



KÖZLEKEDÉSBIZTONSÁGI
SZERVEZET

TRANSPORTATION SAFETY
BUREAU

ZÁRÓJELENTÉS

**2007-335-4
LÉGIKÖZLEKEDÉSI BALESET**

**Bugacpusztaháza
2007. augusztus 2.**

**CORVUS CORONE MK II
HA-YCAH**

A szakmai vizsgálat célja a légiközlekedési baleset és a repülőesemény okának, körülményeinek feltárása és a hasonló esetek megelőzése érdekében szükséges szakmai intézkedések kezdeményezése, valamint javaslatok megtétele. A szakmai vizsgálatnak semmilyen formában nem célja a vétkesség vagy a felelősség vizsgálata és megállapítása.

Jelen vizsgálatot

- a légiközlekedésről szóló 1995. évi XCVII. törvényben,
- a nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény Függelékeinek kihirdetéséről szóló 2007. évi törvény mellékletében megjelölt 13. Annexben, valamint a 20/1997. (X. 21.) KHVM rendelet mellékletében megjelölt 13. Annexben,
- a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvényben (a továbbiakban: Kbt.),
- a légiközlekedési balesetek, a repülőesemények és a légiközlekedési rendellenességek szakmai vizsgálatának szabályairól szóló 123/2005. (XII. 29.) GKM rendeletben foglaltak alapján,
- illetve a Kbt. eltérő rendelkezéseinek hiányában a közigazgatási hatósági eljárás és szolgáltatás általános szabályairól szóló 2004. évi CXL. törvény rendelkezéseinek megfelelő alkalmazásával folytatta le a Közlekedésbiztonsági Szervezet.

A Kbt. és a 123/2005. (XII. 29) GKM rendelet együttesen a következő uniós jogi aktusoknak való megfelelést szolgálják:

- a) a Tanács 94/56/EK irányelve (1994. november 21.) a polgári légiközlekedési balesetek és repülőesemények vizsgálatának alapvető elveiről,
- b) az Európai Parlament és a Tanács 2003/42/EK irányelve (2003. június 13.) a polgári repülésben előforduló események jelentéséről.

A Közlekedésbiztonsági Szervezet illetékessége a 278/2006. (XII. 23.) Korm. rendeleten alapul.

Fenti szabályok szerint

- A Közlekedésbiztonsági Szervezetnek a légiközlekedési balesetet és a súlyos repülőeseményt ki kell vizsgálnia.
- A Közlekedésbiztonsági Szervezet mérlegelési jogkörében eljárva kivizsgálhatja azokat a repülőeseményeket, illetve légiközlekedési rendellenességeket, amelyek megítélése szerint más körülmények között közlekedési balesethez vezethettek volna.
- A szakmai vizsgálat független a közlekedési baleset, illetve az egyéb közlekedési esemény kapcsán indult más közigazgatási hatósági, szabálysértési, illetve büntetőeljárástól.
- A szakmai vizsgálat során a hivatkozott jogszabályokon túlmenően az ICAO Doc 6920 Légijármű balesetek Kivizsgálási Kézikönyvben foglaltakat kell alkalmazni.
- Jelen Zárójelentés kötelező erővel nem bír, ellene jogorvoslati eljárás nem kezdeményezhető.

A Vizsgálóbizottság tagjaival szemben összeférhetetlenség nem merült fel. A szakmai vizsgálatban résztvevő személyek az adott ügyben indított más eljárásban szakértőként nem járhatnak el.

A Vb köteles megőrizni és más hatóság számára nem köteles hozzáférhetővé tenni a szakmai vizsgálat során tudomására jutott adatot, amely tekintetében az adat birtokosa az adatközlést jogszabály alapján megtagadhatta volna.

Jelen Zárójelentés

alapjául a Vb által készített, a KBSZ főigazgatója által elfogadott és az észrevételek megtétele céljából – rendeletben meghatározott – érintettek számára megküldött Zárójelentés-tervezet szolgált.

A Zárójelentés-tervezet megküldésével egyidejűleg a KBSZ főigazgatója értesítette az érintetteket a záró megbeszélés időpontjáról, és arra meghívta az érintett személyeket, szervezeteket.

A 2008. október 21-én megtartott záró megbeszélésen az alábbi szervezetek képviseltették magukat:

- Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatóság,
- Corvus Aircraft Kft.,
- ELMESZTI BISZ Repülésbiztonsági Szolgálat,
- Air Hungary Kft.

MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

Ad XX	Az XX számmal jelölt észrevételhez tartozó állásfoglalás (lásd: 5. Mellékletek , 7. Észrevételek és Állásfoglalások)
BEA	Bureau d' Enquetes et d' Analyses Balesetvizsgáló és Elemző Iroda, Franciaország
BMGE	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
DULV	Deutscher Ultraleichtflugverband Német Ultrakönnyű-repülő Szövetség
EASA	European Aviation Safety Agency Európai Légiközlekedési Ügynökség
GKM	Gazdasági és Közlekedési Minisztérium
HC	Hungarocontrol
KBSZ	Közlekedésbiztonsági Szervezet
Kbvt.	A légi-, vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról szóló 2005. évi CLXXXIV. törvény
NKH LI	Nemzeti Közlekedési Hatóság Légiközlekedési Igazgatóság
NTSB	National Transportation Safety Board Nemzeti Közlekedésbiztonsági Szervezet, USA
LTF-UL	Az aerodinamikai kormányzású ultrakönnyű repülőgépek légialkalmassági feltételei
MK I	Corvus Corone MK I típusú kísérleti légijármű
MK II	Corvus Corone MK II típusú ultrakönnyű repülőgép
RPM	Revolution Per Minute percenkénti fordulatszám
Típusdokumentáció	A Corvus Corone MK II ultrakönnyű repülőgép jóváhagyott típusdokumentációja
UD	Unidirekcionális Egyirányú szálakat tartalmazó
UL	Ultra Light Ultrakönnyű (repülőgép)
Vb	Vizsgálóbizottság
ZJ	Zárójelentés
ZJT	Zárójelentés-tervezet

AZ ESET ÖSSZEFOGLALÁSA

Eset kategóriája		Légiközlekedési baleset
Légijármű	gyártója	Corvus Aircraft Kft.
	típusa	CORVUS CORONE MK II
	felség- és lajstromjele	HA-YCAH
	gyári száma	CNE 02/004
	tulajdonosa	Lombard Finanszírozási Zrt. ¹
	üzembentartója	Corvus Aircraft Kft. ²
	bérlője	Air-Hungary Keresk. és Szolgáltató Kft. ³
Eset	napja és időpontja	2007. augusztus 02., 18 óra 15 perc
	helye	Bugacpusztaháza, N 46° 42' 15"; E 19° 35' 25"
Eset kapcsán	elhunytak száma	2
	súlyos sérültek száma	-
Légijármű rongálódásának mértéke		megsemmisült
Lajstromozó állam		Magyar Köztársaság
Lajstromozó hatóság		NKH LI
Gyártást felügyelő hatóság		NKH LI
Eset helyszíne alapján illetékes kivizsgáló szervezet		KBSZ

Bejelentések, értesítések

A KBSZ ügyeletére az esetet 2007. augusztus 2-án

- 21 óra 00 perckor a Jakabszállási repülőtér ügyeletese jelentette be,
- 21 óra 40 perckor a HC is jelentette.

A KBSZ ügyeletese

- 2007. augusztus 2-án 21 óra 07 perckor jelentette a KBSZ ügyeletés vezetőjének, előtte azonban:
- 2007. augusztus 2-án 21 óra 05 perckor tájékoztatta az NKH LI ügyeletését.

Vizsgálóbizottság

A KBSZ főigazgatója a légiközlekedési baleset vizsgálatára 2007. augusztus 03-án az alábbi Vizsgálóbizottságot (továbbiakban Vb) jelölte ki:

vezetője	Dr. Ordódy Márton	balesetvizsgáló
tagja	Eszes János	balesetvizsgáló

A KBSZ főigazgatója 2009. január 12-én felkérte Dr. Gausz Tamást, hogy a kijelölt Vizsgálóbizottsághoz csatlakozva, annak tagjaként vegyen részt a szakmai vizsgálatban.

¹ Légialkalmassági bizonyítvány megállapítása szerint. A megállapítás a PLA50016/07 számú egyedi lízingszerződésen alapul, mely a Lombard Finanszírozási Zrt.-t jelöli meg lízingbeadóként. Ugyanakkor a Légijármű üzemeltetési szerződés az Air-Hungary Keresk. és Szolgáltató Kft.-t nevezi meg tulajdonosként.

² Légialkalmassági bizonyítvány megállapítása szerint. A megállapítás „a Légijármű üzemeltetési szerződés-en” alapul, mely a Corvus Aircraft Kft.-t jelöli meg üzemeltetőként (Ballószög, 2007. 06. 07.)

³ A bérlés a PLA5001607 számú egyedi lízingszerződésen alapul, mely az Air-Hungary Kft.-t jelöli meg lízingbevevőként.

Az eseményvizsgálat áttekintése

- a) A helyszíni vizsgálatot Mészáros László főigazgató vezetésével Gincsei János, Király Péter, Oláh Zsófia és Kovács Márton végezte a 2007. augusztus 02. 23 óra 10 perc és 2007. augusztus 03. 06 óra 30 perc közötti időszakban. A helyszíni vizsgálaton a Corvus Aircraft Kft. munkatársai részt vettek.
- b) A helyszín 2007. augusztus 03-án, 06 óra 30 perckor került felszámolásra. A roncsot a KBSZ a felszálló repülőtér (LHJK) hangárjába szállította, ahol a Vb a légijárművet a beszállított roncs elemekből a lehetséges mértékben összeállította és vizsgálat szempontjából fontos körülményeket fényképek készítése révén rögzítette. A roncs elemek vizsgálatán a Corvus Aircraft Kft. munkatársai jelen voltak és részvételüket semmi nem akadályozta. A roncsot a KBSZ az LHJK repülőtérrel szakértői vizsgálatok elvégzése céljából a Budapest-Ferihegy Nemzetközi Repülőtérre (LHBP) szállította, ahonnan a roncs a vizsgálatok elvégzése után a KBSZ tároló helyére került.
- c) A szakmai vizsgálat során a gyártó és a KBSZ között megbeszélésekre került sor az alábbiak szerint,
 1. A gyártási feltételek vizsgálata céljából - a helyszíni szemlét közvetlenül követően - 2007. augusztus 03-án a Vb látogatást tett a gyárban.
 2. A gyártási körülmények pontosítása céljából a Vb, valamint a gyár ügyvezető igazgatója és főmérnöke jelenlétében a KBSZ hivatalos helyiségében megbeszélésre került sor 2008. május 05-én.
 3. A Zárójelentés előkészítése céljából a KBSZ főigazgatója 2008. október 21-én záró-megbeszélést tartott a jelen Zárójelentés 5. oldalán feltüntetettek szerint.
 4. A gyártott légijárművek típusának és kategóriájának tisztázása céljából a Vb vezetőjének, a KBSZ főigazgatójának, valamint a német és az osztrák balesetvizsgáló szervezetek képviselőinek jelenlétében, megbeszélésre került sor 2008. december 01-én a gyár tárgyaló helyiségében.
- d) A Vb vezetője 2008. április 24-én felkérte a gyártó, a Corvus Aircraft Kft. repülésbiztonsági felügyeletét ellátó ELMESZTI Elektronikai Mechanikai Tervező Iroda Repülésbiztonsági Szolgálatát, hogy ügyvivője tanácsadóként képviseltesse magát a baleset kivizsgálásában.
- e) A vizsgálat során az alábbi szakértői vélemények kerültek beszerzésre:
 - tervezési, kivitelezési kérdések tisztázására a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem szakértőjének szakvéleménye,
 - a főtartó gyártásához felhasznált anyag tulajdonságainak tisztázására a kecskeméti Gépipari és Automatizálási Műszaki Főiskola szakértőjének szakvéleménye,
 - a főtartó és a szárny-héj elválásának vizsgálatára a Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet Fizikai-Kémiai Szakértői Osztályának szakvéleménye.
- f) A Vb elektronikus levelezés révén nyert adatokat az alkalmazott ragasztóanyag használhatóságának tisztázására a 3M cég-től (USA).
- g) Adatrögzítésre használt eszközök révén nyerhető adatok megszerzése céljából a Vb:
 - a pilóta tulajdonát képező, nem beépített GPS kiértékelését kérte a francia balesetvizsgáló szervezettől (BEA),
 - a beépített kombinált műszert (Dynon D-180) vizsgálatra megküldte az NTSB erre szakosodott szervének.

A kiértékelők a kérésre részletes választ küldtek, azonban értékelhető adat csak a kombinált műszerből volt kinyerhető.

- h) A fentiek alapján Zárójelentés-tervezet készült, melyet a KBSZ főigazgatója észrevételek megtétele céljából megküldött az esetben érintetteknek, (négy szervezet, lásd jelen Zárójelentés 5. oldal). Az érintettek közül a Corvus Aircraft Kft., valamint az Air Hungary Kft. küldött észrevételt a megadott határidőn belül

Az észrevételek megbeszélése céljából a KBSZ főigazgatója 2008. október 21-re záró-megbeszélést hirdetett meg, melyen az érintettek mindegyike képviseltette magát. Az észrevételeket jelen Zárójelentés mellékletként, a Vb állásfoglalásával együtt teszi közzé. (lásd: **5. Mellékletek**, 7. Észrevételek és Állásfoglalások)

Az eset rövid áttekintése

Motoros könnyű légi járművek gyártására szakosodott szervezet felvállalta az MK II típusú, kísérleti könnyű légi jármű gyártását. Ehhez az MK I típust úgy módosította, hogy szándéka szerint a gyártásra kerülő és MK II típusúként megjelölt légi jármű – a befoglaló méretek érdemi változtatása nélkül – az ultrakönyű repülőgépekre előírt tömeg- és sebességhatárokat ne lépje túl. A gyártó szándéka nem teljesült (lásd **2.2.1 Műszaki okok**).

Az MK II típusú ultrakönyű repülőgépek egy elkészült változata - a napnyugtát közvetlen megelőzően, utas sétarepültetése céljából - felszállt, majd manővereket követően, meredek zuhanásban a földhöz csapódott. A légi jármű megsemmisült, a repülőgépen tartózkodó személyek életüket veszítették.

Mivel a helyszíni vizsgálatok alapján a műszaki és konstrukciós meghibásodás nem volt kizárható, ezért a baleset másnapján az NKH LI az IG 76/0/2007 számú légialkalmassági határozatában a légi jármű minden modifikációjának repülését felfüggesztette a légiközlekedési baleset kivizsgálásáig. A hatósági vizsgálat megállapította, hogy az MK I és az MK II típusok közötti gyártástechnológiai eltérések kizárják, hogy a baleset okaként lehetségesnek tartott műszaki meghibásodás az MK I típus esetében fennálljon. Az IG 76/5/2007 számú határozat ezért - a további vizsgálatok lezárásáig – kizárólag az MK II típusú légi járművek repülésének felfüggesztését tartotta fenn.

A szakmai vizsgálatot jelen Zárójelentés zárja.

Ennek **2. Elemzés** fejezete felsorolja mindazokat a körülményeket, melyek a baleset bekövetkezte tekintetében közrejátszhattak.

A **3. Következtetések** fejezet a baleset okaként a légialkalmassági feltételek halmozott nem teljesülését nevezi meg.

A **4. Biztonsági ajánlások** fejezet azt javasolja, hogy a tiltó hatósági határozat feloldására kizárólag megfelelő szakértők bevonásával végzett ellenőrzés után kerüljön sor.

1. TÉNYBELI INFORMÁCIÓK

1.1 A repülés lefolyása

A Vb rendelkezésére álló nyilatkozat szerint a repülést megelőző napok során a pilóta arról panaszkodott, hogy a légijárművet folyamatosan javítani kellett. A panaszok között szerepelt

- a motor kopogó hangja,
- a szárny felől hallható folyamatos recsegés,
- a csűrő szorulása,
- a motor esetenkénti megállása és melegedése,
- a kabintető gyakori kinyílása.

Rendőrségi meghallgatási jegyzőkönyv szerint a felszállást megelőző napon került sor az alábbiakra:

- a légcsonar cseréjére, melynek során a légijárműre ahelyett a légcsonar helyett, mellyel a légijármű a hatósági vizsgálat eredményeként légialkalmasságot nyert, egy teljesen más típusú légcsonar került,
- a szárnyvégekre és a vezérsíkokra lámpákat szereltek, az alsó motorburkolatra leszálló fényszóró került,
- megváltozott az olajhűtő helye,
- az oldalkormányra és a csűrőkre merev trimm került,
- a szárny és a törzs közötti részbe gumi-tömítés került.

A felszállásra a pilótát a gyártó vezető munkatársainak egyike kérte fel. A pilóta feladata az volt, hogy egy ígéretes vásárlásra készülő üzletember számára a gépet egy helyi repülés révén bemutassa.

A repülés forgalmi kör megrepülésével kezdődött, majd a forgalmi kör hosszúfaláról való kisorolással folytatódott. A kisorolást - egy szemtanú elmondása alapján – az alábbi mozzanatok követték:

- viszonylag kis sebességű vízszintes haladás
- kismértékű, néhány méteres megmerülés, majd rövid vízszintes továbbhaladás,
- emelkedés, eközben háthelyzetbe kerülés,
- ellentétes irányú, meredek zuhanás.

A szemtanú nyilatkozata, a helyszíni szemle során fellelt nyomok és az ott tett megfigyelések alapján valószínűsíteni lehet az alábbiakat:

- a légijármű darabokra hullása a becsapódás előtt megindult,
- a becsapódás előtt, a fák koronájának szintjén a jobb szárny elkülönült a törzstől,
- a légijármű meredeken a talajba csapódott.

21:00 körüli időszakban a repülőtér megpróbált kapcsolatot teremteni a repülőgép-vezetővel, de sem rádión, sem mobiltelefonon ez nem vezetett eredményre.

21:22 körüli időpontban egy tanú jelentette a rendőrségnek, miszerint látta, hogy a repülőgép lezuhant Bugacpusztaháza térségében.

21:40 időpontban a HC jelentette: a repülőgép 20:20 időpont körüli időben lezuhant Jakabszállás környékén.

23:40 időpontban a Kutató-mentő Szolgálat a repülőgéproncsot megtalálta Bugacpusztaháza mellett, egy 10-12 éves akácerdőben.

A repülőgépen tartózkodó személyek életüket veszítették.

1.2 Személyi sérülések

Sérülések	Személyzet		Utasok	Egyéb személyek
	hajózó	utaskísérő		
Halálos	1	-	1	-
Súlyos	-	-	-	-
Könnyű	-	-	-	-
Nem sérült	-	-	-	-

1.3 A légijármű sérülése

A légijármű a légiközlekedési balesetben megsemmisült.

1.4 Egyéb kár

Egyéb kárt a vizsgálat befejezéséig a Vb-nek nem hoztak tudomására.

1.5 A személyzet adatai

1.5.1 A légijármű parancsnoka

Kora, neve		46 éves férfi
Szakszolgálati engedélye érvényessége	Szakmai	2007. szeptember 14.
	Egészségügyi	2008. április 26.
	Képesítései	Motoros A
	Jogosításai	Oktató
Repült ideje/felszállások száma	Összesen	462 óra/1512 felszállás
	Utolsó 12 hónapban	23 óra 51 perc/51 felszállás
	Utolsó 30 napban	21 óra 21 perc/51 felszállás
Érintett típuson	Összesen	21 óra 21 perc/51 felszállás
	Utolsó 12 hónapban	21 óra 21 perc/51 felszállás
	Utolsó 30 napban	21 óra 21 perc/51 felszállás

A repült időkre és a teljesített felszállások számára vonatkozó adatok egy része a „Szakszolgálati Engedélykérelem”, a típusra vonatkozó része a „Sárkánykönyv” adataiból származik.

1.6 A légi jármű adatai

1.6.1 Légialkalmassági bizonyítványának érvényessége: 2008. június 17.

A tanúk elmondása szerint a repülőgép a 2007. július 6-i első légialkalmassági felülvizsgálat óta folyamatosan garanciális javítás alatt állt.

1.6.2 Általános adatok

A légi jármű kategóriája	Aerodinamikai kormányzású ultrakönnyű motoros repülőgép	
A légi jármű gyártója (a lízingbeadó szállítója)	Corvus Aircraft Kft.	
A légi jármű típusa	Corvus Corone Mk. II.	
A típusalkalmasság kelte	2006. november 17.	
A gyártási engedély kelte	2007. június 27.	
Az egyedi alkalmasság kelte	2007. július 06.	
A légi jármű tulajdonosa (lízingbeadó)	Lombard Finanszírozási Zrt.	
Lízingbevevő	Air-Hungary Keresk. és Szolgáltató Kft.	
A lízingbevétel kelte	2007. június 01.	

1.6.3 A légi jármű törzs adatai

	repült idő	leszállások száma
Gyártás óta	25 óra 01 perc	57
Utolsó nagyjavítás óta	-	-
Utolsó karbantartás óta	-	-

1.6.4 A légi jármű hajtómű adatai

A típusalkalmassági bizonyítványban feltüntetett motor	Rotax 912 S
Az egyedi alkalmassági bizonyítványban feltüntetett motor	Jabiru 3300
Gyártás óta repült idő/ leszállások száma	27 óra 42 perc/57 leszállás
Utolsó nagyjavítás óta repült idő/ leszállások száma	-/-
Utolsó karbantartás óta repült idő/ leszállások száma	-/-

1.6.5 A légszűrő adatai

A légszűrő típusa a Repülési kézikönyv szerint	SR 3000 J Woodcomp
A baleset idején alkalmazott légszűrő típusa	IVOPROP 8MP

Az IVOPROP légszűrő beépítésére a balesetet megelőző napon került sor. A beépítést nem dokumentálták.

1.6.6 A meghibásodott berendezés adatai

Egyértelmű meghibásodás nem volt azonosítható.

1.6.7 A légijármű terhelési adatai

A HA-YCAH lajstromjelű légijármű kézikönyve szerint, aktuális adatok felhasználásával

Üres tömeg (E)	E = 295 kg	(2)
Tüzelőanyag tömege (T)	T = 30,4 kg	(4)
Kereskedelmi terhelés tömege (K)	K = 163 kg	(3)
Felszálló tömeg (Take Off Mass)	TOM = 486/494 kg	(5)
Megengedett összes tömeg (MTOM)	MTOM = 472,5 kg	(1)
Az eset idején a súlypont helyzete	2 200	(6)
A megengedett súlypont helyzete elülső	1 822	
hátsó	2 327	

Megjegyzések:

- (1) Az EASA vonatkozó meghatározásának a gyártó által alkalmazott értelmezése szerint egy UL légijármű maximális felszálló tömege

$$MTOM = 472,5 \text{ kg}$$

lehet. A légijármű szárnyának terhelési próbája ennek megfelelően került végrehajtásra.

- (2) A légijármű E üres tömege a Repülési kézikönyv szerint $E_1=295 \text{ kg}$ (a kézikönyv H2.7. pontja alapján, valamint a 16. számú észrevétel szerint)
- (3) A pilóta P tömege a megelőző orvosi vizsgálat alapján (2007. március 27-én) $P = 78,5 \text{ kg}$ volt. Az utas U tömege a boncjegyzőkönyv alapján ("kb. 175-180 cm hosszúságú, kp. fejlett, kp. táplált, fiatal férfi holtteste") $U = 85 \text{ kg}$ -ra becsülhető. Összegezve a K kereskedelmi tömeg:

$$K = P + U = 78 + 85 = 163 \text{ kg}$$

- (4) Szemtanú szerint a pilóta felszállás előtt két teljes, 20 literes kanna benzint töltött a tankba, azaz a tüzelőanyag T tömege legalább (a korábban betankolt kifogyasztható üzemanyag mennyiségétől eltekintve):

$$T = (2 \times 20 \text{ liter} + 7 \text{ liter}) \times 0,76 \text{ kg/liter} = 35,7 \text{ kg}$$

volt, ahol a 7 liter a Repülési kézikönyv szerinti kifogyaszthatatlan tüzelőanyag mennyisége.

