

דוח חקירה בטיחותית סופי

(דוח בדיקה)

תיק תקרית 43-19

- גמגום מנוע, נחיתה וביטול טיסת המשך -

1.6.2019	בתאריך
TEXAN	כלי הטיס (אז"מ)
4X-HIZ	סימן רישום
בין וינגייט לעתלית	מקום האירוע

לצורכי בטיחות בלבד

הדין ביחס החקירה הבטיחותית ותוצריה

(מחוק הטיס, התשע"א-2011 ומנספח 13 לאמנת התעופה)

חקירה בטיחותית - חקירה של אירוע בטיחותי לפי פרק זה היא הליך הכולל איסוף מידע וניתוחו, הסקת מסקנות, לרבות קביעת הסיבות לאירוע הבטיחותי או הגורמים שתרמו להתרחשותו, ומתן המלצות הנוגעות לעניין לצורך שיפור בטיחות התעופה, ככל שלדעת החוקר הראשי יש בכך צורך. (סעיף 104 לחוק).

מטרת חקירה בטיחותית - מטרתה הבלעדית של חקירה בטיחותית היא מניעת אירועים בטיחותיים, ואין תכליתה ייחוס אחריות אזרחית, פלילית או משמעית לאירועים כאמור. (סעיף 105 לחוק).

תפקידי החוקר הראשי - החוקר הראשי יהיה ממונה על ביצוע חקירות בטיחותיות לפי הוראות פרק זה. במילוי תפקידיו יפעל החוקר הראשי בהתאם להוראות נספח 13 לאמנה, ככל שהן ישימות בישראל, למעט הוראות כאמור שלגביהן הודיע המנהל לארגון התעופה הבין-לאומי, לפי הוראות סעיף 4(ב) לחוק רשות התעופה האזרחית, כי ישראל פועלת באופן שונה. (סעיף 108 לחוק).

אי-תלות - בביצוע חקירה בטיחותית לפי פרק זה אין מרות על החוקר הראשי ועל ממלא מקומו, זולת מרותו של הדין; הוראות סעיף זה יחולו גם על חוקר שהוסמך לפי סעיף 115, בכפוף להוראות סעיף קטן (ג) של הסעיף האמור. (סעיף 109 לחוק).

פרסום הדוח הסופי - החוקר הראשי יפרסם את הדוח הסופי באתר האינטרנט של משרד החוקר הראשי וכן יעמיד את הדוח לעיון הציבור, ללא תשלום, במשרד התחבורה והבטיחות בדרכים, ובלבד שלא יפרסם את הדוח או חלק ממנו ולא יעמידו לעיון הציבור כאמור, אם יש בכך כדי לפגוע בביטחון המדינה או ביחסי החוץ שלה. (סעיף 119 לחוק).

המלצות החוקר הראשי - המנהל וכל מי שהחוקר הראשי כלל לגביו המלצות בדוח הסופי יבחן את ההמלצות כאמור הנוגעות אליו, יחליט באשר ליישומן ויודיע על החלטתו המנומקת בכתב לחוקר הראשי; המנהל יעביר את החלטתו המנומקת כאמור גם לשר. (סעיף 122 לחוק).

אי-קבילות הדוח הסופי - הדוח הסופי לא יתקבל כראיה במשפט, למעט בערר לפי סעיף 39, בעתירה מנהלית או בערעור מנהלי על החלטות לפי חוק זה, לפי חוק בתי משפט לעניינים מנהליים, התש"ס-2000, ולא ישמש בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 124 לחוק).

חיסיון ואי-קבילות של חומר חקירה בטיחותית - חומר חקירה בטיחותית לא יימסר ולא יתקבל כראיה במשפט ולא ישמש בהליך משמעתי, בהליך מנהלי או בהליך שנוקט מעביד כלפי עובדו. (סעיף 123 לחוק).

- ☒ "Also, discuss and analyze any issue that came to light during the investigation which was identified as a safety deficiency, although such issue may not have contributed to the accidents".
- ☒ The investigation may also reveal other hazards of deficiencies within the aviation system not directly connected with the causes of the accident".
- ☒ "When drafting the Final Report, the writer should not assume that everyone who reads the report is familiar with the technical detail".
- ☒ "The writer's responsibility is to present the reader with a word picture of the accident and the investigation. The writer should assume that the reader is intelligent but uninformed and will analyze the facts presented in order to test the conclusion of the Final Report".
- ☒ "If the Final Report must delve into complicated areas such as aerodynamics, metallurgy, and the operation of aircraft systems, the subject should be explained in a way that it is easy to understand".

(ICAO / ANNEX 13 / DOC. 9756 / PART I & IV)

הדוח הועבר לפרסום עפ"י סעיף 119 לחוק הטיס, התשע"א – 2011.

דוח חקירה בטיחותית סופי (דוח בדיקה)

תיק תקרית מס' 19-43

תקציר האירוע

ביום שבת, בתאריך 1.6.2019, סביב השעה 07:30, טייס אז"מ מסוג TEXAN, עם טייס נוסף כנוסע (להלן: "טייס א"), המריאו ממנחת ראשון לציון (להלן: "מנחת ראשון") לשדה התעופה חיפה, עם שני מטוסים נוספים, משם תכננו להמשיך לקרואטיה. הטיסה התנהלה בנתיבי CVFR, בגובה 1,200 רגל, מתל יונה לאורך קו חוף, צפונה. בחליפת וינגייט, הטייס פתח כוח מנוע למלא והחל לטפס לגובה הנתיב, 1,500 רגל - תוך כדי כך, כוח המנוע פחת ל-4,500 סל"ד. בכוח מנוע מופחת, הטייס המשיך בטיסה ונחת בשלום בחיפה, ללא אירועים חריגים. לאחר הנחיתה, הטייס החליט לבטל את המשך הטיסה לקרואטיה, עד לבדיקת המטוס ותיקונו.

החוקר הראשי לא דווח טלפונית ע"י הטייס, אך בשעה 08:35, הובאה לידיעתו שמועה על אירוע בטיחותי בשדה התעופה חיפה, אותה אימת בשיחה עם המגדל וביקש שהטייסים יצרו אתו קשר. בשיחה מאוחרת יותר, עם הטייסים, החוקר הראשי עודכן על פרטי התקרית, הנחה אותם להקפיא מצב, עד לבדיקת המטוס, למחרת בבוקר, ע"י חוקר מטעמו ונציג מכון הבדק.

במקביל, נבדקה סוגיית השימוש בדלק 95 אוקטן בחשד שהיה הגורם למספר אירועי בטיחות נוספים, חלקם חמורים (ראה דוח 19-42).

בדיקת האירוע הנוכחי החלה בחשד לגבי הרכב ואיכות הדלק והתמקדה, ככל שהעמיקה, בהיבטים הטכניים של אובדן חלק מכוח המנוע באוויר.



המטוס נשוא התקרית

1. מידע עובדתי

1.1 היסטוריה של הטיסה

רקע

מטוס הטקסון, נשוא התקרית, הוא משנת ייצור 2005 ונמצא משנת 2016, בבעלות של מספר שותפים. מתחילת חודש אפריל 2019, עד לתאריך 18.5.2019, השותפים ביצעו עם המטוס עשר טיסות ובסה"כ, סביב 20 שעות טיסה. בתאריך 20.5.2019, המטוס הוכנס, ביוזמת השותפים, למכון הבדק, למספר פעולות תחזוקה, כהכנה לטיסתם המתוכננת, לקרואטיה, בקבוצה עם שני מטוסים נוספים (להלן: "הקבוצה"), כשבוע וחצי לאחר מכן. פעולות התחזוקה כללו: החלפת מד ספיקת דלק תקול והחלפת כל צנרת הדלק שבתא המנוע בצנרת חדשה. בסיומן, המנוע הורץ ע"י מכון הבדק ונמצא תקין. עפ"י רישומי השותפים, בספר המטוס הנייד, טיסת התקרית, בתאריך 1.6.2019, הייתה הטיסה הראשונה שנערכה לאחר פעולות התחזוקה, אך בבדיקת יומן המנחת הממוחשב, נמצא רישום של טיסה קודמת שבוצעה ע"י הטייס, בתאריך 25.5.2019. בטיסה זו, הטייס ביצע מספר הקפות בלבד והמטוס לא תודלק, לפני ו/או אחרי הטיסה.

טיסת התקרית

ביום שבת, בתאריך 1.6.2019, סביב השעה 30:06, הטייס הגיע למנחת ראשון, עם שותפו (להלן: "טייס ב'") הוציא את מטוס הטקסון נשוא התקרית (להלן: "המטוס") מהאנגר התחתון בו הוא חונה, ביצע בד"ח והסיע לתחנת הדלק של המנחת, שם תדלק סביב 25 ליטר דלק 95 אוקטן בכל כנף, למצב של שני מכלים מלאים. בקבוצה הוחלט לטוס לחיפה בנתיב CVFR לאורך קו החוף, אך מאחר שהטייס לא מחזיק באישור טיסה בנתיבי CVFR, שונה ציוות הטייסים בשלושת המטוסים, באופן שבכל מטוס, היה טייס מפקד המחזיק באישור לטיסה בנתיבי CVFR. סביב השעה 30:07, מטוס הטקסון ושני האחרים מסוג סטינג וטקסון, המריאו ממנחת ראשון לטיסה משותפת לחיפה, משם תכננו להמשיך לקרואטיה. הטיסה צפונה, מתל יונה עד ווינגיט, התנהלה בנתיב CVFR, בגובה 1,200 רגל, ללא אירועים חריגים. לאחר חליפת ווינגיט, שלושת המטוסים הונחו ע"י הבקר לטפס, בהמשך הנתיב, לגובה 1,500 רגל. הטייס פתח מנוע מלא, סביב 5,300 סל"ד, הרים אף לטיפוס, אך חווה, לפתע, ירידת כוח מנוע שירד עד 4,500 סל"ד. הטייס משך את המצערת, למצב המתאים ל - 4,500 סל"ד, והמנוע המשיך לפעול בסיבובים אלה באופן חלק ויציב, כולל בטיפוס מתון. לאחר שווידא שכל הפרמטרים במנוע, כולל טמפרטורות ולחצים, תקינים, הטייס המשיך בטיסה, בסל"ד מופחת זה, ללא אירועים חריגים, ונחת בשלום בחיפה, בשעה 10:08.

