



בינת

תעופה וחלל

מהדורה אלקטרונית



- טיסות בכורה וחשיפות ראשונות בשנת 2020
- מטוסים אזרחיים שנוספו בישראל ב־2020
- משפחת טילי הספייק של רפאל
- זכות ראשונים: ד"ר משה (מויה) אפשטיין
- חדשות התעופה והחלל בישראל ● ספרים ביעף

התוכן

חדשות ביעף:

- 3 חיל האוויר
- 5 מערך ההגנה האווירית
- 6 תעשיות ביטחוניות
- 8 תעשיות תעופה בישראל
- 9 חילות אוויר ערביים
- 10 מטוסים חדשים בישראל
- 12 כלי-טיס שנגרעו מהרישום הישראלי
- 13 תאונות טיסה
- 14 תנועה בנתב"ג / חברות תעופה זרות
- 15 חברות תעופה ישראליות
- 16 ישראל בחלל

- 19 טיסות בכורה וחשיפות ראשונות בשנת 2020

משפחת הספינקא של רפאל:

- 22 טילים לפגיעה נקודתית מדויקת בשיגור מהיבשה, מהאוויר ומהים

זכות ראשונים: חלוצי התיכון האווירונאוטי בישראל

- 27 ד"ר משה (מוויה) אפשטיין

ספרים ביעף

- 33

בשעה: איירבאס A320 של ישראיר שקושט בכתובות ואיורים עבור הטיסות לדובאי באמירויות הערביות המאוחדות. ניתן להבחין במערכת מגן רקיע להגנה מפני טילי נ"מ, המותקנת בגחון המטוס. (צילום: מיכה סנדר)

דבר העורך



גיליון ראשון זה של "ביעף" לשנת 2021 מופיע בעת שנמל התעופה בן-גוריון נסגר כמעט כליל לטיסות נוסעים, לתקופה שעלולה להימשך מספר שבועות, בניסיון לעצור את התפשטות מגפת וירוס הקורונה. הגבלת התנועה האווירית המסחרית מבשרת, שגם בשנת 2021 התעופה האזרחית לא תחזור לרמות הפעילות שלפני פרוץ המגפה. 2020 הייתה שנה גרועה מאוד לתעופה המסחרית ברחבי העולם. תנועת הנוסעים הבינלאומית בנתב"ג קטנה בשיעור של 81.5% לעומת 2019, ומספר מטוסי הנוסעים שנכנסו ויצאו ירד בשיעור של 76.3%, כפי שאנו מדווחים במדור החדשות. וכאשר חברות התעופה נאלצות לצמצם את פעילותן ולהוציא את מרבית עובדיהן לחופשה ללא תשלום, אין זה מפליא כי הפועל היוצא הוא עיכוב קליטת מטוסים חדשים ואף ביטול הזמנות שנעשו בתקופת הפריחה שלפני פרוץ המגפה.

שתי יצרניות המטוסים המובילות בעולם דיווחו בינואר על היקף אספקות נמוך מאוד בשנת 2020. **בואינג** האמריקנית סיפקה רק 157 מטוסי נוסעים ומטען, לעומת 380 בשנה הקודמת – ירידה בשיעור של 59%. **איירבאס** האירופית סיפקה 566 מטוסים, לעומת 863 בשנת 2019 – ירידה בשיעור של 34%. הביצועים הנמוכים של **בואינג** נבעו לא רק מהמשבר הבריאותי, אלא בעיקר בגלל עצירת האספקה של מטוסי ה-**737 MAX**, עקב שתי תאונות קטלניות שאירעו באוקטובר 2018 ובמאוס 2019. המטוס הבעייתי קיבל רישוי מחדש בדצמבר 2020, ו**בואינג** יכולה עתה לחדש את אספקת המטוסים שקורקעו לחודשים ארוכים.

כהרגלנו מדי תחילת שנה, גיליון זה כולל סיכומים על היבטים שונים של התעופה האזרחית במדינת ישראל בשנה החולפת. אנו מפרטים באופן ייחודי אילו כלי-טיס נוספו ברישום הישראלי; אילו כלי-טיס הוצאו משירות או נמכרו לחו"ל; מה היו התאונות החמורות ביותר שבהן נמחו כלי-טיס; ובכמה הסתכמה תנועת הנוסעים בנתב"ג. הנתונים מצביעים, כצפוי, על קיטון ניכר ברכש כלי-טיס חדשים, פחות תאונות בגלל היקף הטיסות הנמוך יותר, ופעילות נמוכה מאוד בנתב"ג.

יהודה בורוביק



מהדורה אלקטרונית e153
שבט תשפ"א – ינואר 2021

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 המינורי: 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 © 2021 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.

אדיר 924 נקלט בטייסת מרכז ניסויי טיסה בבסיס תל-נוף

הוטמעו במטוס מערכות מכשור שמאפשרות לבצע את הניסויים שהגדיר חיל האוויר. המערכות אוספות מידע ממדידים שונים המותקנים במטוס, ומשרות אותו לתחנה קרקעית בטייסת, שם עוקבים אחרי הניסוי בזמן אמת. גף מכשור בטייסת מנ"ט עוסק באיסוף ופיענוח הנתונים, צילום מהיר, תכנון וביצוע של הוראות מכשור.

אדיר 924 יתוחזק בתל-נוף, ולא בנבטים שם פועלות שתי הטייסות המבצעיות 140 ו-116. לצורך כך נבנו תשתיות מתאימות בתל-נוף ותוגבר כוח האדם המקצועי בטייסת – טייסים ומהנדסי ניסוי המוכשרים למטוס, אנשי מכשור, ואנשי הגף הטכני המבצעים את פעולות האחזקה. "בשנה האחרונה הוספנו למצבת מנ"ט שני טייסים מבצעיים על פלטפורמת ה**אדיר**, וכעת הם עוברים הכשרה להיות טייסי ניסוי", אמר מפקד הטייסת.

מטוס הניסוי הגיע לישראל ב-4 באוגוסט יחד עם שלושה מטוסי **אדיר** מבצעיים שמשפריהם 933, 935 ו-937, כפי שדיווחנו בגיליון הקודם של "ביעף". **אדיר 924** נותר בנבטים במשך שלושה חודשים לצורך התאמות ובדיקות שונות, שטיבן לא הוסבר. (בחיל האוויר מסמנים את מטוסי ה**אדיר F-35I**, אך אין זה סימון רשמי של היצרן).



דלתות. לאחר השלמת תהליך הבדיקה, אנו יודעים לקבוע לחיל האוויר מגבלות לטיסה והטלת חימוש בתצורה החדשה".

אדיר הניסויי הינו הראשון שייצרה **לוקהיד מרטין** בתצורה זו, על פי בקשת ישראל. "זהו מטוס בעל יכולות ניסויי אוויר-מכניות מתקדמות ויכולת מבצעית מלאה", הדגיש מפקד הטייסת.

בתהליך הייצור במפעלי **לוקהיד מרטין**

F-35A אדיר, שהותאם במיוחד לפי צורכי חיל האוויר הישראלי לשמש כמטוס ניסויי ייחודי, נקלט ב-11 בנובמבר בטייסת מרכז ניסויי טיסה (מנ"ט) בבסיס תל-נוף. **אדיר 924** נושא את הסמל של מנ"ט על גופו, וזנבותיו האנכיים צבועים בסכמה האופיינית לטייסת זו (ראה "ביעף" e134 עמ' 7).

