

MINISTRSTVO ZA INFRASTRUKTURO

SLUŽBA ZA PREISKOVANJE LETALSKIH, POMORSKIH
IN ŽELEZNIŠKIH NESREČ IN INCIDENTOV

Langusova ulica 4, 1535 Ljubljana

T: 01 478 84 28

E: mzi.airsafety@gov.si

www.mzi.gov.si



Številka: 37200-5/2016

Datum: 30. 9. 2020

KONČNO POROČILO

O PREISKAVI LETALSKE NESREČE

motornega letala PA32-301T,

reg. oznake N710CC,

v kraju Predmeja – Ajdovščina,

14. julij 2016

Republika Slovenija

» 2016 «

KAZALO

KRATICE	2
UVOD	3
POVZETEK	4
1. DEJSTVA	5
1.1 PODATKI O LETU	5
1.2 PODATKI O POŠKODBAH LETALA	6
1.3 PODATKI O DRUGI ŠKODI	7
1.4 PODATKI O OSEBJU	7
1.4.1 Pilot	7
1.4.2 Podatki o letalski licenci pilota (prepis iz licence)	8
1.4.3 Podatki o zdravniškem spričevalu pilota (prepis iz zdravniškega spričevala)	8
1.4.4 Potniki	9
1.5 PODATKI O LETALU	9
1.5.1 Podatki o motorju in propelerju	9
1.5.2 Podatki o propelerju	9
1.5.3 Masa in masno središče	10
1.5.4 Drugi podatki o letalu	10
1.5.5 Podatki o vzdrževanju zrakoplova	12
1.6 METEOROLOŠKI PODATKI	14
1.6.1 Vremenska slika	14
1.6.2 Podatki za letališča LIPZ (Benetke) IN EDDP (Leipzig)	14
1.6.3 Vetrovi	15
1.6.4 Oblačnost	18
1.6.5 Povzetek vremenskih razmer	21
1.7 PODATKI O RADIJSKI ZVEZI	22
1.8 PODATKI Z MESTA NESREČE	24
1.9 MEDICINSKI IN PATOLOŠKI PODATKI	25
1.10 PODATKI O POŽARU	25
1.11 PODATKI O MOŽNOSTIH PREŽIVETJA	25
1.12 ISKANJE IN POLOŽAJ NAJDENIH DELOV HORIZONTALNEGA STABILIZATORJA	26
2. ANALIZA	28
2.1 SPLOŠNO	28
2.2 ANALIZA HORIZONTALNEGA STABILIZATORJA - ZAG	28
2.3 ANALIZA LETA	43
2.4 ANALIZA METEOROLOŠKIH RAZMER NA PODROČJU LETENJA	47
2.5 ANALIZA MASE LETALA	47
2.6 NAMENA LETA, PRISTOJNOSTI PILOTA IN PRISTOJNOSTI LASTNIKA – OPERATERJA	48
2.7 ANALIZA BARVNIH SLEDI NA HORIZONTALNEM STABILIZATORJU - NFL	49
3. ZAKLJUČKI	51
3.1 UGOTOVITVE	51
3.2 OSTALE INFORMACIJE IN DEJAVNIKI, KI SO PRISPEVALI K NESREČI	53
3.3 ZAKLJUČKI	55
4. VARNOSTNA PRIPOROČILA	56
PRILOGE	58
PRILOGA 1 RADARSKA SLIKA VSTOPA LETALA V SLOVENSKE ZRAČNE PROSTOR	58
PRILOGA 2 PARAMETRI LETA V ČASU PRED NESREČO (POVZETO PO RADARSKIH PODATKIH)	59
PRILOGA 3 IZPISEK IZ REGISTRA FAA	60
PRILOGA 4 POVZETEK ANALIZE HORIZONTALNEGA STABILIZATORJA (SKRAJŠANO POROČILO)	62
PRILOGA 5 POROČILO NACIONALNEGA FORENZIČNEGA LABORATORIJA O PREISKAVI VZORCEV N710CC ...	67

KRATICE

ATC	<i>Kontrola zračnega prometa</i>
AD	<i>Direktiva o plovnosti (ang. airworthiness directive)</i>
AIRMET	<i>Pomembne meteorološke informacije</i>
CAR	<i>Predpisi v civilnem letalstvu</i>
CAT	<i>Komercialni zračni prevoz</i>
Cb	<i>Nevihtni oblaki (ang. CumulusNimbus)</i>
CPL	<i>Licenca poklicnega pilota</i>
EASA	<i>Evropska agencija za varnost v letalstvu</i>
EDDP	<i>Letališče Leipzig</i>
EDKB	<i>Letališče Bonn/Hangelar</i>
ELT	<i>Oddajnik signala v nujnih primerih</i>
FAA	<i>Ameriška zvezna uprava za letalski promet</i>
FAR	<i>Zvezni letalski predpisi (Združene države Amerike)</i>
FL	<i>Nivo letenja</i>
GA	<i>Splošno letalstvo (ang. general aviation)</i>
GS	<i>Hitrost letenja glede na tla (ang. ground speed)</i>
GPS	<i>Globalni sistem pozicioniranja</i>
HF	<i>Visoko frekvenčna</i>
IFR	<i>Pravila instrumentalnega letenja (ang. instrumental flight rules)</i>
ISM	<i>Inštitut za sodno medicino</i>
KZPS	<i>Kontrola zračnega prometa Slovenije</i>
LIPU	<i>Letališče Padova</i>
LIPZ	<i>Letališče Benetke Marco Polo</i>
MTOM	<i>Največja vzletna masa</i>
NCC	<i>Nekomercialni zračni prevoz</i>
NCO	<i>Nekomercialne zračne operacije</i>
NMP	<i>Nujna medicinska pomoč</i>
NFL GPU	<i>Nacionalni forenzični laboratorij Generalne policijske uprave</i>
OKC	<i>Operativno - komunikacijski center</i>
PU	<i>Policijska uprava</i>
ReCO	<i>Regijski center za obveščanje</i>
RIFEN	<i>Točka javljanja poimenovana RIFEN</i>
SAR	<i>Iskanje in reševanje</i>
SIGMET	<i>Posebno meteorološko poročilo</i>
SOP	<i>Standardni operativni postopki</i>
TCU	<i>Cumulus congestus (vrsta oblakov)</i>
UTC	<i>Koordiniran univerzalni čas</i>
US Gal	<i>Ameriška galona</i>
VFR	<i>Pravila vizualnega letenja</i>
VOR	<i>Vsesmerni radijski oddajnik (DOL – Dolsko, KFT – Klagenfurt)</i>
ZAG	<i>Zavod za gradbeništvo</i>

UVOD

Končno poročilo o preiskavi letalske nesreče vsebuje dejstva, analizo, vzroke in varnostna priporočila komisije za preiskovanje letalske nesreče glede na okoliščine, v katerih se je nesreča pripetila.

V skladu s točko 3.1 poglavja 3 Priloge 13 h Konvenciji o mednarodnem civilnem letalstvu (12. izdaja, julij 2020), 1. členom Uredbe (EU) št. 996/2010 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 20. oktobra 2010 o preiskavah in preprečevanju nesreč in incidentov v civilnem letalstvu (UL L št. 295 z dne 12.11.2010, str. 35), četrtim odstavkom 137. člena Zakona o letalstvu (Uradni list RS, št. 81/10 – uradno prečiščeno besedilo, 46/16 in 47/19) in 2. členom Uredbe o preiskovanju letalskih nesreč, resnih incidentov in incidentov (Uradni list RS, št. 72/03, 110/05 in 53/19) **namen končnega poročila o preiskavi letalske nesreče ni ugotavljanje krivde ali odgovornosti.**

Končno poročilo o preiskavi mora nedvomno koristiti varnosti letenja.

Pomembno je, da se končno poročilo o preiskavi uporablja za preprečevanje letalskih nesreč oziroma incidentov. Uporaba končnega poročila o preiskavi letalske nesreče v druge namene lahko vodi do napačne interpretacije.

Sestava komisije:

1. **Toni STOJČEVSKI**, – **glavni preiskovalec**, Vodja službe, preiskovalec letalskih nesreč in incidentov,
2. **Urban Odlazek** – **strokovni sodelavec**,
3. **Andrej Bračun** – **strokovni sodelavec**.

POVZETEK

- 1. Datum in čas nesreče:** 14. julij 2016 ob 10.52¹ uri po lokalnem času
- 2. Kraj nesreče:** Predmeja, Ajdovščina, N 45° 57' 13" / E 13° 51' 42"
- 3. Tip leta:** let po pravilih instrumentalnega letenja, komercialni let
- 4. Letalo:** šestsedežno motorno letalo z uvlačljivim podvozjem

- proizvajalec zrakoplova: PIPER AIRCRAFT, INC.
- oznaka proizvajalca: Piper, PA-32R-301T
- registracija zrakoplova: N710CC
- leto proizvodnje letala: 2004
- serijska številka zrakoplova: 3257358
- datum zadnjega pregleda plovnosti : 18. 12. 2015
- največja dovoljena vzletna masa : 1633² kg

- 5. Lastnik/operator:** KUERTZ ENTERPRISE LTD

6. Podatki o posadki in potnikih:

- posadka: pilot (1)
- število potnikov: 3
- skupno število: 4

7. Posledice:

<i>Poškodbe</i>	<i>Posadka</i>	<i>potniki</i>	<i>drugi</i>
Smrtne	1	3	/
Težke	/	/	/
lažje / nepoškodovani	/	/	

8. Letalo in oprema:

Letalo, motor in oprema so bili 100-odstotno uničeni.

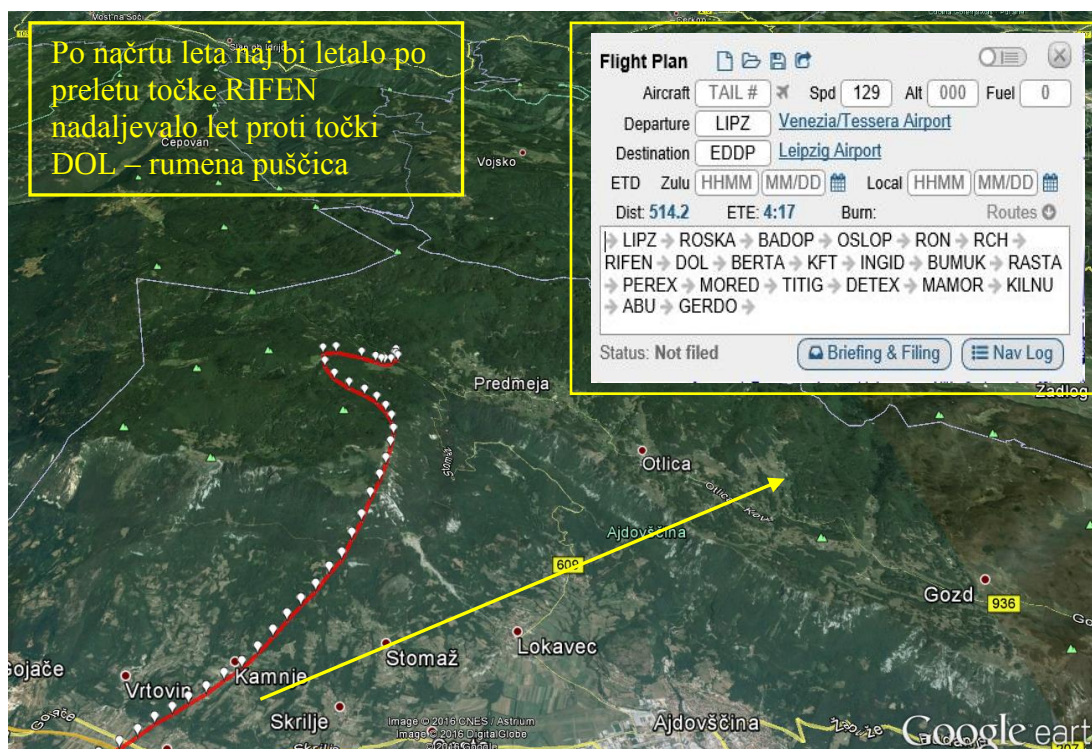
¹ V tem poročilu je uporabljen lokalni čas. Na dan nesreče je lokalni čas UTC+2.

² Največja dovoljena vzletna masa letala po navodilih proizvajalca.

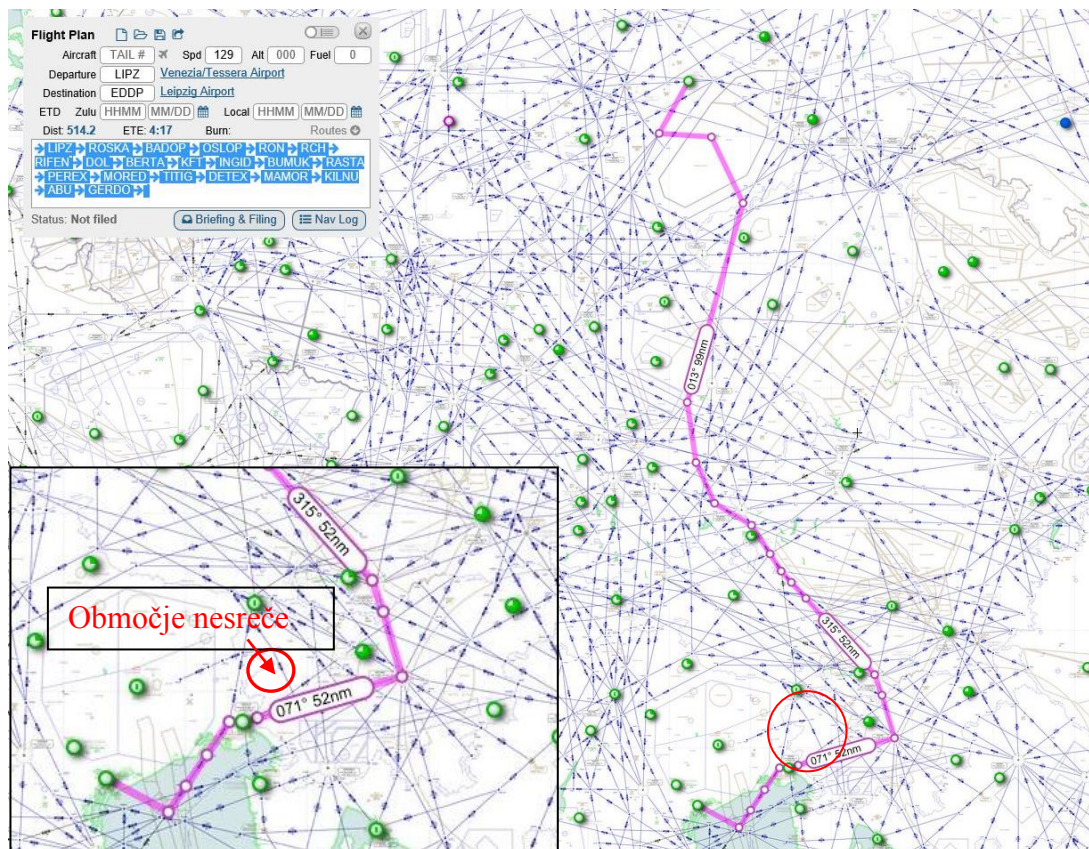
1. DEJSTVA

1.1 Podatki o letu

Pilot in trije potniki so ob 10.16 uri vzleteli iz odhodnega letališča Benetke Marco Polo (LIPZ) in nameravali pristati na letališču Leipzig (EDDP) v Nemčiji. Napovedan let, ki ga je pilot načrtoval po pravilih instrumentalnega letenja, je pristojna italijanska kontrola zračnega prometa sprejela in posredovala Kontroli zračnega prometa Slovenije (KZPS). Ob 10.45 uri je pilot letala pri vstopu v slovenski zračni prostor vzpostavil radijsko zvezo s KZPS in zahteval spremembo načrtovane poti. Od predvidene poti proti vzhodu je smer leta odstopala, in sicer v smer 034°. Nekaj minut po vstopu v slovenski zračni prostor je kontrolor zračnega prometa opazil, da letalo nenapovedano spreminja elemente leta, nato je pilot pojasnil, da se je izogibal področja zaledenitve zaradi bližine velikega oblaka. Ob 10.51 uri je pilot oddal klic v sili, vendar poznejšega odziva pilota na poziv nadzornika ni bilo več. S strani KZPS je bil takoj sprožen postopek iskanja in reševanja. V kratkem času so bile najdene razbitine letala na gozdnatem pobočju približno 2 km severozahodno od vasi Predmeja v občini Ajdovščina. Ob trku letala s terenom je letalo zagorelo. Pilot in trije potniki so v nesreči izgubili življenje.



Slika 1: Dejanska trajektorija leta (označena z rdečo) in zgoraj desno načrt leta



Slika 2: Načrtovan let in območje nesreče

1.2 Podatki o poškodbah letala

Letalo je po trku ob gozdnat teren zagorelo. Požar se je razširil do repnega dela letala na katerem ni bilo višinskega stabilizatorja s krmilom. Ostanki levega in desnega dela višinskega stabilizatorja so bili najdeni kasneje, na lokaciji, ki je bila oddaljena približno 1 km od mesta padca letala. Levi in desni del višinskega stabilizatorja sta bila najdena približno 350 metrov narazen. Sprednji del trupa in krila so v požaru v celoti zgoreli.

Instrumentalna plošča se je zaradi izpostavljenosti visoki temperaturi stalila. Spodnji del motorja je bil v kraterju globokem približno 80 cm. Ob neposredni bližini razbitine je bil najden del krilca, ki je padel ločeno od letala.



Slika 3: Rep letala na prizorišču nesreče

1.3 Podatki o drugi škodi

Zaradi požara je zagorela travnata površina ter nizko grmičevje v radiju približno 5 m od položaja razbitin letala. Druge škode ni bilo.

1.4 Podatki o osebju

1.4.1 Pilot

- nemški državljan, moški, star 73 let;
- EASA dovoljenje poklicnega pilota letala CPL(A) z datumom izdaje 20. 8. 2013 in veljavnostjo do 31. 7. 2017;
- FAA dovoljenje poklicnega pilota letala CPL(A) z datumom izdaje 25. 4. 2006;
- zdravniško spričevalo za letalsko osebje kategorije 1 (Medical Certificate Class 1), veljavno do 8. 1. 2017 (druge komercialne operacije do 8. 7. 2017);
- skupni nalet pilota do datuma letalske nesreče – 3910 ur 55 min.

1.4.2 Podatki o letalski licenci pilota (prepis iz licence)

VRSTA LETALSKEGA DOVOLJENJA:	PILOT - CPL(A) LICENCA
Država izdaje dovoljenja:	NEMČIJA
Urad izdaje dovoljenja:	Luftfahrt-Bundesamt LBA
Posebna pooblastila (podatki iz licence):	MEP(land) / PIC; IR 31. 7. 2016 SEP (land) / PIC; IR 31. 7. 2016 FI(A) / CPL; PPL; SE SP; ME SP; night; IR instruct. 31. 7. 2018
Datum izdaje dovoljenja:	20. 8. 2013
Opombe (podatki iz licence):	***non-com ops only*** English Level 4 20. 6. 2017

1.4.3 Podatki o zdravniškem spričevalu pilota (prepis iz zdravniškega spričevala)

Vrsta zdravniškega spričevala: ----- (Veljavnost):	- 1. RAZRED/MED. CERTIFICATE CLASS 1 (8. 1. 2017) - 1. RAZRED/MED. CERTIFICATE CLASS 1 (8. 7. 2017 - other commercial operations) - 2. RAZRED/MED. CERTIFICATE CLASS 2 (8. 7. 2017) - LAPL (8. 7. 2018)
Država izdaje:	NEMČIJA
Številka pooblaščenega zdravnika:	DE AME 1001790-4
Datum pregleda	13. 6. 2016
Omejitve (prepis iz licence)	- VML; - (Note the special conditions/ number LBA C 1138/00)

➤ Izkušnje in nalet pilota:

Iz pregleda dokumentacije o naletu pilota (Pilot Log) izhaja, da je bil pilot izkušen in da je letalske kvalifikacije za letenje z motornimi letali vzdrževal brez večjih prekinitev. V zadnjem letu je pilot na letalu, udeleženi v dogodku, letel 28 krat. Nalet, ki ga je pilot ustvaril na

letalu N710CC v zadnjih 6 mesecih znaša 14 ur 38 min, kar kaže na to, da je letalo dobro poznal. Nalet pilota znaša:

- skupni nalet pilota do datuma letalske nesreče – 3910 ur 55 min,
- v zadnjih 90 dneh je pilot naletel 26 ur 10 min.
- v zadnjih 24 urah nalet znaša 6 ur in 10 min (dan pred nesrečo).

1.4.4 Potniki

Na letalu so bili poleg pilota še trije potniki. Ni znanih informacij o morebitnih letalskih izkušnjah potnikov.

1.5 Podatki o letalu

- Vrsta zrakoplova: šestsedežno motorno letalo z uvlačljivim podvozjem
- Proizvajalec: PIPER AIRCRAFT, INC., Vero Beach, FL 32960, ZDA
- Tip: Piper, PA-32R-301T
- Serijska številka: 3257358
- Leto izdelave: 2004
- Operater/Lastnik: zasebni lastnik
- Registrska oznaka: N710CC (registrirano v Združenih državah Amerike)
- Datum zadnjega pregleda: 18. 12. 2015 (100 urni pregled)

1.5.1 Podatki o motorju in propelerju

- Proizvajalec: Lycoming
- Tip: TIO-540-AH1A
- Part: ENPL-10125
- Serijska številka: L-11595-61A
- Datum vgradnje: 28. 4. 2004

1.5.2 Podatki o propelerju

- Proizvajalec: Hartzell
- Tip: HC-I3YR-1RF

- Serijska številka: HK653B

Celotni čas obratovanja motorja je 2309 ur in 54 minut (na dan 18. 12. 2015).

1.5.3 *Masa in masno središče*

Največja dovoljena masa letala znaša 1633 kg. Masa praznega letala, količina goriva, skupna teža potnikov in tovora naj ne bi presegala navedene največje vzletne mase. Natančnejši podatki so navedeni v točki 2.5 tega poročila.

1.5.4 *Drugi podatki o letalu*

Letalo registrske oznake N710CC je bilo v skladu s tipskim certifikatom³ in navodili proizvajalca certificirano za letenje po pravilih vizualnega (VFR) in instrumentalnega letenja (IFR). Letenje v pogojih zaledenitve je z omenjenim tipom letala prepovedano.

Za letalo PA-32R-301T Saratoga II TC je izdala EASA tipski certifikat (ang. TYPE-CERTIFICATE DATA SHEET), ki temelji na predhodnem certificiranju po predpisih CAR 3 in FAR 23 s strani letalskih oblasti ZDA.

³ https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA-TCDS-A.239_%28IM%29_Piper_PA--32-01-06042009.pdf
Celoten dokument EASA tipskega certifikata za letalo PA-32R-301T Saratoga II TC je dostopen na priloženi povezavi.

TCDS IM.A.239 Issue 01, 6 April 2009	Piper Aircraft, Inc. Piper PA-32	Page 9 of 26
<u>SECTION B:</u> PA-32R-301T Saratoga II TC		
<u>B.I. General</u>		
Data Sheet No.: EASA IM.A.239	Issue: 01	Date: 6 April 2009
1. a) Type:	PA-32	
b) Variant:	PA-32R-301T Saratoga II TC	
2. Airworthiness Category:	Normal Category	
3. Type Certificate Holder:	Piper Aircraft, Inc 2926 Piper Drive Vero Beach, Florida 32960 U.S.A.	
4. Manufacturer:	Piper Aircraft, Inc 2926 Piper Drive Vero Beach, Florida 32960 U.S.A.	
5. EASA Certification Application Date:	N/A	
6. EASA Type Certification Date:	28 September 2003 (in accordance with EC 1702/2003, Article 2, para. 3. (a))	
<u>B.II. Certification Basis</u>		
1. Reference date for determining the applicable requirements:	Date of application for FAA TC for Model PA-32R-301T Saratoga II TC: 22 August 1996	
2. (Reserved)		
3. (Reserved)		
4. Certification Basis:	a) For the basic PA-32R-301T Saratoga II TC aeroplane the applicable certification basis is based on CAR 3 and FAR23 (for details on the applicable amendments and paragraphs see B.V., note 5). b) For PA-32R-301T Saratoga II TC aeroplanes equipped with the factory installed Avidyne Entegra System option the additional certification basis for installation specific items only is defined in CRI-A01 (for details on applicable paragraphs see B.V., note 6). c) For PA-32R-301T Saratoga II TC aeroplanes equipped with the factory installed Garmin G1000 Integrated Flight Deck option the additional certification basis for installation specific items only is defined in CRI-A01 (for details on applicable paragraphs see B.V., note 7).	

Letalo je bilo vpisano v register letal v ZDA najprej pod registrsko oznako N30964, leta 2009 pa je bilo z izvoznim certifikatom vpisano na lastnika GLOBE AERO, LLC z registrsko oznako N710CC.

Letalo je v lasti operaterja KUERTZ ENTERPRISE LTD, s sedežem v ZDA od 10. 4. 2015 dalje. FAA je izdala potrdilo o vpisu v register na ime novega lastnika dne 17. 4. 2015.

Iz pridobljenih podatkov in zapisov o vzdrževanju je bilo ugotovljeno, da je med močno nevihto, dne 23. 8. 2010, na letališču Bonn/Hangelar (EDKB, Nemčija) prišlo do poškodbe krila na parkirnem prostoru letališča. Iz analize dokumentacije o vzdrževanju je razvidno, da je bilo popravilo poškodbe izvedeno v skladu z navodili proizvajalca letala.



*Slika 4: Poškodba levega krila med nevihto, dne 23. 8. 2010 na letališču **Bonn/Hangelar (EDKB)***

Iz pregleda dokumentacije o uporabi letala pred nesrečo je razvidno, da je letalo letelo v dneh:

- 9. 7. 2016, 1 let v skupnem trajanju 1 ure in 10 minut (od tega 1 ura letenja po pravilih instrumentalnega letenja),
- 12. 7. 2016, 1 let v skupnem trajanju 30 minut,
- 13. 7. 2016, 4 leti v skupnem trajanju 6 ur 10 minut (od tega 3 ure 40 minut letenja po pravilih instrumentalnega letenja).

V navedenih letih pred nesrečo ni bilo zabeleženih nepravilnosti v delovanju motorja, sistemov na letalu ali radio navigacijske opreme.

1.5.5 Podatki o vzdrževanju zrakoplova

Iz dokumentacije o vzdrževanju, ki je bila na voljo preiskovalni komisiji je razvidno, da je letalo v času uporabe v ZDA večkrat zamenjalo lastnika. Letalo je imelo certifikat plovnosti in je bilo redno registrirano.

2. 4. 2008 sta bila v letalo vgrajeni dve GPS napravi Garmin 430W, ki sta zamenjali Garmin 430. Prvotno izdan obrazec 337 je bil, dne 12. 5. 2008, nadomeščen s popravljenim obrazcem. V prvotnem obrazcu ni bilo na strani 2 navedenih podatkov o letalu (vrste letala, serijske številke in ur naleta).

24. 2. 2009 so bila na letalu opravljena dela v skladu z navodili za Večja popravila in modifikacije. In sicer za vgradnjo gorivnega sistema za prelete, ki omogoča povečanje gorivnih kapacitet za 2-krat po 55 US Gal (110 US Gal), oziroma 416 litrov goriva.

Največja masa letala se zato lahko poveča na 110% in znaša v skladu z dokumentacijo 3960 lbs ali 1796,2 kg, kar je zavedeno na FAA obrazcu 337. Na tem obrazcu najdemo celoten izračun mase in uravnoteženosti za prelet in navodilo, da mora biti za let izdano posebno dovoljenje.

Pomembno je omeniti tudi, da se potovalna hitrost omeji na 136 vozlov in največja hitrost na 154 vozlov. Med takšno operacijo je prepovedana uporaba autopilota. Izogibati se je potrebno tudi pogojem srednje močne in močne turbulence. Letalo je pridobilo dovoljenje za prelet v EU in ga tudi opravilo. Med preletom na letalu ni bilo ustrezne opreme (HF radijske postaje), zato je bil prelet zaznan tudi kot incident ob pristanku na Portugalskem ozemlju s strani Transport Canada.

Avgusta 2010 je bila med nevihto leva polovica krila letala N710CC precej poškodovana na letališču Sankt Augustin. Do trka je prišlo zaradi premika letala AN-2, ki je bilo parkirano poleg N710CC.

Letalo nekaj mesecev ni letelo in je bilo obnovljeno v poškodovanih delih krila. Dokumentacija o opravljenih delih na letalu je ustrezna in poškodbe na letalu po nesreči v kateri je bilo letalo uničeno ne kažejo, da bi lahko vplivale na potek nesreče.

