbenicima [11]	29
Tablica 6. Primjer rubrike kada su potrebne ponavljajuće inspekcije [19]	66
Tablica 7. Tipovi zrakoplova u floti Croatie Airlines [21]	78

POPIS KRATICA

ALI- Airworthiness Limitations Items
AMM- Aircraft Maintenance Manual
ATA- Air Transport Association
BAM- Služba baznog održavanja
CMR- Certification Maintenance Requirements
ENG- Služba Inženjering
EO- Inženjerski nalozi
FAA- Federal Aviation Administration
GLARE- Glass Aluminum Reinforced Epoxy
ISC- Industry Steering Committee
LAM- Služba linijskog održavanja
MCC- Maintenance Control Center
MPD- Maintenance Planning Document
MRB- Maintenance Review Board
MRBR- Maintenance Review Board Report
MSG- Maintenance Steering Group
MWG- Maintenance Working Group
NDT- Non-destructive Testing
RAS- Repair Approval Sheet
SRM-Structural Repair Manual
WO- radni nalozi

SAŽETAK

Oštećenjem se smatra bilo koji tip trajne deformacije na bilo kojoj lokaciji konstrukcijske komponente. Oštećenja mogu značajno narušiti sigurnost leta i utjecati na plovidbenost. Iz tog razloga, nužno je osigurati kontinuirano praćenje nastalih oštećenja na konstrukciji. Za to se koriste dokumenti „*Structure Damage/Repair Record*“ i „*Structure Damage Report*“. U navedene dokumente bilježe se sva pronađena oštećenja i izvedeni popravci na konstrukciji zrakoplova radi bolje preglednosti i brze evidencije. Navedeni dokumenti su različiti za svaki zrakoplov ovisno o nastalom oštećenju. Zrakoplov koji se prati u ovom radu je Airbus A319 te su navedene procedure popravka izdane od strane proizvođača zrakoplova.

U svrhu bolje i brže komunikacije provedena je informatizacija dokumenata za prijavu oštećenja. Po različitim obrascima za prijavu oštećenja napravljen je jedan, univerzalni obrazac u digitalnom formatu kao web aplikacija. Aplikacija se može koristiti i kao pregled svih već nastalih oštećenja kako bi se utvrdilo je li oštećenje novonastalo. Pri novonastalom oštećenju radnik otvara obrazac za prijavu oštećenja i ispunjava sve potrebne podatke uz javljanje odjelu za inženjering.

Ključne riječi: konstrukcija, oštećenje, A319

SUMMARY

Damage is considered to be any type of permanent deformation at any location of a structural component. Damage can significantly impair flight safety and affect airworthiness. For this reason, it is necessary to ensure continuous monitoring of the damage to the structure. The „Structure Damage / Repair Record“ and „Structure Damage Report“ documents are used for this. These documents record any damage found and repairs made to the aircraft structure for better visibility and quick records. These documents are different for each aircraft depending on the damage caused. The aircraft monitored in this paper is Airbus A319 and the specified repair procedures have been issued by the aircraft manufacturer.

For the purpose of better and faster communication, computerization of documents for the reporting of damage was carried out. According to various forms for reporting damage, a single, universal form in IT form was created as an application. The application can also be used as a review of any damage that has already occurred to determine if the damage has newly occurred. In the event of a new defect, the worker opens the defect reporting form and fills in all the necessary information with the contacting of engineering department.

Key words: construction, damage, A319

1. UVOD

Zrakoplov je najčešće korišteno sredstvo zračnog prometa i transporta. Razvojem zrakoplova kao prijevoznog sredstva, rasla je potreba za sigurnijim i pouzdanijem održavanjem. Održavanje je najvažniji dio u cijelom sustavu eksploatacije zrakoplova i služi izbjegavanju uvjeta leta koji mogu dovesti do fatalnih nesreća. Eksploatacija, održavanje i upravljanje održavanjem zahtijevaju aktivnosti poput korištenja, održavanja, čuvanja, konzerviranja i transportiranja.

Regulativa i organizacija imaju značajnu ulogu u održavanju i osiguranju kontinuirane plovidbenosti zrakoplova. Kako bi se postigla što učinkovitija organizacija održavanja potrebna je suradnja svih sudionika: proizvođača zrakoplova, operatora, organizacije za održavanje zrakoplova, trgovačkih udruženja, udruženja pilota, kabinskog osoblja, mehaničara i zrakoplovnih vlasti. Za Europu nadležna zrakoplovna vlast je EASA - *European Aviation Safety Agency*; njoj odgovaraju zrakoplovne vlasti pojedinih država. U Hrvatskoj je to Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo - CCAA. Razmjenjena informacija se odvija na svim razinama što omogućava stalni napredak u vidu sigurnosti [1].

Kako bi se sigurnost održavala na što višoj razini potrebno je bilježiti i pratiti sva oštećenja na konstrukciji zrakoplova. Oštećenja su trajne deformacije koje mogu narušiti integritet konstrukcije. Najčešće ih se može uočiti vizualnom provjerom, ali i lošijim performansama zrakoplova. Za praćenje oštećenja kod zrakoplovnog prijevoznika Croatia Airlines koriste se dva temeljna dokumenta: „*Structure Damage/Repair Record*“ i „*Structure Damage Report*“. U njih se zapisuju svi važni podaci o oštećenju poput lokacije, tipa oštećenja, dimenzija, primjenjenog postupka itd.

Proizvođač zrakoplova izdaje dokument s predloženim procedurama popravaka različitih vrsta oštećenja. Navedeni dokument se zove Priručnik za održavanje strukture (*Structural Repair Manual* - SRM). U svrhu što kvalitetnijeg postupka održavanja razvijena je web aplikacija za unos otkrivenog oštećenja.

2. STRATEGIJE ODRŽAVANJA PUTNIČKIH ZRAKOPLOVA

Održavanje je kombinacija svih tehničkih i odgovarajućih administrativnih aktivnosti predviđenih za očuvanje nekog sredstva rada - radnog sustava ili dovođenje istog u stanje u kojem on može obavljati predviđenu funkciju. Održavanje zrakoplova je skup aktivnosti koje se provode s ciljem osiguranja kontinuirane plovidbenosti.

Tri su glavna razloga zašto je potrebno održavanje zrakoplova [2]:

- operacijski: kako bi se zrakoplov očuvao u servisnom i pouzdanom stanju u svrhu ostvarenja prihoda,
- zadržavanje vrijednosti: kako bi se održala trenutna i buduća vrijednost zrakoplova smanjujući njegovo fizičko propadanje kroz tehnički vijek,
- regulatorni zahtjevi: stanje i održavanje zrakoplova su određeni nadležnim zrakoplovnim autoritetom. Na taj način su ustanovljeni standardi za popravke, periodične provjere i izmjene koje mogu biti učinjene od strane vlasnika ili operatora uz dopuštenje nadležnih zrakoplovnih vlasti.

Održavanje zrakoplova možemo podijeliti na održavanje strukture i sustava i na održavanje komponenti. Postoje dvije temeljne strategije održavanja [3]:

- preventivna, koja podrazumijeva sprječavanje kvarova i oštećenja,
- korektivna, podrazumijeva otklanjanje nastalih kvarova ili oštećenja,
- preinake na zrakoplovu.

Strategije održavanja koje se primjenjuju uvjetovane su čimbenicima koji mogu biti tehničko-tehnološki, sigurnosno-operativni i ekonomski.

2.1 Povijest održavanja zrakoplova

Dolazak zrakoplova kao novog prijevoznog sredstva i nastanak zrakoplovnih kompanija zahtijevali su nove regulacije i veću uključenost nadležnih zrakoplovnih institucija u održavanju zrakoplova, dok su prije za održavanje zrakoplova bili zaduženi aviomehaničari i piloti.

Nastankom velikih jet zrakoplova, poput B707 i DC-8 tijekom 50-ih godina prošlog stoljeća pojavila se potreba za još sigurnijim i pouzdanijim zrakoplovima. Zato su proizvođači zrakoplova bili zaduženi za razvoj programa održavanja. Određeni su vremenski periodi prilikom kojih je potrebno napraviti pregled zrakoplova u svrhu povećanja sigurnosti. Takav način održavanja je preteča prvog procesa održavanja nazvana *Hard-Time*.

Hard-Time proces nalaže da se sve komponente uklone sa zrakoplova kada dosegnu određenu specifičnu dob, koja može biti izražena kao broj sati leta, broj ciklusa, određeni kalendarski period, ili pomoću neke druge jedinice naprezanja kojoj je komponenta izložena. Uklonjene komponente odlaze na popravak te se iznova kreće pratiti njihova specifična dob. *Hard-Time* se primjenjuje na stavke koje imaju direktan utjecaj na sigurnost ili degradaciju pouzdanosti bez mogućnosti provjere trenutnog stanja.

Primjeri *Hard-Timea* [1]:

- strukturalne inspekcije,
- dijelovi stajnog trapa,
- dijelovi motora,
- mehaničke poveznice i pokretači.

Zastupnici iz *Federal Aviation Administration* (FAA) i zrakoplovnih kompanija su se 1960-ih godina udružili kako bi istražili mogućnosti preventivnog održavanja. Došli su do dva velika zaključka. Prvi zaključak je bio da su planirani popravci su imali mali utjecaj na sveukupnu pouzdanost kompleksne opreme ukoliko oprema nije imala dominantan način kvara. Drugi je bio da postoje mnogi predmeti za koje nije moguće primijeniti *Hard-Time* proces.

Navedena otkrića dovela su do drugog primarnog procesa održavanja – *On Condition*.

On-Condition zahtijeva da određeni uređaj ili dio bude periodički ispitan kako bi se utvrdila daljnja uporaba. Svrha je maknuti sve dijelove kako ne bi došlo do kvara prilikom normalne operacije. Koristi se za naprave ili dijelove kojima se može utvrditi istrošenost tijekom upotrebe npr. kod provjere guma, provjere kočnica ili planirane boroskopije motora [1,2].

Maintenance Steering Group (MSG) je osnovana 1968. godine u svrhu formuliranja logičkog procesa donošenja odluke za razvoj inicijalnih zahtjeva za planirano održavanje novog zrakoplova. Grupa se sastojala od sudionika iz različitih dijelova avijacije, uključujući *Air Transport Association* (ATA), zrakoplovnih kompanija, proizvođača zrakoplova, dobavljača i predstavnika FAA-a.

Iste godine je razvijen „*MSG-1- Maintenance Evaluation and Program Development*“, dokument u kojemu se prvi put koristi dijagram logičkog procesa za donošenje odluke u svrhu razvoja programa planiranog održavanja za Boeing 747. Oba procesa planiranog održavanja, *Hard-Time* i *On-Condition*, su korišteni za razvoj programa rutinskih zadataka u održavanju [2,4].

Program MSG-2 je razvijen 1970. godine kako bi bio primjenjiv za kasnije generacije zrakoplova. Pristup je orijentiran prema procesu te je analizirao otkaz krećući od komponente prema gore, prema cjelokupnom sustavu. U isto vrijeme je predstavljen treći proces održavanja- *Condition-Monitoring*, koji zajedno sa *Hard-Time* i *On-Condition* procesom čini tri glavna procesa za provođenje planiranog održavanja.

Kod *Condition-Monitoringa* nema planiranih servisa i inspekcija kako bi se utvrdio integritet, već se promatraju i analiziraju mehaničke performanse.

Na primjer, promatraju se operativne karakteristike, poput potrošnje ulja čija se vrijednost uspoređuje s „normalnim“ vrijednostima. Postavlja se gornji i donji limit te ukoliko je potrošnja unutar određenih vrijednosti sve je u redu, a ukoliko potrošnja izađe iz zadanih okvira, potrebno je ukloniti komponentu ili sustav.

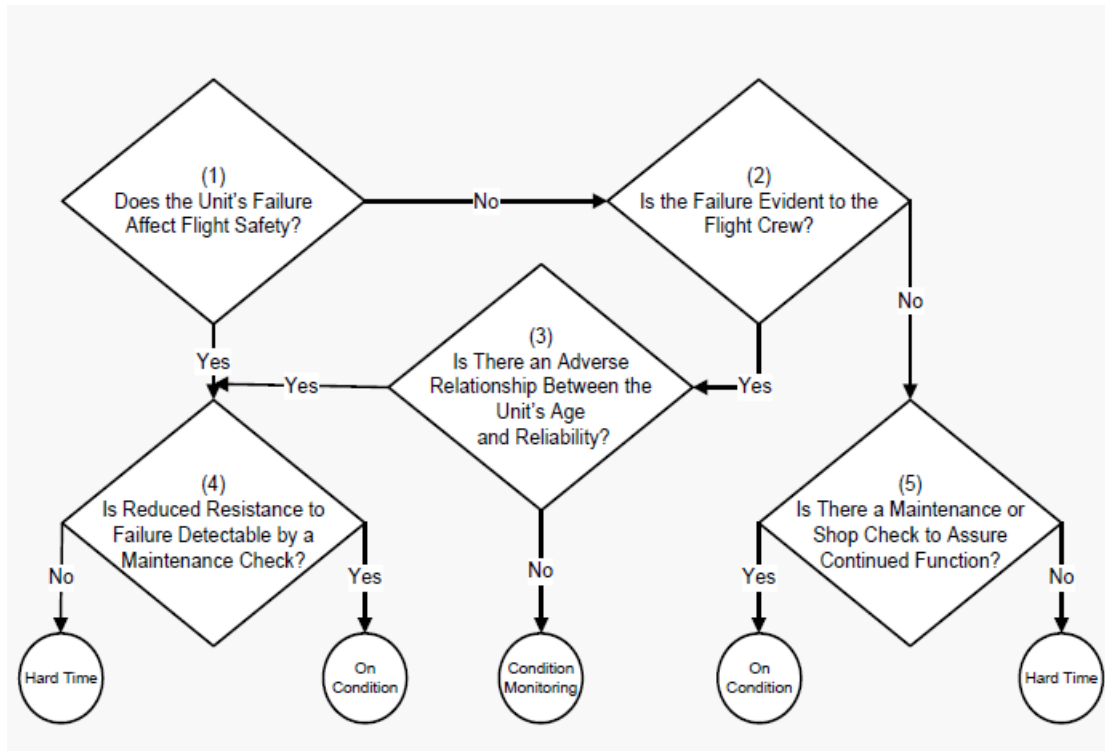
Condition-Monitoring ne spada u preventivno održavanje, već proces dozvoljava kvar i nakon toga se uklanja određena komponenta. Primjenjuje se na komponente i sustave koji nemaju učinak na sigurnost i na njih nisu primjenjiva prva dva navedena procesa. Parametri koji se također prate su učestalost otkaza, učestalost skidanja komponente itd.

Koristi se za komplicirane sustave, elektroniku i ostale komponente kojima nije moguće predvidjeti otkaz, npr. navigacijski sustavi, komunikacijski sustavi, instrumenti, svjetla itd.

I za komponente i sustave gdje otkaz nema ozbiljnijeg utjecaja na sigurnost[1,2] :

- automati za kavu,
- umivaonici,
- sustavi za zabavu putnika i tako dalje.

Slika 1 prikazuje pojednostavljeni prikaz MSG2 procesa te pobliže opisuje koji se proces koristi u određenoj situaciji.



Slika 1. Pojednostavljeni dijagram MSG2 procesa [1]

MSG2 proces se pokazao kao pristup pun mana kod donošenja odluke. Nije bilo razlike između održavanja u sigurnosne i ekonomske svrhe. Program je bio širok i težak za pratiti zbog praćenja mnogobrojnih komponenti. Nije se učinkovito nosio s povećanom složenosti sustava i ne tretira adekvatno funkcionalne skrivene greške. Nije se doticao regulacija vezanih uz evaluaciju nastalih oštećenja i programu zamora strukture.

United Airlines je 1978. godine, po narudžbi američkog Ministarstva obrane, napravio metodologiju za stvaranje programa održavanja koristeći provjerene procedure zrakoplovnih prijevoznika. Tada je napravljen program MSG-3. Proces se sastoji od „drva odluke“ s primarnom svrhom:

- odvajanje održavanja u svrhu sigurnosti i u ekonomske svrhe,
- definiranje prikladnog tretmana skrivenih funkcionalnih kvarova.

Aktivnosti se dijele na praćenje sustava, a ne komponenti, što je bio slučaj kod prijašnjih MSG-ova. Ukoliko može biti dokazano da kvar određenog sustava nema utjecaja na sigurnost te da nema veliki ekonomski značaj, nema potrebe za rutinsko održavanje tog dijela. Programi

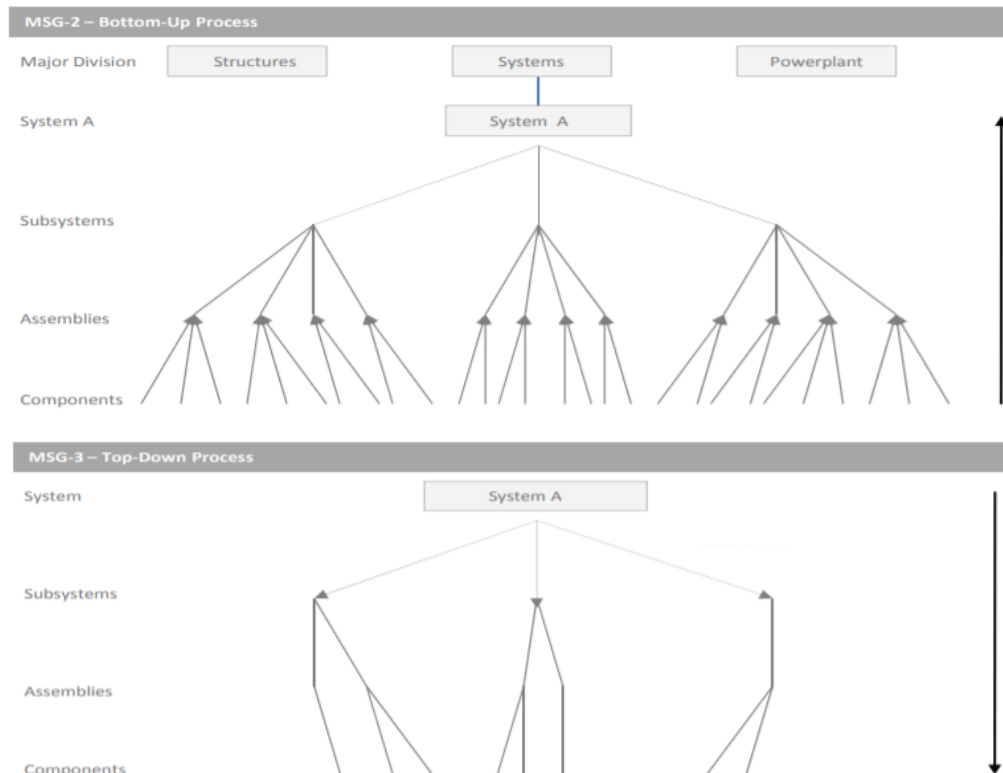
održavanja MSG3 logike su programi održavanja orijentirani prema radnom zadatku. Tijek logičke analize ne počinje evaluacijom predloženog radnog zadatka, nego utvrđuje radni zadatak kao posljedicu funkcionalnog otkaza. Primjenjuje pristup odozgo prema dolje, odnosno analizira posljedice otkaza koje se svrstavaju u dvije glavne kategorije:

- one s utjecajem na sigurnost leta,
- one s ekonomskim utjecajem na održavanje i upotrebu zrakoplova.

Podjela radnih skupina definirana je kroz četiri poglavlja dokumenta od kojih svako poglavlje zadrži uvod, objašnjenje i logiku donošenja odluka. Poglavlja su [1,4]:

- analitičke metode evaluacije sustava i pogonske grupe,
- razvoj programa održavanja strukture zrakoplova,
- program zonalnih provjera,
- *Lightning/High Intensity Radio Frequency*.

Slika 2 prikazuje razliku pristupa između MSG2 i MSG3. Dok je MSG2 pristup analizi baziran krećući od komponente prema sustavima, MSG 3 proces baziran na analizi sustava krećući se sustava prema komponentama.



Slika 2. Usporedba MSG2 i MSG3 procesa [2]

Zbog odabiranja efektivne metode održavanja za pojedine sustave, MSG3 proces pruža bolje sigurnosne standarde. Smanjuju se zadaci u održavanju, što minimizira probleme s dijelovima uzrokovanim pretjeranim održavanjem. Studije su pokazale da je greška uzrokovana ljudskim faktorom česta kod pretjeranog održavanja te je veća vjerojatnost incidenata ili nesreća.

U današnje vrijeme MSG3 je jedini proces koji se koristi u zrakoplovstvu pri razvoju rutinskog planiranog održavanja te je jedina metoda odobrena od strane zrakoplovnih vlasti. MSG3 je metoda razvoja zadataka održavanja, a njezin cilj je definiranje načina razvoja planiranog održavanja i intervala održavanja. Izrazi *Hard-Time*, *On-Condition* i *Condition-Monitoring* se ne koriste u MSG3 terminologiji [2].

2.2. Grupiranje programa održavanja

MSG3 logika podrazumijeva tri kategorije radnih zadataka:

- zadaci koji pokrivaju sustave zrakoplova,
- strukturalni zadaci,
- zonalni zadaci.

Svrha programa za sustave i sustave napajanja je izvesti funkcionalne i/ili operacijske provjere na tipičnim zrakoplovnim sustavima poput komandi leta, pneumatike, električne snage i tako dalje.

Zonalni inspekcijski program služi kako bi se pregledali opći uvjeti svih sustava i konstrukcija sadržanih u jednoj zoni. Zonalna inspekcija uključuje vizualne provjere električnih žica, hidrauličnih cijevi, vodova i otpadnog vodovoda, pneumatskih kanala, komponenata, opreme itd.

Strukturalni inspekcijski program je dizajniran kako bi omogućio vremensko otkrivanje i popravak strukturalne štete tijekom komercijalnih operacija. Otkrivanje korozije, manjih oštećenja i napuknuća od zamora kao i NDT procedure su uzete u obzir [1].

2.2.1 Zadaci u održavanju

2.2.1.1 Zadaci u održavanju koji pokrivaju sustave zrakoplova

Zadaci su podijeljeni hijerarhijski, prema težini i troškovima, od najniže prema najvišem.

Ovisno o kvaru, koristi se jedna ili više metoda popravka. Metode popravka su:

- Podmazivanje/servisiranje: u svrhu održavanja svojstvenih konstrukcijskih mogućnosti.
- Operativna/vizualna provjera : traženje kvarova kako bi se odredilo ispunjava li predmet svoju svrhu.
- Pregled ili funkcionalna provjera : kvantitativni način određivanja jesu li funkcije određenog predmeta u dopuštenim operativnim granicama. Postoje tri načina inspekcije:
 - Opća vizualna provjera - vizualni pregled interijera ili eksterijera, instalacije ili sklopa kako bi se otkrilo očito oštećenje, kvar ili neregularnost. Ova razina provjere se provodi u zoni dodira, ukoliko nije napomenuto drugačije. Moguća je upotreba zrcala kako bi se jasnije vidjele površine. Ovakva razina provjere se provodi pri normalnim uvjetima rasvjete, poput danjeg svjetla ili svjetla u hangaru. Podrazumijeva otvaranje pristupnih vrata i/ili panela.
 - Detaljni pregled - intenzivni pregled određenog predmeta, instalacije ili sklopa kako bi se odredilo oštećenje, kvar ili neregularnost. Razina svjetlosti je pojačana pomoću dodatnog izvora svjetlosti. Pomagala poput ogledala, povećala itd. mogu biti potrebna te također čišćenje površine [5].
- Specijalno detaljni pregled – intenzivni pregled određenog predmeta, instalacije ili sklopa kako bi se odredilo oštećenje, kvar ili neregularnost. Pri pregledu se koriste specijalne tehnike inspekcije i/ili oprema. Najčešće se podrazumijevaju velika povećanja, ultrazvučni pregled, pregled penetrantom, vrtložnim strujama i/ili drugim NDT metodama. Čišćenje površine i rasklapanje sklopova može biti zahtijevano. Restauracija: obnavljanje, zamjena ili čišćenje dijelova potrebno da se vrati u određeno stanje.
- Odbacivanje dijela: micanje uređaja iz upotrebe nakon isteka određenog vremena.

Svi navedeni zadaci se koriste kao zadaci održavanja koji pokrivaju sustave zrakoplova [1].

2.2.2.2 Zadaci koji pokrivaju strukturu zrakoplova

Kada dođe do strukturalnih zadataka, njihovo propadanje može biti primijećeno jedino inspekcijom ili pregledom.

Glavni uzroci strukturalne degradacije su [1]:

- degradacija izazvana okolišem koja je posljedica okoliša i klimatskih utjecaja na zrakoplov.,
- slučajna oštećenja nastaju na primjer od:
 - (a) udara u objekt koji nije dio zrakoplova,
 - (b) pogreške i nesavršenosti tijekom proizvodnje,
 - (c) oštećenja nastala tijekom operacija,
 - (d) oštećenja nastala tijekom održavanja.
- zamor materijala izaziva oštećenje uzrokovano cikličnim korištenjem.

2.2.2.3 Zadaci koji pokrivaju zone


Zonalni zadaci osiguravaju da svi sustavi, komponente i žične instalacije unutar određene zone dobiju adekvatnu pozornost. Program kombinira opće vizualne provjere različitih sustava u jednu ili više zona [1].