- (5) A légijármű aktuális TOM felszálló tömege a Repülési kézikönyv szerinti üres-tömeg adatokkal számolva minimálisan:

$$TOM_1 = E_1 + K + T = 494 \text{ kg.}$$

Megállapítható tehát, hogy a felszálló légijármű a baleset idején túl volt terhelve.

- (6) A súlypont S helyzete a fenti TOM, E, K és T tömegekkel, valamint a Repülési kézikönyv H6.2. fejezetében alkalmazott nyomaték-karokkal (a képletben kisbetűvel jelölve):

$$S = (1/TOM) \times (E \times e + K \times k + T \times t) = 2,200 \text{ m,}$$

azaz a Repülési kézikönyvben megadott, megengedett súlypont-helyzet határok közé esik.

1.7 Meteorológiai adatok

A baleset idején a baleset helyszínén:

Szél: 0 m/s; felhőzet: 0 látástávolság 10 km felett.

Naplemente: 18 óra 18 perc UTC, a Magyar Köztársaság légterében és repülőterein történő repülések végrehajtásának szabályairól szóló 14/2000 (XI. 14.) KöViM rendelet „F” Függeléke szerint.

A nyilatkozatok alapján a Vb arra a következtetésre jutott, hogy a balesethez vezető repülésre a jogszabályban meghatározott napnyugta idején, annak pontos idejétől néhány perccel korábban kerülhetett sor, ezért a napnyugta fényviszonyai zavarhatták a pilótát a légijármű vezetésében.

1.8 Navigációs berendezések

A navigációs berendezések az esemény lefolyására nem voltak hatással, ezért részletezésük nem szükséges.

1.9 Összeköttetés

A kommunikációs berendezések az esemény lefolyására nem voltak hatással, ezért részletezésük nem szükséges.

1.10 Repülőtéri adatok

A repülőtér paraméterei az esemény bekövetkezésére nem voltak hatással, ezért részletezésük nem szükséges.

1.11 Légijármű adatrögzítők

A légijárművön adatrögzítő nem volt, az az érintett légijármű típusra és feladathoz nincs előírva. Egyéb adatrögzítésre alkalmas eszközökből (lásd **Az eseményvizsgálat áttekintése** g) bekezdés) kinyert és a hajtóműre vonatkozó adatokat tartalmazza a 13. ábra.

1.12 A roncsra és a becsapódásra vonatkozó adatok

A mindeddig egyetlen, nyilatkozattételre hajlandó szemtanú szerint a viszonylag kis sebességgel, egyenesen haladó repülőgép görbe vonalú pályára tért, melynek elemeit az 1.1. pont sorolja fel. A manőverek közben **a tanú a szárny felhajlását, valamint egy nagyobb légijármű-darab lehullását észlelte.** Az észleltekről a szemtanú vázlatot készített, melyet a Vb rendelkezésére bocsátott (1. ábra). A vázlat nem mond ellent a lehullott roncsdarabok helyzetéből valószínűsíthető pálya adatainak, lásd 6. ábra: Átfogó helyszínrajz. A tanú előtt a becsapódást a fák eltakarták.

Az Átfogó helyszínrajz 2 – 9-ig terjedően azokat a helyszínelés során fellelt tárgyakat tünteti fel, melyek kétségtelenül a légijárműről vagy abból váltak el és melyeket a helyszínelést végzők a becsapódás helyétől viszonylag távol fedeztek fel. A rajz léptékét a kezelhetőség elve határozta meg; a rajz egyetlen A4 formátumú lapon tartalmazza ezeket a leleteket. A becsapódás helyéhez viszonylag közel, egy 20 x 20 méteres körzeten belül fellelt tárgyakat egy kisebb léptékű vázlat, a Részletes helyszínrajz tünteti fel, lásd 2. ábra.

Az Átfogó helyszínrajzon a fellelt tárgyak helyét számozott pontok mellett feltüntetett koordináták adják meg (derékszögű nyilak mentén) méterben, a becsapódás helyét véve a koordinátarendszer origójának. Látható, hogy a felsorolt

tárgyak mindegyike 20 méternél távolabb helyezkedik el a becsapódás pontjától egészen 120 méter távolságig. A viszonylag nagy távolságok folytán a Vb igaznak véli azt a feltételezést, miszerint **az itt feltüntetett tárgyak mindegyike a légijármútól a levegőben elválva, arról lehullva, a lombkoronán keresztül került a fellelés helyére.**

A részletes helyszínrajzon nyíl mutatja a becsapódás irányát. Erre az irányra a törzs helyzetéből, valamint a letarolt ágak vonalából következtetett a Vb. Kétségen kívül nem a becsapódás hatására került a jobb szárny a 3. jelű helyre, mely ellentétes a becsapódás irányával. **Az a körülmény, miszerint a jobb szárny a lombkoronán keresztül került a megjelölt helyre, nem vitatható**, ugyanis a négy fa közé beékelődött szárny a roncs felől nem kerülhetett a fellelési helyzetbe, lásd 4. ábra. A becsapódás irányával ellentétes irányban volt fellelhető a 22. számmal megjelölt főtartó vég is – bizonyítva ezzel annak levegőben történt leválását.

A törzs és a balszárnny becsapódása kétségtelen: 3. ábra. A többi alkatrész esetében felmerülhet annak lehetősége, hogy a becsapódás következtében jött létre a vizsgált tárgy fellelésének helyzete. Sajátos ebből a szempontból a magassági kormánylap helyzete, mely a törzs roncsán helyezkedett el, a szemle során egyértelműen nem volt azonosítható, miként került oda. Az alkatrész szinte érintetlen, ép volta, valamint a bekötővasalások egyöntetű, kifelé történő elhajlása annak valószínűségét erősíti, hogy a kormánylap a levegőben vált le a vízszintes vezérsíkról.

1.13 Az orvosi vizsgálatok adatai

A boncolási jegyzőkönyvek tartalma:

A repülőgép-vezető az agy és arckoponyára kiterjedő koponyasérüléseket, mellkasi nyitott sérülést, csontrendszeri szilánkos, darabos törést, mindkét alsó végtagon csontkolásos jellegű sérülést szenvedett. Mind a koponyasérülés, mind a mellkasi és hasi szervek sérülése külön-külön önmagukban is halált okozhattak. Olyan megbetegedést, amely a halál beálltát elősegítette, vagy meggyorsította volna, a boncolás nem talált.

Az utas arc és agykoponya-sérülése olyan súlyos mértékű, hogy az agyállomány teljes tömegében roncsolódott, nem vizsgálható. A mellkasi és hasüregi sérülések kiterjednek a szívre, tüdőre és a hasüregi szervek valamennyi részére. A koponya, illetve agysérülés, de a mellkasi és hasüregi szervek sérülése külön-külön is halálhoz vezethettek. A boncolás során olyan megbetegedést, amely a sérült halálát elősegítette, vagy meggyorsította volna, nem találtak. Figyelemre méltók a boncolási jegyzőkönyvek azon részei, melyek a végtagok és testfelület lágyrészeinek mélyreható, cakkos szélű, babérlevélszerűen kinyílt, esetenként a csontig hatoló vágott sérüléseiről írnak. E sérüléseket a nagy energiával szerterepülő éles szélű laminát darabok okozhatták.

Nem volt bizonyíték arra vonatkozóan, hogy fiziológiai tényezők vagy egyéb akadályoztatás befolyásolta volna a pilóta teljesítményét.

1.13.1 Igazságügyi-orvosszakértői vizsgálat

A repülőgép-vezető maradványainak toxikológiai vizsgálata szerint sem alkoholos befolyásoltság, sem kábítószeros hatás, sem mérgezés nem volt kimutatható. Az utasnál a toxikológiai vizsgálat eredménye úgyszintén negatív volt.

1.14 Tűz

Az eset kapcsán tűz nem keletkezett.

1.15 A túlélés lehetősége

Mindkét elhunyt sérülései olyan súlyosak voltak, hogy életüket a legkorábban érkező, szakszerű orvosi beavatkozás sem menthette volna meg.

A légijármű fel volt szerelve olyan ejtőernyővel, mely vészhelyzetben a légijárművet a személyzettel együtt juttatja a földre. A mentőeszköz nem garantálja a teljesen sérülésmentes földet érést. Mivel azonban az eset bekövetkeztének helyén a talajt fiatal, viszonylag sűrű faültetvény fedte, ezért a lombkorona fékező hatása a felütődés hevedességét nagy valószínűséggel tovább csökkentette volna. A tapasztalatok alapján - ilyen körülmények között - a mentőeszköz használata a személyzet teljes sérülés-mentességét és a légijármű javítható mértékű károsodását nagy valószínűséggel biztosíthatta volna.

A személyzet a mentőeszközt nem működtette.

1.16 Próbák és kísérletek

A vizsgálat során próbákat és kísérleteket nem folytattak, azonban a Vb álláspontjának megerősítésére szakértők vizsgálatait vette igénybe (lásd: Az eseményvizsgálat áttekintése e) pont).

1.17 Az érintett szervezetek jellemzése

A balesetet szenvedett Corvus Corone MK II (a továbbiakban MK II) típusú ultrakönnyű (UL) kategóriájú repülőgépet a gyártó, a Corvus Aircraft Kft. készítette. E légijármű elődje a Corvus Corone MK I (a továbbiakban MK I) típusú légijármű, amelyet a légiközlekedési hatóság 522540/04 számú engedélyével a Repülőmérnöki Iroda⁴ (a továbbiakban: Iroda) épített, amatőr repülőgépként. Az MK I tömeg tekintetében meghaladta az UL kategóriájú légijárművek számára az EASA által meghatározottakat, ezért ez a típus és a később épült darabok kísérleti légijárműként épültek és kísérleti lajstromjellel repültek. Az MK I egy példánya 2001-ben, az AERO Friedrichshafen nemzetközi kisgépes kiállításon nagy nemzetközi érdeklődést keltett, ezért - az Irodával szerződve - a Kft. felvállalta e repülőgép gyártását. A nemzetközi előírásoknak való megfeleltetés céljából és a piaci lehetőségek kihasználása érdekében a gyártó megkísérelte a típus módosítását oly módon, hogy a módosított változat az UL repülőgépekre vonatkozó nemzetközi előírásoknak megfeleljen.

Az UL kategóriába való besorolhatósághoz szükséges könnyítéseket a gyártó az ún. "Prepreg" kompozit technológia bevezetésével szándékozott megvalósítani, mely az MK I esetében alkalmazott hagyományos, ún. "Wet-layup" eljárást váltotta fel. **A gyártó nem rendelkezett az új eljárás technológiai leírásával.** Az új technológia ilyen alkalmazása, a könnyítések okozta szilárdsági és repülésmechanikai problémák, valamint az amatőr építésnek gyártással való felváltása szakmai vitákat váltottak ki, melyek eredményeképpen a gyártó és az Iroda között létrejött szerződés 2004-ben felbomlott.

Az NKH LI és a gyártó a légijárművek gyártásával, javításával kapcsolatban az alábbi dokumentumokat bocsátotta a Vb rendelkezésére:

⁴ A Légügyi Igazgatóság által kiadott Tevékenységi engedély száma: 532058/1/01. Fő tevékenységi köre: mérnöki tervezési tevékenység.

- a) A 2005. augusztus 17-i keltezésű és HgCAA 21.0010 hivatkozási számú JÓVÁHAGYÁSI BIZONYÍTVÁNY.

Ez a dokumentum a gyártó számára kísérleti és UL légi járművek gyártását engedélyezi és termékként (a munkák köreként) az MK I típust jelöli meg. Mivel a balesetet szenvedett légi jármű nem kísérleti és nem MK I típusú, ezért ez az engedély – bár a vizsgálat során gyakran történt hivatkozás rá - a vizsgált légi járműre nem vonatkozik.

- b) A 2007. június 27-i keltezésű és HgCAA-P-001 hivatkozási számú JÓVÁHAGYÁSI BIZONYÍTVÁNY.

Ez a dokumentum a Vb rendelkezésére bocsátott 1829/1/2007 számon iktatott NKH PLI Határozat indoklása szerint a 2007. március 26-30. között megtartott EASA audit elrendelése alapján, a fenti a) dokumentum formai módosításai révén született. A Vb megállapította, hogy nemcsak formai módosításokról volt szó. Jelen b) dokumentum ugyanis az a) pont szerinti engedélyhez képest a "munkák köreként" megengedi:

1. UL légi járműként az MK II típusú gépek gyártását és javítását, valamint
2. építőkészletként az MK I típusú gépek részeinek gyártását.

A Határozat 7. pontja kötelezi a gyártót, hogy a Határozat kézhezvételét követő 30 napon belül adjon be jóváhagyásra Gyártó Szervezet Ismertető Kézikönyvet, melyet a gyártó elkészített és az NKH LI jóváhagyott.

E dokumentum elkészültének kelte: 2007. augusztus 24.,

a hatósági jóváhagyás kelte: 2007. augusztus 29.

A baleset bekövetkeztekor (2007. augusztus 2.) a Kft. rendelkezésére álló gyártási engedély nélkülözötte a jóváhagyásban feltételként megszabott Gyártó Szervezet Ismertető Kézikönyvet.

- c) A 2007. június 27-i keltezésű és HgCAA-P-001-A hivatkozási számú JÓVÁHAGYÁSI BIZONYÍTVÁNY.

Ez a dokumentum - az a) dokumentummal ellentétben - konkrét termék megjelölése nélkül engedi meg kísérleti légi járművek gyártását. A Kft. tehát a balesetet megelőzően – érdemben nem korlátozott körülmények között - birtokában volt a műszaki fejlesztés fő feltételének, a kísérletezésnek.

A gyártmányt az NKH LI által 522540/04 számon jóváhagyott típusdokumentáció határozta meg. A gyártás egyes körülményeit az 523303/2003 számon kiadott típusalkalmassági tanúsítvány melléklete, a G 11 U 02 Típusalkalmassági adatlap írja le. Eszerint:

- a gyártó légi járművek építéskor a Német Szövetségi Légiközlekedési Hivatal által kiadott "Az aerodinamikai kormányzású ultrakönnyű repülőgépek légialkalmassági feltételei" című kiadvány (LTF-UL) előírásait követte,
- hajtómű tekintetében a Rotax 912 kézikönyvét tartotta iránymutatónak.

A balesetet szenvedett légi jármű repüléseit a Kft. légi jármű üzemeltetőként szervezte. A H-163 számú üzemeltetési engedélyen túl az üzemeltetésről a baleset idején az alábbi dokumentumok rendelkeztek:

- A HA-YCAH lajstromjelű légi jármű légialkalmassági bizonyítványa, mely a légi jármű jellemzői tekintetében a fenti típusalkalmassági tanúsítvány által lefedett légi jármű-típust nevezi meg, de hajtómű-típus tekintetében a típusalkalmassági tanúsítványban megjelölt Rotax 912 hajtómű helyett a Jabiru 3300 típusú motort tekinti beépíthetőnek. E bizonyítvány kiadásának

kelte: 2007. július 06. A balesetet szenvedett légijármű ennek megfelelően Jabiru 3300 motorral üzemelt.

- A HgCAA-P-001-A számú jóváhagyási bizonyítvány jóváhagyási feltételei, melyek előírják, hogy kísérleti légijármű csak a gyártó tulajdonában és üzemben tartásában maradhat. A balesetet szenvedett gépet a gyártó nem kísérleti légijárműként üzemeltette.
- A HgCAA-P-001 számú jóváhagyási bizonyítvány, melynek kapcsán a bizonyítványt kiadó Határozat a vállalati ellenőrző repülések számára ideiglenes lajstromjelet határoz meg és az effajta repülések dokumentálását hitelességhez köti.
- A gyártó és az Iroda között létrejött megbízási szerződés, mely az Iroda vezetőjét nevezi meg főmérnöknek, és amelyet az Iroda vezetője a balesetet két évvel megelőzően felmondott. A Típusdokumentáció már egy másik személyt nevez meg főmérnökként.

1.18 Kiegészítő adatok

A Vb a fenti tényadatokon kívül más információt nem kíván nyilvánosságra hozni.

1.19 Hasznos vagy hatékony kivizsgálási módszerek

A tények kiderítésében jelentős segítséget nyújtott az ún. „mozaikolás” módszere, mely szerint a Vb a repülőgép roncsának darabjait eredeti elhelyezkedésüknek megfelelő helyre fektette vissza, így előtérbe kerültek olyan tények, melyek az eljárás mellőzésével fedve maradtak volna.

2. Elemzés

A Zárójelentés jelen **2. Elemzés** fejezete a közlekedési balesetek szakmai vizsgálatának alapkérdéseire az alábbi alapvető megállapításokkal válaszol:

A **MI történt** kérdésre a helyszín vizsgálata egyértelmű választ adott; a légijárműről a becsapódást megelőzően alkatrészek váltak le, majd a talaj közelében levált a légijármű jobb szárnya.

A **HOGYAN történt** kérdés tekintetében – adatok hiánya folytán - a ZJT feltételezéseket tartalmaz. Bár a történés részletei a vizsgálat során vitathatók maradtak, a feltételezéseket összegezve a Vb mégis arra az alapvető megállapításra jutott, miszerint

- a légijármű a becsapódás előtt elvesztette fizikai légialkalmasságát,
- az ezt követő pálya mentén a légijármű kormányozhatatlan volt.

A **MIÉRT történt** kérdés kapcsán a vizsgálat feltárta, hogy a légialkalmasság jogszabály által előírt feltételei már a gyártás során nem teljesültek. A szám szerint 8 kifogásolható eltérés egyenként nem feltétlenül vezetett volna balesetre, halmozottan azonban már olyan kockázati tényezőt jelentettek, melyek esetében a baleset megtörténte pusztán idő kérdésévé vált.

A ZJT kapcsán 103 észrevétel érkezett, melyek a MIÉRT kérdésre adandó válasz tekintetében a pilóta manőverét tartották vizsgálandónak. A Vb az észrevételeket elemezve (lásd 3. sz. melléklet: Észrevételek) arra a következtetésre jutott, hogy a ZJT alapvető megállapításain érdemben nem változtat, lásd ZJ **3. Következtetések**.

2.1 Az eset vélelmezhető lefolyása

Mért vagy rögzített érdemi adatok hiányában a Vb lehetségesnek tartja, hogy

- a pilóta manővert kezdeményezett, melynek következtében
- a repülőgép irányíthatatlanná vált, majd
- görbe vonalú pályára tért, végül
- darabokra válva a földhöz csapódott.

2.1.1 A kezdeményezett manőver

A Vb a pilóta által kezdeményezett manőver tekintetében az alábbi lehetőségeket vette fontolóra:

- a) Igen kismértékű, normál körülmények között jelentéktelennek minősülő manőver, mely lehetett akár az egyenes vonalú repülés fenntartásához szükséges korrekciós mozdulat is. Ebből baleset csak akkor származhatott, ha a repülőgép a baleset bekövetkezte előtt a szétesés határára került.
- b) Nagy állásszögű, egyenes vonalú, állandó, de kis sebességű repülési helyzet, mely alkalmas volt az ún. "faroklobogás" feltételeinek megteremtésére. A balesetet ebben az esetben a magassági kormányfelület elvesztése okozhatta.
- c) Jelentős, de a megengedett korlátozásokat meg nem haladó, üzemszerű terhelés-növekedést létrehozó manőver. Ebből baleset csak akkor származhatott, ha a légijármű nem rendelkezett az előírt szilárdsági biztonsági tartalékokkal.
- d) Radikális, a megengedett korlátozásokat meghaladó manőver, melynek során a gyorsulás a törőterhelést meghaladó igénybevételt generált.

Az a), b) és c) eset műszaki hibát jelent, melyben a gyártás során kaphatott szerepet az emberi tényező, (lásd: 2.2.2.b)). A d) eset a gép személyzetét és a repülést közvetlenül érintő emberi tényező befolyására utal (lásd 2.2.2.a)).

Az a) – d) lehetőségek mérlegelésekor a Vb az alábbi körülményeket tekinti azonosnak:

- Bármely eset is valósult meg, a görbe vonalú pályára történő átváltást és az azt követő gyorsulást a jobb szárny leválása követte. Ez az átváltás lehetett jelentéktelennek minősülő mozgás-módosulás is, lásd. 2.1.1.a) pont.
- A Vb a szárnyleválás megindulásában a két fél-szárny geometriája között létrejött különbségnek tulajdonít alapvető szerepet. Ez a különbség vezetett a szárny lecsavarodására (az ún. "szárny-divergenciára", Dr. Rácz Elemér/Varga László/Varga László REPÜLŐGÉPEK SZERKEZETE ÉS RUGALMASÁGA, 7. Az aeroelasztikus jelenségek áttekintése), melynek létrejöttében egyaránt szerepet játszhatott mind a fél-szárny csavaró-merevségének csökkenése (a főtartó és a szárnyfelület elválása), mind az elcsavarodást nem kellő mértékben gátló megtámasztás (főtartó és segéd tartó fülek leszakadása, többorda és a főtartókat megvezető cső elhagyása).
- A levegőben kezdődő darabokra hullást valószínűsítik az alábbi körülmények:
 - a repülési pálya mentén szétszóródott roncsdarabok, lásd 6. ábra: Átfogó helyszínrajz,
 - az a körülmény, hogy a pilóta nem nyitott mentőernyőt. Az ernyő nyitásának elmaradását indokolhatta a vész helyzet észlelésének elkésett volta, azonban a Vb nagyobb valószínűséget tulajdonít annak a lehetőségnek, miszerint a pilótát az ernyő működtetésében meggátolták azok a sérülések, melyeket a szétesés kezdetét követően elváló alkatrészek okoztak (6. ábra: Átfogó helyszínrajz, 1. pont, A szétesés kezdete).

2.1.2 Az irányíthatatlanná válás

Ennek egyes lehetséges módjait – a kezdeményezett manővertől függően - a Vb az alábbi módon fogalmazta meg:

a) Egyenes vonalú, állandó sebességű repülésben vált a repülőgép irányíthatatlanná.

Ebben az esetben a szárnyfelület fokozatosan, a megelőző repülések során vált el a főtartótól és a szárny deformációi folytán csavaró-merevsége lecsökkent. A folyamatos tönkremenetel lehetőségét részletezi jelen Elemzés LTF-UL 307 b) Ragasztóanyag pontja, magát a tönkremenetelt illusztrálja a 7. ábra.

A Vb úgy véli, nem valószínű, hogy az elválások szimmetrikusan jöttek létre, így aszimmetrikussá válhatott a csavaró-merevség is. A két fél-szárny tehát egymáshoz képest elcsavarodhatott, a kormányozhatatlan repülésben a légijármű gyorsulhatott, és a jobb szárny lecsavarodása – kellő csavaró-merevség híján – már jelentéktelen sebességnövekedés esetén is megindulhatott.

Ha ez a körülmény valósult meg, akkor annak kiváltó oka a csavaró-merevség aszimmetrikus elvesztése volt, és az elcsavarodás következményeként szakadt le a törzsről a jobb főtartó fül.

b) A repülőgép a magassági kormány elvesztése folytán vált irányíthatatlanná.

A magassági kormánylap a becsapódás helyén, a törzshöz közel helyezkedett el, állapota és a bekötővasalások azonban azt bizonyítják, hogy a becsapódás előtt különvált a sárkánytól. Ha ugyanis a magassági kormánylap becsapódáskor válik el, akkor:

- ugyanúgy össze kellett volna törnie, mint az oldalkormány-lapnak, ezzel szemben szinte teljesen sértetlen,
- a magassági kormánylap forgását biztosító csuklók a ronctól elfelé hajlottak meg, mely ellentétes a törzs harmonika-szerű összegyűrődésével.

