



ביעף

תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית



- דרימליינר חדש של אל-על בצבעי רטרו
- זכות ראשונים: פרופ' סידני גולדסטין
- מוזיאון חיל האוויר המלכותי בצפון לונדון
- חדשות התעופה והחלל בישראל • ספרים ביעף

התוכן

חדשות ביעף:

- 3 חברות תעופה ישראליות
- 4 חברות תעופה זרות
- 5 ישראל בחלל
- 6 תעשיות ביטחוניות
- 7 כטב"מים
- 8 חילות אוויר במזרח התיכון

זכות ראשונים: חלוצי התיכון האווירונאוטי בישראל

- 10 פרופ' סידני גולדסטיין

מוזיאונים לתעופה בעולם:

- 14 מוזיאון חיל האוויר המלכותי בצפון לונדון

ספרים ביעף

- 22 ביעף נוסד בשנת 1972.

בשער: F-15I רעם של טייסת 69 ממריא מחצרים במפגן שנערך ב-28 ביוני במסגרת טקס הענקת כנפיים לבוגרי קורס טיס 176. הרעם הוא המפציץ העיקרי של חיל האוויר, שנושא ברוב הנטל של התקיפות במדינות אויב. החיל שוקל לתגבר את הסד"כ בטייסת של מטוסי **F-15IA** – דגם מתקדם יותר מהדור החדש, שמציעה **בואינג**. (צילום: קורל דביר, חיל האוויר)

דבר העורך



מדינת ישראל פעילה בתחום החלל זה 30 שנים, מאז שוגר הלוויין הישראלי הראשון, **אופק 1**, ב-19 בספטמבר 1988. בתקופה זו נבנו בארץ 32 לוויינים, ו-24 מביניהם שוגרו בהצלחה. המאזן כולל שישה שיגורים שנכשלו, ננו-לוויין אחד שנבנה אך לא שוגר, וחללית אחת שמיועדת לשיגור לירח בתחילת 2019. זהו מאזן מכובד מאוד, לכל הדעות. בשנות קיומו הארוכות של "ביעף" כיסינו בצורה מקיפה את כל פעילויות החלל החשובות בישראל, כפי שעשינו לגבי כל תחומי התעופה. את הדיווחים המקוריים שלנו על פעילויות החלל האלה ריכזנו עתה באוסף כתבות בן 68 עמודים, אותו אנו מעניקים למנויי "ביעף" יחד עם גיליון חדש זה.

כפי שפירוטנו בהקדמה לאוסף הכתבות המקוריות, הפעילות הישראלית בחלל הקיפה מגוון תחומים, שכללו לווייני צבאיים ומסחריים, לווייני תקשורת, לוויינים מדעיים-טכנולוגיים, לוויינים זעירים, ואפילו חללית קטנה לנחיתה על פני הירח. השיגורים המוצלחים כללו את הלוויינים הבאים: שני לוויינים ניסיוניים שכונו במקורם **עוז 1** ו-**2**, ונדעו בשם הגלוי **אופק 1** ו-**2**; חמישה לווייני תצפית אלקטרו-אופטיים צבאיים – **אופק 3, 5, 7, 9, 11**; שני לווייני תצפית מכ"מיים צבאיים מסוג **TecSAR** – **אופק 8** ו-**10**; שני לווייני תצפית אלקטרו-אופטיים מסחריים – **ארוס A** ו-**B**; לוויין תצפית מכ"מי עבור הודו שנקרא **RISAT-2**; לוויין תצפית אלקטרו-אופטי עבור איטליה מסוג **OPTSAT3000**; ארבעה לווייני תקשורת – **עמוס 1, 2, 3, 4**; הלוויין המדעי-טכנולוגי **נוס**; הלוויין המדעי הזעיר **גוריון 2** **טכסאט** שנבנה בטכניון; שני פיקו-לוויינים של תלמידי תיכון ישראלים – **דוכיפת 1** ו-**2**; הננו-לוויין של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב **BGUSAT**; ושני ננו-לוויינים מדעיים של חברת **SpacePharma**.

בגיליון זה אנו ממשיכים לדווח על פעילויות חלל חדשות בישראל, ומברכים על ההחלטה הממשלתית לתמוך כספית בהמשך ייצורם המקומי של לווייני תקשורת מסדרת **עמוס**. אנו סוקרים גם את ההתפתחויות האחרונות בתוכנית לשיגור החללית של **SpaceIL** לירח, ששמה העברי ייבחר בקרוב מבין שבע ההצעות: אביב, בראשית, ברית, גולדה, הילה, ישראלה, לבנה, סנונית, רעות.

עוד אנו מדווחים על שיתוף הפעולה המתגבש בין חברת ההזנק **אפקטיב ספיס** לבין **התעשייה האווירית לישראל** לבניית צי לוויינים קטנים שמיועדים להעניק שירות ייחודי להארכת חיים של לווייני תקשורת במסלולם בחלל.

עוד אנו מדווחים על שיתוף הפעולה המתגבש בין חברת ההזנק **אפקטיב ספיס** לבין **התעשייה האווירית לישראל** לבניית צי לוויינים קטנים שמיועדים להעניק שירות ייחודי להארכת חיים של לווייני תקשורת במסלולם בחלל.

יהודה בורוביק



מהדורה אלקטרונית e145
חשוון תשע"ט – אוקטובר 2018

בחסות
האגודה למדעי התעופה
והחלל בישראל

www.aerospace.org.il

ביעף נוסד בשנת 1972.

מו"ל ועורך אחראי: יהודה בורוביק

עורכי משנה: מאיר פדר

ד"ר נעם הרטוך

דוא"ל: biaf@aerospace.org.il

מחיר המינוי: 117 ש"ח לשנה.

© כל הזכויות שמורות ל"ביעף".

מהדורה אלקטרונית זו מיועדת לשימוש
הבלעדי של המנוי אליו נשלח העיתון.
העברה, הפצה או העתקה של הקובץ
ותוכנו אסורים בהחלט.

BIAF – Israel Aerospace e-Magazine

Publisher & Editor: Yehuda Borovik

E-mail: biaf@aerospace.org.il

Copyright © 2018 BIAF.

All rights reserved.

This electronic version is
intended for the sole use of the
intended subscriber. Any pass-along
distribution, repurposing, or
duplication of this file is forbidden.

דרימליינר שישי של אל-על, בצבעי רטרו



מטוס הבואינג 787-9 דרימליינר השישי של אל-על, שרישומו 4X-EDF, הגיע לנתב"ג ב-14 באוגוסט. המטוס נצבע בסכמת עבר (רטרו) שבה היו צבועים מטוסי הבואינג 707 בתחילת שנות ה-60 של המאה הקודמת, לכבוד חגיגות 70 השנים לחברה. זהו הדרימליינר השלישי בעלות אל-על, כאשר שלושת הראשונים הם חכורים.



למעלה: המטוס החדש נתקבל ברחבה מול מוסך התחזוקה הגדול של אל-על בנתב"ג בטקס מסורתי שכלל התזת סילוני מים משתי כבאיות של נמל התעופה. למטה: הדרימליינר השישי נקרא על שם העיר רחובות, כשמו של מטוס הסקיימאסטר הראשון של החברה, שנכנס לשירות במארס 1949. (צילומים: ביעף).





חברות תעופה סיניות מגדילות את היצע הטיסות לישראל

בישראל, ציין כי "חנוכת המטוס החדש גם בקו לתל-אביב מבטאת את מחויבות החברה לקהל הישראלי והרצון להציע מוצרים חדשנים ומתקדמים, המציבים את ישראל על המפה הגלובלית של החדשנות והקדמה הטכנולוגית בעולם התעופה". ביולי הוסיף ואמר, כי "באמצעות הצטרפות המטוס החדש תציע **קתאי פסיפיק** את חוויית הטיסה המשודרגת ביותר יחד עם המטוס החדש ביותר שנחת אי-פעם בישראל".

קתאי פסיפיק החלה את פעילותה בישראל עם ארבע טיסות בשבוע והגדילה את התדירות בחלק מעונות השנה בהתאם לביקוש הגובר. החברה הודיעה בסוף אוקטובר, כי החל מה-1 במארכס 2019 היא תקיים טיסה יומית קבועה. רוב הטיסות יבוצעו במטוס **A350-900**, כאשר בתקופות שיא במהלך השנה יתוגבר הקו במטוס **A350-1000** הגדול יותר.

בקו לישראל גם את מטוסה החדש מדגם **A350-1000**, שנכנס לשירותה ב-19 ביוני השנה. המטוס, שגופו הוארך ב-7 מטרים, מותאם להטסת 334 נוסעים, לעומת 280 נוסעים ב-**A350-900** שהופעל עד כה בלעדית בקו לישראל. הסידור הפנימי במטוס המוארך כולל 46 מושבים במחלקת עסקים (4 מושבים בשורה), 32 מושבים במחלקת תיירים פרמיום (8 מושבים בשורה) ו-256 מושבים במחלקת תיירים רגילה (תשעה מושבים בשורה).

קתאי פסיפיק הזמינה מאייירבאס 20 מטוסי **A350-1000**, ששמונה מהם ייכנסו לשירות עד סוף השנה הנוכחית והשאר יסופקו עד שנת 2021. המטוס הוא בעל טווח מספיק כדי לאפשר ל**קתאי** לבצע טיסות ישירות מהונג קונג לושנינגטון הבירה בארה"ב, שנמשכות כ-17 שעות.

ג'ונתן ביילי, מנהל סניף **קתאי פסיפיק**

חברת תעופה סינית שלישית, **סצ'ואן איירליינס**, חנכה ב-26 בספטמבר קו טיסות ישיר לישראל מצינגדו בירת חבל סצ'ואן בדרום-מערב סין. הטיסות מבוצעות פעמיים בשבוע, בימי ראשון ורביעי, במטוס **איירבאס A330-300** עם 277 מושבים במחלקת תיירים ו-24 מושבים במחלקת עסקים.

סצ'ואן איירליינס מפעילה צי מטוסי נוסעים שכולם מתוצרת **איירבאס**, ביניהם 123 מטוסים ממשפחת ה-**A320** צרי-הגוף ותריסר מטוסי **A330** רחבי-גוף. באוגוסט השנה קלטה החברה מטוס ראשון מדגם **A350-900**, שנכרך מחברת **AerCap**, אשר מסודר עם 303 מושבים במחלקת תיירים ו-28 מושבים במחלקת עסקים. **סצ'ואן** הזמינה מאייירבאס עשרה מטוסי **A350** כאלה שישופקו לה בשנים הקרובות. החברה הודיעה כי בכוונתה להפעיל מטוסי **A350** חדשים בקו לישראל החל מהשנה הבאה.

חברה סינית קודמת שהחלה לטוס לישראל היא ה**יינאן איירליינס**, שחנכה קו טיסה ישיר מבייג'ינג לנתב"ג בסוף אפריל 2016 (ראה "ביעף" e135 עמ' 13). כיום מפעילה החברה ארבע טיסות שבועיות מבייג'ינג ושלוש טיסות שבועיות משנחאי במטוסי **איירבאס A330-300**, וכן שלוש טיסות שבועיות מגואנג'זו במטוסי **בואינג 787-9 דרימליינר**. טיסות אלה הביאו לזינוק דרמטי במספר התיירים הסינים המבקרים בישראל.

חברת התעופה **קתאי פסיפיק**, שהחלה לטוס מהונג קונג לנתב"ג בסוף מארכס 2017, הגדילה לאחרונה את היצע המושבים בחלק מטיסותיה לישראל. ב-3 באוקטובר החלה החברה להפעיל



צילום: זיגי.

בראש העמוד: ה-**A350-1000** הראשון של **קתאי פסיפיק**, שנכנס לשירותה ביוני השנה, הגיע לראשונה לנתב"ג ב-3 באוקטובר. למעלה: ה-**A330-300** של **סצ'ואן איירליינס** שביצע את טיסת הבכורה לישראל ב-26 בספטמבר. למטה: מטוס ה-**A350-900** הראשון של **סצ'ואן** נצבע בסכמה מיוחדת עם דובי פאנדה.



נאס"א תסייע בהנחתת חללית SpaceIL על פני הירח



מימין לשמאל: ד"ר תומאס זורבך מנאס"א, ראש נאס"א ג'ים בריידנסטין, אבי בלסברג – מנהל סוכנות החלל הישראלית, וד"ר עידו ענתבי – מנכ"ל SpaceIL, בטקס חתימת ההסכם עם נאס"א.