לאחר הנחיתה, הטייס החליט לבטל את המשך הטיסה לקרואטיה, עד לבדיקת המטוס ותיקונו, אך כדי למנוע לחץ חברתי, מצד הטייסים האחרים בקבוצה, לא סיפר להם על התקלה שחווה בטיסה לחיפה ותרץ את החלטתו בכך שהוא מרגיש לא טוב. הטייס לא דיווח לחוקר הראשי, טלפונית, והתקרית נודעה לו, בשעה 08:35 משמועה בלבד. בהמשך, החוקר הראשי התקשר למגדל חיפה, קיבל אימות לתקרית וביקש שהטייסים ייצרו אתו קשר. בשיחה מאוחרת יותר, עם הטייסים, החוקר הראשי עודכן על פרטי התקרית, והנחה אותם להקפיד מצב, עד לבדיקת המטוס, למחרת בבוקר, ע"י נציג מכון הבדק, בנוכחות חוקר מטעמו.

טיסות שני המטוסים האחרים בקבוצה

שני המטוסים הנוספים, מסוג טקסן וסטינג, שתדלקו גם הם, לפני הטיסה, דלק 95 אוקטן מתחנת הדלק במנחת ראשון, וטסו באותם התנאים בנתיב, עברו את הטיסה מראשון לחיפה, ללא אירועים חריגים. המטוס מסוג סטינג נחת בחיפה בשעה 08:12 והמטוס השני מסוג טקסן, נחת בחיפה בשעה 08:16. בהמשך הבוקר, מטוס הסטינג בשעה 09:38 ומטוס הטקסן בשעה 09:43, הם המריאו מחיפה, כאשר הטמפרטורה בשדה הייתה 27 מעלות צלסיוס, טיפסו לגובה הנתיב, סביב 6,000 רגל ולאחר טיסה, ללא אירועים חריגים, נחתו בקפריסין, בשלום. מסיבות משפחתיות, טייסיהם החליטו לבטל את המשך הטיסה לקרואטיה וחזרו למחרת לחיפה ובהמשך למנחת ראשון, ללא אירועים חריגים.

1.2 המעורבים

הטייס

- גיל – 44.
- רישיון טיס עם הגדר אז"מ - מתאריך 12.10.2016.
- תעודה רפואית – בתוקף עד 30.10.2019.
- מבחן רמה - בתוקף עד 9.9.2020.

טייס א'

- גיל – 60.
- רישיון טיס עם הגדר אז"מ - מתאריך 27.1.2015.

טייס ב'

- גיל – 50.
- רישיון טיס עם הגדר אז"מ - מתאריך 12.10.2016.

1.3 כלי הטיס

- סוג – אז"מ מסוג TEXAN.
- יצרן – Flysynthesis.
- שנת ייצור – 2005.
- שעות טיסה – 576 שעות מנוע, ו - 3,420 שעות גוף.
- תעודת כושר טיסה – בתוקף, עד 2.2.2020.

1.4 מז"א

- (באזור ווינגייט, סביב השעה 07:30, בגובה 1,500 – 1,000 רגל).
- רוח – צפון מערבית קלה.
- ראות – בינונית, עקב עננות 5 עד 7 שמיניות, עם בסיס ענן נמוך.
- טמפרטורה - 22 מעלות צלסיוס.
- לחות יחסית - 75%.

1.5 צבר האירועים והשלבים, ממועד התקרית הראשונה ועד לטיסה חזרה למנחת

תאריך	פעילות
1.6.2019	התקרית ירידת סל"ד בפתחת כוח מלא לטיפול, הורדת סל"ד ל – 4,500. המשך טיסה ונחיתה בחיפה.
2.6.2019	<u>שלב ראשון</u> - המטוס נבדק ע"י מכונאי, בנוכחות חוקר חיצוני. נמצאו זיהומים בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים. לאחר ניקוי הזיהומים והרצה מוצלחת של המנוע על הקרקע, החוקר הראשי שחרר את המטוס מצרכי חקירה. טיסת בדיקה, ע"י מדריך טיסה, וחזרה לנחיתה לאחר ירידת סל"ד בטיפול לאחר המראה. החוקר הראשי ביקש לקבל תכנית עבודה מסודרת ממכון הבדק והשלמת ביצועה.
5.6.2019	<u>שלב שני</u> - ביצוע פעולות בדיקה ותיקון נוספות בהתאם לתכנית מכון הבדק. הרצת מנוע מוצלחת ונטילת חלקיקים שחורים שנמצאו בקרבורטורים לזיהוי בבדיקת מעבדה. מכונאי מכון הבדק דיווח לחוקר הראשי על השלמת התיקונים והבדיקות, ביקש לשחרר את המטוס לטיסת בדיקה וקיבל את אישור החוקר הראשי לשחרור המטוס מצרכי חקירה. ביצוע בדיקה מקדימה של ריצת המראה, ללא אירועים חריגים. טיסת בדיקה ע"י אחד משותפי המטוס וחזרה לנחיתה לאחר ירידת סל"ד, בטיפול לאחר הניתוק. הודעת החוקר הראשי על עיכוב המטוס לצרכי חקירה.
7.6.2019	<u>שלב שלישי</u> - בדיקת המטוס ע"י החוקר הראשי ומכונאי.
8.6.2019	<u>שלב רביעי</u> - בדיקת מערכת הדלק ע"י חוקר חיצוני ולקיחת דגימות דלק מהמסנן וממכלי הכנפיים לבדיקות מעבדה.
19.6.2019	<u>שלב חמישי</u> - השלמת בדיקות ותיקונים ע"י מכונאי מכון הבדק. החוקר הראשי שחרר את המטוס מצרכי חקירה.
20.6.2019	<u>שלב שישי</u> – השלמת הבדיקות ע"י מכון הבדק, החלפת צינור דלק פגום, ריקון הדלק מהכנפיים ומילוי דלק 100LL.
21.6.2019	<u>שלב שביעי</u> - טיסת בדיקה ע"י מדריך טיסה והמשך טיסה, ללא אירועים חריגים, להחזרת המטוס למנחת ראשון.

נתוני הטמפרטורה בהמראות המטוס בתקופה שלפני התקרית ולאחריה

תאריך	שעת המראה	מקום	יעד	שעת נחיתה בראשון	טמפ' בהמראה	טמפ' בנחיתה
22.3.2019	08: 30	ראשון	באר שבע		17-16	
22.3.2019	10: 00	באר שבע	ראשון	10: 40	19	19-18
22.3.2019	12: 30	ראשון	מצדה		19	
22.3.2019	14: 45	מצדה	ראשון	15: 40	26-25	19
5.4.2019	09: 00	ראשון	מגידו		17-16	
5.4.2019	11: 00	מגידו	ראשון	12: 00	20-19	19-18
6.4.2019	07: 45	ראשון	דרום	09: 40	15-14	16
11.4.2019	11: 40	ראשון	מקומי	12: 15	19	20
23.4.2019	07: 30	ראשון	הרצליה?	09: 40	13-12	17
23.4.2019	09: 00	תנובות	ראשון		18	
24.4.2019	08: 30	ראשון	ראשון		17-16	
26.4.2019	06: 20	ראשון	חיפה	18: 10	17-16	22
26.4.2019	09: 00	חיפה	לרנקה		23	
26.4.2019	15: 00	לרנקה	חיפה		23	
26.4.2019	17: 00	חיפה	ראשון		23	
4.5.2019	06: 30	ראשון	דרום		16-15	
4.5.2019	08: 30	תימן	ראשון	09: 15	16	20
10.5.2019	14: 40	ראשון	ראשון	17: 50	21-20	21-20
18.5.2019	06: 45	ראשון	שדרות	09: 25	18	27
18.5.2019	08: 30	שדרות	ראשון		24-23	
25.5.2019	07: 35	ראשון	מקומי	08: 15	23	24
1.6.2019	07: 30	ראשון	חיפה	08: 10	22	23
2.6.2019	14: 28	חיפה	חיפה	00: 05	30	
5.6.2019	12: 30	חיפה	חיפה	00: 05	29	
21.6.2019	10: 00	חיפה	ראשון	00: 35	*28	

הערה: * הטיסה חזרה בוצעה לאחר שהדלק הוחלף בש"ית חיפה לדלק 100LL

פירוט הבדיקות והממצאים עפ"י השלבים

לאחר התקרית, בוצעו בשדה התעופה חיפה בדיקות של המטוס ע"י מכון הבדק וצוות החקירה. בהתאם לממצאים, בוצעו התיקונים הנדרשים, עפ"י החלטת מכון הבדק, ובסיומם בוצעו הרצות מנוע על הקרקע וטיסות בדיקה. להלן השלבים העיקריים:

שלב ראשון - 2.6.2019

הבדיקה נערכה ע"י מכונאי מכון הבדק וחוקר חיצוני שנשלח ע"י החוקר הראשי.

הבדיקה הראשונית התמקדה במסנן הדלק ובכוסית של שני הקרבורטורים.

☒ ממצאים - לכלוכים, כולל גופים זרים בגוון שחור בכוסיות שני הקרבורטורים.

☒ תיקונים – ניקוי המסנן וכוסיות הקרבורטורים והרצת המנוע בטווחי סל"ד שונים, ללא חריגות.

☒ טיסת בדיקה – ריצת ההמראה התבצעה ללא אירועים חריגים, אך בטיפול לגובה שסביב 100 רגל, הטייס חווה ירידת כוח מנוע לסביבת 4,500 סל"ד וחזר לנחיתת חירום.

הערה: הטייס דיווח על התקרית טלפונית לחוקר הראשי, אך לא בטופס כתוב.

	
הדלק הכתום והזיהומים בבית המסנן	דוגמת דלק שנוקז מבית המסנן
	
החלקיקים השחורים בקרבורטורים	צנרת הדלק שהוחלפה במנוע

☒ לאחר שהטיפול במנוע, בעקבות הממצאים, לא פתר את הבעיה והתופעה של נפילת סל"ד בעת טיפוס בכוח מלא הופיעה גם בטיסת הבדיקה, החוקר הראשי הודיע לטייס ולמכון הבדק על החלטתו לעכב את המטוס ולהעביר לו תכנית עבודה מסודרת להמשך הבדיקות.

☒ תכנית פעילות ההמשך של מכון הבדק:

- ✓ בדיקת מערכת הדלק והשוואתה למטוס מדגם זהה.
- ✓ ביצוע ניקוי כללי של שני הקרבורטורים.
- ✓ החלפת צנרת הדלק.
- ✓ החלפת צינורות ה- VENT של שני הקרבורטורים.
- ✓ החלפת פילטר אוויר.
- ✓ ביטול משדר מד ספיקת הדלק.
- ✓ הרצה המנוע בכל טווחי הסל"ד.
- ✓ טיסת בדיקה נוספת.