Iz dokumentacije o vzdrževanju je razvidno, da je bilo letalo po prihodu v Evropo (najprej v Luxemburg in nato v Nemčijo) redno vzdrževano v FAA odobrenih organizacijah za vzdrževanje. 100 urni pregledi v letu 2015 so bili na letalu opravljeni 8. 2. 2015 in 18. 12. 2015. Po podatkih znanih komisiji je bilo opravljeno vzdrževanje tudi v skladu z direktivami o plovnosti (ang. AD – airworthiness directive) in sicer do oznake BW 2015-25. Plovnost letala je bila vsakič potrjena s podpisom in žigom.

V času preiskave in pred izdajo končnega poročila je razvidno, da je registracija letala potekla 30. 4. 2018. Iz registra FAA je bilo letalo izpisano 13. 9. 2018.

Iz pridobljene dokumentacije letala, ni bilo zabeleženih odstopanj ali napak. Vzdrževano je bilo po navodilih proizvajalca in v skladu s priročnikom za vzdrževanje.

- dokumentacija o vzdrževanju letala je bila pridobljena od zadnjega lastnika letala,
- vzdrževanje v skladu z navodili proizvajalca in predpisi znotraj FAA,
- iz dokumentacije je razvidno, da je bilo letalo namenjeno za izvajanje letenja za lastne potrebe (ang. CORPORATE),
- zadnji pregled letala je bil opravljen dne 18. 12. 2015.

1.6 Meteorološki podatki

Vremenska analiza temelji na uradnih podatkih pristojne Agencije za Republike Slovenije za okolje za dan 14. 7. 2016.

1.6.1 Vremenska slika

Velik del Evrope je bil pod vplivom razmeroma hladnega in vlažnega atlantskega zraka. Vremenska fronta je segala iznad Baltika prek Vzhodne Evrope do osrednjega Balkana. Na tem območju je prevladovalo nestanovitno vreme s pogostimi padavinami, tudi nevihtami. Sončno in vroče je bilo le na jugovzhodu Evrope in v južnem Sredozemlju.

Ob severnem Jadranu se je sredi dneva zjasnilo, nad kopnim pa so še nastajale plohe in posamezne nevihte.

1.6.2 Podatki za letališča LIPZ (Benetke) IN EDDP (Leipzig)

LIPZ

METAR LIPZ 140650Z 35018KT 310V030 9999 BKN060 20/08 Q1007 TEMPO RA=
METAR LIPZ 140720Z 35021KT 310V020 9999 VCSH BKN060 19/10 Q1008
TEMPO RA=
METAR LIPZ 140750Z 35017KT 320V020 9999 SCT060 20/10 Q1009 RESH
NOSIG=
METAR LIPZ 140820Z 36017KT 280V050 CAVOK 21/09 Q1009 NOSIG=

METAR LIPZ 140850Z 36011KT 330V040 CAVOK 21/08 Q1009 NOSIG=

Na letališču LIPZ je pihal severni veter s hitrostjo okoli 20 vozlov, vidljivost je bila nad 10 km, prvi sloj oblačnosti je bil na višini 6000 čevljev, po 10.20 uri po lokalnem času ni bilo oblakov pod minimalno sektorsko višino (CAVOK).

EDDP

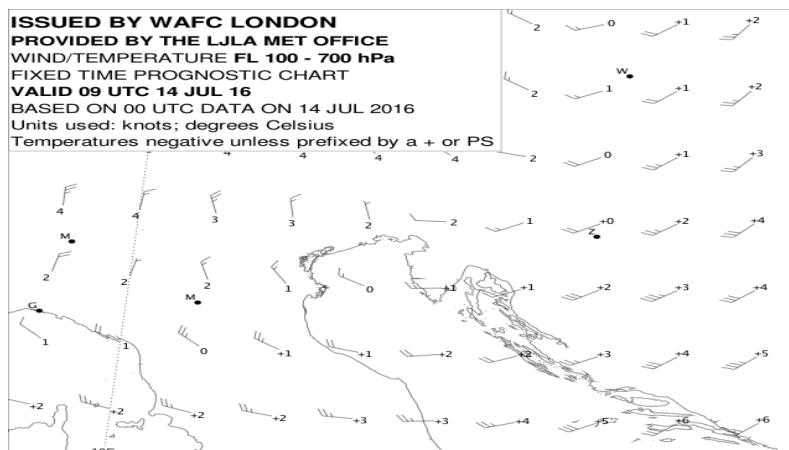
TAF EDDP 140500Z 1406/1506 31012KT 6000 BKN005 TEMPO 1406/1410 3500 RA BR BKN003

BECMG 1407/1411 30015G25KT SCT008 BKN025 BECMG 1416/1418 28010KT=

V napovedi za letališče EDDP je bila napovedana vidljivost 6 km, do 12.00 ure po lokalnem času občasen dež z vidljivostjo 3500 m, po 13. uri po lokalnem času pojav severnega vetra s sunki do 25 vozlov ter oblačnostjo z bazo na 800 čevljev in 2500 čevljev.

1.6.3 *Vetrovi*

Na FL100 je nad Italijo prevladoval veter severne smeri, ki se je nad Slovenijo obračal v jugozahodno smer.



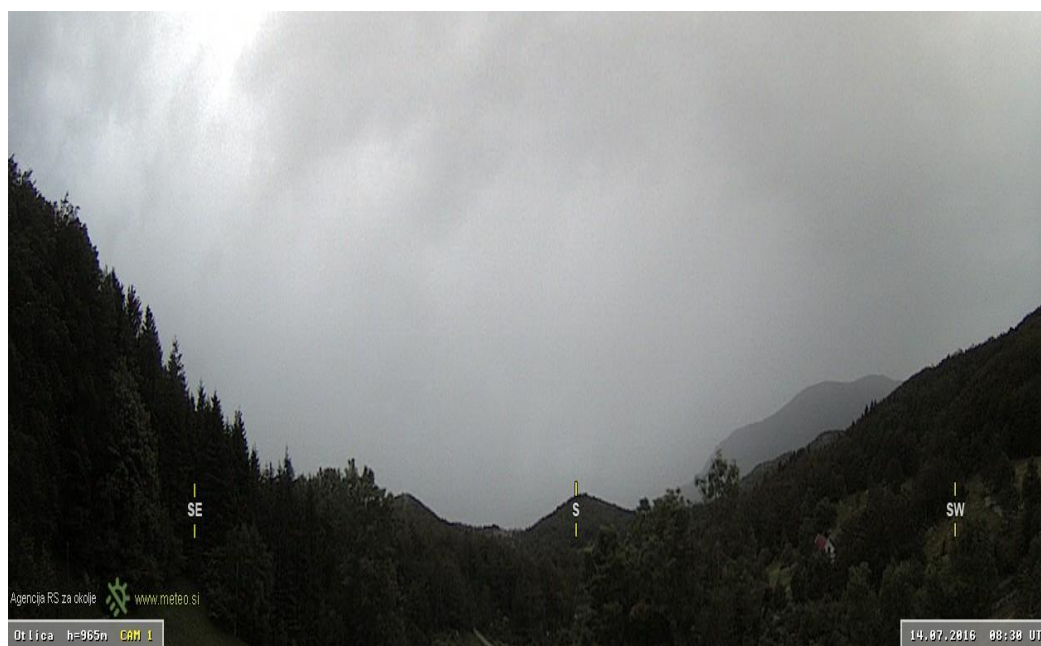
Slika 5: Splošna cirkulacija vetra na FL100 na 14. 7. 2016 ob 11.00 po lokalnem času

VREMENSKE RAZMERE

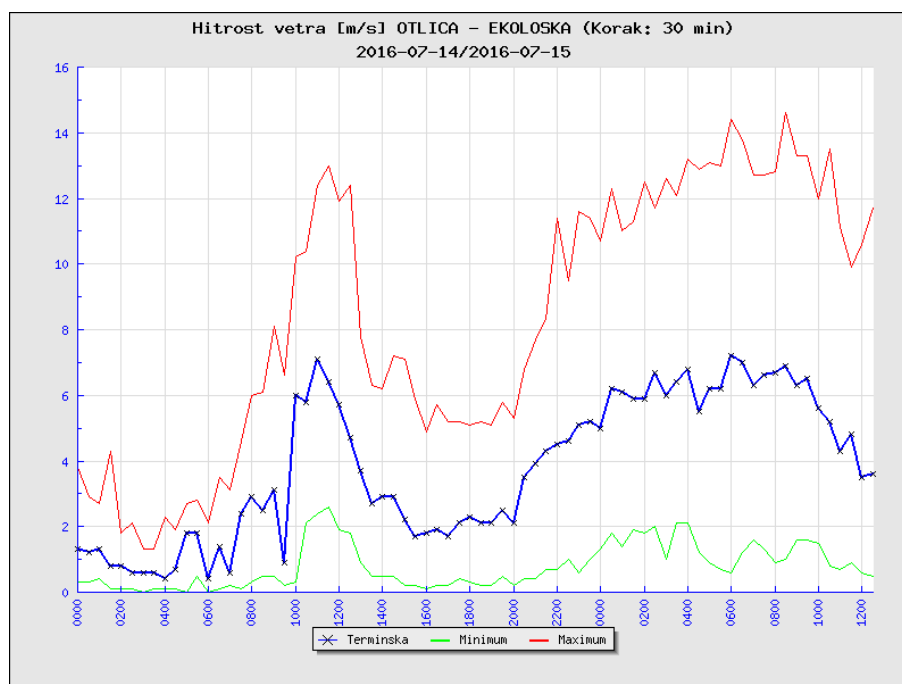
V času nesreče so nastajale plohe, pred nesrečo pa tudi posamezne nevihte, pojavljala se je konvekcija. Ob plohah in nevihtah se je vidljivost lokalno zmanjšala, lokalno so bili mogoči močnejši vetrovi, vetrovno striženje, turbulenca in zaledenitve.



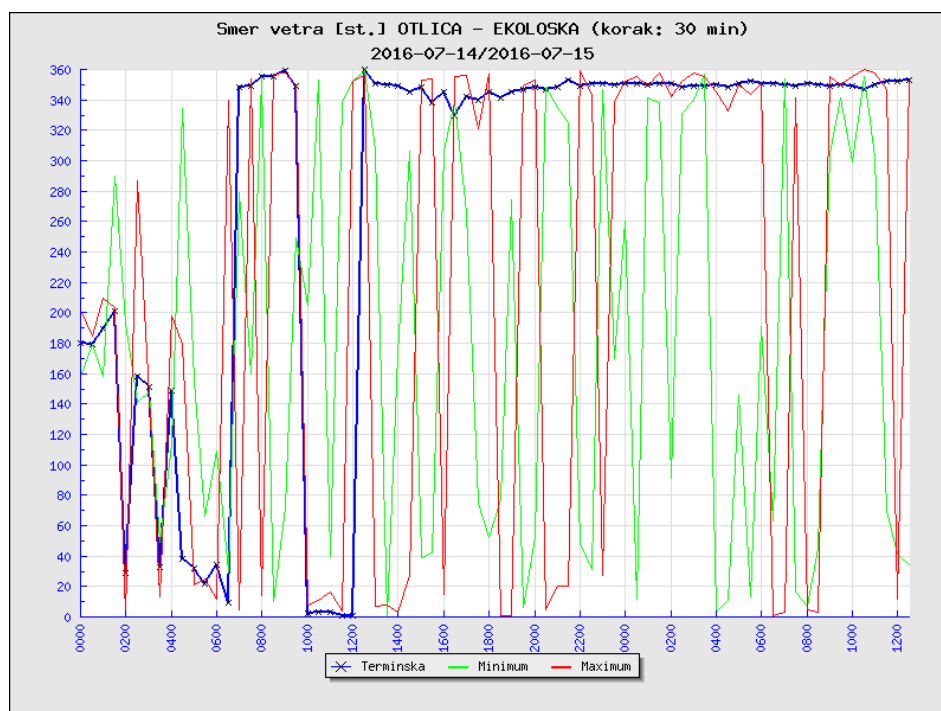
Slika 6: Slika v smeri sever z lokacije Dolenje/Ajdovščina na 14. 7. 2016 ob 10.48 po lokalnem času



Slika 7: Slika v smeri jug z lokacije Otlica na 14. 7. 2016 ob 10.30 po lokalnem času



Slika 8: Hitrost vetra na postaji Otlica



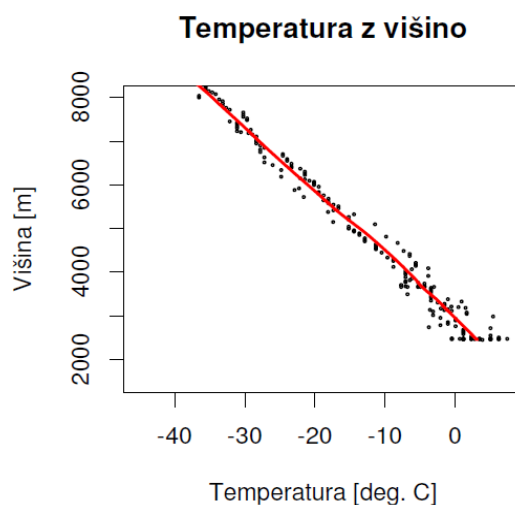
Slika 9: Smer vetra na postaji Otlica

1.6.4 Oblačnost

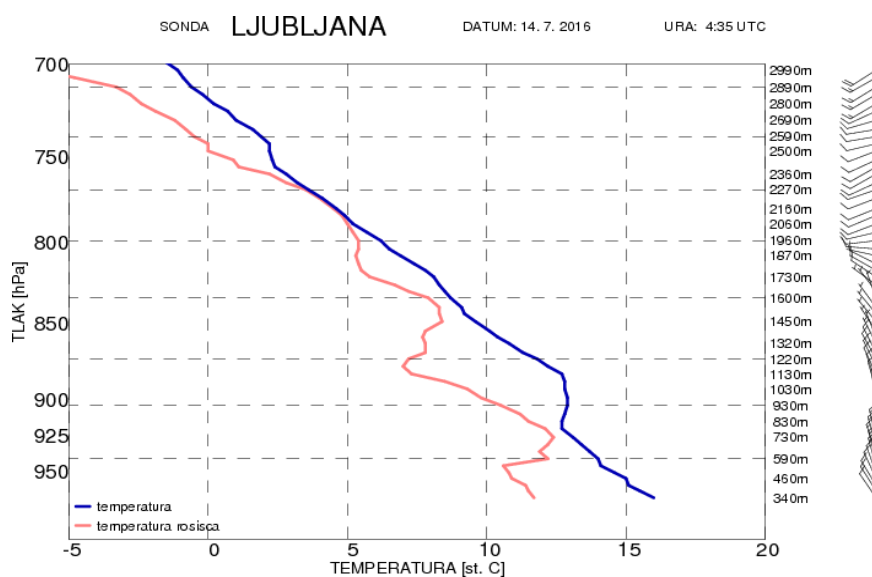
Po slikah spletnih kamer in na podlagi radarskih slik je razvidno, da so bili na območju letalske nesreče oblaki, predvsem vrste *Cumulus congestus* (TCU), in posamezni oblaki roda *cumulonimbus* (Cb). Baza je bila okoli 4000 čevljev nad terenom, vrhovi oblakov pa so segali do okoli FL200/FL280.

TEMPERATURA

Temperatura zraka je bila pod 0°C nad višino 2800 m, ob močnejših padavinah pa se lahko višina ničte izoterme zniža za nekaj 100 m.



Slika 10: Vrednosti temperature s spremembo višine



Slika 11: Potek temperature (modra) in temperature rosišča (rdeča) na 14. 7. 2016 nad Ljubljano

RELATIVNA VLAŽNOST

V oblakih je bila relativna vlažnost 100-odstotna oziroma zelo blizu 100-odstotne.

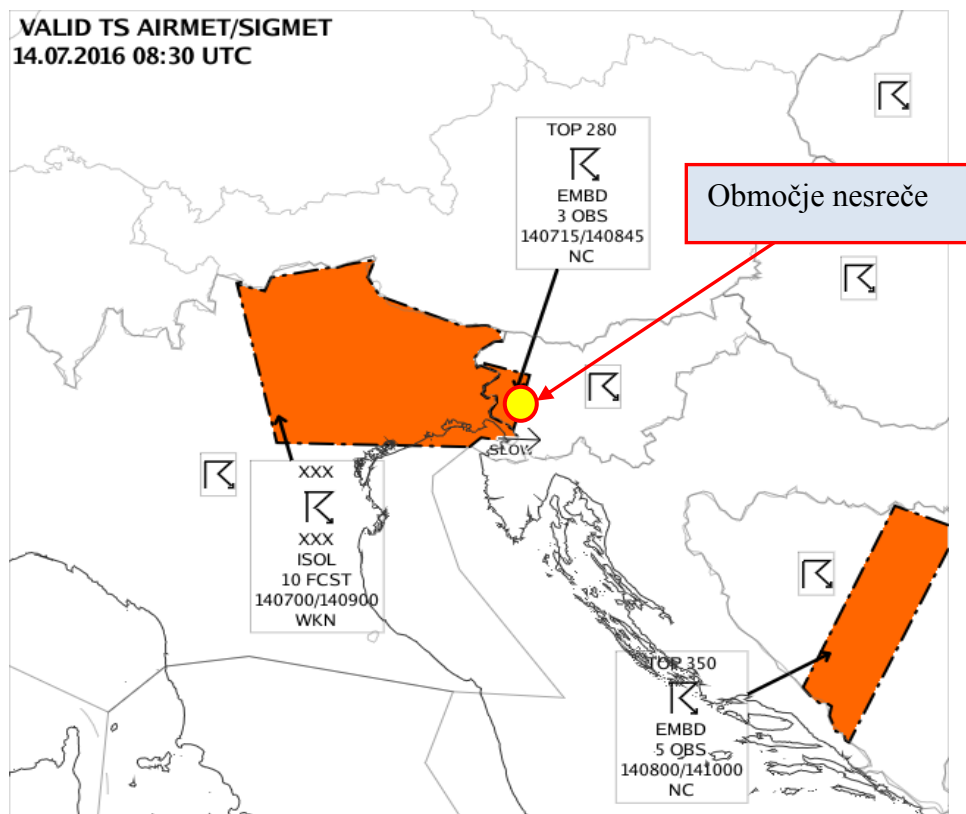
IZDANA OPOZORILA

V obdobju, ki sovпада z letalsko nesrečo, je meteorološka služba letenja za LJUBLJANA FIR izdala opozorilo za nastanek neviht v jugozahodnem delu LJUBLJANA FIR. Opozorilo je bilo izdano ob 9.23 uri po lokalnem času (7.23 UTC).

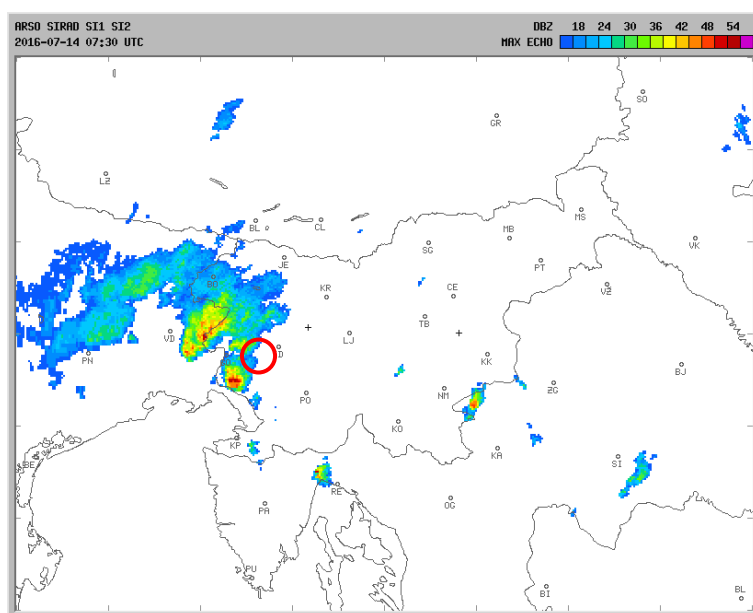
WSLJ31 LJLJ 140723

LJLA SIGMET 3 VALID 140715/140845 LJLJ-

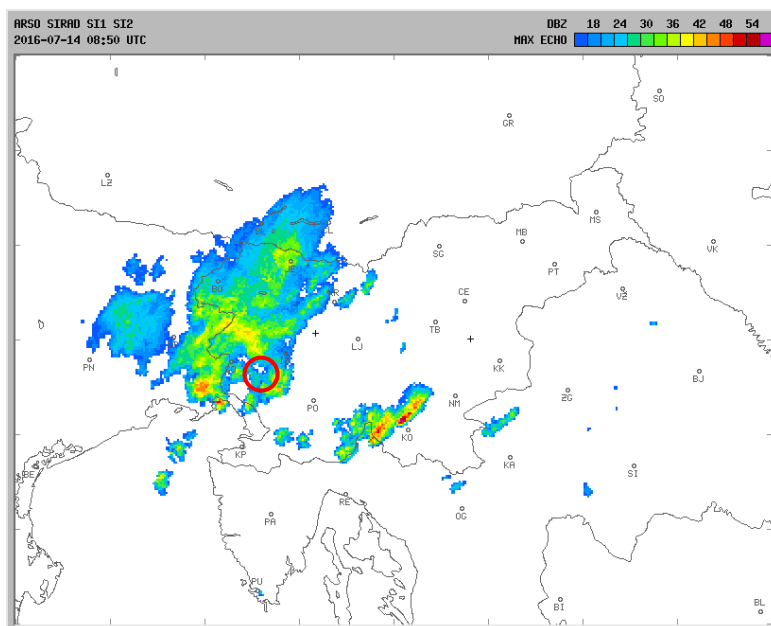
LJLA LJUBLJANA FIR EMBD TS OBS WI N4615 E01330 - N4610 E014 - N4540 E01350 - N4545 E01320 - N4615 E01330 TOP FL280 STNR NC=



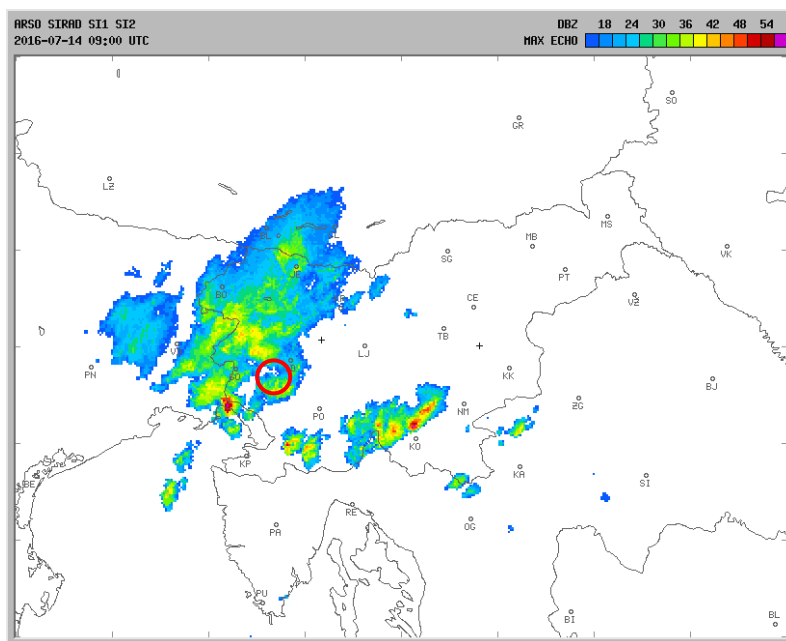
Slika 12: Območja zračnega prostora, za katera so bila izdana opozorila zaradi nastanka neviht

RADARSKÉ MERITVE PADAVIN

Slika 13: Radarska meritev ob 9.30 po lokalnem času



Slika 14: Radarska meritev ob 10.50 po lokalnem času



Slika 15: Radarska meritev ob 11.00 po lokalnem času

Po analizi zaporedja radarskih slik sklepamo, da je bilo najmočnejše konvektivno dogajanje na območju severne Primorske od 9.00 do 10.00 ure po lokalnem času, pozneje pa se je konvektivna dejavnost zmanjševala, pojavljale so se padavine, predvsem v obliki ploh (glej slike 13, 14 in 15). Nova nevihtna celica se je razvila na meji z Italijo, in sicer južno od Nove Gorice, po 11.00 uri po lokalnem času (slika 15 – rdeča barva).

1.6.5 Povzetek vremenskih razmer

14. julija 2016 so na območju Predmeje v času nesreče letala N710CC prevladovali naslednji pogoji:

- na poti od Benetk do Slovenije je bilo nekaj nizke oblačnosti, ki je segala do višine približno FL100 (10 000 čevljev);
- v jugozahodni Sloveniji so nastajali konvektivni oblaki z bazo na okoli 4000 čevljev ter vrhom med FL200 in FL280;
- vidljivost je bila zaradi padavin in oblakov močno zmanjšana;

- temperatura pod 0°C je bila nad 9000 čevljev, ob močnejših padavinah se praviloma višina ničte izoterme zniža;
- pojavljale so se plohe, pred nesrečo in po njej tudi posamezne nevihte;
- zaradi konvektivnih oblakov so bili ugodni pogoji za nastanek zmernih do močnih vertikalnih gibanj, zmerne do močne turbulence in zmernih do močnih zaledenitev v plasti od 8500 čevljev do FL200;
- relativna vlaga v oblakih je bila okoli 100-odstotna.

1.7 Podatki o radijski zvezi

Pilot letala N710CC je ob 10:26:48 uri po lokalnem času (8:26:48 UTC), po vzletu iz letališča v Benetkah, vzpostavil stik s pristojno kontrolo letenja Padova. Letalo je po prvotni odobritvi kontrole letenja vzpenjalo na nivo leta FL120. Zaradi prihodov letal na letališče Ronchi je moralo letalo prekiniti vzpenjanje na nivoju leta FL90. V prvem kontaktu je pilot zaprosil za izogibanje slabemu vremenu s spremembo smeri 10° desno v trajanju ene minute, kar je kontrolor odobril. Letalo se je takrat nahajalo na višini 6500 čevljev. Padova je letalo predala kontrolorju letenja Ronchi radar. Ker je letalo za prelet zahodne Slovenije in Alp potrebovalo večjo višino, je pilot predvidel vzpenjanje na nivo FL 110 in nadaljevanje leta najprej proti vzhodu (proti radio-navigacijskem sredstvu DOL) in nato proti Celovcu (Klagenfurt). Nad DOL bi letalo nadaljevalo vzpenjanje na FL120 v skladu z načrtom poleta.

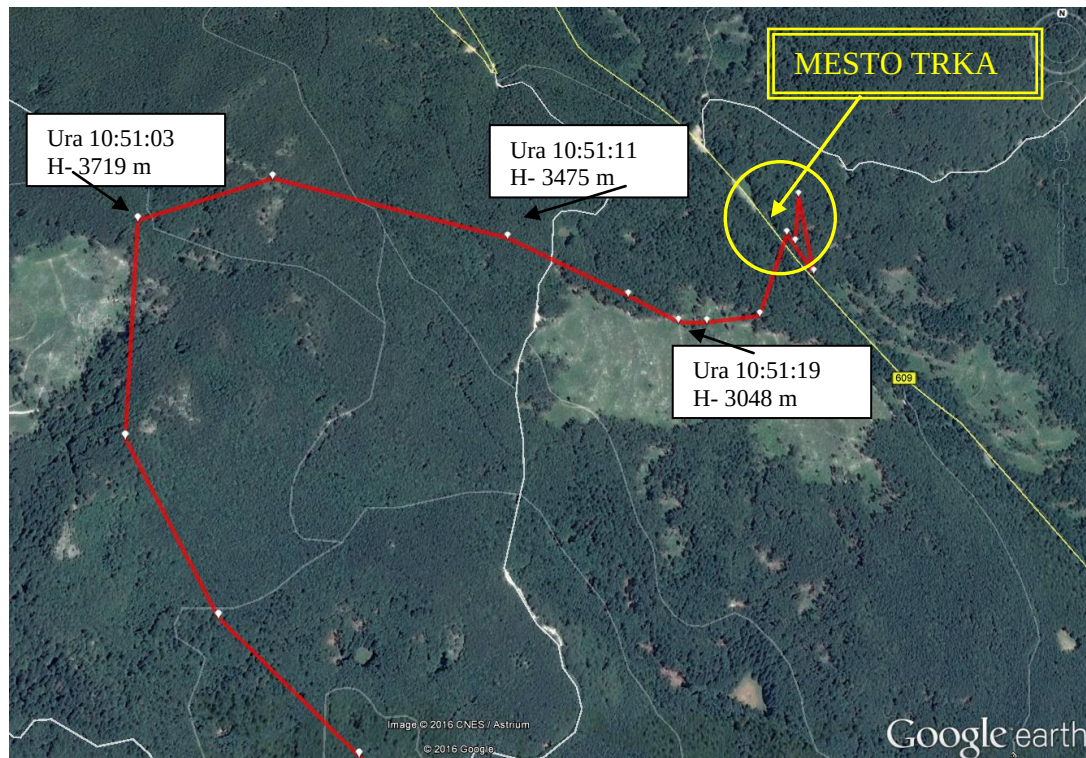
Komisija je od Kontrole zračnega prometa Slovenije prejela zvočni zapis komunikacije med pilotom in kontrolorjem in sicer od vstopa v slovenski zračni prostor, do trenutka izgube radarskega stika. Posnetek traja 7 minut in 19 sekund. Prepis je komunikacija med pilotom in kontrolorjem, ki delno oriše tudi vremensko situacijo v področju zahodne Slovenije.

