

Z Á V E R E Ć N Á S P R Á V A

o bezpečnostnom vyšetovaní vážneho leteckého incidentu

lietadla typu **WT-9 Dynamic**
poznávacej značky **OK-CUS 76**
dňa **01. 05. 2025**



Ev. č.: **SKS2025002**

Bezpečnostné vyšetrovanie leteckej mimoriadnej udalosti bolo vykonané podľa § 18 zákona č. 143/1998 o civilnom letectve (letecký zákon) a o zmene a doplnení niektorých zákonov, v súlade s Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 996/2010 o vyšetrovaní a prevencii nehôd a incidentov v civilnom letectve, ktorými sa riadi vyšetrovanie leteckých nehôd a incidentov v civilnom letectve.

Záverečná správa je vydaná v súlade s predpisom L 13, ktorý je aplikáciou ustanovení ANNEX 13, Vyšetrovanie leteckých nehôd a incidentov k Dohovoru o medzinárodnom civilnom letectve.

Výhradným cieľom bezpečnostného vyšetrovania je zistenie príčin vzniku udalosti a prevencia vzniku takýchto udalostí, nie však poukazovanie akejkoľvek viny alebo zodpovednosti osôb.

Táto záverečná správa, jej jednotlivé časti alebo iné dokumenty, vzťahujúce sa k bezpečnostnému vyšetrovaniu predmetnej udalosti majú len informatívny charakter a nemôžu byť použité inak, len ako odporúčenie pre realizáciu opatrení, ktoré by zabránili vzniku ďalších leteckých mimoriadnych udalostí s obdobnými príčinami.

OBSAH

Použité skratky.....	4
A) Úvod.....	5
B) Informatívny prehľad.....	5
1 Faktické informácie.....	7
1.1 Priebeh udalosti.....	7
1.2 Zranenie osôb.....	8
1.3 Poškodenie lietadla.....	8
1.4 Ostatné škody.....	8
1.5 Informácie o leteckom personáli.....	8
1.5.1 Pilot.....	8
1.5.2 Letové skúsenosti.....	9
1.6 Informácie o lietadle.....	9
1.6.1 Všeobecné informácie.....	9
1.6.2 Informácie o havarovanom lietadle.....	9
1.6.3 Rozmerové a výkonové charakteristiky.....	9
1.6.4 Hmotnostné charakteristiky.....	9
1.6.5 Pohonná jednotka.....	10
1.6.5.1 Motor.....	10
1.6.5.2 Vrtuľa.....	10
1.6.6 Prevádzka lietadla.....	10
1.6.7 Posledné vykonané práce.....	10
1.7 Meteorologická situácia.....	10
1.8 Navigačné zariadenia.....	10
1.9 Spojenie.....	10
1.10 Informácie o letisku.....	11
1.11 Letové zapisovače a ostatné záznamové prostriedky.....	11
1.12 Informácie o dopade a troskách.....	11
1.12.1 Obhliadka miesta incidentu.....	11
1.12.2 Obhliadka lietadla.....	13
1.13 Lekárske a patologické nálezy.....	14
1.14 Požiar.....	14
1.15 Aspekty prežitia.....	14

	1.16	Testy a výskum.....	15
	1.17	Informácie o organizácii a riadení.....	16
	1.18	Doplnkové informácie.....	16
	1.19	Spôsoby bezpečnostného vyšetovania.....	16
2		Analýza.....	16
	2.1	Činnosť pilota.....	16
	2.2	Analýza Ústavu materiálového výskumu.....	17
3		Závery.....	32
	3.1	Zistenia komisie.....	32
	3.1.1	Pilot.....	32
	3.1.2	Lietadlo.....	32
	3.2	Príčina.....	32
4		Oporúčania na zaistenie bezpečnosti.....	32

Použité skratky

BVK	Bezpečnostná vyšetrovacia komisia (Specialised Commission for Investigation of Causes of a Particular Incident from Members of the Commission)
LZPE	kód ICAO pre letisko Prievidza
UTC	svetový koordinovaný čas (Co-ordinated Universal Time)
PPN	predná podvozková noha
°	stupeň v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
'	minúta v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
”	sekunda v geografii - určenie zemepisnej dĺžky, alebo zemepisnej šírky
m	meter - jednotka dĺžky
mm	milimeter - jednotka dĺžky
l	liter - jednotka objemu
kg	kilogram - jednotka hmotnosti
h	hodina - jednotka času
KIAS	indikovaná vzdušná rýchlosť v uzloch (Knots Indicated Airspeed)
V _{NE}	maximálna prípustná rýchlosť letu, neprekročiteľná rýchlosť (never-exceed speed)
SAT	stredná aerodynamická tetiva
TTSN	celkový počet letových hodín od výroby (Total Time since New)
TLSN	celkový počet pristátí, ktoré vykonalo lietadlo od výroby (Total Landing since New)
RWY	vzletová a pristávacia dráha (Runway)
ft	stopa - jednotka dĺžky (Feet - dimensional unit)
VFR	pravidlá letu za viditeľnosti (Visual Flight Rules)
LAPL	preukaz spôsobilosti pilota ľahkých lietadiel (Light Aircraft Pilot Licence)
SR	Slovenská republika
ČR	Česká republika
N	označenie svetovej strany - sever (North)
E	označenie svetovej strany - východ (East)
SAR	pátranie a záchrana (Search and Rescue)
s.r.o.	spoločnosť s ručením obmedzeným
SAV v. v. i.	Slovenská akadémia vied verejná výskumná inštitúcia
Mhz	Megahertz - jednotka frekvencie
VPD	vzletová a pristávacia dráha
ULL	ultraľahké lietadlo
UL	ultraľahký

A. ÚVOD

Typ lietadla:	WT-9 Dynamic
Poznávacia značka:	OK-CUS 76
Prevádzkovateľ/Vlastník:	fyzická osoba/právnická osoba
Typ prevádzky:	všeobecné letectvo/športové a rekreačné lietanie
Miesto vzletu:	LZPE
Fáza letu:	rolovanie
Miesto udalosti:	prechod z trávnatého pásu na betónový pás RWY04
Dátum a čas udalosti:	01. 05. 2025/09:45 h

Poznámka: Všetky časové údaje v tejto správe sú uvádzané v UTC čase.

B. INFORMATÍVNY PREHLAD

Dňa 01. 05. 2025 vykonával pilot aerovleky v rámci medzinárodnej súťaže Flight Challenge Cup konanej na letisku Prievidza v dňoch 27. 04. - 08. 05. 2025. Po pristátí z v poradí ôsmeho aerovleku došlo počas rolovania, pri prechode lietadla z trávinatej plochy na betónovú, k zlomeniu stojiny prednej podvozkovej nohy (ďalej len PPN). Lietadlo bolo poškodené v malom rozsahu. Pilot neutrpel zranenia a lietadlo opustil bez cudzej pomoci.

Na vyšetrovanie príčin predmetnej udalosti bola ustanovená BVK v zložení:

predseda BVK

člen BVK

Správu vydáva:

Letecký a námorný vyšetrovací útvar

Ministerstva dopravy SR

Hlavná časť správy obsahuje:

1. FAKTICKÉ INFORMÁCIE
2. ANALÝZY
3. ZÁVERY
4. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

1. FAKTICKÉ INFORMÁCIE

1.1 Priebeh udalosti

Priebeh udalosti je zostavený z výpovede pilota:

Dňa 01. 05. 2025 sa pilot zúčastňoval na hromadných vzletoch, vlekania vetroňov na LZPE v rámci prebiehajúcej medzinárodnej súťaže v bezmotorovom lietaní Flight Challenge Cup, organizovanej v dňoch 27. 04. - 08. 05. 2025. V čase 08:00 h sa pilot zúčastnil na dennom brífingu a okolo 08:30 h vykonal predletovú prípravu lietadla. V rámci predletovej prípravy vykonal prehliadku lietadla, po ktorej vykonal motorovú skúšku. Predletová prehliadka ako aj motorová skúška prebehli bez nedostatkov. Vzlety prebiehali od 08:45 h. Pilot vykonal sedem aerovlekov, počas ktorých nezaznamenal žiadne problémy. Vzlet, let ako aj pristátie z ôsmeho aerovleku boli tiež vykonané bez nedostatkov. Po pristátí na trávnatý pás RWY04, prechádzal pilot počas rolovania z trávinatej plochy na betónovú. Rýchlosť rolovania bola malá, napriek tomu však došlo pri prejdení z trávnatého povrchu na betónový povrch k ulomeniu stojiny PPN. Následkom ulomenia PPN došlo k poklesu prednej časti lietadla a ulomeniu vrtuľových listov ako následok ich kontaktu s betónovým povrchom. Pilot vypol zapáľovanie, palivové čerpadlo a odpojil hlavným vypínačom zdroj elektrickej energie. Z pohľadu pilota sa počas predchádzajúcich letov, neudialo nič, čo by mohlo predikovať možnosť ulomenie PPN, všetky pristátia prebehli bez problémov s dosadnutím na hlavný podvozok s následným položením predného kolesa.

Lietadlo počas udalosti utrpelo poškodenia v malom rozsahu.

Denná doba: Deň
Pravidlá letu: VFR

1.2. Zranenia osôb

Pilot neutrpel zranenia.

Tab.č.1 Počty zranených/usmrtených osôb

Zranenie	Posádka	Cestujúci	Ostatné osoby (obyvateľstvo apod.)
Smrteľné	0	0	0
Vážne	0	0	0
Ľahké / bez zranení	0/1	0/0	0/0

1.3 Poškodenie lietadla

Lietadlo bolo následkom ulomenia PPN poškodené v malom rozsahu.

1.4 Ostatné škody

Pri leteckej nehode a ani počas manipulácie s troskami nedošlo ku škodám na majetku tretej osoby. Leteckému a námornému vyšetrovaciemu útvaru neboli oznámené okolnosti s prípadným uplatnením iných náhrad škôd voči tretej osobe.

1.5 Informácie o leteckom personáli

1.5.1 Pilot:

Občan Českej republiky, vek 33 rokov,
Držiteľ Preukazu spôsobilosti letovej posádky, ktorý vydal Úrad pro civilní letectví (ČR)
dňa 01. 02. 2023.

Držiteľ Pilotného preukazu, ktorý vydala Letecká amatérska asociace ČR
dňa 20. 10. 2017 s vyznačenou platnosťou do 29. 08. 2025.

Kvalifikácie:

Pilot ULL s vyznačenou platnosťou do 29. 08. 2025

Vlekár (TOW) s vyznačenou platnosťou do 29. 08. 2025

Jazyková spôsobilosť:

Angličtina s vyznačenou platnosťou do 13. 10. 2025

Osvedčenie zdravotnej spôsobilosti:

2.triedy s vyznačenou platnosťou do 11. 04. 2026

LAPL s vyznačenou platnosťou do 11. 04. 2026

Všeobecné osvedčenie rádiotelefonistu leteckej pohyblivej služby bez vyznačenia platnosti.