התמיכה בעמותה תכלול לדוגמה מימון של הניסוי המדעי שבמסגרתו תמדוד החללית את השדה המגנטי על הירח, הרצאות בבתי ספר, פעילויות חינוכיות כגון "השמים הם לא הגבול", אליפות סייבר, תוכניות העשרה במרכזים מדעיים ואירועים תחרותיים (האקתון ירח).

דחיית השיגור

נמשכות הדחיות במועד השיגור של החללית לירח, המאפיינות את התוכנית מראשיתה. השיגור שיועד לדצמבר השנה נדחה במספר שבועות לתחילת 2019, מסיבות תלויות בחברה המשגרת SpaceX. מנכ"ל SpaceIL, ד"ר עידו ענתבי, אמר בתחילת אוקטובר: "נותרה עדיין עבודה רבה עד לסיום המוכנות לשיגור, אותה נשלים על-פי התוכנית. חלון השיגור החדש יאפשר לנו לבצע בדיקות נוספות ולהעלות את רמת המוכנות שלנו למשימה". (על משימת SpaceIL ראה "ביעף" e144 עמ' 3).

תמיכה של סוכנות החלל

סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע הודיעה ב-10 באוקטובר על אישור תמיכה של עד 7.25 מיליון ש"ח במגוון פרויקטים טכנולוגיים פורצי דרך של עמותת SpaceIL. סכום זה מצטרף לכ-2 מיליון ש"ח שכבר הושקעו בפיתוחים שסייעו לעמותה בתחילת דרכה. התמיכה תינתן לפרויקטים כגון: המחקר המדעי על הירח, פעילויות חינוכיות בבתי ספר ותחרויות בנושא החלל.

"מיזם פיתוח ושיגור החללית של SpaceIL לירח יקנה למדינת ישראל יתרון בחקר החלל ובפיתוח טכנולוגיות חלל", אמר שר המדע אופיר אקוניס. "עם כניסתי לתפקיד התחייבתי למצוא דרך שהפרויקט המדהים הזה ימשיך להתקיים וכעת מימשנו את ההבטחה. הפרויקט צפוי לקדם את החינוך של ילדים ונוער למדעים ולטכנולוגיה ולקדם את המחקר המדעי על הירח, והוא מעורר גאווה לאומית רחבה".

סוכנות החלל האמריקנית נאס"א וסוכנות החלל הישראלית במשרד המדע והטכנולוגיה חתמו ב-3 באוקטובר על הסכם חדש שבמסגרתו תשתתף נאס"א במשימה של עמותת SpaceIL, שצפויה לשגר חללית ישראלית ראשונה לירח בתחילת 2019. ההסכם נחתם בברמן בגרמניה במהלך הכנס השנתי של הפדרציה הבינלאומית לאסטרונוטיקה. כחלק מההסכם יותקן על החללית מכשיר מחזיר לייזר של נאס"א, שנועד לסייע באיתור המיקום המדויק של החללית על קרקע הירח לאחר הנחיתה. נאס"א תאפשר ל-SpaceIL לקבל שירותי תקשורת עם החללית ואיכון לחלל העמוק באמצעות רשת אנטנות הענק שלה, דבר שייסע בתקשורת של החללית עם כדור-הארץ.

ההסכם בא בעקבות ביקורו של ראש נאס"א ג'ים בריידנסטין בישראל בחודש יוני, שבמהלכו חתם על מזכר הבנות עם סוכנות החלל הישראלית לקידום שיתוף הפעולה בין הסוכנויות ונפגש עם נציגי SpaceIL. בריידנסטין הצהיר במהלך ביקורו, שעד שנת 2025 תקים נאס"א תחנת חלל סביב הירח ובפרויקט יהיו שותפות מדינות רבות.

במסגרת ההסכם החדש, נאס"א תקבל גישה לנתונים שיספק מכשיר המגנטומטר שמונתקן על החללית הישראלית. המכשיר, שפותח בשיתוף מכון וייצמן למדע, יבצע מדידות של השדה המגנטי באתר הנחיתה. כמו-כן, הלוויין לחקר הירח (LRO), ששיגרה נאס"א לפני עשור וסובב כיום את הירח, ינסה לצלם את החללית הישראלית כשהיא תנחת על הירח.

מנכ"ל עמותת SpaceIL, ד"ר עידו ענתבי, אמר: "כמיזם פרטי שנולד כרעיון אמיץ נגד כל הסיכויים, זהו כבוד גדול עבורנו שנאס"א רואה בנו שחקן ראוי בזירת החלל העמוק. כולנו תקווה שהחללית שלנו היא רק הסנונית הראשונה, וכי יבואו משימות חלל ואתגרים טכנולוגיים נוספים בתחום. אני מאמין שלישראל יש פוטנציאל התפתחות רב בתחום החלל, במיוחד לאור הניסיון של התעשייה האווירית, כפי שבא לידי ביטוי בשותפותם במשימת SpaceIL".

התע"א תייצר את לוויין התקשורת עמוס 8

כי החלטה לממן את בניית הלוויין עולה בקנה אחד עם המלצות הוועדה המיוחדת שהקים לפני שנתיים, בעקבות התפוצצות עמוס 6 על כן השיגור בארה"ב. (ראה "ביעף" e138 עמ' 22-23).

בעקבות ההודעה הממשלתית החליטה חלל תקשורת לבטל את הזמנת הלוויין עמוס 8 מחברת לוראל בארה"ב, וכן בוטל הסכם השיגור עם SpaceX (הסכמים אלה נחתמו במאוס השנה, עם אפשרות לביטולם – ראה "ביעף" e143 עמ' 11). בהודעת חלל תקשורת מה-25 בספטמבר נאמר: "החברה פועלת לקדם באופן המיטבי את תוכנית הלוויין עמוס 8, ובוחנת היתכנות וכדאיות של מספר חלופות העומדות בפניה, ביניהן אפשרות לשיתוף פעולה עם ממשלת ישראל".



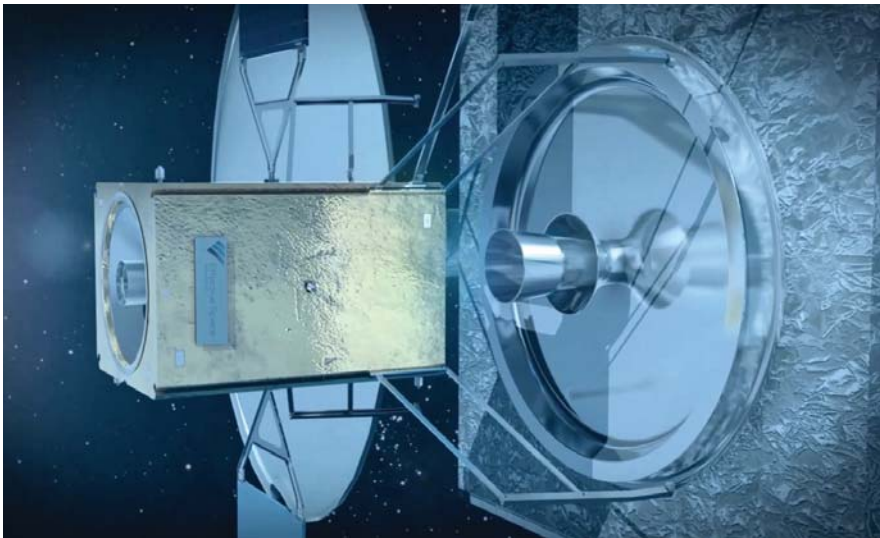
החדשניים בלוויין ישליכו גם לפרויקטים טכנולוגיים נוספים וישפרו את התחרותיות של תעשיית החלל הישראלית בעולם. השר הדגיש,

ממשלת ישראל אישרה ב-2 בספטמבר את השתתפות המדינה במימון לפיתוח ובנייה של לוויין תקשורת חדש, עמוס 8.

שר המדע והטכנולוגיה, אופיר אקוניס, אמר לאחר אישור ההחלטה: "ההחלטה היא בעלת משמעות אסטרטגית ארוכת טווח ועונה על צרכים קיומיים חיוניים למדינת ישראל. פיתוח וייצור הלוויין בישראל יאפשרו שמירת עצמאות מוחלטת בתחום התקשורת הלוויינית. בנייתו בישראל תשמר ידע ומומחיות בתחום שנוכשו במשך עשרות שנים בתעשייה המקומית".

אקוניס הבהיר, כי משמעות ההחלטה היא שהידע שנצבר בתחום לוויינות התקשורת יישמר בישראל, לישראל תהיה שליטה בלוויין, ואיכות השידור לקהל הלקוחות של לוויין התקשורת תשתפר ותורחב. לדבריו, הפיתוחים

התע"א תשתף פעולה עם אפקטיב ספייס ותשקיע בה



הלוויין Space Drone של אפקטיב ספייס יצמד אל לוויין התקשורת הגדול ויתפקד כמערכת הנעה חיצונית.

עשרות לוויינים בחלל. נמרוד שפר, מנכ"ל התע"א, הבהיר כי "החיבור בין הניסיון העשיר וההתמחות של התעשייה האווירית בפיתוח ובניית לוויינים קטנים, קלים וזריזים, לבין הרעיון החדשני של אפקטיב ספייס, הינו בעל פוטנציאל לפעילות עסקית בהיקף משמעותי ביותר".

הנעה חיצונית שתאריך את חייו למשך כ-15 שנים. החברה נכנסת לתחום המתפתח במהירות של לוגיסטיקה בחלל, ומציעה בשלב הראשון שירותים במסלול לווייני תקשורת הכוללים הארכת חיים, מיקום מחדש, תיקוני מסלול ונטייה, וכן פינוי לוויינים בסוף חייהם. לצורך זה החברה מתכוונת לפרוס צי של כמה

התעשייה האווירית לישראל וחברת אפקטיב ספייס חתמו בספטמבר על הסכם הבנות לפעילות משותפת, הכוללת שותפות טכנולוגית וכספית. במסגרת ההסכם המתגבש, אפקטיב ספייס בחרה בתע"א לפיתוח וייצור לווייני Space Drone, ובמקביל מקדמת התע"א את האישורים הנדרשים לביצוע השקעה באפקטיב ספייס. לצורך מימוש שיתוף הפעולה, החלו מהנדסי שתי החברות לגבש במשותף את תכנ הלוויין, המיועד להעניק שירות ייחודי להארכת חיים של לווייני תקשורת בחלל (ראה "ביעף" e142 עמ' 20).

אריה הלזבנד, מנכ"ל אפקטיב ספייס, אמר: "התעשייה האווירית היא מובילה עולמית בפיתוח ואספקה של לווייני תצפית ולווייני תקשורת. לתעשייה האווירית יתרון מוכח בפיתוח לוויינים קטנים בעלי ביצועים גבוהים, ויחד עם יכולתה בלוויינות תקשורת היא מהווה שותף אידיאלי עבורנו לפיתוח צי של לווייני שירות קטנים ויעילים. החלטת התעשייה האווירית להשקיע באפקטיב ספייס מהווה הוכחה לכוננות הרעיון הטכנולוגי והעסקי העומד בבסיס החברה ואמונה בצוות המוביל אותה".

הפתרון שפותח על-ידי אפקטיב ספייס, אשר נסמך על עשרות שנות ניסיון בתחום הלוויינות הזעירה, כולל ייצור ושיגור לוויין שירות קטן שייצמד אל לוויין התקשורת ויתפקד כמערכת

רפאל פיתחה דגם משופר של טיל הספייק

ק"מ) והן לשיפור יכולתם המבצעית של מסוקי ה-Mi-24 המשודרגים ומסוקי סוקול. משפחת טילי הספייק של רפאל זכתה להצלחה שיווקית גדולה ברחבי העולם. הטילים שולבו ב-45 פלטפורמות שונות ונמצאים בשימוש 30 מדינות. יותר מ-30,000 טילים כבר סופקו וכ-5,000 טילים שוגרו בפעילות מבצעית ובאיומים.