PREPIS GLASOVNE KOMUNIKACIJE

Vir posnetka	Snemalni sistem Ricochet.
Lokacija posnetka	FTP strežnik.
Datum posnetka	14.7.2016
Časovni interval posnetka	Od 08:44:40 do 08:52:30 UTC
Vrsta glasovne komunikacije	Frekvenca 135,275 MHz Ljubljana Approach Radar

Čas (UTC)	Pilot:	Kontrolor letenja:
08:45:28	November...eh...Ljubljana Radar N710CC good morning.	<i>N710CC Ljubljana Radar...Ljubljana Approach Radar dober dan, identified. Maintain FL 130, confirm avoiding action?</i>
	Ok, we maintain 130 due to freezing conditions, then I would prefer to go direct Klagenfurt, if possible.	<i>N710CC roger, when convenient direct Klagenfurt approved.</i>
08:46:02	Direct Klagenfurt approved, thank you very much Sir.	
08:46:25		<i>N710CC sqawk 6501.</i>
	6501 is coming down.	
		<i>And N710CC verify your level, I have indication level 135.</i>
	Ok we descend a little bit, but I have icing problems, so if possible I would pre...prefer to stay a little bit longer on this altitude.	<i>N710CC roger, level 135 is approved.</i>
08:46:54	135 is approved, thank you very much Sir.	
08:50:40		<i>N710CC advise intentions.</i>
	Intentions are going to ...eh... Klagenfurt first.	<i>Ja, but you are in turn now.</i>
	Ok, but I am avoiding here a big CB, now I am going back on course 034 (static interference due to thunderstorm cloud proximity near airplane).	<i>N710CC for information minima ahead is level 120.</i>
	(Transmission, with no modulation)	
08:51:27	Mayday, Mayday (followed by a few transmissions with no modulation)	<i>Confirm N710CC Mayday Mayday?</i>
		<i>N710CC Ljubljana do you read?</i>
		<i>N710CC M...(unclear sound, background communication of</i>

		<i>controllers about Mayday).</i>
		<i>N710CC?</i>
08:52:10		<i>N710CC identification lost.</i>



Slika 16: Del elementov leta, pridobljeni na podlagi analiz radarskih posnetkov

1.8 Podatki z mesta nesreče

Služba za preiskovanje letalskih nesreč in incidentov je bila o nesreči obveščena nekaj minut po dogodku s strani OKC in pozneje s strani ReCO in KZPS. Policija je pred prihodom glavnega preiskovalca kraj nesreče ustrezno zavarovala. Ob prihodu glavnega preiskovalca so bili na kraju nesreče predstavniki NMP, gasilci, policisti in predstavniki PU Nova Gorica. Ogled kraja nesreče je potekal ob vzporednem ogledu policije. Preiskava na mestu dogodka je trajala dva dni.

Mesto padca je bilo ob neposredni bližini lokalne ceste, ki je zagotavljala hiter dostop gasilcev, policije in ostalih reševalnih služb. Razbitina letala je bila koncentrirana v ozkem radiju od 5 do 7 m od točke trka. Na gostih vejah dreves okoli razbitine letala niso najdeni sledovi, kar kaže na vertikalno strmoglavljenje pod kotom 90° glede na gozdni teren. Prednji del razbitine letala je bil v požaru močno uničen in neprepoznaven. Kabina letala je bila skupaj z instrumentalno

ploščo zaradi požara povsem uničena. Ogenj je zajel tudi del trupa letala, kjer so bile vidne deformacije izpostavljenosti visokim temperaturam, ki so se razširile v smer proti repnim površinam letala. V neposredni bližini razbitine so bili delno ožgani predmeti in deli, ki so ob trku izpadli iz notranjosti letala.

Na oddaljenosti približno 15 m od mesta trka je bil najden del krilca. Trupla ponesrečencev so bila po dokumentiranju z mesta dogodka prenesena na Inštitut za sodno medicino – ISM Ljubljana.

1.9 Medicinski in patološki podatki

Na podlagi poročila ISM Inštituta za sodno medicino ter pregleda dokumentacije pilota ni bilo ugotovljenih dejavnikov bolezni ali zdravstvenih omejitev, ki bi vplivali na nesrečo. Izvidi toksikoloških preiskav so bili negativni.

1.10 Podatki o požaru

Letalo je po trku ob teren zagorelo. Ogenj je zajel prednji ter letala, kabino in krila, ki so se zaradi izpostavljenosti visoki temperaturi povsem deformirala. Požar so neposredno po dogodku pogasili gasilci iz lokalnih enot, s čim so preprečili širjenje požara proti trupu in repu letala. Požara v naravi na kraju nesreče ni bilo.

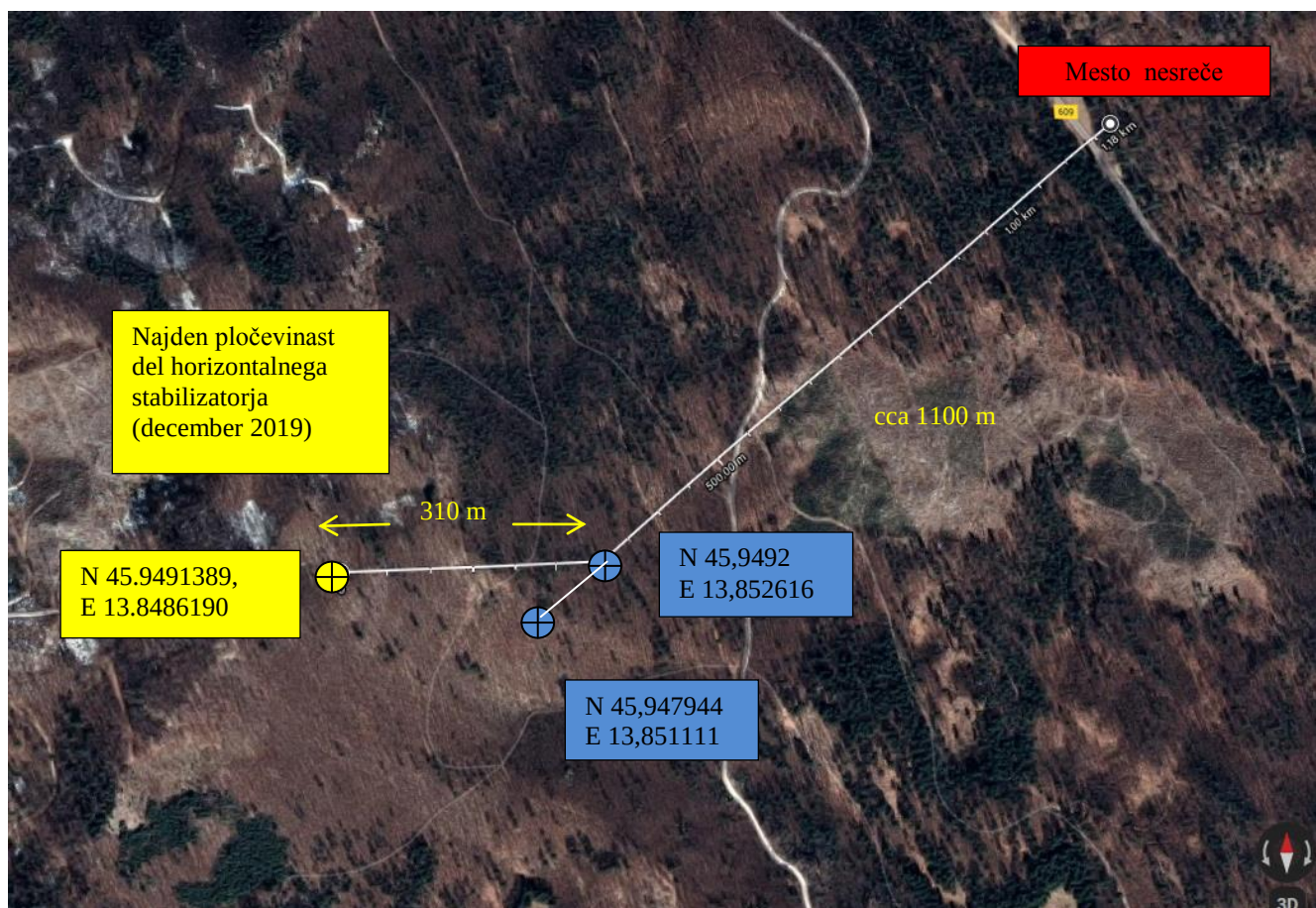
1.11 Podatki o možnostih preživetja

Zaradi posledice trka letala v teren, možnosti preživetja pilota in potnikov v tem dogodku ni bilo. Na letalu je bila vgrajena ELT naprava, ki je ob nesreči sprožila signal tako, da ga je kontaktna točka SAR v Sloveniji sprejela ob 10:57 uri lokalnem času (08:57 uri UTC) in takoj posredovala pristojni službi za sprožitev iskanja in reševanja. Iz analize podatkov posredovanja signala ELT izhaja, da je od časa nesreče, ki se po podatkih kontrole zračnega prometa šteje od časa izgube radarskega signala (08:52:10 UTC) do sprejetega sporočila o sprožitvi in identifikaciji ELT naprave, minilo 5 min. V vmesnem času je kontrola zračnega prometa, po prekinitvi komunikacije s pilotom in izgube radarske slike sprožila SAR tako, da so pristojne službe že bile aktivirane.

1.12 Iskanje in položaj najdenih delov horizontalnega stabilizatorja

Po končani preiskavi na mesto dogodka je komisija organizirala iskanje delov horizontalnega stabilizatorja. Po analizi radarskih posnetkov, vremenske situacije v času dogodka in komunikacije pilota s kontrolorjem ATC, je bilo v pripravi označeno območje iskanja terena velikosti 750 m x 1200 m zahodno od položaja strmoglavljenja letala. Ob logistični pomoči je bilo območje iskanja pregledano najprej z brezpilotnimi letali. Po analizi posnetkov iz brezpilotnih letal je nato komisija pripravila prioritarno območje iskanja in zaprosila za logistično pomoč pripadnikov civilne zaščite iz lokalnega okolja - mesta Predmeja v občini Ajdovščina. V iskalni akciji je v pripravi in iskanju sodelovalo približno 120 oseb.

Oba dela horizontalnega stabilizatorja sta bila najdena v iskalni akciji dne 8. 10. 2016 na območju približno 1 km jugozahodno od mesta trka letala. Kasneje, decembra 2019, je najden še manjši del pločevine, velikosti približno 45 x 30 cm, ki je del horizontalnega stabilizatorja.



Slika 17: Položaji najdenih delov horizontalnega stabilizatorja

NAMENOMA PRAZNO

2. ANALIZA

2.1 Splošno

Na podlagi pridobljenih podatkov iz posnetkov radarskih naprav, ki so beležili podatke o letu letala in analizi posnetkov komunikacije, ki jih je posredovala KZPS, je bila narejena analiza poti letala. Po opravljenih pregledih razbitine letala, motorja in propelerja, ni bilo ugotovljenih dokazov o motnjah ali mehanskih napakah, ki bi nakazovale na vpliv delovanju motorja, propelerja, krmilnega sistema letala. Kazalniki na instrumentih letala so bili uničeni v nesreči, prav tako navigacijska oprema⁴ iz katere ni bilo možno pridobiti podatke o elementih leta letala.

2.2 Analiza horizontalnega stabilizatorja - ZAG

(Oddelek za materiale, Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito)

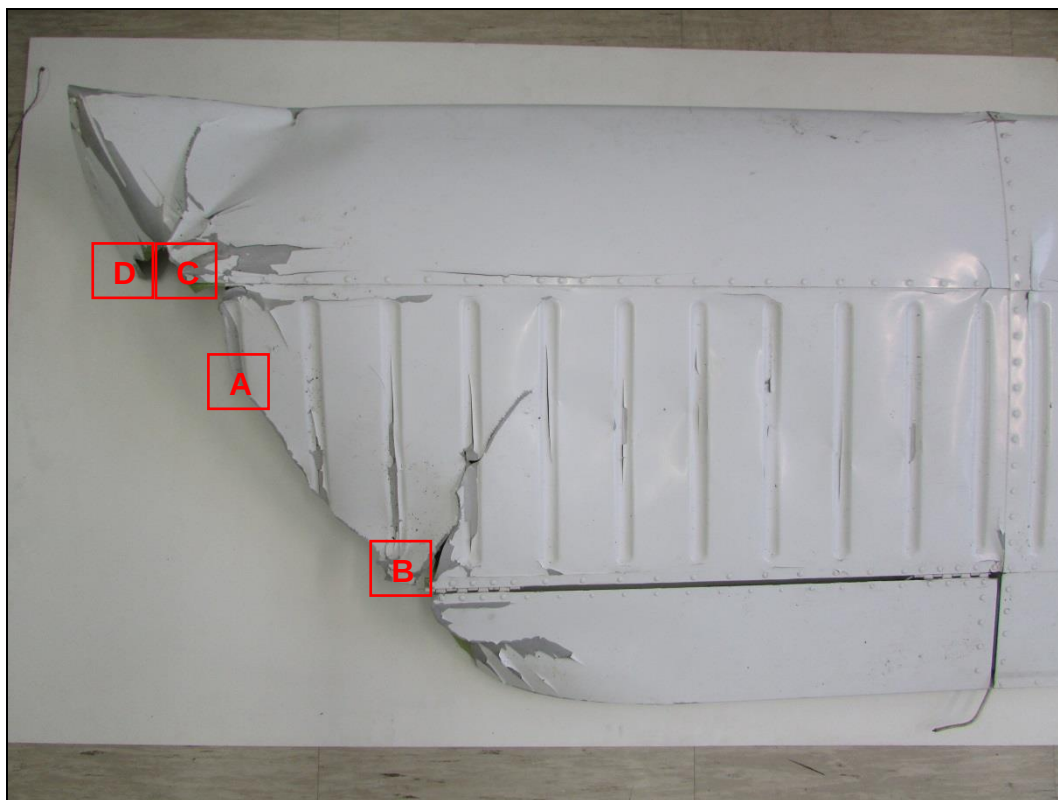
Vizualni pregled in fraktografska preiskava horizontalnega stabilizatorja ni pokazala utrujenostnih poškodb materiala. Vsi preiskani vzorci pločevine stabilizatorja, ki je bil najden kasneje ločeno od pozicije strmoglavljenja letala, ustrezajo zahtevam za kvaliteto vgrajenega materiala na letalu.

Analiza je pokazala, da so porušitve posledica nekaj izmeničnih upogibnih obremenitev, pri katerih so napetosti presegale napetost tečenja (mejo plastičnosti) materiala. V bližini prelomov so bile pločevine deformirane v več smereh. Nikjer v območju lomov ni bilo najdenih korozijskih poškodb ali drugih mehanskih poškodb, ki bi lahko predstavljala inicialna mesta za nastanek utrujenostnih razpok ali pa zmanjšala nosilnost tako konstrukcijskih elementov, kot tudi konstrukcije horizontalnega stabilizatorja kot celote.

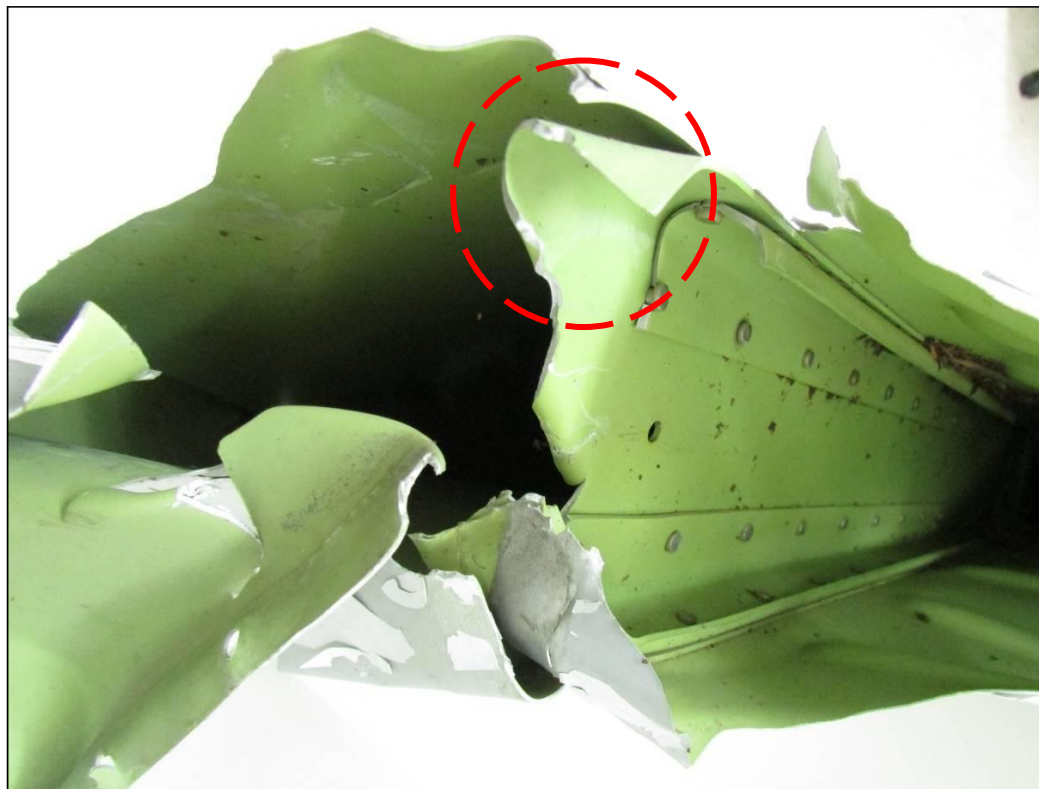
Iz analize preiskave stabilizatorja sklepamo, da se je horizontalni stabilizator porušil v nekaj zaporednih ciklih izmeničnega upogibanja (v več smeri), kar se imenuje nizkociklično utrujanje (ang: low cycle fatigue). Izmenično upogibanje horizontalnega stabilizatorja je verjetno nastalo pri dinamičnem aeroelastičnem pojavu, ki ga imenujemo flater⁵ (ang. flutter).

⁴ Za to kategorijo letala ni obvezna oprema o snemalnikih elementih leta in snemalniku glasovne komunikacije.

⁵ Flater je aeroelastični pojav, ki v najhujši obliki povzroči porušitev konstrukcije.

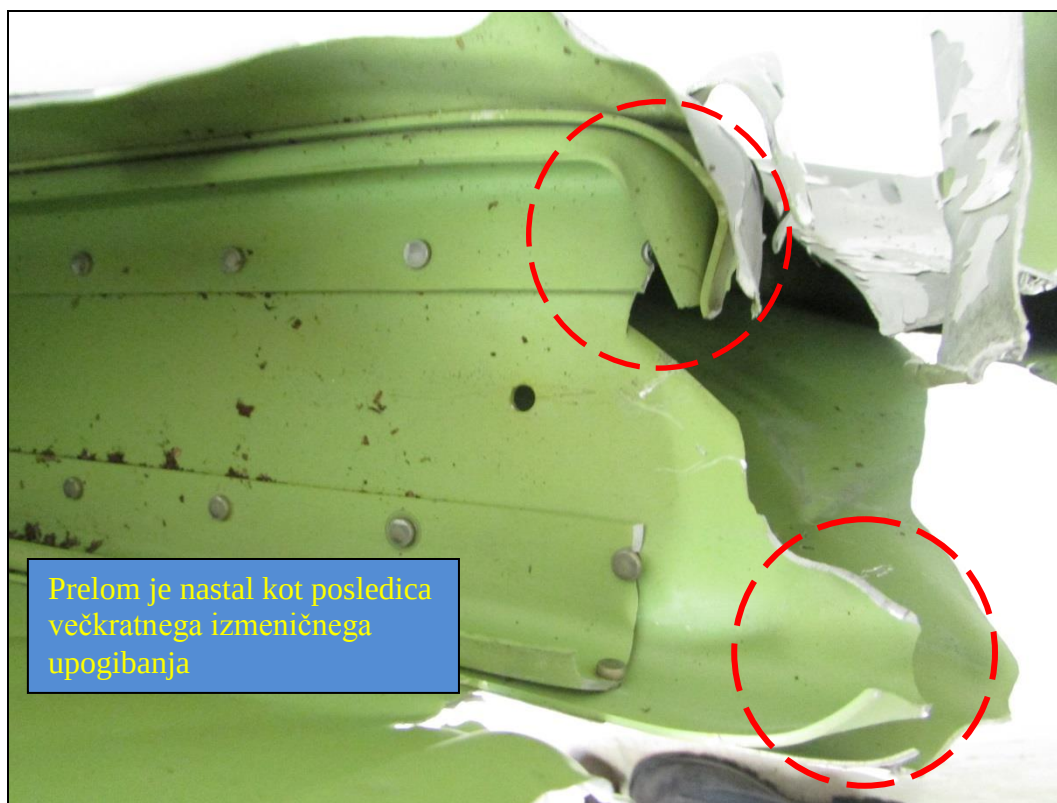


Slika 18: Zgornja stran višinskega krmila z delom trimerja (desni del)



Slika 19: Vzdolžni nosilec repnih površin (mesto loma)

S kvadrati so označene lokacije vzorcev pločevin, na katerih so podrobno pregledane lomne ploskve. Lokaciji D in C: sprednja pločevina spodaj in zgoraj – začetek lomnih ploskev, lokacija A: srednja zgornja pločevina – potek loma, lokacija B: zadnji del srednje pločevine, preloma, ki potekata preko dveh kovičenih mest.



Slika 20: Mesto preloma na profilu vzdolžnega nosilca (zgornja stran je spodaj)

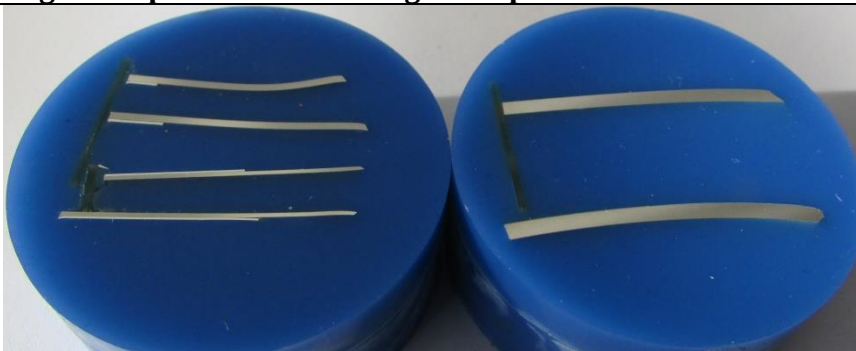
Obe začetni mesti preloma sta označeni s krogoma. Glede na obliko stranice profila lahko sklepamo, da je prelom nastal po večkratnem izmeničnem upogibu.

Omenjeni pojav bi bil lahko posledica akumulacije ledu na horizontalnem stabilizatorju, delu višinskega krmila, ki se nahaja pred vrtilščem krmila, smernem stabilizatorju in na delu smernega krmila, ki se nahaja pred njegovim vrtilščem. Obstaja tudi velika verjetnost, da pilot zaradi navedenega ni mogel premikati višinskega krmila.

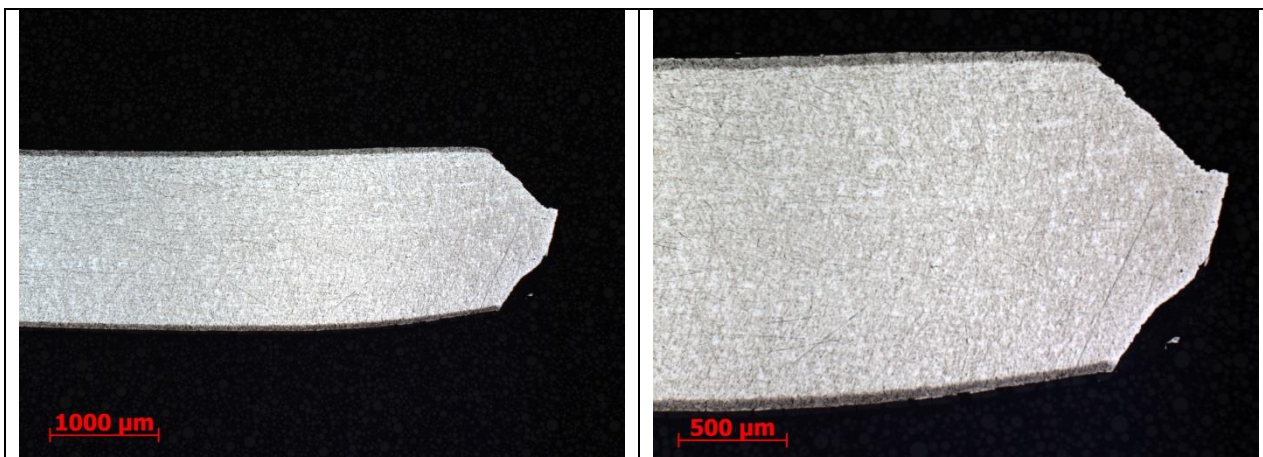
2.2.1 Rezultati metalografske preiskave – metalografski posnetki – ZAG

Zaradi obsežnosti dokumenta je v tem poročilu prikazan del dokumentacije, ki se nanaša na analizo metalografske preiskave. Številke fotografij⁵ v tem delu so identične s številkami celotnega poročila o analizi horizontalnega stabilizatorja, ki je narejena na Oddelku za materiale, Laboratorij za kovine, korozijo in protikorozijsko zaščito pri ZAG.

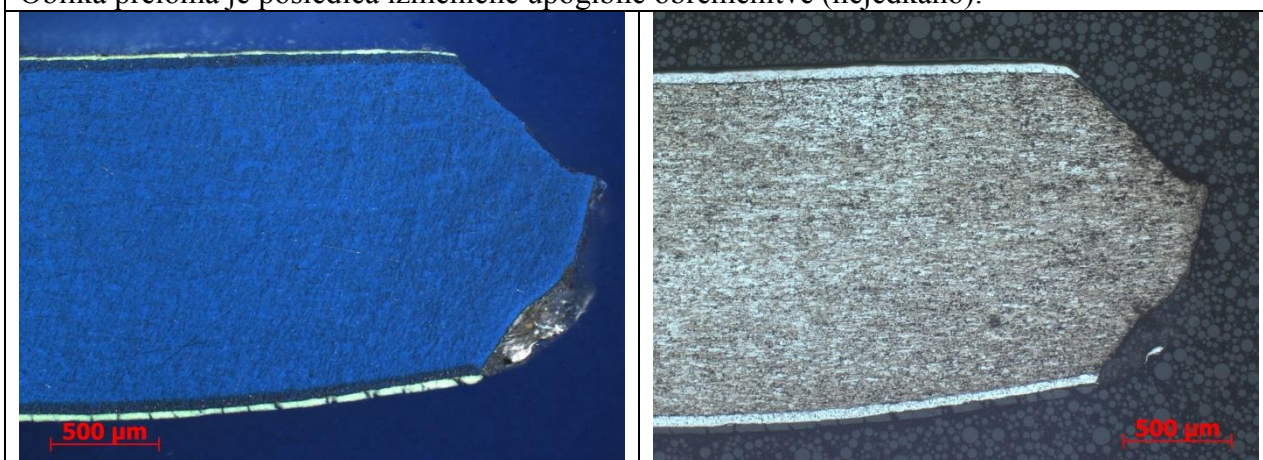
Namen preiskav je ugotavljanje narave lomov, prisotnosti morebitnih utrujenostnih razpok ali drugih poškodb, ki bi lahko doprinesle k zmanjšanju konstrukcijske odpornosti horizontalnega stabilizatorja ter ugotavljanje mehanskih lastnosti materiala. Odvzete razbitine so bile označene z interno oznako Z/1886/17. Laboratorijske preglede in preiskave so izvedene v času od 23. 10. 2017 do 6. 12. 2017 v laboratorijih ZAG.

Rezultati metalografske preiskave – metalografski posnetki	
	
Slika 89: Pripravljena metalografska obrusa prerezov pločevin oplata in vzdolžnega profila poleg mest preloma. Na levem obrusu so prerezi sprednje pločevine (mesti C in D) ter pločevini iz mesta B (B 1 in B 2). Lokacije odvzema so prikazane na sliki 12. Na desnem obrusu sta prereza pločevin vzdolžnega nosilca (vzorca 1 in 2 – vzdolžni profil), lokacija odvzema pa je prikazana na slikah od 61 do 63. IMG-5590	
Vzdolžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca (poleg mesta preloma)	

⁵ Številke fotografij v tem delu poročila so identični s številkami celotnega poročila o metalografski preiskavi – ZAG št. P 808/17 – 440 – 1 .