1.5.2 Letové skúsenosti:

Tab. č. 2 Nálet pilota

Nálet:	Za 24 h	Za 30 dní	Za 90 dní	Celkom
Typ WT-9 Dynamic (OK-CUS 76)	N/A	N/A	N/A	230 h 13 min
Všetky typy	N/A	N/A	N/A	230 h 13 min

1.6 Informácie o lietadle

1.6.1 Všeobecné informácie

Lietadlo Dynamic WT9 600 NG je jednomotorový, dvojmiestny, samonosný dolnoplošník, celokompozitovej konštrukcie so sedačkami umiestnenými vedľa seba. Lietadlo je vybavené padákovým záchranným systémom Magnum 601. Lietadlo má pevný trojbodový podvozok s hydraulicky ovládanými brzdami. Lietadlo je určené pre športové, rekreačné a turistické lietanie za podmienok VFR v triede UL lietadlo. Lietadlo sa môže používať na vykonávanie aerovlekov.

1.6.2 Informácie o havarovanom lietadle

- Typ lietadla Dynamic WT 9 600 NG
- Výrobca Aerospool, spol. s.r.o.
- Výrobné číslo DY-815D
- Rok výroby 2023
- Poznávacia značka OK-CUS 76
- Prevádzkovateľ právnická osoba
- Poistenie zodpovednosti za škodu platné do 01. 01. 2026
- TTSN 285 h
- TLSN 1038

1.6.3 Rozmerové a výkonové charakteristiky

- Dĺžka 6,72 m
- Rozpätie 8,90 m
- Výška 2,00 m
- Neprekročiteľná rýchlosť V_{NE} 181 KIAS

1.6.4 Hmotnostné a centrážne charakteristiky

- Hmotnosť prázdneho lietadla 368 kg
- Maximálna vzletová hmotnosť 600 kg
- Max. množstvo paliva 75 l
- Povolený rozsah centráže 19 - 30 % SAT

1.6.5 Pohonná jednotka

Pre pohon lietadla bol použitý štvorvalcový, štvortaktný, preplňovaný motor s kombinovaným chladením vzduch-kvapalina s protibežnými valcami Rotax 915 iS a trojlistá hydraulicky staviteľná vrtuľa Woodcomp KW-30.

1.6.5.1 Motor

• Typ/model	Rotax 915 iS A
• Výrobca	BRP-Powertrain GmbH & Co.KG
• Výrobné číslo	9134169
• Rok výroby	2023
• TTSN	285 h

1.6.5.2 Vrtuľa

• Typ/model	KW-30
• Výrobca	Woodcomp Propellers
• Výrobné číslo	23-03-1249
• Rok výroby	2023
• TTSN	285 h

1.6.6 Prevádzka lietadla

Majiteľ zakúpil lietadlo priamo od výrobcu a prevzaté bolo v 06/2023. V deň vážneho leteckého incidentu bolo s lietadlom vykonaných osem letov, vrátane kritického letu v trvaní 52 min.

1.6.7 Posledné vykonané práce

Dňa 05. 09. 2024 vykonaná 100-hodinová periodická údržba draku, 200-hodinová periodická údržba motora a 100-hodinová periodická údržba vrtule. Ostatné práce vykonané podľa Maintenance work order No. DY-815.3.

Práce vykonané pri:

TTSN 222 h 01 min

TLSN 832

1.7 Meteorologická situácia

Meteorologická situácia nemala vplyv na vznik vážneho incidentu.

1.8 Navigačné zariadenia

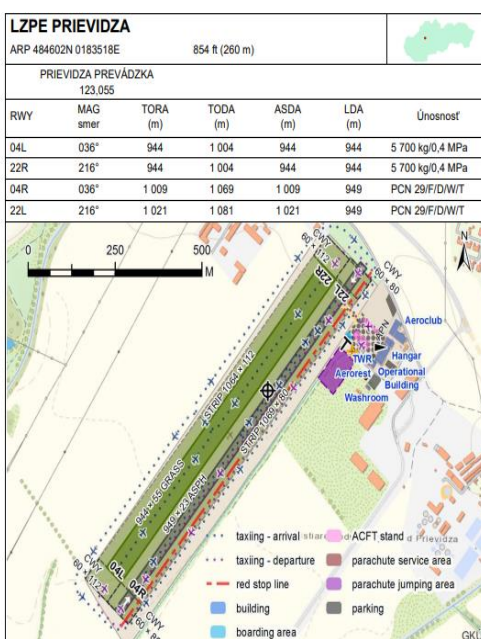
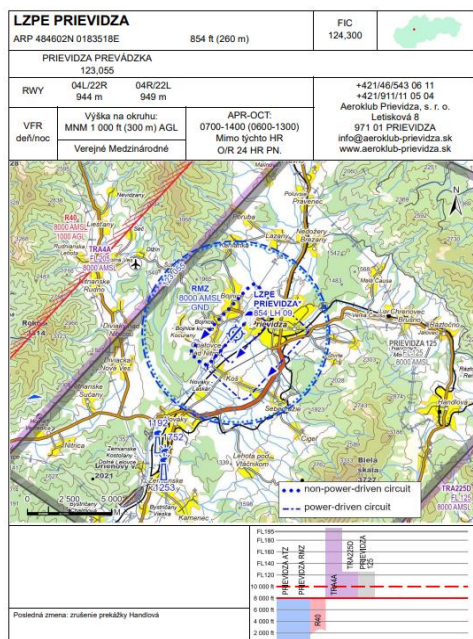
Vizuálne prostriedky na LZPE odpovedali triede letiska podľa predpisu L-14.

1.9 Spojenie

Lietadlo bolo vybavené palubnou rádiostanicou pre možnosť obojstranného rádiového spojenia v každom okamihu letu.

1.10 Informácie o letisku

LZPE	verejné medzinárodné letisko
Zemepisný smer VPD:	040°/220°
Označenie VPD:	04/22
Povrch letiska:	tráva/asfalt
Druh prevádzky:	VFR - deň/noc
Frekvencia:	123,055 Mhz
Vzťažný bod letiska:	N 48°46' 02,00", E 018°35' 18,00"
Nadmorská výška:	260 m/854 ft
Rozmery VPD:	
04L/22R	904x55 m/tráva
04R/22L	949x23 m/asfalt



Obr. č. 1 LZPE

1.11 Letové zapisovače a ostatné záznamové prostriedky

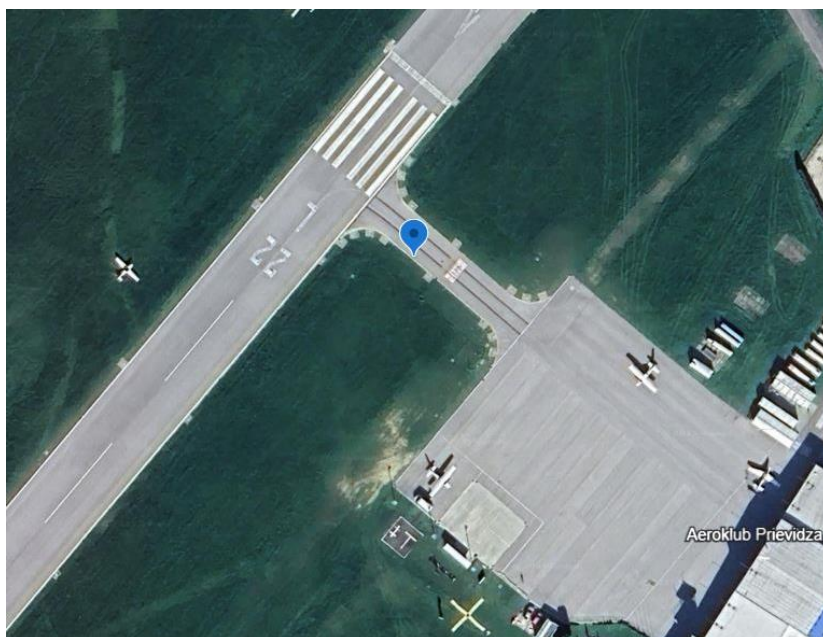
Na palube lietadla nebolo nainštalované zariadenie, ktoré by primárne slúžilo k záznamu letových dát.

1.12. Informácie o dopade a troskách

1.12.1 Obhliadka miesta vážneho leteckého incidentu

Miesto vzniku vážneho incidentu je prechod z trávnej plochy na betónovú plochu rolovacej dráhy spájajúcej letovú stojánku s RWY (vid'. obr. č. 2). Rolovacia dráha je vybavená odvodňovacím systémom, tvoreným betónovými žľabmi po celej jej dĺžke

(viď. obr. č. 4). BVK sa zamerala na výškový rozdiel medzi dvoma povrchmi, ktorého prechod by mohol spôsobiť deštrukciu stojiny PPN. BVK na mieste skonštatovala, že výškový rozdiel medzi trávnatou plochou a betónovou plochou rolovacej dráhy je minimálny, takže jeho prechod nemal vplyv na kolaps PPN.



Obr. č. 2 Miesto vzniku vážneho incidentu



Obr. č. 3 Konečná poloha OK-CUS 76



Obr. č. 4 Detail na hranicu medzi trávnatou a betónovou plochou a odvodňovací žľab
Poloha miesta vážneho incidentu je uvedené v nasledujúcej tabuľke.

Tab. č. 3 Súradnice miesta vážneho leteckého incidentu

v zemepisných súradniciach:	N 48°46'08''
	E 018°35'29''
nadmorská výška:	257 m

Na mieste incidentu nedošlo k cieľnému oddeleniu niektorej časti lietadla za účelom prepravy lietadla do hangáru spoločnosti Aerospool s.r.o.

1.12.2 Obhliadka lietadla

BVK vykonala obhliadku lietadla v mieste jeho uloženia v priestoroch spoločnosti Aerospool s.r.o..

Zistené poškodenia lietadla:

- Spodná predná časť trupu: - deformácia výfukového potrubia, popraskaný a delaminovaný spodný kryt motora v priestore otvoru pre výfuk,
- Vrtuľa: - poškodenie listov následkom kontaktu s povrchom, listy vrtule nesú známky mechanického poškodenia, ktoré sú typické pri dotyku s prekážkou počas práce vrtule, list č. 1 - ulomený približne v 1/3 dĺžky od koreňa listu, list č. 2 - rozštiepený a ulomený koniec listu, ulomený koniec nebol oddelený, na mieste ho držala kovová ochrana nábežnej hrany listu, ktorá bola mechanicky ohnutá, list č. 3 - mechanické poškodenie nábežnej hrany koncovkej časti listu.
- PPN: - stojina ulomená v mieste zvaru pod spodnou konzolou upevnenia PPN.



Obr. č. 5 Detail na poškodenie vrtule



Obr. č. 6 Stojina PPN - miesto rozlomenia

1.13 Lekárske a patologické nálezy

Pilot nebol pri leteckom incidente zranený.