האוויר הקולומביאני, במסוקי AW129 מנגוסטה איטלקיים, במסוקי סופר פומה רומניים, במסוקי סופר קוברה, ובסוגים שונים של כלירכב קרקעיים וספינות ימיות. רפאל מציעה את הספייק ER2 החדש להתקנה במסוקי הטייגר הגרמניים. הטיל מוצע גם לצבא פולין, הן לשימוש קרקעי בהתקנה על כלירכב צבאיים (לטווח של עד 10

חברת רפאל מערכות לחימה מתקדמות חשפה בתערוכת התעשיות הביטחוניות MSPO, שנערכה בקילצה בפולין בחודש ספטמבר, את SPIKE ER2 – טיל מתקדם לטווחים מורחבים, המהווה דור חמישי במשפחת טילי הספייק המוצלחת. זהו דגם משופר של טיל הספייק בעל הטווח של 8 ק"מ, המונחה למטרתו באמצעות סיב אופטי.

כדי לאפשר את הפעלת הטיל לטווח של 16 ק"מ בשיגור ממסוק הוסיפו לו ערוץ העברת נתונים אלחוטי בתדירות רדיו, במקום הסיב האופטי. בטיל שולב חיישן חיפוש מודרני מתקדם לרכישת מטרות בטווחים ארוכים, המשלב חיישני תת-אדום וראיית יום בראי-לוציה גבוהה. החלפה חמה מראיית יום לתת-אדום במהלך הטיסה יכולה לסייע באיתור מטרות מוסוות. כמו-כן שולב בטיל עוקב מטרה רב-ספקטרום שמאפשר היתוך נתונים מחיישנים – אמצעי חשוב בסביבות אופיי עשן של שדה הקרב. חיישנים אלה ויחידת המדידה האינרציאלית מאפשרים את שיגור הטיל מעבר לטווח הראייה, תוך היעזרות בנתונים המתקבלים ברשת הצבאית. ניתן לשלב גם עוקב מטרות מיוחד שמותאם לסביבה ימית.

קטלניותו של הטיל מושגת בזכות שילוב דיוק פגיעה גבוה מאוד ללא תלות בטווח, זווית פגיעה גבוהה מאוד, וראש קרבי מתקדם היכול לחזור כל טנק מערכה מוכר ומבנים מבוצרים. טילי ספייק ER שולבו עד כה במסוקי טייגר של צבא ספרד, במסוקי בלק הוק של חיל

הטיל ספייק ER2 של רפאל מוזנק ממשגר קרקעי באחד מהניסויים שנערכו בארץ.



הרון לסיור ימי מופעל במרחב אווירי אזרחי עבור הסוכנות האירופית למשמר גבולות וחופים



ההרון של Frontex מצויד במכ"ם בגונו, בחיישן תצפית אלקטרו-אופטי ובאנטנה לתקשורת לוויינית.

בשמי אירופה הינה עליית מדרגה חשובה מאין כמותה עבור התעשייה האווירית, וזוהי הוכחה מוצקה כי הכטב"ם יכול לטוס בנתיבים אזרחיים ללא כל בעיה. אני מאמין כי חוזה זה יפתח בפני התעשייה האווירית את הדלת לשוקים רלוונטיים נוספים גם בתחומים האזרחיים".

ומספקת תמונה מודיעינית מדויקת בזמן אמת. ההרון הימי נמצא בשימוש מבצעי צבאי אצל לקוחות שונים ברחבי העולם, וכן בשימוש זרוע הים של צה"ל ככלי הסיור המרכזי שלה.

אבי בלסר, ראש מנהל שיווק במפעל מלט בתע"א, הדגיש כי "הטיסה במרחב האזרחי

התעשייה האווירית לישראל יחד עם חטיבת הפתרונות המוטסים של איירבאס הגנה וחלל זכו בחוזה של הסוכנות האירופית למשמר גבולות וחופים Frontex, לביצוע משימות אבטחה ימיות ומשמר חופים באמצעות כטב"ם הרון. השירות לביצוע משימות האבטחה הימיות ניתן הן עבור משימות מתוכננות והן לקריאות פתאומיות. החוזה הראשוני למתן שירותי הפעלה, הטסה ותחזוקת המערכת כולל בשלב הזה כ-600 שעות טיסה, ובהמשך צפוי להיחתם חוזה מסגרת רחב יותר לתקופה ארוכה יותר.

התע"א השלימה לאחרונה 200 שעות טיסה של ההרון הימי בביצוע משימות פטרול ימי והגנת חופים באי כרתים. הטיסות בוצעו במרחב האווירי האזרחי האירופי, תחת אתר קריאה אזרחי, ללא כל מעורבות ובקרה צבאית. ההרון הימי בשירות Frontex מילא שורה של משימות סיור ימי והגנה על חופים כשהוא מצויד במטע"ד אלקטרו-אופטי לראיית יום ולילה ובמכ"ם ימי. המערכת משדרת לאחור בתקשורת בקו ראייה ובתקשורת לוויינית,

בלוירד הסבה את ה-ThunderB להמראה ונחיתה אנכית; מספקת מיני-כטב"מים לצבא הודו



למעלה: ה-ThunderB הותאם להמראה ונחיתה אנכית באמצעות שני זוגות של מנועים חשמליים שמסובבים רוטורים קטנים. למטה: המיני-כטב"ם SpyLite משוגר ממעוט באזור הררי בהודו.



יצרנית הכטב"מים הישראלית בלוירד מערכות אוויריות חשפה באוגוסט דגם חדש של הכטב"ם הטקטי הקטן ThunderB, המותאם להמראה ונחיתה אנכית. בלוירד אימצה פתרון הצובר פופולריות רבה בעולם בשנים האחרונות – חוספת שני זוגות של מנועים חשמליים שמסובבים רוטורים קטנים, שמותקנים על מוט שמחובר לתחתית הכנף משני צדי הגוף. חיבור ערכת ההנעה החשמלית נעשה בדומה לנשיאת שני המטענים הזעירים מתחת לכנף, שתיארנו ב"ביעף" הקודם (עמ' 7). רונן נדיר, מנכ"ל בלוירד, הבהיר כי "יכולת ההמראה והנחיתה האנכית משחררת את ה-ThunderB ממגבלות מרחק המראה ונחיתה, וסוללת את הדרך לשימוש בו על-ידי מפעילים שצריכים המראה ונחיתה נקודתית". הכוונה היא לאפשר שימוש בכטב"ם מספיקות בים, מאסדות נפט וגז טבעי, מקורות יער צפופות, מאזורים עירוניים ועוד.

מיני-כטב"ם לצבא הודו

חברת בלוירד הודיעה ב-4 בספטמבר כי היא זכתה בהזמנה לאספקת מיני-כטב"מים מדגם SpyLite לצבא הודו. העסקה מתבצעת בשיתוף פעולה של בלוירד עם חברת Cyient ההודית, במסגרת חברה משותפת הנקראת Cyient Solutions & Systems.

ה-SpyLite זכה בהזמנה ההודית לאחר שהוכיח את יכולתו לפעול באזורים הרריים גבוהים ובתנאי מזג אוויר קיצוניים. המיני-כטב"ם המונע חשמלית שוקל כ-9 ק"ג ונושא מטע"ד צילום ליום וללילה במשקל של עד 1.3 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר עד ארבע שעות ולפעול ברדיוס של עד 80 ק"מ.

איראן

השבת מטוסי F-5E/F

מכונת התעמולה של שלטון האיטולות באיראן הציגה ב-21 באוגוסט מופע של הנשיא חסן רוחאני החושף מטוס קרב "חדש" שנקרא Kowsar, אשר נבנה כביכול באיראן. החשיפה נערכה לקראת יום התעשייה הביטחונית הלאומית באיראן. בהודעה הרשמית צוין כי זהו מטוס קרב מהדור הרביעי המצויד במערכות אוויוניקה מתקדמות ובמכ"ם רב-משימתי, שהוא 100% מתוצרת איראן.

בתמונות מהאירוע עם הנשיא רוחאני ובטיסת הדגמה נראה מטוס F-5F – הדגם הדו-מושבי של ה-F-5E טייגר II, שפותח על-ידי חברת נורת'רופ בארה"ב בשנות ה-70' וסופק לחילות אוויר רבים בעולם, ביניהם חיל האוויר האיראני בתקופה של השאה לפני המהפכה האסלאמית.

הצגת ה-Kowsar מבטאת כנראה שיקום של מטוס F-5F שהיה מקורקע והשבתו המוגבלת עם מערכות אוויוניקה חדשות יותר. הצגתו התעמולתית כמטוס חדש מייצור מקומי נועדה אולי לשיפור דימוי המשטר בעיני האזרחים בתקופה קשה מאוד לאיראן בעקבות העיצומים הכלכליים שהטילה ארה"ב.

בהעדר יכולת לרכוש מטוסי קרב חדשים, מנסים האיראנים זה שנים רבות להשביח במידת האפשר את המטוסים האמריקניים המיושנים שנתרו בידם מתקופת שלטון השאה. אין זו הפעם הראשונה שהם מציגים דגם מוסב של ה-F-5E/F כ"מטוס חדש שיוצר באיראן".

בתחילת שנות ה-2000 החלו במפעלי Owj לתכן שינויים אווירודינמיים ב-F-5E שישפרו כביכול את ביצועיו. אב-הטיפוס ביצע טיסת בכורה בפברואר 2004 כשהוא מתאפיין בשני מייצבי כיוון המוטסים כלפי חוץ (במקום הזנב האנכי היחיד) ובתצורה שונה במקצת של החרטום ושל כונסי האוויר בצדי הגוף. אב-הטיפוס הזה הוצג פומבית ביוני אותה שנה כמטוס חדש בשם Saeghe (ברק, בפרסית). השינויים האווירודינמיים בחרטום ובכונסים הוכיחו השפעה שלילית על הביצועים בניסויי הטיסה של אב-הטיפוס, והוחלט לוותר עליהם. שני מטוסי F-5E נוספים הוסבו לתצורה עם שני מייצבי כיוון, ואלה הוצגו פומבית במפגן שנערך ביוני 2007.

עד 2012 הוסבו רק שלושה מטוסים נוספים לתצורת ה-Saeghe – אחד מהם מקבוצת מטוסי ה-F-5E/F המקורקעים שהצלחו האיראנים לרכוש מווייטנאם. בפברואר 2015 הציגו האיראנים מטוס F-5F עם שני מייצבי כיוון שכונה Saeghe II, אשר שילב מספר מערכות אוויוניקה משופרות. לאחר מכן הפרויקט נעצר, כנראה מחוסר כדאיות, והאיראנים עוברים להשבתה של מטוסי ה-F-5E/F הקיימים שלהם.

ראוי להדגיש, כי מטוסי הקרב והתקיפה הקלים מדגמי ה-F-5E/F הם מטוסים מוצלחים מאוד מבחינת תצורתם האווירודינמית ומבחינת ביצועיהם, ואין צורך בשינויים אווירודינמיים כלשהם כפי שניסו לעשות באיראן. כדי לשפר את יעילותם המבצעית ולהתאימם לתנאי הלחימה האווירית בעידן הנוכחי נדרש להשביח



ה-F-5E שחושב באיראן למטוס "חדש" בשם Saeghe (ברק) עם שני מייצבי כיוון.

להשביח את מטוסי ה-F-5E/F לא יוביל אלא לתוצאות מוגבלות – רחוק מרמתם של מטוסי ה-F-5EM/FM שהושבו בברזיל.

חיל האוויר של הרפובליקה האסלאמית של איראן ממשיך להתבסס על מטוסי קרב מיושנים שנמצאים בשירות זה עשרות שנים, אשר כוללים: F-4E פאנטום, F-14A טומקט ו-F-5E/F טייגר II מתוצרת ארה"ב; מיג-29 וסוחוי Su-24MK מתוצרת רוסיה; ו-F-7N – גרסה סינית של המיג-21.

את מערכות האוויוניקה שלהם ואת מערכת ניהול החימוש, להתקין מכ"ם חדש ולהוסיף יכולת לנשיאת טילים מתקדמים ופצצות מונחות, כאשר הטייס מצויד בתצוגת קסדה מודרנית. תוכנית השבתה מקיפה כזאת בוצעה על-ידי חברת אלביט מערכות עבור חילות האוויר של ברזיל ותאילנד.

לאיראנים אין אפשרות להשיג מערכות אוויוניקה מתקדמות מיצרנים מערביים מובילים, וכישורי הפיתוח והייצור העצמיים שלהם בתחום זה נחותים למדי. לפיכך, ניסיונם



מטוס הקרב האיראני ה"חדש" קוסאר אינו אלא F-5F מתוצרת נורת'רופ שהוחזר לכושר טיסה והושבח. למטה: מופע התעמולה של הנשיא חסן רוחאני המברך את שני טייסי הקוסאר.