מפקד טייסת מנ"ט, סא"ל י', הסביר באתר חיל האוויר כי "**אדיר** הניסויי שייקלט אצלנו יהווה בסיס לפתיחת תצורות הטיסה, כך שנוכל להתקין עליו חימוש באופן עצמאי.

"תליית מטען חדש על המטוס משפיעה עליו מבחינות שונות. יש סדרה שלמה של בדיקות אותן אנו נדרשים לבצע על מנת לאשר תצורה לחיל האוויר, ביניהן בדיקות עומסים, פרפור ורחיטות שחרור.

"בניסוי עומסים אנו בודקים את עמידות מערכת הנשק והמטוס בזמן ביצוע תמרונים אשר עלולים להביא לכשל. בניסוי פרפור אנו בודקים האם יש תופעות אווירודינמיות אשר עלולות לסכן את שלמות המטוס. בניסוי רהיטות שחרור אנו בודקים האם תהליך שחרור החימוש בטוח ואין סכנה של פגיעה של החימוש בגוף המטוס – נושא זה מקבל משנה חשיבות ב**אדיר**, אשר בו שחרור החימוש מתבצע מתא חימוש פנימי המחייב פתיחת



אדיר 924 עם הגיעו לתל-נוף. הסימונים הלבנים על גוף המטוס מיועדים לשמש כנקודות ייחוס בתהליכי הצילום בניסויי טיסה. (צילומים: עמית אגרונוב, חיל האוויר)





טייסת הברון האדום מאמנת אנשי צוות גרמנים בהפעלת האיתן

חירום במאמן. אחת לחצי שנה מתקיים קורס לשמירת כשירות על המערכת. בנוסף מבצעת הטייסת קורס מדריכי טיסה, שבו מכשירים את הצוותים כיצד להדריך אנשים אחרים להפעיל את הכטב"ם.

ב-18 בנובמבר נערך בבסיס תל-נוף טקס שבו הוענק למפקד טייסת הברון האדום בחיל האוויר עיטור צלב הכבוד על הצטיינות ושיטת פעולה יוצא דופן עם צבא גרמניה. עיטור הכסף, עליו חתומה שרת ההגנה של גרמניה אורסולה פון דר ליון, הוענק לסא"ל י' על-ידי נספח חיל האוויר הגרמני בישראל, קולונל ד"ר יורגן האפר.

הלבן, שמפעילה את הכטב"מים הגדולים מדגם איתן. זו הפעם הראשונה בה חיל האוויר הישראלי מפעיל הכשרה קבועה, עם לוח זמנים לשנים קדימה, של חיל אוויר ממדינה אחרת בתוך אחד מבסיסי החיל.

בשלב הבסיסי של הקורס לומדים אנשי הצוות הגרמנים כיצד להמריא, לנחות ולתפעל מצבי חירום, כשהם מטיסים באזור הטיסה של הבסיס ובקרבת מסלולי הטיסה. בשלב המתקדם של הקורס עוסקים הצוותים בביצוע המשימה, הטסת הכטב"ם בדפוס מבצעי, צורת ההתנהגות במשימה ועבודת צוות. הם מתרגלים תרחישים מבצעיים ומבצעים טיסות

ב-26 ביולי 2020 צוינה אבן דרך משמעותית בהסכם הכטב"מים בין משרדי הביטחון של ישראל וגרמניה, עת נערכה טיסת בכורה בשמי המדינה של הרון TP (איתן) בתצורה הייעודית שיוצרה עבור הגרמנים ועל פי צרכיהם.

המזים המשותף למנהלת הכטב"מים במפא"ת שבמשרד הביטחון, לתעשייה האווירית ולחברת איירבאס הגנה וחלל, גובש במתווה ייחודי ויצירתי ונחתם ביוני 2018 (ראה "ביעף" e144 עמ' 5). הוא כולל חכירה של חמישה כטב"מים, הדרכה ושיירות אחזקה. הכשרת הצוותים הגרמנים מבוצעת על ידי חיל האוויר הישראלי בבסיס תל-נוף, במסגרת טייסת המכונה הברון האדום – על שמו של אלוף הטיס הגרמני ממלחמת העולם הראשונה, מנפרד פון ריכטהוף.

טייסת הברון האדום נפתחה בתל-נוף בינואר 2019 ופועלת בצמוד לטייסת 210 הנשר

נספח חיל האוויר הגרמני בישראל מעניק למפקד טייסת הברון האדום את עיטור צלב הכבוד.



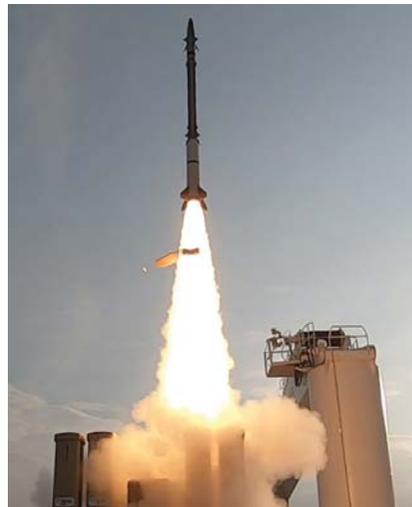
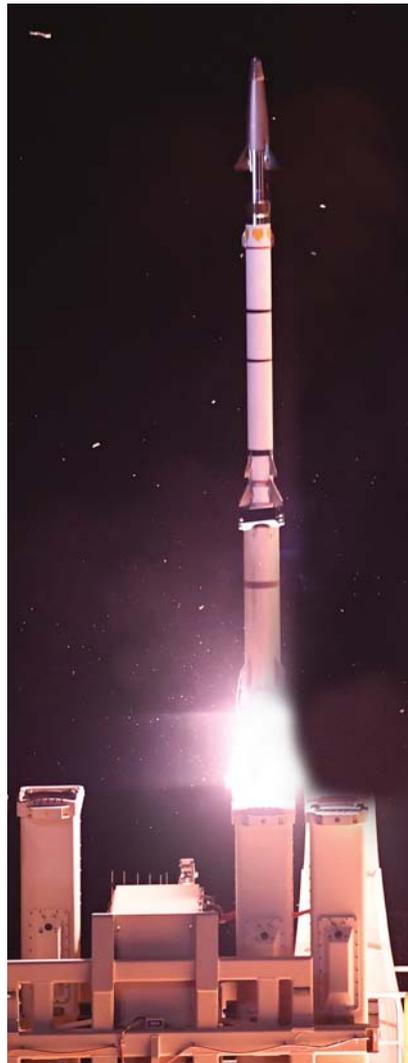
למעלה מימין: סמל טייסת הברון האדום. בתמונת הכותרת ולמטה: כטב"מים איתן של טייסת 210 הנשר הלבן בתל-נוף. (צילומים: חיל האוויר).



סדרת ניסויי יירוט מוצלחת של מערכת קלע דוד

ואיומים בליסטיים. בפעם הראשונה הוכחנו בסדרה ארוכה של ניסויים מענה משולב ורב-שכבתי, הכולל בתוכו את מערכות הנשק **כיפת ברזל**, **שרביט קסמים** ו**חץ**. המערך הזה יודע להתמודד, הן בגילוי והן ביירוט של מגוון האיומים, תוך תיאום מלא והדדי בין המערכות ועם יכולת קישוריות מתוחכמת".