1.14 Požiar

Pri leteckej nehode požiar nevznikol.

1.15 Aspekty prežitia

Pátranie a záchranu prostriedkami SAR nebolo nutné vykonať.

1.16 Testy a výskum

Na základe získaných informácií počas obhliadky lietadla sa BVK v rámci vyšetrovania zamerala na konštrukciu stojiny PPN, ktorá je tvorená oceľovou trúbkou o priemere 40 mm s hrúbkou steny 2 mm. Stojina je pripevnená k motorovej prepážke v dvoch prípojných miestach vybavených ložiskami. Tlmenie kmitov je zabezpečené gumovým lanom a pružným elementom uloženým v priestore dolného ložiska (vid'. obr. č. 7).



Obr. č. 7 Detail na prednú podvozkovú nohu

V rámci obhliadky sa vykonala demontáž vrchnej časti stojiny PPN (vid'. obr.č.8) a obidve časti boli odovzdané na Ústav materiálového výskumu, v. v. i. Slovenskej akadémie vied so sídlom Watsonova 47, Košice za účelom vykonania analýzy lomu stojiny PPN. Cieľom analýzy bolo zistenie príčiny vzniku lomu a na základe výsledkov analýzy navrhnúť možné opatrenia za účelom eliminovať možnosť vzniku podobnej situácie.



Obr. č. 8 Stojina PPN OK-CUS 76

1.17 Informácie o organizáciách a riadení

Lietadlo vlastnila právnická a prevádzkovala fyzická osoba (pilot). Lietadlo bolo využívané k vykonávaniu rekreačných letov a k aerovlekom.

1.18 Doplnkové informácie

Neuvádza sa.

1.19 Spôsoby bezpečnostného vyšetrovania

Boli použité bežné spôsoby vyšetrovania.

2. ANALÝZA

Najviac skutočností smerujúcich k určeniu príčiny vzniku vážneho incidentu jednoznačne vyplýva z výsledkov obhliadky lietadla a následnej analýzy stojiny PPN.

2.1. Činnosť pilota

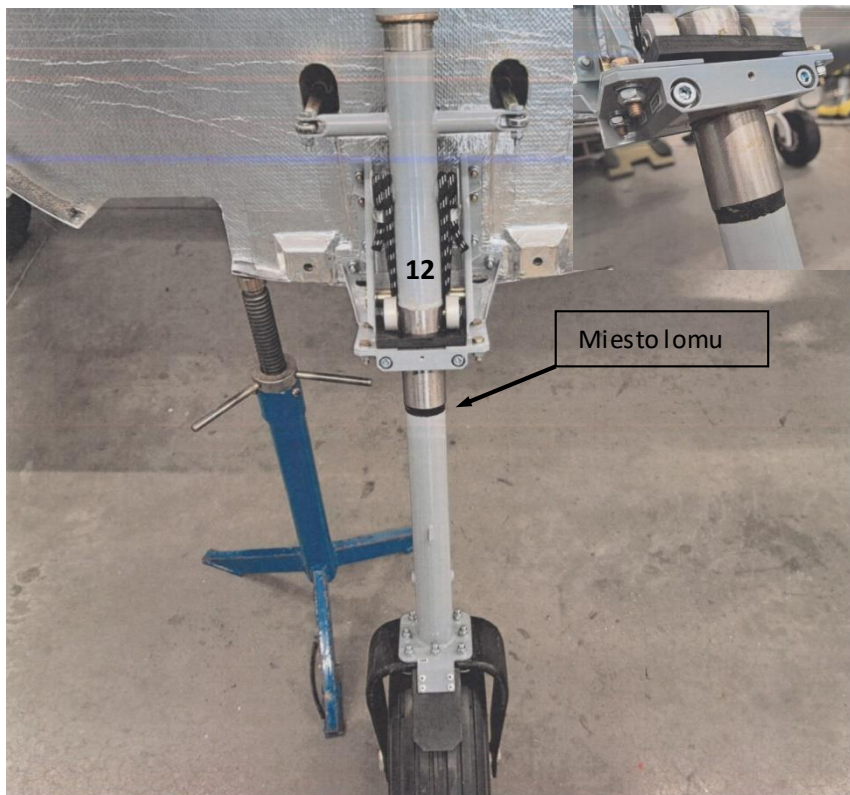
Pilot mal platný pilotný preukaz vydaný Leteckou amatérskou asociáciou ČR. Bol spôsobilý na vykonanie plánovaného letu. Letovú činnosť vykonával v súlade s platnými smernicami a nariadeniami. Pri vzniku núdzovej situácie reagoval adekvátne podľa postupov uvedených v letovej príručke lietadla. Činnosť pilota nemala nijaký vplyv na príčinu vzniku núdzovej situácie.

2.2. Analýza Ústavu materiálového výskumu SAV

Expertízna správa HZ č.15/2025:

1. Vstupné informácie

V novembri 2025 bola na základe objednávky č. 1000102992 Ministerstva dopravy SR vykonaná na Ústave materiálového výskumu SAV v. v. i. v Košiciach analýza lomu podvozkovej nohy WT-9, OK-CUS 76.



Obr. 1 Miesta odberu vzoriek. Orientácia odbemých miest

2. Cieľ expertízy

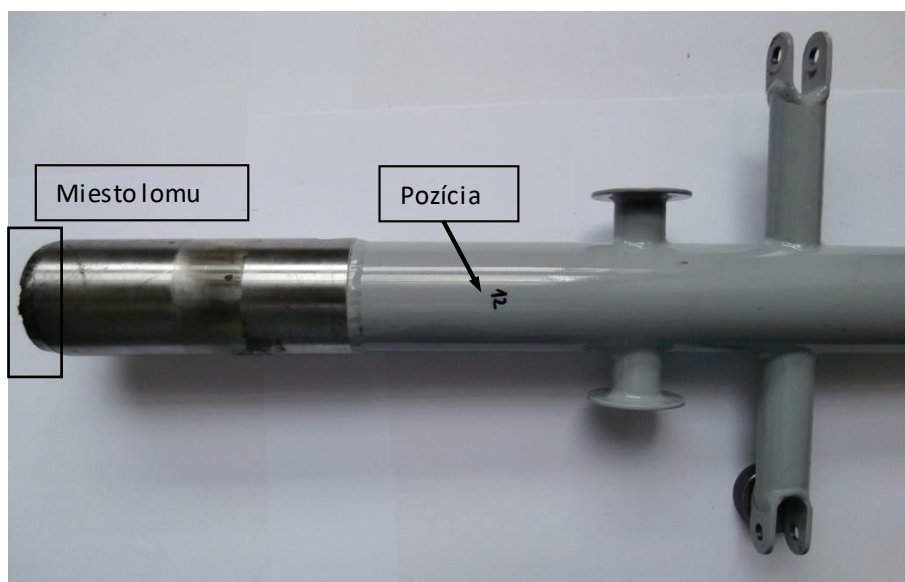
Vykonať analýzy lomu stojiny prednej podvozkovej nohy lietadla WT 9 Dynamic, reg. OK-CUS 76 (Obr.1). Analýza bola vykonaná na fragmentoch podvozkovej nohy WT-9, OK-CUS 76 (Obr.2, Obr.3).

3. Experimentálne metódy

Povrch dodaných fragmentov podvozkovej nohy WT-9, reg. OK-CUS 76 bol kontrolovaný stereolupou pri zväčšení 10x a 20x (lomová plocha a zvar). Po tejto vstupnej kontrole boli z fragmentov stojiny podvozkovej nohy odobraté celé segmenty s lomovou plochou pre fraktografickú analýzu. Z týchto segmentov boli následne elektroiskrovým obrábaním odobraté vzorky pre identifikáciu mikroštruktúry, stanovenie chemického prvkového zloženia a meranie mikrotvrdosti. Odber segmentov pre fraktografickú analýzu a ich orientácia vzhľadom na podvozok lietadla bol podľa obr. 2 až obr. 4.

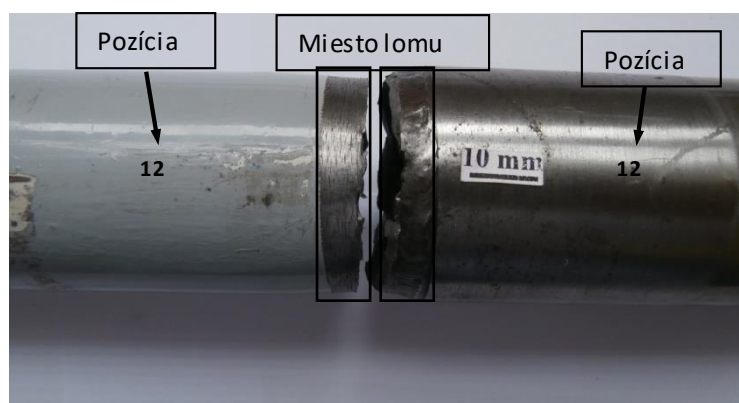


Obr. 2 Dolný fragmentu (D) stojiny podvozkovej nohy



Obr. 3 Horný fragmentu (H) stojiny podvozkovej nohy

Vzájomná pozícia miesta lomu, horného a dolného fragmentu podvozkovej nohy je na obr.4.



Obr. 4 Horný a dolný fragmentu stojiny podvozkovej nohy

Po odbere segmentov s lomovou plochou z horného a dolného fragmentu podvozovej nohy boli na odobratých segmentoch označené pozície, ktoré zodpovedajú príslušnej časti lomu (Obr. 5, Obr. 6). Jednotlivé pozície boli fraktograficky analyzované skenovacou elektrónovou mikroskopiou. Pre tieto účely bol použitý skenovací elektrónový mikroskop (SEM) Tescan s EDX mikroanalytickou jednotkou.



Obr. 5 Lomová plocha, dolný fragment



Obr. 6 Lomová plocha, horný fragment

Po fraktografickej analýze boli zo segmentov horného a dolného fragmentu stojiny podvozovej nohy odobraté po dve vzorky z pozícií 12 tak, aby rovina výbrusu bola rovnobežná s osou stojiny. Z pozícií 3, 6 a 9 u segmentov z horného a dolného fragmentu podvozovej nohy boli odobraté po jednej vzorke pre kontrolu mikroštruktúry.

Vzorky pre kontrolu mikroštruktúry boli preparované v dentacryle, brúsené na brúsnych papieroch zrnitosti 240, 400, 600 a 800, zvlhčovaných vodou, leštené diamantovou pastou, zrnitosti 1/0 na saténe zvlhčované petrolejom, umývané a opláchnuté benzínalkohol. Pre účely expertízy bola použitá experimentálna technika svetelnej mikroskopie: inverzný metalografický mikroskop Olympus CX71 s kamerou Olympus DP12. U mikroskopu Olympus CX71 bolo využité príslušenstvo pre pozorovanie v polarizovanom svetle a pomocou diferenciálneho interferenčného kontrastu. Vzorky boli pred pozorovaním očistené v metanole v ultrazvuku.