בחרין

שני מטוסי סופר הרקולס

חיל האוויר המלכותי של בחרין יקבל בקרוב שני מטוסי C-130J מעודפי חיל האוויר המלכותי הבריטי, שיהיו ראשוני מטוסי התובלה שיפעיל. מדובר במטוסי סופר הרקולס בעלי הגוף הקצר, שמסומנים בבריטניה הרקולס C Mk 5, אשר סופקו בסוף 1999 והוצאו משירות ה-RAF בסוף 2016. המטוסים עברו שיפוץ במפעלי Marshall Aerospace and Defence בקיימברידג'. צוותי אוויר מבחרין עברו השנה אימונים להפעלת הסופר הרקולס בבסיס ברייז נורטון.



הרקולס C Mk 5 של חיל האוויר המלכותי הבריטי שסימונו ZH880 באירוע לציון מלאת 100 שנים לטייסת 47. מטוס זה עובר עתה שיפוץ לפני העברתו לבחרין.

עיראק

מסוקי בל 407GX חמושים

הסוכנות לשתופי פעולה ביטחוניים במשרד ההגנה האמריקני הודיעה ב-4 באוקטובר כי המימשל בארה"ב מאשר לעיראק לרכוש חמישה מסוקי בל 407GX.

המסוק יחומש במקלע בקוטר 7.6 מ"מ, מקלע בקוטר 12.7 מ"מ, ומשגר רקטות M260 המותאם לרקטות APKWS מונחות לייזר לפגיעה מדויקת. המסוק יצויד בצריח גחון עם חיישן אלקטרו-אופטי/תת-אדום מדגם MX-15Di, באמצעי נגד להגנה עצמית מסוג AN/ALE-47, ובמערכת לניהול משימה, ניהול חימוש ותקשורת.

רכש זה בא לפצות על שבעה מסוקי בל IA-407, שאבדו בפעילות מבצעית ובתאונות בעיראק בשנים האחרונות. הזרוע האווירית של צבא היבשה העיראקי קלטה 24 מסוקי IA-407 חמושים בשנים 2012-13.

ה-407GX הוא דגם חדיש יותר, המצויד במערכת אוויוניקה משולבת מסוג גארמין G1000H עם שני צגים דיגיטליים גדולים בתא הטייס. למסוק משקל המראה מרבי של 2,380 ק"ג וביכולתו לשאת מטען תכליתי של עד 1,140 ק"ג. הטווח מגיע לכ-600 ק"מ וזמן השהייה באוויר עד 3.8 שעות.

משמאל: מסוקי בל IA-407 של צבא עיראק (האותיות IA מציינות: עיראקי חמוש). המסוק מצויד בצריח תצפית אלקטרו-אופטי מתחת לחרטומו וחמוש במקלעים ובכוורות רקטות. שבעה מסוקים כאלה אבדו בפעילות מבצעית ובתאונות בעיראק.





פרופסור סידני גולדסטין

אקדמיים. גם לאחר שעבר לארה"ב, נענה באמצע שנות ה-60 לכהן כיו"ר הקורטוריון של הטכניון וגיבש תוכנית הבראה בעידן של קשיים כלכליים.

ספק רב אם אדם אחר במעמדו האקדמי הנשגב היה מסכים לקטוע קריירה מחקרית כה ענפה ומבטיחה על מנת להקים מאפס מחלקה לאווירונאוטיקה במדינה צעירה, שעדיין נאבקה על קיומה הבסיסי, אלמלא נבט בו זרע הציונות. הפקולטה, שהוקמה על ידו כמחלקה קטנה עם שאיפות גדולות, הפכה מאז ועד היום לבית היוצר היחיד בארץ למהנדסי אווירונאוטיקה, עליהם מושתתות תעשיות התעופה והחלל המשגשגות של מדינת ישראל.

בן קשלס מתאר את קורות חייו העשירים במעש של פרופ' סידני גולדסטין – באוניברסיטאות מנצ'סטר וקיימברידג' בבריטניה; במכון הטכנולוגי של קליפורניה, בפסדינה בארה"ב; בראש קבוצת מחקר אווירונאוטי במעבדה הפיזיקלית הלאומית, שרתמה את כישוריה וניסיונה לקידום התעופה הצבאית בבריטניה במסגרת המאמץ המלחמתי מול גרמניה הנאצית; באוניברסיטת מנצ'סטר אחרי מלחמת העולם השנייה; ובאוניברסיטת הרווארד בארה"ב, לאחר פרישתו מהטכניון.

הקמת המחלקה להנדסה אווירונאוטית בטכניון בראשית שנות ה-50 נזקפת לזכותו של סידני גולדסטין – פרופסור בריטי למתמטיקה שימושית, שקנה לעצמו שם עולמי כאחד מהמדענים הבולטים ביותר בתחום דינמיקת הזרמים.

כבן למשפחה יהודית, הוא ספג ערכי ציונות משחר נעוריו בבריטניה ולאורך דרכו האקדמית בקמפוסים, בהם פגש דמויות ציוניות בולטות דוגמת זליג ברודצקי (לימים נשיא האוניברסיטה העברית בירושלים) והד"ר חיים ויצמן. הציונות תפסה מקום מרכזי בחייו לצד פועלו המדעי, ולכן, כאשר נקרא אל הדגל על-ידי נשיא הטכניון לאחר קום המדינה, הוא לא היסס לבוא ולסייע.

גולדסטין נענה בשמחה להזמנתו של נשיא המדינה ד"ר חיים ויצמן והגיע לביקור ראשון בארץ באמצע 1949. כאן שכנע את ראש הממשלה דוד בן-גוריון בצורך להקמת מחלקה להנדסה אווירונאוטית בטכניון, והביע את הסכמתו לסייע בהגשמת הרעיון. הוא עלה לארץ בנובמבר 1950 והצטרף לטכניון כפרופסור למתמטיקה שימושית וכראש המחלקה המיועדת לאווירונאוטיקה. כעבור חודשים ספורים מונה לסגן נשיא הטכניון לעניינים

גולדסטין הצטיין בלימודיו באוניברסיטת קיימברידג', ובזכות הישגיו הוענקה לו מלגת הדוקטורט היוקרתית על-שם אייזיק ניוטון, שפתחה בפניו את האפשרות להמשיך במחקרים מקיפים במתמטיקה שימושית בהנחייתו של המתמטיקאי והאסטרונום הרולד ג'פרי.

במהלך לימודיו בקיימברידג' פגש את רוזה סאס, נערה דרום-אפריקנית בת למשפחה יהודית-ציונית, שהגיעה בגפה ללימודי דוקטורט בכימיה פיזיקלית, והשניים נישאו במארס 1926. כאשר רוזה ניגשה לבחינות הסיום של הדוקטורט שלה בשנת 1927 היא כבר הייתה בהיריון עם בנם הראשון דוד (דייוויד).

בשנת 1928 הוא השלים את לימודי הדוקטורט ופרסם את התזה שלו, שעסקה בתיאוריית פונקציות מאת'יו וביישומה. ד"ר גולדסטין מונה אז כעמית מחקר בקרן רוקפלר האמריקנית ונשלח לשנת מחקר במכון לפיזיקה הנדסית באוניברסיטת גטינגן בגרמניה, תחת הנחייתם הישירה של פרופ' לודוויג פרנדטל ופרופ' אלברט בץ. אוניברסיטת גטינגן נחשבה



סידני גולדסטין (Sydney Goldstein) נולד ב-3 בדצמבר 1903 למשפחה יהודית בעיר האל (Hull) במזרח יורקשייר בבריטניה כבנם היחיד של ג'וזף והילדה, ובגיל צעיר התייתם מהוריו. באוקטובר 1921 החל את לימודיו באוניברסיטת לידס, ובחודש הראשון התגורר בביתו של זליג ברודצקי – מרצה למתמטיקה שימושית באוניברסיטה, שנודע כציוני נלהב. הקשר בין גולדסטין למשפחת ברודצקי התהדק עם הזמן, והוא הקפיד לבקרם באופן תדיר גם לאחר שעזב את ביתם. ההיכרות עם ברודצקי עתידה הייתה לעצב את מסלול חייו של גולדסטין הן בפן המקצועי והן בזיקתו למפעל הציוני.

החשיפה לתחום המתמטיקה השימושית בהקשר האווירונאוטי בה עסק ברודצקי הובילה את גולדסטין הצעיר לבחור בלימודי מקצוע זה. ברודצקי סבר שרמת הגירוי האקדמי המתאימה ביותר לתלמיד ברמתו של גולדסטין קיימת רק באוניברסיטת קיימברידג', ולכן סייע לו לעבור אליה בתום שנת לימודיו הראשונה בלידס.

באוניברסיטה להמשיך את המחקר בו עסקו במלחמה. בשנת 1946 מונה גולדסטיין לראש המועצה למחקר אווירונאוטי בבריטניה, במקביל לתפקידו באוניברסיטה. כך התאפשר לו לחבר ולגשר בין חוקרים שהתקדמו במחקריהם השונים לבין התעשייה האווירונאוטית בבריטניה.

אווירונאוטיקה בטכניון

הקמתה של מדינת ישראל בשנת 1948 וניצחונה במלחמת העצמאות נתפסו בעיני בני הזוג גולדסטיין כהתגשמות החלום הציוני. גלי העלייה לארץ והתפתחות הכלכלה יצרו אתגר גדול לחינוך הטכנולוגי הגבוה, שהתרכז בטכניון בחיפה. נשיא הטכניון דאז, המהנדס ד"ר שלמה קפלנסקי, היה איתן בדעתו לפתח את המוסד לתחומים הנדסיים נוספים, ובהם גם הנדסת אווירונאוטיקה.

בתום מלחמת העצמאות, שבמהלכה הוכחה חשיבותו של חיל האוויר להשגת הניצחון, היה ברור לראשי המדינה שיש צורך בהקמת תשתית אווירונאוטית מקומית שתתבסס על מחקר תיאורטי וניסויי עצמאי. להשקפה זו היו שותפים מלבד ד"ר קפלנסקי גם ראש הממשלה דוד בן-גוריון, ונשיא המדינה ד"ר חיים ויצמן. במגעים שקיימו בכירי הטכניון עם פרופ' פון קארמן, עלה כי פרופ' סידני גולדסטיין הוא האדם המתאים ביותר להקמת מחלקה לאווירונאוטיקה בחיפה, הן בזכות כישוריו האקדמיים והניחולים והן תודות לזיקתו העמוקה לקידום הרעיון הציוני.

בהזמנתו של הנשיא ויצמן, הגיע גולדסטיין לביקור בארץ באמצע 1949. במהלך שהותו בארץ הוא ביקר בטכניון, שהיה עדיין ממוקם במשכנו המשותף בדהר הכרמל בחיפה. הוא גילה תמימות דעים עם ראשי המכון הטכנולוגי באשר לכוונה להרחיב את תחומי ההנדסה הנלמדים בו ואלו, מצדו, דחקו בו לעלות ארצה ולהצטרף למאמץ ההרחבת הטכניון. באותה תקופה נתמנה מורהו וידידו של גולדסטיין, פרופ' זליג (אשר) ברודצקי, לנשיא השני של האוניברסיטה העברית בירושלים, לאחר שעלה לארץ מבריטניה.

בפגישה שנערכה אצל בן-גוריון בנוכחות נציג הטכניון, אלכסנדר גולדברג, ומזכירו הראשון של ראש הממשלה, דוד מושין, ביקש גולדסטיין מבן-גוריון לתמוך בהקמת מחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון שתכלול מרכז ניסויים עם נקבות רוח במורדות הכרמל ליד טירה. בעקבות הפגישה כתב בן-גוריון לד"ר קפלנסקי דברי שבח על פרופ' גולדסטיין ונכונותו לסייע לקידומה המדעי של המדינה וביקש להחיש את העסקתו בטכניון, לכשיתפנה ממחויבויותיו הקודמות.

זמן קצר לאחר מכן כינס בן-גוריון לדיון שורת נציגים של גופים ממלכתיים בעלי עניין בתעופה, ביניהם צה"ל, חברת אל-על ונציגי הממשד המדעי. ראש הממשלה העלה בפניהם את רעיון הקמתה של מחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון, אולם מרבית הנוכחים לא השתכנעו בצורך בכך. כבעל חזון, שהאמין בכל מאודו בחשיבות הכוח האווירי, לא נרתע בן-גוריון מריבוי המתנגדים, והורה לגולדברג, גולדסטיין וקפלנסקי להתחיל בהקמתה של המחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון.