שלב שני - 5.6.2019

בנוכחות המכונאי, השותפים במטוס וחוקר חיצוני בוצע כדלקמן:

- ☒ הסרת מד ספיקת הדלק וחיבור צנרת הדלק.
 - ☒ החלפת כוסיות הדלק בשני הקרבורטורים
 - ☒ החלפת שני המצופים בקרבורטור השמאלי.
 - ☒ החלפת צינורות ה- VENT של תא המצופים בשני הקרבורטורים.
 - ☒ הרצת המנוע בכל טווחי הסל"ד, ללא בעיות חריגות.
 - ☒ ריצת בדיקה על המסלול, ע"י אחד השותפים, ללא בעיות חריגות.
 - ☒ בסיום העבודה, מכונאי מכון הבדק אישר לחוקר הראשי שכל הפעולות שסוכמו בוצעו וכי הוא מבקש לשחרר את המטוס, שנמצא על ידו תקין וכשיר.
 - ☒ החוקר הראשי אישר את שחרור המטוס מצרכי חקירה, תוך שביקש עדכון על תכולת העבודות שבוצעו ואישור על פתרון הבעיה.
 - ☒ טיסת הבדיקה בוצעה ע"י אחד השותפים. לאחר ריצת המראה תקינה, בתחילת הטיפול, בגובה שסביב 100 רגל, ארעה שוב ירידת סל"ד מ- 5,350 ל- 5,100 ובהמשך ל- 4,400. הטייס ביצע הקפה, בגובה 400 רגל, תוך שבדק שנתוני מחווי המנוע, בטווח התקין ונחת בשלום על מסלול 34.
- הערה:** לאחר הנחיתה, החוקר הראשי דווח טלפונית ע"י הטייס, ששלח בהמשך גם דיווח בטופס המקוון.

שלב שלישי - 7.6.2019

בבדיקת המטוס ע"י צוות החקירה ומכונאי נמצא כדלקמן :

- סנסור ה - EGT לא מחובר.
- משאבה חשמלית - פועלת.
- סימני רטיבות של שמן/מים, בפתח ניקוז משאבת המים.
- דוד האגוזו ישן מאד, עם חשש לבעיה פנימית.
- משאבת הדלק המכנית, משנת ייצור 2013, עם חשש לאי תקפות.
- אין שכ"א במקביל למשאבת הדלק החשמלית.
- משאבת הדלק החשמלית מחוברת במקביל למשאבה המכנית (בניגוד להמלצת ROTAX על חיבור טורי).
- אין קו מחזיר דלק למכל (בניגוד להמלצת ROTAX).
- הדלק בבית המסנן נקי וצבעו תקין, אך עכור במקצת.
- מסנן הדלק נקי ותקין.
- מפלס השמן במכל גבוה מידי, במידה ניכרת.
- צבע הדלק בכוסיות הקרבורטורים כתום.

שלב רביעי - 8.6.2019

- דלק נוקז מבית המסנן - שוב התקבל דלק בצבע כתום, נלקחו דגימות לבדיקת מעבדה.
- דלק נוקז משני מכלי הכנפיים - נמצא נקי ובצבע בהיר ושקוף התואם לדלק 95 אוקטן, נלקחו דגימות לבדיקת מעבדה.
- מעגל מערכת הדלק נבדק בקפידה יתרה והממצאים שלא תואמים את המלצת יצרן המנוע ROTAX הם כדלקמן:
 - ✓ המשאבה החשמלית, מחוברת במקביל למשאבה המכנית (ולא בטור, עפ"י המלצת יצרן המנוע).
 - ✓ צינור עודפי הדלק מהמשאבות, אינו חוזר למכל הדלק (עפ"י המלצת יצרן המנוע), אלא חוזר, במעגל סגור, לקו יניקת הדלק.
- המשאבה החשמלית נבדקה לפעולה – נמצאה פועלת.
- דוגמת צינור, נלקחה ממערכת הדלק, לבדיקת השפעת הדלק על הקוטר הפנימי של הצינור - הצינור נאטם בצד אחד, מולא בדלק ונאטם בצדו השני. לאחר 24 שעות, תכולת הצינור רוקנה לצנצנת שקופה ונמצא דלק בצבע צהוב כהה, הדומה לזה שנוקז מבית המסנן וגם נמצא בכוסיות הקרבורטורים. עקב חשש לריאקציה בין הדלק לחומר ממנו עשוי הצינור, הגורמת לשינוי צבע הדלק, דגימת דלק הועברה לבדיקת מעבדה. דוגמאות הדלק הכתומות והעכורות נלקחו לבדיקה במעבדות כימיה ודלק של חיל האוויר. לאחר אידוי הדלק נמצא שמדובר בחומר מומס, צמיג, דמוי זפת, המתקבל מהתמוססות של צנרת דלק חדשה.

הערה: בקוטר הפנימי של דוגמת הצינור, שנחתך ממערכת הדלק במטוס, נמצאו, קודם לניסוי שבוצע, שכבה דקה של משקע דביק בצבע כתום.

שלב חמישי - 19.6.2019

- תיקונים ופעולות מכונאי מכון הבדק ללא נוכחות חוקר חיצוני.
 - ✓ החלפת צינורות הדלק שנחתכו במהלך הבדיקות הקודמות.
 - ✓ בדיקת קומפרסיה - בהכנסת לחץ 100 psi, כל הצילינדרים נמצאו בערכים תקינים מעל 97 psi.
 - ✓ בדיקת הפקק המגנטי - נמצא ללא שבבים.
 - ✓ בדיקת תקינות האגוז - דוד האגוז נמצא ללא חלקים פנימיים משוחררים.
 - ✓ בדיקת תקינות של מערכת יניקת האוויר והצינור השרשורי - נמצא תקין.
 - ✓ בוצע ניקוי שני הקרבורטורים והחלפת שסתום המצוף בשניהם.
 - ✓ ניקוז הדלק ממכלי הכנפיים ומילוי 40 ליטר של דלק 100LL בכל כנף (בוצע לדרישת מדריך הטיסה שהסכים לבצע את בדיקת ההמראה השלישית)
 - ✓ הרצת המנוע בכל טווחי הסל"ד, כולל כוח מלא והחשות משתנות.
- בסיום העבודות, מכונאי מכון הבדק, אישר שביצע את כל התיקונים והבדיקות הדרושות, כולל בדיקת דוד האגוז, וביקש לשחרר את המטוס מצרכי חקירה לטובת טיסת בדיקה. החוקר הראשי שיחרר את המטוס מצרכי חקירה, תוך שהבהיר שהחלטה לאשר את תקינות המטוס היא של מכון הבדק, עפ"י התקנות.

שלב שישי - 20.6.2019

- בנוכחות שני שותפים במטוס וחוקר חיצוני בוצע ע"י המכונאי כדלקמן:
- ניקוז דלק מבית המסנן - הדלק ללא לכלוכים וצבעו תקין ומתאים לדלק 100LL.
 - בדיקת צנרת הדלק - נמצא והוחלף צינור עם פגם חיצוני באזור המשאבה.
 - מחוון לחץ הדלק הוחלף.
 - המכונאי ביקש להחליף גם את משאבת הדלק החשמלית, כיוון שלדעתו לא זיהה, עדיין, את גורם השורש לבעיה, אך הדבר לא בוצע עקב סירוב בעלי המטוס.
 - הרצת המנוע בכל טווחי הסל"ד - נמצא תקין.
 - מדריך טיסה ממנחת ראשון הוזמן לביצוע טיסת בדיקה.

שלב שביעי - 21.6.2019

- ביצוע בד"ח שכלל את הרצת המנוע על הקרקע בכל טווחי הסל"ד.
- המראה לטיסת בדיקה, ע"י מדריך טיסה, ללא אירועים חריגים והמשך טיסה, ללא אירועים חריגים, והחזרת המטוס למנחת ראשון.

1.6 אילוצי לוח הזמנים במהלך החקירה

- החקירה שהתמקדה בתחילה בבעיה טכנית אפשרית, הסתעפה בהמשך לכיוון בדיקת הדלק בעקבות הממצאים של צבע דלק חריג במערכת הדלק במטוס.
- במקביל לניסיונות מכון הבדק לאתר את התקלה ולתקנה, צוות החקירה שלח לבדיקות מעבדה דוגמאות דלק שנלקחו מתחנת הדלק במנחת ראשון וממערכת הדלק במטוס. ההמתנה לתוצאות בדיקות המעבדה גרמה להארכה נוספת במשך החקירה.
- בסיכום, החקירה נמשכה שלושה שבועות, הן עקב אילוצי מכון הבדק ובעלי המטוס והן עקב המתנת צוות החקירה לתוצאות בדיקות המעבדה של הדלק כמפורט להלן:
- ☒ לאחר שהתקלה חזרה בטיסת הבדיקה שנערכה בתאריך 2.6.2019, החוקר הראשי ביקש ממכון הבדק תכנית עבודה מסודרת להמשך פעילות.
 - ☒ במקביל לפעילות מכון הבדק, ובהתייחס לממצאי צבע הדלק הכתום בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים, צוות החקירה העביר דגימות דלק, מתחנת הדלק במנחת ומהמטוס, לבדיקות במעבדות חיל האוויר.
 - ☒ הכנת תכנית העבודה וזמינות מכון הבדק לבצע את התיקונים הביאה לכך שטיסת הבדיקה השנייה בוצעה בתאריך 5.6.2019.
 - ☒ חזרת התקלה, גם בטיסת הבדיקה השנייה, יחד עם ממצאי צבע הדלק הכתום במערכת הדלק של המטוס, הגבירה את החשד שהדלק הוא מקור התקלה והחוקר הראשי נאלץ להתנות את המשך החקירה בקבלת תוצאות המעבדה.
 - ☒ בתאריך 6.6.2019, התקבלה תשובת ראשונית ממעבדת חיל האוויר לדוגמת דלק שנלקחה מתחנת הדלק במנחת ראשון שקבעה, כי לחץ האדים הוא 70 Kpa, מתאים לדלק חורף. הממצא הביא למיקוד החקירה בנושא הדלק.
 - ☒ כיוון שצבע הדלק הכתום שנמצא במערכת הדלק עורר חשד להימצאות מרכיב בדלק התוקף את צנרת הדלק, צוות החקירה החליט לבדוק את הרכב הדלק במעבדה. מאחר שלמעבדת חיל האוויר לא הייתה אפשרות לבצע סוג בדיקה זו, החוקר הראשי פנה למעבדות בז"ן, אך נתקל תחילה בסירוב. רק לאחר מספר ימים של ניסיונות שכנוע התקבלה הסכמת בז"ן חיפה לבצע את הבדיקה.
 - ☒ תשובת הבדיקה על הרכב הדלק התקבלה בערב יום שישי, בתאריך 14.6.2019, והצביעה על דלק 95 אוקטן חורף, תקין, העונה לדרישות התקן.
 - ☒ בעקבות קבלת ממצא זה, החוקר הראשי שוחח למחרת, בתאריך 15.6.2019, עם נציג מכון הבדק ובתאום טלפוני עם בעלי המטוס אישר את המשך בדיקת ותיקון המטוס, כפוף להגשת תכנית עבודה לשלילת תקלות טכניות נוספות.
 - ☒ עקב אילוצי מכון הבדק ובעלי המטוס, פעולות הבדיקה והתיקון התעכבו ובוצעו בפועל רק בתאריכים 19-20.6.2019, ללא נוכחות נציג החוקר הראשי.