Detailná analýza mikroštruktúry materiálu fragmentov stojiny podvozovej nohy bola vykonaná skenovacím elektrónovým mikroskopom Jeol 7000F pri urýchľovacom napätí 20 kV, s digitálnym akvizítorom obrazu a EDX mikroanalytickou jednotkou.

Chemické prvkové zloženie bolo stanovené metódou emisnej spektroskopie (OES, Thermo ARL, Lausanne, Switzerland). Boli použité akreditované skúšobné metódy v zmysle STN EN ISO 17 025 v skúšobnom kvantometrickom laboratóriu U.S. Steel Labortest-skúšobné laboratória.

Kontrola mikrotvrdości v oblasti profilu lomu u horného a dolného fragmentu podvozovej nohy bola vykonaná meraním mikrotvrdości mikrotvrdomerom WILSON-WOLPERT Tukon 1102 (Buehler ITW Co, Lake Bluff, IL, USA) podľa ISO 6507–1:2018

standard s diamantovým indenterom Vickers, pri záťaži 100 gf a dobou záťaže 15 sekúnd pre každý meraný vtláčok indentora.

4. Výsledky

4.1 Chemická analýza

Bola vykonaná kontrola chemického prvkového zloženia tých častí stojiny podvozkovej nohy, ktoré boli vzájomne zvarané. Chemická prvková analýza bola vykonaná na vzorke odobratej z časti dolného fragmentu stojiny v protokole č. 122408/2025 označená "D" (Tab. 1). Z klzného púzdra privareného na stojinu bola odobratá vzorka, ktorá bola v protokole č. 122408/2025 označená "H" (Tab. 2). Materiály stojiny a klzného púzdra boli dobré zvarateľné.

Tab.1 Chemická prvková analýza materiálu časti D

U. S. Steel Košice, s.r.o. A Subsidiary of United States Steel GM pre skúšobné laboratória Kvantometrické laboratórium 044 54 Košice Kvantometrické laboratórium je akreditované SNAS na skúšanie, osvedčenie o akreditácii č. S - 011, ktoré je miestom výkonu laboratórnych činností.	Reg. No. 027/S-011																																																																																																																																																										
PROTOKOL O SKÚŠKACH																																																																																																																																																											
Číslo protokolu : 122408/2025 Počet strán : 1/2 Dátum vystavenia protokolu : 20.10.2025 Názov a adresa zákazníka : ÚMV SAV : Watsonová 47,040 01 Košice Číslo objednávky : ÚMV 257/25/M Číslo požiadavky : Interné ID predmetu skúšania : S02828395000 Označenie predmetu skúšania : D	Identifikátor : Ocel Identifikácia predmetu skúšania : Ocel Druh : Dátum prevzatia predmetu skúšania : 20.10.2025 08:19:18 Odber vzoriek vykonal zákazník : Dátum vykonania skúšky : 20.10.2025 09:34:01																																																																																																																																																										
a - akreditované skúšky n - neakreditované skúšky																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Parameter</th> <th>Výsledok skúšky</th> <th>U</th> <th>Jednotka</th> <th>Metóda</th> <th>Norma/Postup</th> <th>a/n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Mn</td><td>0.684</td><td>±0.014</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Si</td><td>0.283</td><td>±0.012</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>P</td><td>0.012</td><td>±0.003</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.018</td><td>±0.003</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>0.133</td><td>±0.007</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>0.059</td><td>±0.004</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>0.989</td><td>±0.028</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>As</td><td>0.005</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.019</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>V</td><td>0.011</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Nb</td><td>0.002</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>0.224</td><td>±0.011</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Co</td><td>0.007</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>0.010</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>B</td><td><0.0002</td><td>-----</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>0.0023</td><td>±0.0006</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>W</td><td>0.004</td><td>±0.003</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>N₂</td><td>0.0089</td><td>±0.0008</td><td>%</td><td>TC</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>O₂</td><td>0.0040</td><td>±0.0007</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>C</td><td>0.242</td><td>±0.007</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.0046</td><td>±0.0006</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n	Mn	0.684	±0.014	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Si	0.283	±0.012	%	Spark AES	ASTM E 415	a	P	0.012	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Al	0.018	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Cu	0.133	±0.007	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ni	0.059	±0.004	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Cr	0.989	±0.028	%	Spark AES	ASTM E 415	a	As	0.005	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ti	0.019	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	V	0.011	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Nb	0.002	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Mo	0.224	±0.011	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Co	0.007	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Sn	0.010	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	B	<0.0002	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ca	0.0023	±0.0006	%	Spark AES	ASTM E 415	a	W	0.004	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a	N ₂	0.0089	±0.0008	%	TC	ASTM E 1019	a	O ₂	0.0040	±0.0007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a	C	0.242	±0.007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a	S	0.0046	±0.0006	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a
Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n																																																																																																																																																					
Mn	0.684	±0.014	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Si	0.283	±0.012	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
P	0.012	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Al	0.018	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Cu	0.133	±0.007	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ni	0.059	±0.004	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Cr	0.989	±0.028	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
As	0.005	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ti	0.019	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
V	0.011	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Nb	0.002	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Mo	0.224	±0.011	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Co	0.007	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Sn	0.010	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
B	<0.0002	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ca	0.0023	±0.0006	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
W	0.004	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
N ₂	0.0089	±0.0008	%	TC	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
O ₂	0.0040	±0.0007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
C	0.242	±0.007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
S	0.0046	±0.0006	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
Vyhlasenie: Výsledky skúšok sa vzťahujú iba na predmety skúšania podľa vyššie uvedeného označenia. Protokol môže byť reprodukován len celý, jeho časť len s písomným súhlasom Kvantometrického laboratória. Uvádzaná rozšírená neistota (U) vychádza z kombinovanej štandardnej neistoty, ktorá je vynásobená faktorom pokrytia k = 2, ktorý poskytuje úroveň spoľahlivosti približne 95%. Poznámky (doplňky, výnimky, nedostatky a pod.): Meno, funkcia a podpis osoby zodpovednej za technickú stránku a preskúmanie oznamovaných výsledkov: _____ Meno, funkcia a podpis osoby schvaľujúcej protokol: _____ Riaditeľ Kvantometrického laboratória																																																																																																																																																											

F-PK/GMSL/KL-01/23-01-E10

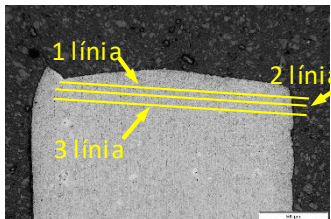
Tab. 2 Chemická prvková analýza materiálu časti H

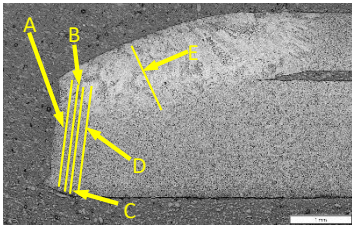
U. S. Steel Košice, s.r.o. A Subsidiary of United States Steel GM pre skúšobné laboratória Kvantometrické laboratórium 044 54 Košice Kvantometrické laboratórium je akreditované SNAS na skúšanie, osvedčenie o akreditácii č. S - 011, ktoré je miestom výkonu laboratórnych činností.	SNAS Reg. No. 027/S-011																																																																																																																																																										
PROTOKOL O SKÚŠKACH																																																																																																																																																											
Číslo protokolu : 122408/2025 Počet strán : 2/2 Dátum vystavenia protokolu : 20.10.2025 Názov a adresa zákazníka : ÚMV SAV : Watsonová 47,040 01 Košice Identifikátor : Ocel Identifikácia predmetu skúšania : Ocel Druh : Dátum prevzatia predmetu skúšania : 20.10.2025 08:19:18 Odber vzoriek vykonal zákazník : Dátum vykonania skúšky : 20.10.2025 09:34:01 a - akreditované skúšky n - neakreditované skúšky Číslo objednávky : ÚMV 257/25/M Číslo požiadavky : Interné ID predmetu skúšania : S02828396000 Označenie predmetu skúšania : H																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Parameter</th> <th style="width: 15%;">Výsledok skúšky</th> <th style="width: 10%;">U</th> <th style="width: 10%;">Jednotka</th> <th style="width: 20%;">Metóda</th> <th style="width: 20%;">Norma/Postup</th> <th style="width: 10%;">a/n</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Mn</td><td>0.758</td><td>±0.015</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Si</td><td>0.307</td><td>±0.013</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>P</td><td>0.008</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Al</td><td>0.025</td><td>±0.003</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cu</td><td>0.137</td><td>±0.007</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ni</td><td>0.063</td><td>±0.004</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Cr</td><td>1.020</td><td>±0.029</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>As</td><td>0.005</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ti</td><td>0.021</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>V</td><td>0.008</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Nb</td><td><0.002</td><td>-----</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Mo</td><td>0.234</td><td>±0.012</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Co</td><td>0.007</td><td>±0.001</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Sn</td><td>0.010</td><td>±0.002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>B</td><td>0.0002</td><td>±0.0002</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>Ca</td><td>0.0022</td><td>±0.0006</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>W</td><td><0.003</td><td>-----</td><td>%</td><td>Spark AES</td><td>ASTM E 415</td><td>a</td></tr> <tr><td>N₂</td><td>0.0113</td><td>±0.0009</td><td>%</td><td>TC</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>O₂</td><td>0.0050</td><td>±0.0008</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>C</td><td>0.261</td><td>±0.007</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> <tr><td>S</td><td>0.0039</td><td>±0.0006</td><td>%</td><td>IČ absorpcia</td><td>ASTM E 1019</td><td>a</td></tr> </tbody> </table>		Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n	Mn	0.758	±0.015	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Si	0.307	±0.013	%	Spark AES	ASTM E 415	a	P	0.008	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Al	0.025	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Cu	0.137	±0.007	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ni	0.063	±0.004	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Cr	1.020	±0.029	%	Spark AES	ASTM E 415	a	As	0.005	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ti	0.021	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	V	0.008	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Nb	<0.002	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Mo	0.234	±0.012	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Co	0.007	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Sn	0.010	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	B	0.0002	±0.0002	%	Spark AES	ASTM E 415	a	Ca	0.0022	±0.0006	%	Spark AES	ASTM E 415	a	W	<0.003	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a	N ₂	0.0113	±0.0009	%	TC	ASTM E 1019	a	O ₂	0.0050	±0.0008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a	C	0.261	±0.007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a	S	0.0039	±0.0006	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a
Parameter	Výsledok skúšky	U	Jednotka	Metóda	Norma/Postup	a/n																																																																																																																																																					
Mn	0.758	±0.015	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Si	0.307	±0.013	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
P	0.008	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Al	0.025	±0.003	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Cu	0.137	±0.007	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ni	0.063	±0.004	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Cr	1.020	±0.029	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
As	0.005	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ti	0.021	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
V	0.008	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Nb	<0.002	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Mo	0.234	±0.012	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Co	0.007	±0.001	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Sn	0.010	±0.002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
B	0.0002	±0.0002	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
Ca	0.0022	±0.0006	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
W	<0.003	-----	%	Spark AES	ASTM E 415	a																																																																																																																																																					
N ₂	0.0113	±0.0009	%	TC	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
O ₂	0.0050	±0.0008	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
C	0.261	±0.007	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
S	0.0039	±0.0006	%	IČ absorpcia	ASTM E 1019	a																																																																																																																																																					
Vyhlasenie: Výsledky skúšok sa vzťahujú iba na predmety skúšania podľa vyššie uvedeného označenia. Protokol môže byť reprodukováný len celý, jeho časť len s písomným súhlasom Kvantometrického laboratória. Uvádzaná rozšírená neistota (U) vychádza z kombinovanej štandardnej neistoty, ktorá je vynásobená faktorom pokrytia k = 2, ktorý poskytuje úroveň spoľahlivosti približne 95%. Poznámky (doplňky, výnimky, nedostatky a pod.): Meno, funkcia a podpis osoby zodpovednej za technickú stránku a preskúmanie oznamovaných výsledkov: _____ Meno, funkcia a podpis osoby schvaľujúcej protokol: _____ laborant - predák Riaditeľ Kvantometrického laboratória																																																																																																																																																											