A kormánylap elválását a Vb szerint a vízszintes farokfelület lobogása okozhatta. Ez a jelenség nagy állásszöggel való repüléskor, azaz kis sebesség esetén lép fel. Amennyiben valóban ez történt, úgy ennek létrehozásához a pilótának sebesség-csökkentő manőverbe kellett kezdenie. E lehetőség bekövetkeztének valószínűségét erősítik az alábbiak:

Sebességcsökkentésre utal a szemtanú vallomása, aki – egyúttal fültanúként - az alábbiakat közölte:

„Elmondom, hogy a megsüllyedés környékén hallani véltem, mintha a motor kihagyna és ez után közvetlenül a becsapódásig nem is hallottam motorhangot, közvetlenül előtte mintha újra felpörögni hallottam volna a motort.”

Volt az esetnek egy másik fültanúja is, aki szerint:

„Kb. 20:00 óra magasságában én a házam előtt a tornácon tartózkodtam, amikor is azt hallottam – hangsúlyozom, hogy csak hallottam és nem láttam – egy olyan hangot, mint amikor egy motor leáll, majd pár pillanat múlva azt hallottam, hogy mintha újraindult volna egy légijármű motorja.”

Az elmondottakat erősíti a légijármű beépített műszerét kiértékelő NTSB diagram (lásd még. Az **eseményvizsgálat áttekintése** fejezetet, valamint 13. ábra: Corvus Corone, HA-YCAH, Accident Flight). Az RPM diagram a gázlevételnek, majd a motor felpörgésének az elmondottaknak megfelelő ütemben való megtörténtét igazolja.

A helyszíni szemlét követő vizsgálat feltárta, hogy a magassági kormányt mozgató rudazatról hiányzik az ún. „kiegyenlítő-súly”, mely a típus korábbi változataira felkerült. Ezen alkatrész elsődleges funkciója a kormánylap kiegyensúlyozása, vagyis szerepe azonos az egyéb szerkezeti megoldások révén történő kiegyensúlyozással. A szerkezetnek ennél fogva döntő szerepe lehet olyan kapcsolt mozgások megelőzésében, mint amilyen például a törzs lengése folytán előidézett kormánylap-szögelfordulás. A farok-lobogással kapcsolatos szerepe a szerkezetnek ezért vitathatatlan. Az a 11. számú észrevételben megfogalmazott kitétel tehát, miszerint *„ennek az elemnek a flatterral kapcsolatos jelenségekkel kapcsolatban nincs valós szerepe”* nem állja meg a helyét. A túlterhelt repülőgép lassan, nagy állásszöggel repülve rendelkezhetett a faroklobogás feltételeivel.

Az a megbeszélések során gyakran felmerülő ellenérv, miszerint más megépült MK II típusú repülőgépek esetében ez a jelenség nem lépett fel, nem jelenti a jelenség kizárt voltát. A fent hivatkozott könyv állítja, hogy a faroklobogás létrejötte a szárny sajátfrekvenciájának is függvénye, jelen Zárójelentés 2.1.2. a) és LTF-UL 307 b) pontjai pedig a folyamatos tönkremenetel lehetőségét vetik fel. Mivel a folyamatos tönkremenetel a szárny sajátfrekvenciáinak folyamatos elhangolódását is jelenti, ezért a

rezonancia az élettartam során a rongálódás mértékének függvényében is jelentkezhet. A Vb elfogadná azt az észrevételt, miszerint „a berendezés eltávolítása a repülőgépből tökéletesen indokolt volt” (91. számú észrevétel), ha a típus vizsgálata kitért volna a túlterheléssel, kis sebességgel történő repülés és a kormányozhatósági jellemzők megváltozásának vizsgálatára.

Ha a „lobogás” a magassági kormány elvesztésével járt, akkor a repülőgép mozgása történhetett a szemtanú által leírt görbe vonalú pálya mentén a pilóta beavatkozásának lehetősége nélkül. **A légijármű instabil voltát berepülési jegyzőkönyv veti fel.** Ha a légijármű valóban instabilis volt, akkor a magassági kormány elvesztése a pilóta beavatkozása nélkül is eredményezhette a szemtanú által leírt mozgást (2.1.3 pont). A fültanú elmondások értékét nem csökkenti az a körülmény, hogy hozzájuk a hang csökkenése csak mintegy 4-5 másodperc késéssel jutott el. Az irányíthatatlanná válást követő műrepülésszerűen görbe vonalú pálya ugyanis valóban csak bizonyos késéssel jöhet létre.

Mivel a zuhanás végső fázisáról a Vb adattal nem rendelkezik, ezért nem zárhatja ki egy olyan manőver létrejöttét, mely a becsapódás előtt a fél-szárny leszakadásához vezetett, azonban a légialkalmasság a magassági kormány elvesztésekor már megszűnt.

c) Jelentős üzemszerű terhelés közben vált a gép irányíthatatlanná.

A Vb nem zárja ki annak a lehetőségét, hogy a légijármű megengedett sebességi és döntési viszonyok között veszítette el irányíthatóságát. Ekkor az irányíthatatlanná válás egy lehetséges módja lehetett az, hogy először a szárnynak a törzsen elhelyezett bekötőfülei különültek el a törzshéjtól. Ez együtt járt a jobboldali törzshéj darabos törésével, ez pedig a műanyagyszerkezetekre jellemző módon tenyérnyi-füzetnagyságú darabokban történt, melyeknek törési felülete borotvaéles. Az ezektől a daraboktól elszennvedett sérülések orvosi vélemény szerint eszméletvesztést, de akár halált is okozhattak. Itt keletkezhetett az utas hasfalának kinyílása és a béltraktusból egy 2,50 méteres szakasz elkülönülése. Ugyanilyen okból keletkeztek vágások a pilóta testfelületén is.

A repülőgép további, 100-135 méteres szakaszon történt továbbrepülése tehát feltételezhetően irányítatlan mozgás volt. E mozgás közben a törésfelület terjeszkedése folyt le, ezért a törzs csavarodása következtében kinyílt a kabintető, levált a törzsről és a vízszintes vezérsíkba ütközött. Ennek nyomát a Vb. megtalálta több plexidarabon, a vezérsík piros festékének felkenődése formájában. Miután a bekötőfülek rögzítőképessége megszűnt, a teljes jobbszárny terhelése lenyírta a törzsről a balszárny főtartóvég fülét. Ezért a jobb szárny a bal bekötőfül csapszege, mint forgáspont körül felfelé kezdett emelkedni, felemelte a kabin padlóját a botkormány csomópontjával együtt. (5. ábra.) Az ábrából világosan kitűnik, hogy a jobb szárny ilyen mozgása közben roncsolja a bennülők lábait, és a padlószerkezetet a botkormány-csomóponttal, valamint az ülésekkel együtt felemeli. Emiatt a padlóhoz erősített botkormány-csomópont is emelkedett, amely mozdulat a magassági kormányrudazatot meghúzta, emiatt a kormánylap felfelé ütközésig kitért. Ezzel egyidőben a jobb szárny főtartó ragasztása a szárnyhéjtól elvált, de a segéd tartó-bekötés nem. Ezért a jobbszárny állásszöge abnormálisan megnőtt és orsózó nyomatókat adott. Ezt szemlélteti az 5. ábra.

Amennyiben az eset e feltételezés szerint ment végbe, úgy a jobb szárny elválását a két fél-szárny egymáshoz viszonyított elcsavarodása idézte elő. A görbe vonalú pálya mentén gyorsuló mozgás hatására a két félszárny

egymáshoz viszonyított elcsavarodása nőtt, és az elválást végső soron a visszafordíthatatlan szárny-divergencia okozta.

d) A repülőgép egy radikális manőver során vált irányíthatatlanná.

A vizsgálat során a gyártó úgy nyilatkozott, hogy az irányíthatatlanná válás okának azt a körülményt tekinti, miszerint a légijármű túllépte a megengedett sebességi és döntési viszonyokat. A Vb ezt a lehetőséget nem zárja ki, hiszen mind a magassági kormány elvesztése, mind a szárny-héjnak a főtartóról való leválása, mind a főtartó csapszeg leszakadása járhat olyan légerő-változással, mely okozhatja a maximális manőverezési sebesség túllépését, azonban ekkor a korlátozások túllépése nem ok, hanem következmény.

e) Egyéb lehetőségek

Az észrevételek az alábbi eseteleírásokat közölték:

66. számú észrevétel:

Megfontolást érdemel, hogy a roncsból külön fellelt botkormány töben meggörbült, mert ez felveti az utas és a pilóta esetleges ellentétes kormánykezelését.

A Vb szerint azonban ezt okozhatta:

- a kabin belsejében elforduló főtartó csomak, vagy
 - az irányíthatóság visszaszerzéséért küzdő személyzet,
- mindkét esetben igazolva ezzel a légijármű levegőben történt tönkremenetelét.

76. számú észrevétel:

Egy behatoló faág okozta mind a főtartó törését, mind a csűrő rudazat deformációját, mind a pilóta kirepülését.

A Vb szerint azonban:

- sem a döfés nyomai nem voltak azonosíthatóak a fent felsorolt alkatrészekben, sem a behatoló faág nem volt azonosítható.

82. számú észrevétel:

Ütközés madárral.

A Vb szerint azonban:

- az ütközésnek nyoma nem maradt, ezért a Vb nem tekinti az eset illetlen lefolyását valószínűsíthetőnek.

101. számú észrevétel:

A magassági kormány leszakadását szűk bukfenck követte, majd háthelyzetben levált a szárny.

A Vb szerint azonban:

- háthelyzetben nem indokolt egy ép szárny talp irányú leszakadása,
- a viszonylag magasan levált szárny a roncsba viszonylag közel csapódott be.

A Vb úgy tekinti, hogy mind a Zárójelentés 2.1.2 fejezet a) – d) pontjai szerinti történések, mind az észrevételekben megfogalmazott eseteleírások egyes részletei vitathatóak és elismeri, hogy további, egymástól részleteiben különböző leírások konstruálhatók. A Vb mégis úgy véli, hogy a szakmai vizsgálat alapkérdései, azaz a MI, HOGYAN és MIÉRT történt kérdésekre adott válaszok (lásd 2. Elemzés fejezet bevezető bekezdései) jelen vizsgálat tükrében, érdemben nem különbözhetnek.

Mivel a HOGYAN alapkérdés tekintetében a ZJT feltételezéseket tartalmaz, ezért különösen fontosak a Vb számára a 65. és 75. számú észrevételek, melyek az alapvető megállapítás valószínűségét rendkívül megerősítik, lásd: **2.1.3 A görbe vonalú pálya.**

2.1.3 A görbe vonalú pálya

Ezzel kapcsolatban a Vb elfogadja a szemtanú nyilatkozatát, aki hivatása szerint erdész és többek között madarak megfigyelésével foglalkozik. Eszerint:

“20:15 körül a hangárnyiladék keleti végénél álltam, ahová vadászat céljából mentem....egy kis idővel szintén északkelet felől megláttam a repülőgépet, amely becslésem szerint déli irányba repült (valójában 154° -on - a Vb megjegyzése) viszonylag kis sebességgel.

Elmondom, hogy repülése közben azt láttam, hogy kicsit megsüllyed a repülőgép (ez néhány méter lehetett megítélésem szerint). A megsüllyedés után ugyanabba az irányba folytatta a vízszintes repülést. Amikor tőlem pont keleti irányban volt akkor a következőket észleltem: a repülőgép hirtelen felemelte az orrát, miközben láttam, hogy a felém eső szárny többől felhajlik, de csak ebbe az irányba látszott deformálódás, hátrafelé nem (a felhajlás mértéke elég jelentős volt, kb. 15° - 30°). Ez után gyakorlatilag hátrahanyatlott enyhén kelet felé, miközben háthelyzetbe került és az iránya ellentétesre változott. A magasságkülönbség a vízszintes repülés és a felső holtponthelyzet között nem volt jelentős, kb. maximum 15-20 méter volt. A felső holtponthelyzetben a repülőgép általam becsült magassága öt-hatszorosa a magasság volt. Ebben a holtponthelyzetben egy nagyobb darabot láttam lehullani a repülőgépről. Innen kezdett el zuhanni, miközben a szárny bedöntésből újra vízszintes helyzetbe került, ebben a pozícióban zuhant tovább, kb. 45 - 60° -os szögben észak felé, az én pozícióból nézve egyenes vonalban.”

A helyszíni szemle alkalmával - a helyszínt összevetve a szemtanú vallomásával – szembejövő, hogy az esemény helye egy fiatal, mintegy 12 méter magasságú, 10 – 12 centiméter törzsvastagságú akácerdő, ahol a tövek egymástól 1,00 méter, a sorok 2,70 méter távolságban vannak. A fiatal fák ágsarjai mintegy 1,20 méter magasságban kezdődnek és sűrű lombzatot alkotnak egészen a fakoronák csúcsáig. A helyszín vizsgálata során a szemlebizottság 155° -os irányú egyenes mentén – amelyen a repülőgép repülhetett – egészen a becsapódás helyéig talált repülőgépből kiszóródott tárgyakat. A 6. ábra M=1: 750 arányban rögzítette a tárgyak helyét. A szemtanú által felvetett „nagyobb darab” az 5 – 9 tárgyak bármelyike lehetett. A szemtanú által készített vázlat (a légijármű pályája oldalnézetben, 1. ábra) alapján mértékhelyesen megrajzolva a repülőgép pályájának felülnézetét (6. ábra) összehasonlíthatóvá válik a két vázlat és az egyes pontok egymással fedésbe hozhatók – igazolva ezzel a repülőgép pályájáról tett feltevéseket.

A 65. számú észrevételében a gyártó kijelenti:

„A ZJT az 1-es számú ábrán feltűntette a repülési pálya rajzát. ENNEK A MANŐVERNEK A VÉGREHAJTÁSA REPÜLÉSMECHNIKAILAG A CORVUS CORONE MK II TÍPUSSAL KÉPTELENSÉG”. ... Ilyen manőver végrehajtásának kivitelezése is képtelenség bármely ember vezette repülőeszközzel”.

A Vb elfogadja azt az észrevételt, miszerint ennek a manővernek a végrehajtása ember vezette ép repülőeszközzel repülésmechanikai képtelenség. Nem képtelenség viszont, ha **a repülőgép a levegőben ment tönkre**, és feltételezhető, hogy

- a) vagy a szárnyfelült vált le fokozatosan ,
- b) vagy a magassági kormány szakadt le,
- c) vagy a szárny bekötő fül szakadt le.

Ha a fentiek egyike valósult meg, akkor

- a) vagy a szárnyon ébredő légerők tekintetében történhetett olyan érdemi változás, mely a manővert létrehozhatta,
- b) vagy a magassági kormányát vesztett és konstrukciója folytán instabilis légijármű (lásd: ZJT LTF-UL 173) kormányzatlan mozgása következett be,
- c) vagy a bekötő vasalás leszakadása folytán lecsavarodó szárny hozhatta létre az észrevételben elemzett mozgást.

A 75. számú észrevétel szerint „ilyen manőver ... olyan jelentős túlterhelés mellett lehetséges, ahol a repülőgépnak a levegőben darabokra kellett volna hullani.” Tény, hogy a légijármű valóban darabokra hullott.

A Vb a fenti két észrevételt a „HOGYAN történt” alapkérdésre adott válasz megerősítésének tekinti (lásd **2. Elemzés** fejezet bevezető bekezdései).

2.2 A baleset lehetséges okai

2.2.1 Műszaki okok

A típusdokumentáció szerint a légijárművet a Német Légügyi Hatóság által jóváhagyott és a DULV által kiadott előírás alapján tervezték meg. A Vb ezt az előírást pontról-pontra összevetve mind a típusalkalmassági dokumentációval, mind a vizsgálat során tapasztaltakkal az alábbi megállapításokat teszi (a dőlt betűk az előírást idézik, az álló betűk a Vb megállapításait).

LTF-UL 1 Alkalmazhatóság

Ezeket az előírásokat azokra az aerodinamikailag kormányzott ultrakönnyű repülőgépekre kell alkalmazni,

1. *melyek felszálló tömege*
 - a. *egy ülésel nem több, mint 300 kg, melyhez hozzáadódik a mentőkészülék tömege,*
 - b. *két ülésel nem több, mint 450 kg, melyhez hozzáadódik a mentőkészülék tömege,*
2. *melyek V_{SO} legkisebb sebessége nem haladja meg a 65 km/h sebességet.*

A mentőkészülék tömegét általánként maximum 22,5 kg-mal lehet figyelembe venni.

Az **LTF-U 1** szabály 1. pontja kapcsán:

Az **1.6.5 Terhelési adatok** fejezet a) pontja szerint a repülőgép felszálló tömege a baleset idején a Repülési kézikönyv és az aktuális tömegadatok szerint meghaladta a gyártó által betervezett 472,5 kg felszálló tömeget. Nemcsak arról van szó azonban, hogy bizonyos korlátozások egy adott esetben nem teljesültek; a tömegkorlátozásokat a típus tekintetében, általában sem lehet érdemben teljesíteni.

Ahhoz ugyanis, hogy egy MK II típusú légijármű szabályosan felszállhasson, az alábbi összetevők tömegével kell számolni:

- üres tömeg (a mentőberendezéssel) Repülési kézikönyv szerint: 295 kg,
- ülésterhelés az LTF-UL 25, 2. pont szerint: 170 kg,
- nem kifogyasztható üzemanyag Repülési kézikönyv szerint 7 kg,
- egy fél óra repülésre alkalmas tüzelőanyag mennyiség maximális tartós motorteljesítmény mellett (becsült érték): 5 kg.

A mindösszesen 475 kg már túllépi a tervezhető maximális tömeget (472,5 kg), azonban fontosabb ennél, hogy nem marad hely

- sem a minimálisan kötelező és fél óra repülésre elegendő tüzelőanyag,
- sem az egyéb, nem rögzített felszerelések,
- sem bármilyen sport vagy egyéb célú repüléshez szükséges tüzelőanyag

számára. Ezt a gondot kíséri meg feloldani a Repülési kézikönyv **Ismertető (H6.1)** pontja, miszerint:

„A repülőgép terhelésekor csak a maximális felszálló súlyra kell különös tekintettel lenni”.

A gyártó ezzel az üzemeltetőt arra ösztönzi, hogy az ülésterhelésből engedhet a tüzelőanyag és egyéb, nem rögzített felszerelések javára, és viszont. Szóbeli konzultáció során a gyártó a H6.1 szabályt úgy értelmezte, hogy a maximális felszálló tömeg az üres tömeg változtathatatlansága miatt

- a tüzelőanyag mennyisége,
- az egyéb, nem rögzített felszerelés, valamint
- az ülésterhelés között

létesítendő alkalmas kompromisszum eredménye. Ennek megvalósítása a maximális felszálló tömeg nagyságának betartásával - akárcsak a Repülési kézikönyvben felsorolt egyéb feladatok tekintetében - a pilóta dolga. A lehetőségeket elemezve a Vb arra a következtetésre jutott, hogy alkalmas kompromisszum gyakorlatilag nem létezik, ezért megállapítja, hogy

a légijármű érdemben kétszemélyes repülésre alkalmatlan volt.

Ugyanez a megállapítás vonatkozik valamennyi MK II típusú légijárműre.

A Vb-nek tudomása van az alábbiakról.

Maga a gyártó is repült a géppel a fent említett „kompromisszum” megléte nélkül, lásd 102. számú észrevétel.

A gyártó főpilótája az MK II típus esetében csak szóló repülést engedélyezett, lásd 100. számú észrevétel.

A balesetet megelőző üzemi berepülés jegyzőkönyve 600 kg felszálló tömeggel számol.

Az MK II típusnak egy a baleset után három hónap elteltét követően, a hatósági berepülés jegyzőkönyve az alábbi adatokat tartalmazza:

üres súly:	295 kg
tüza. súly:	40 kg
felszerelések súlya:	80 kg,
felszálló súly:	415 kg.

Egy ezt követő hatósági berepülés adatai a berepülés jegyzőkönyve szerint:

üres súly:	300 kg,
tüza. súly:	50 kg
felszerelések súlya:	80 kg
felszálló súly:	430 kg

Jelen Zárójelentés 7/6 mellékletének **1. A repülőgép túlterhelése** pontjában az észrevételező azt gyanítja, hogy a balesetet szenvedett gép üres tömege legalább 320 kg volt. Az eseményvizsgálat áttekintése c) bekezdés 4. számú megbeszélés során a gyártó telephelyén mód lett volna a prototípusként tárolt MK II légijárművek tömegadatainak áttekintésére, azonban ettől a gyártó elzárkózott.

A fentiekből az alábbi körülmények látszanak kirajzolódni:

- Az UL légijármű-kategória és a reá vonatkozó LTF-UL korlátozások nem voltak betartva.
- Mind a korábban említett „alkalmas kompromisszum”, mind az üzemelés gyakorlati példái azt mutatják, hogy a légijármű érdemben csak szóló repülésre alkalmas. A Vb úgy véli, a légijármű kétszemélyes eszközként nyert típusalkalmasságot, ezért az erre vonatkozó feltételeket kell teljesítenie akkor is, ha szóló módban használják. Az **LTF-UL 1 1. a.** feltétel tehát érdemben nem teljesül, a szóló légijárműre vonatkozó **LTF-UL 1 1. b.** tömegkorlátozás pedig egyáltalán nem.

Az **LTF-UL 1** szabály 2. pontja kapcsán:

Hasonló gondot jelent a 65 km/h átesési sebesség betartása, mert:

- a gyártó által végeztetett berepülés jegyzőkönyvéből vett, átlagolt értékek alapján az MK I átesési sebessége $V_{SMKI} = 80$ km/h körüli,
- elfogadja a 17. számú észrevételt, mely kijelenti, miszerint „azon geometriai méretekben, melyek a hosszstabilitással kapcsolatosak, az MK II nem tért el az MK I-től”,
- elfogadja a 90. számú észrevételt is, miszerint a típuscsalád (vagyis a két típus együtt) minden egyes tagja azonos szerkezeti anyagú, méretű és rendeltetésű volt.

Ezeket figyelembe véve az MK II átesési sebessége hozzávetőlegesen:

$$V_{SMKII} = (MTOM_{MKII}/MTOM_{MKI})^{1/2} V_{SMKI} = (472,5/560)^{1/2} 80 \text{ km/h} = 73 \text{ km/h}.$$

Sajátos az a körülmény, hogy a Típusdokumentáció nem tartalmaz olyan jegyzőkönyvet, mely a fenti szabály által előírt 65 km/h minimális sebességet hitelesen tanúsítaná – a berepülő pilóta által mért, a megkövetelt normalizálási feltételekre szakember által átszámított adat révén.

LTF-UL 25 Tömeghatárok. Legnagyobb tömeg

A legnagyobb tömeget úgy kell megállapítani, hogy az

1. ne legyen nagyobb, mint

- a. a kérvényező által javasolt legnagyobb tömeg,*
- b. az a legnagyobb tömeg, melyre a szilárdság bizonyítása megtörtént.*

Sem az 1.a., sem az 1.b. feltétel a vizsgált repülés során nem teljesült, lásd még LTF-UL 1. 1.

LTF-UL 49 Átesési sebesség

Lásd LTF-UL 1.

LTF-UL 173 Statikus hosszstabilitás

A súlyponthelyzet, a fékszárny-állás és a motor üzemmód minden kombinációjában a kormányerő-sebesség és a kormányhelyzet-sebesség

diagramok meredekségének a teljes sebességtartomány mentén pozitívnak kell lennie.

A berepülő pilóta a tapasztalatairól a főmérnök által láttamozott dokumentumon (mellékelve) így nyilatkozik:

“Elengedett kormányval a kitrimmelt repülőgép külső zavarásra vagy gyorsul, vagy az átesésig veszít sebességéből és igényli a pilóta közbeavatkozását”.