בין גולדסטיין לפון קארמן נוצר קשר חברי עמוק, בזכות חיבתם המשותפת לנושאי זרימה ואווירונאוטיקה, וכן תודות לעניין המשותף שלהם בתרבות היהודית ובציונות.

מלחמת העולם השנייה

סידני רוזה גולדסטיין חזרו לבריטניה עם פרוץ מלחמת העולם השנייה וחשו מחויבות עזה לתרום את חלקם למאמץ המלחמתי נגד גרמניה הנאצית. סידני הושאל מאוניברסיטת קיימברידג' לחטיבת האווירודינמיקה של המעבדה הפיזיקלית הלאומית (NPL), והוצב בראש קבוצה שיועדה לבצע מחקר אווירונאוטי מתקדם שניתן ליישום מהיר בכלי-טיס. רעייתו הצטרפה במקביל למוסד המלכותי למטוסים, ובהמשך עברה עם שני ילדיהם לווינגטון לתפקיד בנציבות האוויר הבריטית, שנפתחה באוקטובר 1940 לתיאום בין המיניסטרוני לייצור מטוסים לבין הספקים השונים באמריקה הצפונית.

במשך כשש שנותיו העמוסות בחטיבת האווירודינמיקה, עיקר מאמצו המחקרי הופנה לתאוריית שכבת הגבול ולבחינת האפשרות לרתום אותה ליישומים מעשיים בתיכון מטוסים, תוך כדי ביצוע ניסויים לביסוס השערותיו באופן מעשי. לרשות קבוצתו הועמדו משאבים רבים, שכללו מכוונת חישוב מתקדמת ומנהרות רוח. גולדסטיין הפגין כושר מנהיגות מצוין בהובילו את הקבוצה להישגים מדעיים פורצי דרך, דוגמת פיתוח פרופיל אווירודינמי לגרר נמוך המיישם בקרת שכבת גבול על-ידי ניקת אוויר.

רופסורה במנצ'סטר

לאחר תום המלחמה ביקש גולדסטיין לעבוד בסביבה שתאפשר לו לנצל את כישוריו למען קידום הפיתוח המדעי, במקום לשקוע בהוראה ובהנחה אישית של סטודנטים. הוא הגיש מועמדות להתקבל לאוניברסיטת מנצ'סטר, שבראשה עמד אז סר ג'ון סטופפורד, שהוביל שורת שניים ארגוניים במטרה להוביל את האוניברסיטה לשיאים חדשים של מצוינות. סטופפורד זיהה את הפוטנציאל הטמון בגולדסטיין וסלל בפניו את הדרך לעמדת מפתח במחלקה למתמטיקה, בתקווה שיוביל אותה להישגים בולטים ברמה עולמית תוך שיתוף פעולה עם מחלקות אחרות בקמפוס.

גולדסטיין התמנה לפרופסור בקתדרת בייר, והחל בהקמתה של מעבדה מתקדמת לחקר תנועת זורמים. משיקולי מקום ורעש הוחלט להקים את המעבדה בהאנגר פנוי בשדה התעופה של מנצ'סטר בבארטון. הוא פעל ללא לזאת לצדיד את המעבדה במנהרת רוח למהירויות נמוכות עם טורבולנציה מזערית, מנהרת רוח על-קולית ומתקני צינור הלם. לכשתחלה המעבדה לפעול, חוקריה שיתפו פעולה באופן מלא עם חוקרי המתמטיקה השימושית, כפי שחזה סטופפורד.

בחמש שנות עבודתו כפרופסור באוניברסיטת מנצ'סטר הוא תרם רבות לחיזוקה בתחום המתמטיקה ודינמיקת זורמים. הוא אף המשיך את עבודות המחקר שלו ופרסם שורת מאמרים מדעיים. בנוסף, חלק מהאנשים שעבדו תחתיו בחטיבת האווירודינמיקה של NPL בזמן המלחמה התקבצו מחדש תחת הנחייתו

למובילה עולמית בתחום האווירודינמיקה וההידרודינמיקה. מחקריו פורצי הדרך של פרנדטל במכניקת הזורמים ביססו מתמטית את תחום התכן האווירונאוטי, ולכן רבים רואים בו את אבי תורת האווירודינמיקה המודרנית. גולדסטיין נחשף לתרומתו האדירה של המכון לפיזיקה הנדסית בגטינגן בכל הקשור להבנת דפוסי הזרימה מהיבטי תכן הנדסי, ומאז מיקד את עיסוקו המחקרי במכניקת הזרימה, בהשראת עבודתו החלוצית של פרנדטל.

קריירת מחקר והוראה

על בסיס איכות עבודתו המתמטית, קיבל גולדסטיין בשנת 1929 שתי הצעות למשרות אקדמיות: להצטרף כעמית מחקר באוניברסיטת קיימברידג', או להצטרף כמרצה למתמטיקה באוניברסיטת מנצ'סטר. הוא ענה לשתי ההצעות, וחלק את זמנו ומרצו במשך השנתיים הבאות בין שני המוסדות האקדמיים האלה.

באוניברסיטת מנצ'סטר הוא התוודע לתרומתה הגדולה לחקר מכניקת הזרימה, תודות לעבודותיהם הקודמות של הפרופסורים אוסבורן ריינולדס והוראס לאמב, שהיו מפורצי הדרך בהבנת מכניקת הזרימה בסוף המאה ה-19 ובתחילת המאה ה-20. בנוסף הזדמן לו להכיר אישית את הד"ר חיים ויצמן, ששימש כמרצה בכיר באוניברסיטה במקביל לפעילותו הציונית הענפה. במאי 1930 נולדה בתו רות.

בשנת 1931 קיבל גולדסטיין משרת מרצה למתמטיקה, שהתפנתה באוניברסיטת קיימברידג', והוא עזב את משרתו במנצ'סטר.

בדצמבר 1934 נפטר פרופסור לאמב, וגולדסטיין נבחר לערוך במקומו את ספר המחקרים "התפתחויות מודרניות בדינמיקת זורמים" מטעם הוועדה למחקר אווירונאוטי. הבחירה בגולדסטיין הצעיר, שהיה אז בן 31 בלבד, מעידה על ההכרה הרחבה בו כחוקר מבריק. עריכת שני כרכי הספר נמשכה כשלוש שנים. עם צאתם לאור בשנת 1938 התברר, שד"ר גולדסטיין אינו רק חוקר מצטיין, כי אם גם עורך מבריק. במקביל לעריכת הספר הוא פרסם מאמרים מהבולטים בקריירה שלו. כרכי הספר שאיגדו מחקרים שונים, כולל של גולדסטיין עצמו, נחשבים לאבן דרך בחקר דינמיקת הזורמים והשפיעו על עבודות המחקר שנערכו בשנים שלאחר צאתם לאור.

כחוקרה על פועלו בתחום ההוראה הוענק לו בשנת 1935 תואר הכבוד "מרצה סטוקס", על-שם חוקר הזרימה סר ג'ורג' סטוקס. באותה שנה הוא זכה גם בפרס אדאמס, בזכות מאמר שפרסם על יציבות ההידרודינמית. בשנת 1937 נבחר ד"ר גולדסטיין לעמית באגודה המלכותית, תודות לתרומתו המשמעותית בתחום המתמטיקה השימושית. זוהי הוכחה נוספת להכרה הממסדית בחשיבות מחקריו, לה זכה בגיל צעיר יחסית.

כעמית מחקר בקרן לברוהלם הבריטית, קיבל הזדמנות נדירה להצטרף בשנת הלימודים האקדמית 1938-39 כחוקר במעבדה האווירונאוטית על-שם דניאל גוגנהיים במכון הטכנולוגי של קליפורניה בפסדינה. בראש המעבדה עמד אז המדען היהודי-הונגרי תיאודור פון קארמן, שנחשב לאחד מגדולי המדענים בעולם שצטרף למחקר אווירונאוטי.



נשיא הטכניון יעקב דורי מברך בטקס לפתיחת שנת הלימודים תשי"ב. על הבמה יושבים (מימין לשמאל): ראש הממשלה דוד בן-גוריון, סידני גולדסטיין, ושר החינוך בן-ציון דינור.

שמתוקף תפקידו הוא יועד לעסוק אך ורק בנושאים אקדמיים טהורים. בריאותו הרופפת של דורי הוסיפה ותרמה להיעדרויותיו מהמכון, והלחצים שהופעלו על גולדסטיין במילוי מקומו הלכו וגברו.

הקשיים הכספיים של הטכניון נתנו אותותיהם וכתוצאה מכך החלו הסטודנטים למחות. רעייתו של גולדסטיין, שהועסקה כיועצת לסטודנטים (תפקיד שלימים ייקרא דיקן הסטודנטים), גישרה בינם לבין הנהלת המכון. עם זאת, קבוצה קיצונית הובילה לשביתת סטודנטים, שפרצה בסוף 1953 ונמשכה שלושה שבועות. גולדסטיין התקשה להתמודד לאורך זמן עם מצאות זו, והחליט לסיים את תפקידו כסגן נשיא הטכניון ביולי 1954, בעודו מחויב עדיין כפרופסור במחלקות לאווירונאוטיקה ולמתמטיקה שימושית.

המחלקה לאווירונאוטיקה בטכניון נפתחה לבסוף בשנת 1954, עם 12 תלמידים במחזור הראשון (ראה "ביעף" e112 עמ' 11-13).

גולדסטיין יצא לשנת חופשה מהטכניון, שבמהלכה שינה אווירה ועבד כמרצה אורח באוניברסיטת הרווארד בארה"ב. כעבור שנה הוצעה לו משרת פרופסור בקתדרת גורדון מקי למתמטיקה שימושית בהרווארד. הצעה זו קסמה לו הן מפאת יוקרת המשרה הבכירה באחת מהאוניברסיטאות המובילות בעולם, הן לאור העובדה שיוכל לשוב ולהתרכז במחקר ובהוראה אקדמיים, והן מעצם הקרבה לבנו דוד שעבד באותה העת כמהנדס כימיה בחוף המזרחי בארה"ב. גולדסטיין הגיש את התפטרותו הסופית מהטכניון ועבר לארה"ב. בשנת 1961 נחנכה בטכניון קתדרה על שמו, כאות הוקרה והערכה לחלקו בייסודה ובקידומה של המחלקה להנדסה אווירונאוטית. ב-1966 נבחר גולדסטיין לנשיא הכבוד השני של האגודה למדעי התעופה בישראל.

יו"ר קורטוריון הטכניון

המיתון שפקד את ישראל בשנת 1966 החריף את הקשיים הכלכליים שחוו כלל האוניברסיטאות בארץ. ראשי הטכניון פנו בשנית אל גולדסטיין בבקשה שיכהן כיו"ר הקורטוריון

בנאום בטכניון בפברואר 1950 בישר קפלנסקי "בקורת רוח רבה" שפרופ' גולדסטיין ופרופ' פון קארמן הסכימו להצטרף לוועדת המשנה לעניין המחלקה לאווירונאוטיקה. ב-4 במארס, לאחר נאום של ד"ר פידיה יעקב פיאטלי, החליטה ישיבת מורי הטכניון להקים מחלקה להנדסת אווירונאוטיקה. הוועד המנהל הסכים, וקפלנסקי כתב לגולדסטיין וביקשו להתחיל בתפקיד ראש המחלקה באוקטובר 1950. באותה העת הציעה האוניברסיטה העברית לגולדסטיין תפקיד אקדמי בכיר, אך מאוחר מדי, ולשווא.

המחלקה לאווירונאוטיקה יועדה תחילה להעסיק סגל מצומצם שיעסוק במחקר בלבד, ורק אחת לפרק זמן מסוים ייפתח מחזור של תלמידים בהתאם לביקוש ולצורך.

גולדסטיין עלה ארצה עם בני משפחתו בנובמבר 1950 וקיבל את המשרה בטכניון כפרופסור למתמטיקה שימושית וכראש המחלקה המיועדת לאווירונאוטיקה. מימון ההקמה ואיוש המחלקה היוו בעיה קשה, והנושא העסיק רבות את נשיא הטכניון קפלנסקי. אך קפלנסקי נפטר במפתיע ב-6 בדצמבר 1950, ובעקבות מותו התחוללו שינויים מנהליים בטכניון. הרמטכ"ל הראשון, רב-אלוף יעקב דורי, התמנה לנשיא הטכניון ב-13 בפברואר 1951, ובזכות מעמדו הלאומי נועד לייצג את הטכניון מול בעלי השררה והממון. פרופ' גולדסטיין, בכיר האקדמאים במכון, נתמנה לסגן הנשיא לעניינים אקדמיים. לימים העיד דורי שגולדסטיין, ששימש לו כמורה וכמנטר, היה הארכיטקט שתכנן את המסגרת האקדמית בטכניון ואת אופי פעולתה.