2.3 Razvoj programa održavanja

Kako bi se dobili uspješni rezultati održavanja, potrebna je suradnja svih učesnika: konstruktora (proizvođača), operatora (zračni prijevoznik, vlasnik zrakoplova) i nadležnih zrakoplovnih vlasti,; za Hrvatsku je zadužena: Hrvatska agencija za civilno zrakoplovstvo. Program održavanja opisuje način na koji se pojedini zrakoplov održava kako bi se osigurala njegova kontinuirana plovidbenost. *Maintenance Review Board Report* i *Maintenance Planning Document* sadrže minimalne zahtjeve za održavanje. Oba priručnika sadrže osnovne informacije koje operator prevodi i oblikuje u kompanijski program održavanja [6].

2.3.1 Maintenance Review Board Report

Prije nego što se predstavi novi zrakoplov, proizvođač zrakoplova mora pripremiti i predati početne minimalne zahtjeve za planirano održavanje kako bi dobili odobrenje od nadležnih zrakoplovnih vlasti. Ti minimalni zahtjevi planiranog održavanja se nalaze u –*Maintenance Review Board Reportu* (MRBR). Slika 3 prikazuje primjer MRBR-a za zrakoplov Canadair.



MAINTENANCE REVIEW BOARD REPORT

TASK NO.	TASK DESCRIPTION	TASK INTERVAL	TASK TYPE	LOGIC PATH	ZONAL TASK REF.
24-32-03-03	Restoration of the APU battery	12 Months Note 1	RS	6 7	
24-32-05-01	Task deleted Dec 15/95				
24-32-07-01	Operational Check of the main and APU battery bus solid state controllers	12 Months	OP	9	
Flight Compartment Seats					
25-11-01-01	Task deleted Jun 30/04				
25-11-01-03	Detailed Inspection of the flight compartment seats	5000 FH	DI	6 8	
25-11-01-05	Detailed Inspection of the flight compartment seat belts and harnesses	5000 FH	DI	6	
25-11-01-07	Operational Check of the flight compartment seat harness inertia reels	5000 FH	OP	8	
Flight Compartment Doors					
25-17-01-01	Functional Check of the fortified flight compartment door decompression latch (duplicate CMR C25-17-152-01)	5000 FH Note 12 Note 15	FC	8	
25-17-01-02	Detailed Inspection of the fortified flight compartment door decompression latch	1000 FH Note 12	DI	8	

Maintenance Review Board Report
Part 1 of Maintenance Requirements Manual
Section 2 – Systems and Powerplant Program

Page 1 –2–13
Revision: 11
Revision Date: Apr 21/06

Slika 3. Primjer MRBR za Canadair zrakoplov [6]

Nakon odobrenja nadležnih zrakoplovnih vlasti, MRBR se koristi kao okvir oko kojeg korisnik zrakoplova razvija svoj program održavanja, koji se razlikuje od operatora do operatora, ali je nužno da inicijalni dio bude isti.

Zadaci prikazani u MRBR-u ne mogu biti promijenjeni niti izbrisani bez dopuštenja direktora *Maintenance Review Boarda* ili nacionalne zrakoplovne vlasti. Intervali zadataka mogu se proširiti ovisno o željama operatora, pregledu i odobrenju nadležne zrakoplovne vlasti ukoliko proširenje ne utječe na inicijalne zahtjeve MRB izvještaja. Slika 4 prikazuje karakteristike MRBR-a.



Slika 4. Karakteristike MRBR-a [1]

Proces stvaranja i ažuriranja *Maintenance Review Board Reporta* uključuje *Maintenance Review Board*, *Industry Steering Committee* i *Maintenance Working Group*. Svaka od navedenih grupa se sastoji od reprezentativaca sudjelujućih operatora, proizvođača zrakoplova i regulatornih vlasti.

Maintenance Review Board ima odgovornost odobriti konačnu verziju inicijalnih zadataka za planirano održavanje za specifični tip zrakoplova. Odbor se sastoji od:

- zrakoplovnih tvrtki,
- proizvođača zrakoplova,
- zrakoplovnih vlasti.

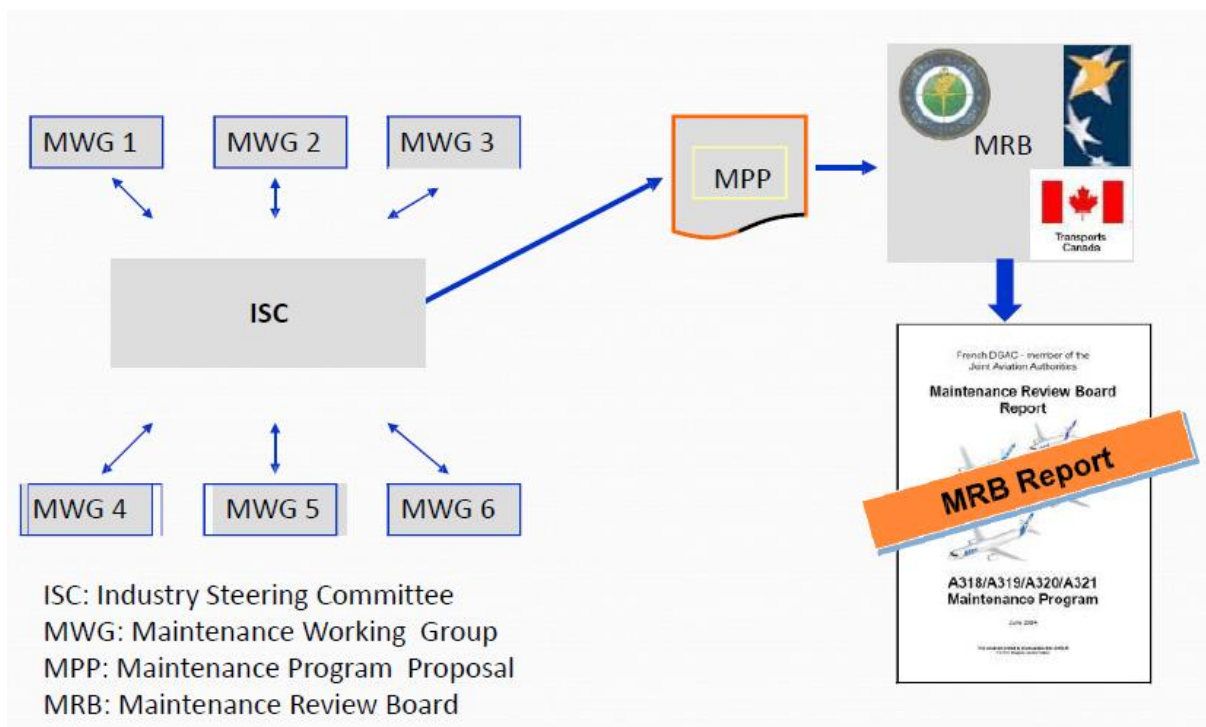
Industry Steering Committee (ISC) se bavi organiziranjem razvojnih aktivnosti za planirano održavanje. Sastoji se od selektiranih članova iz operatorske tvrtke i predstavljača od proizvođača konstrukcije i motora. Njihova odgovornost je da ustanove politiku, postave

inicijalne ciljeve za planirano održavanje, usmjeravaju aktivnosti radne grupe i pripremaju konačne preporuke za *Maintenance Review Board Organization*.

Maintenance Working Group (MWG) se sastoji od specijalista održavanja koji primarno rade u tvrtci operatora, regulatornih vlasti i proizvođača opreme. Svrha grupe je primjena MSG3 logike u cilju razvijanja zadataka održavanja i intervala za specifični tip zrakoplova.

Priručnici o procedurama sadrže upute i procedure koje moraju pratiti ISC, MRB i MWG kako bi osigurali konzistentnost tijekom analize konstrukcije. Korištena je kao standard za MRB proces koji će biti proveden za određeni tip zrakoplova [1,2,6]

Slika 5 prikazuje način nastanka MRB izvještaja. MWG predaje početne zahtjeve ISC-u koji nakon razmatranja donosi odluku hoće li i koje prijedloge preporučiti za MRBR. Preporučene prijedloge provjerava MRB i odobrava ga direktor MRB-a. Nakon toga dokument se izdaje kao MRBR [7].



Slika 5. Nastajanje MRB izvještaja [1]

2.3.2 Dokument za planiranje održavanja

MRB izvješće daje minimalno potrebno planirano održavanje to jest zahtjeve inspekcije koje je potrebno provoditi u svrhu održavanja plovidbenosti. Nadogradnjom programa se izrađuje Dokument za planiranje održavanja: *Maintenance planning document* (MPD).

MPD dokument sadrži:

- sve radne zadatke obaveznog planiranog održavanja iz MRB-a,
- radne zadatke obaveznog održavanja čiji interval može biti mijenjan samo sa specijalnom dozvolom nacionalne zrakoplovne vlasti. Ti radni zadaci su dodatno popisani u specijalnim zahtjevima za certifikaciju (*Certification Maintenance Requirements-CMR* taskovi) i stavcima limitacije plovidbenosti (*Airworthiness Limitations Items- ALI*).
- Dodatne zahtjeve održavanja za koje proizvođač smatra da su potrebni iz ekonomskih razloga.
- Zahtjeve za održavanje koji su uslijedili zbog modifikacije zrakoplova, kao i dodatne komponente i sustave koji su posebno ugrađivani po specifikaciji kupca zrakoplova.

Dokument sadrži sve radne zadatke planiranog održavanja za sve konfiguracije i serijske brojeve zrakoplova [3].

2.3.2.1 Specijalni zahtjevi za certifikaciju (CMR)

Specijalni zahtjevi za certifikaciju su zahtijevani periodički zadaci ustanovljeni tijekom certifikacije konstrukcije kao operacijski limit Tipa certifikata. Obično rezultira iz provedenim numeričkih analiza kako bi se pokazala usklađenost sa katastrofalnim i opasnim uvjetima kvara. Cilj je na vrijeme detektirati skriveno oštećenje koje bi u kombinaciji s drugim oštećenjima ili potaknuto događajem moglo rezultirati katastrofalnim ili opasnim posljedicama. Primjer CMR zadatka je pregled šipki kormila dubine svakih 2000 sati leta.

2.3.2.2 Limiti plovidbenosti (ALI)

Limiti plovidbenosti su odobreni načini inspekcije i održavanja kako bi se spriječili problemi s određenim sustavima. Obavezno vrijeme zamjene, intervala inspekcije i povezanih inspeksijskih procedura za strukturalne *safe-life* dijelove su uključeni u ALI dokument te su obavezni za provođenje kao dio *Instructions for Continued Airworthiness*. Primjer zadatka je detaljni pregled snopova žica spremnika goriva kako bi se spriječila potencijalno nastajanje vatre.

2.3.3 Program održavanja prilagođen korisniku

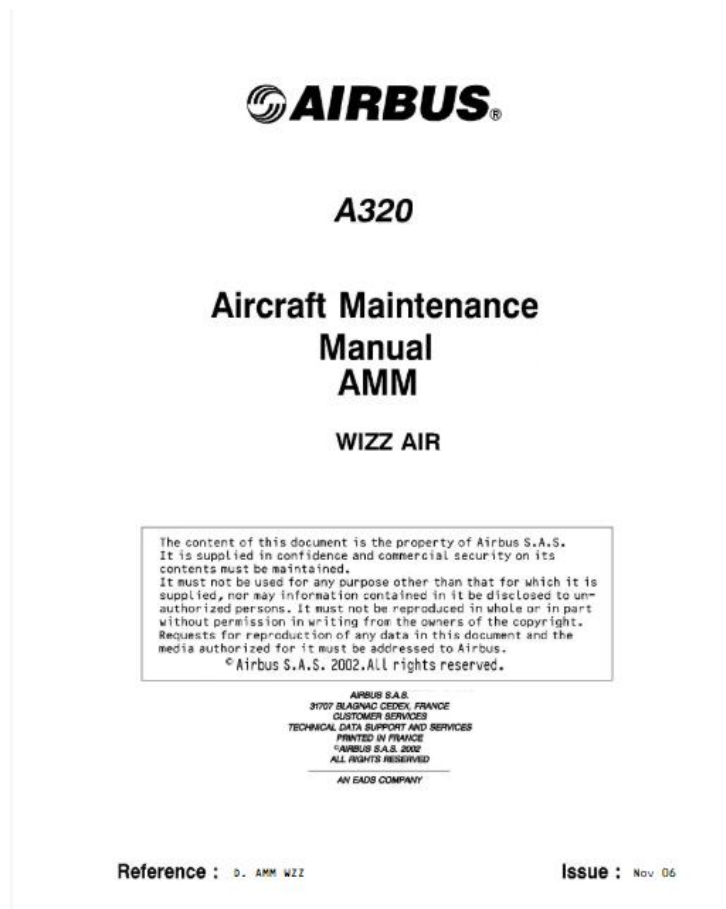
Planirano održavanje navedeno u MPD-u nije nužno provoditi točno. Svaki operator ima odgovornost odlučiti što i kada učiniti, osim za zahtjevano održavanja definiranih u ALI i CMR dokumentima. Priručnik *Operators Approved Maintenance Program (OAMP)* je publikacija tvrtke i tehnički sadržaj je odgovornost svake tvrtke. Dodatni zahtjevi u obliku servisna pisma (*service letter*), servisnih biltena (*service bulletins*) i zrakoplovne direktive (*airworthinnes directive*) su odgovornost svakog individualnog operatera da ih ukomponira. Preporučeni zadaci u održavanju motora, pomoćnih pogonskih jedinica i u priručnicima dobavljača također trebaju biti uzeti u obzir [1,2].

2.3.4 Podržavajući dokumenti programa održavanja

Svaki zadani zadatak u održavanju je potrebno zapisati kao proceduru koju mogu koristiti zrakoplovni mehaničari u svrhu ispunjenja zahtjeva. Priručnik koji sadrži navedene procedure se naziva Priručnik za održavanje zrakoplova- *Aircraft Maintenance Manual (AMM)*. Priručnik daje osnovne informacije o funkcioniranju i održavanju zrakoplova i njegove opreme [1]:

- opis pojedinih sustava,
- osnovne aktivnosti održavanja,
- funkcionalne i operativne provjere,
- podešavanje sustava i opreme,
- zamjena fluida,
- ostali zadaci održavanja.

Složen je po ATA kategorizacijskom sustavu koji omogućuje zajedničko, lakše referenciranje za dokumentaciju svih putničkih zrakoplova, uključujući Dokument za planiranje održavanja, Priručnik za održavanje zrakoplova, Ilustrirani katalog dijelova i tako dalje. Slika 6 prikazuje primjer naslovne stranice Priručnika za održavanje zrakoplova za zrakoplov A320.



Slika 6. Primjer naslovne stranice AMM-a za zrakoplov A320 [1]

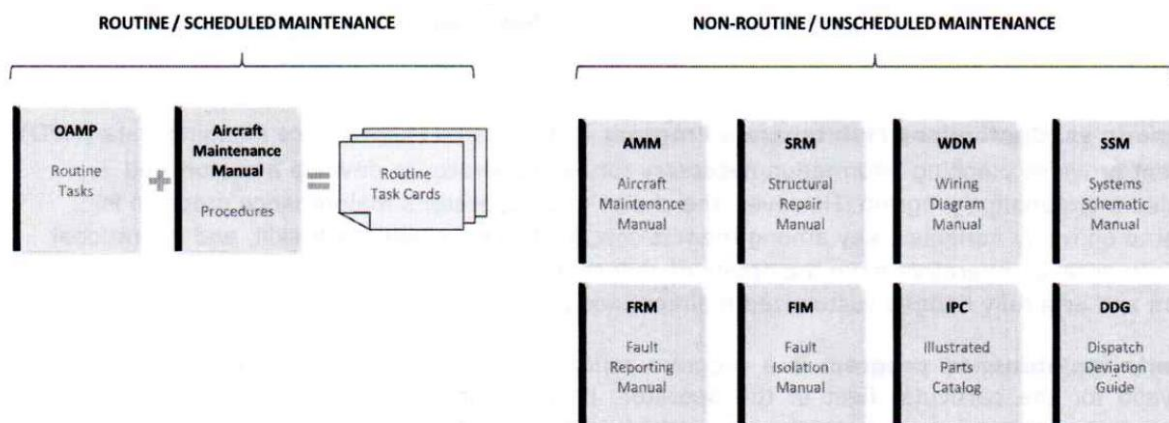
Većina operatera koristi program održavanja prilagođen korisniku u kombinaciji s procedurama navedenim u Priručniku za održavanje zrakoplova. Kartice sa zadacima su u skladu s regulacijama te služe kao zadaci za održavanje i kao zapisi o održavanju. Pružaju detaljne i sažete proceduralne instrukcije za organizaciju i provođenje održavanja, u isto vrijeme pazeći da je u skladu s priručnikom održavanja.

Tijekom korištenja zrakoplova doći će i do neplaniranog održavanja kako bi se popravili kvarovi ili uklonile oštećene komponente. Potreba za neplaniranim održavanjem može proizaći iz pilotovog izvještaja te nepredvidivih događaja poput udara munje, repnih udaraca, oštećenja na zemlji.

Dokumenti potrebni za popravak se uobičajeno sastoje od [2]:

- Priručnik za održavanje zrakoplova- *Aircraft Maintenance Manual* (AMM),
- Priručnik za popravak strukture- *Structural repair manual* (SRM),
- Priručnik električnih i elektronskih shema- *Wiring Diagram Manual* (WDM),
- Priručnik shematskog sustava- *System Schematic Manual* (SSM),
- Priručnik za prijavu kvarova- *Fault Reporting Manual* (FRM),
- Priručnik za izolaciju kvarova- *Fault Isolation Manual* (FIM),
- Ilustrirani katalog dijelova- *Illustrated Parts Catalog* (IPC),
- Vodič za odstupanje opreme- *Dispatch deviation guide* (DDG).

Slika 7 prikazuje koji se od navedenih dokumenata koriste u rutinskom, planiranom održavanju, a koji priručnici se koriste u slučaju neplaniranog održavanja.



Slika 7. Dokumenti u planiranom i neplaniranom održavanju [2]

Priručnik električnih i elektronskih shema prikazuje kompletnu sliku ožičenja zrakoplova uključujući brojeve kabela i usmjerenje, brojeve utičnica i priključaka te njihove lokacije i predgrade i druge strukturne elemente kroz koje se provodi ožičenje.

Priručnik za prijavu i izolaciju kvarova se najčešće koristi u linijskom održavanju kao brza i efektivna pomoć pri „greškolovu“ električnih i mehaničkih sustava. Najčešće se koristi u kombinaciji s Priručnikom za održavanje zrakoplova i Priručnikom električnih i elektronskih shema.

Ilustrirani katalog dijelova prikazuje lokacijske dijagrame za sve dijelove instalirane na zrakoplovu. Daje informacije o broju dijela (P/N) i međusobnoj zamjenjivosti dijelova.

Proizvođači zrakoplova često rade sa *Industry Steering Committee* u svrhu poboljšanja učinkovitosti radnih zadataka koje operatori koriste u planiranom održavanju. Poboljšanja su bazirana na analizama podataka prikupljenih od operatora diljem flote.

Maintenance Program Enhancement Process zahtijeva da zrakoplovni proizvođači i operatori surađuju u svrhu identificiranja zadataka koji mogu biti optimizirani uz *Maintenance Review Board Report*. Za svaki zadatak, proizvođač zrakoplova pregledava podatke i analizira pozitivne i negativne rezultate prilikom korištenja.

Kada je analiza završena, proizvođač iznosi preporuke za svaki zadatak i prezentira ISC-u. Prihvaćene promjene su predane zrakoplovnim vlastima za pristanak i ukomponirane u MRBR i MPD [1,2,6]

2.3.5 Opći i prilagođeni programa održavanja

Maintenance Planning Data dokument pruža informacije potrebne svakom operateru kako bi se razvio prilagođeni program planiranog održavanja. Izbor programa održavanja ovisi o mnogim varijablama, od kojih je najveći trošak, tehničko znanje i vještine kao i operacijski profil. Generalno govoreći, operatori imaju opciju birati između općeg, generičkog programa planiranog održavanja i potpuno prilagođenog programa održavanja.

Generički ili opći program održavanja je program planiranih zadataka u održavanju za određenu flotu zrakoplova, prikazan u zadnjem izdanju MPD-a. Sadrži osnovni raspored održavanja, u kojoj su radni zadaci već grupirani prema općenito predviđenom godišnjem naletu zrakoplova pružajući operaterima spremnost za korištenje programa i rasporeda održavanja. Često opseg i održavanje općeg programa održavanja nisu u skladu s operacijama operatora te radi toga nije isplativo. Tablica 1 prikazuje prednosti i nedostatke općeg programa.

Prilagođeni program održavanja uzima u obzir stvarnu uporabu zrakoplova, na primjer broj ciklusa i prosječno trajanje leta tokom jednog dana. Glavni cilj je maksimalno iskorištavanje intervala radnih zadataka. Planiranje smanjuje trošak svake provjere te često produljuje intervale između održavanja. Tablica 2 prikazuje prednosti i nedostatke prilagođenog programa [1,2].

Tablica 1. Prednosti i nedostaci općeg programa [1]

Opći program	
Prednosti	Nedostaci
Koristi ga većina operatora.	Duže trajanje provjera i samim time duže prizemljenje
Brzo se implementira i uvodi u upotrebu.	Povremena potreba za povećanjem ljudskih potencijala.
Pojednostavljeno planiranje i grupiranje radova.	Neisplativost kod smanjenog naleta zrakoplova.
Dosljedni redoslijed velikih provjera.	

Tablica 2. Prednosti i nedostaci prilagođenog programa [1]

Prilagođeni program	
Prednosti	Nedostaci
Vrlo ekonomičan ako se pravilno provodi.	Povećano planiranje i pripreme radova.
Bolja iskorisćenost ljudskih potencijala.	Ograničeno vrijeme za izvođenje preinaka.
Smanjuje se vrijeme prizemljenja zrakoplova.	Ograničeno vrijeme za otkrivanje kvarova.
Optimiziran raspored provjera.	

2.3.5.1 Premošćivanje između dva različita programa održavanja

Kako bi se smanjili troškovi održavanja i povećala učinkovitost ili je došlo do promjene tipa zrakoplova u floti prijevoznika, operator može prijeći s jednog programa održavanja na drugi. Prilikom prelaska s jednog programa na drugi potrebno je uzeti u obzir kalendarska vremena i cikluse nakupljene tijekom operacija u prvotnom programu. Za premošćivanje razlika u programima potrebno je specijalno znanje i iskustvo koje u pravilu zahtijeva i asistenciju proizvođača zrakoplova ili treće strane specijalizirane za održavanje.

Premošćivanje zahtijeva poznavanje oba programa [1,3].

2.4 Provjere u održavanju

Svi zadaci u održavanju moraju biti uvršteni u radni raspored. Zadaci s sličnim intervalima su skupljeni u jednu grupu održavanja, svaki sa svojim intervalom održavanja. Za putničke zrakoplove ovi intervali se razlikuju od dnevnih provjera, linijskog održavanja do većih provjera na baznom održavanju. Tri najčešće grupe su:

- A provjera se obično sastoji od generalne inspekcije interijera/eksterijera zrakoplova sa određenim površinama otvorenima. Uobičajeno se izvodi u intervalima od dva tjedna do mjesec dana ili u satima naleta zrakoplova (150 do 2000 sati leta, ovisno o zrakoplovu). Primjer je provjera i servisiranje ulja, zamjena filtera, podmazivanje, operativne provjere i inspekcije.
- C provjera se odvija u intervalima od 12 do 20 mjeseci, ovisno o operateru, tipu zrakoplova i iskoristivosti. Sve češće program održavanja omogućuje da vremenski period bude veći zbog ekonomskih razloga bez narušavanja sigurnosti. Na ovom pregledu se rade popravci i modifikacije za koje nije bilo raspoloživog vremena u periodu aktivnog korištenja zrakoplova. Primjeri su funkcionalne i operativne provjere sustava, čišćenje i servisiranje, manje strukturalne inspekcije i zahtjevi iz servisnih biltena.
- D provjera ili *Heavy Maintenance Visit* se odvija u intervalima od 6 do 12 godina, ovisno o tipu zrakoplova i stupnju iskorištenja. Ovi pregledi se uvode kako bi se utvrdilo stanje strukture uslijed oštećenja od utjecaja okoline (korozije), slučajnih oštećenja i zamora materijala. Uobičajeno se zrakoplov miče iz službe te se prizemlji na nekoliko tjedana. Tijekom ove provjere zrakoplovu se skine vanjska boja i uklone se veliki dijelovi vanjskog panela, otkrivajući mehaničku strukturu zrakoplova, pridržavajućih komponenata i krila za inspekciju strukturalno važnih dijelova. Mnoge zrakoplovne unutarnje komponente su provjerene, popravljene ili zamijenjene. Pregled spada u najveći pregled zrakoplova te se vrlo često podrazumijeva potpuna obnova zrakoplova s kojom završava jedan ciklus tehničkog održavanja i proizvodnog rada zrakoplova.

2.4.1 Linijsko održavanje

Linijsko održavanje je održavanje koje je potrebno napraviti prije leta kako bi se osigurala sposobnost zrakoplova za planirani let. Provodi se vani na otvorenom po danu, a vrlo često i noću. U ekstremnim vremenskim uvjetima preporuča se radove izvoditi u hangaru.