F-PK/GMSL/KL-01/23-01-E10

4.2 Tvrdosť

Kontrola mikrotvrdosti bola vykonaná na metalografických výbrusoch vzoriek odobratých z horného a dolného fragmentu stojiny podvozkovej nohy v pozícii 12. Meranie bol vykonané v líniiach vzdialených od seba o 0,2 mm podľa metodiky STN EN ISO 6507-1. Bola kontrolovaná mikrotvrdosť HV0,1/15 na výbrusoch rovnobežných s osou stojiny (Tab. 3 až Tab. 4). Cieľom bolo identifikovať lokálne spevnenie v blízkosti lomu u horného a dolného fragmentu.

Tab. 3 Kontrola mikrotvrdosti HV0,1/15. Pozícia 12 dolný fragment				
	Miesto merania	1 línia	2 línia	3 línia
	Average	285,4	290,6	295,4
	StDev	8,99	12,24	7,83
	Max	300	308	304
	Min	278	274	286
Schéma merania HV0,1				

	Tab. 4 Kontrola mikrotvrdosti HV0,1/15. Pozícia 12 horný fragment				
	Miesto merania	Línia A	Línia B	Línia C	Línia D
	Average	247	275,6	277,8	281,2
	StDev	65,84	15,19	12,95	4,76
	Max	313	297	292	287
	Min	138	257	265	274
Schéma merania HV0,1					

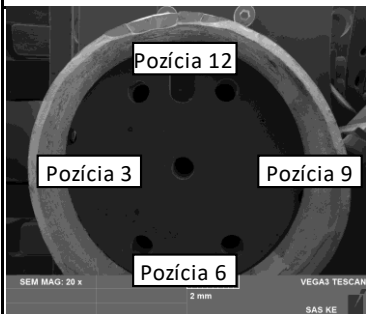
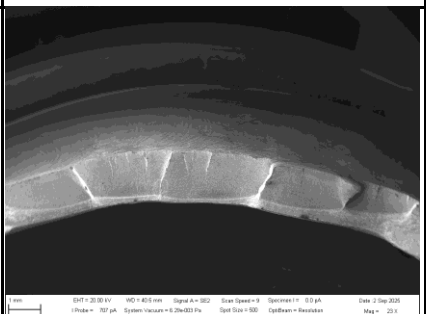
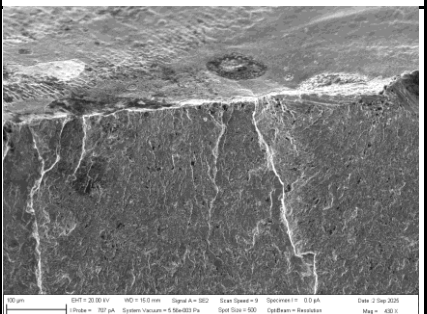
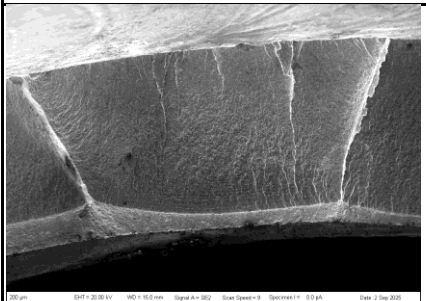
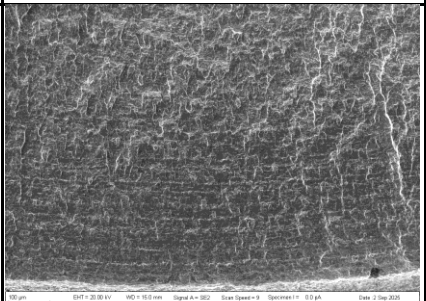
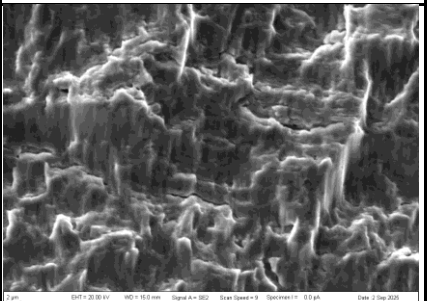
Tab. 5 Kontrola mikrotvrdosti HV0,1/15. Pozícia 12 zvarový kov				
	Average	StDev	Max	Min
zvarový kov línia E	277	13,00	293	264

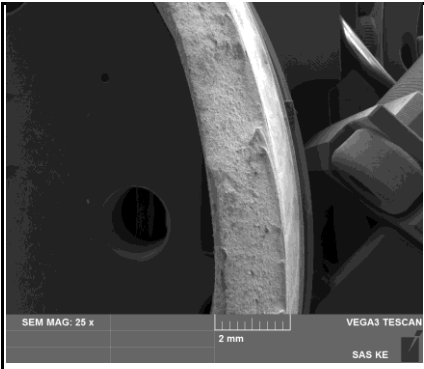
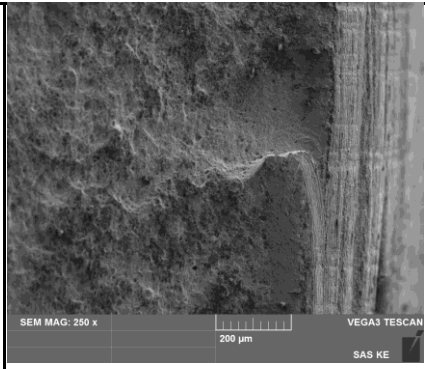
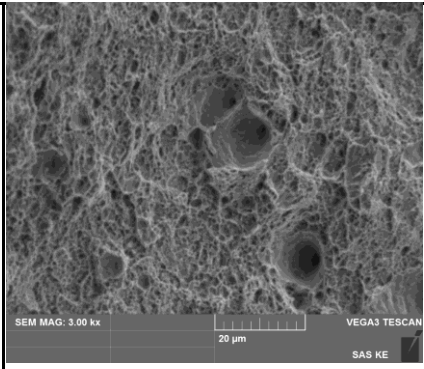
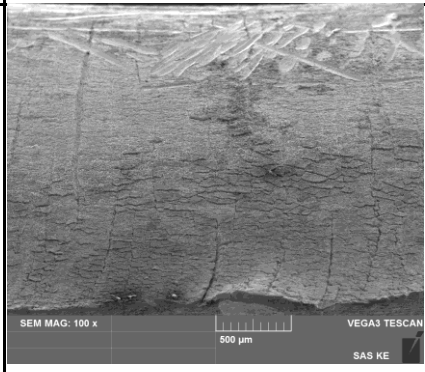
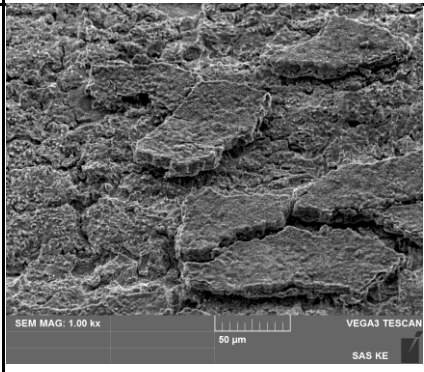
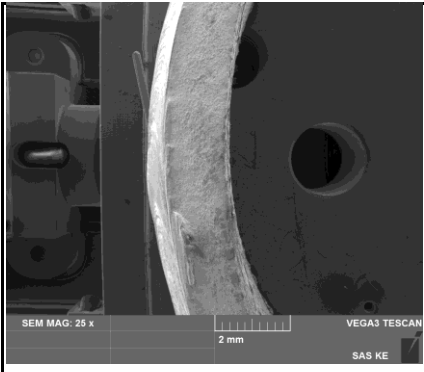
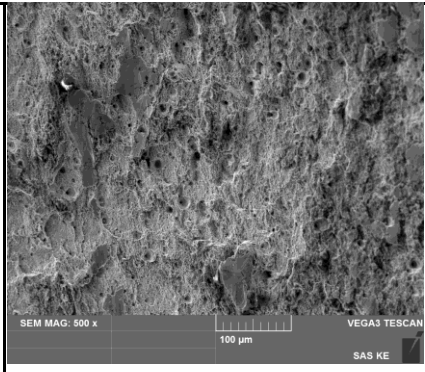
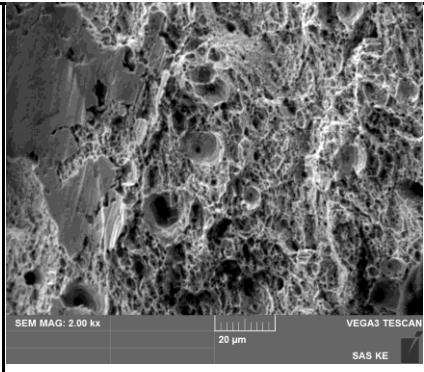
Mikrotvrdosť u dolného fragmentu stojiny meraná v oblasti lomu bola od 274 do 308 jednotiek HV0,1. Mikrotvrdosť u horného fragmentu stojiny meraná v oblasti lomu bola od 138 do 313 jednotiek HV0,1. Cieľom bolo identifikovať lokálne spevnené zóny, ktoré by súviseli s lomom stojiny. V oblasti lomu stojiny podvozkovej nohy nebolo namerané lokálne spevnenie materiálu (Tab. 3 až Tab. 5).