2. ניתוח

רקע

התקרית הבטיחותית לא נתפסה כחמורה, אלא אפילו הוגדרה בחומרה מזערית, ומשכך לא דווחה טלפונית לחוקר הראשי ע"י שני הטייסים המעורבים או חבריהם לקבוצה. יחד עם זאת, נוכח צבר האירועים שהחלו להצטבר אצל החוקר הראשי, בנוגע לבעיות במנועי האז"מ והחשד, כי הגורם לכך הוא איכות הדלק, החוקר הראשי החליט "ללוות" את בדיקת המטוס. משכך, החוקר הראשי תאם, כי בדיקות מכון הבדק, למחרת היום, יהיו בנוכחות חוקר מטעמו. בתקופת התקרית, בתוך שבועיים, אירעו ארבעה אירועי בטיחות נוספים, של נפילת כוח מנוע, במטוסים ממנחת ראשון, כדלקמן:

☒ בתאריך 15.5.2019 (תיק חקירה 19-37), טייס מטוס טקסן בטיסת שיוט בגובה 2,000 רגל, אחרי המראה ממחניים וחליפת עמיעד, חווה כביית מנוע וביצע נחיתת אונס ליד כורזים - המטוס ניזוק קשה ונמחה, וטייסו יצא ללא פגע.

☒ בתאריך 30.5.2019 (התקרית לא נחקרה), טייס מטוס סיירה, בריצת המראה במחניים, חווה נפילת לחץ דלק מתחת לתחום המותר והפסיק המראה, ללא נזק. עקב החוס הכבד, הטייס החליט לדחות את הטיסה, עד למחרת בבוקר, אז ביצע טיסה, ללא אירועים חריגים ונחת בשלום במנחת ראשון.

☒ בתאריך 31.5.2019 (תיק חקירה 19-42), טייס מטוס בריסטל, חווה בתחילת טיפוס, לאחר הניתוק בהמראה מחיפה, נפילת סל"ד, וביצע נחיתת חירום על יתרת המסלול שלפניו, עם נזק בינוני למטוס.

☒ במהלך החקירה נודע לצוות החוקרים על אירוע נוסף שארע בתאריך 1.6.2019 למדריך טיסה, במטוס טקסן של בית ספר לטיסה. בעת טיפוס, מגובה 6,000 רגל לגובה 8,000 רגל, הוא חווה נפילת סל"ד, ביצע בשלום נחיתת זהירות במנחת תנובות וכעבור שעתיים של המתנה, המריא ונחת במנחת ראשון, ללא אירועים חריגים.

החשד הראשוני בנוגע לצבר אירועים אלה, כי אפשר שלכולם מכנה משותף של איכות הדלק. בנוסף, תפעול המטוס, בתנאים חריגים של טמפרטורה או גובה, שאפשר וגרמו לנפילת לחץ הדלק ובהמשך לאבדן כוח המנוע.

מאחר ועפ"י המידע העובדתי ונתוני הרקע של טיסת התקרית, נשואת דוח זה, תנאי הטמפרטורה, גובה הטיסה ותנאי התפעול היו רגילים, צוות החקירה החליט להתמקד בבדיקות של תקלה טכנית אפשרית כגורם השורש של תקרית זו.

מתוך דוח 19-42

בבדיקה שהחוקר הראשי ערך במסגרת חקירה 19-42 התברר, כי בעקבות מלאי גדול של "דלק חורף", שהצטבר במתקני האחסנה והמלאי הארצי, שר הכלכלה פרסם, לבקשת בז"ן, צו שעה המאשר את המשך הספקת "דלק חורף", עד לתאריך 31.5.2019, במקום עד התאריך הקבוע בתקן הישראלי של 31.3.2019.

במהלך הברור הסתבר, כי מצד אחד, המעורבים בקבלת החלטה זו לא היו מודעים לעובדה שדלק 95 אוקטן נמצא גם בשימוש של מטוסים קלים בישראל ומצד שני, הטייסים ומפעילי המנחתים אינם מודעים לאפשרות של דחיית מועד האספקה הארצי של דלק קיץ ומשכך גם לא בודקים ומוודאים זאת.

כמובן שגם לגורמי רת"א, שהפיקוח על אספקת דלק למטוסים בישראל, אינו בתחום אחריותה, לא קיבלו כל מידע בנושא, קודם שהחלטה הבעייתית על המשך אספקת "דלק חורף", עד סוף חודש מאי, התקבלה ויושמה.

בעקבות הממצאים על המשך אספקת "דלק חורף", עד תאריך 31.5.2019, החוקר הראשי פרסם בתאריך 13.6.2019 התראת בטיחות דחופה, אותה עדכן בתאריך 17.6.2019. להלן ציטוט חלקי ממנה:

"תוצאת בדיקת הדלק שנדגם בתאריך 2.6.2019 מלמדת, כי בתדלוקי חודש מאי, סופק למנחת ראשון דלק חורף וכי, כל הטייסים שתדלקו את מטוסייהם באותה תחנה, באותה התקופה, הזינו למעשה, את מכליהם בדלק חורף, נוסף לזה שכבר היה במכליהם קודם לכן.

מאחר שהצו המוזכר הוא כלל ארצי, חובה להבין, כי מי שתדלק את מטוסו השנה בדלק 95 אוקטן, מכל מקור אחר, לפני 31.5.2019, אפשר שמילא דלק חורף. במצב שנוצר, הסיכון לכביית מנוע עקב "נעילת אדים", בימים חמים, עולה משמעותית.

למען הסר ספק יצוין, כי הרכבי שתי דגימות דלק שדגם החוקר הראשי נבדקו במעבדות בתי הזיקוק בחיפה ונמצא, כי שתיהן תקינות ומתאימות לדלק 95 אוקטן".

התראת הבטיחות כללה המלצות למפעיל מנחת ראשון כדלקמן:

1. "לקבוע את סוג הדלק שיסופק בתחנת הדלק של המנחת ואם יוחלט להמשיך בדלק 95 אוקטן אזי במעבר מחורף לקיץ להזמין דלק מתחת ל - 60 KPa.
2. ככל שייקבע להמשיך ולספק דלק 95 אוקטן, לבדוק את לחץ האדים בדלק, בדגש לתקופות הביניים, לאחר כל מילוי, ולפרסם אותו באתר האיגוד, בתחנת התדלוק ובעמדת יומן הטיסות של המנחת".

התראת הבטיחות כללה גם המלצות לטייסים המתדלקים דלק 95 אוקטן כדלקמן:
"לקיים יומן תדלוק למטוס, עפ"י נתוני תאריכי התדלוק, הכמויות ולחץ האדים המחושב, לאחר כל תדלוק, ולוודא התאמתו לתקופה, בעיקר במעבר מדלק חורף לדלק קיץ - עפ"י הנתונים לשקול יציאה לטיסה, בדגש לימים חמים".

2.1 טיסות ופעולות אחזקה שקדמו לאירוע

(הנתונים עפ"י ספר המטוס הנייד)

תאריך	מכל שמאל לפני הטיסה	מכל ימין לפני הטיסה	זמן טיסה	צריכה מחושבת משוערת	הערות
22.3.2019	מלא	מלא	3:12	58	
5.4.2019	3/4	3/4	2:20	42	
6.4.2019	3/4	3/4	1:18	23	
11.4.2019	3/4	3/4	0:29	9	
23.4.2019	3/4	3/4	1:38	30	
24.4.2019	3/4	3/4	2:07	38	
26.4.2019	מלא	מלא	3:10	57	
26.4.2019	מלא	מלא	3:00	54	
4.5.2019	3/4	3/4	2:00	36	
10.5.2019	מלא	מלא	2:50	50	
18.5.2019	מלא	מלא	1.33	28	
20.5.2019	עבודת תחזוקה במהלכה הוחלפו קטעים מצנרת הדלק בתא המנוע				
25.5.2019	טיסה מקומית קצרה של מספר הקפות שלא נרשמה בספר הנייד				
1.6.2019	מלא	מלא			התקרית

פעולות התחזוקה האחרונות שבוצעו במטוס לפני טיסת התקרית

בתאריך 20.5.2019, כשבוע וחצי לפני הטיסה, מכון הבדק ביצע במטוס, את פעולות התחזוקה הבאות:

- החלפת חיישן מד ספיקת דלק לא תקין, בחיישן מסוג חדש שסופק ע"י בעלי המטוס.
- חיבור סנסור, מד הספיקה, בתא המנוע.
- החלפת שעון מד הספיקה, בלוח המכשירים, בשעון חדש.
- החלפת קטעים של צנרת הדלק בתא המנוע, בצנרת חדשה.

בסיום העבודות בוצעה הרצת מנוע ע"י מכון הבדק, תוך שנבדקו נזילות דלק חיצוניות – נמצא תקין.

סיכום

עפ"י מועדי הטיסות, מצב כמות הדלק במכלים והכמות המוערכת של הדלק שנצרך, הדלק במכלי המטוס, בעת טיסת התקרית, שארעה בתאריך 1.6.2019, היה "דלק חורף". נתון זה אומת גם בבדיקת מעבדה, של דוגמת דלק ממכלי המטוס, בה נמצא לחץ אדים של 70 Kpa (ראה פירוט בדוח חקירה 19-42).

2.2 ממצאי בדיקות הדלק

בבדיקות הראשוניות שבוצעו במטוס, למחרת התקרית, נמצא שצבע הדלק בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים הוא בצבע כתום שאינו תואם את הצבע הבהיר של דלק 95 אוקטן. כמו כן נמצאו בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים זיהומים שונים. ממצאים חריגים אלה חייבו ביצוע בדיקות מעבדה להבנת מקורם וסיבתם.