שר הביטחון בני גנץ, שהגיע לבקר בניסוי וצפה באחד היירוטים שביצעו מערכות **שרביט קסמים** ו**כיפת ברזל**, אמר: "אני מברך על הניסוי המוצלח, שבחן לראשונה יירוט משולב רב-שכבתי של כלל מערכת ההגנה של מדינת ישראל. מדובר במערך מהמתקדמים בעולם, שמעניק למדינת ישראל הגנה מפני איומים מזירות קרובות ורחוקות. המערכות האלו מפותחות באופן פנטסטי על-ידי מפא"ת במשרד הביטחון וחברת **רפאל**, והן מעמידות למדינת ישראל יכולות אסטרטגיות שמאפשרות לנו לבצע מהלכים משמעותיים בכל אחת מהזירות שניצבות מולנו".



באמצע דצמבר הסתיימה בהצלחה סדרת ניסויי יירוט של מערכת הנשק **קלע דוד (שרביט קסמים)**, יחד עם מערכות הנשק **חץ וכיפת ברזל**. הסדרה כללה מספר תרחישים המזדמים איומים חדשים ועתידיים שעמם עשויה המערכת להתמודד בזמן עימות, ובמהלכה נבחנו יכולות מערכת הנשק **קלע דוד** בגרסת פיתוח חדשה ומתקדמת. טילי **קלע דוד** שוגרו מספינה למרחב הים התיכון ויירוטו בהצלחה טילי מטרה בליסטיים מדגם **אנקור כחול** ששוגרו ממטוסי **F-15D בז**. תוצאות הניסויים יאפשרו למהנדסי הפיתוח להמשיך לשדרג את יכולות המערכת.

במסגרת סדרת הניסויים הדיגמו גם את יכולותיה של מערכת **כיפת ברזל** ליירט טילי שיוט, כלי-טיס בלתי מאוישים (כטב"מים) ומגוון של איומים. עוד הוכחה יכולת קישוריות רב-שכבתית של כלל מערכות ההגנה מטילים (**חץ**, **קלע דוד וכיפת ברזל**), שתאפשר למערכות לנהל במשותף את האיומים ולהוסיף הזדמנויות יירוט בזמן עימות.

הניסויים בוצעו בהובלת חברת **רפאל** משדה ניסויים במרכז הארץ, בהשתתפות חיל האוויר וזרוע הים. חזו בהם גם נציגים של הסוכנות האמריקנית להגנה מפני טילים (MDA), המסייעת לישראל בפיתוח מערכות ההגנה האווירית.

מפקד מערך ההגנה האווירית בחיל האוויר, תא"ל רן כוכב, הסביר כי בניסויים באה לידי ביטוי ההגנה הרב-שכבתית הארצית: "יחידת **חרב מגן** המפעילה את מערכת הנשק **חץ** שלטה במתרחש וגילתה את המטרות, כאשר מערכות **קלע דוד וכיפת ברזל** יירוטו מטרות בשכבות השונות".

ראש מנהלת **חומה** במפא"ת, משה פתאל, אמר: "מערכת הביטחון, יחד עם התעשיות הביטחוניות, הוכיחה בסדרת ניסויים מורכבת מאין כמותה כי למדינת ישראל יש יכולת רב-שכבתית ורובוסטית להתמודד מול איומים שונים – טילי שיוט, כלי-טיס לסוגיהם

F-15D בז של חיל האוויר נושא טיל מטרה בליסטי **אנקור כחול**. (צילום: עמית אגרונוב, חיל האוויר). למעלה: שיגור טילי **קלע דוד** מספינה בים.



שתי מערכות כיפת ברזל סופקו לצבא ארה"ב



מנהלת חומה במשרד הביטחון החלה ב-30 בספטמבר במסירת סוללה ראשונה מתוך שתיים של מערכת הנשק **כיפת ברזל** לידי צבא היבשה של ארה"ב. אירוע המסירה התקיים בקו הייצור של חברת **רפאל**.

רכיבי המערכת הותקנו על משאיות מתוצרת **אושקוש**, שהובאו לישראל ב-3 באוגוסט בטיסה מיוחדת לנתב"ג של **האנטונוב An-225** – מטוס התובלה הגדול ביותר בעולם, שמופעל על-ידי חברת **אנטונוב איירליינס**.

משרדי הביטחון של ישראל וארה"ב חתמו באוגוסט 2019 על הסכם ראשון מסוגו לאספקת שתי סוללות **כיפת ברזל** להגנת כוחות צבא ארה"ב. העסקה כוללת 12 משגרים, שני מערכות מכ"ם **MMR**, שני מרכזי שליטה ובקרה לניהול הקרב ו-240 טילי יירוט.

הסוללה הראשונה נמסרה לצבא ארה"ב בזמן שיא, ללא תקדים במערכות נשק מהסוג הזה, תוך עמידה מלאה בלוחות הזמנים. רכיבי מערכת **כיפת ברזל** השנייה נשלחו לארה"ב בדרך הים בסוף דצמבר.

מערכת **כיפת ברזל** תשמש להגנת כוחות פרוסים של צבא ארה"ב מפני מגוון של איומים בליסטיים ואוויריים.

פיני יונגמן, סמנכ"ל בכיר וראש חטיבת הגנה אווירית ב**רפאל**, אמר: "מערכת **כיפת ברזל** שתשרת את הצבא האמריקני מותאמת לדרישות האמריקניות. עם זאת, ביצועי המערכת כפי שהם בישראל יהיו גם במערכות שישרתו בצבא ארה"ב. את הפרויקט התחלנו בסדרת ניסויים והדגמות בשדה הניסויים וייט סנדס בארה"ב. ביצענו עד היום שלוש הדגמות ויירטנו בארה"ב מטרת שהצבא האמריקאי בחר למערכת **כיפת ברזל**".

בתמונה העליונה: טקס מסירת משגר מהסוללה הראשונה בנוכחות שר הביטחון בני גנץ, שר הכלכלה והתעשייה עמיר פרץ, בכירי **רפאל** וראש מנהלת חומה במפא"ת.

משמאל: משגר **כיפת ברזל** על משאית אמריקנית מתוצרת **אושקוש**.

למטה: רכיבי מערכת **כיפת ברזל** השנייה על הרציף בנמל אשדוד לפני העמסה על ספינה.

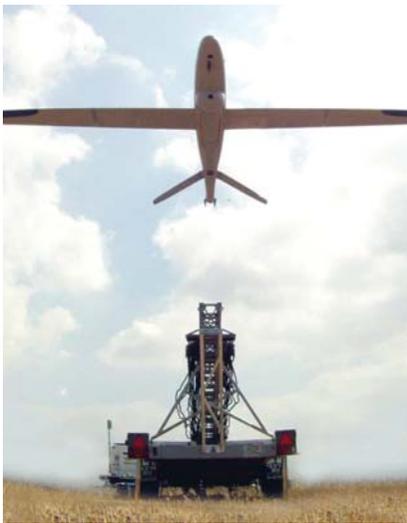
צילומים: משרד הביטחון.



דוהר שמיים הפך למבצעי במסגרת יחידת זיק של חיל התותחנים



סקיילארק 3, המכונה בצה"ל דוהר שמיים, מוזנק ממעוט. מימין: סמל יחידת זיק בחיל התותחנים.



את הזיק, עכשיו תהיה לו עצמאות עם כלים משלו, הסביר סא"ל ט', מפקד יחידת זיק של חיל התותחנים, הפועלת מבסיס פלמחים של חיל האוויר. לדוהר שמיים מטע"ד תצפית משופר, שמאפשר למח"ט לראות את הגזרה בראייה רחבה ולשתף את המידע בזמן אמת עם כל יחידה או אמצעי לחימה אחר.