Ebből következik, hogy az LTF-UL 173 által megkövetelt meredekség a berepülés idején nem volt pozitív, azaz a légijármű instabilis volt. A berepülő pilóta a teendőket is megfogalmazta:

“A ...stabilitás a súlypont előrébb helyezésével javulhat, de a végleges megoldás csak a törzs hosszának növelésétől (azaz az MK I alapadataihoz való visszatéréstől) várható.”

A Vb nem tud arról, hogy a balesetet megelőzően a repülőgépen a fenti tanácsot megfogadó érdemi szerkezeti változtatás történt volna. A 18. számú észrevétel szerint mind a gyártó, mind az NKH LI stabilisnak ítélte ugyanezt a repülőgépet. Az Ad 18 állásfoglalás viszont idézi a közlekedési balesetben elhunyt személy hozzátartozója által tett észrevételt. (lásd: **5. Mellékletek**, 7/6. Észrevételek és Állásfoglalások) Ezen észrevételnek az *Elevator control system* ábrája szerint az MK II esetében a kormányerő-sebesség diagram iránt támasztott követelménynek a botkormány egy beépített rugó-pár révén tesz eleget. A Vb úgy tudja, hogy ez a műszaki megoldás tipikusan az instabilis repülőgépekre kerül annak érdekében, hogy a pilóta számára a megszokott kormányhelyzet-gradienst biztosítsa.

A törzs hosszának kritikus volta minden egyes a Corvus Aircraft Kft. által készített repülőgépet érint.

LTF-UL 181 Dinamikus stabilitás

Az átesési sebesség és a V_{DF} között fellépő rövid periódusú rezgéseknek

1. *elengedett és*
2. *fogott kormányval*

egyaránt, erősen csillapodniuk kell.

Mivel a dinamikus stabilitásnak szükséges feltétele a statikus stabilitás, ezzel szemben a légijármű statikusan nem stabilis, ezért kijelenthető, hogy az **LTF-UL 173** nem-teljesülése folytán nem teljesül az **LTF-UL 181** sem.

LTF-UL 307 A szerkezeti anyagok szilárdsági tulajdonságai és számolt értékek

1. *A felhasznált szerkezeti anyagok szilárdsági tulajdonságait elegendő kísérlettel kell alátámasztani, hogy statisztikai alapon állapíthassuk meg a számolt értékeket.*
2. *A számolt értékeket úgy kell meghatározni, hogy valamely tartó szerkezeti elem nem megfelelő szilárdságának valószínűsége az anyag által meghatározott szórás következtében igen csekély legyen.*
3. *Ha a normál üzemi körülmények között egy tartó szerkezeti elemben vagy szilárd illesztésben elért hőmérséklet jelentősen befolyásolja a szilárdságot, akkor ezt a befolyást tekintetbe kell venni.*

- a) A sárkány alapanyaga.

A főtartó szilárdsági méretezését mutatja be a Típusdokumentáció III. fejezet 8. és 9. oldala. A “Főtartó profil” megnevezésű táblázatban látható, hogy a maximális hajlító nyomaték meghatározásához a számítás $\sigma_B =$

1300 MPa értéket vett fel. Ez az érték a kompozitban alkalmazott szénszál szilárdsága.

Kérésre a kecskeméti Gépípari és Automatizálási Műszaki Főiskola mintát vett a főtartóból és a főtartó anyagának szénttartalom arányát figyelembe véve a kompozit szilárdságát $\sigma_B = 256$ MPa nagyságúra becsülte.

A Típusdokumentációban számított "j" biztonsági tényezőnek tehát nincs köze a valóságoshoz; a tartó szilárdsága a Típusdokumentációban közölt számítás alapján nem becsülhető. A szárnyon elvégzett terhelési próba (lásd LTF-UL 305) tekinthető lenne az 1. pontban előírtak teljesítésének, azonban egyetlen sikeres teszt zajlott, ez pedig statisztikai következtetések tekintetében (2. pont) nem elegendő.

A 9. számú észrevétel tájékoztat arról, miszerint

„a Corvus Aircraft Kft. mérnökei elkészítettek egy olyan terhelő padot, amelynek mérései igazolták az előzetes számításokat és terheléspróbákat.”

Bár ez az észrevétel egy olyan körülményt nevez meg, mely a balesetet követően jött létre, a Vb mégis megvalósíthatónak véli, miszerint a prototípuson vagy a roncs egy darabján utólagosan végzett ciklikus terhelések révén az LTF-UL 307 1. pontja által támasztott valószínűségi követelmény teljesülése vizsgálható lenne. A Vb effajta vizsgálatról nem tud.

b) A ragasztóként használt anyag

A szárnyhéj és a főtartó övlemezének összeragasztásához a gyár a 3M néven ismert holland cég által gyártott EC-3524 B/A anyagot alkalmazta. A baleset következtében feltárult a szárnyak belső tere és láthatóvá vált, amint a ragasztásra felhordott anyag levált a szárnyhéj belső felületéről illetve helyenként a főtartó övlemezéről (7. ábra).

A Vb a 3M cégtől a ragasztóanyagként történő alkalmazás tekintetében véleményt kért és kapott, miszerint:

„A 3M cég az EC 3524 B/A keveréket az alábbi alkalmazásokhoz javasolja:

1. méhsejt panel mag helyi megerősítésére,
2. eltömítő keverékként szendvicsszerkezet élének lezárására (méhsejt panel szélének lezárása)

A 3M nem javasolja az EC 3524 B/A keveréket ragasztásos kötés céljára, mivel az kimondottan szendvics-szerkezetekhez lett kifejlesztve. A szendvics-szerkezetre és a ragasztásos kötésre ható tipikus terhelések teljesen különbözőek.”

A gyártó 69. számú észrevételében bemutatja azt a vizsgálatot, melyet a Budapesti Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar Polimertechnikai Tanszékétől kért. A vizsgálati jegyzőkönyv táblázatokat tartalmaz, melyekből látszik, hogy a ragasztónak használt anyag szakítóereje harmada-negyede a hagyományosénak.

LTF-UL 303: Biztonsági tényező

1. Biztonsági tényezőként 1,5-öt kell használni, ha nincs más érték megadva.
2. A biztonsági tényezőt egy biztonsági szorzószámmal kell megszorozni, ha
 - a. egyes részek szilárdsága bizonytalan,

- b. a kicserélés előtt az idő folyamán a szilárdság csökkenésére kell számítani,
- vagy
- c. nem állnak rendelkezésre pontos szilárdsági adatok az ismeretlen gyártási és vizsgálati módszerek miatt. Ezen pótlólagos biztonsági szorzószám nagyságát, ha nincs ezzel kapcsolatban külön követelés, a típushoz külön kell megállapítani. Adott esetben meg kell adni a cserére szoruló alkatrészek csereidejét.
- d. Különösen a következő esetekben kell a (táblázatban) megadott biztonsági szorzószámot alkalmazni:
- lyukpalástra, ha játéka van,
 - rezgésnek vagy ütésnek van kitéve,
 - kormánycsuklók lyukpalástjára,
 - botkormányok csuklóira, kormány sodronyok végződéseinek burkolatára.

Innen ajánlások következnek biztonsági számok felvételére.

A Típusdokumentáció III. fejezet 81. oldala a főmérnök véleményét tartalmazza, aki szerint "numerikus kalkulációval képtelenség a ragasztott kötések vizsgálata.". Ugyanezt a kérdést veti még fel LTF-UL 601 (lásd: alant): bizonytalan esetben kísérleteket kell végezni (lásd 11. ábra.). A Típusdokumentáció IV. fejezet ad számot a ragasztott elemek terhelési kísérleteiről, azonban a Vb úgy tapasztalta, hogy a teherviselő fülek, és a kormányfelületek csapágyazására szolgáló szerelvények esetében nem került sor az LTF-UL 303 által előírtak (biztonsági számok, illetve csereidők) alkalmazására, holott a bizonytalansággal kapcsolatban maga a gyártó adta a fenti nyilatkozatot.

Ebben a tekintetben figyelmet érdemel a 2.1.2 b) irányíthatatlanná válás (a magassági kormány kiszakadása), melynek esetében az 1,5 nagyságú biztonsági tényező mellett egy 4,44 nagyságú biztonsági szorzószám maradt figyelmen kívül.

LTF-UL 305 Szilárdság és alakváltozás

- a) A teherviselő elemeknek alkalmasnak kell lenniük arra, hogy a terhelést biztonságosan vegyék fel anélkül, hogy maradandó alakváltozások lépnének fel.

A szárny szilárdsági számításait a Típusdokumentáció tartalmazza. A számítás kizárólag hajlításra méretez, melyhez a méretező az LTF-UL 307 a) pont szerinti szakítószilárdsággal számol – többszörös hibát követve el ezzel. A szárny csavarásra történő méretezése nem történt meg, sőt, a terhelési próba sem vette tekintetbe a csavaró igénybevételt. Szilárdsági számítás és terhelési próba híján a berepülés adhatott volna tájékoztatást a csavaró igénybevétel felvételéről, azonban a Vb a Típusdokumentációban nem talált számszerű utalást a V_D mért, hiteles értékére.

A vizsgált gép típusa az eredeti típushoz képest számos olyan könnyítést jelentett, mely a szerkezet szilárdságával és merevségével kapcsolatban egy sor kételyt támasztott. A kételyek elosztatására egy alapos terhelési próba adott volna lehetőséget. Mivel a változtatások érintették mind a törzset, mind a szárnyat, ezért erre a teljes szerkezet terhelési próbája adhatott volna lehetőséget. E két fődarab egymásra hatása tekintetében

- a szárnyból kihagyott többorda,
- a törzsből kihagyott, a főtartókat megvezető "cső",
- az elhagyott törzsmerevítések, valamint
- a szárnytartókat a törzshöz illesztő csapok helyzete és felerősítése

volt mérvadó. **Ezek egymásra gyakorolt kölcsönhatását kellett volna vizsgálni, azonban ez nem történt meg.** A 9. ábrán látszik, hogy a próba során a törzset külön erre a célra létrehozott acél keret-szerkezet modellezte. Ez a körülmény jogosította fel a Vb-t a 2.2.2.c) feltételezésre, miszerint - **korrekt szilárdsági számítás és megbízható terhelési próba hiányában - a gép üzemszerű terhelés közben is tönkremehetett.**

A terhelési kísérlet problémája kapcsán a gyártó megküldte a 22. számú észrevételét, melynek 10/b számú ábrája hivatott arra, hogy igazolja; megtörtént a kölcsönhatás vizsgálata. Az ábrával kapcsolatban a Vb kénytelen megállapítani, hogy a terhelte légijármű megtámasztása a szárny tövében ismét arról gondoskodik, hogy a legjelentősebb könnyítések a vizsgálatból mintegy „kikapcsolja”.

Ugyanezen észrevétel állítja, hogy „mivel a szerkezet maradé deformáció nélkül volt képes elviselni a terhelést, így annak megbízhatósága nem kérdőjelezhető meg”. A Vb ezt a gondolatot súlyos tévedésnek minősíti. A megbízhatóság ugyanis megköveteli, hogy a vizsgált légijármű-elem egyetlen kritikus terhelés elviselésén túl egy sor egyéb feltételnek is megfeleljen, mint például: élettartam (kifáradás: lásd LFT-UL 627, besorolás: lásd LTF-UL 1529), stabilitás („hullámosodás, összerogyás”: lásd 58. számú észrevétel) és az üzemeltetés egyéb feltételei tekintetében is (lásd LTF-UL 605 a): A kísérleti üzem szerepe) megbízható legyen.

- b) *A fellépő alakváltozások nem befolyásolhatják a biztonságos üzemelést. Ez különösen érvényes a kormányzásokra.*

A terhelési próba során a szárny lehajlása többszörösen meghaladta a hasonló méretű és felépítésű UL légijárművek terhelési próbáin mért lehajlásokat. A lehajlás még tovább növekedett volna, ha a törzs hatásának vizsgálatára is sor került volna. Mivel ez a növekmény a tartó befogásának (a szárny-tőnek) a hatása, ezért a szárnyvég elmozdulása nagyságrendben növekedett volna. Az MK II egyik üzemi ellenőrző repülése során a csűrő megszorult. A fentiek folytán a megszorulás oka valószínűleg a merevség hiánya volt, azonban a főmérnök tájékoztatása szerint a szerelő a szorulást egy csapágy-igazítás révén elhárította. A szárny merevségének növelése nem történt meg, ennél fogva a nagy lehajlások az alkalmatlan ragasztóanyaggal és a koncentrált-erők bevezetésének helytelen technológiájával (lásd: LTF-UL 605 c)) a folyamatos tönkremenetel lehetőségét megteremtették. Ez jogosította fel a Vb-t a 2.2.2.a) feltételezés megtételére (folyamatos tönkremenetel).

A kormányrudazat megszorulása kapcsán a gyártó megküldte a 22. számú észrevételét, melynek 10/a és 10/b ábrái hivatottak a kormányrúd akadástmentes mozgathatóságát igazolni. A 10/a számú ábra nem szól a tolórúd mozgathatóságáról, a 10 /b ábra még kevésbé. A két ábra egyike sem eleme a típusdokumentációnak, így a Vb-nek nem állt módjában megállapítani,

- készült-e jegyzőkönyv, melynek ezek az ábrák hiteles részei,
- mértek-e szárnyvég lehajlást, ha igen, értékelték-e,
- volt-e tolórúd a szárnyban és vizsgálták-e annak terhelés alatt történő mozgathatóságát.

Egyik próba sem modellezte sem csavaró igénybevételt, sem a törzs-szárny kölcsönhatását (10/b: a szárnytő alátámasztva!), ezért **a Vb e próbákat sem a szilárdság, sem az alakváltozás ellenőrzése tekintetében nem tekinti elfogadhatónak.**

A szárny tönkremenetele kapcsán a gyártó 14. számú észrevétele állítja, hogy a szárnyhéj és a főtartó elválását a szárny belépő élét érő rendkívül nagy erőhatás okozta becsapódáskor. A Vb szerint viszont ennél jelentősen nagyobb valószínűséggel játszhatott szerepet a szárny keresztmetszetének inhomogén volta.

A főtartó inhomogenitásának problémáját veti fel a BMGE szakvélemény (2. sz. melléklet). A szakvélemény **2. Megállapítások** fejezetének 2.3. pontja megállapítja, hogy a gerinc és az övek anyagának nagyságrendekkel eltérő rugalmassági modulusa terheléskor a ragasztási felzínek mentén maradó belső feszültségeket eredményezhet és hozzájárulhat a két elem egymástól való elválásához.

A keresztmetszet inhomogenitásának tekintetében a Vb szerint feltétlenül figyelmet érdemel a ragasztóként alkalmazott anyag 3-6 mm vastagsága is. Ebben a vastagságban ugyanis a ragasztónak szánt anyag a keresztmetszet teherviselő eleme, ugyanakkor - a 7. Észrevételek és Állásfoglalások 7/2 számú melléklete (Polimertechnika Tanszék) szerint - szilárdsága nem éri el a szárnyhéj szilárdságának egyharmadát sem. Mivel a ragasztónak szánt réteg a keresztmetszetnek hajlítás és csavarás tekintetében kritikus helyén van (a főtartó övek magasságában, vagyis a hajlítás tengelyétől valamint a csavarás középpontjától távol), ezért teherviselő szerepe döntő lehet.

Inhomogén keresztmetszetű tartó (vagyis a szárny) szilárdságát kizárólag az alakváltozások figyelembe vételével lehetséges vizsgálni. Ehhez azonban szükséges a keresztmetszetet alkotó anyagok, köztük a ragasztónak szánt anyag rugalmassági jellemzőinek ismerete is. Ezek meghatározására kísérlet sem történt, ennél fogva a ragasztónak szánt anyag igénybevétele és megbízhatósága kapcsán minőségi becslések sem fogalmazhatók meg.

A biztonságos üzemelést befolyásolhatta a kabintető gyakori kinyílása, melyet a törzs kellő csavaró-merevsége hiányának kell tulajdonítani.

LTF-UL 341 Széllökés okozta terhelési többszörös

A biztonsági szorzószám alkalmazása nem történt meg.

LTF-UL 361 A motortartó bak terhelése

1. *A motortartó bak és felfüggesztése a következő feltételeknek feleljen meg:*

a. *A biztonságos légcsavar forgatónyomatéknak ...a túlterhelések (felvétel, széllökés) 75%-ának egyidejű hatása mellett.*

b. ..., c. ...

2. *a közepes forgatónyomatékot a következő táblázatból vett szorzóval kell megszorozni: ...*

A Típusdokumentáció csak a felvételtől származó túlterhelésekre méretez, a motor forgatónyomatékára nem. (Típusdokumentáció III. fejezet 73-80 old.)

LTF-UL 397 A pilóta által kifejtett erők

Minden ... kormányberendezést, valamint a rögzítő és támasztási pontokat az ütközőket is beleértve a biztonságos terheléseknek megfelelően kell méretezni.

A rögzítő és támasztó pontokat, valamint az ütközőket a Típusdokumentáció nem méretezi.

Mind a motortartó bakkal, mind a pilóta által kifejtett erővel kapcsolatos számítás és vizsgálat a gyártó 24. számú észrevétele alapján, a gyártó telephelyén található. A Vb vitathatónak véli a típusalkalmassági feltételeknek történő megfeleltetés igazolásának effajta csoportosítását.

LTF-UL 425 Széllökés okozta terhelések

... a vízszintes farokfelületre ható erőket a következő képlet szerint kell kiszámítani:

A magassági kormánylap tekintetében a biztonsági szorzószám figyelembe vétele elmaradt. A számítás hiányzik az oldalkormány és a csűrő viszonylatában is: LTF-UL 441, 443, 455.

LTF-UL 561: Általános tudnivalók (kényszerleszállási feltételekre)

1. ...
2. *A teherviselő elemet úgy kell méretezni, hogy töréses leszállás esetén a bekötő hevedert megfelelően használva valamennyi utasnak jó esélye legyen arra, hogy ne sérüljön meg súlyosan.*

Feltételek: törési gyorsulások felfelé, előre, oldalra, lefelé itt felsorolva.

3. *Az üzemanyag-tartályoknak is ellent kell állniuk a fenti terheléseknek*

Az itt javasolt méretezés tehetetlenségi erőkire nem történt meg sem az utasok, sem a tartályok tekintetében. A fenti LTF-UL 561 2. pont teljesülése, ennél fogva megkérdőjelezhető.

LTF-UL 601 Általános tudnivalók (a kialakítás és a szerkezeti kivétel tekintetében)

Kísérletekkel kell alátámasztani azoknak az alkatrészeknek a szilárdságát, amelyek jelentős befolyást gyakorolnak az üzembiztonságra, és amelyek vonatkozásában nem lehet egyszerű számításokat végezni.

Az LTF-UL 305 kapcsán felvetettek erre a szabályra is érvényesek, azaz üzembiztonság tekintetében a szárny-törzs csatlakozását biztosító alkatrészek vizsgálata az LFT-UL 601 által támasztott követelmény tekintetében is hiányt szenved (a kölcsönhatás vizsgálata nem elfogadható).

LTF-UL 605 Gyártási eljárás

A gyártási eljárásoknak folyamatosan kifogástalanul szilárd szerkezeteket kell eredményezniük, amelyek az eredeti szilárdság megőrzése tekintetében a normális körülmények közt elvárható üzemi feltételek mellett megbízhatóak. A nem hagyományos gyártási eljárásokat megfelelő kísérletekkel kell alátámasztani.

- a) A kísérleti üzem szerepe

Bár közforgalmi repülőgépek építésében az ún. "prepreg technológia" alkalmazása ma már tekinthető hagyományosnak, a Corvus Corone MK II tekintetében ez a technológia távol állt a hagyományostól. A gyár vezető szakemberei egyhangúlag úgy nyilatkoztak, hogy az új technológia a korábbi, a "kézi nedves impregnálást" váltotta fel. Indokolt lett volna tehát az új gyártási eljárást kísérletekkel alátámasztani, azaz ragaszkodni az új technológiával készült repülőgépek esetében a gyártási engedélyben megfogalmazott kísérleti körülményekhez és ezek során eljutni az eladásra is gyártható típus-

légijárműhöz. Nem ez történt; a baleset idején a balesetet szenvedett légijármű-típus egyetlen példányát sem kísérleti üzemre jogosultak repülték, mert – a HgCAA-P-001 számú Jóváhagyási bizonyítvány alapján (lásd: 1.17. Az érintett szervezetek jellemzése) minden egyes megépült légijármű-darab eladásra került.

Különösen fontos lett volna a kísérleti üzemi feltételek betartása az alábbiak miatt:

- A balesetet szenvedett repülőgép pilótája panaszkodott, hogy repülés közben a szárny recseg. Ez a hang figyelmeztethetett volna arra, hogy olyan szilárd szerkezet született, amely "az eredeti szilárdság megőrzése tekintetében a normális körülmények közt elvárható üzemi feltételek mellett" nem megbízható. A hang eredetéről érdemi információ mindmáig nem áll rendelkezésre.
- Az új technológia rendkívüli technológiai fegyelmet követel, melynek minimuma a pormentesség, a hőmérséklet szabályozottsága és az anyagfelhasználás időrendjének dokumentált volta. A gyártást ismertető internet honlap közli a műhely fotóját (10. ábra), melyen a munkát végző dolgozó kézi fúrót használ (megsértve ezzel a pormentesség követelményét), a műhely ajtaján, ablakán nincs jele a légáramlás szabályozottságának (felvetve ezzel egy zsilipelés szükségességét) és a gyárat meglátogató Vb tag az anyagfelhasználás rendjére tett kérdésre sem kapott érdemi választ (okmányolási hiányokat tanúsítva). A Vb úgy véli, hogy e körülmények kialakulásához hozzájárulhatott az a tény, hogy - tudomása szerint - a gyártó által vásárolt nyersanyaghoz a forgalmazó nem adott technológiát.
- A balesetet követően a gyártó szilárdsági vizsgálatot végeztetett (lásd 69. számú észrevétel), mely bebizonyította, hogy a ragasztónak használt anyag szakítóereje harmada-negyede a hagyományosnak, a szerkezeti anyagnak szánt prepreg pedig a hagyományosan laminált anyagoknál jelentősen gyengébb.

A Vb úgy véli, hogy sem a szerkezet által adott figyelmeztető hanghatás (recsegés) eredetének felderítéséig, sem az alkalmazott technológia pontos meghatározásáig a kísérleti üzemi feltételeket nem lett volna szabad átlépni. Éppen a kísérleti üzem révén lehetett volna az LTF-UL 605 szabály szándékának eleget tenni azzal, hogy valóban történnek érdemi kísérletek.

Jelen a) pontra a gyártó megküldte 27. számú észrevételét, melyben az alkalmazott prepreg technológia kapcsán korábbi tapasztalataira hivatkozott. A Vb azonban továbbra is a baleset közvetett forrásának tekinti a hivatalos kísérleti üzem hiányát, azaz hiányolja többek között

- a kísérleti üzemi terv meglétét, annak céljait és szakaszait,
- a kísérleti üzem végrehajtására és felügyeletére jogosítottakat,
- a végrehajtás mérőföldköveit, azaz egyes szakaszokról szóló jelentéseket, valamint a jelentések hivatalos felügyelő személy vagy szervezet által történt jóváhagyását, mint a továbblépés feltételeit.

E hiány egyik fontos következménye, hogy elmaradt az alkatrészek üzemidő szerinti besorolása, lásd még **LTF-UL 1529**.