4.3 Fraktografia - lomová plocha

Pred analýzou mikroštruktúry horného a dolného fragmentu stojiny bola vykonaná fraktografická analýza oboch lomových plôch. Na hornom a dolnom fragmente stojiny bola pozícia 12 orientovaná v smere vektora rýchlosti dopredného pohybu lietadla. Označenie jednotlivých pozícií na lomovej ploche horného a dolného fragmentu podvozkovej nohy je na obr. 5 až obr. 7.

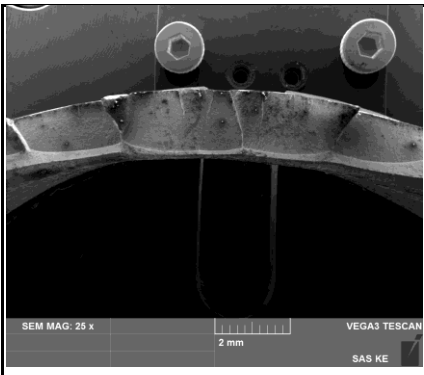
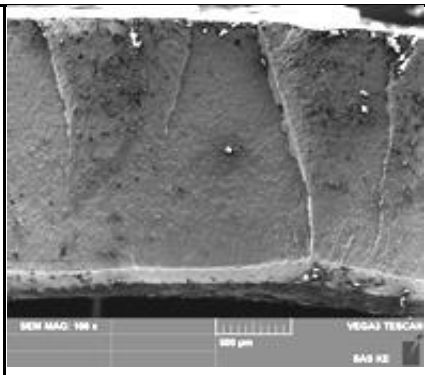
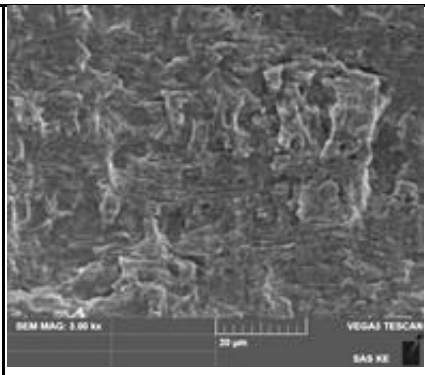
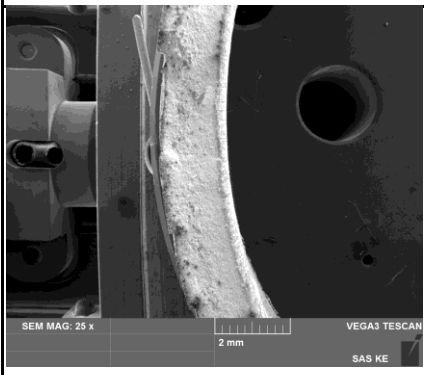
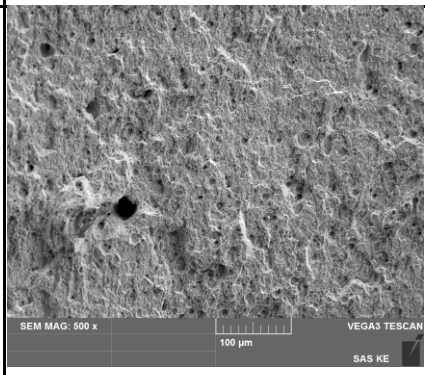
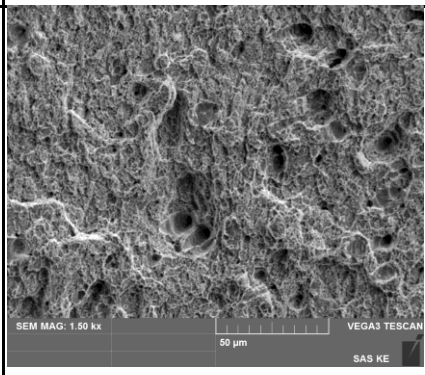
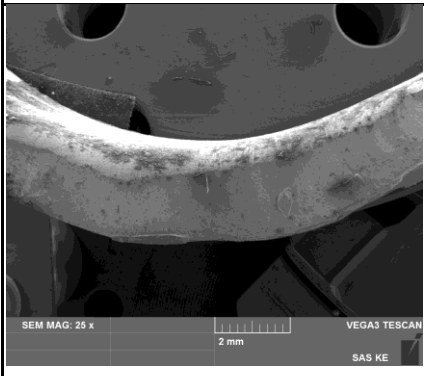
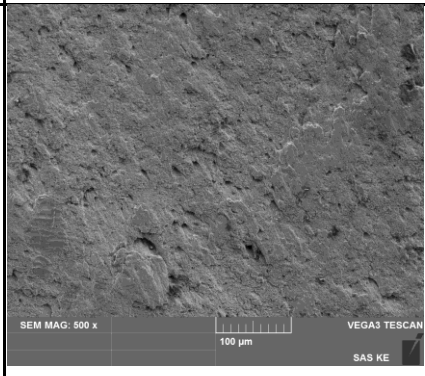
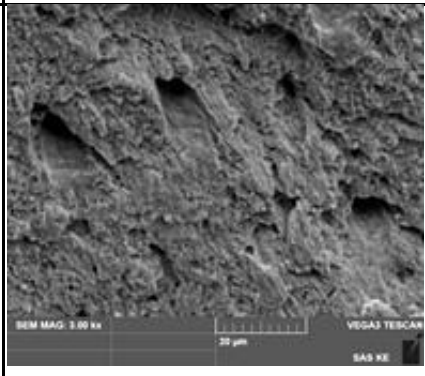
- V pozícii 12 na hornom fragmente v oblasti zvaru medzi stojinou a klzným púzdom (Obr. 8) boli na lomovej ploche v mieste napájanie zvaru klzného púzdra na stojinu identifikované miesta iniciácie únavového lomu (Obr. 9, Obr. 10), znaky postupného šírenia únavovej trhliny (Obr. 11, Obr. 12) a dolomenie pri vnútornom povrchu stojiny.
- V pozícii 9 na hornom fragmente bolo tvárne jamkové porušenie s miestnym otlačením lomu (Obr. 13 až Obr.15).
- V pozícii 6 na hornom fragmente bola v mieste dolomenia intenzívna plastická deformácia stojina (Obr. 16, Obr. 17). V dôsledku intenzívnej plastickej deformácie bola vyhrnutá časť vnútorného povrchu stojiny (Obr. 18).
- V pozícii 3 na hornom fragmente bolo tvárne jamkové porušenie s miestnym otlačením lomu (Obr. 19 až Obr. 21).

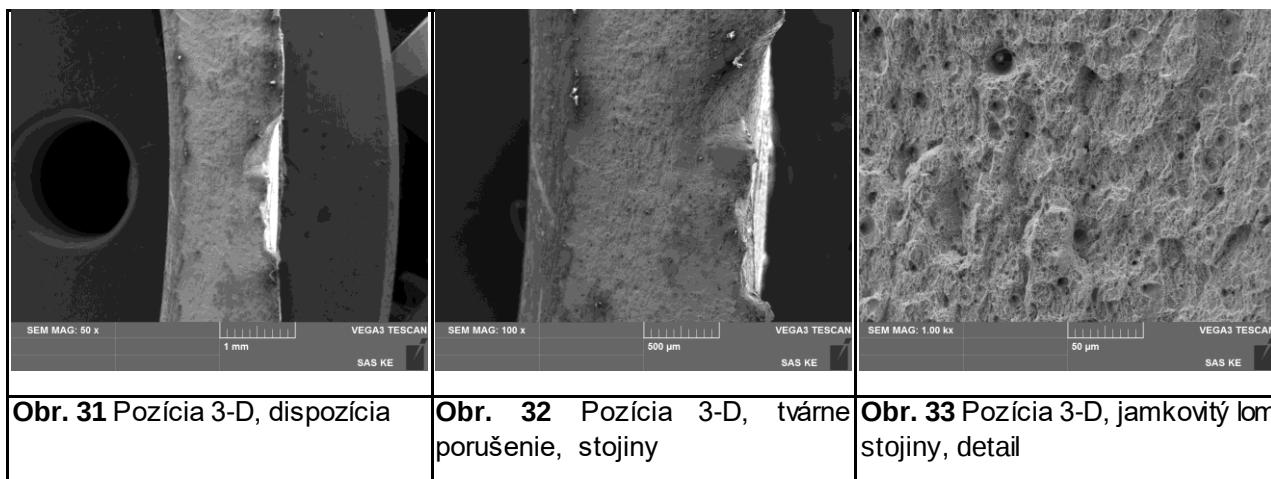
		
Obr. 7 Horný fragment (H) stojiny prednej nohy kola	Obr. 8 Pozícia 12-H, dispozícia	Obr. 9 Pozícia 12-H, únavový lom, iniciácia lomu v mieste napájanie zvaru klzného púzdra na stojinu
		
Obr. 10 Pozícia 12-H, únavový lom, iniciácia únavového lomu a šírenie únavovej trhliny	Obr. 11 Pozícia 12-H, únavový lom, šírenie únavovej trhliny	Obr. 12 Pozícia 12-H, únavový lom, šírenie únavovej trhliny, detaili

		
Obr. 13 Pozícia 9-H, dispozícia	Obr. 14 Pozícia 9-H, otláčenie lomu a tvárne porušenie stojiny	Obr. 15 Pozícia 9-H, tvárne porušenie stojiny
		
Obr. 16 Pozícia 6-H, oblasť dolomenia, dispozícia	Obr. 17 Pozícia 6-H, intenzívne plasticke deformovaná stojina v mieste dolomenia, pohľad na časť vyhrnutého vnútorného povrchu stojiny	Obr. 18 Pozícia 6-H, oxidy na vnútornom povrchu rúrky stojiny, oblasť dolomenia
		
Obr. 19 Pozícia 3-H, dispozícia zvarového spoja klzného púzdra s nosnou časťou stojiny	Obr. 20 Pozícia 3-H, tvárne porušenie stojiny	Obr. 21 Pozícia 3-H, jamkový lom stojiny, otláčenie lomovej plochy

- V pozícii 12 na dolnom fragmente v oblasti zvaru stojiny a klzného púzdra (Obr. 22) boli miesta iniciácie únavového lomu. Iniciácia únavového lomu bola na povrchu vo viacerých miestach napájanie zvaru klzného púzdra na stojinu (Obr. 23). Lomová plocha mala znaky postupného šírenia únavovej trhliny (Obr. 24) a dolomenie pri vnútornom povrchu stojiny (Obr. 23).

- V pozícii 9 na dolnom fragmente bolo tvárne jamkové porušenie s miestnym otlačením lomu (Obr. 25 až Obr. 27).
- V pozícii 6 na dolnom fragmente bola intenzívne plasticky deformovaná stojina v mieste dolomenia (Obr. 28 až Obr. 30).
- V pozícii 3 na dolnom fragmente bolo tvárne jamkové porušenie s miestnym otlačením lomu (Obr. 31 až Obr. 33).