Linijsko održavanje sadrži:

- greškolov (*troubleshooting*),
- otklanjanje kvarova (*defect rectification*),
- zamjene komponenti uz korištenje potrebne opreme za testiranje sustava i ugrađene komponente,
- zamjene motora i propelera,
- redovne servisne preglede i vizualne inspekcije koje su namijenjene za otkrivanje očiglednih nezadovoljavajućih stanja, ali koja ne zahtijevaju opsežne detaljne inspekcije,
- manji popravci i modifikacije koje ne zahtijevaju opširno rastavljanje i mogu biti odrađeni jednostavnim sredstvima.

U linijske pregleda spadaju:

- A provjera,
- pretpoletni pregled,
- tranzitni pregled,
- dnevni pregled,
- tjedni pregled.

Pretpoletni pregled se odvija prije prvog leta svakoga dana. Sastoji se od obilaska i vizualnog pregleda zrakoplova, pri čemu se pažljivo promatra da nema nekakvih oštećenja ili neispravnosti, kao i da su svi propisani dokumenti u kabini. Pregled najčešće rade mehaničar i posada zrakoplova zajedno.

Tranzitni pregled se provodi na zrakoplovu nakon svakog usputnog slijetanja. To je obilazni pregled gdje se vizualno promatra da zrakoplov nema nekakvih oštećenja kao što su na primjer: pukotine, curenje goriva, ulja ili hidraulike, otpadanje dijelova zrakoplova u letu, pričvršćenost dijelova, oštećenje rotorskih lopatica uslijed ulijetanja stranog tijela itd.

Dnevni pregled se provodi na kraju svakog dana. Pri ovom pregledu se rade i svi radovi servisiranja, kako bi zrakoplov bio spreman za let narednog dana. Provjeravaju se kotači, kočnice i tekućine (razina ulja u motorima, razina hidro ulja itd).

Tjedni pregled provodi provjeru istrošenosti kočnica, tlaka u kisik bocama, provjera hidraulike i pregled uvodnika motora [1,2,3].

2.4.2. Bazno održavanje

Svi radovi održavanja koji ne spadaju pod kriterije navedene za linijsko održavanje, spadaju u bazno održavanje. Bazno održavanje se izvodi u hangaru, zbog čega je posjedovanje hangara preduvjet za dobivanje dozvole za izvođenje radova baznog održavanja.

Pod preglede baznog održavanja spadaju periodične provjere C i D [3].

2.4.3 Grupiranje radova planiranog održavanja

Metoda blok načina pripremanja paketa je bazirana na principu grupiranja zadataka koji zahtijevaju redovito ponavljanje unutar istog intervala (A, C i D provjere). Ova metoda stvara malen broj relativno velikih paketa zadataka što ima nedostatak u obliku relativno dugog prizemljenja zrakoplova. Tablica 3 prikazuje prednosti i nedostatke blok načina pripremanja paketa radova.

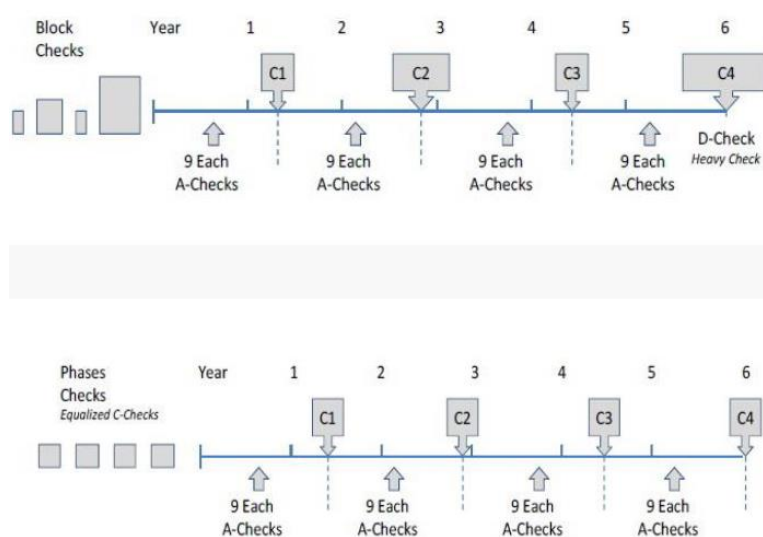
Tablica 3. Prednosti i nedostaci blok načina pripremanja paketa radova [1]

Prednosti	Nedostaci
Pojednostavnjuje planiranje	Sporadični zahtjevi za ljudskim potencijalom
Prihvatanje modifikacija	Duže vrijeme prizemljenja
Ispravci neplaniranog održavanja	
Učinkovitije praćenje dugotrajnih poslova	

Fazni način dodjeljuje radne zadatke manjim paketima od blok načina te se češće izvode. Npr. operator može zadatke ravnomjerno podijeliti preko prikladnog broja C-provjere. Ovakvom raspodjelom se nastoje izjednačiti opterećenja i skratiti vrijeme prizemljenja svakog perioda. Promjene u zahtjevima za ljudski potencijal su minimizirane pomičući zadatke iz jednog paketa u drugi. Sveukupni rezultat ujednačenog održavanja je smanjenje vremena prizemljenja zrakoplova. U tablici 4 su opisane prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja radova, dok Slika 8 prikazuje primjer blok i faznog načina pripremanja i paketa radova.

Tablica 4. Prednosti i nedostaci faznog načina pripremanja paketa radova [1]

Prednosti	Nedostaci
Smanjeno vrijeme prizemljenja	Povećano planiranje
Povećana dostupnost zrakoplova	Ograničeno vrijeme za prihvaćanje modifikacija
Smanjenja sporadična potreba za ljudskom snagom	Ograničeno vrijeme za identificiranje i popravljanje neplaniranog održavanja
Fleksibilnost grupiranja zadataka	

**Slika 8. Primjer blok i faznog načina pripremanja paketa radova [1]**

2.5 Program skladištenja

Ponekad je potrebno prizemljiti zrakoplov iz eksploatacije na duže vrijeme. Tada, određeno skladište i/ili procedure očuvanja trebaju biti praćene kako bi se smanjilo propadanje zrakoplova i kako bi se zrakoplov što lakše vratio u stanje plovidbenosti.

Razina očuvanja ovisi o varijablama poput planiranog trajanja skladištenja i okolišnih uvjeta u skladištu i o konstrukcijskim karakteristikama zrakoplova. Općenito govoreći, postoje tri načina skladištenja:

- kratkotrajno skladištenje: zrakoplov je maknut operacijski status na manje od 60 dana,
- srednjetrojno skladištenje: zrakoplov je maknut iz upotrebe na više od 60 dana, ali manje od 120,
- dugotrajno skladištenje: zrakoplov je maknut iz upotrebe na više od 120 dana.

3. OŠTEĆENJA KONSTRUKCIJE NA AIRBUSU 319

Jedan od glavnih zahtjeva materijala za konstrukciju zrakoplova je otpornost na oštećenje. Otpornost na oštećenje omogućuje konstrukciji da izdrži ozbiljan umor materijala, koroziju ili slučajno oštećenje koje se može pojaviti tokom operativnog života. Ta karakteristika bi trebala omogućiti konstrukciji da uspješno izdrži opterećenja, do razumne granice, ili bez pretjerane strukturalne deformacije. Ukoliko zbog određenih razloga poput ograničenja geometrije, preglednosti ili loše konstrukcije nije moguće postići otpornost na oštećenje, nužno da konstrukcija bude *safe-life*. *Safe-life* omogućuje konstrukciji da bude u mogućnosti podnositi ponavljajuća opterećenja različitih veličina tokom operativnog života bez vidljivih oštećenja [8].

Unatoč svim naporima da se spriječe, oštećenja se pojavljuju. Oštećenja konstrukcije i njihov popravak su detaljno objašnjeni u dokumentu Priručnik za popravak strukture (*Structural repair manual*- SRM). SRM je dokument izdan od strane proizvođača zrakoplova, a uključuje postupke popravaka nastalih oštećenja na strukturi zrakoplova. Sadrži kratki opis toleriranih oštećenja, kategorija popravaka, opis baznog održavanja i logičke dijagrame postupka popravka. Sadrži specifične popravke za određenu lokaciju označenu s točnom slovnom oznakom održavanja. Također opisuje postupke popravka s obzirom na veličinu, zonu oštećenja i blizine pričvrtnim elementima.

Priručnik mora biti odobren od nadležne zrakoplovne vlasti.

U priručniku su detaljno opisani:

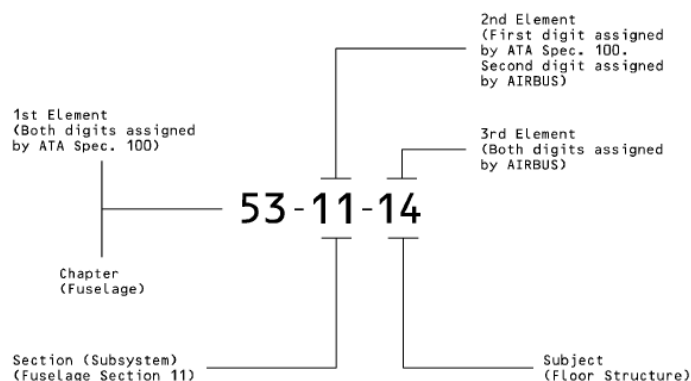
- dopušteno oštećenje,
- identifikacija materijala podloženog popravku,
- tipični postupci popravka na komponentama koje su najčešće oštećene,
- zamjenski materijali,
- informacije o pričvrtnim elementima,
- kratki opis procedura koje se rade uz popravke, poput zaštitničkog tretmana i brtvljenja.

Pisan je po specifikaciji ATA 100 koja pruža zajednički standard za izradu dokumentacije za sve komercijalne zrakoplove [9].

S obzirom da se u priručniku radi o strukturi zrakoplova, koriste se ATA 51-57, gdje svaki broj predstavlja [6] :

- ATA 51- standardne procedure i općenito o konstrukciji,
- ATA 52- vrata,
- ATA 53- trup,
- ATA 54- nosači motora/motor,
- ATA 55- stabilizatori,
- ATA 56- prozori,
- ATA 57- krila.

U priručniku se koristi troelementni sustav nabiranja koji opisuje poglavlje/sekciju/podsekciju. Prvi broj opisuje poglavlje kojemu predmet prirada, on je dan po ATA 100 specifikaciji, a drugi i treći broj pokazuje sekciju i podsekciju.



Slika 9. Primjer označavanja poglavlja [9]

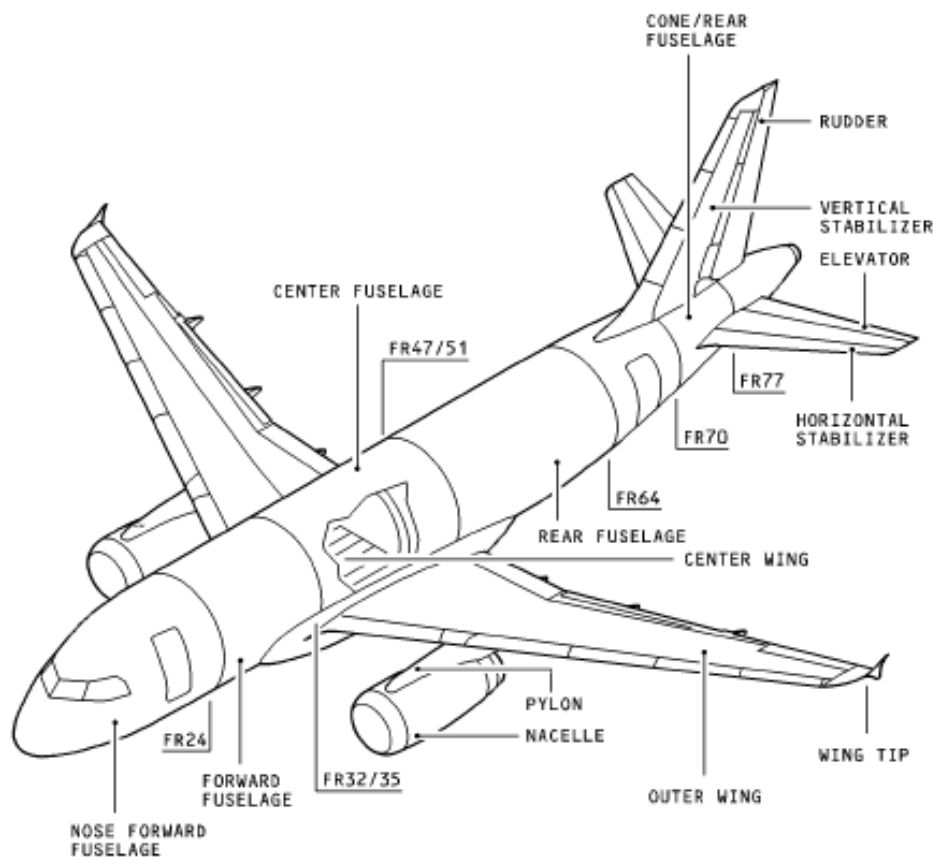
Na primjer, na slici 9 se po prvom broju, koji je dan po ATA 100 specifikaciji vidi da se radi o trupu zrakoplova.

Procedura za uporabu se sastoji od:

1. Određivanje kategorije oštećenja:
koristeći sadržaj priručnika, odrediti kojemu poglavlju pripada oštećenje. Potrebno je odrediti sekciju oštećenja i pogledati koliko je dopušteno oštećenje.
2. Identificiranje oštećenog dijela:
određivanje subsekcije u tablici sadržaja.
3. Određivanja procedure popravka.

3.1 Općenito o strukturi

A319 spada u obitelj Airbus A320 koju čine uskotrupni dvomotorni zrakoplovi srednjeg doleta. Certificirani su za visinu krstarenja od 11920 metara do 12500 metara gdje mogu postići maksimalnu brzinu krstarenja oko 890 km/h i imati dolet od oko 6100 kilometara pri maksimalnoj težini zrakoplova. 1996 godine je napravljena prva isporuka zrakoplova A319 [10]. Slika 10 prikazuje strukturu zrakoplova i njene glavne dijelove.



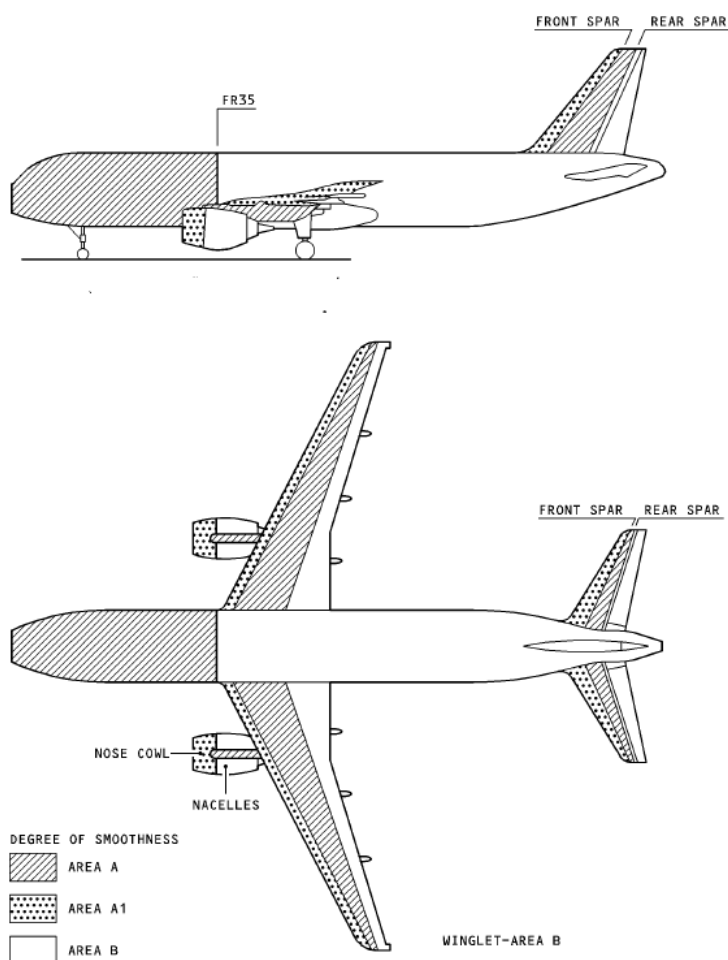
Slika 10. Struktura zrakoplova A319 [9]

Za postizanje što boljih performansi nužno je da zrakoplov ima aerodinamički oblik i što glađu površinu. Nepopravljena oštećenja, nepopunjene udubine i popravci koji mijenjaju konturu ili čine površinu grubom mogu smanjiti performanse.

Vanjske površine zrakoplova su podijeljene na tri tolerancijske površine s obzirom na glatkoću:

- područje „A“– površine sa veoma dobrim aerodinamičkim kvalitetama koje zahtijevaju blisku toleranciju,
- područje „A1“–površine koje su dio područja „A“. Podlegnuti su daljnjim detaljnim poboljšanjima vezanima uz pričvrstne elemente.
- Područje „B“ – površine s poljem tolerancijom veće od područja „A“.

Slika 11 prikazuje tolerancijske površine zrakoplova A319.



Slika 11. Površine određene glatkoće na A319 [9]

3.2 Općenito o oštećenjima

Oštećenjem se smatra bilo koji tip trajne deformacije na bilo kojoj lokaciji površine konstrukcijske komponente. Oštećenja konstrukcije izrazito mogu narušiti sigurnost leta s obzirom da dovode do slabljenja cijele konstrukcije zrakoplova što može dovesti do katastrofalnih posljedica. Iz tog razloga vitalno je provoditi inspekciju kako bi se našla oštećenja. Najčešći razlozi nastajanja oštećenja su:

- mehanička akcija,
- kemijska ili elektrokemijska reakcija,
- termalna akcija ili opterećenje,
- unutarnje metalurške karakteristike.

Oštećenja se najčešće pojavljuju kada komponenta ili dio strukture nisu u mogućnosti podnositi opterećenja kojima su izloženi. Jedan od uzroka nastanka oštećenja mogu biti [11]:

- konstrukcijske greške poput prisutnosti rupa, čvorova itd. Također, može doći i do ljudske greške koja može dovesti do udubina, ogrebotina i drugih oštećenja.
- Mikrostruktura materijala može sadržavati praznine, inkluzije itd.
- Prisutnost korozije na materijalu, npr. pitting korozija može proizvesti veliku koncentraciju naprezanja.

Tablica 5 prikazuje postotak kvarova na zrakoplovu uzrokovan različitim čimbenicima.

Tablica 5. Postotak kvarova na zrakoplovu uzrokovan različitim čimbenicima [11]

Postotak kvarova		
	Inženjerske komponente	Zrakoplovne komponente
Korozija	29	16
Umor	25	55
Krhki prijelom	16	-
Opterećenje	11	14
Visokotemperaturna korozija	7	2
Umor od korozije	6	7
Puzanje materijala	3	-
Trošenje/abrazija/erozija	3	6

U Priručniku za oštećenje strukture su opisana i dopuštena oštećenja, odnosno do koje vrijednosti oštećenja nije potreban strukturalni popravak, međutim može biti potrebna korektivna akcija. Ukoliko je oštećenje veće od dopuštenog, potrebno je da inženjer odobri pripadajuću proceduru popravka. Procedure opisane u priručniku potrebno je detaljno slijediti. Ukoliko popravak nije dobro proveden to često rezultira još skupljim i kompliciranijim popravkom. Također, mora se velika pažnja posvetiti i skrivenoj šteti koja može dovesti do oštećenja okolne strukture.

Nastala oštećenja se dijele u dvije kategorije:

- popravljiva oštećenja: može biti dopušteno oštećenje i nedopušteno oštećenje koje zahtijeva popravak kako bi se vratio integritet i funkcija određenog oštećenog dijela,
- ne-popravljiva oštećenja: oštećenje se ne može popraviti te je potrebna zamjena oštećene komponente iz praktičnih ili ekonomskih razloga.

Manja oštećenja do kojih može doći na strukturi zrakoplova su:

- ogrebotine,
- kanal,
- trag,
- pukotine,
- udubine,
- zarezi,
- distorzija,
- korozija,
- nabor,
- abrazija,
- razdvajanje materijala,
- trošenje,
- uvlačenje,
- prodiranje,
- trag paleži.

Ogrebotina je linija štete bilo koje debljine i duljine u materijalu koja uzrokuje promjenu površine. Uobičajeno je uzrok oštar predmet.

Kanal je oštećenje bilo koje veličine koje je uobičajeno uzrokovano kontaktom s relativno oštrim predmetom koji stvara kontinuiranu, oštru ili glatku udubinu poput kanala.

Trag je oštećeno područje svih veličina gdje su koncentrirane ogrebotine, zarezi, strugotine, neravnine, kanali i tako dalje. U tom slučaju oštećenje se tretira kao površina, a ne kao svaki tip oštećenja osobno.

Pukotina je ili djelomični ili potpuni prekid materijala.

Udubina je oštećeno područje koje je gurnuto unutra u odnosu na ravninu okolne strukture.

Zarezi su male promjene u materijalu nastale vjerojatno zbog udarca.

Distorzija je bilo koje izvijanje, savijanje ili trajno naprezanje koje rezultira odstupanjem ili promjenom oblika. Može biti uzrokovano udarcem strano objekta, ali najčešće nastaje kao rezultat vibracija ili pomakom susjednih komponenti.

Korozija je uništenje materijala kemijskog ili elektrokemijskog nastanka.

Nabor je oštećeno područje koje je gurnuto ili skupljeno na hrpu. Rubovi su oštri ili dobro naglašeni.

Abrazija je oštećenje svih veličina koje uzrokuje promjenu površine zbog trljanja, struganja ili ostalih površinskih erozija. Obično je gruba i nepravilnog oblika.

Razdvajanje materijala nastaje zbog popuštanja ljepila.

Delaminacija nastupa kod višeslojnih materijala. To je razdvajanje slojeva koje može biti izazvano ili udarcem ili pri popuštanju smole.

Trošenje je površinsko oštećenje koje nastaje na sučelju spojenih elemenata kao posljedica veoma malih kutnih ili linearnih pomaka.

Urezi su oznake koje obično pokazuju pravilnu glatku deformaciju.

Trag paleži je lokalna indikacija prekomjernog zagrijavanja nakon udara munje.

Prodiranje je površina kroz koju je nešto probijeno [9].

3.2.1 Određivanje tipa oštećenja

Kako bi se odredila kategorija oštećenja potrebno je:

- maknuti sve neželjene materijale sa oštećene površine,
- izrezati sve slomljene, savijene, zagrijane ili oštećene površine komponente,
- ukloniti olabavljenje zakovice.

U svim kategorijama oštećenja, pogotovo ukoliko je uzrok oštećenja udarac, velika je vjerojatnost sekundarnog oštećenja. Radi toga, potrebno je detaljno ispitivanje strukture na kojoj je nastupilo inicijalno oštećenje. Može doći do prijenosa sile na udaljenija mjesta što može rezultirati deformacijama, olabavljenim zakovicama i izbačenim vijcima.

3.2.2 Dopuštena oštećenja

Prvi korak svakog popravka je pregledavanje oštećenja kako bi se utvrdilo radi li se dopuštenom ili nedopuštenom oštećenju. Dopuštena oštećenja se definiraju kao manja oštećenja koja ne utječu na integritet strukture ili ne smanjuju funkciju komponente.

Dijele se na sljedeće kategorije [9]:

- Trajno dopušteno oštećenje:

oštećenje je takvo da ne zahtijeva strukturalni popravak niti dodatne inspekcije kroz tehnički vijek strukture.

- Trajno dopušteno oštećenje s operativnim ograničenjima:

oštećenje ne zahtijeva strukturalni popravak kroz tehnički vijek zrakoplova, međutim, potrebne su dodatne inspekcije.

- Privremeno dopušteno oštećenje:

oštećenje treba biti popravljeno u određenom vremenskom intervalu, na primjer za x mjeseci, x sati leta itd.

Potrebno je pomno pratiti sva nastala oštećenja zbog:

- u slučaju dodatnih oštećenja na istim ili susjednim površinama može doći do dodatnih ograničenja,
- kako bi se osiguralo adekvatno praćenje dodatnih inspekcijskih zahtjeva,
- kako bi se osiguralo adekvatno praćenje trajnih popravaka.

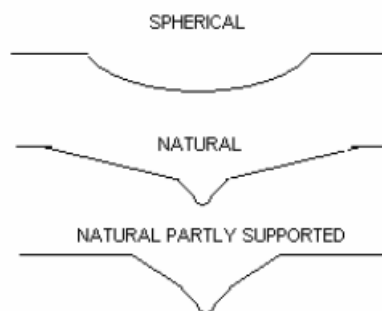
3.3 Udubine

Udubina je plastična deformacija nastala udarcem. Može biti u različitim smjerovima, iz unutra prema van, ili izvana prema unutra. Nije prisutno smanjenje površine poprečnog presjeka materijala. Slika 12 prikazuje primjer udubine na trupu zrakoplova.