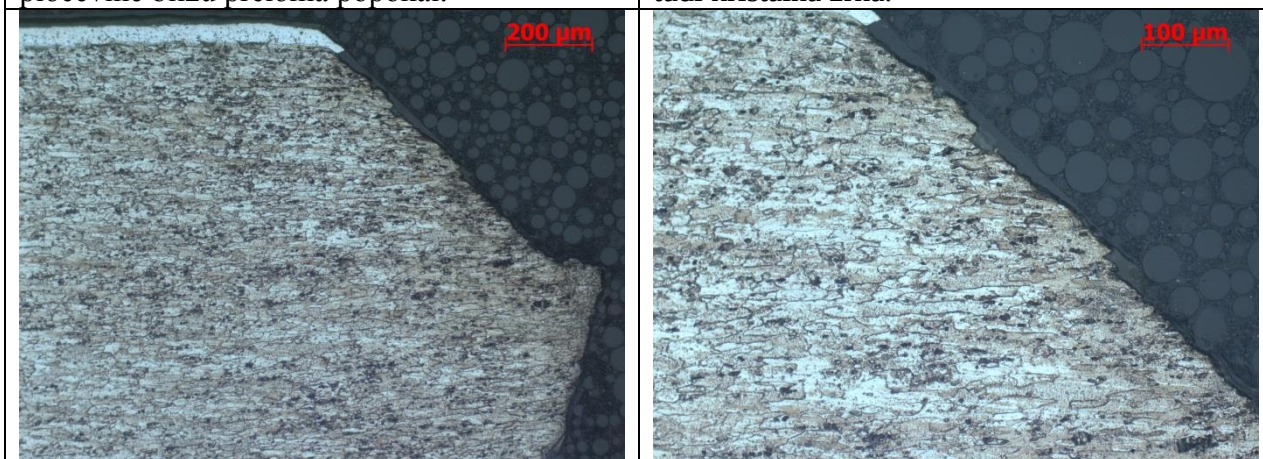


Sliki 90 in 91: Vzдолžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca. Vzorec 1 poleg preloma. Oblika preloma je posledica izmenične upogibne obremenitve (nejedkano).

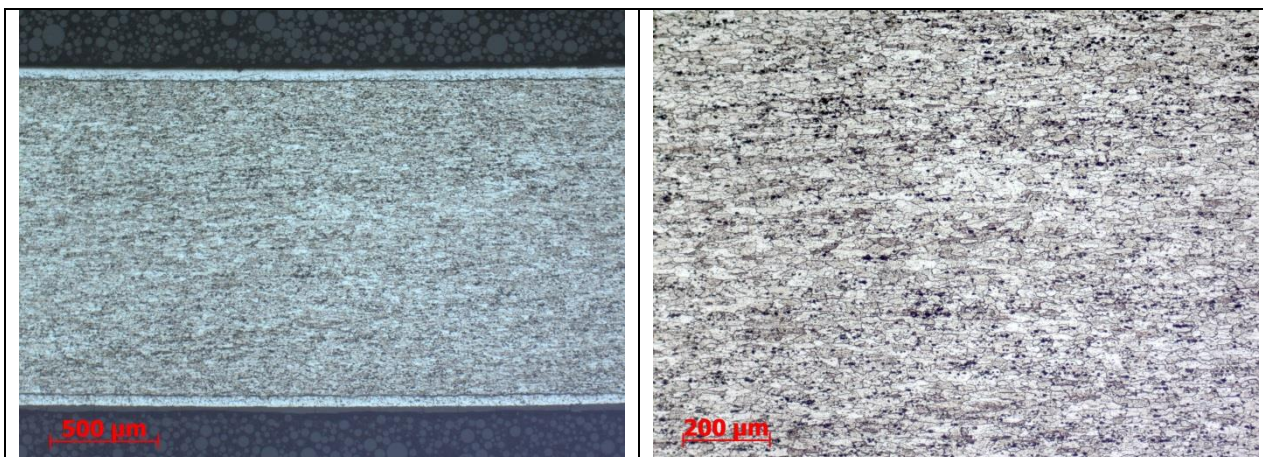


Slika 92: Vzorec 1 poleg preloma (nejedkano, polarizirana svetloba). Osnovni protikorozijski premaz na površini je zaradi raztezka pločevine blizu preloma popokal.

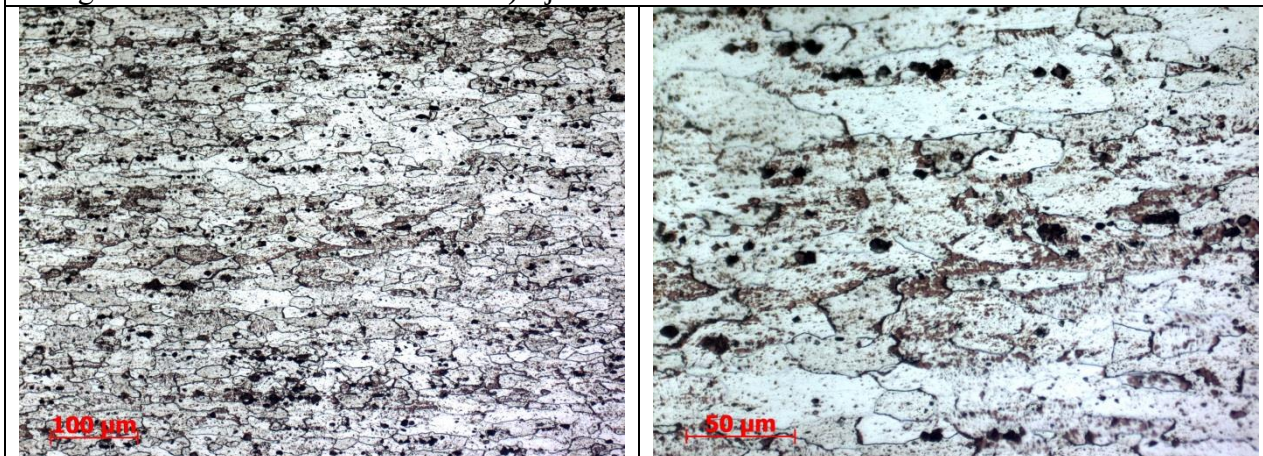
Slika 93: Vzorec 1 poleg preloma (jedkano). Zaradi raztezka in zoženja (kontrakcije) pločevine v bližini preloma so deformirana tudi kristalna zrna.



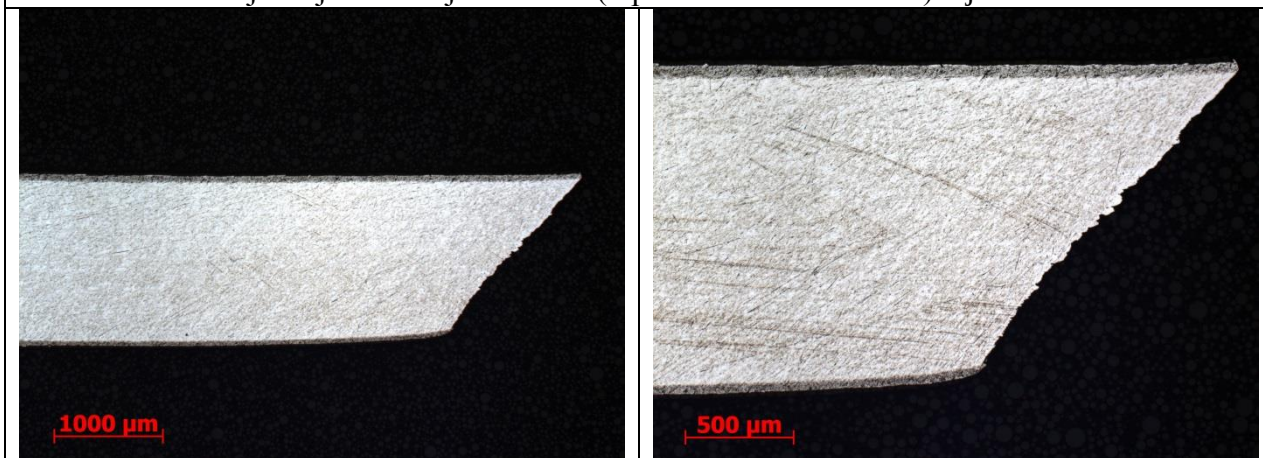
Sliki 94 in 95: detajla poleg preloma. Kristalna zrna ob lomni ploskvi so se porušila v smeri obremenitve, prelom je žilave narave (jedkano).



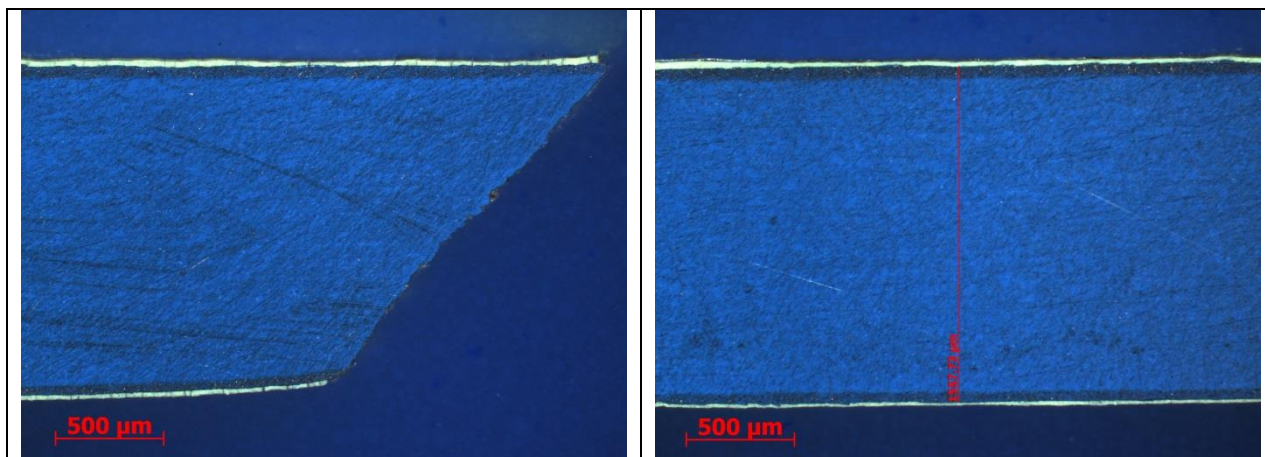
Sliki 96 in 97: Vzorec 1 – vzdolžni prerez pločevine nosilca v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma. Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno zlitine AW-1230 ali čistega Al visoke čistoče t. i. “Alclad”) - jedkano.



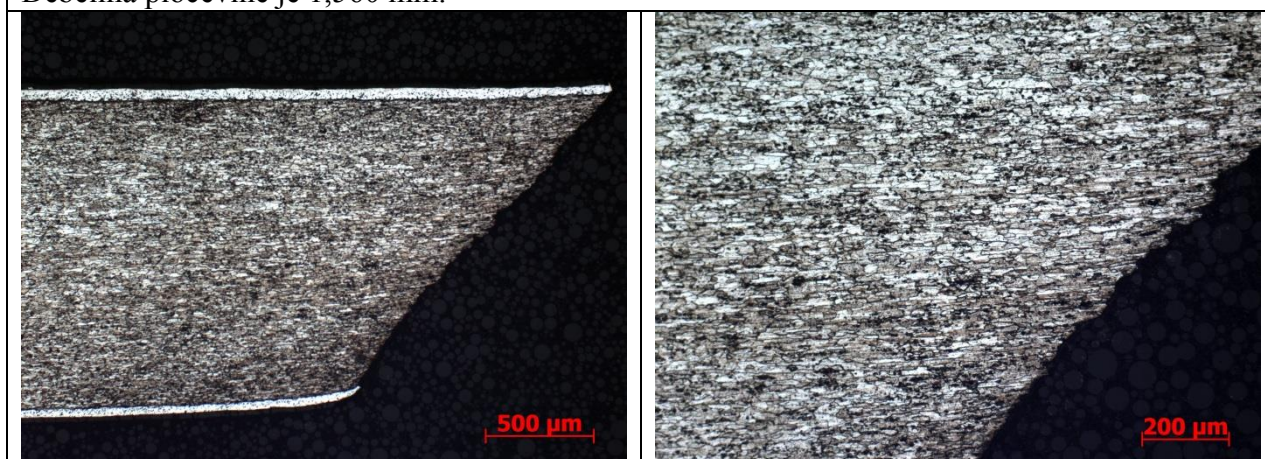
Sliki 98 in 99: Vzorec 1 – vzdolžni prerez pločevine nosilca v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma. Detajli mikrostrukture pločevine zlitine 2024: različni precipitanti intermetalnih spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α : netopni delci $(\text{Cu,Fe,Mn})\text{Al}_7$, drobni temni delci so CuMgAl_2 , $\text{Cu}_2\text{Mn}_3\text{Al}_{20}$ in Cu_2FeAl_7 . Zlasti prisotnost faz CuMgAl_2 (S-faze) in CuAl_2 (θ') kaže na izločevalno utrjevanje aluminijeve zlitine (toplotna obdelava zlitine) – jedkano.



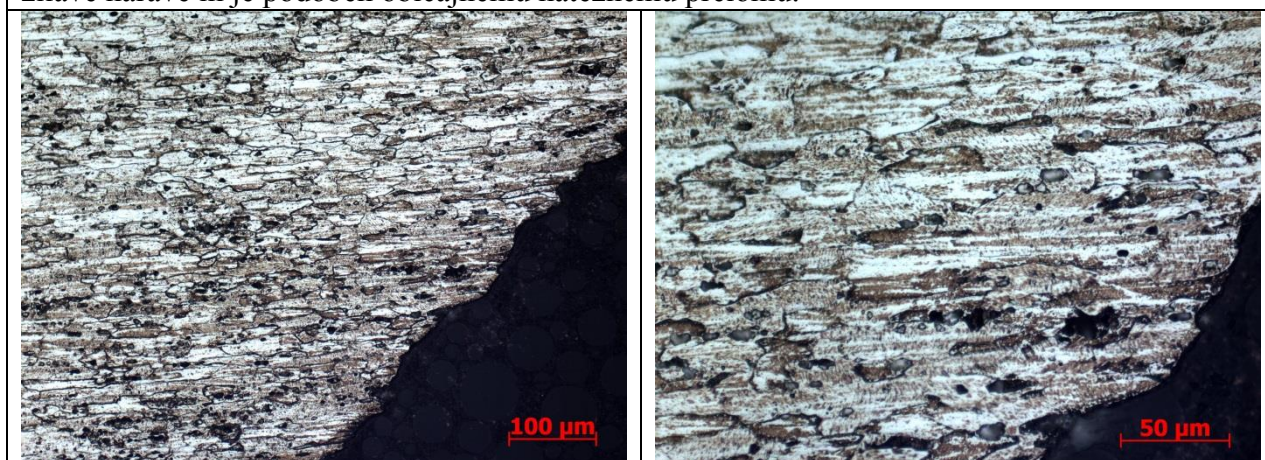
Sliki 100 in 101: Vzdolžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca. Vzorec 2 poleg preloma. Oblika preloma je posledica upogibne in natezne obremenitve (nejedkano).



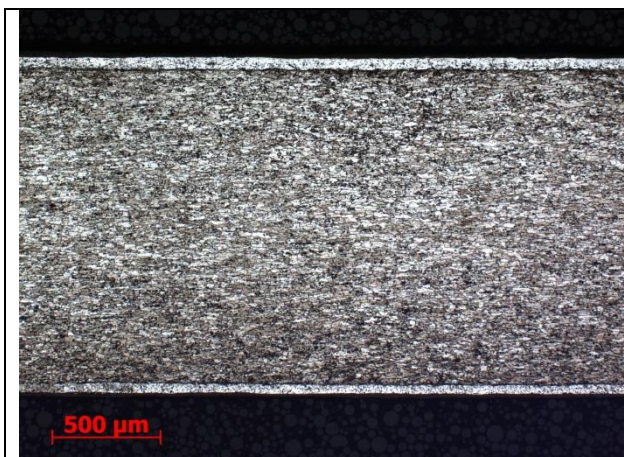
Sliki 102 in 103: Vz dolžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca. Vzorec 2 poleg preloma in na oddaljenosti okoli 20 mm od preloma (nejedkano, polarizirana svetloba). Osnovni protikorozijski premaz na površini (svetlo) je zaradi raztezka pločevine blizu preloma popokal. Debelina pločevine je 1,560 mm.



Sliki 104 in 105: Vz dolžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca. Vzorec 2 poleg preloma. Zaradi raztezka in zoženja (kontrakcije) pločevine v bližini preloma so hladno deformirana tudi kristalna zrna. Zaradi tega se je trdota v bližini preloma povečala (jedkano). Prelom je relativno žilave narave in je podoben običajnemu nateznemu prelomu.



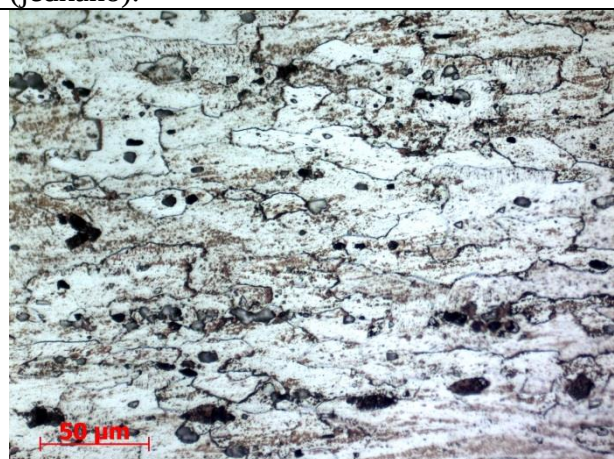
Sliki 106 in 107: Vz dolžni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca. Vzorec 2 poleg preloma – detajla mikrostrukture.



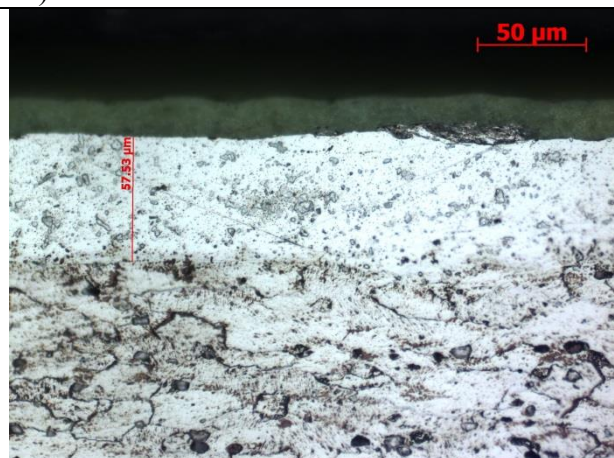
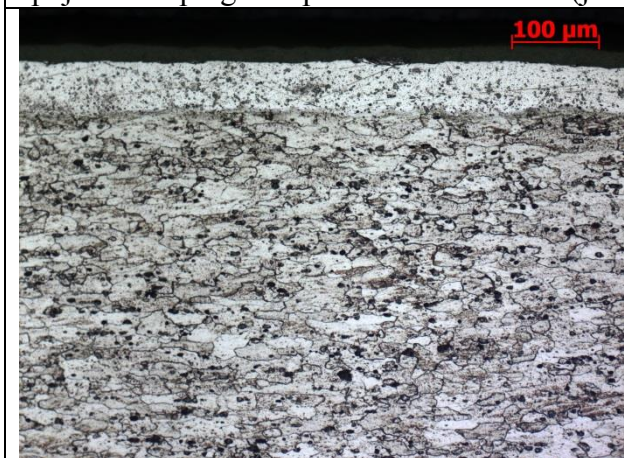
Slika 108: Vzorec 2 – vzdolžni prerez pločevine nosilca v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma. Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno AW-1230) - jedkano.



Slika 109: Vzorec 2 – vzdolžni prerez pločevine nosilca v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma. Mikrostruktura pločevine je enakomerna preko celotnega prereza, kristalna zrna so deformirana v smeri valjanja pločevine (jedkano).



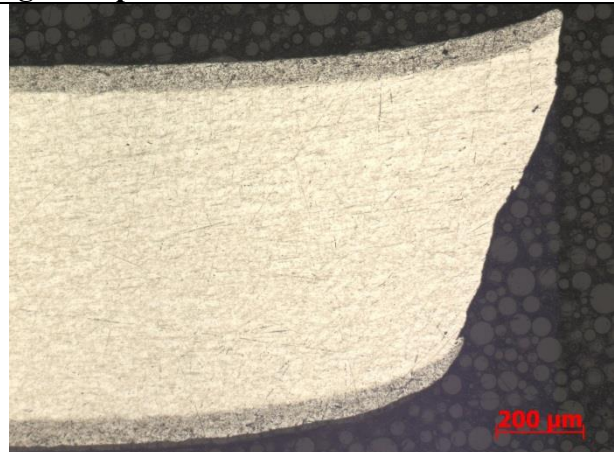
Sliki 110 in 111: Detajli mikrostrukture pločevine zlitine 2024: različni precipitanti intermetalnih spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α (jedkano).



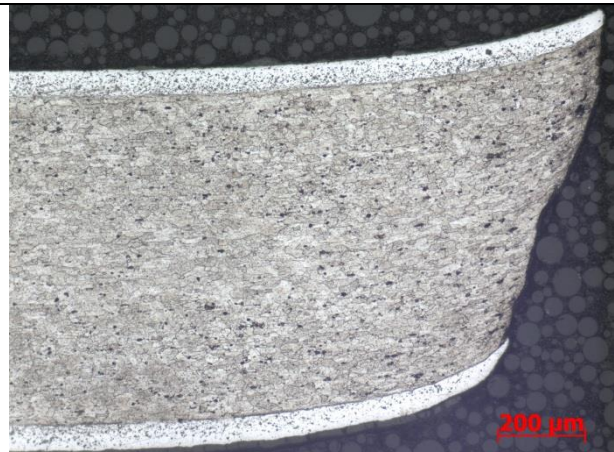
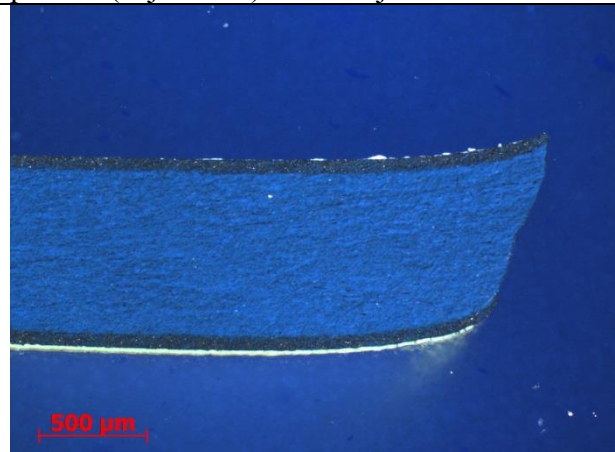
Sliki 112 in 113: Vzorec 2 – vzdolžni prerez pločevine nosilca v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma – detajla prereza ob površini. Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno zlitine AW-1230 ali čistega Al visoke čistoče t. i. "Alclad"), debeline okoli 60 μm

(jedkano). Na površini je tudi tanka plast osnovnega protikorozijskega premaza.

Vzdolžni prerezi sprednje pločevine krilca poleg dveh prelomov



Sliki 114 in 115: Vzorec C poleg mesta preloma. Oblika je značilna za upogibno – natezni prelom (nejedkano). Prelom je žilave – duktilne narave.

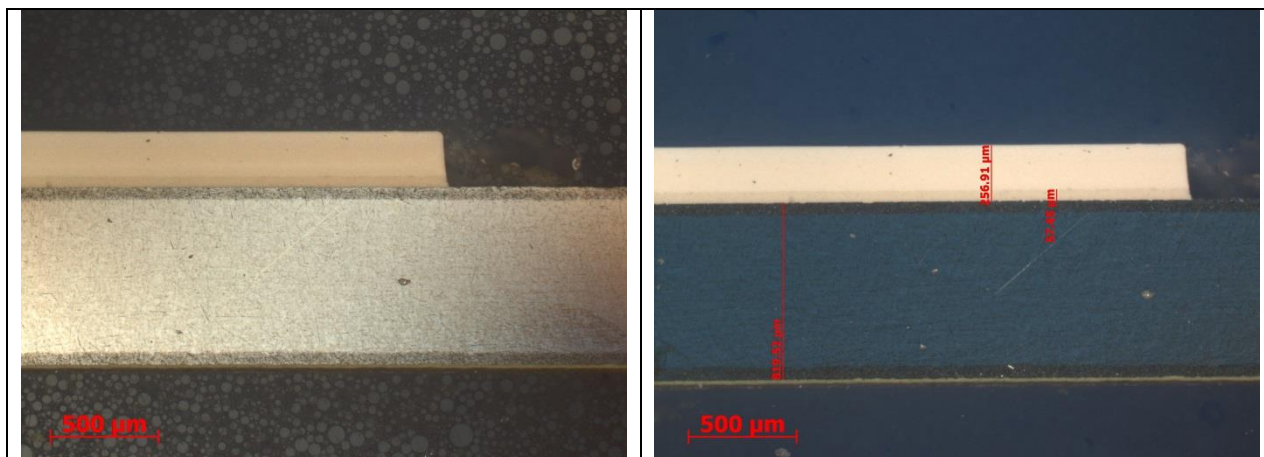


Slika 116: Vzorec C poleg mesta preloma (nejedkano, polarizirana svetloba). Na površini je viden ostanek protikorozijskega premaza (svetlo).

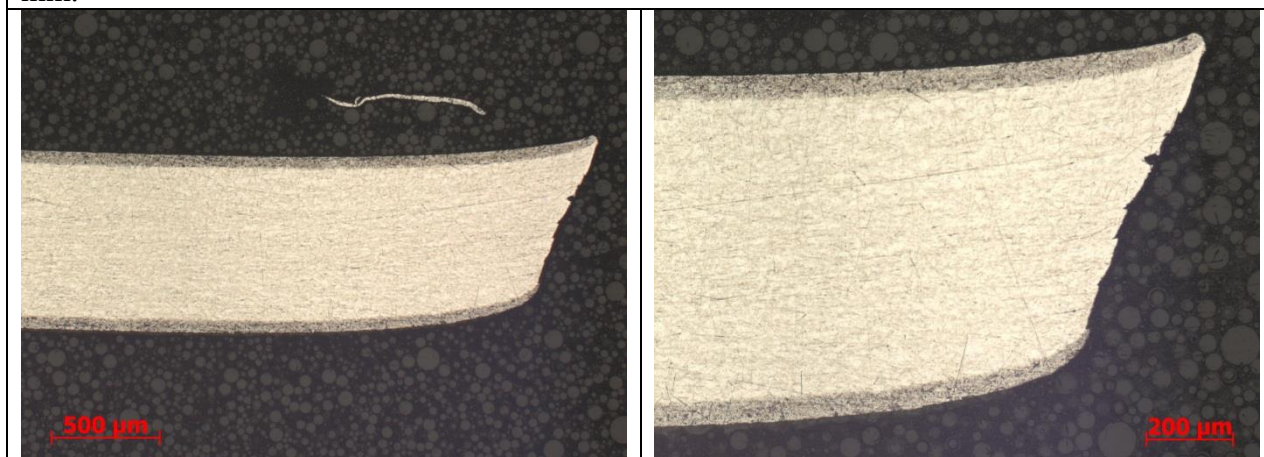
Slika 117: Vzorec C poleg mesta preloma (jedkano). Močno plastično deformirana mikrostruktura je posledica preloma, ki je nastal pri preobremenitvi.



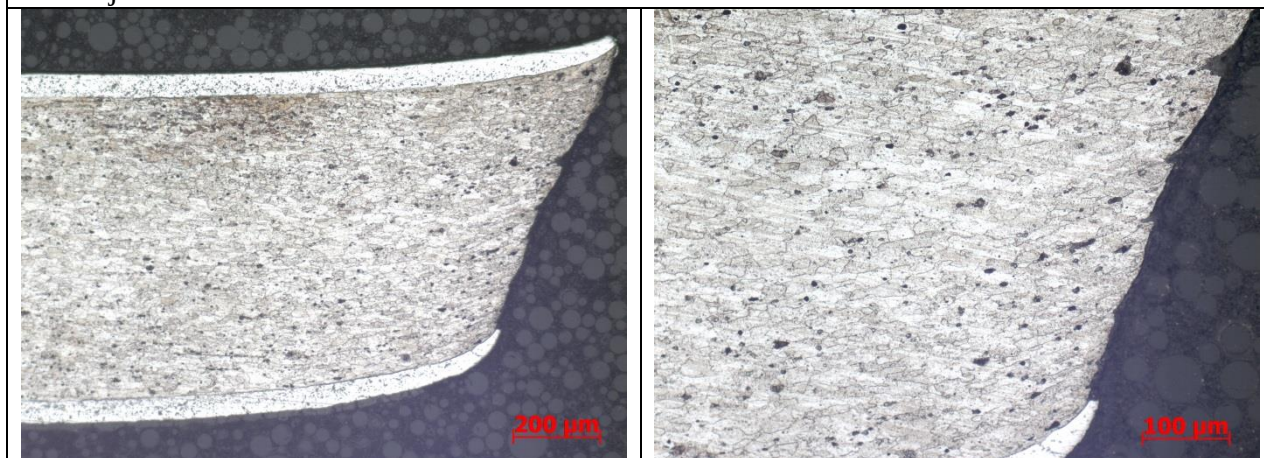
Slika 118 (levo): Vzorec C poleg mesta preloma (jedkano). Mikrostruktura ob prelomu je močno plastično deformirana. Prelom je nastal pri preobremenitvi. Mikrostruktura je popolnoma običajna za toplotno obdelano zlitino 2024: različni precipitacijski intermetalni spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α (jedkano).