A Vb továbbra is hiányolja az LTF-UL 605-ben megfogalmazottak teljesülését és nem fogadja el a vonatkozó észrevételt.

b) A megbízhatóság

Normális körülmények közt elvárható üzemi feltételek mellett sem megbízható szerkezetet eredményez az alkalmazott főtartó-gyártás és beépítés. A főtartó öveit alkotó HS 300 gyári jelű karbonszálalás prepeg „E” rugalmassági modulusa kikeményedett állapotban kb. egy nagyságrenddel nagyobb, mint az üvegszálalás prepegéé. Ez az eltérés a tartó terhelésekor a ragasztási felület mentén maradó belső feszültségeket eredményezhet, főleg az övek és a hozzájuk csatlakozó gerinc mentén. Ez is hozzájárulhatott a két elem egymástól való elválásához, ami különösen az U-tartó belső sarkaiban volt várható, és amit a tartó hosszabb szakaszain is meg lehet figyelni (7. ábra). A gerinc és az övek egymástól való elválásuktól kezdve megszűntek együttműködő U-tartóként viselkedni. A Vb feltételezi, hogy a folyamat a becsapódás előtt is lejátszódhatott – elsősorban a szárny hajlékonyságából eredő jelentős, ismétlődő deformációk (fárasztó igénybevétel) miatt (lásd: 2. melléklet, Szakvélemény, 2.3. pont). Ez a lehetőség a 2.2.2.a) feltételezés valószínűségét tovább erősíti. Az inhomogenitás okozta elválások valószínűségét tovább növeli az a körülmény, hogy a szárny keresztmetszetében a jelentős vastagságban felvitt, ragasztónak szánt anyag a keresztmetszet teherviselő része, lásd még **LTF-UL 305 Szilárdság és alakváltozás b)**.

A tartó övei UD karbonszálalásból állnak, a gerinc pedig kereszttezett szálirányú üvegszövetek közé ragasztott kevlár méhsejtszerkezet. A gerincet az övekhez a gerinc üvegszövetének átlapolásával ragasztották, ugyanígy a méhsejtszerkezetet is, bár a kis felület miatt a ragasztás igen megbízhatatlan (lásd: 2. melléklet, Szakvélemény, 2.1. pont). A gerinc borítórétegének ragasztása sem tökéletes, helyenként elvált a magrétegtől (7. ábra).

A szárnyak főtartó és belépőél közötti külső felületén a szendvicsszerkezet külső héján csiszolásnyomok és az ezekre felkent 2 – 8 milliméter vastagságú kikeményedett műanyaggyalvánálás található (8. ábra). A rétegvastagság a csiszolt felület szélein kisebb, a csiszolás középpontja felé nő. **Az eljárás az alkalmazott technológia bizonytalanságát jelzi, az eredmény szilárdsági és súlyeloszlási bizonytalanság.**

A szárny-főtartó/szárnny-héj összeragasztása esetében a nagy rétegvastagság (lásd még: LTF-UL 30 b)) legvalószínűbb oka: a tömegcsökkentésre való törekvés során a főtartó alacsonyabbra adódott, ezt kellett korrigálni. A változó rétegvastagság oka lehet az alsó és felső szárnyhéj összeillesztésének és ragasztásának kezdetleges módszere: az elkészült alsó héjba behelyezik a főtartót, természetesen a kitöltő anyaggal, mint ragasztóval durván bekenve, majd ráhelyezik a felső héjat, és súllyal leterhelik. Ezen kívül ok lehet a hőkezelési hiba is (ez deformációhoz vezet). A főtartó övön és a szárny belső felületén, több helyen látszik a kenés durva helye, vagy éppen az anyag kimaradása (8. ábra).

A megbízhatósági követelmény nem teljesült a koncentrált erők bevezetésének nem szakszerű módja miatt. Emiatt válhatott függetlenné a jobbszárnny a törzstől. Az eseménysor lefolyásában döntő szerepet játszott a főtartó bekötőfelület terhelő koncentrált erő szakszerűtlen bevezetése (11. ábra), amikor is a vasalás talpa alá helyezett vastag ragasztott műanyag terheléselosztó betétjének felülete olyan kicsi, hogy a ragasztás és a törzshéj közt ébredő nyírófeszültség meghaladja a törzshéj nyíróerő-törőszilárdságát. Jól látható az ábrán, hogy a törzshéj a bekötővasalás kontúrját követve nyírta el a törzshéjat. Ugyanezt a gondot veti fel a kormánylapok csuklóinak felerősítése is; **nem szakszerű az erőbevezetése a magassági**

kormánylapnak sem. A koncentrált erők bevezetésének ellenőrzésében súlyos hiányosságot fed fel **LTF-UL 303** (a biztonsági szorzószám elhagyása a terhelési próbához alkalmazott terhelő erő meghatározásakor).

A jelen Zárójelentéshez 2. számú mellékletként csatolt szakvélemény kifogásolja a főtartó U szelvény kialakítását. A konstrukció megbízhatóságát kísérli meg igazolni a gyártó 54. számú észrevétele. A szilárdságtanból ismert tény, hogy "a nyílt szelvényű vékonyfalú rudak ellenállása csavarással szemben igen alacsony". (Sz. D. Ponomarjov: Szilárdsági számítások a gépészetben, II. kötet II fejezet. Műszaki Könyvkiadó 1964). Az észrevételező hivatkozhatna arra, hogy a főtartó a szárnyhéjjal együtt zárt szelvényt alkot, de nem teszi. Hivatkozik viszont arra, hogy az aviatikában szokásos a nyílt szelvényű főtartó alkalmazása, de nem teszi hozzá, hogy a csavaró nyomaték felvételét ilyen esetekben mindig megfelelő sűrűségű bordázat és hozzá csatlakozó torziós orrborítás biztosítja. Ezek nélkül a jelen **Zárójelentés 2.1.2 Az irányíthatatlanná válás** fejezet szárny-lecsavarodásai ellen nincs meg az aviatikában szokásos védelem.

Az alkalmazott konstrukciós megoldások kapcsán a gyártó 58. számú észrevétele egy kompozit vitorlázó repülőgép vízszintes vezérsíkjának főtartóját ábrázolja. E tartó igénybevétele tört része annak, mint amit egy szárny főtartónak kell hordania, mégis látszik, hogy a konstruktőr

- aszimmetrikus C profil helyett I profilt alkalmaz,
- dobozszerkezetre törekszik,
- sűrűn bordáz.

A vizsgált, balesetet szenvedett légijármű konstruktőre mindezt nem tette meg.

A megfelelő sűrűségű bordázat hiánya és a szokatlanul vékony héj miatt a Vb az instabilitás (horpadásra, hullámosodásra való hajlamosság) lehetőségét véli megfontolandónak. A jobb szárny tönkremenetele során létrejött és a törési struktúra konkrét és elszigetelt rongálódásoktól független volta is felveti a szárny-héj stabilitásvesztésének lehetőségét, lásd még, Ad 13. A gyártó sajátos gondolata az, melyet a 60. számú észrevételében felvet. Eszerint a szárny alakhűségét szolgáló gittelés nem biztonsági, hanem gazdasági kérdés. A Vb szerint viszont stabilitásvesztésre hajlamos vékony héj esetén a gittelés horpadást jelent, mely az összeroppanás kiinduló pontja lehet.

Ennél is súlyosabb gondot vet fel a 60. számú gyártói észrevétel, mely kifogásolja a szakértőnek azt a véleményét, mely szerint a szakértő a főtartó gerinc enyhén ívelt alakját technológiai hiányosságok okozataként említi. A szilárdságtan hazai és nemzetközi szakértője ugyanis nem feltételezhette, hogy egy nagy terhelésnek kitett, de rendkívül vékony héjszerkezetet a konstruktőr eleve meggörcsít – előre beépítve ezzel az instabilitás (hullámosodás, majd összeroppanás) lehetőségét.

A 60. számú észrevételnek a megbízhatóság tekintetében tett azon megállapítása, miszerint **a szárny szilárdsága többszörösen bizonyított**, nem állja meg a helyét. Kísérleti üzem nélkül, érdemi élettartam vizsgálat és alkatrész-besorolás nélkül a fenti megállapítás joggal támadható.

LTF-UL 607 A csatlakozások biztosítása

A szilárd illesztésen, valamint a kormányzáson és más mechanikus berendezéseken belüli valamennyi illesztő elem esetén ... az elismert biztosító eszközöket és eljárásokat kell alkalmazni.

A főtartó csapszeg biztosítása sajátos, az aviatikában ismeretlen módon történt (12. ábra) – az MK I-ben alkalmazott koronás anya és sasszegbiztosítás helyett. Az önzáró anyákból az elvárt 1,5 menet helyett egyáltalán nem ér ki a csavarorsó.

A csatlakozások biztosítása kapcsán tett 28. számú észrevételt a Vb figyelembe vette és ennek megfelelően a szükséges módosítást megejtette (fent). A vonatkozó szabály valóban nem az „ismert”, hanem az „elismert” (azaz konkrétan jóváhagyott) kifejezést használja. Ezt a körülményt tekintve felmerül az a kérdés, hogyan nyerhette el az aviatikában ez a merőben szokatlan alkatrész a jóváhagyó szerv hozzájárulását.

LTF-UL 627 Kifáradás

... A rezgések hatását figyelembe kell venni....

Ez csak akkor tehető meg, ha az egyes alkatrészek állapota és az üzemeltetés kapcsolata tekintetében megfelelő tapasztalat áll rendelkezésre. Ennek megszerzésére lehetőséget a kísérleti üzem adhatott volna. Ez a lehetőség elmaradt, okait lásd: **2. Elemzés** fejezet 2.2.2.b).

LTF-UL 659 Kormányfelületek súlykiegyenlítése

A kormányokon elhelyezett tartókat és csatlakozókat ... méretezni kell.

A MK I esetében meglévő magassági kormány kiegyenlítő súly az MK II esetében elmaradt. Következményt lásd: Ad 11.

LTF-UL 675 Ütközők

Minden kormányberendezést ... ütközőkkel kell ellátni.

A Vb a roncsra nem fedezett fel ilyen elemeket, lásd még: LTF-UL 397.

LTF-UL 683 Kormányok berepülése.

Ki kell mutatni, hogy a kormány-rendszer mentes a szorulástól, a túlzott súrlódástól és a túlzott lehajlástól.

Lásd **LTF-UL 305 Szilárdság és alakváltozás** b) bekezdés.

Mivel egyik próba sem modellezte sem csavaró igénybevételt, sem a törzs-szárny kölcsönhatását (10/b: a szárnytő alátámasztva!), ezért a Vb e próbákat sem a szilárdság, sem az alakváltozás ellenőrzése tekintetében nem tekinti elfogadhatónak. Ennélfogva, a Vb nem tartja igazoltnak a fenti követelmények teljesülését, és úgy véli, ekkor a gyár részéről

elmaradt a repülések leállítása.

LTF-UL 721 Általános tudnivalók (a futóműről)

... a gép az utasok veszélyeztetése nélkül le tudjon szállni egy rövid füves pályán.

A Vb birtokában van két video-felvétel, mely orrfutó-szárak töréséről szól. A vizsgálat az egyik esetben az ún. "shimmy" (azaz a kerék irány-lengése) felléptét vélte oknak, mely a dinamikus igénybevételre történő méretezés hiányára utalt. A másik eset a Vb szerint statikus alulméretezés következménye volt.

A Vb további két olyan esetet ismer, melyek viszont a főfutók károsodásával jártak. Ezek egyike anyagmegválasztási hibára visszavezethető futószár törés volt, a másik esetben a fékhiba folytán perdült meg a légijármű gurulás közben és egyidejűleg tört el mindhárom futószár.

Mivel a típusdokumentáció futókkal kapcsolatban nem tartalmaz konstrukciós változtatást, ezért a Vb az LTF-UL 721 teljesülését megkérdőjelezi.

A Zárójelentés-tervezet e pontjával kapcsolatban a gyártó 34. számú észrevétele megállapítja, hogy „ ezen pontnak a felvetett kérdése nem, a BALESETHEZ, TÍPUSHOZ (MK II) kapcsolódnak.

Mint az M II típus gyártási hibáját, melyből a vizsgált balesetet megelőzően több esemény is származott, a Vb továbbra is megemlítené véli, lásd még ZJ **3.2 Az eset bekövetkezésével közvetetten összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások.**

LTF-UL 785 Ülések és bekötő hevederek

Minden ülést és az ülést tartó szilárd illesztést legalább 100 kg tömegű utashoz ... kell méretezni.

A méretezés tehetetlenségi erőkire nem történt meg. (Ennélfogva az LTF-UL 561 2. pont teljesülése is megkérdőjelezhető.)

LTF-UL 903 A motor

A típusalkalmassági bizonyítványban szerepelnie kell a motornak.

A típusalkalmassági tanúsítvány Rotax 912 típusú motorra szól. A légijármű légialkalmassági bizonyítványa Jabiru 3300 típusú motorra érvényes. A változás – megfelelő okmányolás esetén – kísérleti üzemben megszokott és megengedett művelet. Nem megengedett akkor, ha a légijármű kereskedelmi célból gyártott. A típusalkalmassági tanúsítvány megváltoztatására – a gyártó 36. számú észrevétele szerint – a típus kérelmi igény benyújtását követő hét hónap során nem került sor.

A Jabiru kézikönyv 4.7 pontja szerint a motor bejáratás alatt, azaz az első 25 órában csakis AVGAS 100 LL vagy 95 oktánszám feletti ólmozott benzint lehet felhasználni. A vizsgált légijármű Repülési kézikönyv H.2.13 pontja szerint az ajánlott üzemanyag „ólmozott és ólmozatlan szuper 95 okt. szám felett”. A Repülési kézikönyv tehát ólomtartalom tekintetében ellentmond a Jabiru kézikönyvben közöltekkel. A Repülési kézikönyv nem intézkedik a bejáratáskor használható tüzelőanyag felől, holott a balesetet szenvedett légijármű repült ideje a motor tekintetében a vizsgált repülést berepülésnek minősíti. Azt a Zárójelentés-tervezet 1.6.5 pontjában közölt adatot, miszerint a használt tüzelőanyag fajtája B-95 autóbenzin volt, dokumentum nem erősíti meg, több szóbeli nyilatkozat pedig ennek ellentmond, ezért jelen Zárójelentés ezt a kitélt nem tartalmazza.

A beépített kombinált műszerből az NTSB által nyert adatok (lásd: 13. ábra) az alábbi körülmények számbavételét tették lehetségessé.

A nekifutás mért 30 másodperces időtartama az elvárhatónál 5-10 másodperccel hosszabb volt. Ennek oka lehetett vagy a légcsavar alkalmatlansága (lásd légcsavarcseré, **1.1. A repülés lefolyása**), vagy a motor gyengesége, de bizonyosan hozzájárult a légijármű statikusan túlterhelt volta (lásd 1.6.5. **A légijármű terhelési adatai**).

Utazó repülésben a mért adatokból az elvártnál magasabb fogyasztási és fordulatszám értékek következnek, illetve egy kritikus időpontban az adatok ugrásszerű és nagymértékű változása a becsapódás előtti, levegőben történt műszaki meghibásodás lehetőségét veti fel.

A becsapódás előtti fordulatszám és tüzelőanyag átfolyás csökkenés, majd az ezt követő növekedés megerősíti a fültanúk közléseit, lásd **2.1.2 Az irányíthatatlanná válás b) pont.**

LTF-UL 1041 Általános tudnivalók a hűtésről:

... az üzemi állapotoknak feleljen meg!

Meghallgatási jegyzőkönyv révén tud a Vb a tulajdonos azon panaszáról, miszerint a motor melegszik, időnként megáll. Ugyanezen forrás révén a Vb úgy értesült, hogy a hiba légcsavar csere révén elhárult.

A gyártó 37. számú észrevétele, miszerint

„a Corvus Kft. nem kapott a tulajdonostól írásbeli reklamációs levelet a repülőgép hűtésével kapcsolatban, a repülőgép ilyen fajta problémájáról nem állt információ a rendelkezésünkre”,

kommunikációs gondról árulkodik, mely napi kapcsolatban álló felek viszonyának sajátosságairól fedi fel. A sajátosságokat lásd 102. számú észrevétel. A Vb rendelkezik olyan nyilatkozatokkal is, melyek szerint a Kft tudott a melegedéssel kapcsolatos gondról. Az észrevétel megerősíti a **3. Következtetések fejezet** kommunikációs zavarokat felvető megállapítását.

A Vb kizárja azt a lehetőséget, miszerint a hűtésnek köze lett volna a balesethez.

LTF-UL 1529 Üzemeltetési kézikönyv

... tartalmának legalább a következőkre kell tekintettel lennie:

12. Az egyes részek, alkatrészek és kiegészítő berendezések, melyek üzemidőkhöz vannak kötve (csere vagy javítás), élet- és üzemeltetési időtartamának megállapítása.

...

A Vb nem tud arról, hogy egyes alkatrészek, illetve berendezések kapcsán élettartam megállapításra – akár kísérleti, akár vállalati ellenőrző repülések révén – került volna sor. Ugyanezt a gondot veti fel az **LTF-UL 303 Biztonsági tényező** fejezetnek 2. pontja is. A Vb nem fogadja el a 90. számú észrevétel megállapítását, miszerint

„A lider-gép⁵ repülési ideje a **Délafrikai Köztársaságban** már meghaladta a 300 repült órát”.

Mivel a gyártótól kapott értesítés (telefax 07/08/17) szerint ez a repülőgép nem UL-ként, hanem experimentál MK I-ként készült, ennél fogva nem tölthette be a leader gép szerepét. A Vb továbbra is fenntartja azt az állítását (**LTF-UL 605 Gyártási eljárás a) A kísérleti üzem szerepe**), miszerint „Indokolt lett volna az új gyártási eljárást kísérletekkel alátámasztani”.

Ugyanakkor a Típusdokumentáció VI. Fejezet: Karbantartási kézikönyv XV. szakasza 6000 repült órát garantal és 2000 óránként nagyjavítást ír elő. A Vb nem tudta megállapítani, mire alapozta a gyártó ezeket a számokat. Ugyanitt a Típusdokumentáció az alábbi megállapítást teszi:

„A műszaki üzemeltetési kézikönyvben meghatározott repült óra utáni, a gyártó vagy megbízottja által végrehajtott részleges szétszereléssel végrehajtott ellenőrzések során állapítják meg és cserélik ki a kötelezően cserélendő alkatrészeket.”

Ebből következik, hogy mind a típusalkalmassági dokumentum készítője, mind annak jóváhagyója az LTF-UL idézett pontját úgy értelmezi, miszerint normál

⁵ A „lider-gép” (magyarítás nélkül „leader-gép”) a sorozatgyártást előkészítő légijármű, melynek üzemeltetése révén a gyártó a működtetéssel kapcsolatos gyakorlati tapasztalatokat gyűjti, és a meghibásodási lehetőségeket méri fel.

repülőüzemet végrehajtó légijármű számára az előírt, ciklikus műszaki ellenőrzések szolgálnak arra, hogy egyes alkatrészeit "kötelezően cserélendő"-nek minősítsék.

A Vb ezt az értelmezést félreértésnek tekinti, és úgy véli, a fenti eljárás az üzem közben történő üzemképtelenné válás valószínűségét a bizonyosságig fokozza. Különösen figyelemre méltónak tartja a Vb azt a körülményt, hogy az ún. „lider gép” a gyártótól rendkívül távol, nem a gyártó tulajdonaként üzemel.

2.2.2. Emberi tényező

A Vb a baleset bekövetkeztének okai tekintetben a pilóta, a gyártó és az ellenőr tevékenységét vélte elemzésre érdemesnek.

a) A pilóta

A gyártó és a KBSZ közötti megbeszélések során (lásd Az eseményvizsgálat áttekintése c)) a gyártó képviselői több ízben felvetették azt a lehetőséget, miszerint a pilóta szabálytalanul, a légialkalmassági korlátozásokat túllépve végzett manővereket és ennek két következménye lehetett:

- a pilóta a kis magasságban végrehajtott manővert elvétette és a légijárművet belevezette a földbe,
- a pilóta a nagyobb magasságban végrehajtott manőver során a légijárművet túlterhelte.

A pilótát a manőverezésre ösztönözhetette az, hogy a gyártó érdekét képviselve egy ún. "show flight" keretében a gép tulajdonságait szemléltesse.

Ezzel szemben a Vb nem tartja számításba vehetőnek, hogy a pilóta valóban végzett is effajta manővert. A rendelkezésére álló írásbeli nyilatkozatok alapján ugyanis

- a pilóta a műrepüléstől tartott és nincsen írott nyoma annak, miszerint a pilóta az ehhez szükséges készségek elsajátítását szorgalmazta volna,
- a pilóta a légijármű állapotát és tulajdonságait a baleset előtt folyamatosan kifogásolta és nincs ok annak feltételezésére, hogy a pilóta a légijármű ezen állapotában extra igénybevétellel járó repülésre vállalkozott volna.

Azon gondolat kapcsán, miszerint a pilóta egészségi állapota a baleset bekövetkeztét közvetlenül megelőzően romlott, a Vb más, erre utaló támpontot nem kapott, ugyanis

- repülőorvosi vizsgálat a pilótát alkalmasnak minősítette,
- az elhalálozást követő vizsgálatok nem igazolják ezt a felvetést,
- a háziorvosának adott nyilatkozata szerint nem voltak ilyenre utaló panaszai, illetve kezelést igénylő egészségügyi problémái.

Az a feltevés, miszerint a pilóta a vészhelyzetet megfelelő manőver révén elháríthatta volna kizárható, mivel:

- egy esetleg leszakadt magassági kormány esetén nincs mód a légijármű irányítására (2.2.2. pont b) eset), a kritikus helyzet elkerülhetetlenül létrejön,
- egy esetleg aszimmetrikussá váló szárny-állásszög esetén (2.2.2. pont a) és c) eset) a csűrő hatása fordított; a megszokott korrigáló kormánymozdulatok révén a dőlés tovább növekszik és a gép - éppen a pilóta korrekciói folytán - közelít a kritikus helyzet felé.

b) A gyártó szervezet

A gyártó felvállalta az MK II gyártását (lásd még: 1.17 Az érintett szervezetek jellemzése). E vállalás a szervezet felé az alábbi követelményeket támasztotta:

Egy nemzetközi sikereket aratott kísérleti könnyű repülőgépet kellett az ultrakönnnyű repülőgépek követelményeinek a sorozatgyártás szintjén megfeleltetni. Ehhez a gyártó – hatósági egyetértéssel – a DULV követelmény-rendszerét választotta teljesítendőnek. A gyártó 3. számú észrevételében az áttekintés szükségességét elemzi. Eszerint a gép áttekintésére azért volt szükség, mert:

„tömege miatt a típus sorozatgyártásra csak az EASA engedélyével **lett volna** alkalmas”.

Az a szándék, miszerint az EASA megkerülhető és a légijármű UL repülőgépként piacképes lesz, nem teljesült; a repülőgép ugyanis UL légijárműként érdemben kétszemélyes repülésre alkalmatlan. Ezzel a körülménnyel a ZJT kiegészült, lásd: ZJ **2.2.1 Műszaki okok**.

A gyártó saját magáról és hazai helyzetéről alkotott véleményét az 1. számú észrevételében fejezi ki, miszerint:

„A gyártó szervezet ilyen mértékű korlátozására, majd ellenőrzésére sem a magyar repülőgépgyártás, sem a repülő sporteszközök gyártása, vagy üzemeltetése területén nem volt példa.” A Vb viszont úgy véli, az ellenőrző szerv szakított azzal a fél évszázadon át követett gyakorlattal, miszerint a gyártást megbízott, a szakma legmagasabb szintjét képviselő személy felügyeli. Ez a személy a szakmai vizsgálat során mindvégig rejtve maradt.

Ehhez a 3. számú észrevétel hozzáteszi, hogy

„Az LTF-UL feltételrendszer alkalmazása egyúttal az általános európai piac megnyitását jelentette a cég számára, hiszen a német előírások szerint minősített (certifikált) repülőgépeket gyakorlatilag mindenütt elfogadják.” Ezzel szemben a Vb-nek nincsen tudomása arról, hogy az MK II bármelyik példánya is végleges német lajstromjellel repült volna.

Az LTF-UL szabályzatnak való megfeleltetéshez a gyártó személyi állomány tekintetben rendelkezett szervezeti vezetőkkal, szakmai vezetőkkal, és végrehajtókkal.