Slika 12. Udubine na trupu zrakoplova [12]

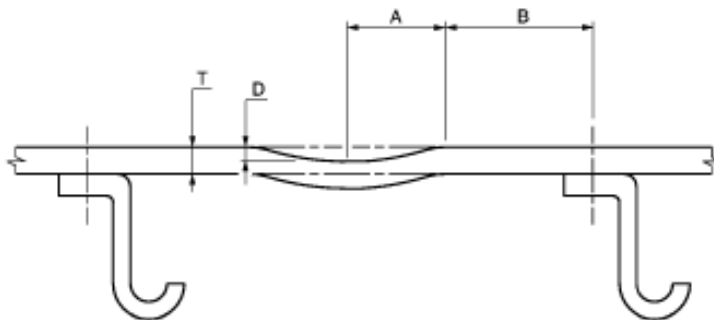
Postoje različiti oblici prisutnih udubina, neki primjeri su prikazani na slici 13 poput sferičnog oblika, prirodnog i djelomično prirodnog.



Slika 13. Oblici udubina [12]

Svaki oblik udubine utječe na umor materijala te skraćuje životni vijek konstrukcije i iz tog razloga potrebno ju je što prije ukloniti ukoliko je oštećenje veće od dopuštenog oštećenja. Sferična udubina se najgore ponaša kod umora materijala, ali na sreću teško je postići sferični oblik udubine [12].

Kako bi se utvrdile točne dimenzije, potrebno je provesti mjerenje dimenzija udubine. Slika 14 prikazuje parametre udubine koji su izloženi mjerenju.



Slika 14. Parametri udubine [9]

Parametri kod udubine su:

- T je nominalna debljina kože,
- D je dubina udubine,
- A je minimalna udaljenost od vanjske granice udubine do maksimalne dubine,
- B je minimalna udaljenost od vanjske granice udubine do strukturalnog elementa poput izreza na oplati, zakovice ili spojenog stringera.

Ovakav način mjerenja nije prikladan za mjesta poput:

- primarne strukture krila,
- krilaca,
- spojlera,
- statički otvori, Pitotova cijev, senzori napadnog kuta i površine od 150 mm oko navedenih mjesta,
- na unutanjoj strani oplata usisnika motora.

Dopuštena veličina oštećenja se nazivaju zanemarivo oštećenje. To je ona veličina oštećenja koja ne zahtijeva popravak.

Za sekundarne komponente sendvič panela udubine veličine 1 mm su dozvoljene te se smatraju zanemarivim oštećenjem.

Za područje kokpita, kabine i podne kompozitne ploče dozvoljena veličina udubine je radijus manji od 25 mm i dubina manja od 2 mm ukoliko nije uočeno oštećenje vlakna.

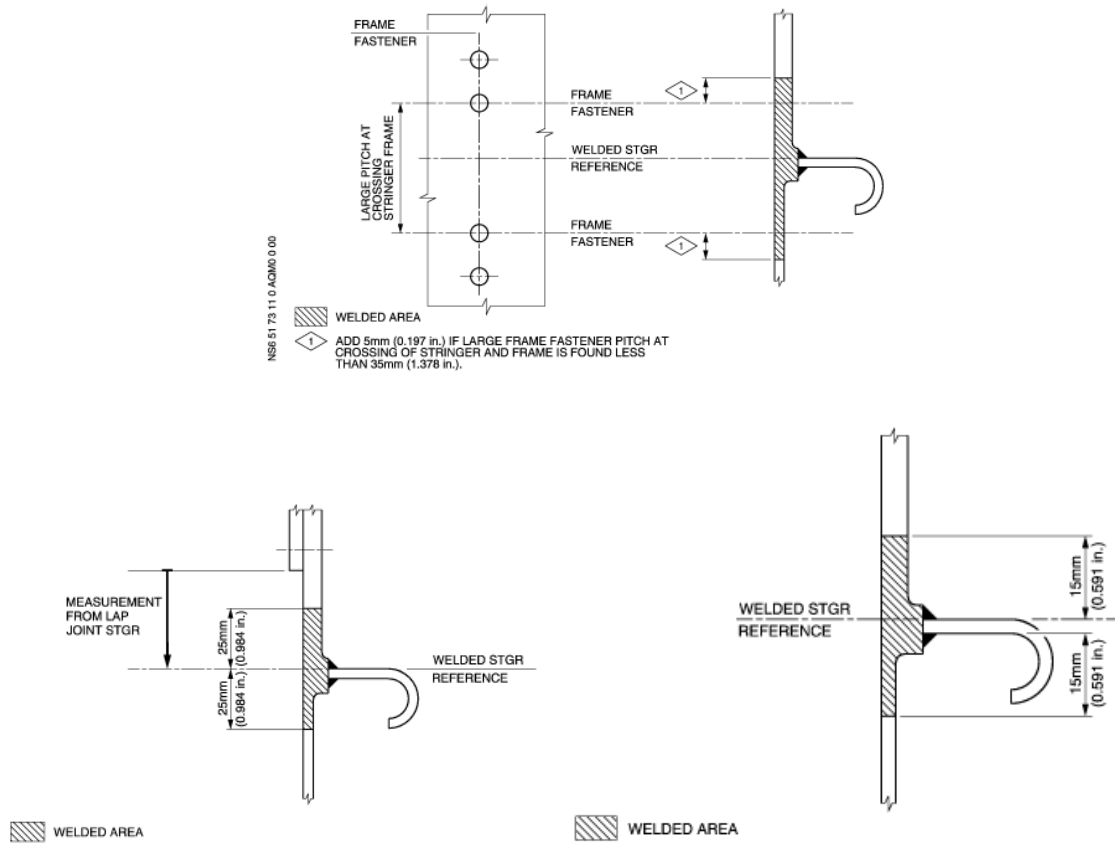
Za pregrade i prtljažne kompozitne ploče dopušteno oštećenje je radijus manji od 25 mm i duljina manja od 3 mm.

Na aluminijskim legurama i GLARE (*Glass Aluminim Reinforced Epoxy*) panelima dozvoljene se sljedeće veličine:

- debljina oplata je jednaka ili manja od 4 mm,
- kontura udubine je glatka,
- omjer parametara A/D je jednak ili manji od 25 (minimalna veličina udubine),
- na oplati nema ogrebotine, što je potvrđeno detaljnom vizualnom inspekcijom,
- nema abrazije na nepresvučenim dijelovima,
- nema prodiranja na sloj omotača.

Na laserski zavarenim panelima sljedeći zahtjevi moraju biti ispunjeni:

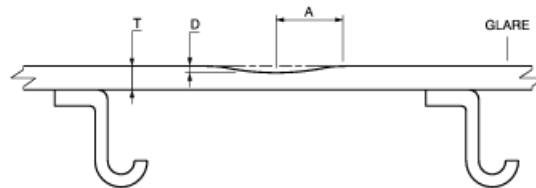
- debljina oplata mora biti manja ili jednaka 2,5 milimetra,
- udubina ne smije biti prisutna na mjestu spoja,
- dimenzija B ne smije biti veća od područja zavarivanja prikazanih na slici 15,
- udubina ne smije biti u smjeru iznutra prema van,
- kontura udubine je glatka,
- omjer parametara A/D je jednak ili manji od 25 (minimalna veličina udubine),
- na oplati nema ogrebotine, potvrđeno detaljnom vizualnom inspekcijom,
- nema abrazije na nepresvučenim dijelovima,
- nema prodiranja na sloj omotača.



Slika 15. Područje zavora [9]

3.3.1 Udubina koja rezultira redukcijom materijala

Udubina koja rezultira redukcijom materijala je plastična deformacija uzrokovana stranim objektom vidljiva samo s jedne strane koja rezultira redukcijom geometrijskog poprečnog presjeka. Javlja se samo na GLARE panelima. Slika 16 prikazuje udubinu i parametre koje se koristi pri mjerenju.



Slika 16. Udubina koja rezultira redukcijom materijala [9]

Mjerenje dimenzija se provodi na sličan način kao i kod uobičajenih udubina :

- T je nominalna debljina kože,
- D je dubina udubine,
- A je minimalna udaljenost od vanjske granice udubine do maksimalne dubine.

Kod udubina koje rezultiraju redukcijom materijala zahtjevi su da dubina udubine mora biti manja od 1 mm, kontura udubine mora biti glatka, ne smiju biti prisutne pukotine, što se provjerava detaljnom vizualnom inspekcijom, a maksimalni broj takvih udubina u radijusu od 500 mm mora biti manji od 5 [9].

3.3.2 Uklanjanje udubine

Procedura uklanjanje udubine se sastoji od sljedećih koraka [9] :

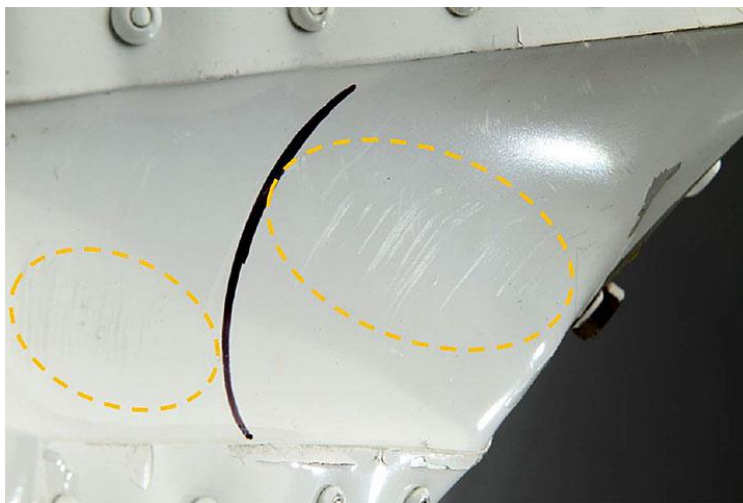
1. Pobrusiti površinsku boju u udubljenom dijelu sa brusnim papirom. Pobrušeno područje smije biti široko maksimalno 10 mm oko udubljenja. Sva oštećena boja mora biti uklonjena.
2. Očistiti površinu sredstvom za čišćenje.
3. Nanijeti samoljepljivu traku i papir na površinu oko površine oštećenja.
4. Napraviti slijedeću smjesu: pomiješati aluminijski prah *Alupoudre 811* količine 20 do 40% težine smole koja će se dodati. Miješati navedene komponente dok se ne dobi homogena pasta sa malom viskoznošću. Paziti na rok trajanja određen od strane proizvođača.
5. Ispuniti udubinu sa napravljenom smjesom te koristiti lopaticu u svrhu postizanja bolje konture.
6. Pustiti da smjesa otvrdne.
7. Naknadno još pobrusiti površinu sa brusnim papirom granulacije 280.
8. Ukoliko nije postignuto potpuno uklanjanje udubine, ponoviti korake od 4 do 7.
9. Ako je potrebno, popraviti boju na mjestu popravka.

3.4 Ogrebotine

Ogrebotina je lagano kidanje ili lomljenje površine uzrokovano trenutnim kontaktom sa stranim materijalom, uobičajeno oštar predmet. Ukoliko nastanu, potrebno ih je što prije ukloniti budući da stvaraju sjajnu predispoziciju za koroziju. Najčešće nastaju kada se zrakoplov priprema za obnovu boje pa je potrebno s njega ostrugati brtvilo na mjestima spoja sekcija aluminijskih oplata, ali i na području oko vrata zbog stepenica za ulazak putnika. Prema servisnom biltenu izdanom od strane FAA, ogrebotine mogu dovesti do dubljih pukotina što može uzrokovati nekontroliranu dekompresiju koja može dovesti do kidanja dijela oplata [11].

Nakon uklanjanja potrebno je pregledati da li je svo nastalo oštećenje uklonjeno kako ne bi došlo do pojave korozije.

Ako se radi o presvučenim aluminijskim oplatama potrebno je provesti penetracijski test kako bi se potvrdilo da li je ogrebotina probila oplatu. Slika 17 prikazuje ogrebotine na rebru zakrilca.



Slika 17. Ogrebotine na rebru zakrilca [14]

3.4.1 Penetracijski test

Procedura za penetracijski test se sastoji od sljedećih koraka:

1. Očistiti površinu sredstvom za čišćenje.
2. Pripremiti smjesu koja se sastoji od 20 g kalijevog nitrata, 10 grama natrijevog hidroksida i dovoljne količine destilirane vode kako bi se dobila smjesa od 100 cm³.
3. Primijeniti pripremljenu smjesu na oštećeno područje.
4. Nakon tri minute napraviti provjeru te utvrditi da li je došlo do probijanja.
Ukoliko je ogrebotina probila oplatu, osnovni materijal će biti smeđe/crne boje.
Ukoliko nije probila oplatu, osnovni materijal neće promijeniti boju.
5. Očistiti područje sa hladnom vodom te ga neutralizirati sa 5% kromovom kiselinom.
6. Prije nego što se površina osuši, destiliranom vodom isprati kromovu kiselinu.

Ukoliko ogrebotine nisu probile oplatu, potrebno ih je pažljivo ispolirati ili zapečatiti. Pritom se može koristiti kamen, mrežasti čelični jastuk ili čelični valjak sa masti koja bi poslužila kao lubrikant.

Ukoliko je ogrebotina probila oplatu prvo je potrebno očistiti ogrebotinu i okolnu površinu sredstvom za čišćenje. Ukloniti svu boju s oštećene površine pomoću brusnog papira granulacije 280. Upotrijebiti okrugli kamen i vodu te trljati kamen duž ogrebotine dok se ne dobi glatka i zaobljena kontura. Izjednačiti tragove koji su nastali kao posljedica korištenja kamena pomoću brusnog papira granulacije 400. Trljati ga duž ogrebotine. Pomoću rupčića očistiti i osušiti površinu.

Ispolirati metal ručno ili pomoću kotača za poliranje.

Ručno poliranje se radi na način da se na tkaninu stavi abrazivno sredstvo za poliranje te se tkanina trlja duž ogrebotine. Ne smije se polirati u kružnom smjeru te se površina poliranja mora držati minimalnom.

Poliranje pomoću kotača se radi na način da se na rub višeslojnog kotača za poliranje nanese specijalni materijal, abrazivni lak. Površina se brusi duž ogrebotine te se nastoji održati minimalnom. Preporučena brzina okretaja kotača za poliranje je između 2500 i 4000 okretaja u minuti.

Potrebno je napraviti predobradu površine za nanošenje boje. Nanese se premaz za kemijsku pretvorbu na obojanu površinu. Na neobojanim površinama potrebno je napraviti predobradu prije nanošenja namaza. Na kraju, nužno je napraviti zadnje bojanje površine [9].

3. 4.1 Uklanjanje ogrebotina s površina lijevanih aluminijskih legura

Kod lijevanih aluminijskih legura, postupak uklanjanja je isti kao kod uklanjanja ogrebotina koje su probile oplatu. Jedina razlika se sastoji u tome što nije potrebno koristiti okrugli kamen, odnosno, nije potrebno provesti korak 3.

3.4.2 Uklanjanje ogrebotina s titanskih legura

Postupak je isti kao kod uklanjanja ogrebotina koje su probile oplatu uz dvije razlike. Sredstva za čišćenje koja se koriste u navedenom postupku se ne smiju koristiti na mjestima titanskih legura gdje je temperatura viša od 350 °C te je potrebno pronaći alternativu i umjesto okruglog kamena koristi se brusni papir natopljen sredstvom za čišćenje [9].

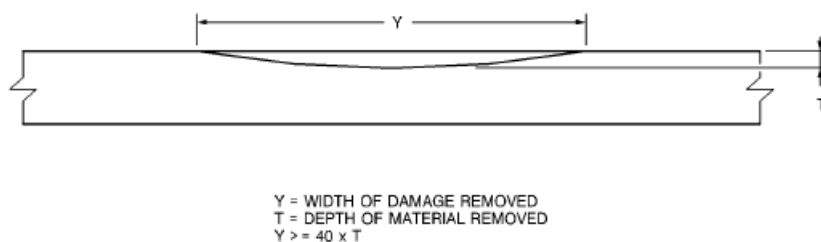
3.5 Obrada površine izravnavanjem

Izravnanje je uklanjanje materijala s metalne površine ukoliko narušavaju konturu površine. Obrada je obnavljanje površine do prihvatljivog i poželjnog stanja. Uravnanje i obrada su potrebne ukoliko se dimenzije površine ističu. Navedenim procesima se najčešće uklanjanju oštećenja poput kanala, oznaka, ogrebotina, abrazije i korozije. Ukoliko dođe do ogrebotina, zareza i korozije, potrebno ih je što prije ukloniti kako bi se izbjegla pojava ili širenje daljnje korozije. Kako bi se spriječila potencijalna pojava korozije, potrebno je napraviti provjeru da li je svo oštećenje uklonjeno.

Postoje dva tipa mehaničkog uklanjanja oštećenja:

- ručna abrazija,
- brusilica.

Slika 18 prikazuje glavne parametre koji se koriste pri uravnavanju i obradi površine.



Slika 18. Dimenzije uravnanja/obrade [9]

Y parametar označava duljinu uklonjenog oštećenja, a T dubinu. Nastoji se da širina uklonjenog oštećenja bude jednaka ili veća 40 puta od veličine dubine uklonjenog materijala. Ručna abrazija je primjenjiva samo na male površine te se najčešće koristi brusni papir i abrazivni jastučići.

Brusilica se koristi samo na čeličnim i aluminijskim legurama u slučaju dubljeg oštećenja. Nužno je ukloniti toliko materijala koliko je potrebno da bi svo oštećenje bilo uklonjeno. Na kraju se upotrijebi abrazivni papir u svrhu poliranja površine, kako bi površina dobila finiš [9].

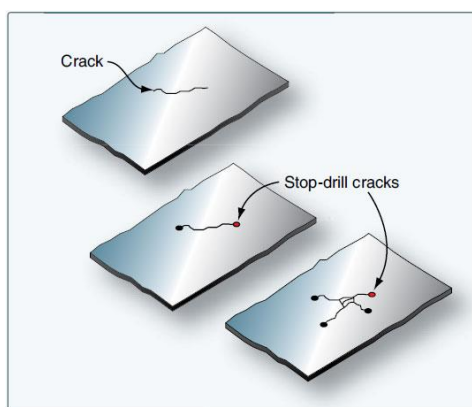
3.6 Zaustavljanje širenja pukotine

Pukotina je ili djelomični ili potpuni prekid materijala. Zaustavljanje pukotine kao postupak se radi samo kada je taj popravak preporučen i ukoliko se radi o dopuštenom oštećenju.

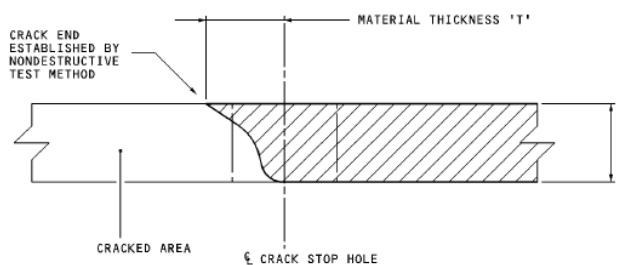
Postupak se sastoji od sljedećih koraka:

1. Koristeći NDT metodu odrediti krajeve pukotine. Preporuča se korištenje *Nondestructive Testing Manual* (NTM)- Priručnik za nerazorno ispitivanje.
2. Označe se krajevi pukotine.
3. Doda se vrijednost udaljenosti T koja predstavlja debljinu materijala na kraju pukotine, te se na to mjesto stavi oznaka. Na mjestu oznake se izbuši rupa veličine 6.4 mm.
4. Oprezno se očisti isbušena rupa.
5. Pomoću NDT metode provjeriti da se pukotina ne širi izvan oznaka.

Slika 19 prikazuje primjer zaustavljanja širenja pukotine. Slika 20 prikazuje mjerenje parametra T.



Slika 19. Primjer zaustavljanja širenja pukotine [15]



Slika 20. Parametar [9]

3.8 Otklanjanje ispupčenja

3.8.1 Otklanjanje ispupčenja na aluminiju

Trošenje ispupčenja na aluminiju je primjenjivo samo na:

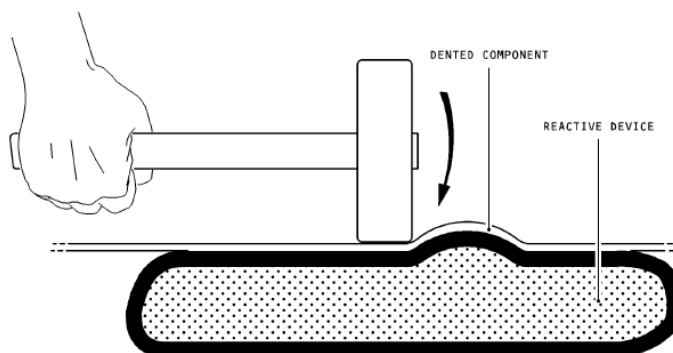
- oplatnim materijalima 2024T3 i 2024T4,
- zavarenim panelima 6013T62 i 6056T78,
- na drugim strukturama ukoliko je potrebno.

Kako bi se pristupilo postupku, obavezno se mora imati pristup s obje strane ispupčenja. Prije nego što se počne s postupkom, nužno je provjeriti nalazi li se ispupčenje u dopuštenim ograničenjima. Ukoliko se u blizini nalaze ogrebotine ili druga površinska oštećenja potrebno ih je ukloniti navedenim postupcima kroz prethodna poglavlja.

Postupak trošenja ispupčenja se sastoji od sljedećih koraka:

1. Ukloniti površinsku zaštitu sa mjesta ispupčenja.
2. Očistiti površinu sredstvom za čišćenje.
3. Provjeriti da nema pukotina oko ispupčenja prije i nakon postupka. Napraviti provjeru unutarne i vanjske površine koristeći metodu iz Priručnika za nerazorna ispitivanja.
4. Koristiti vreću punjenu pijeskom ili olovnim kuglicama, može se koristiti i drugo prikladno sredstvo, i držati ga uz konkavnu stranu ispupčenja. Vreća služi kao reaktivno sredstvo.
5. Početi postupak lupajući plastičnim čekićem punjenim olovnim kuglicama. Započeti uz vanjsku stranu ispupčenja gdje je najmanja deformacija. Postupak raditi u kružnom smjeru dok se ne dođe do centra udubine.
6. Očistiti područje sredstvom za čišćenje.
7. Napraviti NDT provjeru površine s unutarne i vanjske strane kako bi se provjerila prisutnost pukotina. Ukoliko se nađu, potreban je popravak.
8. Povratiti površinsku zaštitu.

Slika 21 prikazuje postupak trošenja ispupčenja. Pomoću čekića se nastoji smanjiti ispupčenje dok vreća služi kao reaktivno sredstvo [9].



Slika 21. Način otklanjanja ispupčenja [9]

3.8.2 Način otklanjanja ispupčenja na čeliku i titanskim legurama

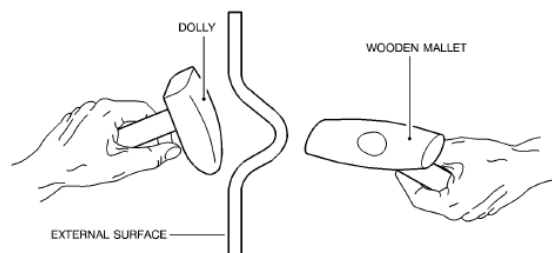
Postupak je moguće primijeniti samo ukoliko su čelik i titanska legura sekundarne strukture. Sekundarna struktura je struktura koja je opterećena aerodinamičkim i inercijalnim silama generiranim na sekundarnu strukturu ili unutar sekundarne strukture. Prije postupka potrebno je provjeriti ograničenje debljine materijala, isključena područja te se moraju provjeriti dimenzije dopuštenog oštećenja. Pri ovom postupku također je potreban pristup sa obje strane udubine te su potrebne dvije osobe za postupak, mora biti omogućen dobar kanal komunikacije između njih.

Potrebna je provjera nalaze li se u blizini pukotine i/ili druga oštećenja. Ukoliko se nalaze, potrebno je njihovo uklanjanje po navedenim postupcima.

Postupak se radi na sljedeći način:

1. Ukloniti površinsku zaštitu s ispupčenog područja.
2. Očistiti ispupčeno područje sredstvom za čišćenje.
3. Provjeriti prisutnost ogrebotina i drugih oštećenja prije i nakon postupka, napraviti NTD metodu na vanjskoj i unutarnjoj površini.
4. Držati alat „dolly“ uz konkavnu stranu udubine.
5. Započeti postupak sa drvenim čekićem, može biti i drugi materijal samo da nije od metala. Započeti sa vanjske strane udubine na mjestu najmanje deformacije te nastaviti postupak u kružnom smjeru dok se ne dođe do središta ispupčenja.

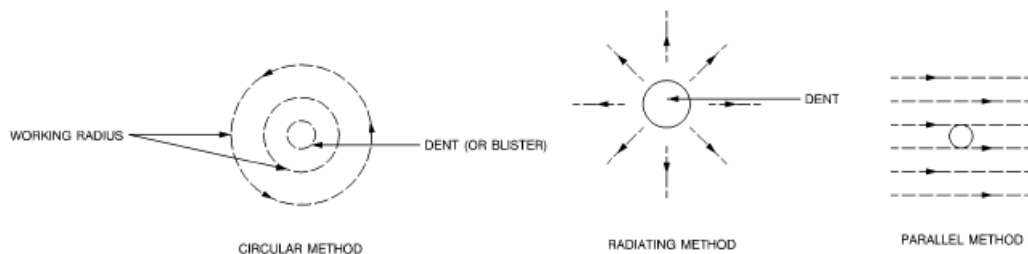
Slika 22 prikazuje postupak trošenja ispupčenja kada je moguć pristup s obje strane ispupčenja.