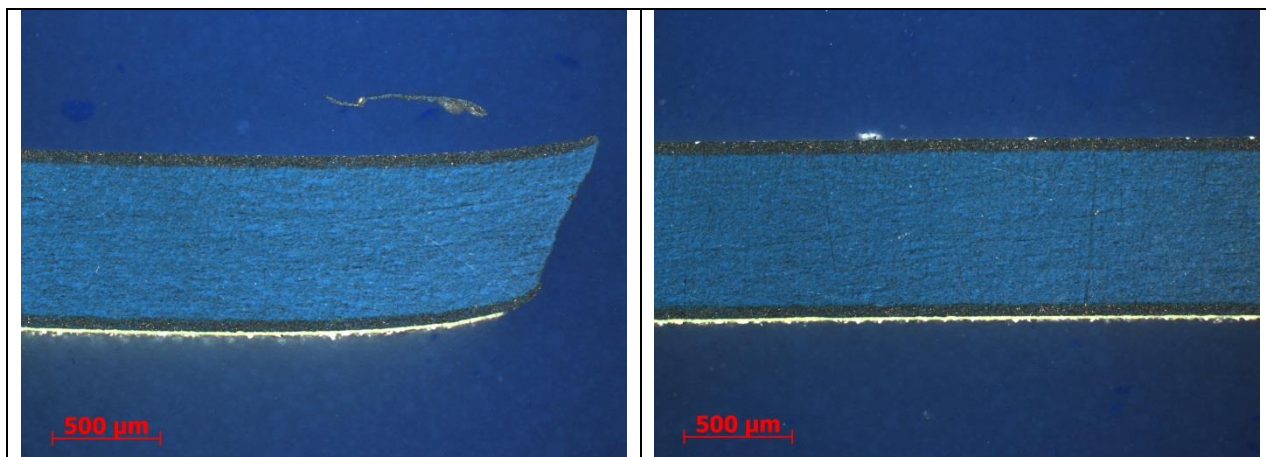
Sliki 119 in 120: Vzorec C - prerez pločevine v oddaljenosti okoli 20 mm od preloma (nejedkano, osvetlitev z belo in polarizirano svetlobo). Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno AW-1230). Na zunanji strani (na slikah zgoraj sta dve plasti protikorozijskega premaza v skupni debelini okoli 260 µm. Debelina sprednje pločevine je 0,82 mm.



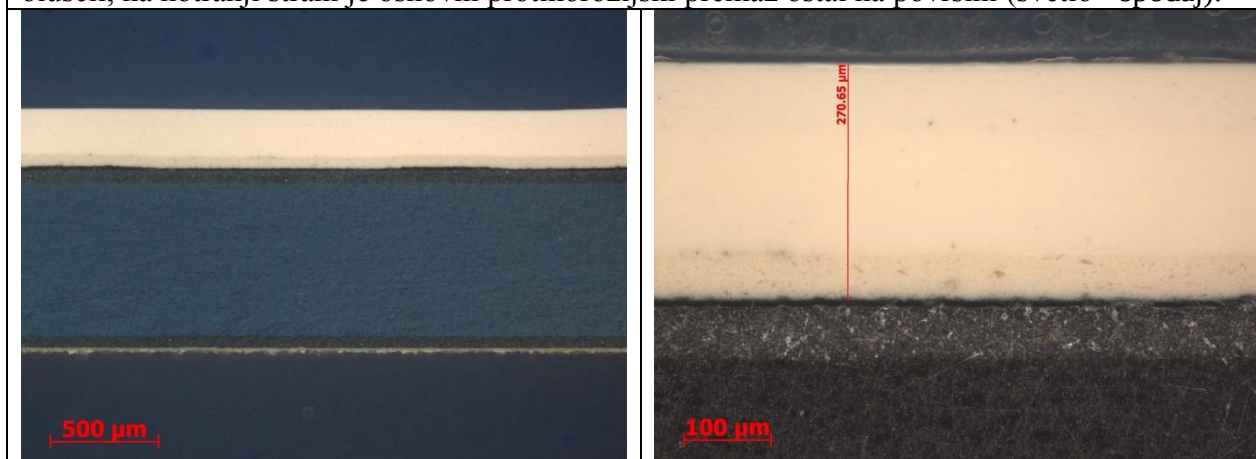
Sliki 121 in 122: Vzorec D - prerez pločevine poleg preloma. Oblika je značilna za upogibno – natezni prelom (nejedkano). Prelom je žilave – duktilne narave. Tudi površinska plast navaljane zlitine je duktilne narave.



Sliki 123 in 124: Vzorec D - prerez pločevine poleg preloma (jedkano). Mikrostruktura ob prelomu je močno plastično deformirana.

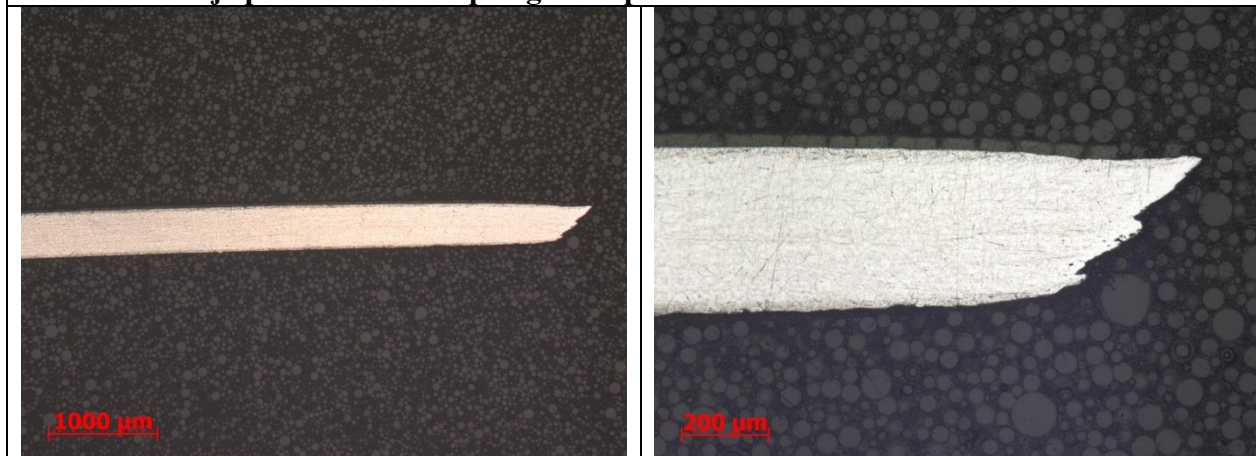


Sliki 125 in 126: Vzorec D - prerez pločevine poleg preloma in na oddaljenosti okoli 20 mm od preloma (osvetlitev s polarizirano svetlobo). Na zunanji strani se je protikorozijski premaz oluščil, na notranji strani je osnovni protikorozijski premaz ostal na površini (svetlo - spodaj).



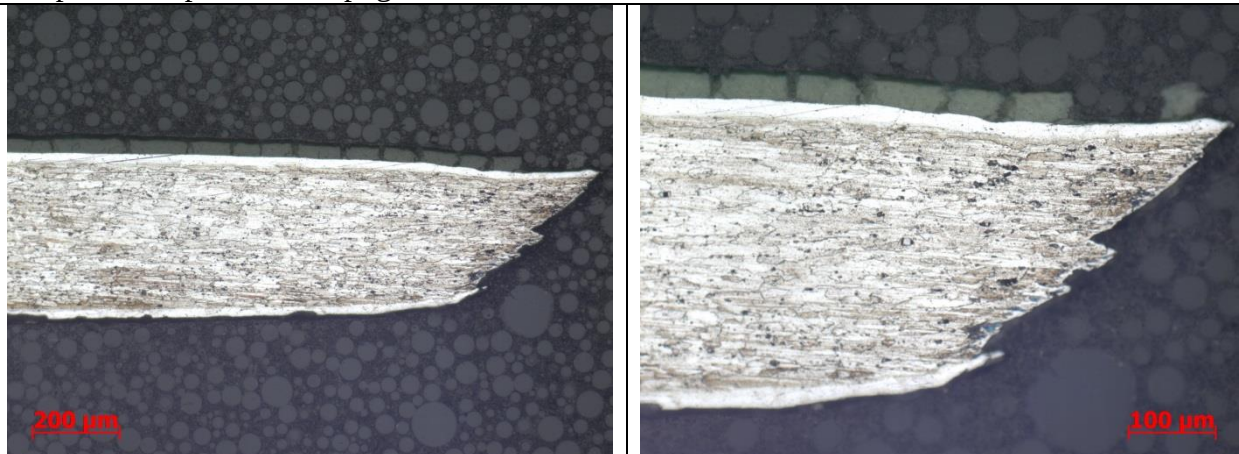
Sliki 127 in 128: Vzorec D - prerez pločevine na oddaljenosti okoli 20 mm od preloma (osvetlitev s polarizirano svetlobo). Na pločevini sta na zunanji strani ostali plasti belega protikorozijskega premaza v skupni debelini 270 μm.

Prereza srednje pločevine krilca poleg dveh prelomov

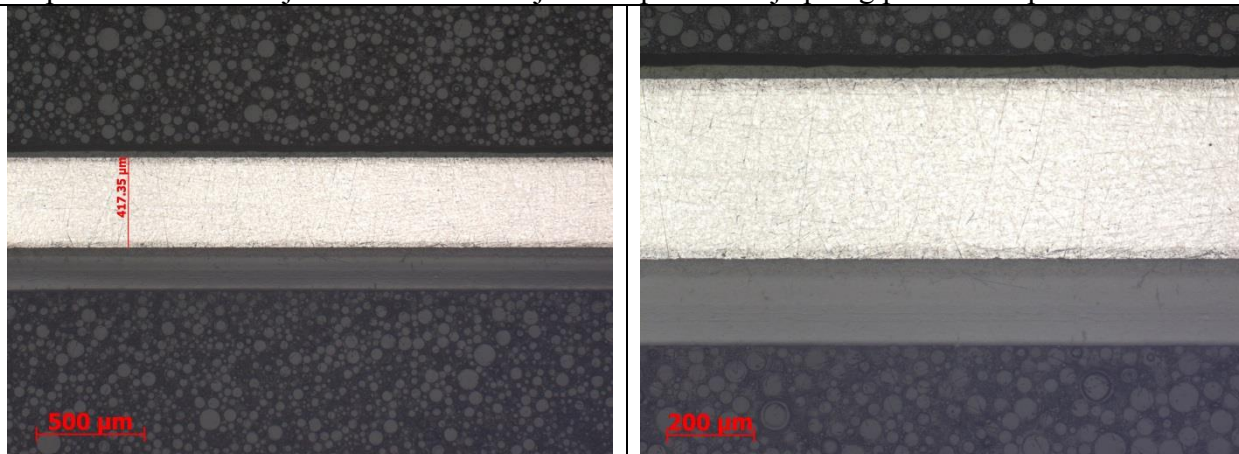


Sliki 129 in 130: Vzorec B 1 - prerez srednje pločevine poleg mesta preloma (nejedkano). Oblika je značilna za porušitev pri nateznih obremenitvah. Pločevina je tudi nekoliko ukrivljena,

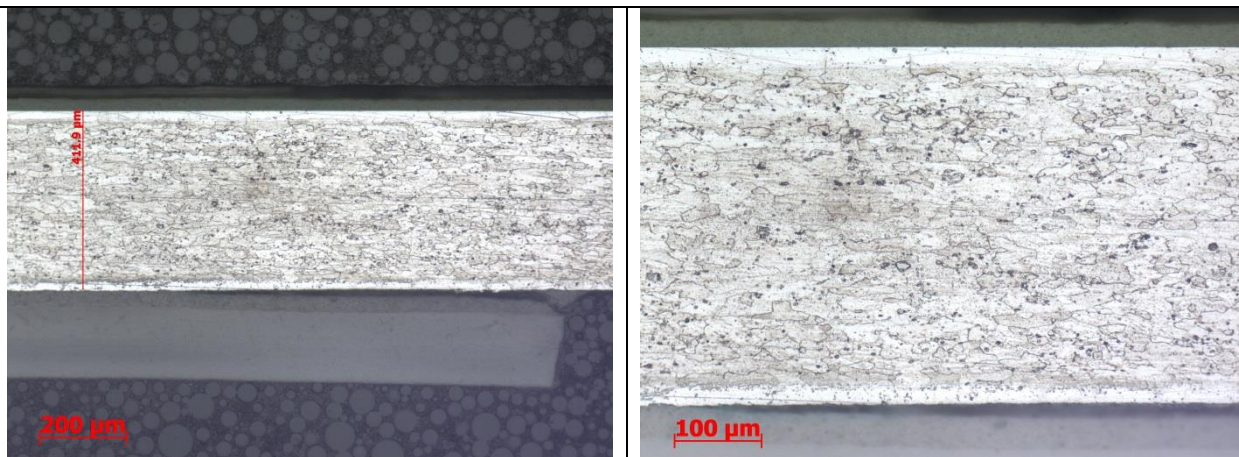
kot posledica prisotnosti upogibnih obremenitev.



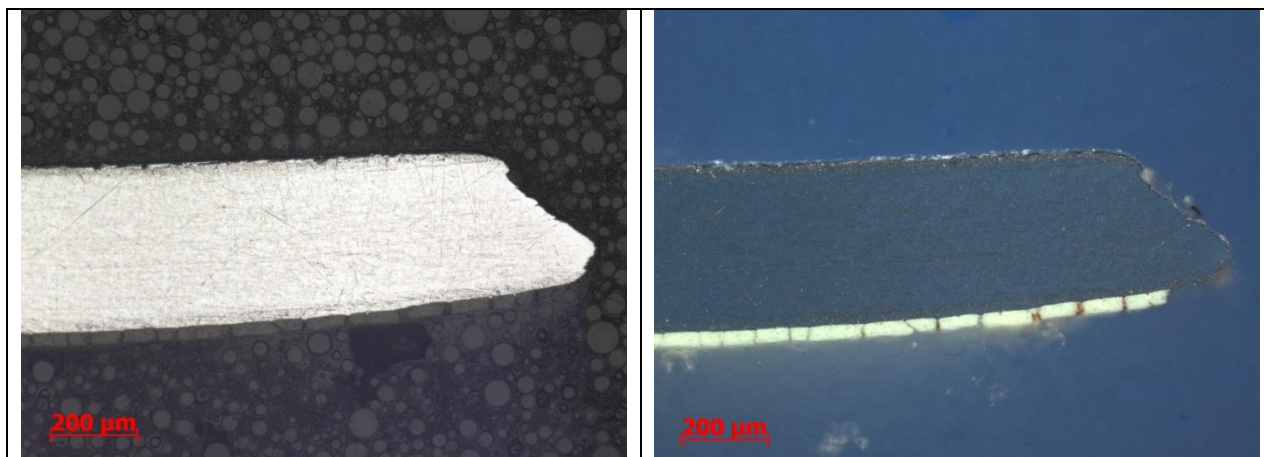
Sliki 131 in 132: Vzorec B 1 - prerez srednje pločevine poleg mesta preloma (jedkano). Prelom je žilave – duktilne narave. Mikrostruktura ob prelomu je močno plastično deformirana v smeri nateznih obremenitev. Protikorozijski premaz (zeleno barve) je zaradi prevelikega raztezka razpokan. Protikorozijski nanos na zunanji strani pločevine je poleg preloma odpadel.



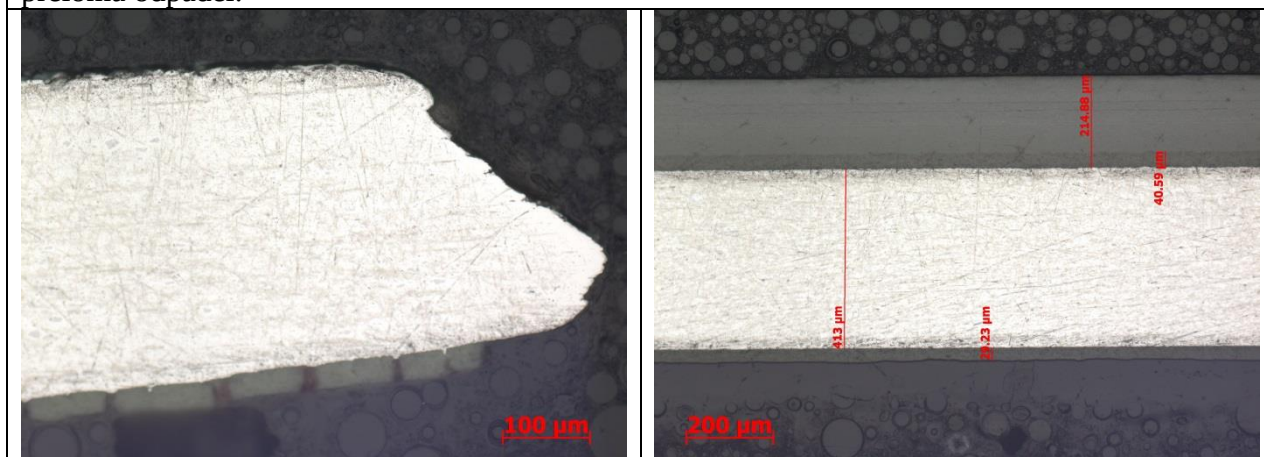
Sliki 133 in 134: Vzorec B 1 - prerez srednje pločevine na oddaljenosti 20 mm od preloma (nejedkano). Debelina pločevine na nepoškodovanem delu je med 412 do 417 µm. Na spodnji strani je protikorozijski nanos debeline okoli 250 µm.



Sliki 135 in 136: Vzorec B 1 - prerez srednje pločevine na oddaljenosti okoli 10 mm od preloma. Mikrostrukture pločevine zlitine 2024: različni precipitacijski intermetalni spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α , ki so rahlo razpotežena v smeri valjanja pločevine (jedkano).

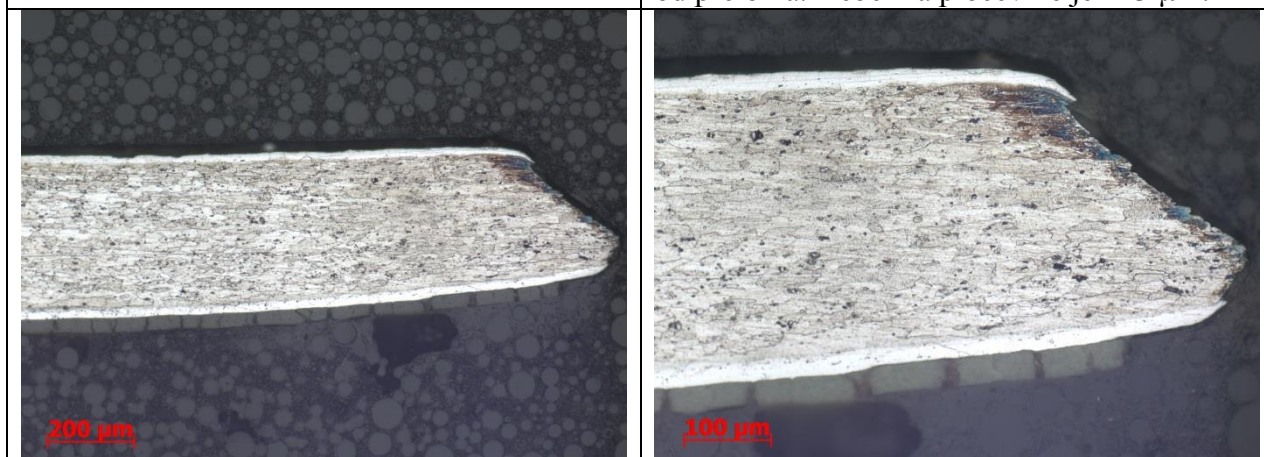


Sliki 137 in 138: Vzorec B 2 - prerez srednje pločevine poleg preloma (nejedkano, osvetlitev z belo in polarizirano svetlobo). Oblika je značilna za porušitev pri nateznih in upogibnih obremenitvah. Protikorozijski premaz (zelene barve – na desni sliki spodaj) je zaradi prevelikega raztezka razpokan. Protikorozijski nanos na zunanji strani pločevine je poleg preloma odpadel.



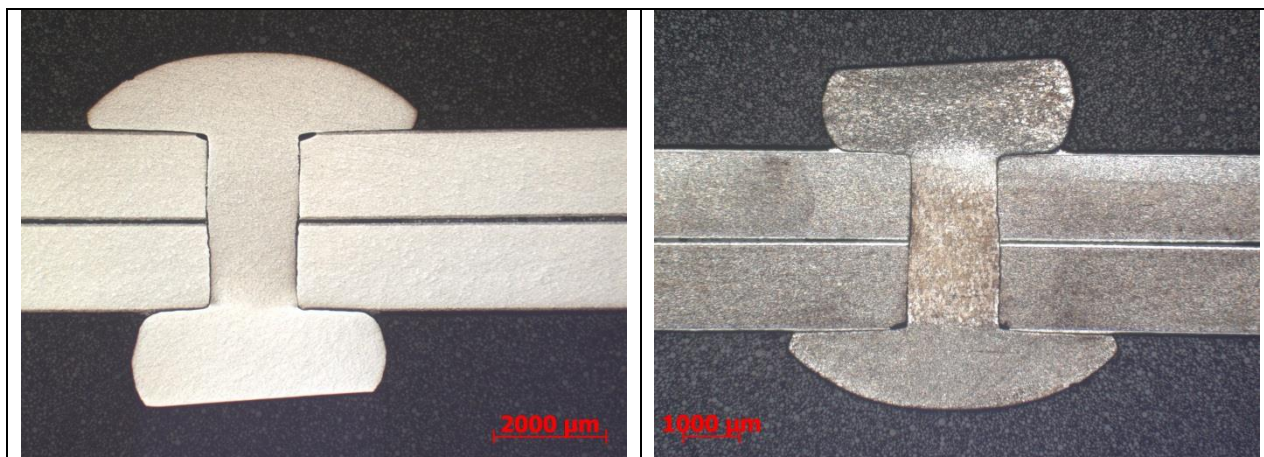
Slika 139: Prerez poleg preloma (nejedkano).

Slika 140: Prerez na oddaljenosti okoli 20 mm od preloma. Debelina pločevine je 413 µm.

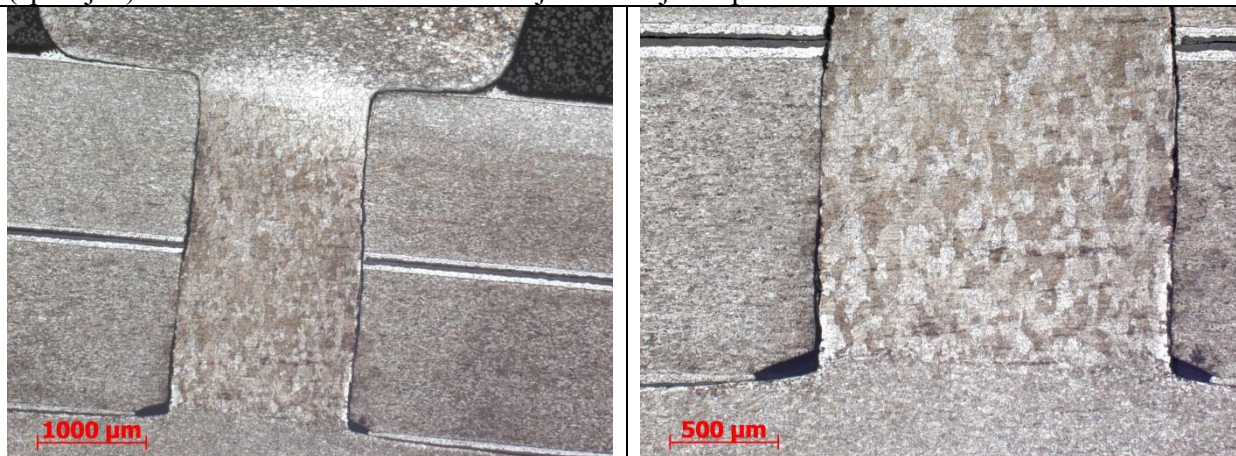


Sliki 141 in 142: Vzorec B 2 - prerez srednje pločevine poleg preloma (jedkano). Ob prelomu je mikrostruktura močno plastično deformirana.

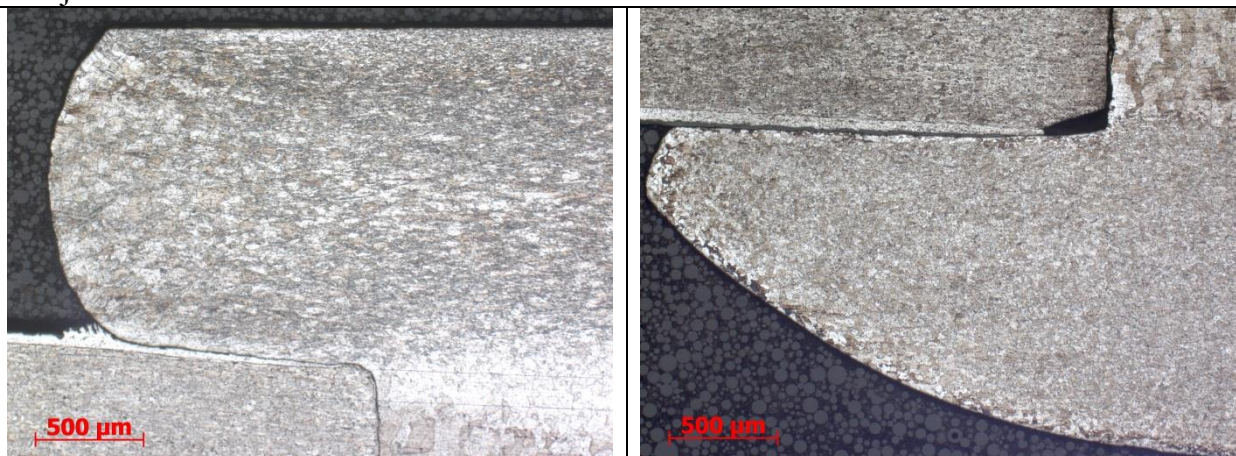
Prečni prerez pločevine vzdolžnega nosilca krilca (na razdalji okoli 80 mm od preloma)



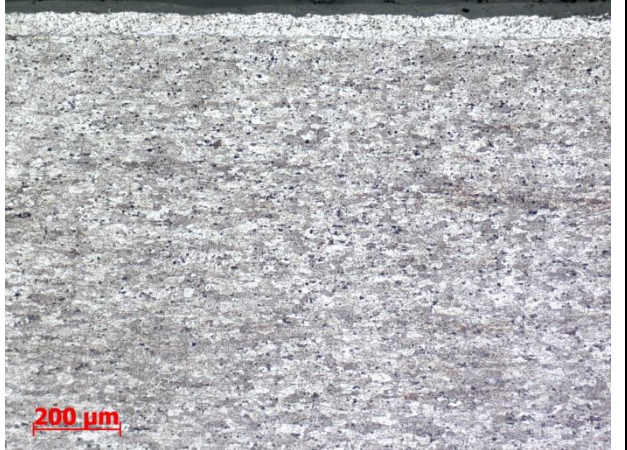
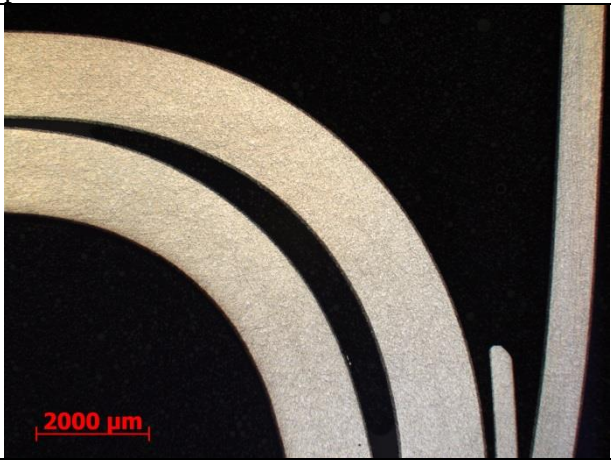
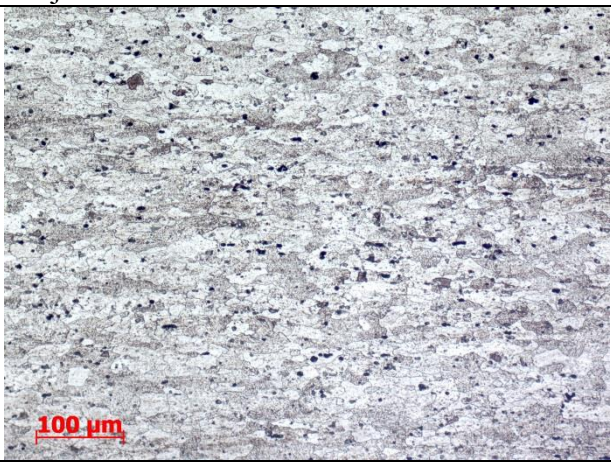
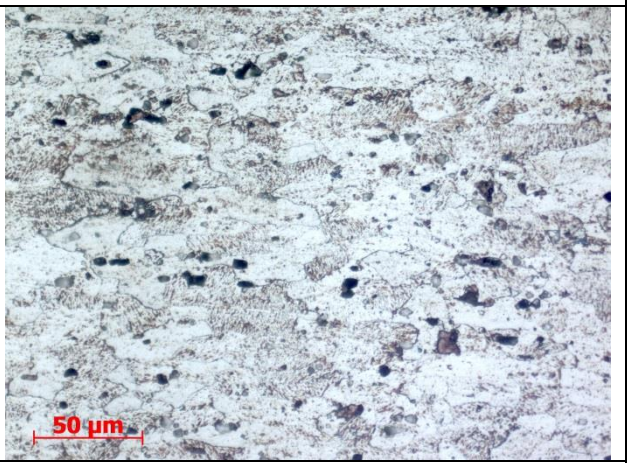
Sliki 143 in 144: Kovičeno mesto med vzdolžnim nosilcem in ojačitvenim profilom (nejedkano in jedkano). Oba elementa sta izdelana iz enake pločevine (debelina 1,57 mm). V stikih (špranjah) med različnimi elementi ni nikjer korozijskih poškodb.