את דוהר שמיים החלו לקלוט בצה"ל לפני כשנתיים. הפלגה החדשה ביחידת הזיק עבדה יחד עם אלביט מערכות על פיתוח הכטב"ם, ולאור הלקחים מההפעלה הניסיונית בוצעו השיפורים הנדרשים במערכת עד לקביעת התצורה המבצעית הסופית.

הסקיילארק 3 של אלביט מערכות נחשף לראשונה בפברואר 2016, כפי שתוארו ב"ביעף" e135 עמ' 6. הכטב"ם בעל ההנעה החשמלית, שמוטת כנפיו 4.7 מטר, מוזנק ממעוט קרקעי במשקל מרבי של 40 ק"ג. ביכולתו לשהות באוויר עד שש שעות, ברום של עד 15,000 רגל (4,570 מטר), ולפעול בטווח של עד 100 ק"מ.

כטב"ם התצפית סקיילארק 3 מתוצרת אלביט מערכות, המכונה בצה"ל דוהר שמיים, הפך לאחרונה למבצעי במסגרת פלגה מיוחדת הפועלת כחלק מיחידת זיק של חיל התותחנים. צבא היבשה מסתייע זה 20 שנים בכטב"ם מסוג הרמס 450 זיק, התומכים בדרג האוגדה, ומאז 2010 גם במיני-כטב"ם מסוג סקיילארק 1, המכונים רוכב שמיים, לדרג הגדוד. עכשיו נוסף דוהר שמיים, שיופעל בדרג החטיבה. לכל מפקד חטיבה (מח"ט) יהיה דוהר שמיים משלו, שיסייע באיסוף מודיעין חזותי וסגירת מעגלי אש במהירות, מבלי שהוא תלוי בגורמים אחרים.

"אם עד היום מח"ט היה צריך 'למשוך' רוכב שמיים מכוחות שתחתיו או לבקש מהאוגדה

התע"א סיפקה 22 מטוסי מנהלים חדשים בשנת 2020

2020, כאשר הוא טס בישראל ברישום 4X-WA, ואינו יודעים למי הוא מיועד.

עמ' 8. אין אנו יודעים מדוע התעכבה מסירתו של 2191 לגאלפסטרים עד ל-14 בספטמבר

במהלך שנת 2020 סיפקה התעשייה האווירית לישראל לגאלפסטרים 22 מטוסי מנהלים סילוניים מדגם G280 – תשעה פחות מאשר בשנת 2019.

המטוסים ה"ירוקים" (מספרי יצרן 2191 ו-2198 עד 2218) הועברו למפעלי גאלפסטרים בארה"ב להשלמת עיצוב הפנים ולצביעה חיצונית, לפי טעמו של הלקוח.

הירידה בהזמנות אופיינית לתקופת מגפת וירוס הקורונה, כאשר לקוחות רבים בעולם דוחים קליטת מטוסים חדשים בגלל צמצום פעילותם העסקית.

אחד ממטוסי ה-G280 החדשים (מספר יצרן 2199) יועד למשימות מיוחדות של פיקוד ובקרה עבור חיל האוויר הפיליפיני. מטוס זה הוטס מישראל לארה"ב ב-13 בינואר 2020 ונמסר לידי חיל האוויר הפיליפיני ב-21 בספטמבר.

(המטוס לפיליפינים אינו מספר יצרן 2191, כפי שפרסמנו בטעות לפני שנה ב"ביעף" e150)





חברת אטלס מראש העין מפתחת ספינות אוויר

ויכולת פעולה באזורים שהגישה אליהם קשה בזכות תכונות ההמראה והנחיתה האנכית. יחד עם זאת, כל הניסיונות שנעשו בעשורים האחרונים לפתח ספינות אוויר גדולות להטסת מטענים לא זכו להצלחה מסחרית.

טונות, והאטלנט **100** באורך 140 מטרים שתוכל לשאת 60 טונות.

לספינות אוויר יש יתרונות ברורים מבחינת עלות נמוכה לטווח ק"מ בהשוואה למטוסי תובלה, פליטה נמוכה של מזהמים לאוויר,

ספינת האוויר **אטלנט 100** תוכל לשמש גם לכיבוי שריפות יער. למעלה: ספינות האוויר **אטלס 06** ר-11.



יוזמה בלתי שגריתית בתחום תעשיות התעופה נחשפה לפני חודשים ספורים בישראל: פיתוח וייצור משפחה של ספינות אוויר בגדלים שונים. את היוזמה המפתיעה מקדמת החברה החדשה **Atlas LTA Advanced Technology**, שהקימה מפעל חדש בראש העין. את החברה בישראל הקים ומנהל גנאדי רובה, מהנדס ממוצא רוסי, שעוסק בתחום זה במשך כשלושה עשורים. הוא צבר את ניסיונו במסגרת החברה הרוסית **RosAeroSystems** והחברה האמריקנית **Worldwide Aeros** מקליפורניה. בין השותפים האחרים בחברה ירון בול, טייס לשעבר בחיל האוויר, המכהן כסמנכ"ל. שילב הראשון מתכונות החברה לפתח ספינת אוויר בעלת הנעה חשמלית, שנקראת **אטלס 11**, אשר תוכל לשאת 17 נוסעים, בנוסף לשני אנשי הצוות, לטיסות תיירות. אורכה 72.5 מטרים, קוטרה 17.4 מטר ונפחה 10,800 מ"ק. מתוכננת גם ספינת אוויר קטנה יותר, **אטלס 06** באורך 60.4 מטרים, שתוכל לשאת שמונה נוסעים.

התוכנית היומרתית ביותר היא לפתח ספינת אוויר בשם **אטלנט 300** בעלת הנעה היברידית, שתהיה עצומה בגודלה: 198 מטרים אורך, 97 מטרים רוחב ו-47 מטרים גובה, שנפחה 311,500 מ"ק. היא מיועדת לשאת 165 טונות מטען לטווח של 2,000 ק"מ במהירות של 120 ק"מ/ש, ותוכל לפעול בכל מזג אוויר.

משפחת ספינות האוויר ההיברידיות להטסת מטענים עשויה לכלול בעתיד גם את **האטלנט 30** באורך 99 מטרים עם כושר נשיאה של 18

האמירויות הערביות המאוחדות

אישור לרכישת ה-F-35

הסוכנות לשיתופי פעולה ביטחוניים במשרד ההגנה האמריקני הודיעה ב-10 בנובמבר 2020 כי המימשל בארה"ב מאשר לאמירויות לרכוש 50 מטוסי קרב חמקנים מסוג F-35A, עם מערכות נלוות ואמצעי תחזוקה ואימונים, בעסקה שהיקפה הכולל עשוי להסתכם ב-10.4 מיליארד דולר.

המימשל היוצא של הנשיא טראמפ אישר לאמירותים לרכוש את מטוסי הקרב המת-קדמים, שאותם חזרו וביקשו בשנים האחרונות, בעקבות חתימת הסכם הנורמליזציה עם ישראל. הניסיון של הקונגרס לעצור את העסקה נכשל, כאשר לא הושג הרוב הדרוש בהצבעה שנערכה ב-9 בדצמבר.

18 כטב"מים סקייגארדיאן

בנוסף, אישר המימשל האמריקני למכור לאמירויות 18 כטב"מים גדולים מסוג MQ-9B סקייגארדיאן עם מגוון חימושים שהם מסוגלים לשאת, בעסקה שעשויה להסתכם ב-2.97 מיליארד דולר. הכטב"מים יצוידו במטע"ד תצפית MTS-D מתוצרת ריית'און ובמכ"ם בעל מפתח סינטטי מדגם AN/APY-8 לינקס עם מצייני מטרות נעות על פני הקרקע. אמצעי החימוש שיירכשו עבור הכטב"מים כוללים: 515 טילי AGM-114R הלפיייר, ערכות הנחיה JDAM עבור פצצות במשקל 500 ליברות, ערכות הנחיה בלייזר Paveway II עבור פצצות במשקלים 500 ו-250 ליברות, ופצצות אימונים מסוג GBU-39.