Slika 22. Otklanjanje ispupčenja s obostranim pristupom [9]

Pristup s obje strane udubine nije uvijek moguće dobiti. Ukoliko se to dogodi, potrebno je provesti sljedeće korake:

1. Napraviti prva tri koraka kao u slučaju kada je pristup omogućen.
2. Započeti trošenje udubine pomoću drvenog čekića ili drugog nemetalnog materijala.
3. Početi postupak u kružnom smjeru kako bi se udubina omekšala.
4. Iskoristiti čekić s blago konveksnim licem i započeti trošenje udubine od centra prema van. Može se koristiti kružna metoda, radijalna metoda i paralelna. Metode su prikazane na slici 23.



Slika 23. Metode otklanjanja ispupčenja kod ograničenog pristupa [9]

Na kraju, bio pristup ograničen ili ne, procedura završava istim koracima:

- potrebno je očistiti udubljeno područje,
- provjeriti prisutnost pukotina,
- provjeriti nalazi li se oštećenje u dopuštenim granicama. Ukoliko nije, potrebno je provesti daljnji postupak popravka ili kontaktirati proizvođača.
- Obnoviti površinsku zaštitu.

Titan i čelik nisu duktilni materijali, pa postoji mogućnost da neće doći do potpunog poravnavanja površine, ono što je važno je da je oštećenje unutar dopuštenih granica [9].

3.9 Korozija

Korozija znači nenamjerno razaranje konstrukcijskih materijala uzrokovano fizikalnim, fizikalno-kemijskim i biološkim agensima. Može biti samo estetski problem, a može biti i ozbiljniji problem te dovesti do loma konstrukcije i nesreće [16].

Uobičajeno na razvoj korozije djeluju faktori poput starosti zrakoplova, atmosfere, koliko često se zrakoplov čisti i koliko vremena provodi u hangaru.

Sve komponente izložene koroziji moraju odmah biti tretirane kako bi se izbjeglo daljnje širenje. Sprječavanje korozije je jedan od najvažnijih zadataka u održavanju kako bi zrakoplov bio u sigurnom i plovidbenom stanju.

Kako bi se izbjegla pojava korozije, potrebno je poduzeti sljedeće korake:

- redovito održavanje,
- čista struktura,
- inicijalno raspoznavanje korozije,
- kompletno uklanjanje korozije, ukoliko se pojavi,
- redovito ispitivanje primijenjene korozijske zaštite i ispravljanje oštećenja čim je uočeno.

Kako bi se prevenirala pojava korozije, koriste se materijali otporni na koroziju, kao i zaštitni tretmani površine.

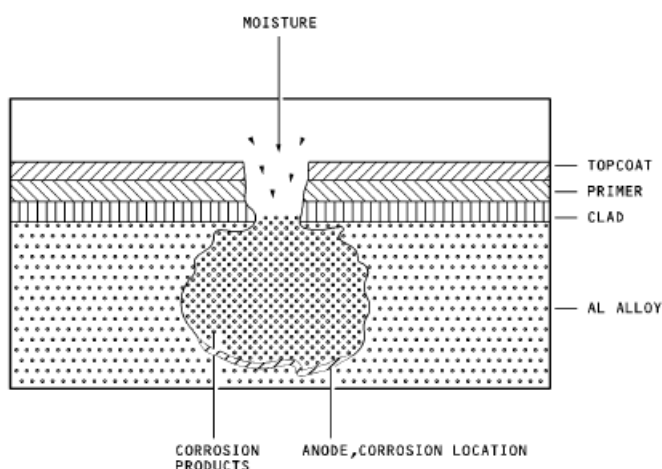
Najčešći uzroci korozije su [9]:

- kiselina- najčešće uzrokuje koroziju na legurama korištenima za konstrukciju zrakoplova,
- lužine- uzrokuju koroziju u manjoj količini nego kiselina, ali je aluminij dosta podložan nastanku korozije ukoliko lužina nema inhibitor,
- sol- većina soli su elektroliti te kao takvi mogu uzrokovati koroziju,
- atmosfera- sadrži vlagu i kisik koji su primarni uzroci korozije. Također, prisutni su drugi uzroci korozije u atmosferi. Na primjer, u industrijskoj zoni često nastaje spoj sumporovog oksida i dušičnog oksida koji dovode do korozije. U morskoj atmosferi vrlo lako dolazi do korozije kod aluminijskih i magnezijjskih legura,
- voda- sadrži mineralne i organske nečistoće, te apsorbira plinove. Količina tih nečistoća utječe na vodu kao uzrok korozije,
- mikroorganizmi- najbolji uvjeti za koroziju počinju kada dođu u kontakt s metalnom površinom. Najčešće su to bakterije i gljivice.

3.9.1 Tipovi korozije na zrakoplovu

Korozija uobičajeno započinje na površinama materijala, ali inicijalno mjesto nastanka ne može se uvijek uočiti. Definira se kao hrđa metalnih dijelova. Na zrakoplovu mogu nastupiti nekoliko vrsta korozije, a one će biti detaljno pojašnjene u nastavku.

Pitting korozija je oblik korozije koji se javlja na površini materijala i širi se vertikalno u materijal, ali se može širiti radijalno od mjesta nastanka. Ova vrsta korozije je opasna zbog vertikalnog širenja što narušava integritet konstrukcije. Slika 24 prikazuje pitting koroziju na aluminijskoj leguri.

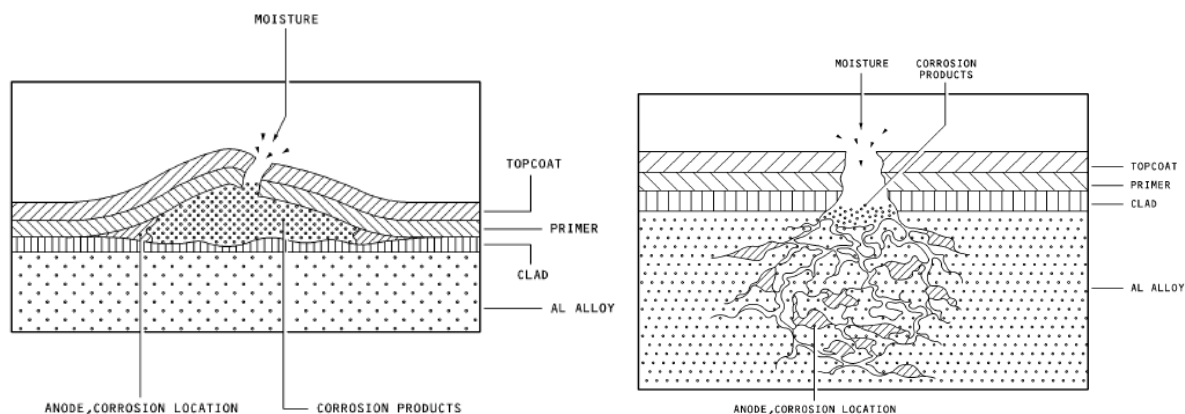


Slika 24. Pitting korozija [9]

Filiformna korozija je posebna vrsta lokalne korozije i najčešće se javlja na aluminijskim legurama. Također se može javiti na zakovicama.

Intergranularna korozija ulazi u središte materijala sa malo ili nikakvih indikacija na površini. To je čini vrlo opasnom vrstom korozije jer može oslabiti strukturu bez vidljivog znaka.

Aluminijske legure visoke čvrstoće su posebno osjetljive na nju. Slika 25 prikazuje strukturu filiformne i intergranularne korozije na aluminijskoj leguri.



Slika 25. Filiformna i intergranularna korozija [9]

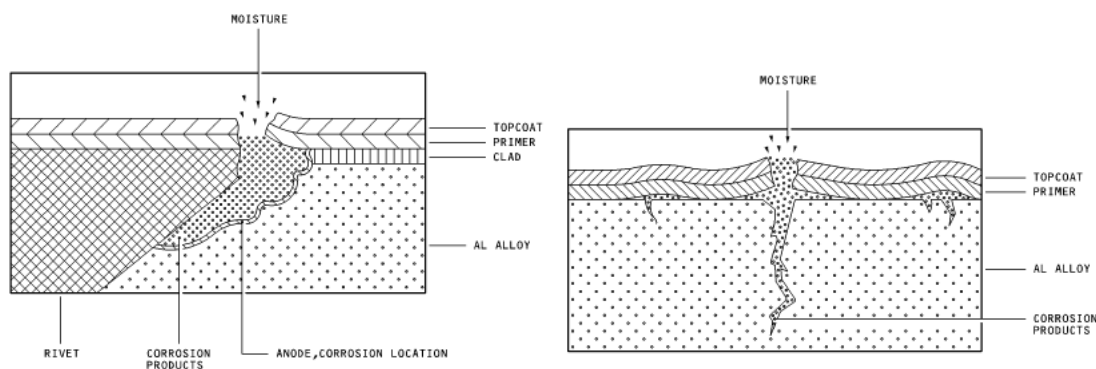
Galvanska korozija se javlja na mjestu dodira dva različita metala ili metala i ugljičnog vlakna, ukoliko je prisutna vlaga između njih. Što je veća razlika električnog potencijala, veći je rizik od galvanske korozije. Vidljiva je kao bijeli ili sivi prah, najčešće na mjestima okova, i preklapljenim mjestima spojenim zakovicama.

Napetosna korozija se javlja kao uzrok tlačnog naprezanja i korozivnog okoliša.

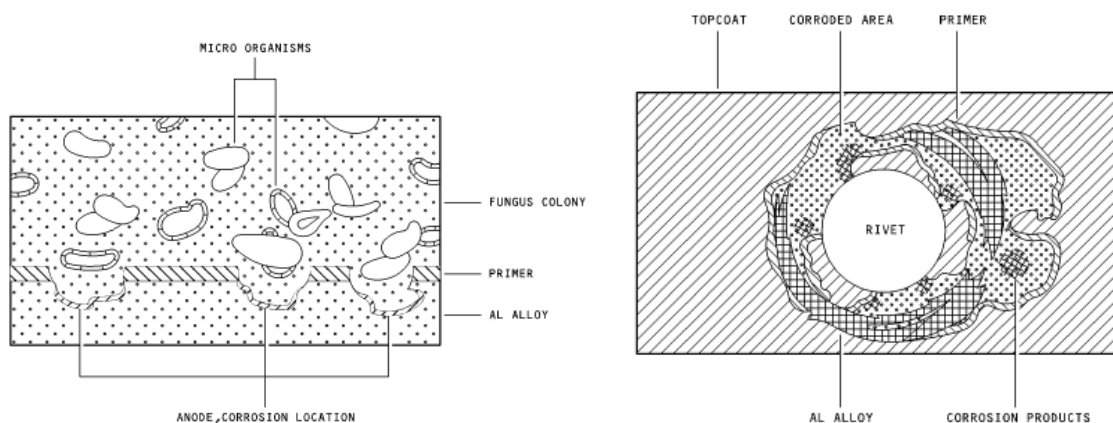
Biološka korozija je uzrokovana mikroorganizmima poput bakterija, gljivica i algi. Navedeni mikroorganizmi se najčešće pojavljuju u okolini sa zagađenim fluidom ili u vrućim i vlažnim klimama.

Korozija uzrokovana trošenjem najčešće nastaje između dviju opterećenih površina, od kojih je najmanje jedna metalna površina. Čestice metala napuštaju površinu te uzrokuju abrazivni efekt između površina. Ova vrsta korozije može uzrokovati pukotine izazvane umorom materijala.

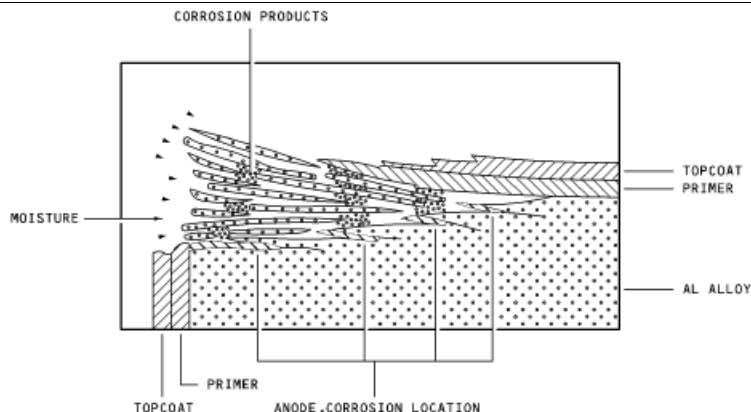
Piling korozija je tip intergranularne korozije. Najčešće se javlja na ekstrudiranim površinama. Slika 26 prikazuje galvansku i napetosnu koroziju, slika 27 biološku koroziju i koroziju uzrokovanu trošenjem, a slika 28 piling koroziju.



Slika 26. Galvanska i napetosna korozija [9]



Slika 27. Biološka i korozija uzrokovana trošenjem [9]



Slika 28. Piling korozija [9]

Uvjeti koji utječu na pojavu korozije su:

- gustoća korozivnih agenata,
- svojstva zaštite protiv korozije,
- otpornost materijala na koroziju.

Navedeni uvjeti nisu jednoliko raspoređeni po zrakoplovu, tako da postoje mjesta na kojima je najvjerojatnije da će nastupiti korozija. Primjer za to je prostor ispod toaleta i skladište baterija [9].

3.9.2 Inspekcija korozije

Rana identifikacija korozije i njeno uklanjanje igra veliku ulogu u sigurnosti i održavanju plovidbenosti zrakoplova. Inspekcije se trebaju provoditi redovito sa maksimalnom pažljivošću.

Vrste inspekcija koje se provode su:

- vizualna inspekcija,
- inspekcija prodiranja boje, penetracijski test,
- ultrazvučna inspekcija,
- rendgenska inspekcija.

Kao pomagala u vizualnoj inspekciji mogu poslužiti povećala, ogledala, boroskop te druga ekvivalentna oprema. Ukoliko se provodi inspekcija na obojanim površinama, korozija se najčešće vidi kao:

- mjehurići u boji
- promjena boje
- ljuskava ili mjehurasta površina.

Na metalnim površina može izgledati kao zatamnjena površina i površina sa rupicama.

Uobičajeno se mogu vidjeti bijele, sive ili crvene čestice prašine [9].

3.9.4 Postupak uklanjanja korozije

Ukoliko se utvrdi korozija, potrebno je što prije započeti s postupkom uklanjanja. Kako bi se odredila količina oštećenja, potrebno je prvo ukloniti svu koroziju od strane certificirane osobe. Potrebno je ukloniti sve s obzirom da ukoliko ostane nešto, može poslužiti kao početna točka ponovne pojave korozije.

Procedura uklanjanja korozije se sastoji od sljedećih koraka, premda, ovisno o situaciji neke korake neće biti potrebno provoditi [9]:

- očistiti korodirano područje,
- ukloniti boju s korodiranog područja,
- daljnje čišćenje površine,
- uklanjanje korozije,
- provjera je li uklonjena sva korozija, ukoliko se nađe još, potrebno je ponoviti prethodni korak,
- poravnanje pogođenog područja,
- provjera dopuštenog oštećenja te je li potreban naknadni popravak,
- završno čišćenje,
- tretman površine.

3.9.5 Pripreme za obradu korozije

- Prije nego što se makne zaštita od korozije sva susjedna područja i oprema moraju biti zaštićena kako bi se izbjegla kemijska reakcija sa sredstvima korištenima u uklanjanju korozije. Pri tome može pomoći papir za pokrivanje i traka.
- Potrebno je očistiti pogođeno područje od nečistoće, prljavštine i drugih stranih materijala sa sredstvom za čišćenje.
- Ukoliko je korozija slaba i zahvaćeno je malo područje, boja se može ukloniti mehaničkom metodom. Ako je korozija jaka te obuhvaća veliko područje potrebno je primijeniti upotrebu razrjeđivača.
- Svaki pričvrtni element u području korozije mora biti uklonjen kako bi se spriječila kontaminacija između različitih metala u procesu uklanjanja korozije i za provjeru rupa pričvrtnih elemenata.

3.9.6 Tehnike uklanjanja korozije

Korozija se može ukloniti na nekoliko načina koji su:

- Ručna abrazija:
postupak koji se koristi samo za slabu koroziju. Najčešće korišteni rekviziti su abrazivni jastučić i brusni papir.
- Uklanjanje sa žicom:
abrazivna mehanička operacija koja se može izvesti na dva načina: pomoću ručne žičane četke ili motorom pogonjene žičane četke. Uobičajena je procedura u svrhu uklanjanja jake korozije i ukorijenjene prljavštine. Ukoliko se koristi ta procedura postupak je sljedeći:
 1. oonoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“,
 2. ukloniti labavu koroziju pomoću ručnog strugača,
 3. koristeći žičanu četku ukloniti sve tragove korozije.
- Mljevenje:
Micanje korozije pomoću motoriziranih kotača za mljevenje. Koraci su sljedeći:
 1. ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“,
 2. ukloniti koroziju pomoću mljevenja dok se ne dođe do čvste površine bez prisutne korozije. Nastaviti mljeti dok se ne uklone sve grube nepravilnosti,
 3. iskoristiti fini abrazivni papir u svrhu poliranja površine kako bi se dobio željeni finiš.
- Brusilica:
u slučaju jake korozije potrebna je primjena brusilice ili ručnog strugača. Za aluminijske i čelične legure preporučljiva je brusilica.
 1. Ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“,
 2. ukloniti koroziju koristeći brusilicu,
 3. iskoristiti fini abrazivni papir u svrhu poliranja površine kako bi se dobio željeni finiš
- Pljeskarenje:
široko je korištena metoda za čišćenje ili finiširanje metala koristeći abrazivne čestice. Čestice se u obliku mlaza usmjeravaju na površinu. Brza je metoda za uklanjanje filiformne korozije. Postupak je:
 1. ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“,
 2. ukloniti koroziju koristeći staklene perlice.

Slika 29. prikazuje pljeskarenje.



Slika 29. Pljeskarenje [9]

Nakon uklanjanja korozije potrebno je napraviti sljedeće korake:

- provjera da je sva nastala korozija uklonjena,
- ukoliko je potrebno, napraviti provjeru za ogrebotine,
- preporuča se poravnanje površine kako bi se održala glatka kontura.

3.9.6 Uklanjanje korozije na aluminijskim legurama

Aluminijske legure su najčešće korišteni metali za konstrukciju zrakoplova. Najčešći znak korozije na aluminijskim legurama je bijeli prah na površini metala. Rupice ili gruboća površine mogu biti indikator početnog stadija korozije. Uklanjanje se provodi na sljedeći način [9]:

- ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“.
- Koristeći brusni papir granulacije 240 do 400 ukloniti blagu koroziju.
- Jaku koroziju ukloniti pomoću strugača, brusilice ili pomoću četke od nehrđajućeg čelika.
- Napraviti provjeru da li je uklonjena sva korozija, ukoliko je potrebno provesti test za ogrebotine i poravnanje površine.
- Očistiti površinu sredstvom za čišćenje
- Ustanoviti debljinu preostalog materijala.
- Provjeriti ima li potrebe za daljnjim popravcima.
- Primijeniti prikladnu površinsku zaštitu.
- Ukoliko je moguće, primijeniti specijalni premaz na područje popravka.

3.9.7 Uklanjanje korozije sa ugljičnog čelika

Ugljični čelik se koristi za područja gdje se pojavljuju visoka strukturalna ili aerodinamička opterećenja. Jedan od najčešćih pokazatelja korozije na ugljičnom čeliku je crvena željezna hrđa koja privlači i apsorbira vlagu iz okoline te time potiče daljnji razvoj korozije. Prvo se pokazuje na nezaštićenim dijelovima zrakoplova poput vijaka i matica.

Oštećenja nastala od korozije mogu biti izrazito opasna s obzirom da se radi o visokoopterećenim dijelovima konstrukcije te se ti dijelovi moraju redovito kontrolirati, a korozija maknuti po brzom postupku. Uklanjanje se sastoji od sljedećih koraka [9]:

- ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“.
- Ukloniti koroziju koristeći brusni papir, četke od nehrđajućeg čelika ili pomoću pljeskarenja.
- Očistiti područje sredstvom za čišćenje.
- Napraviti sve korake navedene kod završenog postuka.
- Utvrditi debljinu preostalog materijala.
- Provjeriti ima li potrebe za daljnjim popravcima.
- Primijeniti prikladnu površinsku zaštitu.
- Ukoliko je moguće, primijeniti specijalni premaz na područje popravka.

3.9.8 Uklanjanje korozije sa nehrđajućeg čelika i nikal-krom legura

Nehrđajući čelik i nikal-krom legure se koriste za dijelove konstrukcije zrakoplova gdje je otpornost na koroziju jedan od glavnih zahtjeva. Premda je otpornost na koroziju visoka, i dalje postoji mogućnost pojave korozije koja će se najčešće javiti u obliku pitting korozije, uobičajeno crne boje. Postupak uklanjanja korozije je identičan postupku navedenom u prethodnom poglavlju, za ugljični čelik [9].

3.9.9 Postupak uklanjanja korozije s titanskih legura

Titanske legure se koriste za različita područja zrakoplovne konstrukcije, pogotovo u područjima visoke temperature i u područjima koja su izložena korozivnom okolišu, a zahtijevaju visoku čvrstoću. Titanske legure se smatraju otpornima na koroziju, ali je moguća pojava pitting korozije koja se manifestira kao bijelo ili crno obojeni oksidi.

Postupak uklanjanja korozije je mehanički, a radi se na sljedeći način [9]:

- ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“.
- Ukloniti koroziju ručnim poliranjem, pritom koristiti mekanu, čistu krpnu natopljenu aluminijskim lakom za poliranje.
- Očistiti područje sredstvom za čišćenje.

3.9.10 Postupak uklanjanja korozije na dijelovima obloženim kadmijem

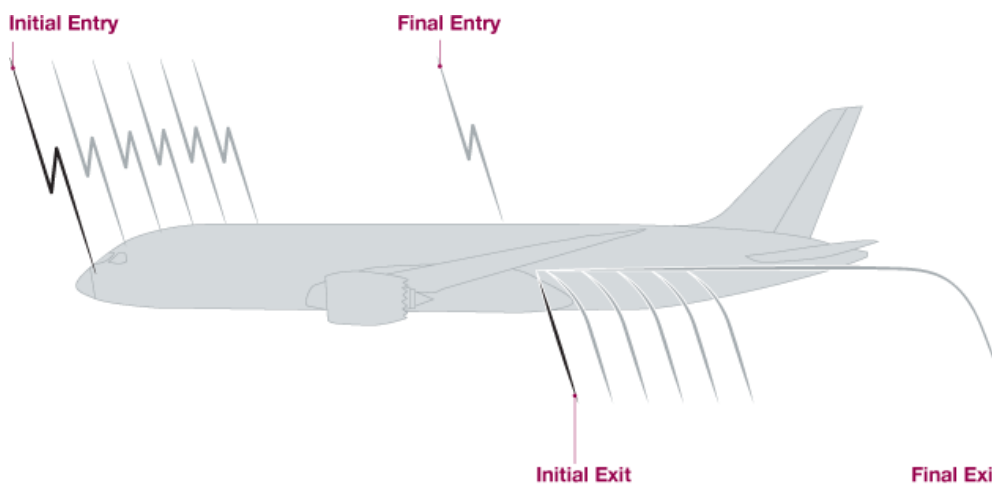
U slučaju nastanka korozije na dijelovima obloženim kadmijem potrebno je provesti sljedeći postupak [9]:

- ponoviti sve korake navedene u poglavlju „Pripreme za obradu korozije“.
- Ukloniti koroziju s vlažnim, abrazivnim jastučićem.
- Očistiti površinu sredstvom za čišćenje.
- Obnoviti kadmijску oplatu.
- Primijeniti prikladnu površinsku zaštitu.
- Ukoliko je moguće, primijeniti specijalni premaz na područje popravka.

3.10 Oštećenja od udara munje

Udar munje može utjecati na operacije zrakoplova i uzrokovati povećane troškove i smetnje u prijevozu. Udari munja su relativno česti, ali rijetko rezultiraju narušavanjem plovidbenosti zrakoplova. Oštećenje može varirati od zanemarivog oštećenja do dugotrajnih popravaka koji mogu prizemljiti zrakoplov na neki period vremena. Većina udara munje se odvija dok je zrakoplov u oblacima, tijekom faze spuštanja i penjanja zrakoplova. Razlog tome je što je najveća aktivnost munja na visini od 1525 do 4570 metara. Zrakoplovi koji lete kratkim rutama u zonama velikih aktivnosti munja će vjerojatnije biti pogođeni munjom nego zrakoplovi koji lete duge trase.

Jedan ogranak munje može sadržavati milijun volti ili 30000 ampera. Veličina oštećenja kod udara munje ovise o faktorima poput razine energije udara, o dodacima i lokacijama izlaza i duljini udara. Za očekivati je da što je zrakoplov više puta pogođen veća je vjerojatnost da će biti potreban popravak. Udar munje najčešće nastaje na zrakoplovnim ekstremitetima poput nosa, držača motora, prednjeg dijela trupa, repa ili vrha krila. Slika 30 prikazuje tok udara munje.