A gyártó szervezeti vezetője a szakmai kérdések kezelésére szerződött a repülőmérnöki munkára szakosodott Irodával, illetve annak szakmai és egyúttal szervezeti vezetőjével, aki egyben a vállalkozás megindítójának, a kísérleti könnyű repülőgépnek a konstruktőre is volt. Az együttműködés hátterében a vállalkozás legelső pillanatától ellentétek húzódtak. Erről a gyártó egyik vezető műszaki munkatársa nyilatkozott, miszerint arról, hogy a két vezető közül ki és milyen arányban végezte a tervezési feladatokat, „még az érintett személyek személyes véleménye is erősen eltérő és ellentmondásos volt”. A nyilatkozat azt a tényt is megerősíti, hogy repülőmérnöki diplomája csak az Iroda vezetőjének van, a többi vezető főiskolai, hajógépészeti vagy annál alacsonyabb végzettségű. Ennek ellenére köztudott volt, hogy a szakmai és szervezeti vezetés folyamatosan keveredik.

A szerződés felbomlott és az alábbi következményeket vonta maga után.

A Kft. olyan légijárműveket forgalmazott, melyek gyártását nem előzték meg a típusválasztás célját szolgáló vállalati ellenőrző repülések, melyek alapján az alkatrészek üzemidejének és állapotának összefüggéseire következtetni

lehetett volna. E repülések hiánya miatt a Vb nem tartja bizonyítottan elfogadhatónak az MK II Karbantartási kézikönyv megállapításait. Eszerint a gyártó a vevő számára 6000 repült órát garantál, 2000 óránként kötelezi őt nagyjavítás elvégzésére. A 90. számú észrevétel megállapítja, miszerint

„A lider-gép repülési ideje a **Délafrikai Köztársaságban** már meghaladta a 300 repült órát”.

Túl azon az ellentmondáson, melyet a lider gép repült ideje és a garantált idő teremt, az észrevétel felveti a kérdést; hogyan tarthatta a gyártó a szükséges, mindennapos, közvetlen elérhetőséget biztosító kapcsolatot a több ezer kilométer távolságban üzemelő gyártmánnyal?

Számos szakszerűtlenséget sejtetnek a gyártás területén tapasztalható ellentmondások. Szokatlan például az az időrend, miszerint a gyártási engedélyt követő egy héten belül kiadásra került a légialkalmassági bizonyítvány. Sajátos az a körülmény, hogy a dokumentumok szerint a törzs-feleket azelőtt ragasztották össze, mielőtt a törzs-felek elkészültek volna. A fődarabok követhetetlenül keverednek:

A gyártó telefax útján megküldött (2007. 08. 17) tájékoztatása szerint a törzset, mint „fődarabot” a CNE 01-09 sorszám azonosítja, a szárnyat és a vezérsíkot viszont a CNE 02-03 sorszám. A tájékoztatásból arra is fény derül, hogy a CNE 01-09 szám csakis az MK I típusú légijárművek fődarabjait illetheti. Az MK I és MK II típusok törzsének hossza mindmáig korrigálatlan, súlyos hosszstabilitási gondot vet fel, lásd melléklet Ad 18.

Külön elemzést érdemel a főmérnök a Típusdokumentáció III. fejezet 81. oldalán jegyzett kijelentése:

„Rendkívül fontosnak tartanám az alkalmazott ragasztóanyag alapos szilárdsági vizsgálatát és bevizsgálását megszilárdult állapotban. Tény, hogy végeselem vizsgálattal és numerikus kalkulációval képtelenség a ragasztott és hegesztett kötések vizsgálata. Bár a biztonsági tényezők azt tükrözik, hogy az elemi geometria megfelel széles tűrés tartományon belül, ne feledjük, hogy a vizsgálat során, a hegesztés során kialakuló varrat keresztmetszetet és a megszilárdult rétegragasztásokat nem tudtam analizálni.”

Ez a nyilatkozat arra enged következtetni, hogy a ragasztó vizsgálata a baleset előtt nem történt meg. Ezt pótlandó a gyártó a BMGE Gépészmérnöki Kar Polimer Tanszékének szakvéleményét kéri, megkapja és észrevételként közli (69. számú észrevétel). Eszerint a ragasztóként alkalmazott „tömítő” anyag szakítóereje harmada-negyede a klasszikus ragasztóanyagénak.

Sajátos az a bátorság is, mellyel a gyártó a zárójelentés-tervezetben megkifogásolt (lásd **LTF-UL 307 a**)), a Vb-vel megbeszélt (lásd: Az eseményvizsgálat áttekintése c) 2. pont) és közel nagyságrendi hibát tartalmazó számítását (Típusdokumentáció III. fejezet 8. és 9. oldal) észrevételként ismételtelen közli (67. számú észrevétel).

A fent említettek egyenként egyrészt a szakmai vezetés szakszerűtlenségére, másrészt a szakmai és szervezeti vezetés diszharmóniájára utalnak. A szakmai hiányosságokat a 3.2 pont foglalja össze. A szakmai és szervezeti vezetés diszharmóniája kapcsán a Vb kommunikációs zavarokat sejt az alábbi területeken.

a) Kommunikációs zavarok a gyártó és a vevő között.

Ennek jó példáját szolgáltatja a 85. számú észrevétel, mely felteszi, hogy a pilóta a gépével kapcsolatos üzemeltetési gondjaival nem fordult a gyártóhoz.

A Vb saját és rendőrségi meghallgatások jegyzőkönyvei alapján tudja úgy, hogy a gyártó és a pilóta között szoros, gyakorlatilag napi kapcsolat állt fenn. Az egyes pontokban felsorolt körülmények mindegyikéről a gyártónak tudomása volt, ezért az észrevételező számára válasszal is szolgálhatott volna. A kommunikáció zavarai eszerint nemcsak a gyártó és a vevő, hanem a gyártó és az észrevételező kapcsolatában is fellelhetők.

A gyártó és a vevő közötti legsúlyosabb kommunikációs gond a Karbantartási kézikönyv megállapításait illeti. Ebben a gyártó a vevő számára 6000 repült órát garantál, 2000 óránként kötelezi őt nagyjavítás elvégeztetésére, holott a repült ideje egyetlen légi járműnek sem haladta meg a 300 órát.

b) Kommunikációs zavarok a gyártó szakmai és szervezeti vezetői között.

Ebben a tekintetben a szakértő szakmai vélemény megfogalmazásának és betartatásának hiányát véli a Vb a legsúlyosabb baleset-forrásnak.

c) Kommunikációs zavarok a gyártó és az ellenőrző szerv között.

Ebben a tekintetben a fent említett b) zavar érintetlenül hagyásában véli a Vb a közvetett balesetforrást felfedezni.

3. KÖVETKEZTETÉSEK

3.1 Az eset bekövetkezésével közvetlen összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások

Mivel a Vb számára adatrögzítő berendezésből nyerhető adatok nem álltak rendelkezésre, ezért a Vb csak azokat a körülményeket tekinti tényeknek, melyeket a helyszíni szemle megállapításai megerősítenek. Eszerint:

A roncs helyzetéből és a környező növényzet sérüléseiből megállapítható volt, hogy

- a légijármű meredeken, háthelyzetben csapódott a talajhoz,
- a légijármű széthullása a becsapódás helyétől meglehetősen távol, a becsapódás pontjától mintegy 135 méterre megkezdődött (1. ábra), és a becsapódás helyétől néhány méterre, a jobb szárny leszakadásával vált teljessé.

Az egyéb adatrögzítésre alkalmas eszközből (lásd: **Az eseményvizsgálat áttekintése** g) bekezdés) kinyert és a hajtóműre vonatkozó adatok egyrészt a levegőben meghibásodás valószínűségét, másrészt a fültanúk közléseit erősítik meg.

3.2 Az eset bekövetkezésével közvetetten összefüggésbe hozható ténybeli megállapítások, és az ebből levonható valószínűsíthető következtetések

E tények ismeretében a Vb valószínűsíti, hogy a baleset a repülőgép műszaki alkalmatlansága miatt következett be. A műszaki alkalmasság feltételrendszerét – az NKH LI jóváhagyásával - a Német Szövetségi Légiközlekedési Hivatal által kiadott "Az aerodinamikai kormányzású ultrakönnyű repülőgépek légialkalmassági feltételei" című kiadvány (LTF-UL) rögzíti. A feltételek kapcsán tapasztalt hiányosságokat jelen Zárójelentés **2.2. A baleset lehetséges okai** fejezetének **2.2.1. Műszaki okok** alfejezete sorolja fel. Eszerint:

1. A gyártmány érdemben nem felelt meg a felvállalt és hatóságilag jóváhagyott szabályzat alkalmazhatóságának: LTF-UL 1, 25
2. A gyártást nem előzte meg megfelelő szilárdsági számítás: LTF-UL 307 a)
3. A termék szilárdságának és merevségének megfelelőségét nem igazolta arra alkalmas, teljes körű, megfelelő számú terhelési próba: LTF-UL 305, 683
4. Légerőtani követelmények figyelmen kívül maradtak: LTF-UL 173, 181, 341
5. Kísérleti üzem helyett normál üzem, kísérleti előállítás helyett végtermék előállítás folyt az alkatrészek besorolása nélkül, élettartam tapasztalat nélkül: LTF-UL 605 a), 627, 1529.
6. Építés folyt megfelelő gyártási technológia nélkül, a gyártási körülmények biztosítása nélkül: LTF-UL 605 a)
7. Alkalmatlan anyag került beépítése: LTF-UL 307 b)
8. A gyártó szakított hagyományos eljárásokkal, szerkezeti megoldásokkal: LTF-UL 607

Egy-egy feltétel nem teljesülése nem feltétlenül vezetett volna balesetre. Ezek halmozott előfordulása azonban már olyan kockázati tényezőt jelentett, amely nagy valószínűséggel előrevetítette egy baleset bekövetkezését.

A gyártási hiányosságok létrejöttében szerepet játszott

- szakmai ismeretek hiánya,
- a kommunikáció zavarai,
- a hatósági ellenőrzés gyengeségei.

A Vb úgy véli, a baleset bekövetkeztének idejében, illetve azt megelőzően a Kft nem volt alkalmas légijárművek szakszerű gyártására. Hasonló a véleménye a BMGE szakértőjének, lásd 2. sz melléklet 3.c.) pont.

Azt a feltételezést, miszerint a baleset bekövetkezésében a pilóta műrepülése, illetve rosszulléte szerepet játszott volna, sem a vizsgálat, sem a feltételező bizonyítékkal nem tudta megerősíteni.

Az **LTF-UL 721 Általános tudnivalók** fejezetben tárgyalt, a futóművel kapcsolatos eseményeket a Vb – mint az MK II típus gyártási hibáját – szintén az eset bekövetkezésével közvetetten összefüggésbe hozhatónak véli.

3.3 Az eset bekövetkezésével összefüggésbe nem hozható, kockázatonövelő tényezők

A vizsgálat során olyan tényező, mely ehhez a fejezethez illeszkedik, nem merült fel.

4. BIZTONSÁGI AJÁNLÁS

BA 2007-335-4_1: A Vb javasolja az NKH LI-nak, hogy a CORVUS MK II típusú repülőgépekkel végzett repülések kapcsán hozott tiltó határozatát csak akkor oldja fel, ha a tervezés, gyártás és a gyártástechnológia teljes keresztmetszetében történő felülvizsgálata és értékelése – megfelelő szakértők bevonásával – pozitív eredménnyel zárul.

5. MELLÉKLETEK

1. melléklet: Ábrák a Zárójelentéshez
2. melléklet: A berepülő pilóta megjegyzései
3. melléklet: A BMGE szakértő szakvéleménye
4. melléklet: 3M Company válaszai kérdésekre
5. melléklet: Dr. Tóth Tihamér főiskolai docens szakvéleménye
6. melléklet: Bűnügyi Szakértői és Kutatóintézet szakvéleménye
7. melléklet: Észrevételek és Állásfoglalások a Zárójelentés-tervezettel kapcsolatban.⁶

Budapest, 2009. február 17.

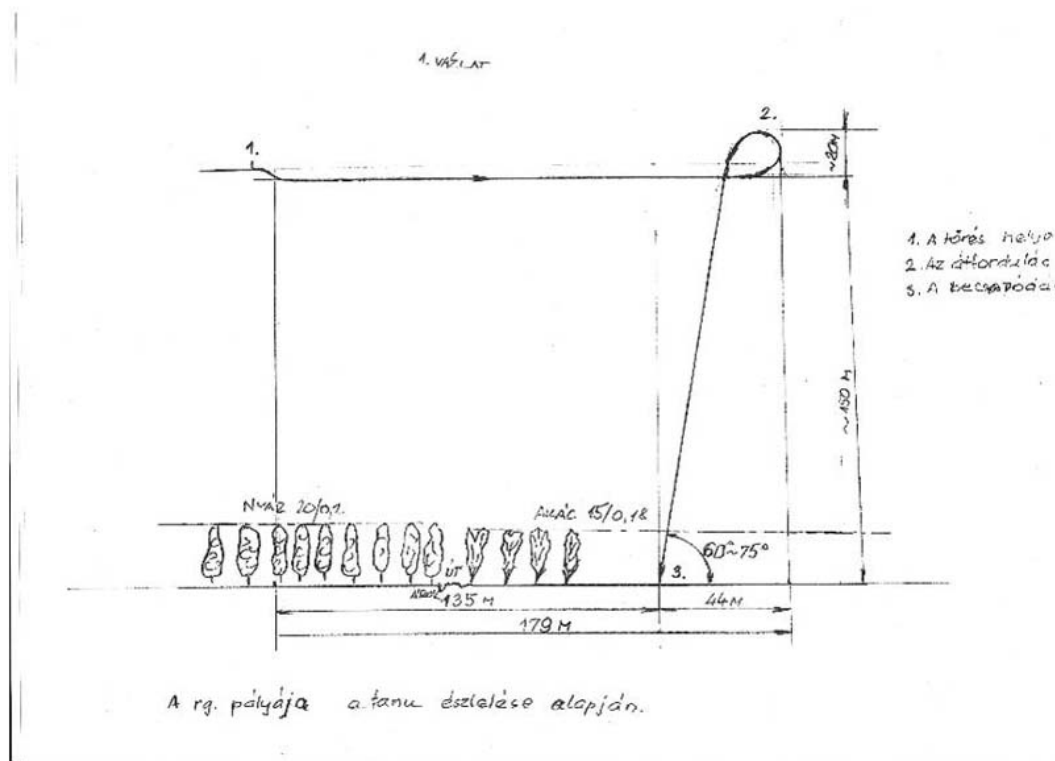
Eszes János
Vb tagja

Dr. Gausz Tamás
Vb tagja

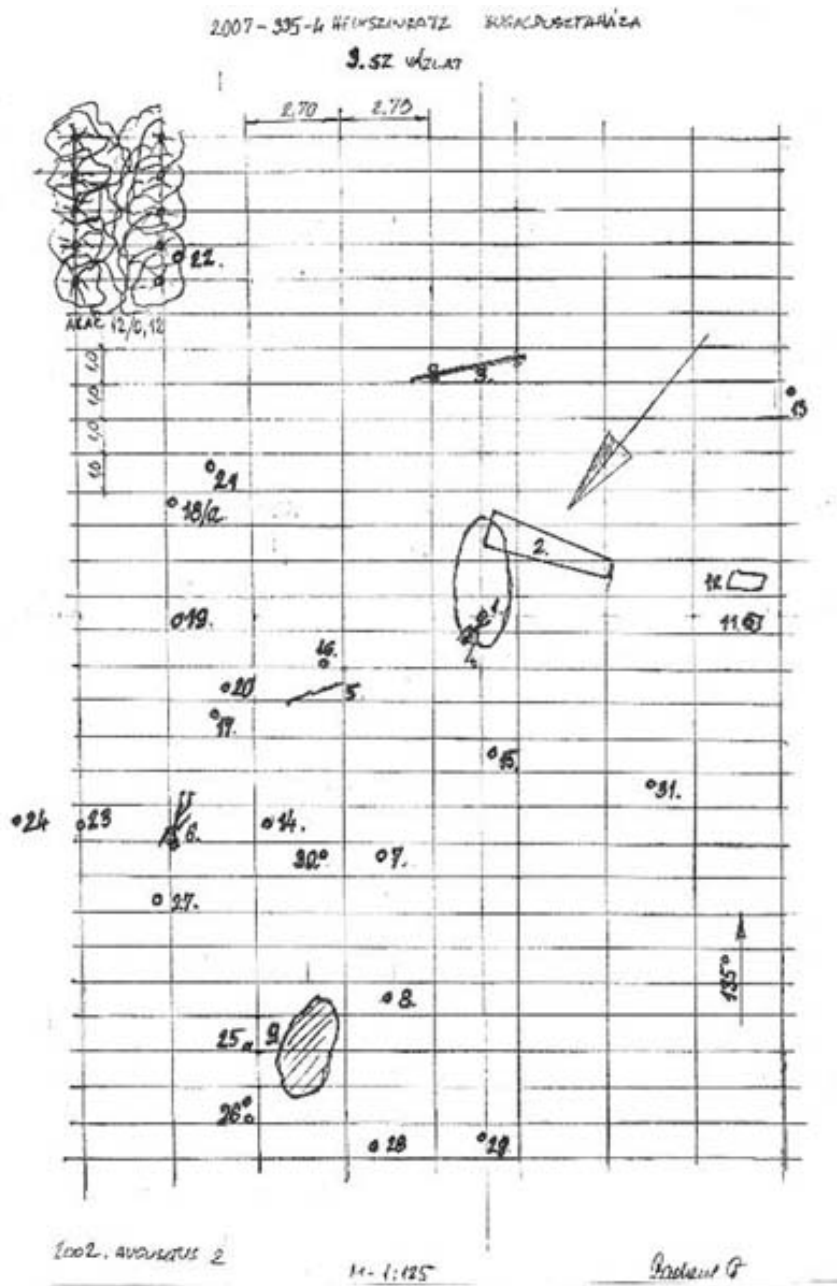
Dr. Ordódy Márton
Vb vezetője

⁶ A 7. melléklet külön kötetben.
KBSZ

1. ábra:
A repülési pálya



2. ábra:
Részletes helyszínrajz



1. A becsapódás helye
2. A balszárny
3. A jobbszárny
4. A repülőgépvezető holtteste
5. Fakoronán emberi maradvány (belsőszakasz)
6. Az utas holtteste
7. Csomag, ruha az ágon
8. Légcsavarhuzat
9. Táskák és szétszórta iratok
10. –
11. Winglet-darab
12. Winglet-darab
13. Pitot-cső
14. Rádiókészülék
15. GPS-készülék
16. Bal szárny többborda
- 18/a. Jobb főfutó kerék
19. Főtartódarab
20. Főtartódarab
21. Légcsavarlapát-darab
22. Bal szárny-főtartóvég
23. Motorborítás-darab
24. Kabin jobb-első része
25. Flight plan
26. Bélyegző és mellette tisztasági csomag
27. Főtartódarab
28. Transzponder
29. Iránytű
30. –
31. Tolórúd

3. ábra:

A törzs. A bal szárny töve a roncs-halomban. A magassági kormánylap a roncsalmaz tetején, hátul (félig eltakarja a vízszintes vezérsík).



4. ábra:

A jobb szárny helyzete a becsapódás után



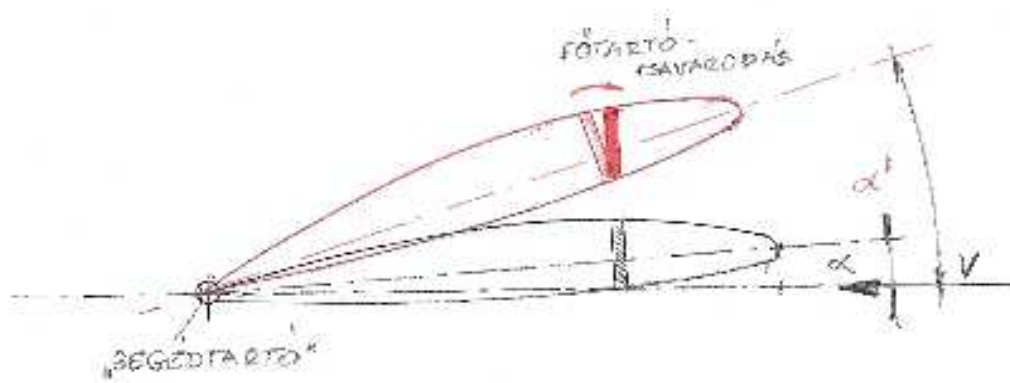
Fent: A beékelődött szárny. A "H" alatt facsonk. A fa útban volt; a roncs elszállítói vágták ki

Lent: A jobb szárny a roncs felől: halványpiros folt a földön, a fák mögött

5. ábra:

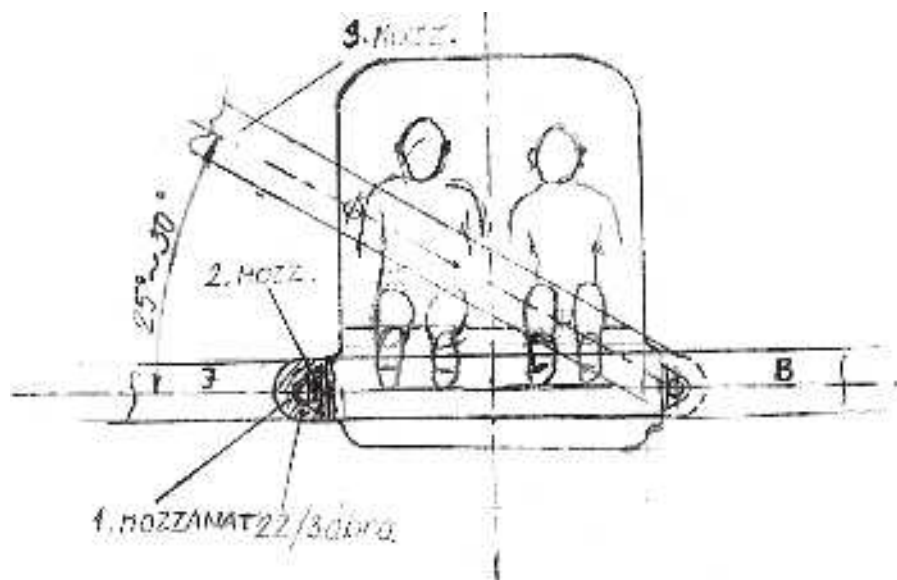
A szárny leválásának egy lehetséges mozzanat-sora

A jobb szárny főtartó ragasztása a szárnyhéjtól elvált, de a segéd tartó-bekötés nem. Ezért a jobbszárny állásszöge abnormálisan megnőtt és orsózó nyomatékot adott