Sliki 145 in 146: Kovičeno mesto med vzdolžnim nosilcem in ojačitvenim profilom (jedkano) - detajla. Stebilo kovice se lepo prilega v izvrtini. Kovica je kovana s hladnim kovanjem. Na glavi kovice in preoblikovanem delu je mikrostruktura prekovana in hladno utrjena, kristalna zrna so manjša.



Sliki 147 in 148: Kovičeno mesto med vzdolžnim nosilcem in ojačitvenim profilom (jedkano) – detajla med kovičnim delom in pločevino ter glavo kovice in pločevino.

	
Slika 149: Stik med pločevinama (jedkano). Na obeh pločevinah je poleg navaljane plasti Al zlitine z visoko vsebnostjo Al (svetli plasti ob reži) tanka plast zelenega protikorozijskega premaza.	Slika 150: Pločevina vzdolžnega nosilca ob robu (prečna smer – jedkano). Kristalna zrna so preko prereza enake velikosti. Različni precipitati intermetalnih spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α (drobne temne pike).
	
Slika 151: V bližini mesta preloma sta se zaradi deformacij pločevini vzdolžnega nosilca in ojačitve razmaknili.	Slika 152: Mikrostruktura obeh pločevin je v vzdolžnem prerezu zelo podobna.
	
Sliki 153 in 154: Pločevina vzdolžnega nosilca krilca v prečnem prerezu. Detajli mikrostrukture pločevine zlitine 2024: različni precipitati intermetalnih spojin so dispergirani po kristalnih zrnih α. V prečni smeri je usmerjenost kristalnih zrn slabše vidna, kot v vzdolžni smeri. Na	

razdalji 8 cm od preloma ni opaznih nobenih sprememb v mikrostrukturi, ki bi bile lahko posledica utrujenosti materiala.

Pri pregledu prerezov na mestih preloma in njihove bližine smo ugotovili naslednje: glede na oblike preloma in zoženje (kontrakcijo) v območju prelomov lahko sklepamo, da so prelomi posledica ponavljajočih preobremenitev (izmenične upogibne obremenitve, pri katerih je bila presežena napetost tečenja). Oblika prelomov je značilna tudi za kombinacijo upogibnih in nateznih obremenitev. Prelomi so žilave, duktilne narave. Mikrostruktura je v bližini prelomov deformirana v smeri obremenitev.

Mikrostruktura vseh treh pregledanih pločevin (vzdolžni nosilec z debelino stene 1,560 mm, sprednja pločevina z debelino stene okoli 0,82 mm in srednja pločevina krilca z debelino stene od 0,41 do 0,42 mm) je sestavljena iz različnih precipitativ intermetalnih spojin, ki so dispergirani po kristalnih zrnih α (netopni delci $(\text{Cu,Fe,Mn})\text{Al}_7$, drobni temni delci so CuMgAl_2 , $\text{Cu}_2\text{Mn}_3\text{Al}_{20}$ in Cu_2FeAl_7). Zlasti prisotnost faz CuMgAl_2 (S-faze) in CuAl_2 (θ) kaže na izločevalno utrjevanje aluminijeve zlitine (toplotna obdelava zlitine)[7, 8, 9, 10, 11]. Mikrostruktura je popolnoma običajna za pločevine iz zlitine EN-AW-2024 (ali tudi EN-AW-2124), ki je toplotno obdelana, hladno preoblikovana in starana (temper T3: naravno starana, temper T4: umetno starana, oziroma prestarana ("overaged"))[6].

Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno zlitine EN-AW-1230, zlitine AlZn1 ali čistega Al visoke čistoče t. i. "Alclad")[12]. Debelina te plasti je na pločevini z debelino stene 1,560 mm okoli 60 μm , na drugih pločevinah pa tanjša (okoli 30 μm). Na pločevino iz zlitine EN-AW-2024 je navaljana plast z boljšo korozijsko obstojnostjo, ker je korozijska obstojnost zlitin serije 2xxx slaba. Nikjer nismo našli mikrostrukturnih napak, ki bi lahko kakorkoli vplivale na poslabšanje lastnosti materiala.

2.3 Analiza leta

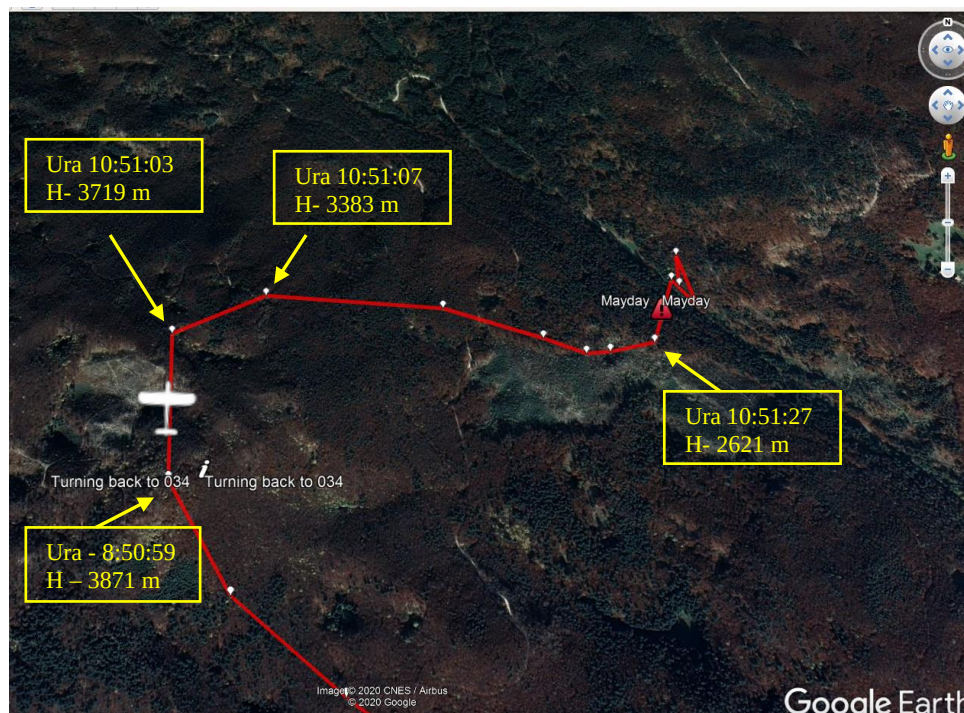
Letalo je v slovenski zračni prostor vstopilo na točki RIFEN ob 10:44:47 uri (8:44:47 UTC) na višini 13400 čevljev, glede na radarske podatke. Ker je polet potekal v severovzhodni smeri na tem delu poti, je pilot izbiral med lihimi nivoji leta.

Iz analize trajektorije gibanja letala in na podlagi komunikacije med pristojno kontrolo letenja je razvidno, da se je pilot kmalu po odletu iz Beneškega letališča izogibal meteorološkim pojavom, ki niso bili primerni za letenje z omenjenim tipom letala. Let je potekal v skladu s predpisi in postopki za instrumentalno letenje. Pilot je med izogibanjem območja zaledenitev in oblakov vertikalnega razvoja poskušal spreminjati smer leta.

Zaradi pojavljanja zaledenitev (ki so bile tudi napovedane na višini 9000 čevljev za zahodni del Slovenije), se je pilot odločil leteti višje. Za odobritev višje višine, se je kontrola v Padovi posvetovala s kontrolorjem v Ljubljani, ki je nivo leta FL130 v telefonski komunikaciji s Padovo pred vstopom v slovenski zračni prostor tudi odobril. Razlog za vzpenjanje (glede na telefonsko komunikacijo med kontrolorji) za višjo višino leta so bili meteorološki pojavi (oblaki, pogoji zaledenitve). Letalo je zato že pred točko RIFEN doseglo odobren nivo leta FL130. Ob 10:46:41 uri je letalo N710CC, po odobritvi kontrolorja letenja, spremenilo smer proti Celovcu (VOR KFT). V tem trenutku je bilo letalo na višini 13400 čevljev. Kontrolor je na odstopanje po višini pilota opozoril in nato odobril let na nivoju leta FL135. Ob 10:49:31 je letalo pričelo spreminjati smer v levo (približna smer 315°). Ob 10:50:39 je kontrolor opazil odstopanje od odobrene smeri in je na to tudi opozoril pilota. Letalo je bilo takrat na višini 12900 čevljev.

Komisija je v analizi podatkov o letu uporabila podatke, ki jih je beležil radarski sistem slovenske kontrole letenja, posnetek glasovne komunikacije med pilotom letala in kontrolo letenja.

Po pojasnilu razloga za odstopanje od smeri, se je pilot odločil da bo ponovno zavil v desno za 90 stopinj. Ker se je letalo blago spuščalo, je kontrolor opozoril pilota na minimalno višino za let v dani smeri, za omenjeni sektor je to nivo leta FL120. Pilot v tem času (8:51:10 UTC), ni potrdil navodilo kontrolorja. Ob 10:51:30 uri je pilot oddal klic v sili, pri tem se je spuščalo z dokaj konstantno hitrostjo in se spustilo skozi 8000 čevljev nadmorske višine. Ob 10:51:43 je bil izgubljen radarski stik z letalom na višini 5500 čevljev nadmorske višine v bližini kraja Predmeja, ki leži na nadmorski višini 950 metrov (približno 3100 čevljev). Sledilo je nenadzorovano spuščanje vse do trka letala s tlemi.



Slika 21: Elementi leta po 4 sekundnih intervalih iz podatkov radarskih odzivov

V času komunikacije sta na zahodnem delu zračnega prostora v Slovenijo vstopili tudi dve potniški letali z namembnim letališčem Ljubljana (eno iz Pariza in drugo iz Zuricha), ki sta se v dogovoru s kontrolorjem letenja in s pomočjo lastnih vremenskih radarjev na krovu letala, izogibali slabemu vremenu in se spuščali proti vzhodu in jugovzhodu za dolet na ljubljansko letališče. Obe letali sta leteli približno dvajset navtičnih milj severneje od letala N710CC in sicer na območju Julijskih Alp. Letalo N710CC se je v tem času nahajalo nad Trnovskim gozdom v bližini Ajdovščine.

Po oddajanju klica v sili je pilot enega od potniških letal opozoril KZPS na močnejše zaledenitve v spuščanju med nivoji leta FL110 in FL180. Pogoji so bili glede na slike vremenskih radarjev na tleh podobni tudi v območju, kjer se je nahajalo letalo N710CC.

Glede na radarske podatke je letalo letelo v pogojih močnih zaledenitev različnih jakosti v trajanju približno 10 minut. V tem času se pri zmernih zaledenitvah na izpostavljenih delih lahko nabere do 6 milimetrov ledu⁶; v primeru pojava podhlajenih kapljic iz nevihtnega oblaka pa tudi več.

⁶ Pilot Handbook of Aeronautical Knowledge – FAA

Po oceni komisije hitrost letala nikdar ni presegla največje dovoljene hitrosti. Zaradi akumuliranega ledu na krmilnih površinah je zaradi neuravnoteženosti prišlo do pojava flaterja, in sicer pod največjo dovoljeno hitrostjo.

Komunikacija med pilotom in kontrolorjem je potekala po ustaljeni proceduri, vse do trenutka, ko se je komunikacija zaradi trka s terenom prekinila. Kontrolor je po prekinitvi zveze poskušal letalo tudi priklicati, vendar neuspešno.

2.3.1 Študije v zvezi z zaledenitvijo

V preteklosti je bilo na temo dogodkov povezanih z zaledenitvijo opravljenih nekaj analiz in raziskav, ki podrobneje pojasnjujejo okoliščine in posledice nabiranja ledu na krmilnih površinah letala in posledice aerodinamične nestabilnosti ter motenj upravljanja. Študije o nesrečah majhnih letal splošnega letalstva povezanih z zaledenitvami so pokazale, da imajo v mnogih primerih celo najbolj izkušeni piloti na voljo manj kot 5 do 8 minut časa, da se izognejo škodljivim vplivom zaledenitev, preden pride do izgube kontrole nad letalom in posledično do nesreče. Ena od študij, ki jo je izvedla NASA, je »Icing Effects on Aircraft Stability and Control Determined From Flight Data, Preliminary Results«.

Študije posebej obravnavajo problematiko zaledenitev pri športnih letalih, ki niso opremljeni s sistemom proti zaledenitvi oziroma letenje s temi letali v pogojih zaledenitve ni dovoljeno. Letenje v območju zaledenitev, kopičenje ledu in njegov vpliv na stabilnost letala je sprva težje opazen. Ob spremembi režima leta pri nabiranju ledu pride do pojava nestabilnega toka, ki lahko pripelje do izgube kontrole nad letalom ali celo do loma konstrukcije.

Dejanska teža ledu na letalu je glede na motnje v zračnem toku, ki jih nabiranje ledu povzroča, sekundarnega pomena. Ko se doda moč za kompenzacijo dodatnega upora, se nos dvigne in vpadni kot poveča, to omogoči kopičenje ledu na spodnji strani krila in trupa. Takšno nabiranje ledu je še posebej kritično na gibljivih krmilnih površinah (višinsko krmilo pri PA-32 je v celoti gibljivo).

Raziskavi povezani z nevarnostjo zaledenitve med letom sta dosegljivi na povezavi:

<https://www.skybrary.aero/bookshelf/books/659.pdf>

<https://ntrs.nasa.gov/citations/19930005642>

2.4 Analiza meteoroloških razmer na področju letenja

Iz priloženih vremenskih podatkov je razvidno, da so bile vremenske razmere za letenje z omenjenim tipom letala in na predvideni višini letenja na nameravani poti zelo zahtevne. Nedvomno so se pojavljale močnejše zaledenitve na področju letenja (kmalu po vstopu v slovenski zračni prostor), kar je v času neposredno po dogodku potrdila posadka potniškega letala, ki je bila v stiku s pristojno kontrolo letenja. N710CC se je med letenjem v slovenskem zračnem prostoru izogibalo nevarnim vremenskim pojavom. O izogibanju nevarnim meteorološkim pojavom je v začetni fazi izogibanja pilot obveščal tudi pristojno kontrolo letenja. Kasneje je kontrola letenja o odstopanjih po smeri in višini leta opozorila tudi pilota. Na omenjena opozorila se je pilot letala N710CC tudi primerno in smiselno odzival. Med komuniciranjem je bila radijska zveza ves čas zagotovljena. Omejitve signala ali prekinitve delovanja radijske frekvence ni bilo.

Glede na to, da je bilo izdano opozorilo za nastanek neviht (SIGMET) ob 7.23 uri, letalo pa je iz Benetk vzletelo ob 8.16 uri, obstaja velika verjetnost, da je pilot v pripravi za letenje preveril meteorološke podatke in oddal načrt leta tako, da bi se je po planiranem letu izognil vremensko nestabilnega območja. Iz komunikacije med letalom in kontrolo letenja je razvidno, da se je pilot izogibal nevarnim vremenskim pojavom.

2.5 Analiza mase letala

Glede na podatke dostopne komisiji letalo ni preseglo omejitev dovoljenih mas v nobeni fazi leta. Težišče letala je bilo do pojava zaledenitve v dovoljenem območju. Glede na podatke iz priročnika za uporabo letala, znaša masa praznega letala 1033 kg. Največja dovoljena masa letala je 1640 kg (ang. max ramp mass) in največja vzletna masa 1633 kg (ang. MTOM).

Iz omenjenega izhaja, da je razlika ali razpoložljiva masa do največje dovoljene mase (MTOM) za vzlet znaša torej 600 kg.

Pilot je dan pred nesrečo in po prihodu na letališče Venice Marco Polo – LIPZ odšel do bližnjega letališča Padova – LIPU, kjer je zagotovil gorivo za načrtovan povratek. Po

pridobljenih podatkih pristojnih letaliških služb je pilot dne 13. julij 2020, ob 14.50 uri v gorivni rezervoar dolil 225 litrov goriva kar je 162 kg.

		OPOMBA
Masa praznega letala	1033 kg	Podatek iz priročnika za uporabo letala
Masa goriva	162 kg	- V rezervoarje letala je možno natočiti največ 405 litrov goriva (291,6 kg) - OPOMBA: splošni izračun 225 litrov (pri gostoti 0,72 kg/l) = 162 kg.
Masa potnikov	400 kg (ocena)	Standardna masa za letala s od 1-5 potniških sedežev znaša 104 kg, pri izračunu se pa lahko upošteva tudi dejanska masa potnikov
OCENJENA VZLETNA MASA LETALA	1595 kg	

Če upoštevamo povprečno težo pilota in potnikov, prtljage in težo goriva v letalu pred vzletom iz odhodnega letališča (LIPZ) ugotovimo, da je bila skupna masa letala pred dogodkom manjša od največje dovoljenje vzletne mase.

2.6 Namena leta, pristojnosti pilota in pristojnosti lastnika – operaterja

Po pridobljenih izjavah in pridobljeni dokumentaciji je bilo ugotovljeno, da je pilot nekaj dni pred dogodkom v telefonskem pogovoru s predstavnikom lastnika in operaterja dobil informacijo, da je potrebno nekaj oseb peljati v Italijo in jih naslednji dan vrniti nazaj. Pilot oseb, ki naj bi jih z letalom peljal na letališče v Italiji, naj ne bi poznal. V korespondenci med naročnikom in operaterjem so bile pred odhodom dogovorjene podrobnosti o finančni izvedbi storitve prevoza oseb, odhodnega in namembnega letališča ter čas. Za omenjeni prevoz je bil izdan tudi predračun ter navedeni plačilni pogoji. Ali se je finančna transakcija tudi zgodila komisiji ni znano, kar pa tudi ni predmet preiskave.

Iz navedenega komisija sklepa, da je bil namen leta čarterski prevoz treh oseb. V tem kontekstu je potrebno poudariti, da točka FCL.010 Priloge I k Uredbi št. 1178/2011 izrecno opredeljuje pojem „komercialni zračni prevoz“ kot prevoz potnikov, tovora ali pošte za plačilo ali najem.

Iz dokumentacije pilota in pregleda letalskih predpisov in določil Uredbe (EU) št. 1178/2011 — Priloga I, točka FCL.065(b) izhaja, da imetnikom pilotske licence, ki so dosegli starost 65 let, ni dovoljeno upravljati zrakoplov, s katerim se opravlja komercialni zračni prevoz.

Regulativa del MED⁷ (zdravstveni kriteriji za pilote) sama po sebi ne omejuje zdravstvenih kriterijev - certificiranje pilota glede na starost, v kolikor le-ta izpolnjuje kriterije za izdajo zdravniškega spričevala razred 1, vendar pa člen FCL.065 govori o omejitvi privilegijev imetnikov licenc, starih 60 let ali več, v komercialnem zračnem prevozu (FCL.065(b) kjer je navedeno, da imetnik pilotske licence, ki je dopolnil 65 let, ne upravlja zrakoplova s katerim se opravlja komercialni zračni prevoz kot pilot).

Iz dokumentacije o letalu in pregleda dokumentacije o operaterju (lastniku) letala izhaja, da je bil obseg letalskih aktivnosti za letalo N710CC, izhajajoč iz podatkov o registraciji, določen kot zrakoplov za lastne namene (ang. Corporate).

V postopku preiskave komisija ni pridobila kakršnokoli potrdilo, da operater (lastnik) poseduje dovoljenje za opravljanje komercialne letalske dejavnosti.

Letalo vpisano v register tretjih držav kot je ZDA, bi v primeru izvajanja operacij potrebovalo odobritev EASA-e za komercialne ali nekomercialne operacije prevoza potnikov in blaga znotraj EU.

EASA⁸ je za področje splošnega letalstva določila sklop tehničnih pravil za zračne operacije (kot so npr. CAT, NCC, NCO, SPO), ob upoštevanju načela sorazmernosti in potrebe po različnih varnostnih ravneh.

2.7 Analiza barvnih sledi na horizontalnem stabilizatorju - NFL

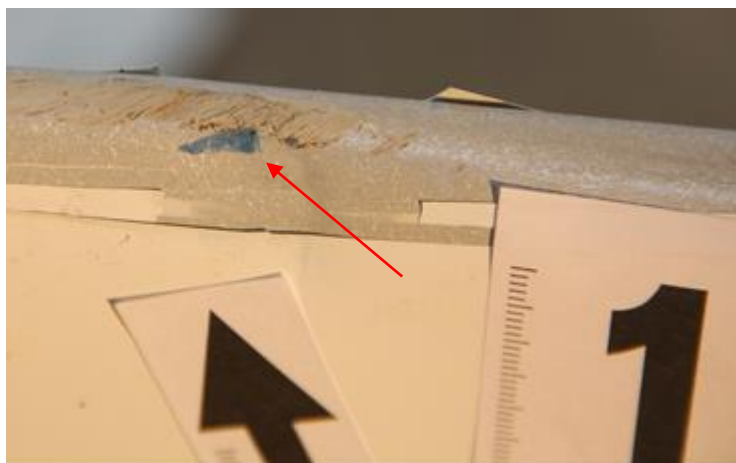
Komisija je po najdbi obeh delov horizontalnega stabilizatorja opravila vizualni pregled in ocenila, da je potrebno opraviti primerjalno analizo vizualno spornih barvnih sledi, ki so se nahajale na površinskem sloju obeh delov. V cilju kakovostne analize je za to zaprosila nacionalni forenzični laboratorij – NFL GPU. V skladu z navodili NFL se poročilo z rezultati preiskave vzorcev objavi v celoti (kot priloga 5 tega poročila).

⁷ EASA Part MED

⁸ <https://www.easa.europa.eu/domains/general-aviation/operations-general-aviation>

Iz analize spornih vzorcev, ki so bile po najdbi vidne na površinah obeh stabilizatorjev je bilo ugotovljeno, da ni razlik v kemijski sestavi spornih zdrsni in da imajo le-te izvor, ki izhaja iz barv delov strmoglavljenega letala.

S kemijskimi analizami spornih in primerjalnih vzorcev niso ugotovljene razlike v kemijski sestavi spornih zdrsni modre in rdeče barve, ki so bile po najdbi vidne na površinah najdenih delov horizontalnega stabilizatorja in modre in rdeče barve s primerjalnih delov razbitine letala z glavnega mesta prizorišča nesreče.



Slika 22: Dokumentiranje spornih zdrsni – madežev



Slika 23: Pregled in jemanje primerjalnih vzorcev

3. ZAKLJUČKI

V skladu s cilji preiskave v zvezi z varnostjo v civilnem letalstvu in preprečevanju ponovitve tovrstnih nesreč in incidentov v prihodnosti, podane ugotovitve v tem poročilu ne predstavljajo ugotavljanje krivde ali odgovornosti. Uporaba tega poročila v druge namene razen v namene izboljšanja letalske varnosti, lahko pripelje do napačne interpretacije.

3.1 Ugotovitve

1. Pilot je imel veljavno dovoljenje za letenje ter veljavna pooblastila za letenje v vizualnih in instrumentalnih pogojih na tem tipu letala; imel je tudi zadostne izkušnje (v vizualnem in instrumentalnem letenju) ter je kontinuirano vzdrževal letalske kvalifikacije in pooblastila iz licence.
2. Pilot je imel veljavno zdravniško spričevalo 1.razred (Medical Certificate Class 1), veljavno do 8. 1. 2017.
3. V preiskavi je ugotovljeno, da zdravstveno stanje pilota ni vplivalo na nesrečo. Rezultati toksikoloških izvidov so bili negativni.
4. Glede na omejitve, ki jih je imel pilot vpisane v njegovi licenci, po 65 letu starosti naj ne bi letel kot pilot v komercialnem zračnem prometu. Komercialnega leta pilot tako ne bi smel izvesti.
5. Letalo je bilo uporabljeno v skladu s predpisi FAA, 14 delom 91 CFR države registracije po splošnih pravil za obratovanje in letenje. Vzdrževanje letala je bilo v skladu z delom 43 (vzdrževanje, preventivno vzdrževanje, obnova in spremembe). Predpisi, po katerih se je letalo upravljalo in vzdrževalo je dovoljeno, ko gre za uporabo v zasebne namene. Ni bilo dokazov, da je bilo za letalo izdano dovoljenje s katerim bi bila odobrena uporaba v komercialne namene. Letalo ni bilo uporabljeno v skladu z varnostnimi standardi, ki veljajo za komercialne operacije v EU.

6. Kontrolor letenja je ves čas s pomočjo radarske slike spremljal trajektorijo gibanja letala N710CC in predpisano višino letenja. O odstopanjih je pilota tudi nekajkrat opozoril; na opozorila se je pilot odzival in popravljajal parametre leta.
7. Meteorološke razmere (pojav zaledenitev) v času dogodka niso bile primerne za let z v nesreči udeležanim letalom. O zaledenitvi kasneje poroča tudi potniško letalo, ki je dobilo dovoljenje za spuščanje na 9000 čevljev in je bilo namenjeno na letališče Brnik. Omenjeno letalo je javilo zmerno zaledenitev med FL110 in FL180 (»moderate icing«). Vreme je vplivalo na nesrečo.
8. Razpoložljivost kisika za oskrbo pilota in potnikov komisiji ni znana. Inštalacija s posodo za kisik je bila najdena na letalu, vendar količine kisika v posodi ni bilo možno ugotoviti zaradi poškodb. Na višinah nad FL 100 (10000 čevljev) na katerih naj bi letalo letelo dlje časa na dan dogodka, bi moral pilot uporabljati kisik zaradi nevarnosti vpliva hipoksije, ki bi v primeru neuporabe imela bistven vpliv na sposobnosti in posebej razsodnost pilota za letenje v zahtevnih meteoroloških razmerah.
9. V preiskavi razbitine letala ni bilo pridobljenih dokazov o vplivu delovanja motorja in propelerja na nesrečo. Krmilni sistem je bil pred pojavom zaledenitve tehnično brezhiben. Po pojavu zaledenitev, predvsem repnih površin, pa je prišlo do pojava flaterja (ang. flutter), kar je imelo za posledico porušitev konstrukcije. To pa je bistveno vplivalo na potek dogodkov.
10. Pilot se je takoj po vstopu v slovenski zračni prostor odločil spremeniti smer leta. Po ocenah komisije naj bi najverjetneje na odločitev pilota vplivala njegova domneva, da je že obšel glavnino območja slabih meteoroloških razmer.
11. Zadnji radarski (sprejem položaja s pomočjo sekundarnega radarja) stik z letalom je bil ob 10:52:10 uri po lokalnem času (08:52:10 uri UTC).

3.2 Ostale informacije in dejavniki, ki so prispevali k nesreči

V začetni fazi preiskave je bil letalski preiskovalni organ obveščen o sodni preiskavi, ki je bila v pristojnosti preiskovalnih organov policije v zvezi z sumom kaznivih dejanj povezanih z osebami, ki jih je pilot prevažal. Z dogodki, ki so se dogajali v zvezi s sumom kaznivih dejanj poslovne goljufije pred odhodom iz letališča v Benetkah je bila komisija seznanjena, vendar za sodno preiskavo ni pristojna. Če bi v postopku varnostne preiskave prišlo do spoznanj, da so bili zaznani kakršnikoli elementi kaznivega dejanja, ki bi vplivali na varno izvedbo leta N710CC, bi bila komisija dolžna po uradni dolžnosti obvestiti pravosodni organ.