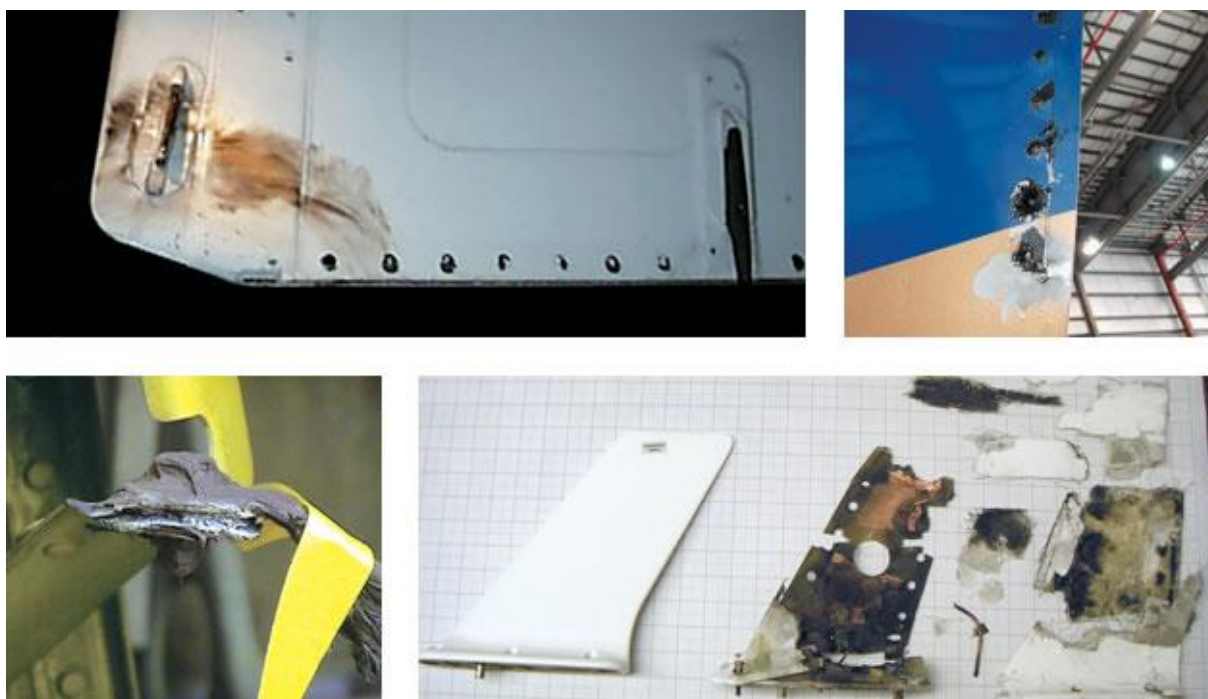


Slika 30. Tok udara munje [17]

Većina vanjskih dijelova zrakoplova su metalne strukture što pruža veliku otpornost na udar munje te je osnovna zaštita od udara. Debljina metalnog materijala je dovoljna kako bi se zaštitile unutarnje komponente zrakoplova. Premda metal ne sprječava prodiranje elektromagnetske energije u elektroniku zrakoplova, svakako smanjuje razinu energije na prihvatljivu razinu.

Nije nužno da će pilot i posada uočiti udar munje, te je stoga potrebno znati osnove o udaru munje u svrhu efektivnijeg održavanja.

Munje mogu utjecati na strukturu zrakoplova na mjestu ulaza i izlaza. Na metalnim konstrukcijama najčešće se vide kao jame, tragovi paleži ili male okrugle rupe. Efekti udara munje se mogu vidjeti kroz oštećenja na konstrukciji zrakoplova poput otapanja materijala, zagrijavanja materijala, jamica u strukturi, indikatori opekotina oko pričvrstnih elemenata, i kao nedostatak konstrukcije zrakoplovnih ekstremiteta poput dijelova horizontalnog i vertikalnog stabilizatora i vrhova krila. Slika 31 prikazuje oštećenja nastala od udara munje, to su (krenuvši od gornje lijeve slike pa po kretanju sata): oštećenje na horizontalnom stabilizatoru, na kormilu pravca, na anteni i na priključku.



Slika 31. Oštećenja nastala od udara munje [17]

Kod kompozitnih materijala može doći do oštećenja ukoliko površinska zaštita nije adekvatno nanešena. Oštećenje se najčešće vidi u obliku spaljene boje, oštećenog vlakna ili uklonjenog sloja kompozita.

Ukoliko dođe do udara munje potrebno je napraviti inspekciju kako bi se locirala točka ulaza i izlaza munje. Kod navedenih točaka potrebno je detaljno promotriti konstrukciju kako bi se uočila i tretirala sva nastala oštećenja prije povratka zrakoplova u upotrebu.

Kao primjer postupka uklanjanja oštećenja nastalog od udara munje, koristi se primjer postupka za uklanjanje oštećenja na trupu.

Ukoliko se između dva stringera i dva okvira nalazi manje od pet tragova opekotina:

- ootrebno je uravnavanje površine, ukoliko je svo oštećenje uklonjeno pomoću uravnavljanja, potrebno je samo obnoviti površinsku zaštitu.
- Ukoliko nije uklonjeno svo oštećenje potrebno je probušiti rupe na mjestu opekotine započevši s minimalnim potrebnim promjerom rupe i napraviti vizualnu inspekciju. U slučaju prisustva još oštećenja povećati rupu za promjer od 0.4 mm. Najveći dopušteni promjer je 6,35 mm. Na mjestu probušenih rupa staviti zakovice nakon što je utvrđeno da je uklonjeno svo oštećenje.

4. OBRASCI ZA PRIJAVLJIVANJE OŠTEĆENJA STRUKTURE

Obrasci za prijavu oštećenja su nužni kako bi se operatorima omogućilo da prate i nadgledaju sva oštećenja prisutna na zrakoplovnoj konstrukciji. *Defect* ili oštećenje nađeno na zrakoplovu potrebno je procijeniti kako bi se utvrdilo nalazi li se zrakoplov u plovidbenom stanju ili je potrebno prizemljenje u svrhu popravka. Oštećenje se najčešće detektira pomoću vizualne inspekcije, ali je moguće uočiti ga kao uzrok lošijih performansi zrakoplova [18].

Za prijavljivanje oštećenja postoje dva dokumenta:

- Strukturna mapa zrakoplova (Mapa strukturnih oštećenja/poprawaka zrakoplova)-
Structure Damage Repair Record,
- *Structure Damage/Defect Report*.

Ako se nađe oštećenje, potrebno ga je upisati u oba dokumenta bez obzira da li je potrebna daljna akcija popravka, odnosno ako je oštećenje u dopuštenim granicama.

4.1 Strukturna mapa zrakoplova

Strukturna mapa zrakoplova ili *Structure Damage Repair Record* je mapa u kojoj se nalazi potpuni popis svih nađenih oštećenja i izvedenih poprawaka na strukturi zrakoplova. Koristi se za evidenciju i brzi pregled, i kao informacija kod pregleda strukture kako bi se moglo ustanoviti da li je oštećenje novonastalo.

Svako oštećenje, bilo nađeno tijekom obilaska ili bilo koje druge provjere mora biti upisano u mapu. Mapa nema utjecaja na plovidbenost zrakoplova jer ispunjavanje i potpisivanje odgovarajućih rubrika ne predstavlja dopuštenje za operaciju zrakoplova.

Mapa se sastoji od tri cjeline:

- a) prvi dio- Sadržaj, predgovor i upute,
- b) drugi dio- Specifične stranice,
- c) treći dio- Popis oštećenja.

Razlikuje se za svaki tip zrakoplova po izgledu specifičnih stanica i ukupnom broju stranica. Može biti za zrakoplov A319, A320 i Q400, to su zrakoplovi koji se nalaze u floti *Croatie Airlines*. Broj stranica se razlikuje za svaki MSN- serijski broj zrakoplova, što ovisi o ukupnom broju oštećenja/poprawaka na svakom pojedinom zrakoplovu. Na svakoj stranici se

nalazi zaglavlje s podacima vezanim za zrakoplov (registracija zrakoplova, serijski broj, tip zrakoplova, broj izdanja i datum) na engleskom jeziku [19,20].

4.1.1 Prvi dio- Sadržaj, predgovor, upute

U prvom dijelu mape nalazi se naslovnica sa numeriranim sadržajem kako bi se omogućilo brzi pronalazak odgovarajuće specifične stranice. Predgovor i upute daju kratak opis i način ispunjavanja mape. Slika 32 prikazuje naslovnu stranicu Strukturne mape zrakoplova.

A/C Reg: 9A-CTL		 AIRBUS A319 STRUCTURE DAMAGE / REPAIR RECORD INDEX	COMPLETED AND FILLED BY: ID30267	Broj izdanja i datum ←
A/C MSN: 1252			ISSUE No. 18 DATE: 22 ND FEBRUARY 2016	

SHEET	SECTION
1	INDEX
2	FOREWORD
3	INSTRUCTIONS
4	NOSE
5	CENTRAL FUSELAGE
6	AFT FUSELAGE AND PAX/SERVICE DOOR SURROUNDING AREA
7	APU SUB ASSEMBLY
8	FWD PAX/SERVICE DOOR SURROUNDING AREA
9	DOORS
10	CARGO DOORS
11	CARGO DOORS SURROUNDING AREA
12	VERTICAL STABILIZER
13	HORIZONTAL STABILIZER
14	LH WING
15	LH WING FLAPS AND SLATS
16	RH WING
17	RH WING FLAPS AND SLATS
18	BELLY FAIRING & LG DOORS
19	ENGINE #1
20	ENGINE #2
21 AND 22	COCKPIT WINDOWS DAMAGE CHART
23 AND FOLLOWING	DAMAGE/REPAIR LIST

Serijski broj zrakoplova →

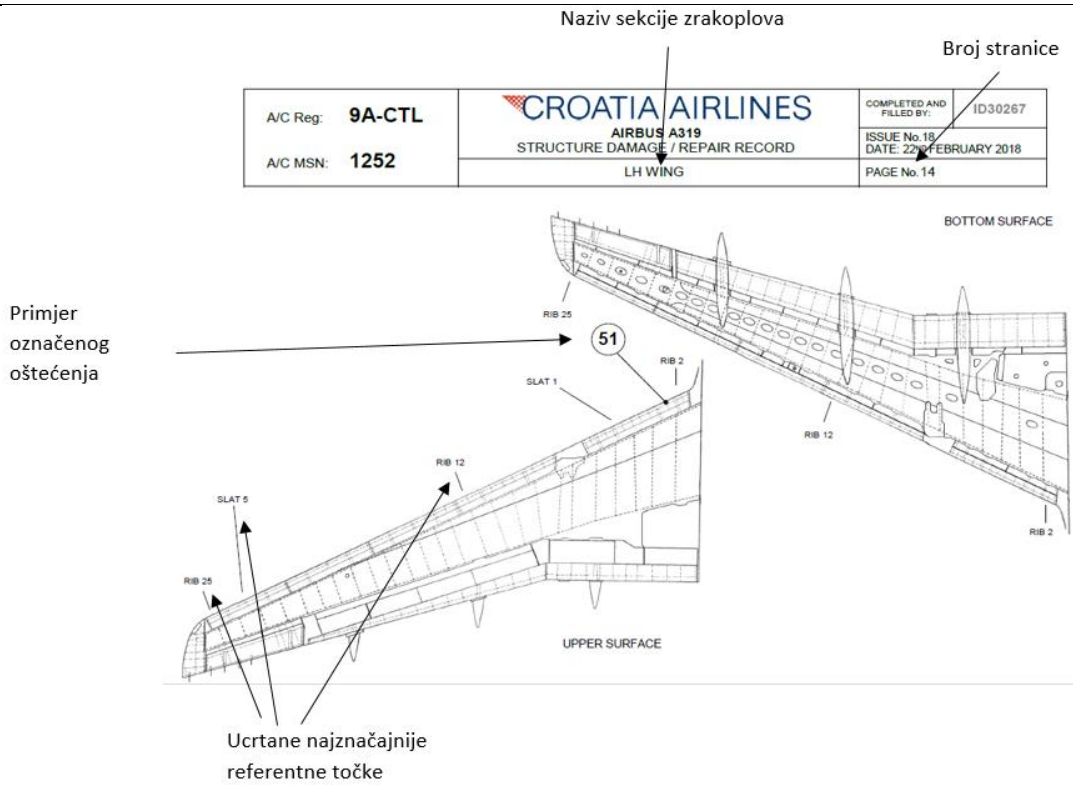
← Sadržaj s numeriranim stranicama

Slika 32. Naslovna stranica strukturne mape zrakoplova [19]

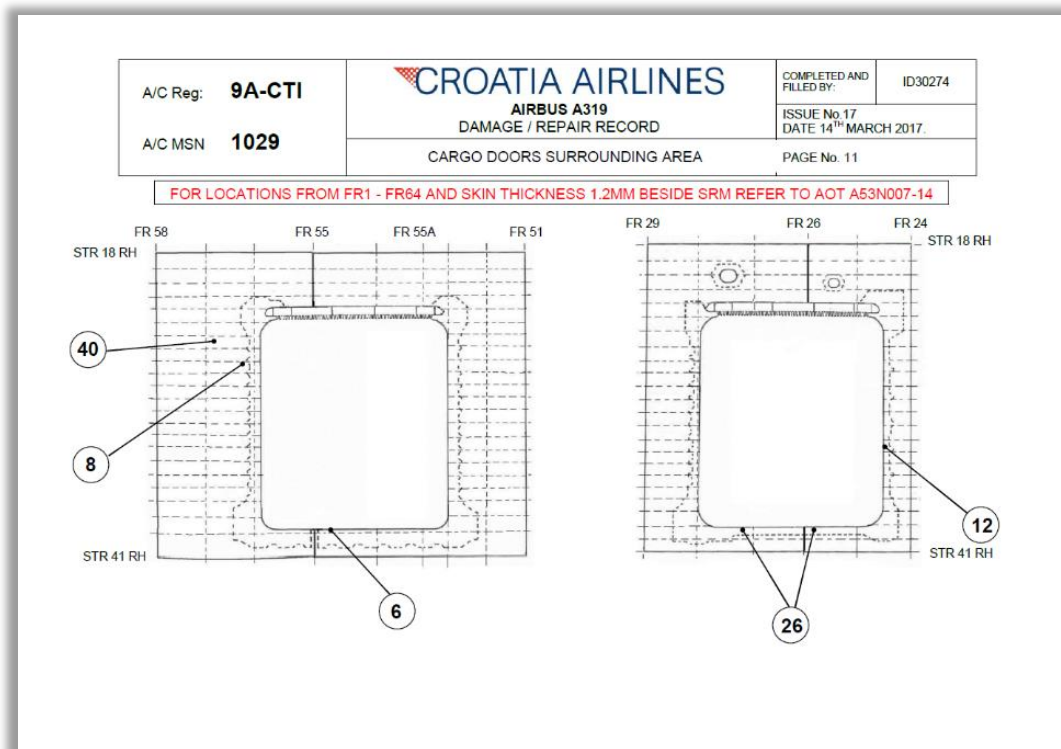
4.1.2 Drugi dio- Specifične stranice

Drugi dio sadrži crteže pojedinih sekcija zrakoplova koje služe za ucrtavanje pojedinih oštećenja s pripadajućim rednim brojem i njihovo precizno pozicioniranje i te se stranice nazivaju Specifične stranice. Specifične stranice se razlikuju prema tipu zrakoplova kojem je mapa namijenjena. Područja na kojima se iz iskustva može očekivati veći broj oštećenja su detaljnije prikazana, npr. područje uz cargo vrata.

Slika 33 pokazuje primjer specifične stranice, u ovom slučaju za desno krilo zrakoplova A 319, a slika 34 prikazuje detaljno prikazano područje uz putnička vrata gdje se po iskustvu može očekivati veći broj oštećenja. Gornja skica krila na slici 33 predstavlja donju površinu krila, dok donja slika predstavlja gornju površinu krila.



Slika 33. Primjer specifične stranice za desno krilo zrakoplova A319 [19]



Slika 34. Prikaz područja uz cargo vrata [19]

4.1.3 Treći dio- Popis oštećenja


Treći dio sadrži kompletan popis svih evidentiranih oštećenja i popravaka strukture zrakoplova raspodijeljene u odgovarajuće rubrike. Za svako oštećenje ili popravak prikazan je trenutni status s odgovarajućim referentnim dokumentima po kojima se vrše inspekcije ili je napravljen popravak. Najčešće korišteni referenti dokument je SRM, a navedena su i poglavlja u kojima je opisan postupak popravka ili poglavlja kojima je utvrđeno da je oštećenje unutar dopuštenih granica. Uz SRM koriste se još inženjerski nalozi, radni nalozi, list dopuštenih popravaka, *Repair Approval Sheet* (RAS) itd.

Inženjerski nalog (EO) je službena papirologija kojom se koristi odjel inženjeringa zrakoplovnog prijevoznika. Putem inženjerskog naloga prenose se inženjerske informacije, odnosno nalozi mehaničarima ili drugim organizacijama u lancu održavanja. Radni nalog (WO) je vrsta inženjerskog naloga [1].

Popis oštećenja i popravaka je napravljen kao tablica, a izgledom je identičan za sve tipove zrakoplova. Jedina razlika je u zaglavlju gdje se nalazi identifikacijska oznaka (tip zrakoplova, registracijska oznaka i serijski broj) te u veličini tablice s obzirom da svaki pojedini zrakoplov ima različit broj i vrste oštećenja. To je jedini dio mape koji nema određeni broj stranica nego se broj stranica može povećavati ovisno o broju upisanih oštećenja i popravaka. Slika 35 je primjer stranice s popisom oštećenja. Slika 36 prikazuje rubrike na stranici s popisom oštećenja.

Redni broj oštećenja


Naziv rubrike

A/C Reg: 9A-CTL		 AIRBUS A319 STRUCTURE DAMAGE / REPAIR RECORD DAMAGE / REPAIR LIST			COMPLETED AND FILLED BY:	30267
A/C MSN 1252					ISSUE No.18 DATE: 22 ND FEBRUARY 2018	PAGE No.23

ITEM No.	DESCRIPTION AND POSITION ON A/C	DEFECT CARD No	RAISED BY (DATE AND ID)	LIMITATIONS, IF ANY	REPETIT. INSPECT.	FULL STRUCTURE ASSESSMENT AND/OR REPAIR DETAILS	CLOSED BY (DATE AND ID)
1	RH WING, DENT ON SLAT 1, INBOARD OF SLAT TRACK RIB 2		18/05/01	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-40-00, Fig 206 (sheet 7) (EO 19-57-09-21, WO 1004646)	06/01/02 ID 30100
2	HOLE ON FUSELAGE SKIN BETWEEN FR 6061 AND STGR 31/32 RH, NEAR AFT CARGO DOOR		19/04/02	- 28700 FC FROM REPAIR EMBODIMENT - AOT A53N007-14 (EOA2-53-150313)	-	- REPAIRED IN LHT, FRA, I.A.W. SRM 53-00-11, FIG 201B	19/04/02 ID 30100
3	DENT ON RH INBOARD FLAP		26/07/02	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-52-00, P226	05/01/03 ID 30100
4	DENT ON RH INBOARD SLAT 1		06/10/02	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-40-00, PB 201, CHAPTER U, PAGE 382-387	05/01/03 ID 30100
5	LH WING, TWO DENTS ON OUTBOARD FLAPS AT RIB 10 T.E. AREA		05/01/03 ID 30100	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-53-00, P246, PARA. L, FIG 210	05/01/03 ID 30100
6	SCRATCH ON FR 70 AND STGR 16 LH		01/04/03 ID 30154	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 53-00-11, FIG 229	11/05/03 ID 30089

Opis oštećenja

Slika 35. Primjer popisa oštećenja [19]

A/C Reg: 9A-CTL		 AIRBUS A319 STRUCTURE DAMAGE / REPAIR RECORD DAMAGE / REPAIR LIST			COMPLETED AND FILLED BY:	30267
A/C MSN 1252					ISSUE No.18 DATE: 22 ND FEBRUARY 2018	PAGE No.23

ITEM No.	DESCRIPTION AND POSITION ON A/C	DEFECT CARD No	RAISED BY (DATE AND ID)	LIMITATIONS, IF ANY	REPETIT. INSPECT.	FULL STRUCTURE ASSESSMENT AND/OR REPAIR DETAILS	CLOSED BY (DATE AND ID)
1	RH WING, DENT ON SLAT 1, INBOARD OF SLAT TRACK RIB 2		18/05/01	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-40-00, Fig 206 (sheet 7) (EO 19-57-09-21, WO 1004646)	06/01/02 ID 30100
2	HOLE ON FUSELAGE SKIN BETWEEN FR 6061 AND STGR 31/32 RH, NEAR AFT CARGO DOOR		19/04/02	- 28700 FC FROM REPAIR EMBODIMENT - AOT A53N007-14 (EOA2-53-150313)	-	- REPAIRED IN LHT, FRA, I.A.W. SRM 53-00-11, FIG 201B	19/04/02 ID 30100
3	DENT ON RH INBOARD FLAP		26/07/02	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-52-00, P226	05/01/03 ID 30100
4	DENT ON RH INBOARD SLAT 1		06/10/02	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-40-00, PB 201, CHAPTER U, PAGE 382-387	05/01/03 ID 30100
5	LH WING, TWO DENTS ON OUTBOARD FLAPS AT RIB 10 T.E. AREA		05/01/03 ID 30100	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 57-53-00, P246, PARA. L, FIG 210	05/01/03 ID 30100
6	SCRATCH ON FR 70 AND STGR 16 LH		01/04/03 ID 30154	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED I.A.W. SRM 53-00-11, FIG 229	11/05/03 ID 30089

a b c d e f g h

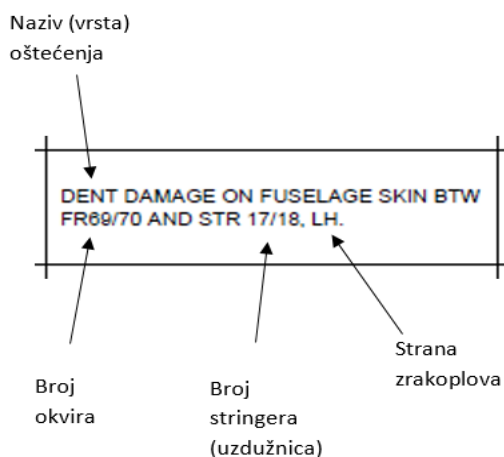
Slika 36. Rubrike [19]

Ukoliko se nađe oštećenje na zrakoplovu ono se unosi u *Structure Damage Repair Record* pod sljedećim rednim brojem, po kronološkom redosljedu; prvi stupac prikazan na slici broj 35 i stupac *a* na slici 36. S tim istim brojem se označava ucrtano oštećenje na odgovarajućoj specifičnoj stranici.

Stupac *b* je opis i položaj oštećenja na zrakoplovu. Svaki upis mora zadržavati slijedeće podatke:

- naziv – vrsta oštećenja prema definiranom nazivlju u SRM-u, navedeni u poglavlju 3.,
- lokaciju oštećenja s obaveznim upisom referentnih točaka koje omogućuju jednoznačno određivanje položaja. Na primjer, za trup su referentne točne pozicije stringera i okvira u blizini,
- strana na kojoj se nalazi oštećenje (lijevo, desno, gore, dolje).

Primjer ispravnog opisa lokacije oštećenja je prikazan na slici 37.



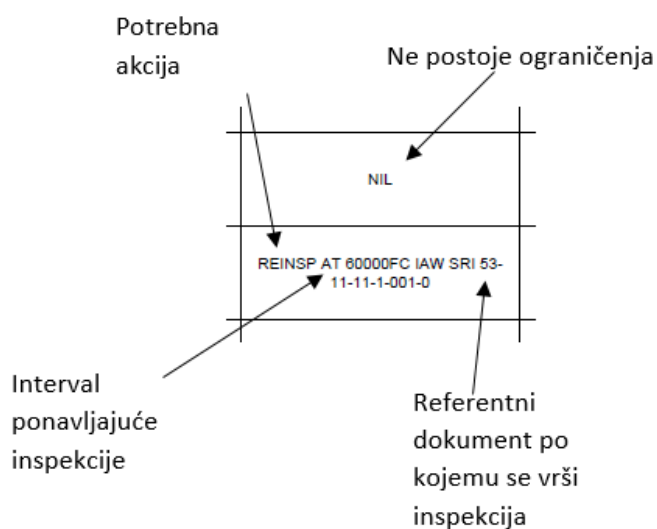
Slika 37. Primjer ispravnog opisa lokacije oštećenja [19]

Stupac *c* je broj defekta, dok je *d* stupac potpis i pečat ovlaštenog djelatnika koji je uočio oštećenje i otvorio stavku, uz navedeni datum uočavanja.

Rubrika *e* je ograničenje. U rubrici ograničenja, svaki upis (ako je potreban) treba sadržavati slijedeće:

- naziv ograničenja - inspekcija, vizualna (generalna ili detaljna) ili NDT,
- zahtjevani popravak, privremeni ili trajni (koji je potrebno napraviti u određenom roku),
- rok (ili svako koliko) je potrebno provesti zahtijevane inspekcije ili popravak,
- referentni dokument po kojem se trebaju provesti zahtijevane inspekcije ili popravak (npr. EO XX-XX-XXXXXX ili SRM XX-XX-XX, Fig. XXX).