☒ הרכב הדלק

הדלק שסופק בתחנת הדלק של מנחת ראשון, במהלך חודש מאי 2019, היה כאמור מסוג 95 אוקטן חורף, עם ערך לחץ אדים של 70 kpa. בבדיקת בית מסנן הדלק וכוסיות הקרבורטורים, לאחר התקרית, נמצא בהם דלק בצבע כתום. עקב כך, התעורר החשד שהרכב הדלק המסופק מתחנת הדלק במנחת, לא מתאים לדרישות התקן ומכיל חומר הגורם להמסת צנרת הדלק. לפיכך נשלחו לבדיקות מעבדה, דגימות של דלק זה, דגימות של דלק מכנפי המטוס ודגימות של דלק מתחנת הדלק שבמנחת ראשון.

בדיקת הרכב הדלק, המכונה "בדיקת PONA", בוצעה במעבדת הדלק של קבוצת בז"ן בחיפה ובה נבדקו דוגמאות דלק מתחנת התדלוק במנחת ראשון וממכלי המטוס.

להלן תוצאות הבדיקה (פרוט הנושא בתיק חקירה 19-42):

תכולת חומרים	דוגמת דלק שנלקחה ממכלי הכנפיים של מטוס הטקסן HIZ בתאריך 7.6.2019	דוגמת דלק שנלקחה מתחנת הדלק במנחת ראשון בתאריך 2.6.2019
ארומטיים	30.3	32.9
אולפינים	14.4	10
בנזן	0.7	0.8
MTBE	5.95	4

תוצאות בדיקות הדלק, הצביעו על כך שהרכב דוגמאות הדלק שנלקחו מתחנת הדלק במנחת ראשון ומכנפי המטוס הוא תקני ומתאים באופיו לדרישות התקן של דלק חורף, 95 אוקטן. למען הסר ספק התברר, כי במהלך חודש מאי סופק דלק חורף ולא דלק קיץ, עפ"י צו של שר הכלכלה, מתאריך 14.4.2019.

סיכום

הוברר, כי הדלק בתחנת מנחת ראשון ובמכלי המטוס הוא דלק 95 אוקטן תקין, אך מסוג "דלק חורף". משכך, למחרת היום, בתאריך 15.6.2019, החוקר הראשי שהיה בפגישה עם נציג מכון הבדק, תאם עקרונית עם בעלי המטוס, כי ישחרר את המטוס מצרכי חקירה, כפוף להשלמת הבדיקות ע"י המכון (אגוזו, קומפרסיה, ניתוב צנרת חדשה, תדלוק 100LL, הרצה ובדיקת צבע הדלק).

☒ הגורם לשינוי צבע הדלק

בבדיקת בית המסנן וכוסיות הקרבורטורים של המטוס, נשוא התקרית, נמצאה תכולת דלק בצבע כתום, בעוד שבשני מכלי הכנפיים נמצא דלק בצבע נקי ובהיר. לזיהוי הגורם ששינה את צבע הדלק, במערכת הדלק של המטוס, נשלחו מספר דוגמיות דלק לבדיקות מעבדה.

הבדיקה בוצעה בגף דלק וכימיה של חיל האוויר ובה נבדקה דוגמת דלק שנלקחה מניקוז בית המסנן של המטוס בתאריך 6.6.2019.

הבדיקה בוצעה ע"י אידוי הדלק ואנליזה של המשקע הכהה שנותר על קרקעית הכלי. באנליזת FTIR שבוצעה בשיטת ATR יהלום, נמצא, כי חומר המשקע הוא BIS (2-ETHYLHEXYL) TEREPHTHALATE שהוא תוצר מיצוי מצנרת דלק חדשה.

☒ צבע הדלק במטוסים נוספים

במטרה למקד את הסיבה לשינוי צבע הדלק, נבדק הדלק בבית המסנן של מספר מטוסים נוספים, בהם הותקנה, ע"י מכון, הבדק, צנרת דלק חדשה.

תוצאות הבדיקה

בשני מטוסים נמצא הדלק בבית המסנן, בצבע כתום, כפי שנמצא במטוס נשוא התקרית ואילו במטוס אחד של ביה"ס, שטס הרבה, נמצא דלק בצבע בהיר ותקין.

☒ הזיהומים שנמצאו בדלק

בבדיקת המטוס שנערכה בחיפה, ע"י חוקר חיצוני ומכון הבדק, בתאריך 2.6.2019, נמצאו זיהומים בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים.

בכוסיות הקרבורטורים נמצאו חלקיקים שחורים, ביניהם שתי פיסות גופים זרים בצבע שחור, באורך שסביב 6 מילימטר. הזיהומים נשלחו למעבדה לחקר הכשל לזיהוי סוג החומר ומקורו.

הבדיקות שבוצעו במעבדה הן:

✓ אנליזה בשיטת FOURIER TRANSFORM INFRARED SPECTROSCOPY.

✓ בדיקת צבע בשיטת בורשפילד.

תוצאות הבדיקות זיהו חומר מסוג NBR, שהוא למעשה גומי טבעי, וגוון הצבע בשיטת בורשפילד, התקבל כאדום.

מסקנת הבדיקה היא, כי פיסות החומר שנבדקו הן חתיכות מאטם או מצינור העשויים מגומי.

סיכום

לאחר התקרית ושתי טיסות הבדיקה הראשונות, תכולות בית המסנן וכוסיות הקרבורטורים נלקחו ורוכזו לכמות אחת המאפשרת ביצוע בדיקת מעבדה. לאחר אידוי הדלק, נותר על קרקעית הכלי חומר צמיג שחור, המזכיר זפת, שהוא תוצר מיצוי של התמוססות פנים צנרת דלק חדשה העשויה גומי – תוצר לוואי של תהליך זה, תוך שהתברר, כי אינו מהווה גורם שמשפיע מהותית על תפקוד המנוע.

2.3 התרחישים האפשריים

בהתייחס לתנאי הרקע של התקרית, צוות החקירה בחן חמישה תרחישים אפשריים העלולים לגרום לתופעה, של נפילת סל"ד בעת פתיחת מנוע מלא וטיפוס, עליה דיווחו הטייסים, כדלקמן:

- ✓ חסימת הזנת אוויר לקרבורטורים.
- ✓ חסימת יציאת גזי הפליטה בדוד האגוז.
- ✓ ירידת קומפרסיה עקב משקעים מצנרת הדלק שנמצאו בקרבורטורים.
- ✓ חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK.
- ✓ ליקוי בתפקוד הקרבורטורים ו/או משאבת הדלק, עקב חדירת לכלוך.

☒ חסימת הזנת אוויר לקרבורטורים

התרחיש - חסימת כניסת האוויר לקרבורטורים, עקב מסנן אוויר מלוכלך, קריסת צינור האוויר השרשורי או היצרות ב - AIRBOX, הגבילה את כוח המנוע סביב 4,500 סל"ד, ובעת דחיפת המצערת לסל"ד מרבי, לא אפשרה את זרימת ספיקת האוויר הדרושה לתפקוד המנוע בכוח מלא.

הדיון - נתיב הזנת האוויר לקרבורטורים נבדק ונמצא תקין - מסנן אוויר נקי, הצינור השרשורי המחבר את המסנן ל - AIRBOX, תקין ומעבר האוויר ב - AIRBOX תקין.

לפיכך, עפ"י ממצאים אלה, תרחיש זה נשלל.

☒ חסימת יציאת גזי הפליטה בדוד האגוז

התרחיש - חלקי פח פנימיים של דוד האגוז התפרקו, עקב קורוזיה/בלאי טבעי, ובעת הרמת אף המטוס לטיפוס, נעו לחלקו האחורי של הדוד וחסמו באופן חלקי את פתח יציאת גזי הפליטה. כתוצאה מכך, כוח המנוע הוגבל בטיפוס לערך שסביב 4,500 סל"ד.

הדיון - דוד האגוז נבדק ונמצא כי אין בו חלקים פנימיים משוחררים ופתח יציאת הגזים חופשי, גם במצב אופקי וגם בהטיה המדמה מצב טיפוס.

לפיכך, עפ"י ממצאים אלה, תרחיש זה נשלל.

☒ ירידת קומפרסיה עקב משקעים מצנרת הדלק שנמצאו בקרבורטורים

התרחיש - משקעי מיצוי צינורות הדלק החדשים שנמצאו בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטורים, נכנסו למנוע, ציפו את הבוכנות והשסתומים, וגרמו לירידת קומפרסיה. כתוצאה מכך, כוח המנוע הוגבל לערך שסביב 4,500 סל"ד.

הדיון - בדיקת קומפרסיה שבוצעה בארבעת הצילינדרים נמצאה תקינה.

לפיכך, עפ"י ממצאים אלה, תרחיש זה נשלל.

חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK

רקע - במהלך החקירה, הסתבר שבמכל תחנת הדלק במנחת ראשון, כמו גם בשאר תחנות הדלק בארץ סופק, לפחות עד סוף חודש מאי, "דלק חורף". במהלך תפעול המטוס ע"י השותפים בחודש מאי, כולל בבוקר טיסת התקרית, המטוס תודלק בתחנת הדלק במנחת ראשון עם "דלק חורף".

התרחיש - בטיסה בנתיב לחיפה, בעת פתיחת מנוע מלא והרמת אף לטיפוס, נוצרה במערכת הדלק במנוע, תופעת VAPOR LOCK, כתוצאה מהשימוש ב - "דלק חורף", וכוח המנוע ירד לערך שסביב 4,500 סל"ד.

לאחר שהטייס, משך את המצערת, תופעת ה - VAPOR LOCK פסקה, והוא המשיך בטיסה לחיפה, כאשר המנוע פעל באופן יציב וחלק ב - 4,500 סל"ד, כולל בהרמת אף לטיפוס, וכל הפרמטרים של המנוע בלוח המכשירים תקינים.