ה-MQ-9B סקייגארדיאן, שפותח ומיוצר על-ידי ג'נרל אטומיקס מערכות אווירי-נאוטיות מקליפורניה, הוא דגם משופר של ה-MQ-9A ריפר, שמאושר להפעלה במרחבי טיסה אזרחיים. הכטב"ם הגדול, שאורכו 11.7 מטר ומוטת כנפיו 24 מטר, מצויד במנוע טורבו-מדחף האנליול TPE331-10 בעל הספק של 940 כ"ס צירי. משקלו המרבי בהמראה



איור של MQ-9B סקייגארדיאן אוסטרלי הנושא מגוון חימושים חיצוניים.

כ-10 מיליארד דולר. עסקאות אלה, אם אכן יוגשמו בתקופת המימשל החדש של הנשיא ביידן, יגבירו במידה גדולה מאוד את הכושר ההתקפי של חיל האוויר של האמירויות, כך שתוגבר ההרתעה מפני האיום האיראני.

עוד שני מטוסי GlobalEye

האמירויות הערביות המאוחדות הזמינו ב-30 בדצמבר 2020 מחברת סאב השוודית עוד שני מטוסי התראה מוקדמת ובקרה אווירית מסוג GlobalEye, בעסקה שערכה 1.018 מיליארד דולר. המטוסים החדשים יסופקו עד שנת 2025. בעסקה קודמת שנחתמה בנובמבר 2015 הזמינו האמירויות שני מטוסי GlobalEye ובהמשך מימשו אופציה למטוס שלישי. המטוס הראשון נמסר לאמירויות ב-29 באפריל 2020 והשני ב-30 בספטמבר.

ה-GlobalEye מבוסס על מטוס המנהלים הגדול גלובאל 6000 של בומבארדייה, שעליו מתקנה סאב שתי מערכות מכ"ם ומערכת תצפית אלקטרו-אופטית, כפי שתוארו ב"ביעף" e143 עמ' 14.

2,720 ק"ג, וביכולתו לשאת דלק במשקל 2,177 ק"ג. כושר הנשיאה כולל 363 ק"ג מטע"דים פנימיים, וחימושים במשקל 1,814 ק"ג על תשע נקודות תלייה חיצוניות (שמונה בכנפיים ואחת בגחון הגוף). ה-סקייגארדיאן יכול לשהות באוויר יותר מ-40 שעות ולפעול ברום של עד כ-40,000 רגל (12.2 ק"מ). מהירותו המרבית 390 ק"מ/ש'. ה-MQ-9B הוזמן עד כה על-ידי חילות האוויר של בריטניה, בלגיה ואוסטרליה. ה-MQ-9B הראשון עבור בריטניה, שמכונה פרוטקטור 1 RG Mk, טס לראשונה ב-25 בספטמבר 2020. הוא ייסר למשרד ההגנה הבריטי בקיץ 2021, אך יישאר בארה"ב להמשך טיסות ניסוי והערכה של חיל האוויר המלכותי. כניסתו לשירות מבצעי צפויה ב-2023 או 2024.

חימושים אוויריים

בעסקה שלישית שאושרה על-ידי המימשל האמריקני באותו מועד ביקשו האמירויות לרכוש כמות גדולה מאוד של אמצעי חימוש – בנייהם טילי אוויר-אוויר AIM-120C8, טילי אוויר-קרקע ממספר סוגים מתקדמים, ופצצות מונחות במשקלים שונים – בעלות כוללת של

ה-GlobalEye הראשון המריא לטיסת בכורה בשוודיה ב-14 במרס 2018. שני מטוסי התראה מוקדמת ובקרה אווירית כאלה כבר נמסרו לחיל האוויר של האמירויות.



23 כלי-טיס נוספו ברישום הישראלי בשנת 2020



למעלה: EMB-145LR שרכשה עיט מחברת תעופה במדגסקר. (צילום: מיכה סנדר)
למטה: אמבראר EMB-145EP שנכנס לשירות עיט בסוף 2016. מטוסים אלה מותאמים להטסת 50 נוסעים.



ססנה 150M בן כ-45 שנים, הנבדל מרוב המטוסים מסוגו בהתקנה של גלגל זנב. (צילום: מיכה סנדר)



הססנה 208B גראנד קאראוון שנרכש בקזחסטן קיבל רישום ישראלי 4X-CZE. (צילום: ניב כהן)
פיפר PA-28-181 ארצ'ר II של האקדמיה הישראלית לטיס מסחרי (CAA).



בשנה החולפת נוספו לרישום הישראלי 23 כלי-טיס מסחריים, פרטיים וספורטיביים מסוגים שונים – 11 פחות מאשר בשנת 2019 (ראה "ביעף" e150 עמ' 11-14). הקיטון מושפע, כמובן, מצמצום הפעילות התעופתית בגלל מגפת וירוס הקורונה.
אנו מגישים להלן פירוט לפי סוגי כלי-הטיס, כפי שעשינו בשנים קודמות, בהסתמך על הנתונים שקיבלנו מרשות התעופה האזרחית.

• שלושה מטוסי נוסעים סילוניים

4X-ERC: ה**בואינג 787-8** השלישי של אל-על, הדגם הקצר יותר של הדרימליינר, הגיע לארץ ב-21 בפברואר ונקרא דליית אל כרמל. המטוס הרביעי והאחרון מסוג זה שהוזמן על-ידי אל-על היה מוכן למסירה בסוף מארס, אך בגלל משבר הקורונה והקושי של אל-על לקבל הלוואה כדי לממן את רכישתו, החליטה החברה שלא לקלוט אותו בשלב זה ולהשאירו מקורקע בארה"ב. המטוס הרביעי אמור לקבל את הרישום 4X-ERD ולהיקרא נוף הגליל.

4X-EKK: ב**ואינג 737-800** שנחכר על-ידי אל-על הגיע לארץ ב-14 בפברואר ונקרא גבעת שמואל.

4X-EMM: עיט שירותי תעופה ותיירות רכשה מטוס אמבראר EMB-145 שני, קרוב לארבע שנים אחרי רכישת המטוס הראשון 4X-EMP. המטוס השני, מתת-דגם EMB-145LR, שיוצר בשנת 2001, נרכש מחברת התעופה Madagascar Airways ממדגסקר במזרח אפריקה. הוא הגיע לארץ ב-27 באוגוסט והועבר לשיפוץ מקיף במתקני התחזוקה בשדה תימן, לפני הכנסתו לשירות.

• מטוס מנהלים סילוני אחד

4X-CMJ: ססנה 525B סייטישן ג'ט CJ3 משנת ייצור 2010 שנרכש מגרמניה, שם הופעל על-ידי חברת אייר המבורג. נרשם בארץ בפברואר.

• שבעה מטוסים קלים

4X-CXI: ססנה 150M משנת ייצור 1976. מתאפיין בגלגל זנב, בהבדל מרוב מטוסי הססנה 150 שמצוידים בגלגל חרטום. הגיע לארץ במאי ונרשם בנובמבר.

4X-CZE: ססנה 208B גראנד קאראוון משנת ייצור 2001. נרכש מקזחסטן והגיע לשדה התעופה בחיפה ב-26 ביולי. נרשם בספטמבר.