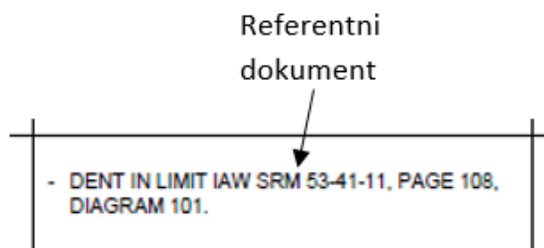
Slika 38 prikazuje primjer rubrike za ograničenja. Gornja ćelija prikazuje postupak koji nema ograničenja, najčešće se u tom slučaju radi o trajnom popravku. Donja ćelija prikazuje ograničenje, zapisan je potrební rok inspekcije, 60000 ciklusa leta te je navedeno poglavlje po kojem se trebaju izvršiti inspekcije ili popravak. Budući da se, u ovom slučaju, radi o dopuštenom oštećenju, nije zapisan zahtjevani popravak.



Slika 38. Primjer rubrike Ograničenja [19]

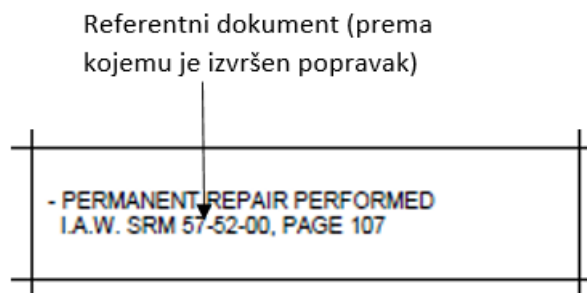
Stupac *f* je ponavljajuća inspekcija. Ako ima potrebe za njom, potrebno je upisati ponavljajuću inspekciju i njen interval, npr. „A“ provjera (600 sati leta).

Rubrika *g* su podaci o provedenom popravku. Upisuju se referentni dokumenti po kojima je napravljen popravak (EO, WO, TD, RAS) ili po kojima je oštećenje u limitu. Ukoliko je oštećenje dopušteno, potrebno je zatvoriti stavku upisom podataka o obavljenom popravku te upisati datum kada je završena svaka akcija s potpisom i pečatom ovlaštenog djelatnika. Slika 39 prikazuje primjer rubrike za dopušteno oštećenje. Naveden je referentni dokument i poglavlje kojim se potvrđuje da se oštećenje nalazi u dopuštenim granicama.



Slika 39. Primjer rubrike za dopušteno oštećenje [19]

Ukoliko oštećenje nije dopušteno, sljedeća stavka koja se gleda je da li je na oštećenju primjenjen trajni popravak. Ukoliko je primjenjen trajni popravak stavka se zatvara upisom podataka o izvršenom popravku, te se upisuje datum završetka s potpisom i pečatom ovlaštenog djelatnika. Slika 40 prikazuje rubriku kada je potreban popravak, odnosno kada je dopuštenje izvan dopuštenih granica. Potrebno je zapisati referentni dokument prema kojemu je napravljen popravak.



Slika 40. Primjer za oštećenje izvan dopuštenih granica [19]

Ukoliko nije napravljen trajni popravak zbog nemogućnosti popravka, potrebno je upisati ograničenja i ponavljajuće inspekcije, ukoliko postoje. Tablica 6 prikazuje primjer popunjavanja rubrike oštećenja kada su potrebne ponavljajuće inspekcije.

Tablica 6. Primjer rubrike kada su potrebne ponavljajuće inspekcije [19]

NDT inspection every „A“ check ref EO A2-54-001121, Permanent repair prior to „C“ check (Ref EO 19-54-02343)	„A“ check (500 FH)	
---	---------------------------	--

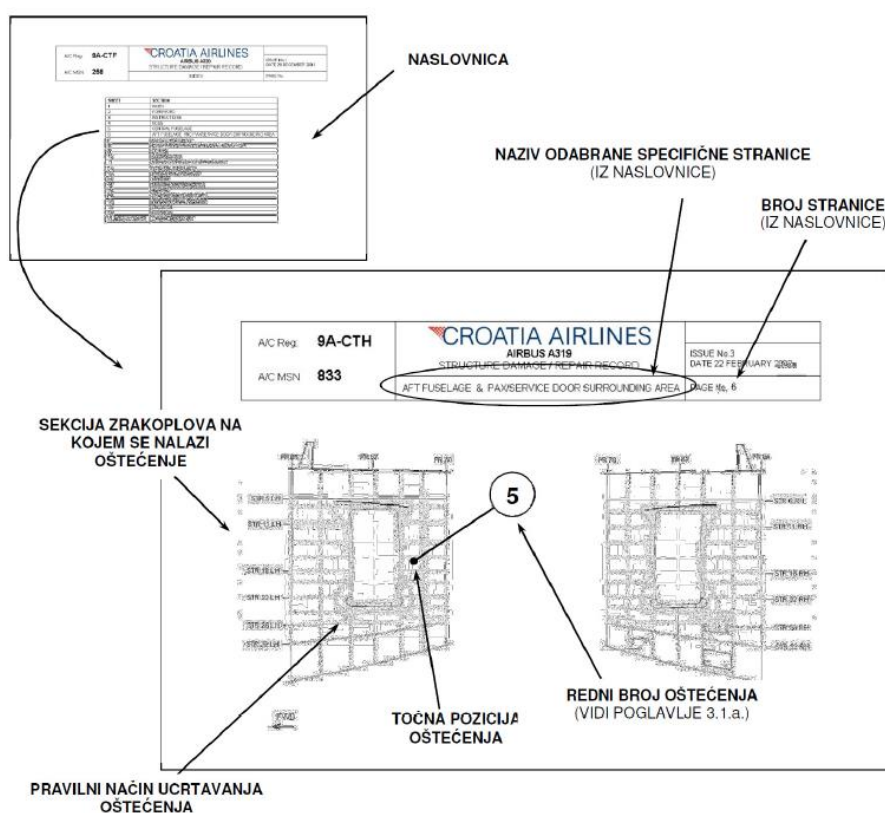
Treći slučaj se razlikuje od prvih dva po tome što je on otvorena stavka, te zato ima prazno polje u koje je potrebno opisati referentni dokument po kojemu je napravljen trajni popravak te također nema datuma i potpisa ovlaštenog djelatnika koji zatvara stavku s obzirom da stavka nije zatvorena te su potrebne daljnje akcije. Nakon provedenog popravka se brišu prve dvije kućice i u treću se upisuju referentni dokumenti po kojima je napravljen popravak te se zatvara stavka potpisom i pečatom ovlaštenog djelatnika.

4.1.4 Ucertavanje oštećenja

Svako nađeno oštećenje/popravak treba biti ucrtano u mapu. Postupak se provodi na sljedeći način:

- prema sadržaju na prvoj stranici odabere se odgovarajuća specifična stranica sekcije zrakoplova na kojoj se nalazi oštećenje/popravak,
- mjesto se označava ucrtavanjem zacrnjenog kružića na odgovarajućem crtežu,
- uz poziciju potrebno je upisati odgovarajući redni broj dodijeljen oštećenju.

Slika 41 prikazuje podatke potrebne za ucrtavanje oštećenja na specifične stranice.



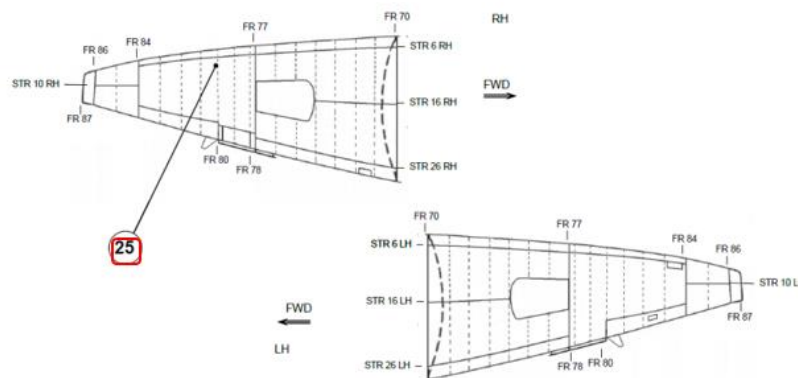
Slika 41. Ucertavanje oštećenja na specifične stranice [19]

Slika 42. prikazuje primjer ucrtanog oštećenja za oštećenje pod rednim brojem 25.

A/C Reg: 9A-CTI	 AIRBUS A320 DAMAGE / REPAIR RECORD	COMPLETED AND FILLED BY: ID30274
A/C MSN 1029		ISSUE No.17 DATE 14 TH MARCH 2017
DAMAGE / REPAIR LIST		PAGE No. 26

ITEM No.	DESCRIPTION AND POSITION ON A/C	DEFECT CARD No	RAISED BY (DATE AND ID)	LIMITATIONS, IF ANY	REPETIT. INSPECT.	FULL STRUCTURE ASSESSMENT AND/OR REPAIR DETAILS	CLOSED BY (DATE AND ID)
22	ENG #1 RH SIDE & ENG #2 RH SIDE LATERAL PYLON PANELS CRACKED AT BOTH INBOARD SIDE.		SAL 10/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR PERFORMED IAW SRM 54-57-11, FIG 201, 202.	SAL 17/02/04 ID 069
23	DELAMINATION ON BELLY FAIRING PANEL 152KB		SAL 02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO02-53-9208 AND AI DOC 942-028816/006/2004 - RAS/DAHAM/4017879/2004	SAL 18/02/04
24	SMALL NICK ON THE LH AFT CORNER OF THE FWD AVIONICS DOOR EDGE, PIN D52410125010, SN2045.		SAL 09/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO A02-52-0069 AND AI DOC 942-028702/005/2004 - RAS 028702/009/2004	SAL 24/02/04
25	DENT ON APU FIREWALL SKIN AT FR 80		SAL 13/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO A02-53-0208 AND AI DOC 942-028819/004/2004 - RAS /DATL3/0001635/2004	SAL 20/02/04
26	WEAR ON FWD CARGO DOOR BUTT SEAL PIN D5320778200		SAL 11/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO A02-53-0209 AND AI DOC 942-028755/006/2004 - RAS028755/005/2004	SAL 23/02/04
27	WEAR BLEND OUT IN FLAP TRACK FAIRING SUPPORT FITTING CLEVIS. WEAR MARKS IN THE LH AND RH #2 FLAP TRACK SUPPORT FITTINGS.		SAL 13/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO A02-57-0115 AND AI DOC 942-028807/008/2004 - RAS/DABRE/7003501/2004 (LH) - RAS/DABRE/7003502/2004 (RH)	SAL 18/02/04
28	LH WING FLAP BEAM NO. 2 LOWER ANGLE WEAR		SAL 12/02/04	NIL	-	- PERMANENT REPAIR IAW SAL EO A02-57-0116 AND AI REPAIR INSTRUCTIONS R575-5821 ISSUE C - RAS/BAW/0179/2004	SAL 23/02/04

A/C Reg: 9A-CTI	 AIRBUS A319 DAMAGE / REPAIR RECORD	COMPLETED AND FILLED BY: ID30274
A/C MSN 1029		ISSUE No.17 DATE 14 TH MARCH 2017.
APU SUB ASSEMBLY		PAGE No. 7



Slika 42. Primjer ucrtanog oštećenja [20]

4.2 Način korištenja mape

Način korištenja mape definira radnje, zaduženja i odgovornosti pojedinih službi odjela koji su vezani za postupak upisa novo nađenih oštećenja ili provđenih popravaka i reizdavanja mape. Za način pregleda i popunjavanje rubrika mape zadužene su sljedeće službe.

Služba linijskog održavanja (LAM):

- pregled strukture zrakoplova u okviru pregleda linijskog održavanja,
- upis podataka u mapu, ukoliko se nađe oštećenje,
- otvaranje *defecta* te upisivanje svih relevantnih podataka,
- upisivanje u mapu i ispunjavanje *Structure Damage/Defect Report*, slanje izvještaja na *Maintenance Control Center (MCC)*.
- spremanje mape na njezino mjestu za dokumentacije, iza sjedišta kapetana.

Služba baznog održavanja (BAM):

- pregled zrakoplovne strukture pri svakom „C“ pregledu,
- provjera da li je stvarno oštećenje u skladu s postojećim oštećenjem unesenim u mapu te korigiranje nesukladnosti ukoliko se ustvrdi,
- upisivanje novih nalaza u mapu,
- pravodobno slanje mape u Službu Inženjering,
- po primitku revidiranog izdanja iz Službe Inženjering provođenje pregleda strukture i ukoliko nema nesukladnosti između stanja na zrakoplovu i upisanog stanja, verificiranje iste svojim potpisom i pečatom u odgovarajuću rubriku,
- spremanje mape na mjesto u kutiju za dokumentaciju, iza sjedišta kapetana.

Služba Inženjering (ENG):

- inicijalno izdanje mape za svaki pojedini zrakoplov,
- ispravno upisivanje relevantnih dokumenata za napravljene popravke u odgovarajuće rubrike mape po primitku ažuriranog primjerka od strane službe BAM za vrijeme održavanja „C“ pregleda,
- pravodobno izdavanje revidiranog izdanja mape,
- pravodobno dostavljanje revidiranog izdanja mape službi BAM,
- ažuriranje kontrolnog primjerka mape koji se nalazi u službi ENG u skladu s primljenim radnim kartica „Opis oštećenja strukture zrakoplova“,

- arhiviranje prethodnog izdanja mape do sljedećeg „C“ pregleda kada se zamjenjuje tekućim izdanjem (revidirano novo izdanje mape se šalje službi BAM kako bi se moglo postaviti na zrakoplov).

4.3 Structure Damage Report

Radne kartice „*Structure Damage/Defect Report*“ se koriste za opis položaja i procjenu oštećenja strukture na zrakoplovu. Služe za komunikaciju unutar Sektora tehničkih poslova i za evidenciju postojećih oštećenja na zrakoplovu. Primjenjive su na sve tipove zrakoplova u floti.

Prilikom svakog oštećenja strukture zrakoplova potrebno je otvoriti *defect* ispunjavanjem radne kartice. Potrebno ih je ispuniti i u slučajevima kada je oštećenje u dopuštenim granicama. Ispunjava ih aviomehaničar koji otvara *defect*, dok dežurni kontrolor provjerava točnost unesenih podataka što potvrđuje potpisom. Ukoliko se na vanjskim linijskim postajama ne mogu definirati svi podaci potrebni za popunjavanje radnih kartica, potrebno je obavijestiti LAM i MCC, gdje po dolasku zrakoplova dežurni kontrolor mora unijeti nedostajuće podatke i potpisati radne kartice. Radne kartice sadrže detaljna precizna proceduralna uputstva i osiguravaju provođenje zadataka.

Ispunjene radne kartice šef smjene mora dostaviti u *Maintenance Control Centre* koji vrši provjeru kartice i njenu distribuciju. Slika 43 prikazuje obrazac *Structure Damage/Defect Report*.

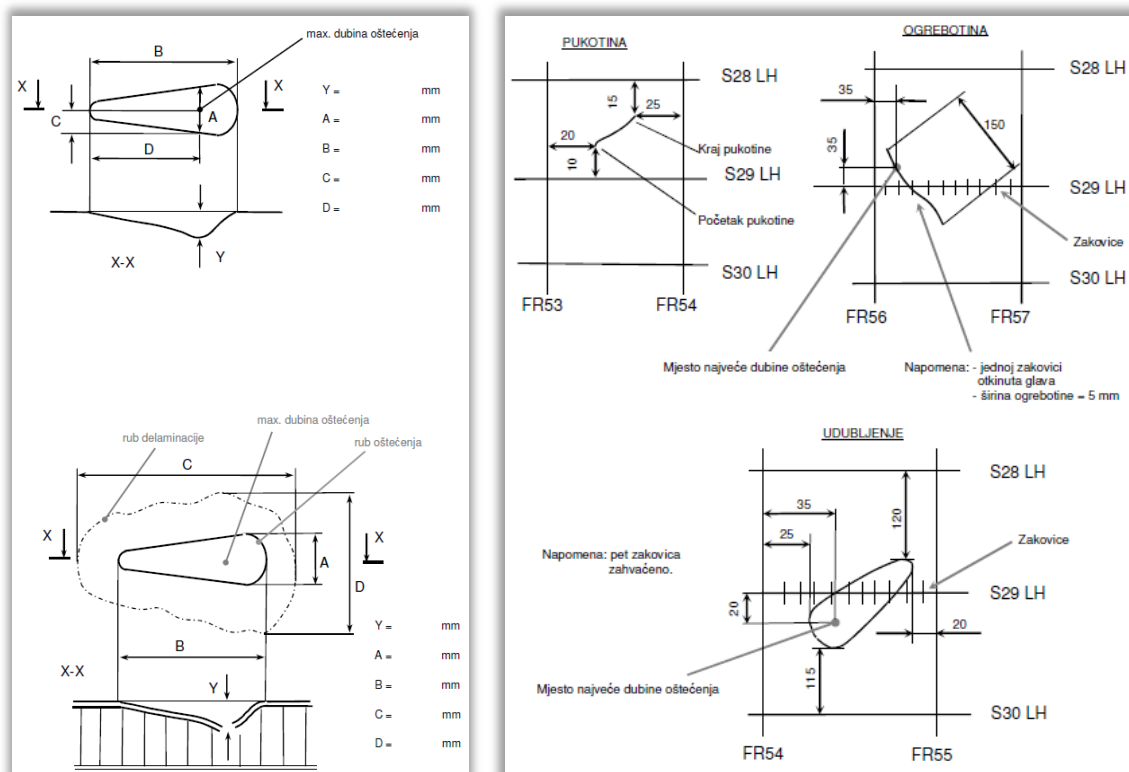
CROATIA AIRLINES TECHNICAL SERVICES - ENGINEERING		STRUCTURE DAMAGE / DEFECT REPORT		
AIRCRAFT DATA				
A/C TYPE	A/C MSN	A/C REG	A/C FH	A/C FC
DEFECT DATA				
DECEFT NR.	DEFECT DATE	STATION	ID	
STRUCTURE DAMAGE DATA				
SUBJECT				
DOC. REF.				
TYPE OF DAMAGE				
DAMAGE DIMENSIONS (IN mm)		LENGTH	WIDTH	DEPTH
DAMAGE POSITION				
DAMAGE DESCRIPTION & ACTIONS TAKEN				
OB-STP-129/0 – 16.06.2014.				
Page 1 of 2				

Slika 43. Structure Damage/Defect Report [20]

U *Structure Damage Defect Report* potrebno je upisati slijedeće podatke:

- kratki naslov oštećenja (npr. *dent on fuselage skin between frame 69/70 and stringer 18/19, LH*),
- točnu SRM referencu prema kojoj je locirano mjesto oštećenja, zajedno s brojem slike i brojem revizije,
- koristeći SRM potrebno je precizno definirati vrstu oštećenja (ogrebotina, pukotina itd.) i dimenzije oštećenja. U slučaju da istovremeno ima dva oštećenja potrebno je upisati dimenzije oba oštećenja,
- točnu lokaciju oštećenja na zrakoplovu, pritom ne zaboraviti napomenuti radi li se o lijevoj ili desnoj strani zrakoplova.
- opis oštećenja. U slučaju da oštećenje zahvaća neke od pričvrstnih elemenata potrebno je prikazati na crtežu i prikazati njihovo stanje (npr. nedostaje boja na vijku, zakovici je otkinuta glava itd.). Ako se želi, može se staviti fotografija oštećenja. Primjer je prikazan na slici 44 za ogrebotinu, pukotinu i udubljenje.

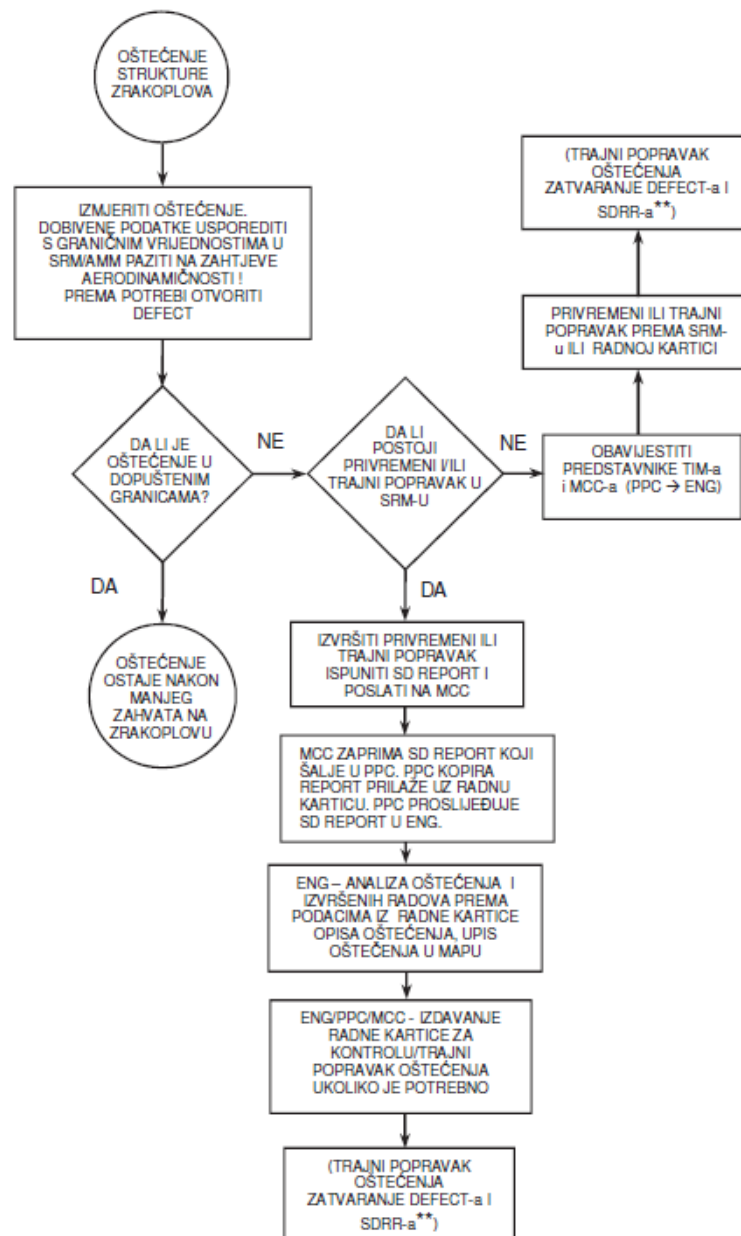
- Poduzete akcije – neophodno je upisati SRM referencu o dopuštenom ili nedopuštenom oštećenju i reference dodatnih inspekcija ukoliko su potrebne.



Slika 44. Opis oštećenja[20]

Slika 45 prikazuje postupak popravka i prijavljivanja oštećenja u tvrtki Croatia Airlines, detaljnije pojašnjen u prethodnom poglavlju. Ukoliko je oštećenje u dopuštenom rasponu, nije potreban daljni popravak. Ako nije u dopuštenim granicama, nužno je pogledati proceduru popravka u SRM-u. Ako postoji adekvatna procedura popravka potrebno ju je primijeniti na oštećenje i ispuniti *Structure Damage/Defect Report* koji se šalje u PPC. PPC prosljeđuje report u službu ENG koji potom upisuje oštećenje u strukturnu mapu zrakoplova. Službe ENG, PPC ili MCC izdaju radne kartice za kontrolu ili trajni popravak oštećenja ukoliko je potrebno te se nakon toga zatvara stavka.

Ukoliko u SRM-unije navedeni privremeni i/ili trajni postupak potrebno je kontaktirati predstavnike službi MCC-a i ENG, kao i TIM-a kako vi se napravio popravak prema radnoj kartici. U ovom slučaju, postoji mogućnost da će biti nužno kontaktirati proizvođača zrakoplova kako bi se dobile prikladne procedure popravka.



* npr. obrada ogrebotina prema SRM-U (blend out), površinska zaštita (Alodine primer, paint top coat), kozmetički popravak kompozita, itd.

** SDRR – Structure damage/repair record, vidi TPM 98-11-5105

Slika 45. Postupak otklanjanja oštećenja u Croatia Airlines [20]

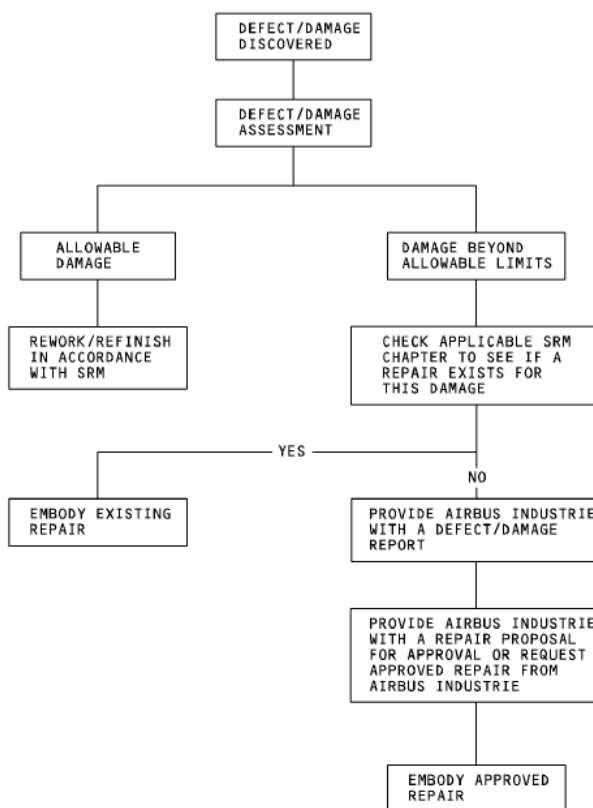
4.4 Procedura prijavljivanja oštećenja proizvođaču

Ukoliko je oštećenje izvan dopuštenih granica i ne može se naći prikladna procedura za popravak potrebno je obavijestiti proizvođača zrakoplova.