		
Obr. 22 Pozícia 12-D, dispozícia lomu stojiny	Obr. 23 Pozícia 12-D, únavový lom, iniciácia únavového lomu, šírenie únavovej trhliny	Obr. 24 Pozícia 12-D, únavový lom, šírenie únavovej trhliny
		
Obr. 25 Pozícia 9-D, dispozícia	Obr. 26 Pozícia 9-D, tvárne porušenie stojiny	Obr. 27 Pozícia 9-D, tvárne porušenie stojiny, detail
		
Obr. 28 Pozícia 6-D, oblasť dolomenia, dispozícia	Obr. 29 Pozícia 6-D, intenzívne plasticky deformovaná stojina v mieste dolomenia	Obr. 30 Pozícia 6-D, intenzívne plasticky deformovaná stojina v mieste dolomenia, detail

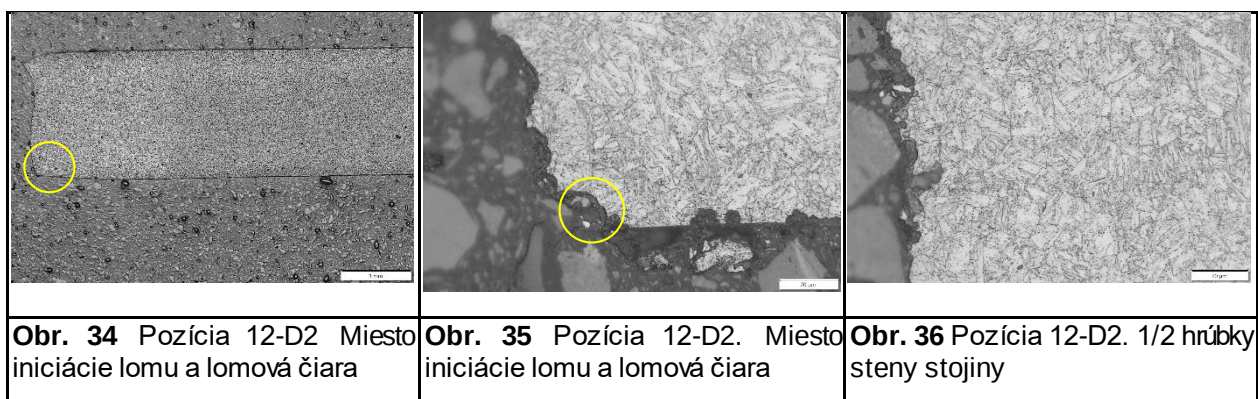


4.4 Metalografia

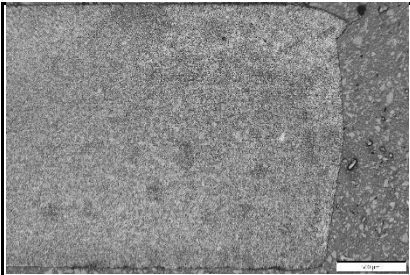
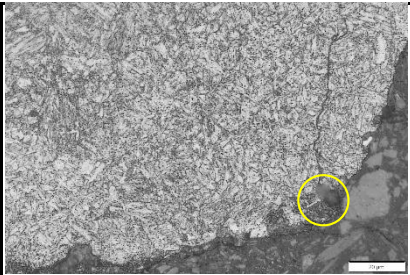
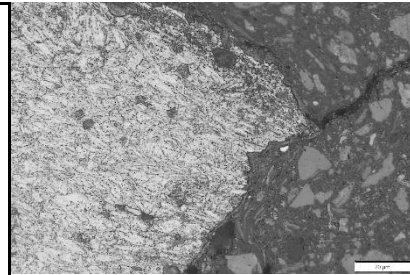
Pre analýzy materiálu technikou svetelnej mikroskopie bol horný a dolný fragment stojiny podvozковой nohy elektroiskrovo pozdĺžne rozrezaný tak, aby rovina výbrusu bola rovnobežná s osou stojiny. Z pozície 12 u horného a dolného fragmentu boli odobraté po dve vzorky, z pozícií 3, 6 a 9 boli odobraté po jednej vzorke.

Dolný fragment stojiny podvozковой nohy

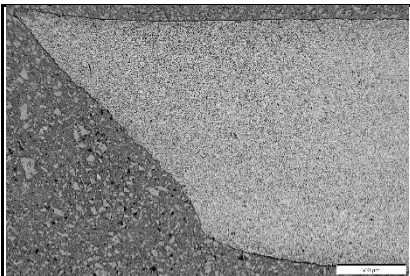
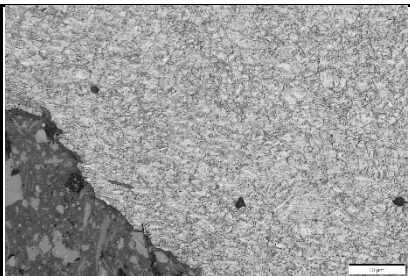
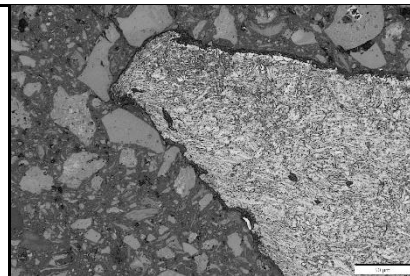
V pozícii 12, na vzorke 12-D2, bolo na dolnom fragmente v oblasti povrchových nerovností (Obr. 34) identifikované miesto na povrchu, v ktorom bola iniciácia únavového lomu (Obr. 35). V 1/2 hrúbky steny stojiny bola v okolí lomovej čiary nevýrazná plastická deformácia (Obr. 36).



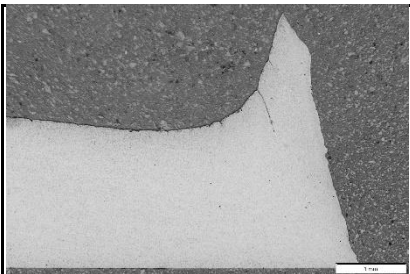
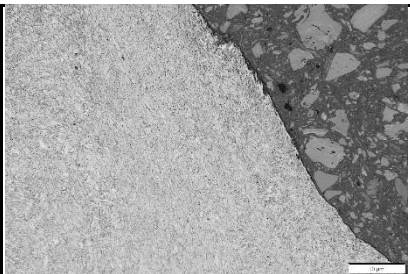
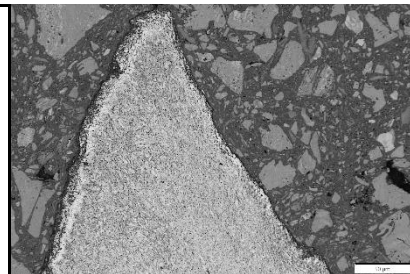
V pozícii 12, na vzorke 12-D1, bolo na dolnom fragmente v oblasti povrchových nerovností (Obr. 37) otvorená trhlina kolmá na stenu stojiny (Obr. 38). Iniciácia trhliny bola v povrchovej nerovnosti (Obr. 38). V oblasti dolomenia bola intenzívna plastická deformácia (Obr. 39).

		
Obr. 37 Pozícia 12-D1, dispozícia	Obr. 38 Pozícia 12-D1, miesto iniciácie lomu	Obr. 39 Pozícia 12-D1, dolomenie

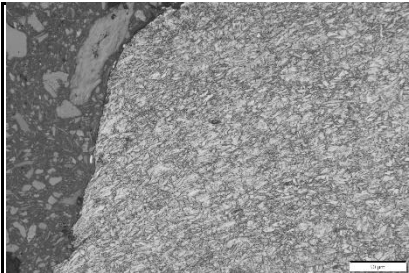
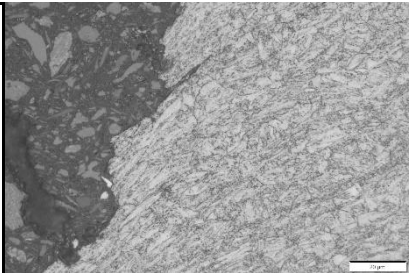
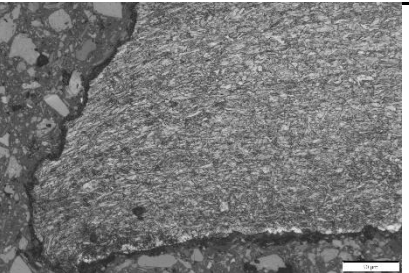
V pozícii 3 na dolnom fragmente bolo tvárne jamkovité porušenie s lokálnou plastickou deformáciou v oblasti lomu (Obr. 40 až Obr. 42).

		
Obr. 40 Pozícia 3-D, dispozícia	Obr. 41 Pozícia 3-D. 1/2 hrúbky steny stojiny	Obr. 42 Pozícia 3-D, dolomenie

V pozícii 6 na dolnom fragmente bola intenzívna plasticky deformovaná stojina v mieste dolomenia (Obr. 43 až Obr. 45).

		
Obr. 43 Pozícia 6-D, dispozícia	Obr. 44 Pozícia 6-D, 1/2 hrúbky steny stojiny	Obr. 45 Pozícia 6-D, dolomenie

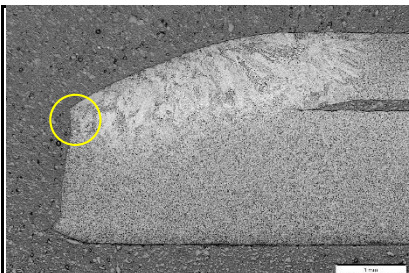
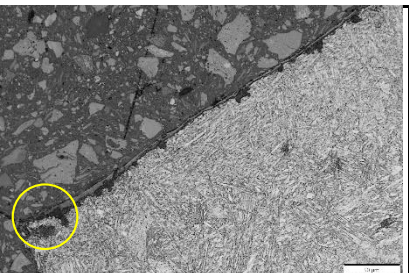
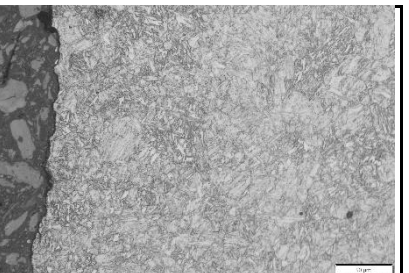
V pozícii 9 na dolnom fragmente bolo tvárne jamkovité porušenie s lokálnou plastickou deformáciou v oblasti lomu (Obr. 46 až Obr. 48).