4X-DAH: פיפר PA-28-181 ארצ'ר II משנת ייצור 1979, שנרכש על-ידי האקדמיה הישראלית לטיס מסחרי (CAA) ונרשם בפברואר.

בית ספר לטיסה זה, שהחל לפעול באילת בשנת 2018, עבר ביוני 2020 לפעול משדה התעופה ראש פינה. צי המטוסים של האקדמיה כולל PA-28-181 נוסף (4X-CWQ), שלושה מטוסי PA-28-161 (4X-DAB/C/D), ומטוס



ססנה-ריימס F172M סקיהוק II של FNA, המצויד במנוע דיזל CD-155. (צילום: מיכה סנדר)



ססנה 172P סקיהוק II שמופעל על-ידי המכללה הבינלאומית לטיסה (IFA). (צילום: מיכה סנדר)



מטוס הריסוס תראש 510P של כיס-ניר במנחת מגידו. (צילום: מיכה סנדר)



מסוק האגוסטה A109E הגיע לישראל במאי 2019 ברישום M-ISRA של האי מאן. (צילום: מיכה סנדר)
המטוס הזעיר איירופראקט A32 מתוצרת אוקראינה. (צילום: ליאור כרמון)



ד-רמנועי מדגם ביצ'קראפט 58 בארון (4X-DZJ). ראה ידיעה קודמת על מטוסי האקדמיה ב"ביעף" e146 עמ' 7.

4X-DAM: ססנה-ריימס F172M סקיהוק II משנת ייצור 1976, המצויד במנוע דיזל מסוג קונטיננטל CD-155. נרכש מסלובניה על-ידי פ. נ. תעופה (FNA) והגיע לארץ ב-2 ביולי. נרשם בנובמבר.

4X-DAO: ססנה 172P סקיהוק II משנת ייצור 1982. נרכש מגרמניה על-ידי פ. נ. תעופה (FNA) ונרשם ביולי. מופעל במסגרת המכללה הבינלאומית לטיסה (IFA), שהוקמה ב-2020 בהרצליה במיזם משותף עם מפקד חיל האוויר לשעבר אלוף (בדימוס) איתן בן-אליהו.

4X-DAZ: ססנה-ריימס F172P סקיהוק II, שנרכש משוויצריה ונרשם בדצמבר.

4X-ORS: לוקווד איירקאם חדש, שנרשם במאי.

מטוס ריסוס אחד

4X-AVM: תראש 510P משנת ייצור 2013, שנרכש מארה"ב ונרשם באוגוסט. מופעל על-ידי כיס-ניר ממנחת מגידו, בהחליפו את 4X-AVN שהתרכס ב-19 ביוני 2019. ה-510P הוא דגם חדש ומשופר בהשוואה למטוסי ה-S2R-T34 טורבו תראש הישנים יותר שהופעלו עד כה בכיס-ניר.

שלושה מסוקים

4X-BHK: רובינסון R44 ריון II חדש, שנרשם באוקטובר.

4X-BIL: אגוסטה A109E משנת ייצור 2001, ראשון מסוגו בישראל, שנרשם בדצמבר. הגיע לארץ במאי 2019 והמשיך לטוס ברישום של האי מאן M-ISRA עד לקבלת הרישום הישראלי.

4X-BIX: יורוקופטר EC 145 משנת ייצור 2011 (סימונו ההנדסי BK 117 C2), שנרכש על-ידי להק תעופה ונרשם ביולי. מסוק זה הופעל בגרמניה כאמבולנס אווירי. זהו דגם מוגדל ומשופר בהשוואה לשלושת מסוקי ה-BK 117 הישנים יותר שמפעילה להק (שניים מהם לפינוי רפואי בהיטס בשירות מגן דוד אדום).

ארבעה מטוסים זעירים

4X-HLE: סטינג S4 מתוצרת החברה הצ'כית TL אוטלרלייט, שנרשם בדצמבר.

4X-HPF: איירופורו יורופוקס 2K עם גלגל זנב, מתוצרת סלובקיה, שנרשם ביולי. ניזוק בתאונת נחיתה ב-9 בינואר 2021.

4X-HPM: איירופראקט A32 מתוצרת אוקראינה, שנרשם באוגוסט.

4X-HZI: איירופראקט A32 מתוצרת אוקראינה, שנרשם באפריל.

● שני דאונים

4X-GDS: דואו דיסקוס דר-מושבי מתוצרת Schempp-Hirth, משנת ייצור 2001, שנרכש מגרמניה ונרשם בינואר.

4X-GEQ: דואו דיסקוס דר-מושבי מתוצרת Schempp-Hirth, משנת ייצור 2002, שנרכש משוויצריה ונרשם בינואר. מופעל במרכז דאייה מגידו.

● שני כדורים פורחים

4X-BNF: קמרון A-340HL משנת ייצור 2009, שנרכש מאוסטרליה ונרשם באוגוסט.

4X-BNO: קוביצ'ק BB100Z מתוצרת צ'כיה, הנושא 16-18 נוסעים, שנרכש על-ידי סקיי טרק ונרשם בספטמבר.



איירופרו ירופוקס 2K עם גלגל זנב. (צילום: ליאור כרמון)

13 כלי-טיס נגרעו מהרישום הישראלי בשנת 2020

● צמצום צי מטוסי ארקיע

ארקיע צמצמה במידה ניכרת את צי מטוסיה בשנה החולפת, לאור המשבר אליו נקלעה בעקבות מגפת וירוס הקורונה והפסקת טיסותיה בסוף מארס. החברה הוציאה משירותה ארבעה מטוסי נוסעים ומטוס מנהלים סילוני אחד, ונותרה עם חמישה מטוסי נוסעים בלבד: שני מטוסי איירבאס A321neo ושלושה מטוסי אמבראר 195. המטוסים שנמכרו לחו"ל או שהוחזרו למחכירים הם כדלקמן:

4X-AGN: האיירבאס A321neo שנקרא עפרה חזה, אשר נכנס לשירות ארקיע ביוני 2019, הוחזר אחרי פחות משנה לחברה המחכירה MG Aviation. המטוס עזב לארה"ב ב-26 במאי 2020, ורישומו הישראלי בוטל ב-7 בספטמבר.

4X-BAU: הבואינג 757-300 שהופעל בארקיע במשך קרוב ל-20 שנים, עזב את הארץ לאיסטנבול בסוף דצמבר 2019, ורישומו הישראלי בוטל ב-2 בינואר 2020. בסופו של דבר נמכר המטוס לחברת התעופה האוקראינית Azur Air. (מטוס זה נמכר עוד לפני משבר הקורונה, במסגרת תהליך חידוש צי המטוסים של החברה).

4X-EMB: האמבראר 190 שנקרא רפי הרלב, שהופעל בארקיע מאז מארס 2014, נמכר לחברת החכרות ורישומו הישראלי בוטל ב-8 בנובמבר.

4X-EME: האמבראר 190 שנקרא אריק אינשטיין, שהופעל בארקיע מאז ינואר 2017, הוחזר לחברה המחכירה ורישומו הישראלי בוטל ב-23 בינואר.

4X-CMN: מטוס המנהלים הקטן פינוס 100 מתוצרת אמבראר, שהופעל בצבעי ארקיע מאז 2014 ושימש לטיסות פרטיות שונות, נמכר לחו"ל. רישומו הישראלי בוטל ב-21 בדצמבר.