כבר-סמכא הבכיר ביותר לאווירודינמיקה תיאורטית בארץ באותה תקופה, נתבקש גולדסטיין ליעץ לפרויקטי התכנון האווירודינמיים הראשונים של מערכת הביטחון. כך היה כאשר באגף מחקר ותיכון (אמ"ת) של

משרד הביטחון פותחה פצצה גולשת בתצורת כנף דלתא שנקראה **בזק** וטיל שיוט רקטי שנקרא **מלאך**. מהנדסי אמ"ת נעזרו ביעוצו המקצועי של גולדסטיין, ובכך הוא תרם את חלקו באופן ישיר לפיתוחים האווירונאוטיים הראשונים שיזמה המדינה.

ריבוי הנרשמים ללימודי הנדסה בטכניון חייב מעבר לקמפוס גדול יותר, ולקרית הטכניון החדשה נבחר אתר רחב ידיים על הר הכרמל. לצורך בנייתו ופיתוחו של הקמפוס החדש נדרש גיוס כספים בהיקף נרחב, והדבר חייב את הנשיא דורי לצאת לשליחויות ממושכות לגיוס תרומות בחו"ל. בהיעדרו של הנשיא נדרש גולדסטיין לעסוק בסוגיות כספיות ופוליטיות דחופות שלא סבלו דיחוי – למרות

בכניסה לבניין הטכניון הישן בהדר הכרמל בחיפה בנובמבר 1953: סידני גולדסטיין ורעייתו רוזה (מימין), נשיא הטכניון יעקב דורי (משמאל). ביניהם עומדים זוג תורמים מחו"ל. צילום: גדליה אנושי





סידני גולדסטיין נושא דברים במסיבה לכבוד יעקב דורי, שנערכה ביולי 1967 לציון הענקת תואר ד"ר כבוד למדעים מטעם הטכניון. יושבים (מימין לשמאל): יעקב דורי, דוד רוז, ובדנה דורי.

מדינת ישראל כהוקרה על פעילותו כמתווה דרכה של הפקולטה להנדסה אווירונאוטית בטכניון, ועל פעולתו החלוצית והשפעתו על התפתחות המחקר והתעשייה האווירונאוטית בישראל.

סידני גולדסטיין נפטר בבלמונט ב-22 בינואר 1989, בגיל 85.

הישגיו המחקריים פורצי הדרך במתמטיקה שימושית בכלל, ובדינמיקת זורמים בפרט, הציבוהו בשורה אחת עם גדולי החוקרים בתחום, דוגמת פרנדטל, טיילור, ופון קארמן. פועלו המחקרי המרשים זיכה אותו עוד בימי חייו בשורת פרסים, מלגות ותארי כבוד ממוסדות אקדמיים רבים ברחבי העולם. לאחר מותו הונח שמו במוסדות אקדמיים שונים, דוגמת המעבדה שהוקמה על ידו באוניברסיטת מנצ'סטר, שנקראת כיום מעבדת המחקר להנדסה אווירונאוטית על-שם גולדסטיין. שמו ודיוקנו מונצחים גם בפקולטה לאווירונאוטיקה וחלל בטכניון, כדמות האב המייסד של הפקולטה. □

הכתבה מבוססת ברובה על הביוגרפיה של סידני גולדסטיין שפרסם גיימס לייטהיל. המחבר מודה לפרופ' אביב רוזן, ורד סיגנר, וכן לאיתי קרן מהארכיון ההיסטורי של הטכניון ע"ש נסיהו על הסיוע באיתור התמונות.

(חבר הנאמנים של הטכניון). גולדסטיין נענה לאתגר וקיבל את התפקיד, אותו ביצע נאמנה ממקום מושבו בבלמונט בארה"ב. הוא הוביל שינוי אירגוני דראסטי באופן ההתנהלות הכספית של המכון והנהיג תוכנית התייעלות. בינואר 1967 הוא התעמת עם שר האוצר, פנחס ספיר, בבית אסקס בניו-יורק בנוכחות ראשי הטכניון, ושטח בפניהם את פרטי תוכנית ההבראה. ספיר תמך בתוכנית וגולדסטיין הזהיר את ראשי הטכניון לבל יצפו להגדלת המימון הממשלתי.

ביולי 1967 אישר הקורטוריון את הצעתו של גולדסטיין, שנקראה תחילה בשם "תוכנית בית אסקס", אך לבסוף דבק בה השם "תוכנית גולדסטיין". התוכנית ביססה את מצבו הכלכלי של הטכניון לקראת עתיד שקט יותר. מבחינתו של גולדסטיין עצמו, הייתה זו דרך נפלאה לסיים את תרומתו המשמעותית לטכניון.

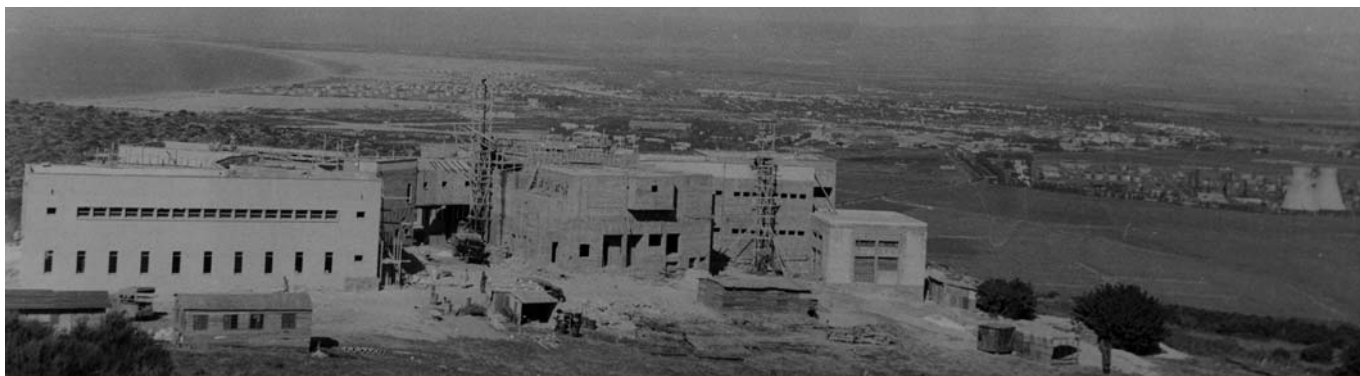
אחרית דבר

גולדסטיין פרש לגמלאות בשנת 1970 והמשיך להתגורר בבלמונט שבמסצ'וסטס. בדצמבר 1973 נערך בחיפה סימפוזיון מיוחד בנושא דינמיקת זורמים לציון יום הולדתו ה-70, במסגרת אירועי היובל לטכניון, בו הוצגו תחומי מחקר חדשים שהתבססו על עבודותיו פורצות

הדרך. במאי 1987 העניק לו שר התחבורה דאז, חיים קורפו, את אות התעופה האזרחית מטעם



הבניין להנדסה אווירונאוטית ע"ש שמואל פרייך בשלבי בנייה בקריית הטכניון החדשה באוקטובר 1953. למעלה: סטודנטים בחזית הבניין בשנת 1958 (צילום: גדליה אנושי).



מוזיאון חיל האוויר המלכותי בצפון לונדון



מגורים רבים, והאזור הפך לשכונה צפופה הסוגרת מכל העברים על השטח שהושאר למוזיאון. עשרות כלי-הטיס ההיסטוריים המרכיבים את האוסף העשיר במוזיאון המחודש מוצגים בתוך ארבעה האנגרים ומבנים גדולים. רוב המטוסים, המסוקים והדאונים הם מדגמים שהופעלו בחיל האוויר המלכותי בתקופות השונות, אך נכללים גם מטוסים גרמניים ואמריקניים. בנוסף לכלי-הטיס מוצגים גם טילים ופצצות אותם נשאו המטוסים בפעילות מבצעית.

הכניסה הראשית למוזיאון הועברה מעתה להאנגר 1 המחודש. מוצגים בו חמישה מטוסים ומסוק אחד, המבטאים את הדרך שעבר החיל ממלחמת העולם הראשונה (DH9A דו-כנפי) ועד ימינו (דגם בקנה מידה מלא של ה-F-35), וכן אמצעי חימוש מתקופות שונות. עיקר התצוגה בהאנגר זה מוקדשת לסיפורים על האנשים, הציוד, השותפויות והחידושים, שהציבו את חיל האוויר המלכותי בחוד החנית של העוצמה האווירית. האנגר זה מציע גם פעילויות רבות לילדים. האנגר 2 מוקדש למלחמת העולם הראשונה – ארבע השנים שבהן פעלו זרועות אוויר נפרדות של צבא היבשה וחיל הים, לפני הקמתו של חיל האוויר המאוחד. מוצגים בו 14 מטוסים, ביניהם שני מטוסי קרב גרמניים ומטוס בלריי XXVII חלוצי משנת 1911. הכניסה להאנגר 2 היא דרך בית שנבנה במקורו בשנת 1915 ושימש כבניין הנהלה והמדרים של מפעלי גרהם-ווייט.

במרחק הליכה קצר לאחר היציאה מהאנגר 2 מגיע המבקר להאנגר 6 החדש, שבו מרוכזת תצוגה תחת הכותרת: "חיל האוויר המלכותי בעידן האי-ודאות, מ-1980 עד היום". מוצגים בו שישה מטוסי קרב ותקיפה בריטיים ששירתו בסוף המאה ה-20, וכן הכטב"ם האמריקני MQ-1B פרדטור, חלק גוף קדמי של מטוס הרקולס ומסוק שינוק, וכן מבחר טילים ופצצות מונחות.

משם מגיע המבקר למבנה הגדול ביותר במוזיאון, הכולל את אולמות התצוגה 3, 4 ו-5. לפני חידוש פני המוזיאון, זו הייתה התצוגה הראשית בהנדון ושם הייתה הכניסה הראשית. בשלושת האולמות הגדולים מוצגים עשרות מטוסים, מסוקים, דאונים ואמצעי חימוש מהתקופה שבין מלחמות העולם, משנות מלחמת העולם השנייה ומהשנים שלאחר תום המלחמה ועד 1980.

המוזיאון המחודש מעוצב ומאורגן בטוב טעם, והביקור בו מספק חוויה מהנה ביותר לכל חובב תעופה. קל ופשוט להגיע למוזיאון ממרכז לונדון באמצעות הקו הצפוני (השחור במפה) של הרכבת התחתית בענף שמגיע עד Edgware, כאשר יש לרדת בתחנת Colindale.

לקראת יום השנה ה-100 להקמתו של חיל האוויר המלכותי כזרוע עצמאית לצד צבא היבשה וחיל הים בבריטניה, שחל באפריל 2018, הושק מיזם לפיתוחו מחדש ושדרוגו של המוזיאון הוותיק בצפון לונדון. בתוכנית הפיתוח רחבת היקף הושקעו כ-26 מיליון לירות שטרלינג, שנתקבלו בחלקם ממפעל ההגרלות הלאומי בבריטניה ומתרומות של חברות ויחידים. המוזיאון המשודרג במתכונתו החדשה נחנך ב-30 ביוני השנה בנוכחות הנסיך אדוארד, בנה של המלכה אליזבת השנייה. אנו ביקרנו במוזיאון שבועיים לאחר פתיחתו המחודשת ומגשימים כאן סקירה נרחבת.