V postopku preiskave in po končani analizi horizontalnega stabilizatorja (ZAG in NFL poročila) je komisija ugotovila, da na okoliščine v katerih se je nesreča zgodila ni bilo elementov kaznivih dejanj.

Upoštevajoč dejstvo je, da je pilot imel dolgoletne izkušnje za letenje v inštrumentalnih pogojih in da je redno vzdrževal letalske kvalifikacije za letenje v kategoriji lahkih letal je komisija v dlje trajajoči preiskavi iskala obstoj morebitnih dejanj, ki bi v obliki pritiska oziroma stresa vplivale na odločitev pilota v zvezi s spremembo smeri »Direct Klagenfurt« in posledično vstop v območje zaledenitve. Zanesljivih informacij, ki bi nakazovale na morebiten pritisk na pilota v preiskavi ni bilo mogoče dokazati. Kljub temu, komisija ne izključuje možnost, da je bil pilot pod vplivom dogodkov v zvezi s sumom kaznivih dejanj poslovne goljufije (potnikov) pred odhodom iz letališča v Benetkah.

Glede na potek načrtovane poti lahko sklepamo, da je pilot zaznal nevarnost slabega vremena nad Alpami in zato načrtovan let preusmeril proti notranjosti Slovenije. Let naj bi potekal na največji višini 12000 čevljev in po preletu slovenske meje bi se letalo usmerilo proti radionavigacijskem sredstvu VOR DOL. S tem bi letalo varno pridobilo višino za prelet severnega dela slovenskih Alp in se v veliki meri izognilo slabemu vremenu v zahodni Sloveniji.

Pilot je sicer v začetnem delu poleta že izvajal izogibanje slabemu vremenu (v italijanskem in slovenskem zračnem prostoru), vendar pa je bila oblačnost najprej v slojih in glede na dokaj visoke temperature pri tleh in glede na letni čas, pilot najverjetneje ni pričakoval hujših pogojev zaledenitve.

Ko se je na letalu pričel nabirati led (pilot lahko vidi nabiranje ledu na krilih, vetrobranskem steklu in štrlečih delih letala; hitrost, oblika, čistost ledu je odvisna od trenutno lokalnih meteoroloških pogojev), se je pilot odločal za zviševanje višine, kot enega od možnih ukrepov za izhod iz pogojev zaledenitve. Letalo je z veliko gotovostjo prišlo v sloj brez oblakov, vendar pa je bila na tej višini temperatura že negativna in v primeru padavin (podhlajenih kapljic v bližini ploh) bi se razmere še slabšale. Letalo je nato brez odobritve kontrole letenja povečalo višino za dodatnih 500 čevljev, kot morebiten ukrep preprečevanja / zmanjševanja zaledenitve. Ko je kontrolor na to opozoril pilota, je pilot zaprosil za ostajanje na tej višini in je hkrati kontrolorja opozoril tudi na pogoje zaledenitve.

Pilot je nadaljeval let proti severozahodu, kar ga je pripeljalo na rob oblačne mase močnejšega vertikalnega razvoja z močnejšimi plohami in močnejšimi zaledenitvami. Manever izogibanja ali izstopa iz območja nevarnih meteoroloških pojavov, ni bil koordiniran s kontrolo letenja in je bil izveden najverjetneje na podlagi vizualnega izogibanja nevihtnemu oblaku.

Kljub bližini nevihtnega oblaka, kateremu se je pilot izogibal, je pilot po opozorilu kontrolorja letenja o odstopanju po smeri, odstopil od namere izogibanja in se obrnil v smer proti severovzhodu; torej proti nevihtnemu oblaku. Ta manever se je najprej začel s spuščanjem, kar je opazil kontrolor in opozoril pilota na minimalno višino leta, ki znaša za to območje 12000 čevljev.

Ko se je manever nadaljeval je prišlo do blage oscilacije višine in zaznavne spremembe vertikalne hitrosti (nihanje vertikalne hitrosti). Ker je bilo letalo okrog 10 minut v pogojih možnih zaledenitev, so bile verjetno zaledenele tudi repne krmilne površine.

V primeru, da je pilot poskušal premakniti višinsko krmilo in je bilo to zamrznjeno, je pilot najverjetneje nekajkrat na silo poskusil premakniti krmilo in ko je krmilo prišlo v zračni tok, je zaradi neuravnoveženosti zaradi nabranega ledu prišlo do pojava »flutter-ja« pod največjo dovoljeno hitrostjo, kjer je »flutter« verjetnejši.

Če je pilot poskušal v zavoju premakniti tudi smerno krmilo (ki je bilo zamrznjeno), je prišlo do porušitve strukture v smislu odpadanja zgornjega dela višinskega krmila, ki se je

horizontalno (strižno) odtrgal od konstrukcije. Ta del letala ni bil nikoli najden in je najverjetneje odpadel na začetku razpadanja konstrukcije.

Kombinacija neuravnoteženih krmil (višinskega in smernega) je privedla do »flutterja« in s tem preseganja največjih dovoljenih obremenitev na krmila, kar je vzrokovalo porušitvi konstrukcije repnih površin in izgube kontrole nad letalom.

Vreme se je slabšalo v smeri proti severozahodu in pri tem so bili vrhovi oblakov na višini 28000 čevljev.

Pilot je vstopil v pogoje znane zaledenitve, kar je v navodilih proizvajalca letala prepovedano. Proizvajalec ni predpisal postopkov ob nenamernem vstopu v pogoje zaledenitve. Postopki, ki se uporabljajo v takšnih primerih navadno zahtevajo spremembo smeri ali višine, da čim hitreje zapustimo pogoje zaledenitve. Če se zaledenitev nadaljuje je potrebno o tem obvestiti kontrolorja in razglasiti izredne razmere. Pilot tega ni storil, niti ni poskušal pridobiti meteoroloških podatkov za načrtovano pot od kontrole letenja in drugih letal v območju.

Zaradi porušitve repne konstrukcije letala je prišlo do izgube kontrole nad letalom in do trka s terenom.

3.3 Zaključki

➤ *Neposredni vzrok*

- Trk letala v teren, kot posledica izgube nadzora nad letalom zaradi ločitve horizontalnega stabilizatorja v letu, ki se je porušil zaradi pojava flaterja (ang. flutter) pri manevru spremembe smeri in višine leta v območju nestabilne vremenske mase in močnih zaledenitev.

➤ *Posredni vzrok*

- Odločitev pilota za spremembo smeri leta od načrtovane poti, ki je pripeljala do vstopa v območje nestabilne vremenske mase in močnih zaledenitev.

4. VARNOSTNA PRIPOROČILA

V preiskavi komisija ugotavlja, da se posamezni nacionalni letalski organi – NAA (National Aviation Authority) znotraj EU, soočajo s problematiko nelegalnega izvajanja komercialnih letov z lahкими letali v kategoriji splošnega letalstva in zlasti z letali, registriranimi izven držav članic EU. Med leti, ki se izvajajo proti plačilu in predstavljajo komercialno dejavnost in leti s tako imenovano delitvijo stroškov so razlike, ki jih je potrebno promovirati v cilju transparentnega obveščanja o pravicah potnikov, ter dolžnostih in pravicah certificiranega letalskega osebja za izvajanje takšnih letov.

V zvezi s tem je EASA že izvedla določene ukrepe:

Leta 2017 je EASA objavila „Zloženko EASA 02“ (posodobljeno leta 2018) o evropskih pravilih (Uredba Komisije (EU) št. 965/2012) za nekomercialne zračne operacije z letali in helikopterji, ki so začele veljati 26. avgusta 2016 – povezava:

https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/EASA_GA_LEAFLET_AIR_OPS_2018_EN.pdf

Leta 2017 je EASA objavila „Listino za spodbujanje varnosti nekomercialnih letov splošnega letalstva z lahкими letali s strani družb, ki delijo lete“:

<https://www.easa.europa.eu/charter-promote-safety-non-commercial-general-aviation>

Preiskovalni organ v cilju usklajevanja enotnih pravil, promocije o varnosti ter izvajanje nadzora, izdaja Evropski agenciji za varnost v letalstvu (EASA) naslednje varnostno priporočilo:

št. SI-SR009-2020

EASA – v cilju spodbujanja in ozaveščanja razlik med obstoječimi kriteriji izvajanja letov v kategoriji komercialnih in nekomercialnih letalskih operacij z lahкими letali v kategoriji splošnega letalstva zagotovi, da se zgoraj navedene aktivnosti in vsebine v smislu promocije letalske varnosti izvajajo znotraj držav članic EASA preko pristojnih nacionalnih letalskih oblasti na letni ravni.

V preiskavi ni bilo ugotovljenih odstopanj ali pomanjkljivosti s področja izvajanja navigacijskih storitev. V času vstopa N710CC v slovenski prostor je kontrolor ves čas informiral pilota in opozarjal na odstopanja. Komisija ocenjuje, da bi bilo v interesu pravočasnega posredovanja informacij o vremenskih pojavov posadkam zrakoplovov, posebej ko gre za pojav zaledenitve, poiskati tehnično možnost, da so samodejna opozorila časovno in prostorsko sinhronizirana s podatki, radarskih odzivov. Preiskovalni organ zato izdaja KZPS d.o.o. naslednje varnostno priporočilo:

št. SI-SR010-2020

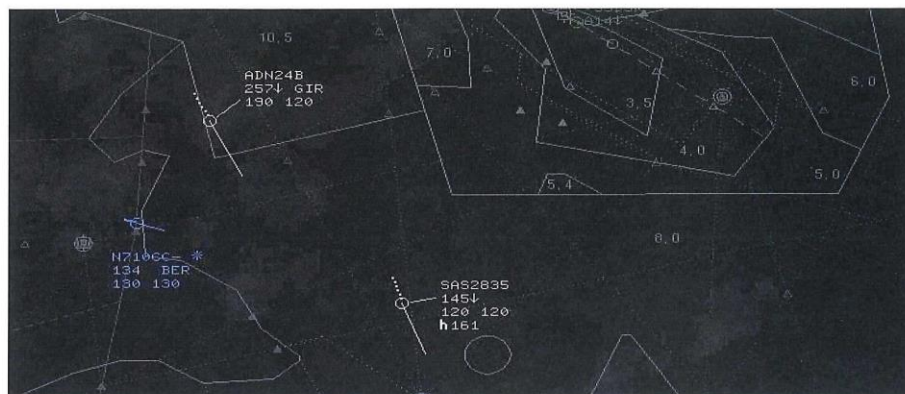
KZPS d.o.o. – izvajalec navigacijskih storitev zračnega prometa preuči možnosti zagotovitve generiranja samodejnih opozoril v zvezi z nevarnimi vremenskimi pojavi, neposredno na delovni poziciji kontrolorja zračnega prometa.

PRILOGE

PRILOGA 1 Radarska slika vstopa letala v slovenski zračni prostor

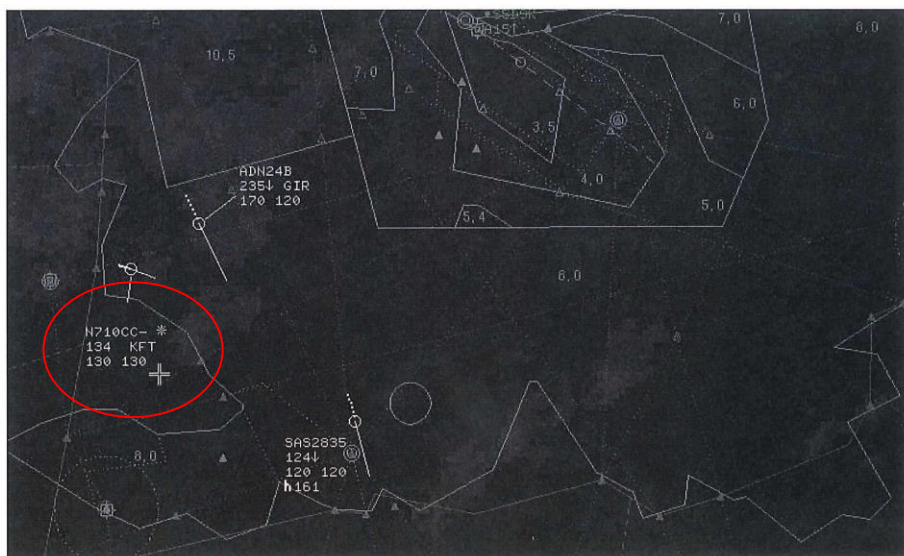
ČAS 08:44:40 UTC

N710CC vstop v FIR Ljubljana preko točke RIFEN na višini FL134 (13400 čevljev).



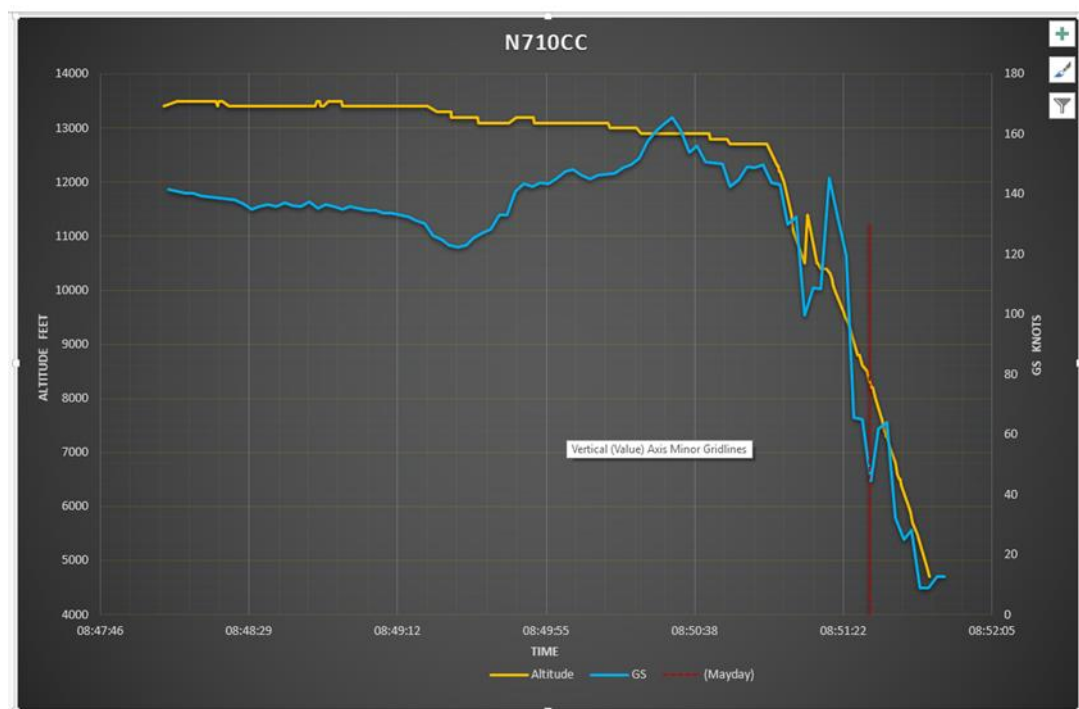
ČAS 08:46:00 UTC

N710CC v FIR Ljubljana na višini FL134 (13400 čevljev). Vzpostavljena glasovna komunikacija s kontrolo zračnega prometa. Izogibanje vplivom vremena.



PRILOGA 2

Parametri leta v času pred nesrečo (povzeto po radarskih podatkih)



OPOMBA:

- ALTITUDE – višina leta v čevljih – označeno z rumeno
- GS (ang. ground speed) – hitrost letala glede na tla v vozlih (ang. knots) – označeno z modro
- MAYDAY – trenutek oddaje klica v sili – rdeča črta

PRILOGA 3

Izpisek iz registra FAA

25. 5. 2020

FAA Registry - Aircraft - N-Number Inquiry

FAA REGISTRY N-Number Inquiry Results

N710CC has Reserved/Multiple Records

Reserved N-Number

Type Reservation	Hold
Mode S Code	52276102
Reserved Date	09/13/2018
Renewal Date	None
Purge Date	09/13/2023
Pending Number Change	None
Date Change Authorized	None
Reserving Party Name	CANCELLED/NOT ASSIGNED
Street	None
City	None
State	None
Zip Code	None
County	
Country	

Deregistered Aircraft

Deregistered Aircraft 1 of 1

Aircraft Description			
Serial Number	3257358	Certificate Issue Date	04/17/2015
Manufacturer Name	PIPER	Mode S Code (base 8 / oct)	52276102
Model	PA-32R-301T	Mode S Code (base 16 / hex)	A97C42
Year Manufacturer	2004	Cancel Date	09/13/2018
Reason for Cancellation	Expiration	Export To	None
Type Registration	Corporation		

25. 5. 2020

FAA Registry - Aircraft - N-Number Inquiry

Aircraft Registration prior to Deregistration

Name	KUERTZ ENTERPRISE LTD		
Street	3511 SILVERSIDE RD STE 105		
City	WILMINGTON		
State	DELAWARE	Zip Code	19810-4902
County	NEW CASTLE		
Country	UNITED STATES		

Deregistered Airworthiness

Engine Manufacturer	LYCOMING	Classification	Standard
Engine Model	41569	Category	None
A/W Date	06/24/2004	Exception Code	No

Deregistered Other Owner Names

None

FAA REGISTRY N-Number Inquiry Results

N710CC has Reserved/Multiple Records

Deregistered Aircraft			
Deregistered Aircraft 1 of 1			
Aircraft Description			
Serial Number	3257358	Certificate Issue Date	04/17/2015
Manufacturer Name	PIPER	Mode S Code (base 8 / oct)	52276102
Model	PA-32R-301T	Mode S Code (base 16 / hex)	A97C42
Year Manufacturer	2004	Cancel Date	09/13/2018
Reason for Cancellation	Expiration	Export To	None
Type Registration	Corporation		
Aircraft Registration prior to Deregistration			
Name	KUERTZ ENTERPRISE LTD		
Street	3511 SILVERSIDE RD STE 105		
City	WILMINGTON		
State	DELAWARE	Zip Code	19810-4902
County	NEW CASTLE		
Country	UNITED STATES		
Deregistered Airworthiness			
Engine Manufacturer	LYCOMING	Classification	Standard
Engine Model	41569	Category	None
A/W Date	06/24/2004	Exception Code	No
Deregistered Other Owner Names			
None			

PRILOGA 4 Povzetek analize horizontalnega stabilizatorja (skrajšano poročilo)

Pri pregledu prerezov na mestih preloma in njihove bližine smo ugotovili naslednje: glede na oblike preloma in zoženje (kontrakcijo) v območju prelomov lahko sklepamo, da so prelomi posledica ponavljajočih preobremenitev (izmenične upogibne obremenitve, pri katerih je bila presežena napetost tečenja). Oblika prelomov je značilna tudi za kombinacijo upogibnih in nateznih obremenitev. Prelomi so žilave, duktilne narave. Mikrostruktura je v bližini prelomov deformirana v smeri obremenitev.

Mikrostruktura vseh treh pregledanih pločevin (vzdolžni nosilec z debelino stene 1,560 mm, sprednja pločevina z debelino stene okoli 0,82 mm in srednja pločevina krilca z debelino stene od 0,41 do 0,42 mm) je sestavljena iz različnih precipitativ intermetalnih spojin, ki so dispergirani po kristalnih zrnih α (netopni delci $(\text{Cu,Fe,Mn})\text{Al}_7$, drobni temni delci so CuMgAl_2 , $\text{Cu}_2\text{Mn}_3\text{Al}_{20}$ in Cu_2FeAl_7). Zlasti prisotnost faz CuMgAl_2 (S-faze) in CuAl_2 (θ) kaže na izločevalno utrjevanje aluminijeve zlitine (toplotna obdelava zlitine)[7, 8, 9, 10, 11]. Mikrostruktura je popolnoma običajna za pločevine iz zlitine EN-AW-2024 (ali tudi EN-AW-2124), ki je toplotno obdelana, hladno preoblikovana in starana (temper T3: naravno starana, temper T4: umetno starana, oziroma prestarana ("overaged"))[6].

Na površino pločevine je navaljana tanka plast zlitine (verjetno zlitine EN-AW-1230, zlitine AlZn1 ali čistega Al visoke čistoče t. i. "Alclad")[12]. Debelina te plasti je na pločevini z debelino stene 1,560 mm okoli 60 μm , na drugih pločevinah pa tanjša (okoli 30 μm). Na pločevino iz zlitine EN-AW-2024 je navaljana plast z boljšo korozijsko obstojnostjo, ker je korozijska obstojnost zlitin serije 2xxx slaba. Nikjer nismo našli mikrostrukturnih napak, ki bi lahko kakorkoli vplivale na poslabšanje lastnosti materiala.

Rezultati meritev trdote po Vickersu

Meritve trdote po Vickersu HV 1 (sila odtiska 9,8 N) smo naredili na prerezu porušenega profila in pločevin na pripravljenih metalografskih obrusih. V standardu EN 485-2:2016 so podane trdote po Brinellu. Standard predvideva tudi meritve trdote po Vickersu, kjer izvedba meritev trdote po Brinellu ni mogoča. Debeline prerezov pločevin so premajhne za izvedbo meritev trdote po Brinellu.

Tabela 1: Rezultati meritev trdote HV. Vz dolžni profil (desno krilce, zgornja pasnica – vzdolžni prerez (vzorec 1), in bližina radija med zgornjo pasnico in stojino nosilca (vzorec 2), oba vzorca v bližini preloma do razdalje 23 mm od preloma). Mesti prereza sta označeni na sliki 63.

Vzorec	Trdota HV													
Oddaljenost od preloma [mm]	0,1	0,5	1,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	20	21	22	23
1 – vzd. profil	142,7	154,7	152,2	147,1	148,3	154,4	151,6	144,2	144,1	141,7	139,0	139,8	154,0	142,1
2 – vzd. profil	163,6	158,0	152,7	153,3	157,3	155,7	157,1	157,0	155,1	157,0	158,6	149,7	150,3	152,6

Trdota materiala vzdolžnega profila se je zaradi hladne deformacije povišala samo v neposredni bližini preloma na obeh vzorcih. Na vzorcu 2 (upognjeni del vzdolžnega profila) je trdota višja po celotni dolžini tudi zaradi vpliva deformacije pri izdelavi profila. Zaradi tega smo izmerili trdoto materiala vzdolžnega profila tudi v prečni smeri (glej rezultate v spodnji tabeli).

Tabela 2: Rezultati meritev trdote HV. Vzdolžni profil (desno krilce, zgornja pasnica - ravni del – prečni prerez), na razdalji okoli 80 mm od preloma.

Lokacija:	Ravni del – Trdota HV			Radij po prerezu – Trdota HV			
3V, vzd. profil	134,8	139,6	140,7	156,7	151,1	155,7	157,0

Trdota materiala vzdolžnega profila je višja v območju hladno preoblikovanega radija. Na ravnem delu profila (pasnici) je trdota med 135 in 140 HV, (od 128 do 133 HB), na radiju, ki je bil izdelan s hladnim preoblikovanjem pa med 150 in 157HV (od 143 do 148 HB). Na razdalji okoli 80 mm od preloma trdota ni povečana zaradi deformacij, ki so lahko nastale zaradi izmeničnega upogibanja pred končno porušitvijo.

Tabela 3: Rezultati meritev trdote HV. Vzdolžni profil in ojačitveni profil ob njem (desno krilce, zgornja pasnica- ravni del – vzdolžni prerez) – na razdalji od 60 do 64 mm in od 280 do 284 mm od preloma.

Vzorec	Trdota HV									
Oddaljenost od preloma [mm]	60	61	62	63	64	280	281	282	283	284
3 – vzd. profil	139,5	141,5	138,8	134,9	136,9	-	-	-	-	-
3A - ojačitev	142,0	142,2	141,0	139,8	139,6	-	-	-	-	-
4 – vzd. profil	-	-	-	-	-	138,9	138,8	135,0	139,0	138,3
4A - ojačitev	-	-	-	-	-	142,2	144,7	146,3	140,2	136,4

Na večjih razdaljah od mesta preloma ni nikjer vidnega večjega povišanja trdote. Manjše nihanje izmerjenih vrednosti je predvsem posledica nekoliko različne velikosti kristalnih zrn v zlitini. Trdota pločevine ojačitvenega profila je nekoliko višja od trdote vzdolžnega nosilca.

Tabela 4: Rezultati meritev trdote HV. Meritve trdote poleg preloma na sprednji pločevini desnega krilca (zgoraj in spodaj – mesti, C in D, ki sta označeni na sliki 12)

Vzorec	Trdota HV									
Oddaljenost od preloma [mm]	0,1	0,5	1,0	2,5	3,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
C- zgoraj	158,2	146,8	143,1	143,0	144,2	146,8	144,2	136,9	136,2	137,5
D - spodaj	158,7	168,1	148,8	144,5	140,5	138,6	138,8	132,9	134,3	135,6

Trdota materiala sprednje pločevine se je zaradi hladne deformacije povišala samo v neposredni bližini preloma na obeh vzorcih.

Tabela 5: Rezultati meritev trdote HV. Meritve trdote poleg preloma na srednji pločevini desnega krilca (zadnja stran zgoraj mesto B z dvema prelomi, ki je označeno na sliki 12). Prereza sta izdelana v vzdolžni smeri pločevine v oddaljenosti okoli 10 mm od kovic.

Vzorec	Trdota HV									
Oddaljenost od preloma [mm]	0,1	0,5	1,0	2,5	3,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0
B 1 - zgoraj	159,0	160,2	145,4	149,6	149,1	139,0	140,4	137,8	137,1	143,3
B 2 - zgoraj	171,4	168,9	162,5	156,3	146,7	141,2	140,4	135,7	135,4	136,9

Trdota materiala srednje pločevine se je zaradi hladne deformacije povišala samo v neposredni bližini preloma na obeh vzorcih.

3.4 Rezultati kemijske analize

Tabela 6: Rezultati kemijske analize pločevin. Vse pločevine so bile odvzete iz desnega krilca poleg lokacij za ostale preiskave. Rezultati so podani v utežnih %.

Vzorec	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	V	Ti	Al
Vzdolžni profil	0,0505	0,111	4,51	0,591	1,53	0,0026	0,0081	0,0179	0,0065	0,0380	93,1
Ojačitveni profil	0,0423	0,149	4,27	0,611	1,49	0,0018	0,0087	0,0121	0,0080	0,0332	93,3
Sprednja ploč.	0,0610	0,166	4,31	0,611	1,48	0,0041	0,0066	0,0612	0,0060	0,0350	93,2
Srednja pločevina	0,0672	0,162	4,25	0,610	1,36	0,0052	0,0068	0,0526	0,0065	0,0345	93,4

Tabela 7: Predpisana kemijska sestava za kvaliteti EN-AW-2024 in EN-AW-2124 po standardu EN573-3:2004[5]

Kvaliteta	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	V	Ti	Al
EN-AW-2024	0,50	0,50	3,8 – 4,9	0,30 – 0,90	1,2 – 1,8	0,10	-	0,25	-	0,15	ostanek
EN-AW-2124	0,20	0,30	3,8 – 4,9	0,30 – 0,90	1,2 – 1,8	0,10	-	0,25	-	0,15	ostanek

Opomba: Obe kvaliteti sta ekvivalentni kvalitetam Alloy 2024, Alloy 2124, Al Cu4Mg1, Al Cu4Mg1(A), ki so uporabljene po različnih standardih[13].

Vsi preiskani vzorci pločevin krilca glede kemijske sestave v celoti ustrezajo zahtevam za kvaliteto EN-AW-2024 in tudi kvaliteto EN-AW-2124 (kvaliteta višje čistoče).