מטוס המטען בואינג 747-4EVF(ER) בשירות צ'לנג' איירליינס הבלגית. (צילום: מיכה סנדר)

● קבוצת צ'לנג'

הבואינג 747-4EVF(ER), שהופעל על-ידי קווי אוויר למטען (קא"ל) מאז פברואר 2019, הועבר להפעלה במסגרת החברה-הבת הבלגית Challenge Airlines BE של קבוצת צ'לנג' הבינלאומית, בשליטתו של עופר גלבווע. (שמה הקודם של החברה-הבת הבלגית היה ACE Belgium Freighters). רישומו הישראלי 4X-ICD בוטל ב-11 בפברואר והוא קיבל רישום בלגי 00-ACF. תהליך דומה בוצע שנה קודם לכן עם 4X-ICC, שהפך להיות 00-ACE. קבוצת צ'לנג' מפעילה, לפיכך, שני מטוסי מטען ברישום ישראלי (4X-ICA/B) ושניים ברישום בלגי. הקבוצה כולה מרוכזת סביב מרכז תפעולי אחד בליאז' שבבלגיה, וממנו טסים מטוסיה ליעדים בצפון אמריקה, אירופה, ישראל וסין.

כלי-טיס אחרים שרישומם הישראלי בוטל בשנת 2020 הם כדלקמן:

4X-BCR: מסוק רובינסון R44 ריוון II, ששימש בשנים האחרונות לריסוס בכים-ניר, ורישומו בוטל ב-9 ביוני.
4X-CIP: ססנה 340A שהופעל מאז 2002 נמכר לארה"ב ורישומו בוטל ב-4 באוגוסט.
4X-CPX: מטוס מנהלים סילוני מדגם

גאלפסטרים IV בבעלות חברת א.א. תעופה אזרחית הועבר לרישום T7-CPX של סן מרינו. רישומו הישראלי בוטל ב-18 ביוני.

4X-CWD: הססנה U206B סופר סקיינג'ון האמפיבי על מצופים, שהביא רוי ריטר לישראל בשנת 2018 במטרה להפעילו ממנחת ימי באילת (ראה "ביעף" e146 עמ' 7), נמכר לחו"ל ורישומו בוטל ב-16 בדצמבר.

4X-HFN: מטוס זעיר מדגם זנאייר STOL CH-701, שהופעל בארץ מאז 1994, רישומו בוטל ב-13 בדצמבר.

4X-HGP: מטוס זעיר מדגם פליי סינטזיס סטורץ', שהופעל בארץ מאז 1996, רישומו בוטל ב-26 בינואר.

4X-OTY: מטוס זעיר מדגם דין'אירו MCR 01ULC מבנייה עצמית, שהופעל בארץ מאז 2009, רישומו בוטל ב-26 בינואר.

בנוסף לביטולים רשמיים אלה, הססנה 340A שהופעל בארץ מאז 2010 ברישום 4X-CIU, פורק לחלקים בינואר.

עדכון לדיווח ב"ביעף" e150 עמ' 14

מסוק הרובינסון R44 ריוון II 4X-BIG II, שרישומו בוטל ביולי 2019, לא נמכר בסופו של דבר לחו"ל וחזר לרישום ישראלי ב-15 באוקטובר 2020.

טייס נהרג בתאונה קטלנית יחידה בשנת 2020;

ארבעה כלי-טיס נוספים נמחו בתאונות



הלוקווד איירקאם שהתרסק ב-2 במאי ליד קיבוץ יקום. בתאונה נהרג הטייס שי בריצחק.



הפיפר PA-25-260 פוני C של מרכז דאייה נגב שנשרף ב-12 ביוני בשדה תימן.



המטוס הזעיר MXP-740 סאוונה מתוצרת ICP האיטלקית שנהרס בתאונה בעין-ורד ב-10 באוקטובר.

נינג'ה נאלץ לבצע נחיתה חירום ליד חוף געש ב-29 באוקטובר בגלל כשל מנוע, והתהפך במים. המטוס חולץ מהים, אך נגרם לו נזק מעבר לכדאיות תיקון. הטייס יצא ללא פגע.

בכבלי החשמל, וכתוצאה מכך התהפך המטוס בנחיתה ונעצר על גבו. הטייס והנוסע לא נפגעו.

4X-OAT: מטוס זעיר מדגם סקירנג'ר

בשנת 2020 אירעה תאונה אווירית קטלנית יחידה, שבה התרסק מטוס קל מסוג **לוקווד איירקאם** ליד קיבוץ יקום ב-2 במאי. בעליו של המטוס, הטייס שי בריצחק, נהרג בתאונה ובנו הצעיר נפצע. טרם פורסם דו"ח החקירה. המטוס התלת-מושבי מבנייה עצמית, שרישומו 4X-OIR, הופעל בארץ מאז יולי 2011. במועד הופעת גיליון זה של "ביעף" ידוע לנו על ארבעה כלי-טיס שניזקו קשה בתאונות מעבר לכדאיות תיקון:

4X-AFN: מטוס פיפר PA-25-260 פוני C, ששימש לגרירת דאונים במרכז דאייה נגב, נשרף כמעט כולו בשדה תימן ב-12 ביוני. לפי תיאור האירוע בדו"ח החקירה, הטייס חש אי-סדירות בפעילות המנוע לאחר ששחרר דאון שגרר והנמיך לנחיתה, ושניות אחר כך יצא עשן דליל מלווה בריח שורף מכיוון תחתית תא האחסון שלפני הטייס. הטייס הצליח לנחות כאשר עשן שחור עולה מהמטוס, חילץ עצמו מהמטוס והתרחק ממנו. הניסיונות לכיבוי המטוס הבוער לא צלחו.

מסקנות דו"ח החקירה קבעו כי האש בחלקו הקדמי של המטוס התפתחה כתוצאה מכשל טכני, כאשר נוזל הבעירה היה דלק המנוע. כיוון שחלקי מטוס רבים עלו באש, צוות החקירה התקשה לקבוע את מקור ההצתה באופן חד-משמעי. "בסבירות גבוהה יותר מ-50%, האש פרצה בתא מכל הדלק כתוצאה מניצוץ חשמלי ונוכחות של אדי או נוזל דלק בתא זה. בסבירות נמוכה יותר, האש פרצה בתא המנוע, אם מניצוץ חשמלי ואם מחום המנוע וחלקיו, שבאו במגע עם נוזל הדלק שפרץ מצינור כלשהו ומשם האש התקדמה לתא מכל הדלק."

בישראל מופעל כיום רק עוד מטוס אחד מאותו סוג (4X-APL של מרכז דאייה מגידו), והחוקר הראשי המליץ על ביצוע מספר שינויים במטוס זה שיגבירו את עמידותו ושרידותו בפני אש.

4X-OFS: גיירופלן מסוג טריקסי ספורט פרינסס התרסק ב-3 ביולי ליד מנחת מאכ'ר בבועת זבולון, בעקבות אובדן כוח מנוע ורעידות בכלי-הטיס. הטייס ביצע ניסיון נחיתה בתוואי קרקע משופע, אך תוך כדי הנגיעה בקרקע כלי-הטיס התהפך וחלקיו התפזרו עד למרחק של 30 מטרים. הטייס והנוסע יצאו ללא פגע. גיירופלן זה, היחיד מסוגו בישראל, נבנה מחדש לאחר תאונה קודמת ב-16 בדצמבר 2015, וקיבל רישוי מחדש באפריל 2017.