המוזיאון, שנפתח לראשונה לציבור ב-1972, שוכן באתר הבסיס ההיסטורי הנדון (Hendon). הפעילות האווירית שם החלה כבר בשנת 1908, כאשר יזמים בריטים ניסו לבנות מטוסים חלוציים ולהטיסם מהשדה. ב-1910 הוקם בהנדון מפעל המטוסים גרהם-ווייט, וכעבור כשנתיים נוסף מפעל המטוסים Aircro של ג'ורג' הולט תומאס. לאחר פרוץ מלחמת העולם הראשונה החלו מפעלים אלה בהנדון לייצר מטוסים צבאיים עבור גיס התעופה המלכותי ועבור שירות האוויר המלכותי של חיל הים. בשדה פעלו גם בתי ספר לטיסה, שהכשירו טייסים עבור שתי זרועות האוויר. בעקבות הקמתו של חיל האוויר המלכותי באפריל 1918 הפך השדה לבסיס RAF Hendon, שבו נתקבלו לשירות המטוסים שיצאו מקווי הייצור. לאחר תום המלחמה יצאו מהשדה טיסות תובלה רשמיות, ונערכו בו תצוגות טיסה שמשכו קהל רב.

שדה התעופה בהנדון נרכש על-ידי חיל האוויר המלכותי ב-1925 והפך לבסיס הקבוע של מספר טייסות. בהדרגה נבנו בו בניינים עבור מפקדות ויחידות שונות של החיל, ומ-1936 החלה לפעול מהנדון הטייסת ושירתה את המלך, בני משפחת המלוכה וראשי השלטון. בתקופת מלחמת העולם השנייה השדה בעיקר כבסיס למטוסי קישור, שהטיסו אישים חשובים אל לונדון וממנה. מהנדון פעלו גם מטוסי קרב, ששיערו להגנה על לונדון בתקופת "הקרב על בריטניה" ב-1940.

לאחר המלחמה פעלו בהנדון שתי טייסות ספיטפייר (עד 1949) וטייסת הקישור, והשדה שימש גם מטוסים אמריקניים. הפעילות הצבאית הסדירה בהנדון הופסקה בנובמבר 1957, אם כי מעת לעת המשיכו לנחות בו מטוסים. השדה נסגר כליל לפעילות אווירית בסוף 1968, אך המשיך לשמש בסיס ליחידות קרקעיות של חיל האוויר המלכותי. בסיס RAF Hendon נסגר רשמית ב-1 באפריל 1987, והמחנה המזרחי נסגר בפברואר 1988. בהדרגה נבנו מסביב בנייני

הכניסה להאנגר 2 המוקדש לתקופת מלחמת העולם הראשונה היא דרך בניין היסטורי משנת 1915, ששימש את הנהלת מפעלי גרהם-ווייט בהנדון.



מוזיאון RAF לונדון



למעלה מימין: ההוריקן Mk 1
המשוחזר שמוצב ליד שער הכניסה
למתחם המוזיאון צבוע כמטוס של
טייסת 504 שפעלה מהנדון בקיץ
1940, בתקופת הקרב על בריטניה.

למעלה משמאל: ספיטפייר Mk XVI
משוחזר בצבעי מטוס של טייסת
601 שפעלה מהנדון אחרי מלחמת
העולם השנייה, בשנים 1946-49.

משמאל: האנגר 6 שבו מרוכזת
תצוגה של ה-RAF מ-1980 עד היום.

למטה: הבניין הגדול ביותר במוזיאון
שכולל את אולמות התצוגה 3, 4 ו-5.

בתחתית העמוד: האנגר 1 המחודש.





דה הווילנד DH9A: מפציץ ביוני שפותח לקראת סוף מלחמת העולם הראשונה. לאחר המלחמה הופעלו מטוסים כאלה במשימות שיטור אווירי באזורי עימות באימפריה הבריטית, כולל בפלשתינה.

המטוס המוצג שמשפרו F1010 נבנה במפעלי ווסטלנד ונכנס לשירות ה-RAF באוגוסט 1918. נפגע בהפצצה על מטרות בגרמניה ב-5 באוקטובר 1918 וביצע נחיתה אונס מושלמת בשטח גרמני.

מ-1936 הוצג במוזיאון תעופה בברלין. אוסף המטוסים נתפס בסוף המלחמה על-ידי כוחות פולניים והועבר לפולין. בשנת 1967 נתגלה ה-DH9A על-ידי חובב תעופה אוסטרלי בקרקוב. לאחר משא ומתן ארוך סוכמה עסקה לקבלת ה-DH9A תמורת ספיטפייר שנמסר למוזיאון הפולני.

ה-DH9A הובא לבריטניה ביוני 1977 ועבר תהליך שיקום ארוך. הוצג באולם המרכזי של המוזיאון בהנדון החל מספטמבר 2003, ועתה מוצג בהאנגר 1.

ווסטלנד סי קינג: גרסה בריטית של הסיקורסקי S-61, שסומן SH-3 בחיל הים האמריקני. פותח במקורו ללוחמה בצוללות, אך הוסב גם למשימות אחרות.

בהאנגר 1 מוצג הראשון מבין 19 מסוקים מדגם HAR Mk 3, שיוצרו עבור ה-RAF למשימות חיפוש והצלה ונכנסו לשירות החל משנת 1978. המסוק המוצג שימש תחילה לניסויי טיסה בחברת ווסטלנד ובסיומם הועבר בדצמבר 1980 לחיל ליחידת האימונים של ה-RAF. החל בפעילות מבצעית בטייסת 22 בשנת 1986. בינואר 1989 התרסק בתאונה וניזוק קשה. שוקם והוחזר לשירות במארס 1992. המשיך לשרת במשימות חיפוש והצלה עד אפריל 2015. הגיע למוזיאון בדצמבר 2017.



שורט סאנדרלנד: ספינת טיס גדולה בעלת ארבעה מנועים, שנכנסה לשירות בתקופת מלחמת העולם השנייה ושימשה לסוירים ימיים, חילוץ אנשי צוות של ספינות שהוטבעו, גילוי צוללות ולוחמה בהן. המטוס המוצג, סאנדרלנד Mk V, נכנס לשירות טייסת 201 בפברואר 1945 ובהמשך הועבר לטייסת 330. נמסר לחיל הים הצרפתי באוקטובר 1951 והופעל במסגרתו עד מארס 1961. הוחזר אז לבריטניה והוצג ליד מספנת פמברוק בוויילס, לאחר שנצבע בצבעי המקוריים מטייסת 201. הועבר להנדון במארס 1971 ומוצג במוזיאון מאז אוקטובר 1976.

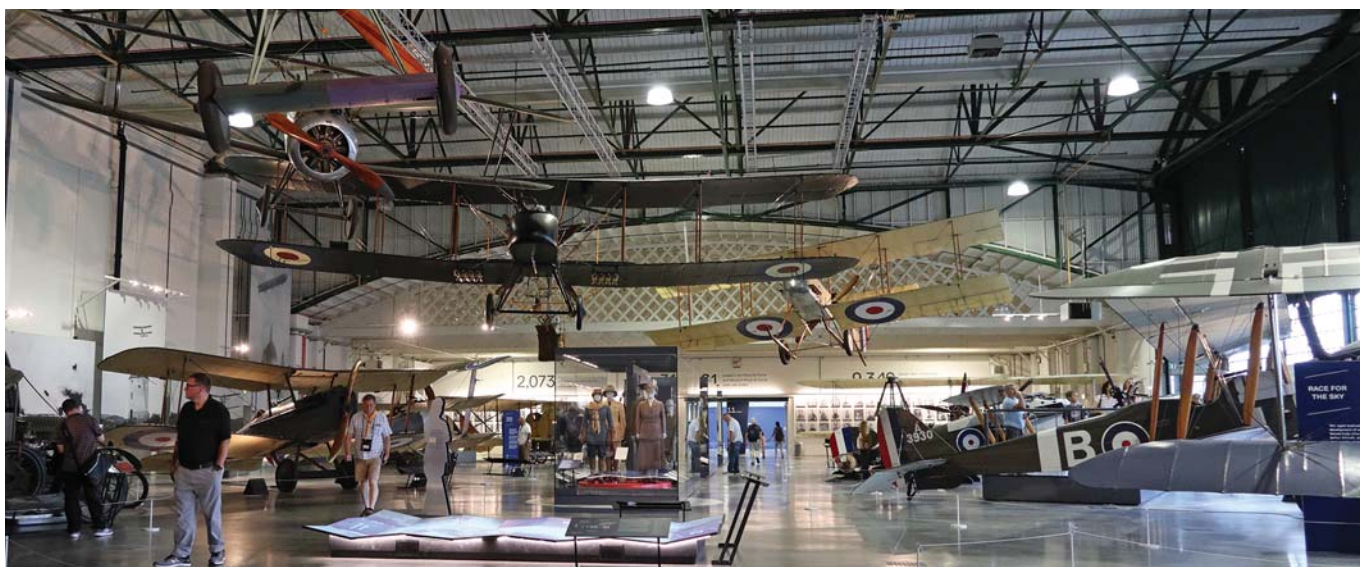




בהאנגר 2 מוצגים שני מטוסים גרמניים מתקופת מלחמת העולם הראשונה. על הקרקע עומד שחזור נאמן של האלבטרוס D.Va, שנבנה בשנת 2011 בניו-זילנד על-ידי חברת The Vintage Aviator Ltd. המטוס סס לראשונה ב-1 בינואר 2012, ובאוגוסט הועבר לבריטניה והוצג במפגני טיסה. בסוף אוקטובר הועבר לתצוגה סטטית בהנדון. מעליו תלוי פוקר DVII מקורי, שנבנה בשנת 1918 ולא הספיק להיכנס לשירות מבצע. הכוחות הגרמנים הנסוגים השאירו אותו באוסטנד שבבלגיה. המטוס הוטס בשנות ה-30 ברישום אזרחי בלגי OO-UPP. הגיע לבריטניה ב-1938 ונכלל באוסף Nash. הועבר לתצוגה בהנדון בספטמבר 1997.

בהאנגר 2 מוצגים 11 מטוסים ששירתו בזרועות האוויר הבריטיים במלחמת העולם הראשונה. מלפנים נראה סופווייט' תלת-כנפי מקורי, שנבנה בשנת 1917 והוצב בבסיס הנדון. הוחזר לכושר טיסה בשנת 1936. אוחסן בתקופת מלחמת העולם השנייה. שופץ בשנים 1965-67 והוצג לאחר מכן במוזיאון המדע בלונדון. מוצג מאז אוקטובר 1971 במוזיאון בהנדון. מימין נראה SE5a דר-כנפי.

למטה: מבט כללי על חלק מהאנגר 2. המטוס הכהה התלוי משמאל הוא FE2b, והמטוס הבהיר מאחוריו הוא ויקרס FB5 גאנבוס. על הקרקע מימין עומד RE8 (עם אות B גדולה על גופו).





בהאנגר 6 מוצגים מטוסים שהופעלו בחיל האוויר המלכותי בעשורים האחרונים. המטוס השחור הנראה בחלקו מימין הוא אב-הטיפוס DA2 של היורופייטר טייפון. המטוס בצבע חול עם הכנפיים המקופלות הוא הוקר סידלי בוקאניר S2B. מאחוריו תלוי הארייר GR9A ולפניו תלוי יגואר GR1. על הקרקע משמאל מוצג טורנאדו GR1B. למטה: בתצוגת הטילים והפצצות נראים מלמעלה למטה בכיוון השעון: טיל א"א ASRAAM, טיל א"א AIM-120 המכונה AMRAAM, טיל א"א מטאור, פצצה במשקל 1,000 ליברות (450 ק"ג), טיל א"א ALARM המתביית על מטרות קורנות, פצצה מונחית לייזר Paveway II, וטיל א"א Brimstone.



מוזיאון RAF לונדון



סלינגסבי קאדט TX3: דאון אימונים דר-מושבי, שיוצר בשנת 1952.

הופעל בחיל האוויר המלכותי עד שנת 1985. נתרם למוזיאון בשנת 2005 ומוצג מאז 2006.

מימין: בריטיש איירקראפט קורפוריישן (אינגליש אלקטריק) לייטנינג F.6: מטוס קרב על-קולי שהגיע למהירות מרבית של מאך 2. נכנס לשירות טייסת 5 במארס 1967 ושירת עד יולי 1987. הגיע למוזיאון בשנת 1988.

למטה: תצוגת מטוסי קרב באולם 3-4. ניתן להבחין בפאנטום FGR2 (מימין) ובטורנאדו F.3 (משמאל). מלפנים נראים בריסטול בולדוג IIA (מימין) וסופוויט' סנייפ (משמאל) דר-כנפיים, שהופעלו בחיל האוויר המלכותי בשנות ה-20 וה-30 של המאה הקודמת.





סיקורסקי R-4B Hoverfly 1: המסוק המבצעי הראשון שנכנס לשירות חיל האוויר של צבא ארה"ב לקראת סוף מלחמת העולם השנייה.