3.5: Rezultati nateznega preizkusa

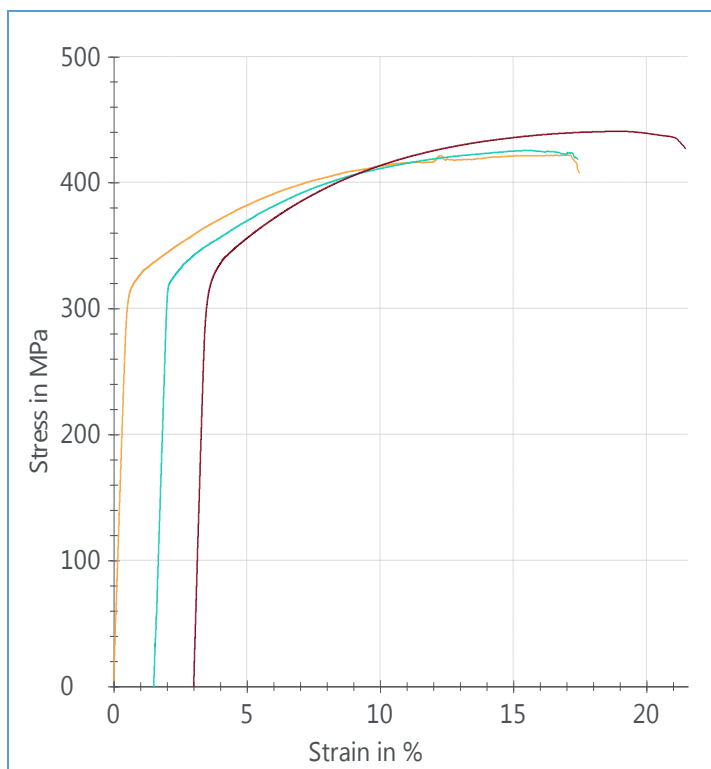
Tabela 8: Rezultati nateznega preizkusa skladno s standardom SIST EN ISO 6892-1:2017[3]

Oznaka vzorca, debelina	Pločevina, lokacija odvzema	Napetost tečenja $R_{p0,2}$ [MPa]	Natezna trdnost R_m [MPa]	Raztezek A_{50} [%]	Razmerje $R_{p0,2}/R_m$ [%]
Z/1886-1/17, 0,815 mm	Sprednja pločevina blizu preloma	318	422	16,8	75,35
Z/1886-2/17, 0,815 mm	108 cm od začetka pločevine ob trupu	324	426	15,2	76,16
Z/1886-3/17, 1,57 mm	Vzdolžni nosilec – blizu preloma	320	441	17,9	72,61

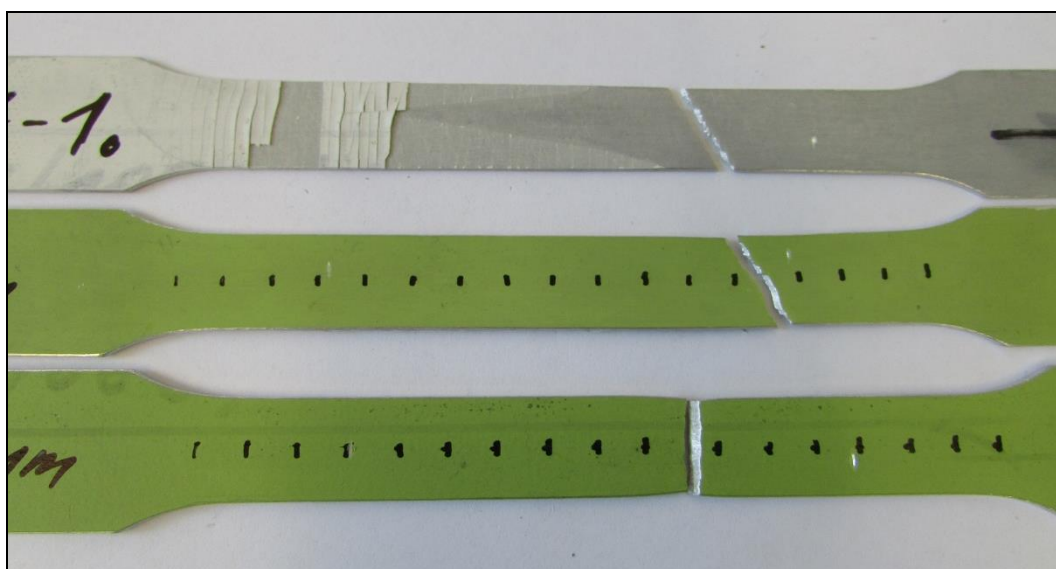
Tabela 9: Predpisane minimalne mehanske lastnosti po standardu SIST EN 485-2:2016 za kvaliteto EN-AW-2024 z različnimi postopki toplotne in druge obdelave:

Oznaka obdelave (Temper)	Napetost tečenja $R_{p0,2}$ [MPa]	Natezna trdnost R_m [MPa]	Raztezek A_{50} [%]	Trdota po Brinellu HBS
T4	275	425	12	120
T3, T351	290	435	12 (14)	123

Mehanske lastnosti pločevin debeline 0,815 mm (sprednja pločevina krilca) ustrezajo predpisanim lastnostim za kvaliteto EN-AW-2024 T4, mehanske lastnosti pločevine vzdolžnega nosilca (debelina 1,57 mm) pa ustrezajo tudi lastnostim z obdelavami T3 in T351. Razmerje $R_{p0,2}/R_m$ je ustrezno, ni prisotnega povišanja napetosti tečenja ($R_{p0,2}$) in zmanjšanja raztezka (A_{50}), kar bi lahko bila posledica klasične dinamične utrujenosti materiala.



Slika 155: Serijski grafi napetost/raztezek (iz leve proti desni vzorci: Z/1886-1/17, Z/1886-1/17 in Z/1886-1/17)



Slika 156: Natezni preizkušanci po pretrgu. IMG-5667

ZAKLJUČKI

Vizualni pregled vseh lomnih ploskev vseh pločevin oplata (zunanjih pločevin) in vzdolžnih nosilcev horizontalnega stabilizatorja smo opravili na razbitinah repnega dela trupa porušenega letala in razbitinah horizontalnega stabilizatorja. Pri pregledu nismo nikjer našli "starih" - utrujenostnih razpok in nobenih značilnosti klasičnega utrujenostnega loma. Vse pločevine ob lomnih ploskvah so plastično deformirane. Večina lomnih ploskev in njihove okolice ima značilnosti relativno duktilnega in žilavega preloma. Porušitve so posledica nekaj izmeničnih

upogibnih obremenitev, pri katerih so napetosti presegle napetost tečenja (mejo plastičnosti) materiala. V bližini prelomov so pločevine deformirane v več smereh. Nikjer v območju lomov nismo našli korozijskih poškodb ali drugih mehanskih poškodb, ki bi lahko predstavljala inicialna mesta za nastanek utrujenostnih razpok ali pa zmanjšala nosilnost konstrukcijskih elementov ali konstrukcije horizontalnega stabilizatorja kot celote.

Vsi preiskani vzorci pločevin krilca horizontalnega stabilizatorja glede kemijske sestave v celoti ustrezajo zahtevam za kvaliteto EN-AW-2024 in tudi kvaliteto EN-AW-2124 (kvaliteta višje čistoče).

Mikrostruktura vse pregledanih vzorcev pločevine treh različnih dimenzij je popolnoma običajna za pločevine iz zlitine EN-AW-2024 (tudi EN-AW-2024), ki je toplotno obdelana, hladno preoblikovana in starana (Temper T3 ali T4). Sestavljena je iz različnih precipitativ intermetalnih spojin legirnih in drugih elementov, ki so dispergirani po kristalnih zrnih α . Na površino obeh strani pločevin je navaljana tanka plast aluminijeve zlitine z večjo korozijsko obstojnostjo, t. i. "Alclad".

Pri pregledu prerezov na mestih preloma in njihove bližine smo ugotovili naslednje: glede na oblike preloma in zoženje (kontrakcijo) v območju prelomov lahko sklepamo, da so prelomi posledica ponavljajočih preobremenitev (izmenične upogibne obremenitve, pri katerih je bila presežena napetost tečenja). Oblika prelomov je značilna tudi za kombinacijo upogibnih in nateznih obremenitev. Prelomi so žilave, duktilne narave. V primeru klasične utrujenosti ne bi bilo zoženja v neposredni bližini lomnih ploskev. Mikrostruktura je v bližini prelomov deformirana v smeri obremenitev. Nikjer nismo našli mikrostrukturnih napak, ki bi lahko kakorkoli vplivale na poslabšanje lastnosti materiala.

Mehanske lastnosti pločevin debeline 0,815 mm (sprednja pločevina krilca) ustrezajo predpisanim lastnostim za kvaliteto EN-AW-2024 T4. Rezultati mehanskih preiskav so sicer nekoliko "boljši" na vzorcu, ki je bil izrezan iz mesta v bližini mesta porušitve. Razlike so zelo majhne in so v obsegu merilne negotovosti. Mehanske lastnosti pločevine vzdolžnega nosilca (debelina 1,57 mm) ustrezajo tudi lastnostim iste kvalitete aluminijeve zlitine z obdelavami T3 in T351. Razmerje $R_{p0,2}/R_m$ je ustrezno, ni prisotnega povišanja napetosti tečenja ($R_{p0,2}$) in zmanjšanja raztezka (A_{50}), kar bi lahko bila posledica klasične dinamične utrujenosti materiala. Trdota materiala vzdolžnega profila in drugih pločevin se je zaradi hladne deformacije povišala samo v neposredni bližini mest preloma. Trdota materiala vzdolžnega profila krilca je višja tudi v območju hladno preoblikovanega radija (zaradi postopka izdelave).

Sklepamo lahko, da se je horizontalni stabilizator porušil v nekaj zaporednih ciklih izmeničnega pregibanja (v več smeri), kar imenujemo nizkociklično utrujanje (angl.: low cycle fatigue). Izmenično pregibanje horizontalnega stabilizatorja je verjetno nastalo pri dinamičnem aeroelastičnem pojavu, ki ga imenujemo "flutter"[14].

PRILOGA 5 Poročilo Nacionalnega forenzičnega laboratorija o preiskavi vzorcev N710CC

Nacionalni forenzični laboratorij (NFL)

POROČILO O PREISKAVI VZORCEV N710CC

Opis zadeve
(dejanja):

Dne 14. 7. 2016 je v bližini kraja Predmeja, občina Ajdovščina, strmoglavilo 6 sedežno letalo Piper. Na kraju so umrli pilot in trije potniki.

Dne 13. 10. 2016 so kriminalisti SKP NG skupaj s preiskovalci letalskih nesreč in strokovnjakoma NFL opravili ogled delov letala, ki so bila najdena v iskalni akciji dne 8. 10. 2016. Pri pregledu najdenih delov je bilo opaženih več sledi modre in rdeče barve.

Na ogledu so zavarovali primerjalne in sporne vzorce barvnih sledi.

Vrsta preiskave:

primerjalna analiza barv

Podatki o
zavarovanem
materialu:

- primerjalni vzorci barv (2x)
- sporni vzorci barvnih sledi (5x)

Datum prejema v
NFL:

19. 10. 2016

Potrebno je bilo opraviti primerjalne preiskave spornih barvnih sledi s primerjalnimi vzorci.

Splošni podatki o preiskavi vzorcev

Preiskave in medsebojne primerjave materiala iz spornih in primerjalnih vzorcev (opis vzorcev, odvzem materiala za analizo, kemijske analize in interpretacija) smo izvedli v skladu z laboratorijskimi postopki za preiskavo barvⁱ.

Datum preiskav: 21. 10. 2016 – 7. 11. 2016

Pregled in opis vzorcev

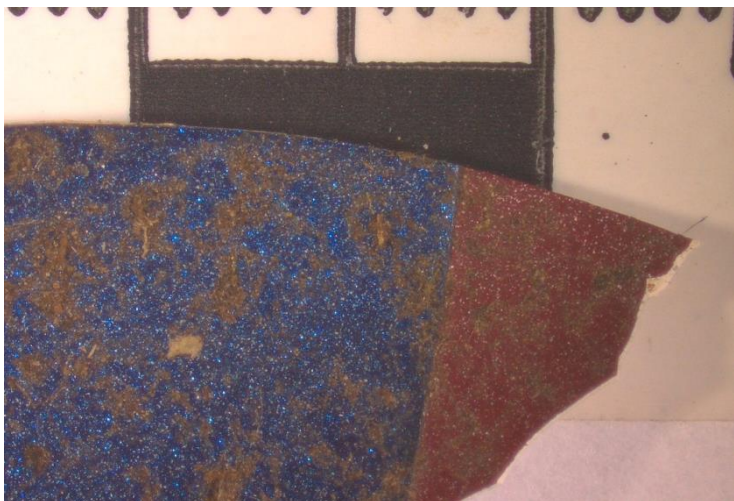
Laboratorijske (NFL) in originalne oznake vzorcev, opis zavarovanega materiala, embalaža in podatki o kraju odvzema so podani v Tabeli 1 in Tabeli 2. Material smo pregledali s prostim očesom in pod stereo mikroskopom. Vsi vzorci so bil zavarovani dne 13. 10. 2016, v hangarju MORS na letališču Brnik.

i - Rezultat preiskave se nanaša na vzorec, kot je bil prejet v laboratorij. Delov tega dokumenta se brez dovoljenja NFL se ne sme razmnoževati. Dovoljeno je razmnoževati samo dokument v celoti.

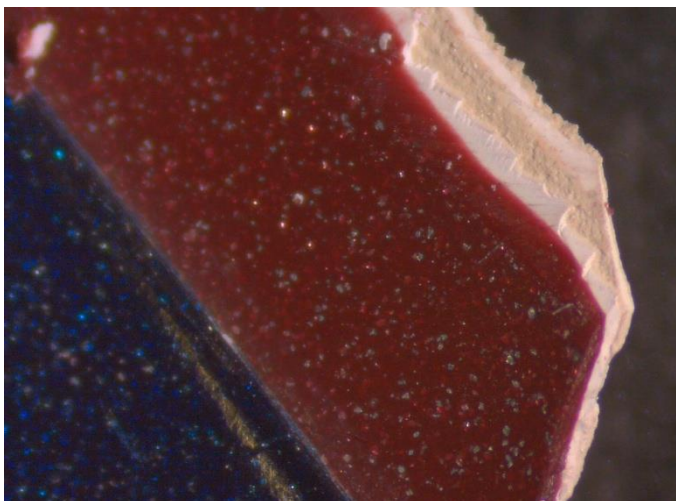
Tabela 1: Pregled in opis primerjalnih vzorcev

NFL ozn ⁹ · VZ.	orig. ozn. VZ.	opis zavarovanega materiala	embalaža zavarovan ja	kraj odvzema ali ime osebe, ki ji je bil vzorec odvzet
4	4	3 barvni delčki: delček modre barve, delček modre in rdeče barve ter delček modre, rdeče in bele barve; na njih nečistoče rjave barve od delčka modre in rdeče barve smo ločili manjši del, ga očistili z etanolom; delček ima več barvnih plasti: - modra plast s svetlečimi mikrodelci - rdeča plast s svetlečimi mikrodelci - bela plast - bež plast - bela plast - bež plast (Slika 1 in Slika 2)	pap. vrečka	prednji del ostankov letala
5	5	- 1 večji delček rdeče barve, večplasten (rdeča plast s svetlečimi mikrodelci, bela, črna plast s svetlečimi mikrodelci, bela, siva) - 1 večji delček modre barve, večplasten (modra plast svetlečimi mikrodelci, bela plast, rdeča plast s svetlečimi mikrodelci, bela, siva, rumena) - modri delčki, večplastni (modra plast svetlečimi mikrodelci, bela plast, rdeča plast s svetlečimi mikrodelci, bela plast) (Slika 3 in Slika 4)	pap. vrečka	rep letala

i - Rezultat preiskave se nanaša na vzorec, kot je bil prejet v laboratorij. Delov tega dokumenta se brez dovoljenja NFL se ne sme razmnoževati. Dovoljeno je razmnoževati samo dokument v celoti.



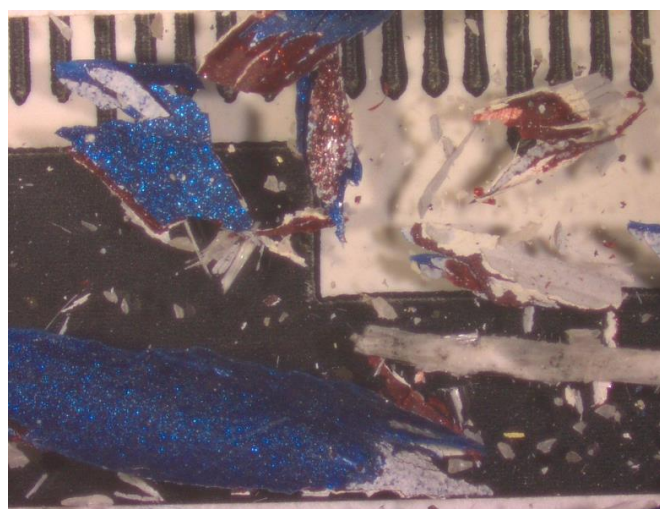
Slika 1: Vzorec št. 4



Slika 2: Vzorec št. 4



Slika 3: Vzorec št. 5

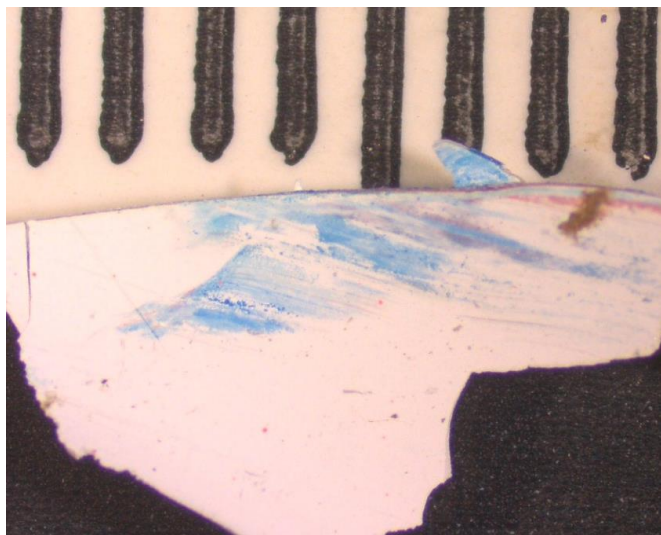


Slika 4: Vzorec št. 5

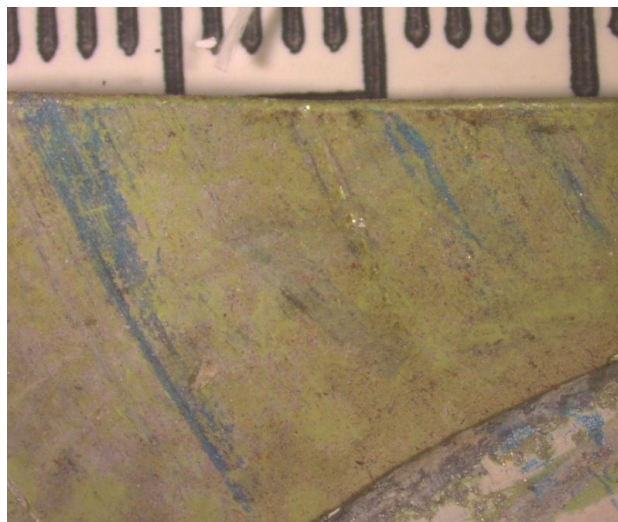
Tabela 2: Pregled in opis spornih vzorcev

NFL ozn. vz.	orig. ozn. vz.	opis zavarovanega materiala	embalaža zavarovan ja	kraj odvzema ali ime osebe, ki ji je bil vzorec odvzet
1	1	- delci bele barve, na njih mikrozdrsnine modre barve in rdeče barve - kovinski delček, prebarvan s svetlo zeleno barvo, na njem bela barva in mikrozdrsnine modre barve (Slika 5 in Slika 6)	plastična škatlica	levo višinsko krmilo
2	2	- delci bele barve, na njih	plastična	levo višinsko krmilo

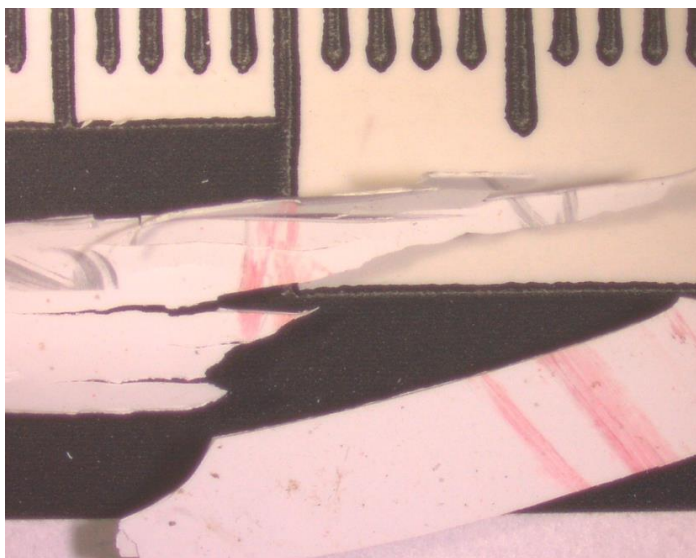
		mikrozdrsnine rdeče in temne barve (Slika 7)	škatlica	
3	3	- delci bele barve, na njih mikrozdrsnine rdeče barve (Slika 8)	plastična škatlica	levo višinsko krmilo
6	6	- kovinski delčki, na njih mikrozdrsnine modre in sive barve (Slika 9)	plastična škatlica	desno višinsko krmilo
7	7	- delci bele barve, na njih mikrozdrsnine rdeče in sive barve (Slika 10)	plastična posodica	leva stran letala ob identifikacijski ploščici



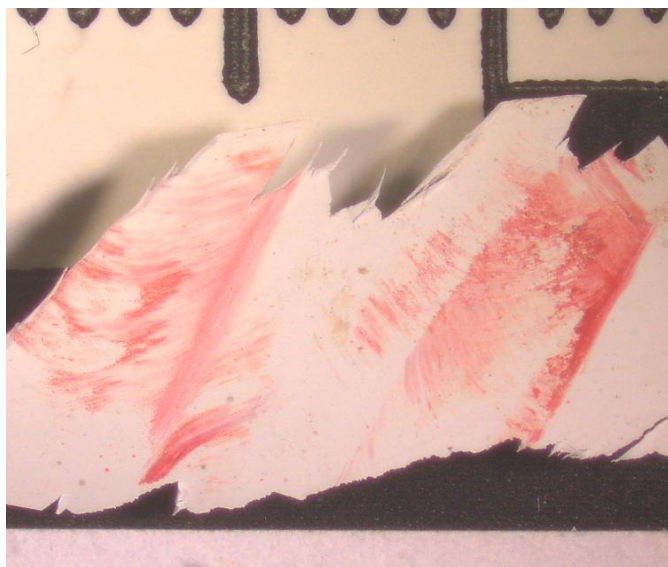
Slika 5: Vzorec št. 1



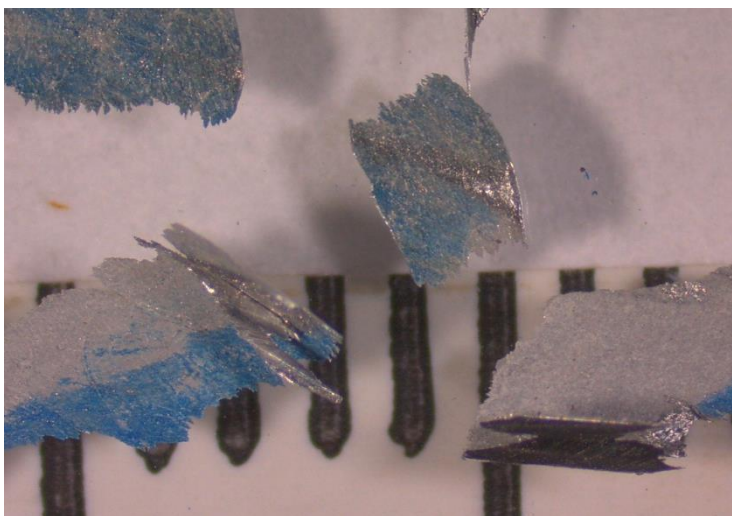
Slika 6: Vzorec št. 1



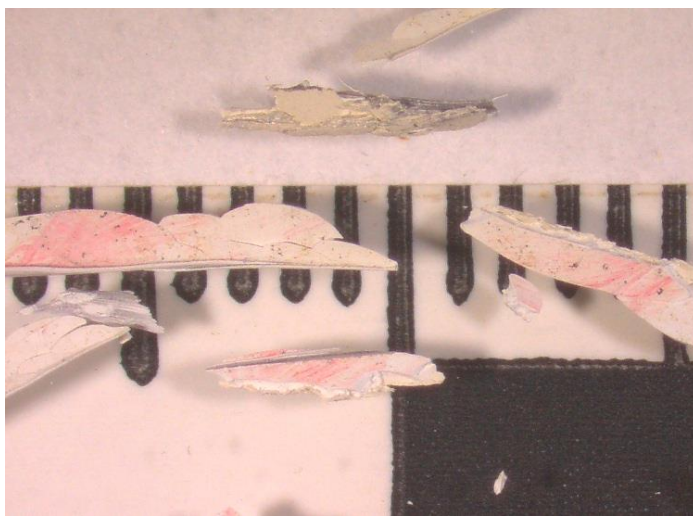
Slika 7: Vzorec št. 2



Slika 8: Vzorec št. 3



Slika: 9 Vzorec št. 6



Slika 10: Vzorec št. 7

Izolacija in priprava vzorcev za analizo

Pred inštrumentalno analizo moramo vzorec ustrezno izolirati od podlage in ga pripraviti za analizo.

Pod mikroskopom z uporabo skalpela in/ali drugih pripomočkov ločimo sporno barvno sled od podlage (npr. sporno barvno sled s koščka lesa okenskega okvirja v katerega je bilo vlomljeno) ali pa ločimo posamezne barvne plasti med seboj (npr. večplasten avtomobilski lak). Le s popolno ločbo posamezne barvne plasti lahko dobimo IR spekter, ki ga kasneje uporabimo za primerjalno analizo.

Izolirano barvno plast odložimo na diamantno stekelce, jo prekrijemo z drugim diamantnim stekelcem in jo, v posebnem nastavku z navojem, stisnemo na ustrezno debelino.

Analiza z infrardečim spektrometrom (FTIR) s pomočjo IR mikroskopa

Na osnovi FTIR meritev lahko sklepamo na kemijsko sestavo snovi ali pa snovi samo medsebojno primerjamo. Medsebojno je smiselno primerjati le tiste materiale (plasti) primerjalnih in/ali spornih vzorcev, ki so pri opazovanju s prostim očesom oz. pod mikroskopom videti enakega barvnega odtenka.

V konkretnem primeru smo opravili primerjalne preiskave spornih sledi rdeče in modre barve ter rdeče in modre barve s primerjalnih vzorcev.

IR spektre barv iz preiskovanih vzorcev smo medsebojno primerjali na osnovi ujemanja položaja in intenzitete absorpcijskih vrhov. Primerjavo smo opravili z vizualnim pregledom parov spektrov (na primer: barva spornega vzorca »X« : barva primerjalnega vzorca »Y«).

V Tabeli 3 in v Tabeli 4 so navedeni materiali (barve), ki smo jih analizirali, v Tabeli 5 pa rezultati analiz, oziroma medsebojne primerjave posnetih IR spektrov.

Tabela 3: Analiziran material – primerjalna vzorca

NFL oznaka vzorca	analiziran material
4	- modra barva - rdeča barva - material bele barve - material bež barve
5	- modra barva - rdeča barva

Tabela 4: Analiziran material – sporni vzorci

NFL oznaka	analiziran material
---------------	---------------------

vzorca	
1	- modre mikrozdrnine - material bele barve (nosilec)
2	- izolacija (in analiza) rdečih mikrozdrsnin ni možna, saj količina spornih zdrsnin ni zadostna
3	- rdeče mikrozdrnine - material bele barve (nosilec)
6	- modre mikrozdrnine - sive mikrozdrnine
7	- izolacija (in analiza) rdečih mikrozdrsnin ni možna, saj količina spornih zdrsnin ni zadostna

Tabela 5: Rezultati analiz

NFL oznaka vzorca	medsebojna primerjava IR spektrov
4 in 5	IR spektra modre barve vzorca št. 4 in modre barve vzorca št. 5 imata medsebojno enake karakteristike
4 in 5	IR spektra rdeče barve vzorca št. 4 in rdeče barve vzorca št. 5 imata medsebojno enake karakteristike
1 in 4, 5	IR spekter modrih zdrsnin z vzorca št. 1 ima enake karakteristike kot IR spektri modre barve vzorcev št. 4 in št. 5
3 in 4, 5	IR spekter rdečih zdrsnin z vzorca št. 3 ima enake karakteristike kot IR spektri rdeče barve vzorcev št. 4 in št. 5
6 in 4, 5	IR spekter modrih zdrsnin z vzorca št. 6 ima enake karakteristike kot IR spektri modre barve vzorcev št. 4 in št. 5

Ugotovitve

Z opravljenimi preiskavami nismo ugotovili razlik v kemijski sestavi spornih zdrsnin modre barve z delov letala, zavarovanih dne 13. 10. 2016 v hangarju MORS na letališču Brnik, označena kot vzorec št. 1 (levo višinsko krmilo) in kot vzorec št. 6 (desno višinsko krmilo), in primerjalnih vzorcev modre barve z delov letala, strmoglavljenega dne 14. 7. 2016 v bližini kraja Predmeja, označena kot vzorec št. 4 (prednji del ostankov letala) in kot vzorec št. 5 (rep letala).

Prav tako nismo našli razlik v kemijski sestavi spornih rdečih zdrsni z vzorca št. 3 (levo višinsko krmilo) in rdečo barvo primerjalnih vzorcev št. 4 in št. 5.

Mnenje

Rezultati kemijskih analiz podpirajo hipotezo, da sporne zdrsne modre barve z delov letala, ki so bili najdeni v iskalni akciji dne 8. 10. 2016 (vzorec št. 1 in vzorec št. 6) izvirajo iz modre barve delov letala, ki je dne 14. 7. 2016 strmoglavilo v bližini kraja Predmeja, občina Ajdovščina, sporne zdrsne rdeče barve z najdenega dela (vzorec št. 3) pa imajo izvor v rdeči barvi delov strmoglavljenega letala.