Prilikom prijavljivanja oštećenja Airbusu prati se određena procedura. Ono što procedura osigurava je:

- Airbus ima sve potrebne podatke za siguran i prikladan popravak,
- informacije o popravku će biti dostupne operatoru što je prije moguće,
- vrijeme prizemljenja zrakoplova se nastoji svesti na minimum,
- ukoliko je potrebno, poduzima se akcija kako bi se izbjeglo daljnje pojavljivanje oštećenja.

Pri odlučivanju o kontaktiranju Airbusa prate se sljedeći koraci prikazani na dijagramu, slika 46.



Slika 46. Koraci koji se prate pri kontaktiranju Airbusa [9]

Ukoliko se u SRM-u ili drugim prikladnim dokumentima ne može pronaći postupak popravka za nastalo oštećenje, potrebno je kontaktirati Airbus kao proizvođača zrakoplova. Pri kontaktiranju potrebno je ispuniti obrazac prikazan na slici 47 i dati sve potrebne podatke.

AIRCRAFT DEFECT / DAMAGE REPORT	
Aircraft:	
Type: _____	Operator: _____ MSN: _____ Operator Reg. No.: _____
Age: _____	FC: _____ FH: _____ Weight Variant: _____
Date defect / damage occurred or found: _____	
Maintenance check code: _____ Layover from _____ to _____	
Return service date: _____	
Reporter's reference and name: _____	
Damaged Part (Component):	
Description / Part No. / Item Ref. of Component affected: _____	
Frame: _____	Stringer: _____ Rib: _____ LH <input type="checkbox"/> RH <input type="checkbox"/>
Serial No.: _____	Mod. status: _____
Age: _____	FC: _____ FH: _____
Details of finding defect / damage:	
Inspection: scheduled <input type="checkbox"/>	unscheduled <input type="checkbox"/> Doc. No.: _____
Inspection method:	
visual <input type="checkbox"/>	close visual <input type="checkbox"/> x-ray <input type="checkbox"/> ultra sonic <input type="checkbox"/>
eddy current (MF) <input type="checkbox"/>	eddy current (LF) <input type="checkbox"/> others <input type="checkbox"/>
Details of defect / damage:	
Type: crack <input type="checkbox"/>	hole <input type="checkbox"/> scratch <input type="checkbox"/> dent <input type="checkbox"/> corrosion <input type="checkbox"/>
corrosion blended out <input type="checkbox"/> delamination <input type="checkbox"/> debonding <input type="checkbox"/>	
other: _____	
Size: Length: _____ width: _____ depth: _____ (unit: _____)	
Location of deepest point: _____	
Direction: _____	
Location: inside <input type="checkbox"/> outside <input type="checkbox"/> distance (to frame etc.): _____	
Suspected cause of defect / damage: _____	
Type of materials affected: _____	
Details of any unusual event: _____	
Details of any secondary damage: _____	
Details of existing adjacent repairs: _____	
Operator's requirements:	
Temporary repair for specified number of flights: _____	
Permission to defer final action for specified number of flights: _____	
Permanent repair: _____	
Urgency with specified dates: _____	
Additional information: _____	
Sketch: see pages: _____	

← Podaci o
zrakoplovu

← Podaci o komponenti

← Podaci o inspekciji

← Podaci o oštećenju

← Zahtjevi od
operatera

Slika 47. Obrazac za prijavu oštećenja Airbusu [9]

S obzirom da Croatia Airlines u floti ima i zrakoplove Dash 8-Q400, u slučaju nedostatka procedure popravaka može biti potrebno i kontaktirati proizvođača zrakoplova Dash 8-Q400. Pri tom postupku koristi se obrazac dan na slici 48.

BOMBARDIER		DASH 8 SERIES DAMAGE REPORTING CHECKLIST				
OPERATORS REFERENCE NUMBER					130519/IO	
STATUS OF AIRCRAFT:	<input type="checkbox"/> IN-SERVICE	<input checked="" type="checkbox"/> GROUNDED	<input type="checkbox"/> SCHEDULED MTC.			
TYPE OF SERVICE REQUESTED:	<input checked="" type="checkbox"/> AOG	<input type="checkbox"/> URGENT	<input type="checkbox"/> ROUTINE			
TYPE OF REPAIR REQUESTED:	<input checked="" type="checkbox"/> PERMANENT	<input checked="" type="checkbox"/> TEMPORARY	IF TEMPORARY, PROVIDE MINIMUM TIME REQUIRED: 3000 FLT HRS			
DATE REQUIRED BY:	13 MAY 2019					
METALLIC STRUCTURES						
DATE:	13 MAY 2019	A/C TYPE:	DASH 8 400	A/C SERIAL #:	4205	
OPERATOR:	CROATIA AIRLINES	HOURS:	25973	FLT HRS:		
		CYCLES:	26611			
CONTACT PERSON:	XY					
REGULAR PHONE#:	+385 1 XCYVY	AFTER HRS. PHONE#:	+385 CGLSDFC	P.O. #:		
REGULAR FAX #:		AFTER HRS FAX #:				
COMPONENTS: Description SKIN BOTTOM LH						
P/N:	85360121-111, P/N 85361314-109		S/N:			
1. EXACT LOCATION OF DAMAGE / DEFECT		DAMAGE TYPE	✓	DEPTH (IN)	LENGTH (IN)	WIDTH (IN)
A) DAMAGE LOCATED BETWEEN FRAME #:		3. DENT	<input checked="" type="checkbox"/>	0,244		
Fuse Sta #	321.000	Fuse Sta #	341.000	4. SCRATCH	<input checked="" type="checkbox"/>	
MINIMUM DISTANCE FROM NON-DAMAGED RIVET C/L:		FOR DENTS ONLY: DEPTH RATIO ASPECT RATIO				
OF FWD FRAME		OF AFT FRAME		3. DAMAGE TO UNDERLYING STRUCTURE		
B) DAMAGE LOCATED BETWEEN STRINGER:		a) STRINGERS	YES	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
UPPER STR	22P	LOWER STR	23P	b) FRAMES	YES	<input checked="" type="checkbox"/>
C) ADDITIONAL LOCATION INFORMATION		c) BONDED STRUCTURE	YES	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
WINDOW FRAME C/L:	dsfthsf (IN)		d) CRACK CHECK DONE?	YES	<input checked="" type="checkbox"/>	NO
DOOR FRAME RIVET C/L:			(IF YES, NDT REQUIRED, ATTACH REPORT, ETC)			
SKIN JOINT RIVET C/L:			e) EDGE DISTANCE ON FASTENERS:			
OTHER ()			f) OTHER	YES	<input type="checkbox"/>	NO
D) ANY SPECIAL ACCESS PROBLEM: YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		g) IF ANY OF THE ABOVE ANSWERS ARE YES, GIVE FULL DETAILS (LOCATION, DIMENSIONS, ETC. USE SKETCHES)				
E) GIVE RELEVANT PART NUMBER (when possible):		See Damage report attached to technical request				
2. MEASURE AND TRACE DAMAGE		4. Other repairs/ Mods in this area:				
(USE APPROPRIATE TOOLS, I.E. DEPTH GAUGE, MYLAR, ETC)		YES	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>	
Damage Notes:	✓	DEPTH (IN)	LENGTH (IN)	WIDTH (IN)		
1 CRACK	<input type="checkbox"/>					
2 CREASE	<input type="checkbox"/>				IF YES, GIVE FULL DETAILS. IE DISTANCE FROM DAMAGE, RD# ETC.	

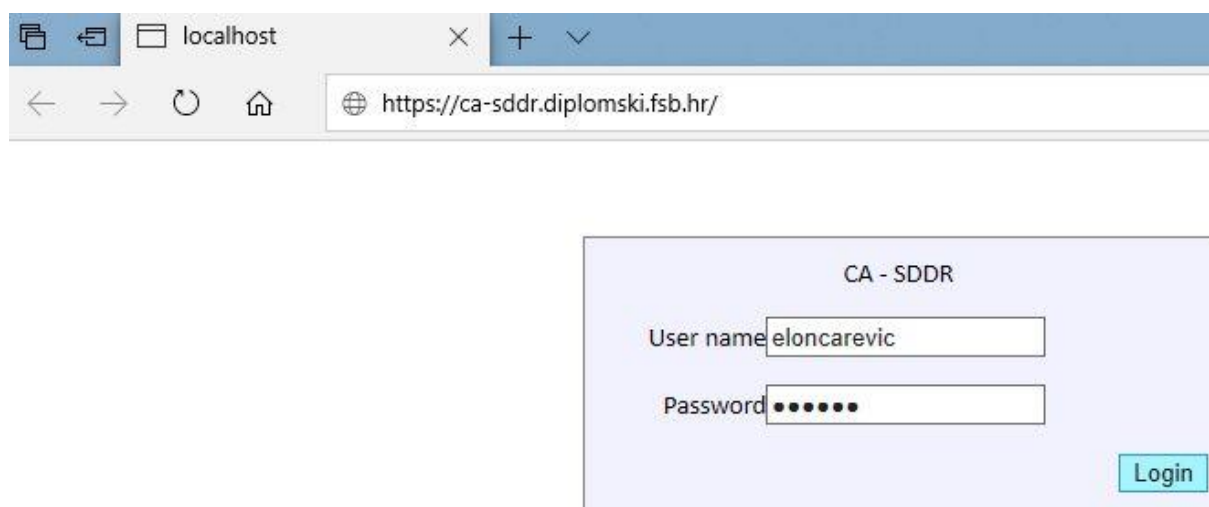
Email: thd_qseries@aero.bombardier.com
 Fax: 416-375-4539

SP

Slika 48. Obrazac za prijavu oštećenja na zrakoplovu Dash Q8-400

5. WEB OBRAZAC ZA PRIJAVU OŠTEĆENJA


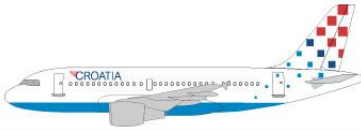
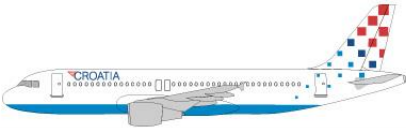
Koristeći prethodno navedene obrasce uz preporuke osoblja tvrtke Croatia Airlines, napravljen je univerzalni obrazac za prijavu oštećenja. Obrazac se koristi u web aplikaciji što omogućava platformu za prijavljivanje oštećenja koja će uvijek biti vidljiva i dostupna svoj posadi. Aplikacija je izdana i kao mobilna aplikacija što omogućuje olakšanu primjenu. Do sada su se za to koristili pisani dokumenti *Structure Damage Repair Record* i *Structure Damage/Defect Report* koji su se odlagali na mjesto iza sjedišta kapetana u zrakoplov. Aplikacija se nalazi na web stranici <https://ca-sddr.diplomski.fsb.hr/>. Prijava na web obrazac je prikazana na slici 49.



Slika 49. Prijava na web obrazac

Za početak je potrebno napisati osnovne podatke u zrakoplovu, poput tipa zrakoplova (A/C Type), serijskog broja zrakoplova (A/C MSN), registracije zrakoplova (A/C REG) te trenutni broj sati leta i ciklusa zrakoplova (A/C FH i A/C FC). Croatia Airlines trenutno u svojoj floti ima tri tipa zrakoplova: Airbus A319-100, Airbus A320-200 i Dash 8-Q400 tako da su ponuđene te tri opcije. Svakom zrakoplovu je pridružen njegov serijski broj i registracija. Tablica 7 prikazuje zrakoplove u floti Croatia Airlines.

Tablica 7. Tipovi zrakoplova u floti Croatia Airlines [21]

Tip zrakoplova	Registracija	Fotografija
Dash 8-Q400	9A-CQA	
Dash 8-Q400	9A-CQB	
Dash 8-Q400	9A-CQC	
Dash 8-Q400	9A-CQD	
Dash 8-Q400	9A-CQE	
Dash 8-Q400	9A-CQF	
Airbus A319-100	9A-CTG	
Airbus A319-100	9A-CTH	
Airbus A319-100	9A-CTI	
Airbus A319-100	9A-CTL	
Airbus A320-200	9A-CTJ	
Airbus A320-200	9A-CTK	

Kojim redoslijedom se prijavljuje oštećenje dodijeljen mu je njegov redni broj. Ide se po kronološkom redoslijedu. Također, zapiše se i broj *defecta*, odnosno oštećenja. To nije redni broj oštećenja, nego broj koji mu je dodijeljen po radnom nalogu, odnosno u *Structure Damage Defect Reportu*. Potrebno je zapisati datum uočavanja oštećenja i identitet osobe koje ga je uočila (*Raised by date* i *Worker ID*).

Nužno je navesti podatke o oštećenju. Prvo se navodi opis oštećenja, odnosno tip oštećenja. Ponuđene su opcije opisane u SRM-u, navedene u poglavlju 3, npr. udubina, ogrebotina, zarez i itd. *Document reference* se odnosi na poglavlje po kojem je određena vrsta oštećenja.

Neophodno je zapisati dimenzije oštećenja kako bi se kontrolirao obujam oštećenja. Naime, ako je oštećenje u dopuštenim granicama neće biti proveden popravak, ali je potrebna provjera kako ne bi oštećenje prešlo granice dopuštenog oštećenja. Nužno je zapisati dubinu, duljinu i širinu oštećenja. Izuzetak je oštećenje od udara munje.

Nakon toga se opisuje lokacija oštećenja. Svakako se treba navesti radi li se o lijevoj ili desnoj strani zrakoplova te gore ili dolje. Za svaku sekciju zrakoplova se različito opisuje lokacija, npr. za trup se koriste lokacije stringera i okvira, za krilo se mogu koristiti rebra, te krilca i zakrilca. Prema podacima danima u strukturnoj mapi zrakoplova, moguće je zrakoplov podijeliti na sljedeće sekcije:

- nos,
- središnji dio trupa,
- stražnji dio trupa i okolno područje stražnjih vrata,

-
- sklop pomoćne pogonske jedinice,
 - okolno područje prednjih vrata,
 - vrata,
 - vrata za prtljagu i okolno područje,
 - vertikalni stabilizator,
 - horizontalni stabilizator,
 - lijevo krilo,
 - lijeva krilca i zakrilca,
 - desno krilo,
 - desna krilca i zakrilca,
 - belly fairing i vrata podvozja,
 - motor #1,
 - motor #2.

Ukoliko se oštećenje nalazi u blizini nekog starog oštećenja, potrebno je naznačiti. Razlog je u tome što postoji mogućnost da se morati primijeniti više postupaka popravaka ukoliko je prisutno nekoliko vrsta oštećenja. Ukoliko je oštećenje u blizini pričvrstnih elemenata npr. zakovica, to je isto potrebno naznačiti. To može dovesti do oslabljene konstrukcije, što može rezultirati incidentom. Radi sigurnosti, kod većih oštećenja, preporuča se napraviti analizu ispod oplata kako bi se ustvrdilo da nije došlo do sekundarnog oštećenja ili da se utvrde konačne dimenzije oštećenja.

Radi zamjenjivosti komponenata preporuča se upis P/N (*Part Number*)- broj dijela i S/N (*Serial Number*)-serijski broj dijela kako bi se omogućilo lakše praćenje komponenti.

Navodi se dokumentacija po kojoj je izvršen popravak ili koja potvrđuje da je oštećenje u dopuštenom rasponu (*Full structure assessment and/or repair details*). Kao što je već navedeno postoje dvije vrste popravaka: privremeni i trajni. U aplikaciji je potrebno naznačiti o kojoj vrsti popravka se radi te ukoliko se radi o privremenom popravku potrebno je navesti sve potrebne podatke: ograničenja (*Limitations if any*) i ponavljajući interval inspekcije (*Repetition Inspection*).

Kada se unesu svi podaci i naprave sve radnje potrebne za popravak, potrebno je zatvoriti stavku za određeno oštećenje datumom i potpisom ovlaštenog djelatnika. Poželjno je da se za svako

oštećenje obavijesti služba Inženjering kako bi bilo dokumentirano u svim dokumentima te je iz tog razloga stavljen podsjetnik.

Na kraju se stavlja fotografija oštećenja, te se po navednim uputama u poglavlju 4 oštećenje ucrtava na specifične stranice.

Konačni izgled obrasca je prikazan na slici 50. Prikazan je primjer oštećenja nastalog na središnjem dijelu trupa zrakoplova od udara munje.

CROATIA AIRLINES TECHNICAL SERVICES - ENGINEERING		STRUCTURE DAMAGE / DEFECT REPORT			Technical Services TPM
AIRCRAFT DATA					
SDR ID	1	9A-CTL	Save SDR		
A/C TYPE	A/C MSN	A/C REG	A/C FH	A/C FC	
Airbus A319-100	1252	9A-CTL			
DEFECT DATA					
DEFECT NR.	DEFECT DATE	STATION	RAISED BY DATE	WORKER ID	
1	27.11.2019.	Fuselage skin	27.11.2019.	30124	
STRUCTURE DAMAGE DATA					
ITEM NUMBER	9				
ISSUE NUMBER	1				
PAGE NUMBER	6				
SUBJECT					
DOC. REF	1				
TYPE OF DAMAGE	Lighting strike damage				
DAMAGE DIMENSIONS (mm)	LENGTH	WIDTH	DEPTH		
DAMAGE DESCRIPTION	Lighting strike damage				
LOCATION	Central fuselage				
IS NEAR OLD DAMAGE?	NO				
IS NEAR FASTENERS?	NO	FASTENER REMARKS?			
IS DAMAGE TO UNDERLYING STRUCTURE CHECKED?	NO				
P/N					
S/N					
FULL STRUCTURE ASSESSMENT AND/OR REPAIR DETAILS	SRM 53-00-11, PAGE 337/338				
TYPE OF REPAIR	Permanent				
LIMITATION IF ANY	None				
REPETITION INSPECTION	None				
ENGINEERING INFORMED?	YE				

PHOTO OF DAMAGE

Lighting strike damage

Delete Edit

COMPLETED AND FILLED BY 30124

CLOSED BY Loncarev

Slika 50. Primjer ispunjenog web obrasca *Structure Damage/Defect Reporta*

Struktura obrasca u tablici baze podataka je prikazana na slici 51.

Column Name	Data Type	Allow Nulls
ID	int	<input type="checkbox"/>
SDR_ID	nvarchar(13)	<input checked="" type="checkbox"/>
AC_TYPE	nvarchar(20)	<input checked="" type="checkbox"/>
AC_MSN	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
AC_REG	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
AC_FH	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
AC_FC	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
DEF_CARD_NUM	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
DEFECT_DATE	date	<input checked="" type="checkbox"/>
STATION	nvarchar(20)	<input checked="" type="checkbox"/>
RAISED_BY_DATE	date	<input checked="" type="checkbox"/>
WORKER_ID	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
ITEM_NUM	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
ISSUE_NUM	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
PAGE_NUMBER	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
SUBJECT1	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
DOC_REF	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
TYPE_OF_DAMAGE	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
DIM_OF_DAMAGE_L	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
DIM_OF_DAMAGE_W	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
DIM_OF_DAMAGE_D	nvarchar(10)	<input checked="" type="checkbox"/>
DAMAGE_DESCRIPTION	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
LOCATION	nvarchar(100)	<input checked="" type="checkbox"/>
IS_NEAR_OLD_DAMAGE	nvarchar(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
IS_NEAR_FASTENERS	nvarchar(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
IS_DEM_UNDER_STRUCT...	nvarchar(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
PN	nvarchar(30)	<input checked="" type="checkbox"/>
SN	nvarchar(30)	<input checked="" type="checkbox"/>
FULL_STRUCT_ASSES_RE...	nvarchar(MAX)	<input checked="" type="checkbox"/>
TYPE_OF_REPAIR	nvarchar(20)	<input checked="" type="checkbox"/>
LIMIT_IF_ANY	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
REPET_INSPEC	nvarchar(50)	<input checked="" type="checkbox"/>
INFORM_ENG	nvarchar(2)	<input checked="" type="checkbox"/>
COMP_FILL_BY	nvarchar(5)	<input checked="" type="checkbox"/>
CLOSED_BY	nvarchar(8)	<input checked="" type="checkbox"/>

Slika 51. Struktura obrasca u tablici baze podataka

6. ZAKLJUČAK

Razvojem zračnog prometa javlja se sve veća potreba za što sigurnijim i pouzdanijim održavanjem. U svrhu konstantnog napretka tehnologije održavanja potrebna je stalna suradnja različitih sudionika; proizvođača(konstruktor), operatora, nadležnih zrakoplovnih vlasti, organizacije za održavanje zrakoplova, trgovačkih udruženja, udruženja pilota, kabinskog osoblja, mehaničara.

Kako bi se osigurala plovidbenost zrakoplova neophodno je provoditi inspekcije na zrakoplovu u cilju uklanjanja oštećenja nastalih tijekom eksploatacije zrakoplova. Oštećenja konstrukcijske degradacije koje mogu ozbiljno narušiti sigurnost leta i dovesti do nesreća. Najčešće se mogu uočiti vizualnom inspekcijom, ali i lošijim performansama zrakoplova.

Nužno je osigurati kontinuirano praćenje oštećenja kako bi se na vrijeme moglo reagirati ukoliko dođe do većih deformacija. Proizvođači zrakoplova su primorani izdavati priručnike kao upute za održavanje, a jedan od priručnika je i SRM. U SRM-u su navedeni postupci popravaka za određeni tip oštećenja na određenoj lokaciji. U ovom radu su opisani postupci popravaka kod slučaja manjih oštećenja općenito na zrakoplovnoj konstrukciji. S obzirom da se radi o uputama proizvođača, upute su izdane detaljno kako ne bi došlo do problema na zrakoplovnoj konstrukciji.

U cilju promicanja što veće sigurnosti napravljena je web aplikacija kako bi se omogućio uvijek dostupan pristup osoblju u svrhu provjere uočenog oštećenja i njegove kontrole. Ukoliko je oštećenje novonastalo, koristeći aplikaciju unose se svi potrebni podaci o oštećenju kako bi sve službe održavanja određenog operatora bile u mogućnosti reagirati pravovremeno i primjereno. Kao osnova za razvoj aplikacije u radu su prikazani primjeri obrazaca su korišteni primjeri za prijavu i vođenje evidencije oštećenja zrakoplova Croatia Airlines kao i primjeri obrazaca za prijavu oštećenja proizvođačima Airbus i Bombardier. U radu je predložen i razvijen prošireni obrazac u kojem su objedinjene sadašnje informacije i informacije koje očekuju proizvođači. Uvođenjem digitalnog web obrasca značajno se poboljšala kvaliteta u pretraživanju i evidenciji oštećenja zbog toga što su sve informacije na jednom mjestu.

LITERATURA

- [1] Obad S., predavanje iz predmeta: „Održavanje u zrakoplovstvu“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2018
- [2] Shannon, M., Ackert, P.: Basics of Aircraft Maintenance Programs for Financiers, 2010.
- [3] Matanovac, N., predavanje iz predmeta: „Tehnologija održavanja II“, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2017
- [4] https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/qtr_4_06/article_05_3.html, pristupljeno 22.10.2019
- [5] <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/IP%20105%20attachment%20.pdf>, pristupljeno 26.10.2019.
- [6] https://www.fsb.unizg.hr/atlantis/upload/newsboard/24_03_2011_14661-Odrzavanje_u_zrakoplovstvu_JAR_Regulative.pdf, pristupljeno 25.10.2019
- [7] https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/IMPS%20Issue%2001_SIGNED.pdf, pristupljeno 25.10.2019
- [8] <https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Order/8300.13.pdf>, pristupljeno 20.10.2019
- [9] Airbus –Technical Data Support and Services, Structural Repair Manual, Blagnac, 2002
- [10] <https://www.croatiaairlines.com/hr/O-nama/Korporativne-informacije/flota/Airbus-A-319-100/>
- [11] Findlay S.J., Harrison N.D., Why Aircraft fail, Materialstoday, 2002.
- [12] Guijt C., Hill D., Rausch J., Fawaz S., The effects of dents in fuselage structure on fatigue and static stability, United States Air Force Academy
- [13] https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/media/planes_inspected_for_potentially_dangerous.pdf, pristupljeno 28.10.2019.
- [14] <http://www.bst-tsb.gc.ca/eng/rappports-reports/aviation/2013/a13c0105/a13c0105.html?wbdisable=true>, pristupljeno 2.11.2019.
- [15] https://www.sweethaven02.com/Aviation/MaintHandbook/ama_Ch04.pdf
- [16] Esih I., Dugi Z., Tehnologija zaštite od korozije, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003.
- [17] https://www.boeing.com/commercial/aeromagazine/articles/2012_q4/4/
- [18] https://www.faa.gov/about/initiatives/maintenance_hf/library/documents/media/media/planes_inspected_for_potentially_dangerous.pdf

- [19] Croatia Airlines, Structure Damage Report predavanje, Velika Gorica
- [20] Croatia Airlines, Structure Damage Report Refresher predavanje, Velika Gorica
- [21] https://hr.wikipedia.org/wiki/Croatia_Airlines#Flota [2], pristupljeno 15.11.2019