המסוק המוצג הגיע לבריטניה בפברואר 1945 ושימש לבחינת רעיון השימוש במסוקים, לאימון טייסים ולניסויים שונים. הוצא משירות ה-RAF בסוף 1948 והועבר למשך כשנתיים לחיל הים המלכותי. ב-1951 נמסר למכללה לאוויר-אוטיקה בקרנפילד.

ווסטלנד ווסקס: גרסה בריטית של הסיקורסקי S-58 האמריקני עם מנוע טורבינה.

מסוקים מדגם **Wessex HC2** נכנסו לשירות ה-RAF החל מינואר 1964.

המסוק המוצג מדגם **HCC4** יוצר במיוחד להטסת בני משפחת המלוכה והתאפיין בתצורה פנימית מפוארת. נכנס לשירות בטייסת המלכותית בשנת 1969 והופעל עד 1998.



ווסטלנד בלוודיר HC1: מסוק דור-מנועי בעל שני רוטורים ראשיים, שפותח על-ידי חברת **בריסטול** כדגם **192** בסוף שנות ה-50. חטיבת המסוקים של **בריסטול** נרכשה בשנת 1960 על-ידי חברת **ווסטלנד**. למסוק היה כושר נשיאה מרבי של 2,700 ק"ג, עם קיבולת של 18 חיילים על ציודם בתא הנוסעים. המסוק המוצג נכנס לשירות טייסת 66 בסינגפור ביוני 1962 והופעל במשך כשבע שנים במזרח הרחוק ובעדן. חזר לבריטניה באוגוסט 1969, והועבר לתצוגה בהנדון במארס 1971.



ווסטלנד גאזל: מסוק חד-מנועי קל בעל חמישה מושבים, שפותח על-ידי **אירוספאסיהל** בצרפת בסוף שנות ה-60 בסימון **SA 341**. יוצר בבריטניה בשנות ה-70 על-ידי חברת **ווסטלנד**.

המסוק המוצג של ה-RAF, מדגם **HT3**, שימש מ-1973 לאימון טייסים. בשנת 1976 הוסב לדגם **HCC4** להטסת אישים רמי מעלה והוצב בטייסת 32 (המלכותית). סיים את שירותו באפריל 1996. הועבר לתצוגה בהנדון בשנת 2003.



מוזיאון RAF לונדון

בואינג B-17G מבצר מעופף: יוצר בשנת 1945 במפעלי דאגלס בקליפורניה. הוסב למשימת התראה אווירית מוקדמת (AEW) ושירת בחיל הים האמריקני כדגם PB-1W עד מאי 1955. ב-1962 הפך למטוס לכיבוי שריפות מהאוויר בקליפורניה והופעל באופן סדיר עד 1981. בשנת 1983 הוחזר לתצורת מפציץ צבאי. הוטס לבריטניה באוקטובר אותה שנה והועבר לתצוגה במוזיאון בהנדון בדצמבר. מוצג מאז באולם 5, המוקדש ברובו למפציצים.



יונקרס Ju-87G-2 שטוקה: מפציץ הצלילה המפורסם של הלופטוואפה במלחמת העולם השנייה. המטוס המוצג נתפס בגרמניה במאי 1945 והובא לבריטניה. הגיע למוזיאון בשנת 1978.

באולם 5 מוצגים מטוסים גרמניים נוספים מתקופת המלחמה: פוקה וולף Fw190A-8/U-1, היינקל He 162A-2, היינקל He 111 H-20, מסרשמיט Bf 110G-4. באולם 3-4 מוצג גם מטוס הקרב הנועד מסרשמיט Bf 109E.



אוורו לנקסטר 1: המפציץ העיקרי של ה-RAF בשלוש השנים האחרונות של המלחמה נגד גרמניה הנאצית. המטוס המוצג יוצר ב-1942 וביצע 137 גיחות הפצצה. הגיע למוזיאון ב-1972. למטה: Grand Slam – הפצצה הגדולה והכבדה ביותר שהוטלה במלחמה, במשקל 9,980 ק"ג. 41 פצצות כאלה הוטלו ב-1945.



אוורו וולקאן B Mk 2: מפציץ סילוני תת-קולי גדול בעל כנף דלתא מתקופת המלחמה הקרה.

המטוס המוצג (XL318) שירת מספטמבר 1961 עד סוף 1981 בטייסת 617. הגיע למוזיאון בשנת 1982.





למען ביטחון ישראל – סיפור חיים
מאת משה ארנס (תרגום מאנגלית: יוסי אופנר)
הוצאת ידיעות אחרונות, ספרי חמד, 2018
המחיר: 44 ש"ח (מהדורה דיגיטלית באתר
"עברית"), 98 ש"ח לספר מודפס בן 240 עמודים.

משה (מישה) ארנס טבע חותם חשוב בפיתוחה של מדינת ישראל בתחומי החינוך האווירונאוטי, התעשיות הביטחוניות, יחסי החוץ ועיצוב מדיניות הביטחון. את סיפור חייו העשיר הוא מסכם בספר אוטוביוגרפי מרתק, שהופיע בחודש אוגוסט השנה. תרומתו לחינוך סטודנטים החלה בדצמבר 1957 עת הצטרף לסגל המחלקה לאוויר-נאוטיקה בטכניון, לאחר שחזר לארץ מלימודים לתואר שני בהנדסת אווירונאוטיקה בארה"ב ועבודה בתכן מנועי סילון בחברת קרטיס-רייט. "הצעד הראשון היה להעביר לסטודנטים את הידע שצברתי בתחומי ההתמחות שלי – הנעה, תכן ראשוני של כלי-טיס ותרמודינמיקה", הוא כותב. "חשובה לא פחות הייתה המשימה להדביק אותם בהתלהבות בכל הקשור לכלי-טיס וטילים ולטעת בהם ביטחון שעם סיום לימודיהם יוכלו להקים תעשיית תעופה מודרנית מן היסוד".



102 (ר-201) ועשרה מטוסי **ערבה** בעלי הגוף המוארך מדגם **202** (ראה חוברת "ביעף" מס' 87).

שנית, ארנס לא נזהר באזכור ובמתן קרדיט למהנדסים שהיו מעורבים בפרויקטים השונים. אין זה מוצדק לטעון, כפי שארנס כותב בספרו, כי אברהם כרם הוא זה שתיכן את כנפוני הקנארד למטוס **הכפיר**. כרם היה אמנם ראש מחלקת תיכון מוקדם בחטיבת ההנדסה במחצית הראשונה של שנות ה-70, (עד שפרש מהתע"א בטריקת דלת בגלל חילוקי דעות עם הממונים עליו), אבל לא הוא הוביל את פרויקט **הכפיר קנארד** ולא הייתה לו תרומה מכרעת בתוכנית. פיתוח התצורה האווירודינמית, בהשראת מטוס הקרב השוודי **סאבא ויגן**, דרש קביעה של גודל הכנפונים ומיקומם לפני ומעל לכנף, כדי להשיג שדה זרימה אופטימלי מעל לכנף ושיפור היעילות האווירודינמית בזוויות התקפה גבוהות. בנוסף נדרש שינוי של שפת ההתקפה בכנף הדלתא (הוספת "שן מסור"), כדי לייצב את הזרימה בזוויות התקפה גבוהות. את פיתוח התצורה האווירודינמית ובדיקתה בניסויי מנהרה ובניסויי טיסה הובילו שני מהנדסים בולטים: עובדיה הררי, שהיה סגנו של אברהם כרם במחלקת תיכון מוקדם ומי שירש אותו, ושלוש בן-ארצי – ראש מחלקת אווירודינמיקה של כלי-טיס צבאיים. בצוות השתתפו גם מספר מהנדסי אווירונאוטיקה צעירים משתי המחלקות, ביניהם כותב שורות אלה, שעבד אצל שלום בן-ארצי.

של ארנס בספר לי בפרויקט **טכנולוג נבנה** "אב-טיפוס של מיראז' 5 המונע במנוע **J79**". האמת היא, שפרויקט **טכנולוג** היה השלב הראשוני בפרויקט **הכפיר**, שבמסגרתו נבדקה התקנת מנוע **J79** במטוס **מיראז' III B** דו-מושבי של חיל האוויר. רק לאחר שהוכחה היתכנות שילוב המנוע האמריקני בגוף המטוס הצרפתי, עברו לבנות אב-טיפוס של **נשר** עם

מנוע **J79**, שהפך לכפיר. ארנס מדגיש עד כמה ראה בעבודתו בתע"א את פסגת הישגיו המקצועיים: "כעבור שנים, כאשר כבר כיהנתי בתפקידים בכירים ביותר בממשלה, כאשר נשאלתי איזה תפקיד בקריירה שלי היה המספק ביותר, עניתי בכנות שתפקיד ראש מחלקת ההנדסה בתעשייה האווירית הוא זה שהביא לי גאווה וסיפוק יותר מכול".

למרות ההישגים והסיפוק הרב מעיסוקו, פרש ארנס מהתע"א בשנת 1972, והוא מנמק זאת בכך ש"היה ברור לי שאין לי לאן להתקדם בתעשייה האווירית מעבר לתפקידי הנוכחיים". ארנס רומז כאן לראשונה, כי שאף להתמנות למנכ"ל התע"א כיוורשו של אל שווימר, אך הדבר נמנע ממנו. הרגשת האכזבה וההחמצה שלו חזרת בפרק מאוחר יותר בספר, כאשר הוא מתאר את המאבק על ראשות הליכוד לקראת הבחירות ב-1992: "חשבתי שאני מועמד בעל סיכויים טובים ממנו [הכוונה לראש הממשלה יצחק שמיר], אך הוא סירב להעביר אלי את שרביט המנהיגות".

בתפקידיו הפוליטיים כשגריר ישראל בארה"ב, כשר החוץ וכשר הביטחון (שלוש פעמים) המשיך ארנס לסייע להמשך פיתוח התעשייה האווירונאוטית בישראל. את פרויקט פיתוח מטוס הקרב **לביא בתע"א** בשנות ה-80' ראה כ"בייבי" שלו, והוא חוזר וטוען כי **הלביא** היה מטוס הקרב הטוב ביותר בעולם בתקופתו. ארנס גייס את קשריו הטובים בארה"ב להשגת סיוע כספי אמריקני לפרויקט, וניסה ככל יכולתו להדוף את ההתנגדות בצה"ל ובממשלה. כשנפלה החלטה לבטל את הפרויקט, פרש ארנס מהממשלה בחמת זעם.

השתלשלות העניינים שהביאה לסגירת הפרויקט מתוארת בספר בפירוט. ארנס מזכיר כי מפקד חיל האוויר אלוף אביהו בן-נון הצהיר כי החיל לא יזדקק ליותר מ-80 מטוסי **לביא**, אך אינו מקבל את המסקנה המתבקשת מכך, שלא הייתה הצדקה לייצר מטוס ישראלי חדש בכמות כה קטנה. הוא טוען לכתוב, כי "בפועל הצטייד חיל האוויר בשנים הבאות במאות מטוסי **F-16**, בניגוד למספרים שהציג בן-נון בישיבת הממשלה", למרות שבמציאות החיל רכש רק ששים מטוסי **ברק 2 (F-16C/D)** בלוק (40 חדשים, שנקלטו בין השנים 1991 ל-1994. (ניתוח של צורכי חיל האוויר והרכש שבוצע בפועל לאחר סגירת פרויקט **הלביא** הבאנו ב"ביעף" e135 עמ' 31, שם הצדקנו את החלטה הממשלה לסגירת הפרויקט).

מעניין גם פרק 11 בספר, העוסק בתקופת כהונתו של השר משה ארנס כשר הביטחון בראשית שנות ה-90, בעת מלחמת המפרץ. ארנס חושף פרטים על התוכנית שגובשו לתקיפה במערב עיראק כתגובה על ירי הטילים הבליסטיים לעבר ישראל, ומתאר את חילוקי הדעות שלו עם ראש הממשלה שמיר על ביצוע התקיפה. בניגוד לדעתו של ארנס, נענה שמיר ללחץ האמריקני וישראל הבלגיה על ירי הטילים, כדי שלא לגרום לפירוק הקואליציה שלחמה לצד ארה"ב בעיראק.

הספר כותב בשפה קולחת ובסגנון מרתק. הוצאת ידיעות אחרונות השקיעה בעריכה יסודית נאותה, והתוצאה בהחלט ראויה לשבח.