הדיון

- ✓ סוג הדלק במכלי המטוס היה דלק חורף 95 אוקטן בעל לחץ אדים 70 Kpa.
- ✓ טמפרטורת הדלק במכלי הכנפיים לא הייתה גבוהה, לאחר לילה, עם טמפרטורה נוחה, בו המטוס חנה בהאנגר, כאשר במכליו סביב חצי מכמות הדלק ותדלוק משלים של יתרת קיבולת המכלים, עם דלק קריר מתחנת הדלק במנחת, לפני היציאה לטיסה.
- ✓ טמפרטורת הסביבה בגובה הטיסה של 1,200 רגל בנתיב, קודם לתקרית, הייתה 22 מעלות צלסיוס.
- ✓ הטיסה בנתיב, קודם לתקרית, הייתה טיסה אופקית וכל הפרמטרים של המנוע היו תקינים ויציבים.
- ✓ למשאבת הדלק המכנית היו, במהלך הטיסה את שני התנאים הנדרשים לשמירה על טמפרטורה תקינה – קירור חיצוני ע"י זרימה חופשית של אוויר חיצוני קריר מפתחי האוויר שבחזית מכסה המנוע וקירור פנימי ע"י הדלק הקריר ממכלי הכנפיים, שזרם דרכה.
- ✓ לצנרת הדלק בתא המנוע היו, במהלך הטיסה, את התנאים הנדרשים לשמירה על טמפרטורה תקינה - טיסה אופקית במהירות שיוט עם פרמטרים יציבים וזרימה חופשית של אוויר חיצוני קריר דרך תא המנוע.
- ✓ במערכת הדלק במטוס, נשוא התקרית, הקו המחזיר של עודפי הדלק לא מחובר למכל הדלק, אלא חוזר, מקו הלחץ, במעגל סגור, לפתח היניקה של המשאבה.
- במצב זה, כמות הדלק שהמשאבה צריכה לשאוב ממכלי הכנפיים, דרך קו דלק ארוך יחסית, תוך התגברות על הפרש הגבהים בין מפלסי המכל והמשאבה, קטנה יותר. משכך, הסיכוי להיווצרות VAPOR LOCK עקב תת לחץ בקו היניקה פוחת.

הרחבת הדין

התנאים ההכרחיים להיווצרותה של תופעת VAPOR LOCK הם טמפרטורת דלק חריגה במכל ו/או בתא המנוע ו/או לחץ נמוך הנגרמים מתנאי סביבה ו/או תנאי תפעול חריגים של המטוס.

בסבירות גבוהה, כי תנאי הסביבה ונתוני הטיסה בתקרית הנוכחית לא היו מתאימים ליצירת התנאים ההכרחיים לקיום תופעת VAPOR LOCK ולפיכך, האפשרות, כי היא הייתה הגורם לנפילת הסל"ד באוויר, קלושה. יחד עם זאת, ומאחר שאצל חלק מהמעורבים הייתה תחושה, כי גורם השורש לתקרית הוא הדלק, צוות החקירה מצא לנכון להציג מידע עובדתי נוסף התומך בקביעה לעיל.

הטיסות במנחת ראשון בעונת המעבר

צוות החקירה בדק את רישומי הטיסות שבוצעו ביומן הטיסות הממוחשב של מנחת ראשון, במהלך עונת המעבר, מתחילת חודש אפריל 2019 עד תאריך 6.6.2019 בו סופק לתחנת הדלק במנחת, המשלוח הראשון של "דלק קיץ" ומצא כי בתקופה זו בוצעו במנחת ראשון סביב 1,000 טיסות של מטוסים פרטיים החונים במנחת ומתדלקים בתחנת הדלק של המנחת.

מאחר ובתקופה זאת, תחנת הדלק במנחת, כמו כל תחנות הדלק במדינת ישראל, קיבלה מבתי הזיקוק "דלק חורף" בלבד, הרי שכל המטוסים במנחת ראשון תודלקו ב"דלק חורף". משמע, כל 1,000 הטיסות שנרשמו ביומן המנחת, בפרק זמן זה בוצעו עם "דלק חורף".

גם המטוס, נשוא התקרית, ביצע במהלך תקופה זו 11 טיסות עם "דלק חורף". מלבד זאת, בוצעו במנחת, בתקופה זאת, 600 – 500 טיסות של שלושת מטוסי בית הספר לטיסה, שתודלקו, ממכל דלק נייד של בית הספר, עם "דלק חורף" שמקורו בתחנת דלק של חברת TEN, במערב ראשון לציון ועוד מאות טיסות עם "דלק חורף" של מטוסים החונים במנחתים אחרים בישראל.

נתוני הרקע החריגים באירועים שדווחו

מכל הטיסות הרבות שבוצעו בתקופה זאת עם "דלק חורף", דווחו רק ארבעה אירועים של נפילת כוח מנוע כתוצאה אפשרית של תופעת VAPOR LOCK. המכנה המשותף לארבעת האירועים הוא שכל אחד מהם התרחש בנתוני רקע חריגים, שסביר שהיו מביאים לאותה תוצאה גם בשימוש ב"דלק קיץ" כדלקמן:

המקרה ראשון - המראה לאחר מספר שעות שהמטוס חנה בשמש בטמפרטורת סביבה מעל 40 מעלות צלסיוס, טמפרטורה גבוהה של הדלק במכל, טיפוס לגובה 2,000 רגל ושיוט בטמפרטורת סביבה של 46 מעלות צלסיוס (עקב אינוורסיה מקומית שהייתה באזור).

המקרה השני - ריצת המראה לאחר מספר שעות שהמטוס חנה בשמש בטמפרטורת סביבה מעל 40 מעלות צלסיוס, וטמפרטורה גבוהה של הדלק במכל.

המקרה השלישי - המראה בטמפרטורת סביבה של 33 מעלות צלסיוס לאחר המתנה מאולצת, על הקרקע, של רבע שעה, עם מנוע פועל וטמפרטורה גבוהה של הדלק במכל ושל תא המנוע.

המקרה הרביעי - טיפוס ביום חם, מגובה 6,000 רגל לגובה 8,000 רגל.

התנאים הנדרשים להיווצרות VAPOR LOCK

בהתבסס, על נתוני אירועים אלה, ובהתייחס ל - 1,000 הטיסות שבוצעו במנחת ראשון עם "דלק חורף" בחודשים אפריל – מאי, כמו גם 600 - 500 טיסות של מטוסי בית הספר לטיסה במנחת ומאות טיסות נוספות ממנחתים אחרים - כולן עם "דלק חורף", ללא אירועים חריגים, ניתן להסיק כי טיסה עם "דלק חורף" אינה תנאי מספיק להיווצרות תופעת VAPOR LOCK.

התנאים ההכרחיים להיווצרותה של תופעת VAPOR LOCK הם טמפרטורת דלק חריגה במכלי הדלק ו/או בתא המנוע ו/או לחץ נמוך הנגרמים מתנאי סביבה ו/או תנאי תפעול של המטוס, מה שלא היה בנתוני התקרית הנוכחית.

הערה:

שני המטוסים הנוספים בקבוצה שהשתתפו בטיסה זו, שגם הם תודלקו ב"דלק חורף" מתחנת הדלק במנחת, וטסו באותם התנאים, של המטוס נשוא התקרית, נחתו בשדה היעד, חיפה, ללא אירועים חריגים ואף המשיכו לאחר מכן לקפריסין, כולל טיפוס ממושך לגובה נתיב שסביב 6,000 רגל (תנאים תומכים בהיווצרות תופעת VAPOR LOCK).

ליקוי בתפקוד הקרבורטורים והמשאבות עקב לכלוך בדלק ☒

רקע - בתאריך 20.5.2019 בוצעה במטוס פעילות תחזוקה שכללה את החלפת מד ספיקת דלק וכל צנרת הדלק בתא המנוע.

בעת חיתוך חלק מהצינורות החדשים, לאורכם המתאים, נוצרו בשפת הצינור שבבי גומי שנכנסו לצנרת עם התקנת הצינורות. העובדה שהצנרת שהוחלפה ממוקמת במערכת הדלק אחרי המסנן, אפשרה לשבבי גומי אלה להגיע בחופשיות למשאבה ולקרבורטורים.

במהלך בדיקת המטוס, לאחר התקרית, נמצאו בכוסיות הקרבורטורים לכלוכים, ביניהם גופים זרים, בגדלים שונים, בצבע שחור, שזוהו בבדיקות מעבדה כגומי שמקורו באטמים או בצנרת הדלק.

התרחיש - עפ"י תרחיש זה, במהלך טיסת התקרית נכנסו חלקיקי הגומי מצנרת הדלק, לקרבורטורים ולמשאבת הדלק. חלקיקי הגומי שנכנסו לאזור שסתומי משאבת הדלק, גרמו ליקוי זמני בכושר היניקה שלה, בכוח מלא, וחלקם נשטפו עם הדלק והגיעו לקרבורטורים. חלקיקי הגומי שהגיעו לקרבורטורים, נכנסו לאזור הצמצמים והחלקים הנעים וגרמו לליקוי זמני בתפקוד הקרבורטורים בכוח מלא. עם הרמת האף לטיפוס, גדל הפרש הגובה בין מכלי הדלק בכנפי המטוס לבין פתח היניקה של המשאבה, מה שגרם לקושי נוסף, למשאבה, להתגבר על הפרש הגבהים המוגדל. בהינתן, שבשלב זה, כושר היניקה של המשאבה היה כבר מופחת, עקב חלקיקי הגומי, שחדרו אליה, הדבר גרם לירידה נוספת בספיקת המשאבה שלא אפשרה למנוע לפעול בטיפוס בכוח מלא. התוצאה הייתה נפילת סיבובי המנוע לערך שסביב 4,500 סל"ד, בו המנוע חזר לעבוד באופן יציב וחלק, עד הנחיתה בחיפה. תופעה זאת חזרה על עצמה גם בשתי טיסות הבדיקה הראשונות שנערכו בחיפה.

הדין – צנרת הדלק בתא המנוע שהוחלפה לפני הטיסה ממוקמת אחרי מסנן הדלק. משמע כל זיהום אפשרי שהוא תוצאה של פעילות תחזוקה זאת, עלול להגיע לקרבורטורים, כפי שאכן קרה. הממצאים של חלקיקי גומי בכוסיות הקרבורטורים, מצביעים על כך שחלקיקים אלו עברו דרך משאבת הדלק. גם הקרבורטור וגם המשאבה הם אביזרים המחייבים שימוש בדלק נקי ומסונן ברמה גבוהה ותפקודם התקין רגיש מאד לזיהומים בדלק. חלקיקי גומי, כמו אלו שנמצאו בכוסיות הקרבורטורים, נשאבו והגיעו לנחירי הקרבורטורים ולחלקיהם הנעים ופגמו, בסבירות גבוהה מאד, בתפקודם. חלקיקים שהגיעו גם לשסתומי משאבת הדלק, פגמו, בסבירות גבוהה, בתפקודה. כעובדה, בכל בדיקות ההרצה, על הקרקע, בכוח מלא, המשאבה הממוקמת מעל מפלס מכלי הדלק בכנפיים, הצליחה לשאוב את הדלק והמנוע פעל באופן תקין, אך בהמראות, בעת הרמת האף לטיפוס, ארעה נפילת כוח. ממצאים אלו, מצביעים על כך, שתפקוד המשאבה היה גבולי, כנראה עקב הזיהומים שפגעו בתפקודה, והספיק רק ליניקת דלק מלאה במצב אופקי של המטוס. עם הרמת האף לטיפוס, גדל המרחק האנכי בין מפלס מכלי הדלק בכנפיים לבין מפלס המשאבה, כוח היניקה המופחת שלה, לא הספיק כדי להתגבר על תוספת הגובה הזאת, דבר שגרם לנפילת כוח מנוע. הסבירות שתרחיש זה התממש היא גבוהה ביותר.