		
Obr. 46. Pozícia 9-D, oblasť pri vnútornom povrchu dutiny stojiny	Obr. 47. Pozícia 9-D, 1/2 hrúbky steny stojiny	Obr. 48. Pozícia 9-D, dolomenie

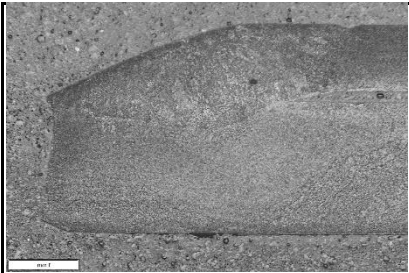
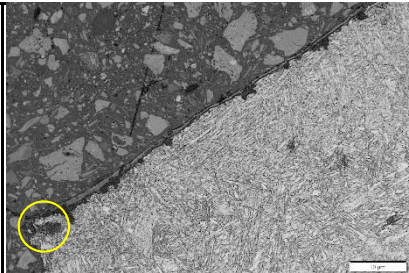
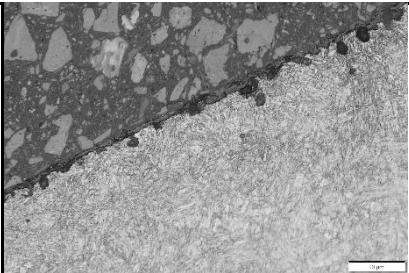
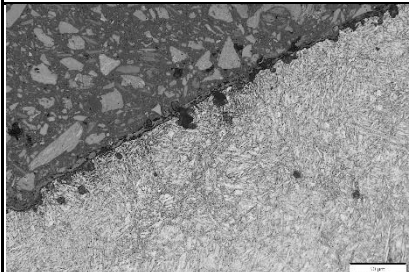
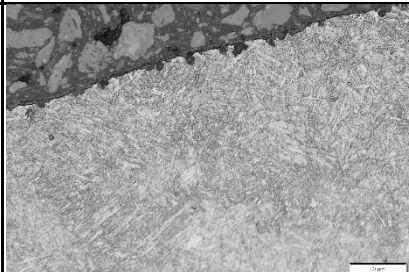
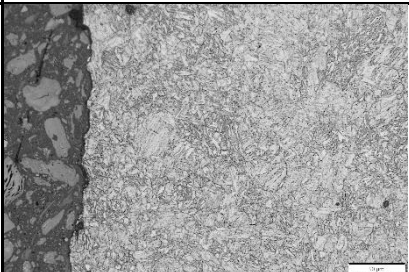
Horný fragment stojiny podvozkovej nohy

Pozícia 12. Z tejto oblasti boli odobraté vzorky 12-H a 12-H1. Roviny výbrusov týchto vzoriek boli vzájomne vzdialené cca 3 mm.

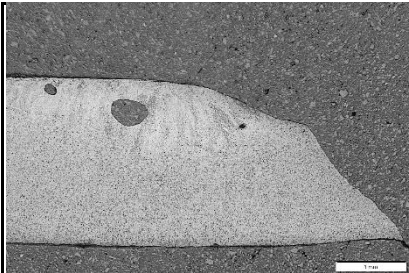
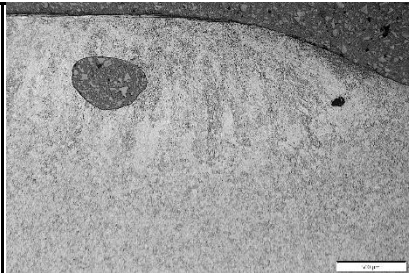
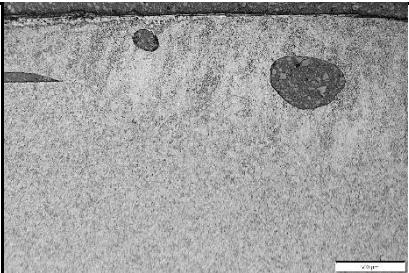
Vzorka 12-H. Dispozícia zvaru klzného púzdra a stojiny podvozkovej nohy je na Obr. 49. Iniciácia lomu bola v mieste napájania zvaru na stojinu. Na povrchu zvaru boli prehĺbeniny nepravidelného tvaru, ktoré mohli byť lokálnym povrchovým vrubom (Obr. 50). V 1/2 hrúbky steny bola v okolí lomovej čiary nevýrazná plastická deformácia (Obr. 51).

		
Obr. 49. Pozícia 12-H Miesto iniciácie lomu a lomová čiara	Obr. 50. Pozícia 12-H. Miesto iniciácie lomu a lomová čiara	Obr. 51. Pozícia 12-H. 1/2 hrúbky steny stojiny

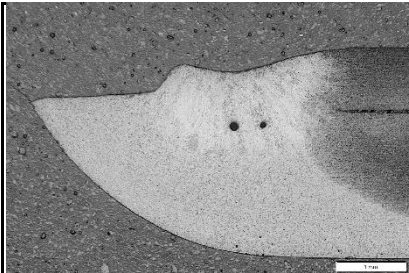
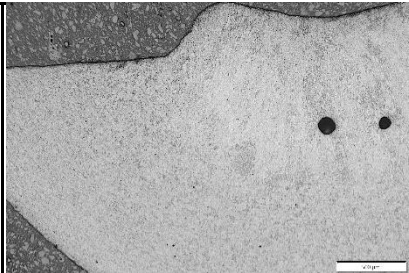
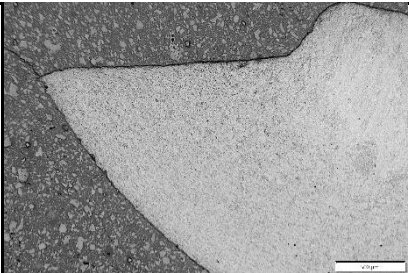
Vzorka 12-H1. Dispozícia zvaru klzného púzdra a stojiny podvozkovej nohy na vzorke 12-H1 je na Obr. 52. Iniciácia lomu bola v mieste napájania zvaru na stojinu (Obr. 53). Na povrchu zvaru boli prehĺbeniny nepravidelného tvaru (Obr. 54 až Obr. 56). V 1/2 hrúbky steny bola v okolí lomovej čiary nevýrazná plastická deformácia (Obr. 57).

		
Obr. 52. Pozícia 12-H1, dispozícia	Obr. 53. Pozícia 12-H1, zvar, miesto iniciácie lomu	Obr. 54. Pozícia 12-H1, povrch zvaru
		
Obr. 55. Pozícia 12-H1, povrch zvaru	Obr. 56. Pozícia 12-H1, povrch zvaru	Obr. 57. Pozícia 12-H1. 1/2 hrúbky steny stojiny

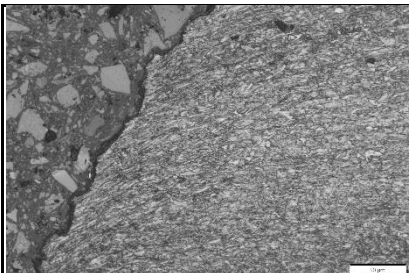
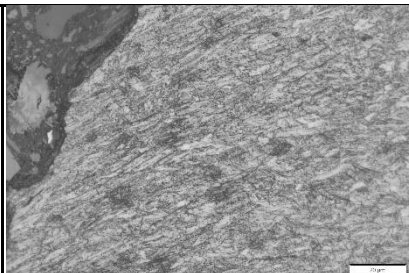
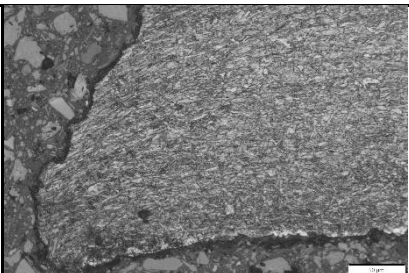
V pozícii 3 u dolného fragmentu bola lomová plocha orientovaná šikmo k osi stojiny s iniciáciou lomu z vonkajšieho povrchu v mieste napájania zvaru na stojinu (Obr. 58). Vo zvare boli póry nepravidelného oválneho tvaru (Obr. 58 až Obr. 60).

		
Obr. 58. Pozícia 3-H, dispozícia oblasti lomu	Obr. 59. Pozícia 3-H, defekty vo zvare	Obr. 60. Pozícia 3-H, defekty vo zvare

V pozícii 6 na dolnom fragmente bola v oblasti dolomenia intenzívna plastická deformácia. Vo zvare boli izolované póry (Obr. 61 až Obr. 63).

		
Obr. 61. Pozícia 6-H, dispozícia	Obr. 62. Pozícia 6-H, defekty vo zvare	Obr. 63. Pozícia 6-H, dolomenie

V pozícii 9 na dolnom fragmente bola v oblasti lomu lokálna plastická deformácia (Obr. 64 až Obr. 66).

		
Obr. 64. Pozícia 9-H, oblasť vnútorného povrchu dutiny stojiny	Obr. 65. Pozícia 9-H, 1/2 hrúbky steny stojiny	Obr. 66. Pozícia 9-H, dolomenie

4. Závery

Cieľom práce bola analýza lomu podvozkovej nohy WT-9, OK-CUS 76. Z predložených analýz vyplýva, že **príčinou ulomenia bol únavový lom**.

- K iniciácii únavového lomu došlo v pozícii 12
- Iniciácia lomu bola v mieste napájania zvaru na stojinu podvozkovej nohy WT-9, OK-CUS 76.
- Na povrchu zvaru boli prehĺbeniny nepravidelného tvaru a vo zvare boli póry.

3. ZÁVERY / Príčina vzniku vážneho leteckého incidentu

Z vyšetrovania udalosti vyplynuli nasledujúce závery:

3.1. Zistenia komisie

3.1.1 Pilot

- Mal podľa predloženej dokumentácie platné kvalifikácie pre vykonávanie letov v danej kategórii lietajúcich športových zariadení,
- Mal dostatočný nálet a skúsenosti na vykonanie letu,
- Pilot nebol v čase leteckej nehody ovplyvnený alkoholom, inými omamnými alebo psychotropnými látkami, ktoré by mohli znížiť jeho pozornosť počas letu a pri riešení krízovej situácie.

3.1.2 Lietadlo

- Malo platnú dokumentáciu,
- V dobe pred kritickým letom letelo v normálnej konfigurácii a pilot neoznámil žiadnu poruchu, alebo odchýlku od snímaných parametrov,
- Spĺňalo podmienky letovej spôsobilosti,
- Malo platnú zákonnú poisťku,
- Bola na ňom vykonaná predpísaná údržba podľa náletu hodín.

3.2. Príčina

Príčinou vzniku vážneho leteckého incidentu bol kolaps PPN počas rolovania z dôvodu postupného vzniku únavového lomu v mieste napájania zvaru na stojinu PPN.

4. ODPORÚČANIA NA ZAISTENIE BEZPEČNOSTI

Vzhľadom na závery vyšetrovania a výsledkov expertízy SAV odporúča BVK výrobcovi lietadla vykonať po mechanickom odstránení povrchových nerovnosti zvaru jeho očistení a odmastení minimálne:

- vizuálnu skúšku (VT) na prítomnosť povrchových vád a penetračnú skúšku - kapilámu skúšku (PT), na detekciu necelistvosti povrchu
- ak konštrukčné usporiadanie umožní, tak ultrazvukovú (UZ) a aj magnetickú práškovú skúšku (MT) na výskyt povrchových defektov a defektov tesne pod povrchom.

V Bratislave,