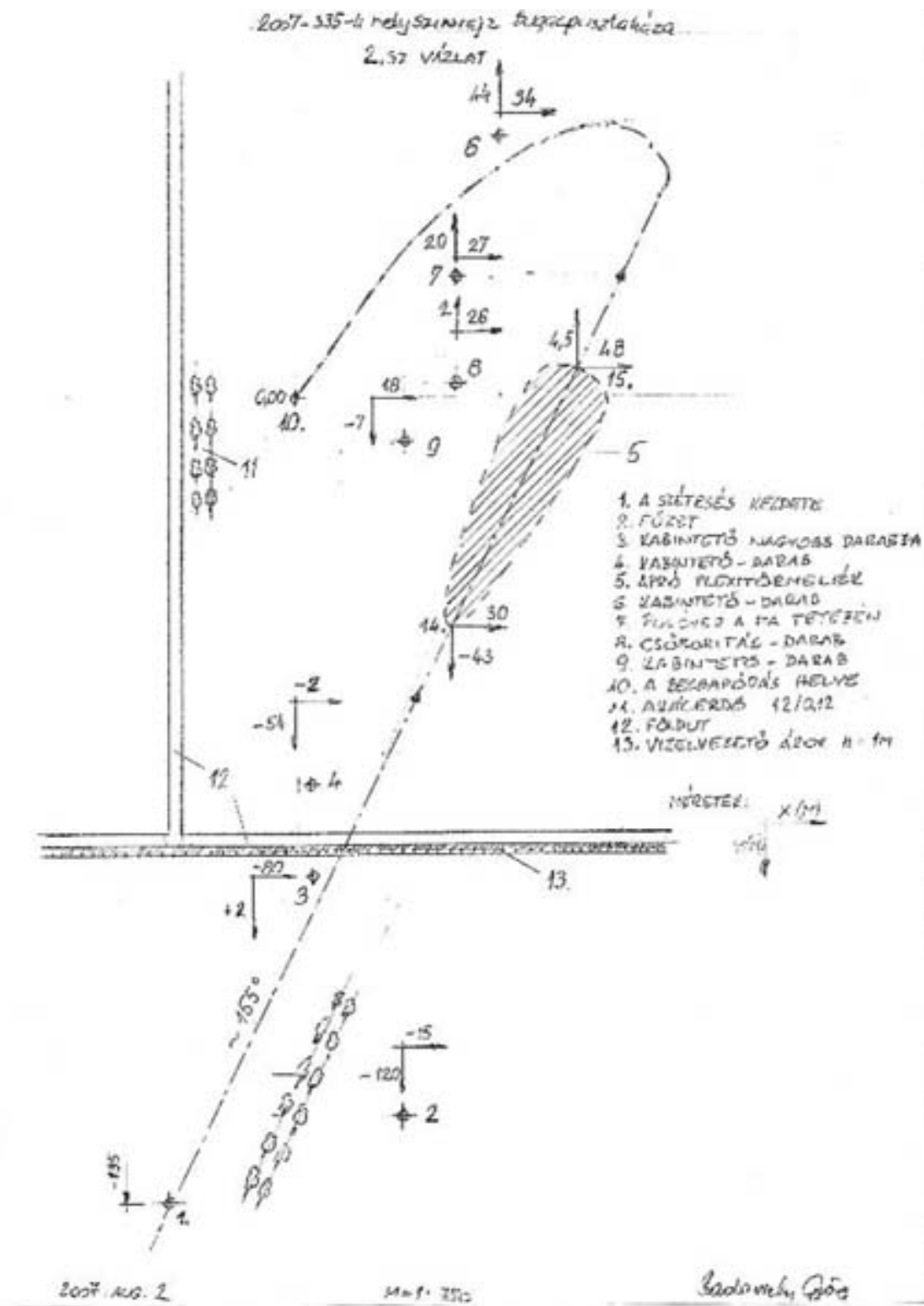
A szárny állásszög-növekedése

A jobb szárny felemelkedése a bal bekötő-csapszeg körül a következő szakaszokban jött létre:



1. mozzanat: A törzs oldalára ragasztott bekötőfülek elnyírják a törzs oldalháját
2. mozzanat: A jobb szárny minden terhelése átadódik a balszárny főtartó-fülnek, amely lenyíródik
3. mozzanat: A jobb szárny főtartó a bal bekötőcsapszeg körül felemelkedik

6. ábra: Átfogó helyszínrajz



7. ábra: A főtartó



A főtartó övéről levált anyag



A szárnyhéj belső felülete a levált ragasztóként használt anyaggal (kék színű vastag réteg)

8. ábra: Az alaktartás problémái

A torziós orrborítás egy darabja: a kitöltő gitt vastagsága a 8 mm-t eléri



A belépőél a csiszolással és a gittréteggel

9. ábra: A szárny-törzs csatlakozás a terhelési próba alkalmával



A törzset acél keretszerkezet helyettesíti

10. ábra: Gyártó műhely



11. ábra: Az alkalmazott erőbevezetés

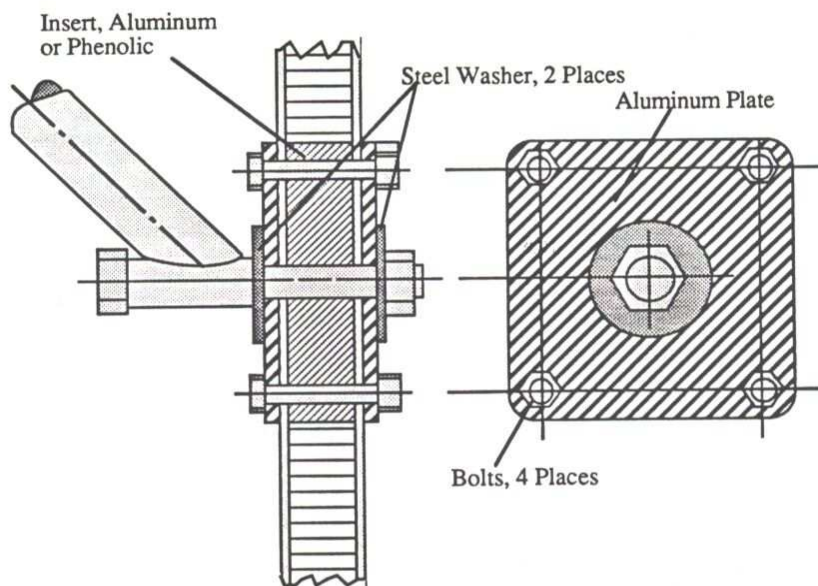


Figure 4.5. Metal Plates and Bolts are Added to Increase Bolt Bearing Area

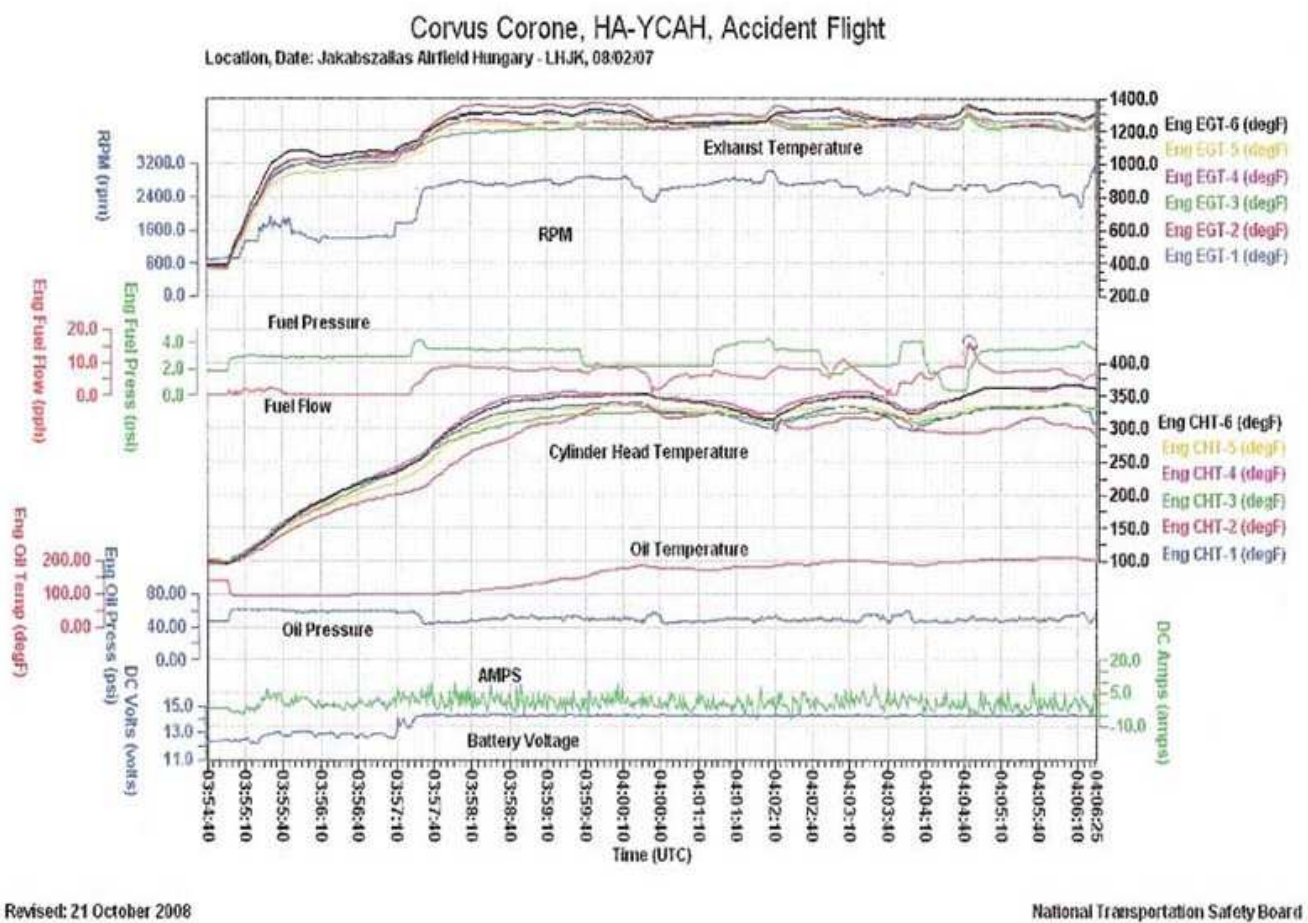


A felső ábra tankönyvi útmutató. Az alsó az MK II egyik főtartó-bekötése.

12. ábra: A főtartó csapszeg biztosítása



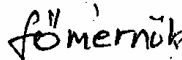
13. ábra:
A kombinált műszer NTSB által kinyert adatai



 CORVUS AIRCRAFT	ATA No.: UL-18-00- 16	Corvus Corone Mk II típusú ultrakönnyű sportrepülőgép Üzemi berepülési program
---	--	---

A berepülő pilóta megjegyzései és aláírása:

*A repülőgép **dinamikailag instabilis**. Geometriai méretei (a törzs viszonylag rövid – a szárny Ac és a vízszintes irányfelület Ac közötti távolság nem elég nagy - a dinamikus stabilitásra rosszul hatnak. A rugós trimm alkalmazása a magassági kormány vezérlő rendszerben részben biztosítja az elengedett kormány stabilitást, de a dinamikus stabilitást így nem lehet biztosítani. Elengedett kormánnyal a kitrimmelt repülőgép külső zavarásra vagy gyorsul, vagy az átesésig veszít a sebességéből, és igényli a pilóta közbeavatkozását. A kialakuló gyorsulás, vagy sebesség vesztes egyébként lassú és könnyen korrigálható, átlagos képzettségű repülőgép vezető is képes a gépet uralni. A dinamikai stabilitás a súlypont előrébb helyezésével javulhat, de a végleges megoldás csak a törzs hosszának növeléséről várható.*



 főmérnök

.....

 Berepülő pilóta

Date: 2006.06.01	Page: 16 - 7 / 21
------------------	-------------------

Szakvélemény

A Corvus Corone Mk.II típusú, HA-YCAH lajstromszámú CNE.02/004 szériaszámú légijármű a Közlekedésbiztonsági szervezetnél 2007-335-4 számon nyilvántartott, 2007 augusztus 2-án bekövetkezett légiközlekedési balesetének szakmai vizsgálata során végzett feltáró munkáról.

1.Előzmények. A vizsgálathoz kézhez kaptam

A fenti lajstromszámú légijármű 2007-06-07-én kelt repülési kézikönyvét.
A vizsgált gép fő méreteit is tartalmazó 5 oldal terjedelmű ábrasort.
A főtartó rétegrendjét tartalmazó 10/1 – 10/10 sorszámú ábrasort.
A bal alsó szárnyhéj rétegrendjének 1-5 oldalszámú ábráit.
A felső szárnyhéj rétegrendjének M1-M3 oldalszámú ábráit.
A törzsfelek rétegrendjét bemutató 1/-9 oldalszámú ábrákat.
A szárnyak bekötését ("wings installation") bemutató 1, 3, 4 sz. ábrákat
A csűrők " ("aileron installation") " 1/2.-2/2 " "
A vezéssíkok mozgatóját közvetítő elemek 1/3, 2/3, 3/3, 1/9-9/9, 1/7 –7/7 ábráit.
A vizsgált gép szárny gyártási és összeállítási dokumentációját,
A törzs gyártási és összeállítási dokumentációját
A felhasznált szálvasas rétegek ("prepregs")-ról az azokat gyártó cég által kiadott anyagbizonylatokat 7 oldal terjedelemben.

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Politechnika Tanszéke által a Corvus Aircraft KFT részére végzett anyagvizsgálatokról készült jelentést.

A kézhez kapott dokumentációk közül **hiányzott:**

A szárnyak bekötését bemutató 2. rajzszerű oldal.
A felhasznált prepregs vizsgálati jelentéséből az EE166 jelű anyagé, valamint a Kevlar méhsejtek adatai.

Nyilván ez utóbbit lett volna hivatva helyettesíteni a BME Polimer tanszékének vizsgálata, de mivel abban a vizsgált próbatestek méretadatai nincsenek feltüntetve, a mérési eredmények csak közvetett értékelésre adnak lehetőséget. Minden esetre figyelemre méltó, hogy az üvegszál erősítésű kompoziton mért hajlítási rugalmassági modulus átlagértéke másfélszerese a Kevlar-erősítésűének.

Szóbeli érdeklődésekre válaszolva a Polimer tanszéken közölték, hogy a vizsgálat megrendelőjét igyekeztek lebeszélni Kevlarnak szendvicsszerkezet magrétegeként való alkalmazásáról annak igen alacsony G csúsztatási rugalmassági modulusa miatt.

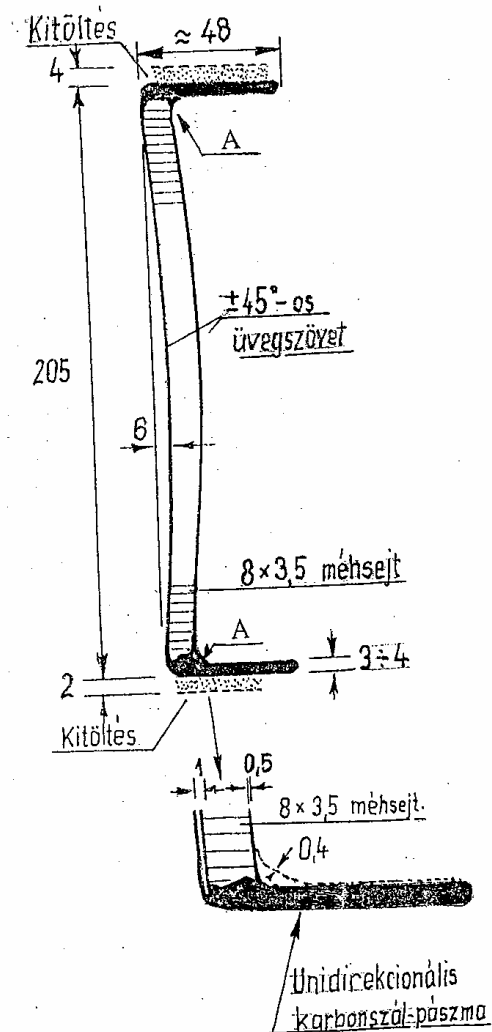
A balesetet szenvedett repülőgép roncsait két alkalommal (2007 szept. 11-én és október 5-én) megtekintettem. Mindkét alkalommal fényképeket is készítettem.

2. Megállapítások.

2.1 A gép egyes alkatrészeiről a gépészeti gyakorlatban szokásos beméretezett részletrajzok a kézhez kapott dokumentációban nem szerepeltek. Ezt helyettesítendő a baloldali főtartónak egyik, a törés környezetéből kivágott keresztmetszetét felmérve rekonstruáltam a főtartó eredeti alakját. Ennek eredményét az **1. ábrán** mutatom be. A tartó övei unidirekcionális karbonszálakból álltak, a gerinc szendvicsszerkezet, melynek borító rétegei keresztezett erősítésű üvegszövet, magrétege Kevlár sejtszerkezet. Az öveket a gerinchez való kötését utóbbinak borító rétegeit meghosszabbítva, és azokat az övekhez átlapolt ragasztással csatlakozva igyekeztek biztosítani. A gerinc magrétege is csatlakozott az övekhez, az ezt rögzítő ragasztás – főleg annak kis érintkező felszíne miatt.-meglehetősen gyenge.

2.2 A felhasznált prepregeket a gyártó cég az általa kiállított anyagbizonylat szerint 2006 jan. 31-én szállította le. A cég adatlapjain levő előírások alapján azokat $+23^{\circ}\text{C}$ -on tartva 21 napon belül fel kellett volna használni. Ennél hosszabb ideig a prepregek csak -15° -on való tárolás után lettek volna beépíthetők. A szárny összeállítási dokumentációjának alapján a szárny héjainak behelyezésére csak 2006 aug. 8-án került sor. Mivel nincs adat arról, hogy a prepregeket a leszállítás és a beépítés között hogyan - és főleg milyen hőfokon - tárolták, lehetséges, hogy behelyezéskor kötőanyaguk már erősebben kikeményedett állapotban volt és ezért kötésük a szomszéd rétegekhez már nem volt kielégítő. Erre utalnak a prepregek ragasztási felszínei mentén és az egyes rétegek között sok helyen és viszonylag nagy területen észlelt elválások.

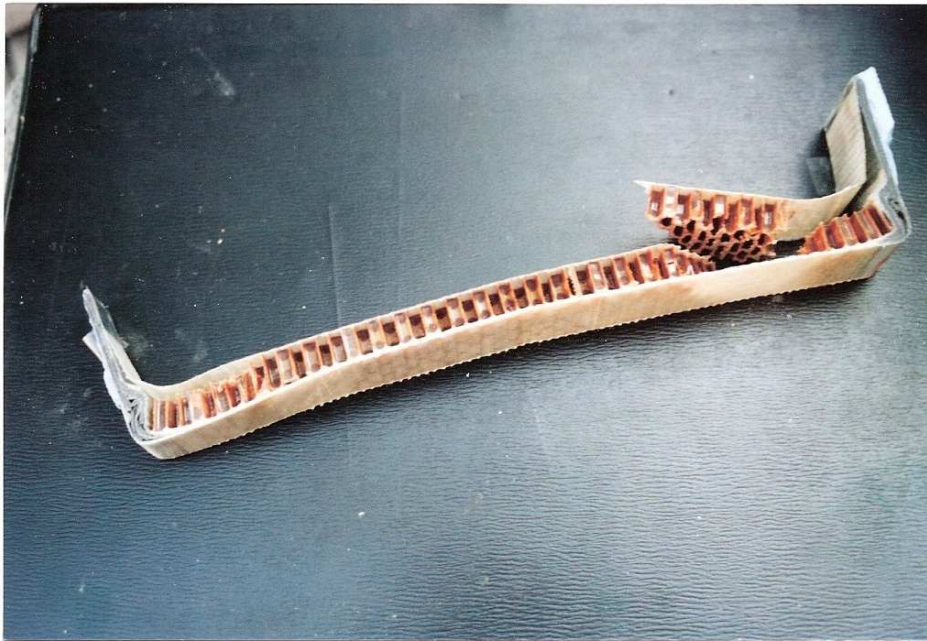
2.3. A főtartó öveit alkotó HS 300 gyári jelű karbonszálalás prepreg E rugalmassági modulusa kikeményedett állapotban kb. egy nagyságrenddel nagyobb mint az üvegszálalás prepregeké. Ez az eltérés a tartó terhelésekor a ragasztási felszínnek mentén maradó belső feszültségeket eredményezhet főleg az övek és a hozzájuk csatlakozó gerinc között. Ez is hozzájárulhatott a két elem egymástól való elválásához, ami különösen az U-tartó belső sarkaiban volt várható, és amit a tartó hosszabb szakaszain meg lehetett figyelni. Ezt a **2. ábrában** mutatjuk be. A gerinc és az övek egymástól való elválásuktól kezdve megszűntek együttműködő U-tartóként viselkedni. A tartó aszimmetrikus felépítése is szilárdságilag



1. Ábra.

A baloldali főtartónak a töréstől kb. 100 mm távolságra kivágott keresztmetszetéről készült felmérési rajz.

Az „A” helyeken a gerinc borító rétege elvált a magrétegtől.



2.ábra.

A bal szárny főtartójából kivágott keresztmetszet képe. Jól látható a gerinc borító rétegének elválása mind a szendvics maganyagától, mind a tartó öveitől. Az öveket alkotó unidirekcionális karbonszál-réteg a gerinchez való csatlakozás helyén begyűrődött.



3.ábra.

A bal szárny főtartójának a töréssel szomszédos szakasza a tartó öve felől nézve. A gerincet a szárny héjához kötő gittréteg levált a héjról. Jól láthatók a gitt felkenésének a nyomai is, amiből a réteg nem kellően egyenletes felkenésére is következtetni lehet.

kedvezőtlen, mert a nyíró középponton kívül terhelve járulékos csavaró igénybevételt is szenved.

2.4. A főtartó magassága és az alsó és felső héj között mindenütt kb. 3-6 mm nagyságú hézag volt, amit szereléskor gittel töltötték ki. A gittréteg azonban nem elég szilárd ahhoz, hogy biztosítani tudja a főtartó és a héjak közötti megbízható erőátadást. Ennek következtében a baleset után mindkét oldali héj elvált a főtartótól. (3.ábra.). Mivel ez az elválás többnyire a főtartó vagy a héj felszínén következett be, a térkitöltő gittnek a laminát-felszínéhez való kötése sem volt megfelelő, és a főtartók és a héj közötti elválás már a balesetet megelőzően is megindulhatott.

3. Válaszok a megbízásban feltett kérdésekre.

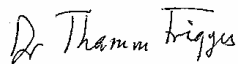
Ad a.) A gép tervezésekor igyekeztek többé-kevésbé egyenszilárdságú szerkezet kialakítását megvalósítani. Pontos szerkezeti rajzok, méret- és anyagadatok hiánya miatt számszerűen nem válaszolható meg, hogy a gép sárkányának igénybevétele mindenütt a megengedett határ alatt marad-e. Mindenképpen kifogásolható azonban a felhasznált téglalap-alaprajzú szendvics-magréteg alapja a téglalap hossz tengelyének a főtartó hossz tengelyével párhuzamos elhelyezése, mert az kedvezőtlen a főtartó nyíró igénybevételének felvétele szempontjából. Nem kedvező a főtartó aszimmetrikus U alakú keresztmetszete sem.

Ad b.) A felhasznált szerkezeti anyagok ismertek, általában megfelelnek az adott szerkezet szilárdsági követelményeinek. A tervezőnek lehetősége volt megfelelő rétegszámot megválasztva kellő szilárdságú héjszerkezet kialakítására. A felhasznált jó minőségű prepregek a szálváz egyenletes eloszlását, ezáltal egyenletes szilárdsági viselkedést biztosítottak volna megfelelő laminálási technológia, jól megválasztott rétegszám és az egyes elemek megfelelő csatlakoztatása esetén.

Ad c.) A gép építéskor alkalmazott gyártási technológia a hazai erősített műanyag feldolgozó üzemekben szokásos szinten van, ami kellő gondosság esetén hajóknál és építményeknél megfelelő eredményeket biztosít. Az ilyenkor előforduló méretszórások és vetemedések ezeknél az alkalmazásoknál többnyire megengedhető határok között mozognak. Nehezen tartható azonban repülőgépek esetén az egyes részletek olyan méretpontossága, ami csatlakozó alkatrészek ragasztással történő megfelelő együttműködését biztosítja. A fellépett, az egyes alkatrészek méretszórásaiból adódó illesztési hézagokat jelen esetben gittel való kitöltéssel kívánták áthidalni, de nem kielégítő eredménnyel. Mivel ez a gép főtartó-szárnyhéj szilárdságilag létfontosságú kötéseire is vonatkozik, magában foglalja a szükségképpen bekövetkező baleset magyarázatát.