הערה:

השפעה אופיינית של זיהומים במערכת דלק היא פגיעה אקראית, פתאומית, בתפקוד המנוע, כמו גם חזרה אקראית של המנוע לתפקוד מלא. אופי התקלה ומשך הזמן של קיומה הוא פונקציה של המקום בו נתקע הזיהום והאפשרות שישתחרר בהמשך ויישטף ע"י זרימת הדלק למנוע.

הטיסות הרבות, ללא אירועים חריגים, שהשותפים במטוס ביצעו עד החלפת צנרת הדלק וממצאי פיסות גומי, שמקורן בצנרת החדשה, בכוסיות הקרבורטורים, לאחר התקרית, מצביעים על כך שהתרחיש של פגיעה בתפקוד הקרבורטורים ו/או משאבת הדלק עקב חלקיקי גומי שחדרו אליהן ממערכת הדלק, הוא, בסבירות גבוהה, ההסבר לתופעה שחוו הטייסים.

הגם שאחד השותפים ביצע טיסת הקפות קצרה במנחת, עם בנו, כשבוע לאחר החלפת צנרת הדלק, מבלי שחווה אובדן כוח מנוע, אינה שוללת את ההסבר בנוגע לתופעה שחוו הטייסים בטיסת התקרית הראשונה מאחר שמדובר בטיסה קצרה שאפשר שעדיין לא הגיעה לכדי ליקוי, מה גם שהמסנן וכוסיות הקרבורטורים לא נבדקו לאחריה – אם היו נבדקים, סביר להניח כי חלק משיירי הגומי היו כבר מתגלים.

ממצאי הבדיקות שנערכו במטוס, שללו את האפשרות של שלושת התרחישים הקשורים לצמצום באספקת האוויר לקרבורטורים, לחסימת יציאת גזי הפליטה מהאגוז או ירידה ברמת הקומפרסיה של המנוע. כמו כן, הממצאים הצביעו על סבירות נמוכה ביותר לתרחיש של הרעבת דלק כתוצאה מתופעת VAPOR LOCK, למרות השימוש ב"דלק חורף", בהעדר, בנסיבות התקרית, התנאים ההכרחיים להיווצרותה.

לעומת זאת, הממצא של החלקיקים השחורים שנמצאו בקרבורטורים, לאחר טיסת התקרית הראשונה ואשר זוהו בבדיקת מעבדה כשיירי גומי שמקורם ככל הנראה מצנרת דלק או אטם, יחד עם העובדה, כי במטוס הוחלפה לפני הטיסה צנרת הדלק וכי סוג התקלה ותסמיניה אופייניים לנוכחות זיהומים במערכת הדלק, תומכים בתרחיש זה כתרחיש המסביר של התופעה.

יודגש, כי בתגובות לטיוטת הדוח הועלתה האפשרות, כי מפעיל המנחת החליף את צינור התדלוק ואת אקדח התדלוק של תחנת הדלק של המנחת, יום לאחר התקרית ומשכך אפשר שזה מקור זיהומי הגומי שנמצאו. צוות החקירה שהיה מודע לטענה כבר בחקירה בדק זאת שוב ומצא, כי מכלול הצינור והאקדח סופקו למנחת מהספק, כקיט מורכב אחד, עם הברגה לחיבור והוא הוחלף, 8 חודשים קודם האירוע, בתאריך 25.9.2018 ומשכך, האפשרות שהועלתה, לכשעצמה, אינה הגורם.

סוגיה שיש אולי מקום לבחון ע"י רת"א ו/או מפעילי המנחתים המספקים דלק למטוסים ו/או אגודות התעופה והעמותות המתאימות, למול משרד האנרגיה ו/או משרד הכלכלה ו/או מינהל הדלק, נוגעת ביחס לאחריות המספקים ו/או המשתמשים לבדוק את תקינות הדלק, בכלל וכאשר מדובר בדלק 95 אוקטן, בפרט. מאחר שמדובר בסוגיה רחבה, של מספר משרדי ממשלה וגופים, ויש לה השלכות על המשק והיבטים בתחום מדיניות האנרגיה בישראל, צוות החקירה לא מצא לנכון לדון בסוגיה צדית זו, על אף חשיבותה הכללית, אלא להתמקד בפרמטרים הרלוונטיים לבטיחות התעופה.

2.5 טיסות הבדיקה לאחר התקריט

נתוני טיסות הבדיקה

תאריך	שעת המראה	טמפרטורה	סוג דלק	תוצאה
2.6.2019	14: 28	30	95 אוקטן חורף	התקלה חזרה
5.6.2019	12: 30	29	95 אוקטן חורף	התקלה חזרה
21.6.2019	10: 00	28	100LL	טיסה תקינה

בדיקות ותיקונים שבוצעו

תאריך	הבדיקות והתיקונים שבוצעו	תכנית עבודה, שהוגשה ע"י מכון הבדק, לבקשת החוקר הראשי, לביצוע לפני טיסת הבדיקה הבאה
2.6.19	<p>1.ניקוי בית מסנן. 2.ניקוי כוסיות קרבורטורים. 3. הרצת המנוע על הקרקע. 4. טיסת בדיקה – התקלה חזרה.</p>	<p>1.בדיקת מערכת הדלק והשוואתה למטוס מדגם זהה. 2.ביצוע ניקוי כללי של שני הקרבורטורים. 4.החלפת צנרת הדלק. 5.החלפת צינורות ה- VENT של שני הקרבורטורים. 7.החלפת פילטר אוויר. 8.ביטול מד ספיקת הדלק.</p>
5.6.19	<p>1.ביטול מד ספיקת דלק. 2.החלפת כוסיות בשני הקרבורטורים. 3.החלפת שני המצופים בקרבורטור השמאלי. 4.החלפת צינורת VENT. 5.הרצת המנוע על הקרקע. 6.טיסת בדיקה – התקלה חזרה.</p>	<p>1.בדיקת מערכת אספקת אוויר. 2.בדיקת אגוז. 3.בדיקת קומפרסיה.</p>
19.6.19 הטיסה בוצעה בפועל בתאריך 21.6.19	<p>1.החלפת צינורות דלק שנחתכו בבדיקות. 2.בדיקת קומפרסיה. 3.בדיקת פקק מגנטי. 4.בדיקת אגוז 5.בדיקת יניקת אוויר. 6. ניקוי שני הקרבורטורים. 7.החלפת שסתום מצוף בשני הקרבורטורים. 8. החלפת הדלק ל – 100LL 9.הרצת המנוע על הקרקע. 10.טיסת בדיקה - תקינה.</p>	

התרחישים האפשריים בטיסות הבדיקה טיסת הבדיקה הראשונה בתאריך 2.6.2019

רקע

הטיסה בוצעה בשעה 14:30, בטמפרטורת סביבה של 30 מעלות צלסיוס, לאחר זמן ממושך שהמטוס חנה חשוף לשמש, כאשר במכלי המטוס דלק חורף, 95 אוקטן. לאחר סיום הבדיקות והתיקונים, בוצעה ע"י נציג מכון הבדק הרצת מנוע ממושכת, על הקרקע, בכל טווחי הסל"ד. בהמשך, בוצעה הרצת מנוע נוספת ע"י טייס א', קודם שהמריא לטיסת הבדיקה.

התרחישים האפשריים

- ✓ חסימת הזנת אוויר לקרבורטורים – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ חסימת יציאת גזי הפליטה בדוד האגוז – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ ירידת קומפרסיה עקב משקעים מצנרת הדלק שנמצאו בקרבורטורים – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ ליקוי בתפקוד הקרבורטורים ו/או משאבת הדלק, עקב חדירת לכלוך.
- ✓ חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK.

הדיון בתרחישים

- ⊗ ליקוי בתפקוד הקרבורטורים ו/או משאבת הדלק, עקב חדירת לכלוך
מאחר שמלבד ניקוי כוסיות הזיהומים שנמצאו בכוסיות הקרבורטורים, לא בוצע ניקוי כללי של הקרבורטורים, לא ניתן לשלול את האפשרות, כי חלקיקי זיהומים נותרו בקרבורטורים וגרמו לליקוי בתפקודם.
עם זאת, הרצת המנוע, לפני הטיסה, בסל"ד מלא, תוך תפקוד תקין של המנוע, מצביעה על תפקוד תקין של הקרבורטור, כולל אספקת הדלק מהמשאבה.
משכך, הסבירות לתרחיש זה כגורם, נמוכה מאוד.
- ⊗ חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK
התנאים שקדמו להמראה יצרו אפשרות להיווצרות חסימת אדים עקב נתונים להלן:
 - ✓ חניית המטוס בשמש משך שעות רבות לפני ההמראה, גרמה לחימום הדלק במכלי הכנפיים לטמפרטורה סביב 30 מעלות צלסיוס.
 - ✓ חניית המטוס בשמש משך שעות ארוכות גרמה לחימום תא המנוע, כתוצאה מהאוויר החם שעלה מהאספלט.
 - ✓ טמפרטורת תא המנוע המשיכה לעלות עקב:
 - ❖ הרצת הבדיקה הממושכת של המנוע לפני ההמראה.
 - ❖ ההמתנה עם מנוע פועל לפני העלייה למסלול וההסעה לתחילת מסלול 34.

עובדה זאת נתמכת ע"י אירוע נוסף, בתנאי רקע דומים, מתאריך 31.5.2019, בשדה התעופה בחיפה כאשר טייס מטוס מסוג בריסטל חווה נפילת כוח בהמראה (תיק חקירה 19-42). גורם השורש באירוע זה זוהה בוודאות כתופעת VAPOR LOCK, המאופיינת בנפילת לחץ הדלק, כפי שאכן נמצא בהקלטות מערכת ה-GARMIN במטוס. משכך, הסבירות לתרחיש של חסימת אספקת דלק עקב בעיית VAPOR LOCK גבוהה.