Ad D.) Amint azt a 2.2 pontban említettem, a szerkezetet alkotó prepregeknek a gyártó részéről való leszállítása és beépítésük közötti hosszú idő csak akkor engedhető meg, ha közbenső tárolásuk megfelelően alacsony (-15°C) hőfokon történik. A kézhez kapott dokumentációban nincs utalás arra, hogy a prepregeket felhasználó rendelkezett-e a megfelelő méretű hűtőtérrel és azt az adott repülőgép építésekor alkalmazta is. A vizsgált főtartó-keresztmetszet (1. ábra) gerincének vetemedése (görbülése) arra enged következtetni, hogy a gerinc lamináláskor a teljes kötés bekövetkeztéig nem volt egymáshoz kellő képen rögzítve. Ugyanez vonatkozik a főtartó gerince és övei között az 1. ábrán bemutatott és a 2.1 pontban említett kötésre is.

Budapest, 2007 november 7.



Dr. Thamm Frigyes.

Cell: +36 30 399 3036
Fax: +36 1 296 9520
Web: www.kbsz.hu

Dear Ma'am/Sir,

I'm Janos Eszes from Transportation Safety Bureau of Hungary. I would like to ask for your expert advice concerning material selection for ultralight (UL) aircraft.

We have come across a void filler/edge sealer that is known to be used by UL builders. It's a 3M Scotch-Weld product, EC-3524 B/A. The product is listed in your catalogue under "Aerospace - Adhesives - Void Fillers".

We have two questions regarding this product.

1. For what kind of applications would you recommend this product if an UL builder person/company asked for your advice?

3M recommend the 3M EC 3524 B/A compound to be used in the following types of applications:

- 1.) Honeycomb panel local core reinforcement*
- 2.) Edge sealing compound for sandwich panel edge close out (honeycomb panel edge finishing)*

2. If the above person/company asked for a solution for bonding the wing spar to the wing skin, would you recommend the EC-3524 B/A? (The bondable materials are fiber glass texture.) If you would, why? If not, why not?

3M would not recommend use of this 3M EC 3524 B/A for adhesive bonding as it is a solution developed for sandwich structure. The types of load on the material comparing bonding and sandwich applications are totally different.

Your response would be a great help to us.

Yours sincerely,

Janos ESZES
TSB Hungary
eszes.janos@kbsz.hu

Dr. Tóth Tihamér főiskolai docens

SzakvéleményCorvus Corone Mk.II. Szárny főtartó övek karbon tartalma**Összefoglalás**

	Gyanta	Üveg	Karbon
Mért súly g	7,53 g	1,32g	1,88g
Súly %	70	12,3	17,52
Fajsúly kg/m ³	1195	2540	1800
Térfogat arány	83650	31242	31536
Térfogat %	57,13	21,34	21,54
Szakító szilárdság Mp	65	1400	2000
σ (laminátumban)	37,1345	298,76	430,8
σ laminátum Mp	255,56483 Mp		

Karbonszál tartalom meghatározása irritációval

Az irritációs vizsgálat műanyagkompozitok réz- és szilika alapú töltő- és vázanyagi mennyiségének meghatározására alkalmas módszer.

A vizsgálat célja, hogy a mintát olyan hőmérsékletre hevítjük ahol a szálak anyagok termikusan nem lávrosodnak, de a kompozit egyéb anyagai eliminálódnak. A vizsgálat előtt tisztázandó, hogy a hevítés és az ismételt hevítés után a minta tömege nem változik. A minta mérete csak leledített állapotban végezhető el. A kb. 120-150°C-os mintát célzerű extraktorban leledíteni.

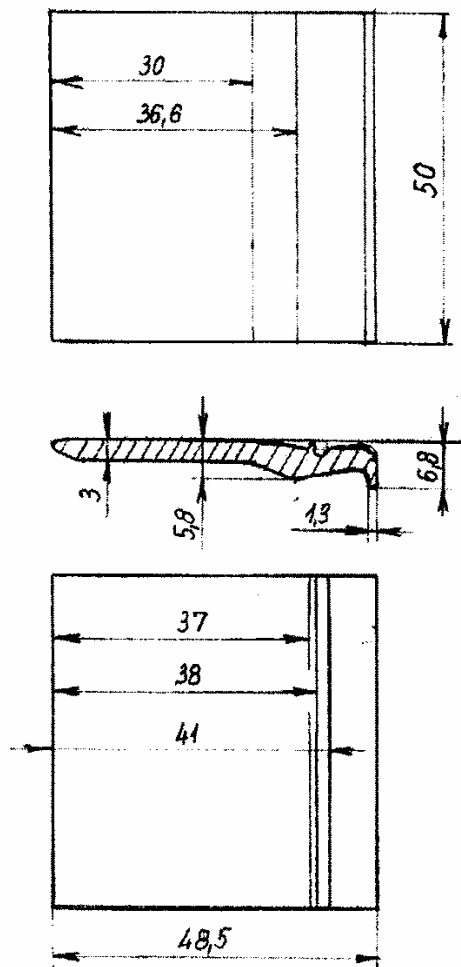
1. Az első minta vizsgálata

1.1. A minta geometriai méretei

A rendelkezésünkre álló „U” alakú méréstő elemet rárában találtunk karbonszálat és üvegrostot. A két rárat egy műanyag szerkezetű lemez kötötte össze.

Vizsgálatunkkor a „U” alakú tartó egyik lemezét kinyújtottuk fel. A lemezt meginttítottuk és kil. sz. borítást készítettünk, könnyen leválós üvegrostot és két mintadarabot készítettünk.

A vizsgálandó mintáiról készített tartót a mellékletben találhatók.



1. ábra A lecsiszolt első minta több geometriai méretei látható a mellékelt fotón!!

1.2. A vizsgálat menete

Az irritációt megfelelő hőfokprogram szerint történt. A mintát első lépésben addig hevítettük, amíg meg nem jelent az első gáz-fázis frakció (22 440... 46000). A gázok eltávolítása után növeltük a hőmérsékletet 65000-ig, ahol 1 óráig irritottuk. Ezután hűtöttük és mértük a tömeget. Ezt 3-órát megismételtük 1-1 óra irritációval és tömegméréssel. Ezután 65000-ra hevítettük és 1 órán keresztül irritottuk és mértük a tömeget. Ezt megismételve már további tömegnövekedést nem tapasztaltunk.

1.3. Mérési eredmények

Az első minta kiindulási tömege	10,73 g
Az irritáló téglgy tömege irritálás előtt	72,62 g
A téglgy és a minta tömege irritálás előtt	83,35 g
Iritálás utáni első mérés	77,98 g
Plusz 1 óra irritálás után	77,33 g
— " —	76,73 g
— " —	75,10 g
640 c.c.m történi irritálás után	75,62 g

Ez a tömeg tovább nem változott.

Ezután megválasztottuk a karbonizálót az üvegtróvettel, amelyre a mellékelt fotó is mutatja és mértük a téglgy és a karbonizál tömeget.

Ezzer együttes tömege	74,50 g
A téglgy irritálás utáni tömege	72,62 g
A karbonizál tömege [a fotó alapján]	1,88 g

A mért adatok alapján a karbonizál százalékos mennyisége:

$$\frac{1,88 \cdot 100}{10,73} = 17,5 \%$$

Ugyanezt a vizsgálatot a második mintán is elvégeztük. A második mintában lévő karbonizál százalékos mennyisége:

$$\frac{1,51 \cdot 100}{10,21} = 15,4 \%$$

Kecskemét, 2007. 11. 19.

Dr. Tóth Tihamér
főiskolai docens



IGAZSÁGÜGYI ÉS RENDÉSZETI MINISZTERIUM
BŰNÜGYI SZAKÉRTŐI ÉS KUTATÓINTÉZET

ÜGYIRATSZÁM: 7000 – 0311/2008

SZAKÉRTŐI VÉLEMÉNY

Típus: Szervezet	
Típus: Bűnügyi szakértői és kutatóintézet	
Dátum: 2009 JAN 28	
Ügyiratszám: RFO/86/4/2008	
Előzetes szám: KBSZ-ERK/293/2009	
Előadó: Orosz György	
Mellékletok száma:	



BŰNÜGYI SZAKÉRTŐI ÉS KUTATÓINTÉZET

1903 Budapest, Pf.: 314/4.

Tel.: 477-2161, BM: 18-284 Fax: 477-2185, BM: 18-285

Szám: 7000-6311/2008

Tárgy: szakvélemény küldése

Iktatószám: RFO/65/32/2008.

Mell.: Csomag

Közlekedésbiztonsági Szervezet

Budapest

A fenti számú ügyben az intézmény tevékenységi körében és az eljárási jogszabályok betartásával készített szakértői véleményt, a tárgyat és a díjjegyzéket mellékelten megküldöm.

A díjjegyzékkel kapcsolatos véleményeltérést az IRM BSZKI részére a díjjegyzék kiállítását követő 15 naptári napon belül kérjük közölni. A szakértői díjat megállapító határozatot, a díjjegyzék számának feltüntetésével, a díjjegyzék kiállítását követő 30 napon belül kérjük a szakértői díjjegyzék alapján a számlát kiállító IRM Központi Gazdasági Főigazgatóságnak intézkedésre megküldeni.

Budapest, 2009. 01. 21.



Dr. Lontainé Dr. Santora Zsófia
főtanácsos, főigazgató

DÍJJEGYZÉK

A 7000-6311/2008 számú ügyben végzett szakértői tevékenység díjáról a többször módosított 3/1986. (II. 21.) IM. rendelet alapján:

1. Vegyészeti szakértői vizsgálat díja (I. melléklet 45.: 4000 Ft/vizsg./minta)	14 db	56 000 Ft
2. Egyéb szakértői tevékenység (I. melléklet 91.: 4000 Ft/óra)	10 óra	40 000 Ft
3. Költségátalány (10.§(1): 35%, max. 100 000 Ft)	35 %	33 600 Ft
4. Szakasszisztensi díj (II. melléklet 9.)		3000 Ft
5. Fotótechnikus díja (II. melléklet 10.)		3000 Ft
6. Szakvélemény leírás díj (II. melléklet 4.: 300 Ft/oldal)	7 oldal	2 100 Ft
Szakértői díj:		137 700 Ft
ÁFA (20 %)		27 540 Ft
Összesen:		165 240 Ft

azaz százhatvanötezer – kettőszáznegyven forint. A szolgáltatás díjáról készített számlát a Központi Gazdasági Főigazgatóság küldi meg. Kiegyenlítéskor kérjük az ügyszámot és az Intézet megnevezését feltüntetni szíveskedjenek.

Budapest, 2009. 01. 21.



Károly Istváné
Károly Istvánné

i.ü. vegyészszakértő

BŰNÜGYI SZAKÉRTŐI- ÉS KUTATÓINTÉZET
1903. Budapest Pf. 314/4
Fizikai-Kémiai Szakértői Osztály
Spektrofotometriai Laboratórium
Szám: 7000-6311/2008

Szakértői vélemény

Készült a Közlekedésbiztonsági Szervezet RFO/65/32/2008. iktatószámú, 2008. 11. 20.-án kelt határozata alapján.

Vizsgált tárgy (a határozat alapján):

'Szárnny főtartó darab' – a HA-YCAH lajstromjelű, Corvus Corone MK II. típusú repülőgépből biztosítva

Bűnjelkezelés

A 'szárnny főtartó darab' különböző szerkezeti elemeinek anyagából mintát vettünk, más változtatást nem végeztünk. A tárgyat és az általunk biztosított mintákat mellékelten visszaküldjük. A vizsgálatokhoz vegyésztechnikus segítségét vettem igénybe.

Vizsgálati módszer és eszközök:

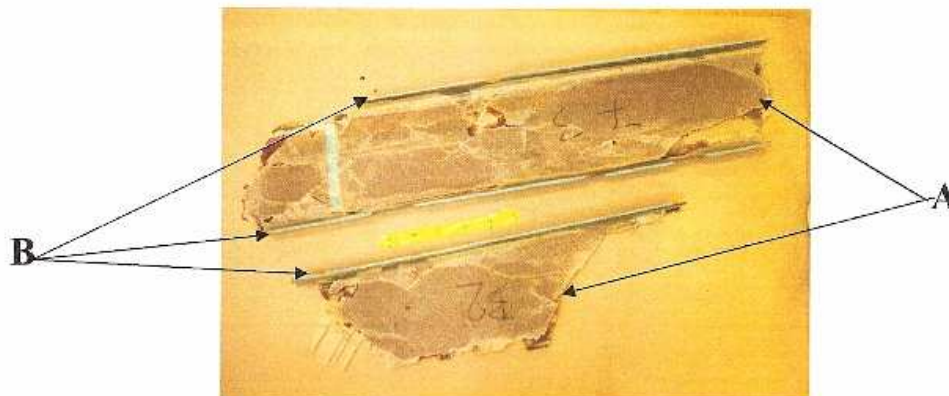
A vizsgálatokat vizuálisan, optikai mikroszkópi, Fourier-transzformációs infravörös spektroszkópiai és mikroszkópi Raman spektrofotometriás módszerekkel végeztük.

Az alkalmazott eszközök:

- WILD M3Z sztereomikroszkóp,
- Bruker Vertex 70 FTIR spektrofotométer,
- Ge ATR objektív,
- LabRam Aramis Raman mikroszkóp.

Vizsgálati lelet:

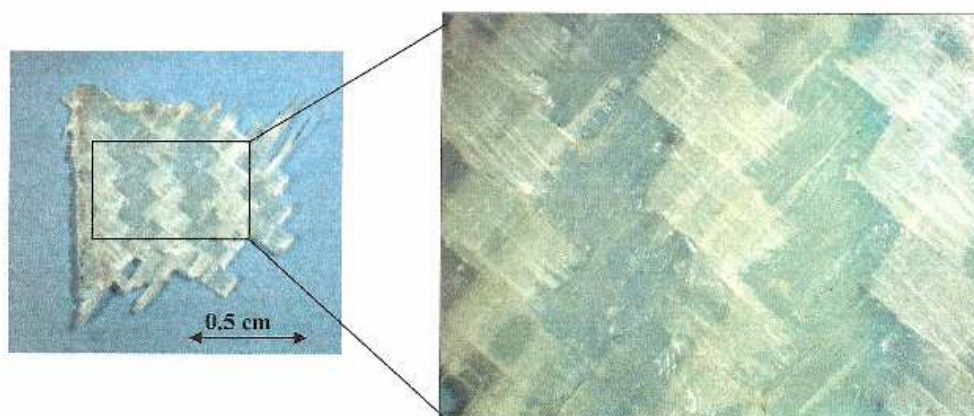
A vizsgált 'szárny főtartó darab' valójában egy ~75x22x5 cm méretű (B2 jelű) és egy 100x22x5 cm méretű (73 jelű), töredezett alkatrész darab (1. számú fénykép).



1. számú fénykép

A vizsgálatra küldött 'szárny főtartó' darabok

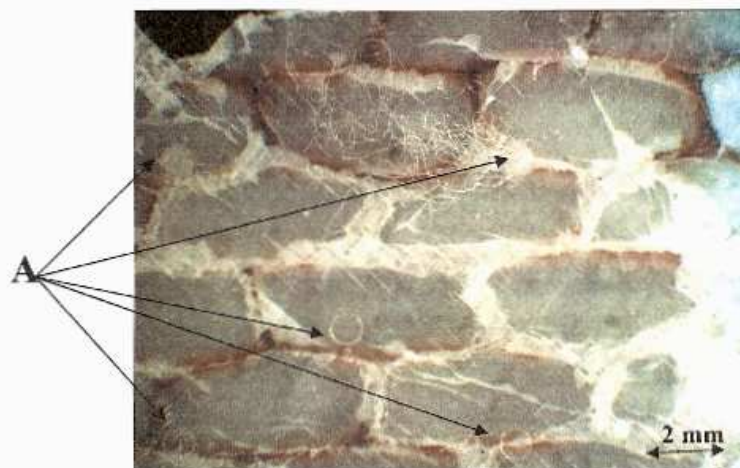
Az alkatrész darabok 'B2' és '73' feliratot tartalmazó lapja (1. számú fénykép 'A'-val jelölt részek) többretegű, világosbarna színű, méhsejt cellás szendvicsanyag, alul és fölül fehér színű üvegszövet bevonattal. Az üvegszövet valójában egy szálerősítésű kompozit, amely egy jellegzetes, sávolyszövésű, ~8 µm átmérőjű üvegszálakból álló szövetet és hordozóanyagként epoxi gyantát tartalmaz (2. számú fénykép).



2. számú fénykép

Az üvegszövet egy darabja és kinagyított részlete

Az alkatrész darabok 'B2' és '73' felíratot tartalmazó lapjain, a fehér színű üvegszöveten, ~1x1 cm rácsozatban, ~1 mm átmérőjű, kör alakú lenyomatok láthatók. Néhány kör alakú lenyomat területén, az üvegszövet gyantarétegébe fehér színű szálcsonkók vannak beleragadva (3. számú fénykép). A fehér színű szálcsonkók ~20-25 µm átmérőjű, polipropilén alapanyagú szálakból állnak.



3. számú fénykép

Az üvegszövet felületén lévő kör alakú lenyomatok és a lenyomat területén a gyantarétegbe ragadt polipropilén alapanyagú szálakból álló szálcsonkó (A)

Az alkatrész darabok peremrésze (1. számú fénykép 'B'-vel jelölt részek) több rétegű, szénzálás merevítésű. A fekete színű, szénzálás merevítő réteg belső oldalán két fehér, üvegszövet réteg van, amely a fekete szénzálás réteghez rögzítve, azon áttetsző réteget képez. Néhány helyen az üvegszövet rétegek teljesen vagy részben leváltak a fekete szénzálás rétegről. Ezekon a helyeken, a fekete szénzálás rétegen lévő áttetsző réteg fehér színűvé vált, az üvegszövet eredeti, fehér színének megfelelően. (4. számú fénykép).

**4. számú fénykép**

A szénszálas merevítő réteg és a rajta lévő üvegszövet rétegek áttetsző réteget képezve (A), a szétvált részekben fehér színű réteget képezve (B)

Az alkatrész darabok peremrészén, a szénszálas merevítő réteg külső oldalán, egy üvegszövet réteg, majd egy kék színű, habosított epoxi gyantaréteg van. A habosított epoxi gyantaréteg felületén, átlátszó epoxi gyantaréteg van. Az átlátszó gyantaréteg felületén, jellegzetes mintázatú, szövött textilstruktúra lenyomata látható, amely sávolszövésű, szövött textíliától származik. (5. számú fénykép).

**5. számú fénykép**

Az epoxi gyantaréteg felületén lévő szövött textilstruktúra lenyomata

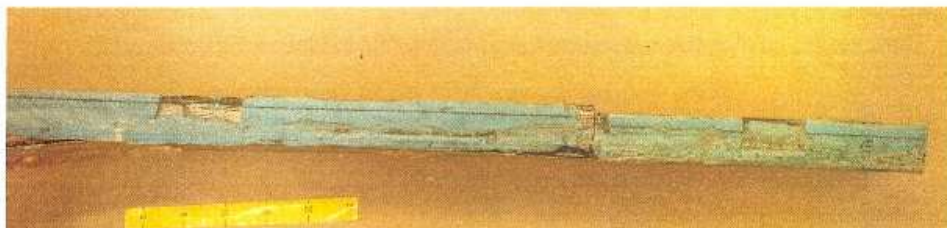
A lenyomat mikroszkópi képe alapján, mintázata megegyezik a méhsejt cellás szendvicsanyagot burkoló üvegszövet, sávolyszövésű szövetszerkezetével (6. számú fénykép).



6. számú fénykép

Az epoxi gyantaréteg felületén lévő szövött textilstruktúra lenyomatának egy részlete és egy ráhelyezett üvegszövet darab

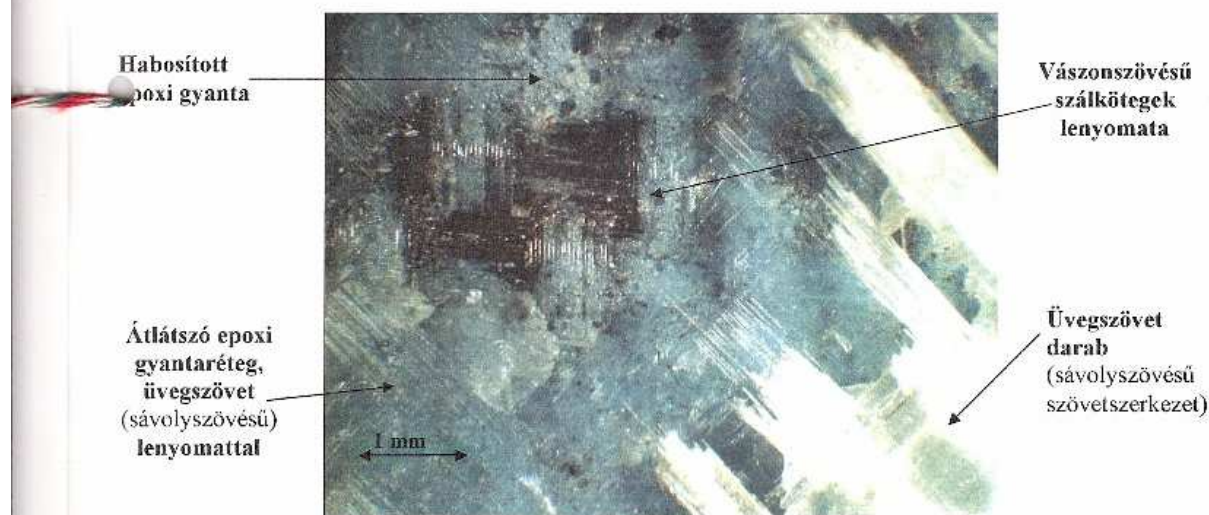
A '73' feliratú alkatrész darab 'A' jelzésű peremén kívül, az alkatrész darab teljes hosszúságában ~2mm szélességű, a perem élével párhuzamosan haladó csíkban, fekete színű anyagmaradvány látható. (7. számú fénykép).



7. számú fénykép

A '73' feliratú alkatrészdarab 'A' jelzésű peremének külső oldala

A fekete színű anyagmaradvány, a kék színű, habosított epoxi gyantaréteg és az üvegszövet szövetszerkezetével megegyező (sávolyszövésű) lenyomatot tartalmazó, átlátszó gyantaréteg között helyezkedik el. A fekete színű anyagmaradvány jellegzetes, vászonszövésű, ~25 µm átmérőjű szálakból álló szálkötegek lenyomatára van felkenődve (8. számú fénykép). Mikroszkópi képük alapján a lenyomatok (sávoly-, illetve vászonszövésű) szövetszerkezete eltérő. A felkenődött fekete színű anyagmaradvány mikro-mennyisége miatt, kémiai összetétele nem meghatározható.



8. számú fénykép

A ~25 µm átmérőjű szálakból álló szálkötegek lenyomatára felkenődött fekete színű anyagmaradvány és egy ráhelyezett üvegszövet darab

Vélemény

1. A '73' feliratú alkatrész darab 'A' jelzésű peremén az alkatrész darab teljes hosszúságában ~2mm szélességű, a perem élével párhuzamosan haladó csíkban, fekete színű anyagmaradvány van. A fekete színű anyagmaradvány kémiai összetétele mikro- mennyisége miatt nem meghatározható.
2. Az alkatrész darabok peremrészein lévő, kék színű habosított epoxi gyantaréteghez egy üvegszövet réteg volt ragasztva, amely onnan levált. A gyantarétegen maradt lenyomat szövetszerkezete alapján, az üvegszálalás szövet a méhsejt szerkezeten lévő üvegszövettel volt megegyező szövetszerkezetű.
3. A méhsejt szerkezet üvegszálalás burkolószövetén lévő szálcsonókat alkotó elemi szálak polipropilén alapanyagúak, nem az üvegszövetből származnak.
4. A fekete színű szénszálalás merevítő rétegen lévő kifehéredést az okozza, hogy a hozzá erősített üvegszövet rétegek, részben vagy teljesen elváltak a szénszálalás rétegtől.

Budapest, 2009. január 21.



Károly Istvánné
Károly Istvánné
i. ü. vegyészszakértő