טיסת הבדיקה השנייה בתאריך 5.6.2019

רקע

הטיסה בוצעה בשעה 12:30, בטמפרטורת סביבה של 29 מעלות צלסיוס, לאחר זמן ממושך שהמטוס חנה חשוף לשמש, כאשר במכלי המטוס דלק חורף 95 אוקטן. לאחר סיום הבדיקות והתיקונים, בוצעה ע"י נציג מכון הבדק הרצת מנוע ממושכת על הקרקע בכל טווחי הסל"ד. בהמשך, בוצעה הרצת מנוע נוספת ע"י טייס ב', קודם שהמריא לטיסת הבדיקה.

התרחישים האפשריים

- ✓ חסימת הזנת אוויר לקרבורטורים – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ חסימת יציאת גזי הפליטה בדוד האגוז – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ ירידת קומפרסיה עקב משקעים מצנרת הדלק שנמצאו בקרבורטורים – נשלל (ראה סעיף 2.3).
- ✓ ליקוי בתפקוד הקרבורטורים ו/או משאבת הדלק, עקב חדירת לכלוך.
- ✓ חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK.

הדיון בתרחישים

- ☒ ליקוי בתפקוד הקרבורטורים ו / או משאבת הדלק, עקב חדירת לכלוך
מאחר שמלבד החלפת כוסיות ומצופים בקרבורטורים, לא נרשם, כי בוצע ניקוי כללי של הקרבורטורים, עדיין התקיימה הסבירות שחלקיקי זיהומים נותרו בקרבורטורים וגרמו לליקוי בתפקודם, הגם שהייתה נמוכה מאוד. עם זאת, הרצת המנוע, לפני הטיסה, בסל"ד מלא, תוך תפקוד תקין של המנוע, מצביעה על תפקוד תקין של הקרבורטור, כולל אספקת הדלק מהמשאבה. משכך, הסבירות לתרחיש זה נמוכה.

חסימת אספקת הדלק עקב בעיית VAPOR LOCK



התנאים שקדמו להמראה יצרו אפשרות להיווצרות חסימת אדים עקב הנתונים להלן:

- ✓ חניית המטוס בשמש משך שעות רבות לפני ההמראה, גרמה לחימום הדלק במכלי הכנפיים לטמפרטורה סביב 30 מעלות צלסיוס.
 - ✓ חניית המטוס בשמש משך שעות ארוכות גרמה לחימום תא המנוע, כתוצאה מהאוויר החם שעלה מהאספלט.
 - ✓ טמפרטורת תא המנוע המשיכה לעלות עקב:
 - ❖ הרצת הבדיקה הממושכת של המנוע לפני ההמראה.
 - ❖ ההמתנה עם מנוע פועל לפני העלייה למסלול וההסעה לתחילת מסלול.
- .34

עובדה זאת נתמכת ע"י אירוע נוסף, בתנאי רקע דומים, מתאריך 31.5.2019, בשדה התעופה בחיפה כאשר טייס מטוס מסוג בריסטל חווה נפילת כוח בהמראה (תיק חקירה 19-42). גורם השורש באירוע זה זוהה בוודאות כתופעת VAPOR LOCK, המאופיינת בנפילת לחץ הדלק, כפי שאכן נמצא בהקלטות מערכת ה-GARMIN במטוס. משכך, הסבירות לתרחיש של חסימת אספקת דלק עקב בעיית VAPOR LOCK גבוהה מאוד.

טיסת הבדיקה השלישית וההעברה למנחת ראשון

ביומיים שקדמו לטיסה, המטוס טופל ע"י מכון הבדק אשר ביצע עפ"י דיווחו ורישומי פעיות האחזקה, סדרת פעולות, כולל ניקוי כללי של הקרבורטורים. הדלק שהיה בכנפיים רוקן והמטוס תודלק בדלק 100LL. המראת הבדיקה שבוצעה בטמפרטורה חיצונית של 28 מעלות צלזיוס, הייתה תקינה וללא אירועים חריגים. הטייס המשיך לאחר ההקפה בש"ת חיפה והעביר את המטוס למנחת ראשון.

סיכום

שתי טיסות הבדיקה הראשונות בוצעו לפני שצוות החקירה התוודע לעובדה, בתאריך 6.6.2019, כי המטוס תודלק בדלק חורף לאחר שבתאריך 14.4.2019, שר הכלכלה אישר בצו את המשך הספקת דלק 95 אוקטן חורף, עד לסוף חודש מאי. יודגש, כי הגורמים הרלוונטיים, בכללם מינהל הדלק, לא היו מודעים לכך שמטוסי אולטרא-לייט טסים בדלק רכב וגורמי התעופה הרלוונטיים, טייסים ומפעיל המנחת לא הכירו את הצו האמור.

גם לאחר שמידע זה התברר, עדיין נבדקה האפשרות, כי אפשר שהרכב הדלק הוא הבעיה. תוצאות מעבדת בדיקות בז"ן חיפה, בתאריך 14.6.2019, הפריכו את החשד ואפשרו לצוות החקירה לברר את האפשרויות ולהתמקד בגורמים שהשפיעו על כל אחת מהטיסות שהוצגו.

3. מסקנות

- 3.1** התקרית מסווגת בעיקרה כאישית-טכנית של מכון הבדק, עקב עבודת אחזקה לקויה במסגרת החלפת צנרת הדלק בתא המנוע, שבוע וחצי קודם לאירוע. בסבירות גבוהה, חדרו שיירי גומי לצנרת הדלק ואח"כ המשיכו, במהלך עבודת המנוע, למשאבת הדלק ולקרבורטורים, באופן שפגעו בתפקודם ומנעו יכולת לפתח כוח מנוע מלא בטיפוס.
- הערה: קטעי הצנרת שהוחלפו, היו אחרי המסנן דרך המשאבה ועד הקרבורטורים, בהם נמצאו חלקיקי שחורים שזוהו בבדיקות מעבדה כגומי – עובדה זו מלמדת שמקורם באותה עבודת אחזקה.
- 3.2** בסבירות גבוהה מאד שהליקוי בתפקוד המנוע בטיסת התקרית לא נגרם כתוצאה מהשימוש בדלק חורף, זאת למרות החשד הראשוני, ואלו הנימוקים:
- ✓ נתוני הטיסה ותנאי הסביבה באירוע, אינם מתאימים ליצירת התופעה של חסימת אדים, גם בשימוש עם "דלק חורף".
 - ✓ בחודשיים שקדמו לעבודת האחזקה, המטוס תודלק עם "דלק חורף" תקני, 95 אוקטן, והשותפים ביצעו 10 טיסות, בזמן כולל של 21 ש"ט, חלקן בימים חמים, ללא אירועים חריגים.
 - ✓ שני המטוסים האחרים בקבוצה טסו יחד עם "דלק חורף", ממנחת ראשון לחיפה, מבלי שחוו אירועים חריגים, כולל שהמשיכו אח"כ לקפריסין, בטמפרטורה ובגובה גבוהים יותר.
 - ✓ בחודשים אפריל-מאי בוצעו מעל 1,500 טיסות של מטוסים ממנחת ראשון ומספר מאות של מטוסים ממנחתים אחרים שכולם תודלקו ב-"דלק חורף". למרות זאת, פרט לארבעת המקרים שצוינו בדוח ואשר התרחשו בתנאים חריגים המאפשרים את תופעת VAPOR LOCK, לא דווח על אף מקרה נוסף של נפילת כוח מנוע.
- 3.3** הממצא המחשיד של דלק כתום בבית המסנן ובכוסיות הקרבורטור, כולל במטוסים נוספים, התברר שמקורו בהתמוססות מסוימת של צנרת דלק חדשה, מבלי שיש לכך פגיעה בתפקוד המנוע.
- 3.4** הרכב דלק החורף שסופק למנחת, כולל הדלק בכנפי המטוס היה עפ"י דרישות התקן.
- 3.5** צנרת הדלק שהותקנה במטוס, במהלך עבודת האחזקה, הייתה תקנית ונעשה שימוש באותו סוג צנרת משך מספר שנים לפחות.
- 3.6** בבדיקת המנוע, לאחר התקרית, לא נמצאה כל תקלה טכנית נוספת שהייתה יכולה לגרום לנפילת כוח המנוע בעת התקרית ובשתי המראות הבדיקה הכושלות, בהמשך.
- 3.7** נפילות הכוח, בשתי טיסות הבדיקה הראשונות שבוצעו בשדה התעופה חיפה, נגרמו, בסבירות גבוהה, עקב תופעת חסימת אדים. יחד עם זאת, לא מן הנמנע שניקוי לא מלא של הקרבורטורים לפני אותן שתי טיסות תרם את חלקו לליקוי בתפקוד המנוע.

4. המלצות

4.1 בעת התקנת צנרת דלק חדשה, לנקות את קצות הצינורות החדשים, בדגש על שפת הקוטר הפנימי של הצינורות, ואת פנים הצינורות, למשל ע"י לחץ אוויר יבש ולוודא בראיה, לפני ההתקנה, את ניקיונם.

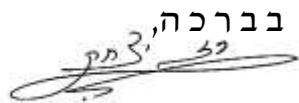
מועד מומלץ לביצוע: שוטף

באחריות: מכוני הבדק

4.2 לאחר פעולת אחזקה ברכיבי מערכת דלק הממוקמים אחרי המסנן, לבצע הרצת מנוע ממושכת, עם מסנן זמני, שיחובר אחרי הרכיבים שטופלו, לאיסוף זיהומים שאפשר שחדרו או הושארו.

מועד מומלץ לביצוע: שוטף

באחריות: מכוני הבדק

ב ב ר כ ה,

עו"ד רז יצחק (רזצ'יק)
החוקר הראשי

תאריך: 28.8.2019 סימוכין: 4000-0098-2019-0014651

החזרת חפצים שנתפסו במהלך חקירה בטיחותית

בהתאם לסעיף 114(ב)(5) – (7) לחוק הטיס, התשע"א – 2011, החוקר הראשי יחזיר חפצים שנתפסו, למעט שברי כלי טיס, תוך 45 ימים ממועד פרסום דו"ח החקירה הסופי. החפצים יוחזרו לידי מי שמידיו נתפסו החפצים, או לידי בעליהם. שברי כלי טיס לא יוחזרו אלא לבקשת בעליו של כלי הטיס ועל חשבונו. בקשה להשבתם יש להגיש לחוקר הראשי, לא יאוחר מ- 45 ימים ממועד פרסום הדוח.
אדם המעוניין, כי חפצים שנתפסו לא יוחזרו לידי בעליהם, רשאי להגיש בקשה מתאימה לבית משפט השלום, שבתחום שיפוטו נתפס החפץ.