4X-HHY: מטוס זעיר מסוג סאוונה ניזוק קשה בנחיתה חירום באזור מנחת עין-ורד ב-10 באוקטובר ונמחה. לפי המתואר בדו"ח החקירה הראשוני, המטוס טיפס לגובה נמוך יחסית אחרי ההמראה בגלל מטוס אחר שהיה מעליו באזור ההקפה, ופגע בקווי חשמל שהטייס לא הבחין בהם. הפגיעה גרמה לכיבוי המנוע, והטייס נאלץ לבצע נחיתה בשטח. כן-הנסע הקדמי נשבר והתקפל לאחור בזמן הפגיעה



תנועת הנוסעים בנתב"ג צנחה בשנת 2020 בגלל מגפת הקורונה

נחת לראשונה בנתב"ג ב-8 בנובמבר בטיסת שכר מיוחדת. ב-26 בנובמבר חנכה **FlyDubai** קו טיסות קבוע בין דובאי לנתב"ג. לאור הביקוש הגבוה של ישראלים שביקשו לבקר בדובאי, ביצעה החברה שתיים עד ארבע טיסות יומיות בקו זה בחודש דצמבר.

חברת **גאלף אייר** מבחריין ביצעה ב-18 בנובמבר טיסה ראשונה לישראל במטוס **בואינג 787-9**, וטיסה שנייה נערכה ב-1 בדצמבר.

גאלף אייר חתמה על מזכר הבנות עם אל-על, המהווה בסיס להסכם עתידי בין החברות לשיתוף קוד בטיסות בין מנאמה ותל-אביב, וכן בטיסות **גאלף אייר** ממנאמה למזרח הרחוק וטיסות אל-על מנתב"ג לאירופה. מתוכננים שיתופי פעולה בתחום מועדוני הקוחות של החברות, המטען, שירותי תחזוקה וטכנולוגיה בתחום התעופה והתיירות.

התע"א חתמה ב-3 בדצמבר על הסכם עם **גאלף אייר** למתן שירותי רציף. במסגרת ההסכם תעניק חטיבת תעופה של התע"א מענה טכני כולל למטוסי **גאלף אייר** שצפויים לנחות בנתב"ג – טיפול לאחר טיסה, אחזקה יומית, הכנה לטיסה ותמיכה בתקלות חריגות.

במטוסי מטען ייעודיים גדלה ב-51.6% בסך הכול הוטסו 74,045 טונות במטוסי נוסעים ו-246,570 טונות במטוסי מטען.

טיסות למפרציות

הסכמי הנורמליזציה בין מדינת ישראל לבין האמירויות הערביות המאוחדות ובחריין הניבו פתיחת קווי טיסה של חברות שלא נראו קודם לכן בנתב"ג.

חברת התעופה **איתיחאד איירווייז** קיימה ב-19 באוקטובר טיסה מסחרית ראשונה מאבו דאבי לנתב"ג במטוס **בואינג 787-10 דרימליינר**. למחרת היום הגיע לנתב"ג **787-9** של **איתיחאד** שהביא את שרי האוצר והכלכלה של האמירויות לטקס חתימה על הסכמים בין המדינות.

עוד קודם לכן נחתו בנתב"ג שני מטוסים של **איתיחאד** שהביאו ציוד הומניטארי לשרות הפלסטיניות – **אירבאס A330-243** לבן ללא סימני זהיה ב-19 במאי (ראה "ביעף" e151 עמ' 12), ו**בואינג 787-9** בצבעי החברה ב-9 ביוני. מטוס **בואינג 737-800** של חברת **FlyDubai**

מגפת וירוס הקורונה ברחבי העולם ובישראל הביאה לצניחה דראסטית בתנועת הנוסעים בנמל התעופה בן-גוריון, בהיקף חסר תקדים. הירידה הקיצונית במספר הנוסעים בטיסות הבינלאומיות החלה ב-4 במארס, כאשר הממשלה הכריזה על איסור כניסת זרים מחמש מדינות אירופיות נגועות וחובת בידוד של 14 ימים לשבים ממדינות אלה. המצב החמיר עוד יותר ב-19 במארס, כאשר הממשלה החליטה על איסור כולל לכניסת זרים שאינם אזרחי ישראל או תושביה.

כבר בפברואר הפסיקה **אל-על** את טיסותיה לסין וצמצמה תדירויות ליעדים אחרים במזרח הרחוק. ב-15 במארס הודיעה **אל-על** כי תשהה את הטיסות למרבית יעדי החברה, וב-27 במארס הפסיקה כמעט כליל את טיסות הנוסעים, כאשר רוב העובדים הוצאו לחופשה ללא תשלום. גם חברת **ארקיע** הפסיקה את פעילותה בסוף מארס. את המצב בסוף מאי ובסוף ספטמבר סיכמנו בדבר העורך בגיליונות e151 ו-e152.

דו"ח הסיכום לשנת 2020 שהוציאה רשות שדות התעופה מצביע על ירידה כוללת בשיעור של 81.5% במספר הנוסעים הנכנסים והיוצאים בטיסות הבינלאומיות – 4.46 מיליון נוסעים (מתוכם רק 1.48 מיליון בחודשים מארס עד דצמבר), לעומת קצת יותר מ-24 מיליון בשנת 2019. תנועת המטוסים קטנה בשיעור של 69% והסתכמה ב-49,219 מטוסים נכנסים ויוצאים, לעומת 158,965 בשנה הקודמת, כאשר טיסות רבות בוצעו בתפוסה נמוכה ביותר.

התמונה בחברות התעופה הישראליות חמורה מאוד: מספר הנוסעים ב**אל-על** ירד ב-84.5% והסתכם ב-906,619, לעומת 5.83 מיליון ב-2019; ב**ארקיע** נרשמה ירידה בשיעור של 91.3%; ו**בישראייר**, שהמשיכה לטוס במשך כל השנה, ירדה מתונה יותר של 75%.

בטיסות לאילת וממנה הורגשה ירידת של 55% בתנועת הנוסעים – 352,356 לעומת 785,727 בשנת 2019, כאשר רק 168,364 נוסעים טסו בחודשים אפריל עד דצמבר. בתנועת המטוסים נרשמה ירידה של 36% בלבד – 5,702 לעומת 8,922 מטוסים – כאשר המשמעות היא שוב טיסות בתפוסה נמוכה.

היקף שינוע המטענים קטן ב-8.7%, כאשר הפעילות בשנת 2020 התאפיינה בשינוי מקיף בסוג הגורם המשוע. מיעוט טיסות הנוסעים הביא לירידה של 60.8% בכמות המטען שהוטסה במטוסי נוסעים, בעוד כמות המטענים שהוטסו

למעלה: **בואינג 787-10 דרימליינר** של **איתיחאד** שהגיע לישראל ב-19 באוקטובר בטיסה מסחרית ראשונה.



בואינג 737-800 של **FlyDubai** בשמי ישראל. (כל התמונות בעמוד זה צולמו על-ידי מיכה סנדר)

בואינג 787-9 דרימליינר של **גאלף אייר** מבחריין נוחת לראשונה בנתב"ג ב-18 בנובמבר.



טיסה ראשונה של אל-על למרוקו

ישראייר נרכשה על-ידי BGI השקעות

חברת התעופה ישראייר עברה ב-21 בינואר 2021 לבעלות חברת BGI השקעות, הנשלטת על-ידי רמי לוי ושולם חיים.

ישראייר הייתה שייכת עד ספטמבר 2020 ל-IDB פיתוח, בשליטתו של אדוארדו אלשטיין. לאחר ש-IDB פיתוח הוכרזה כחדלת פירעון, עברה הבעלות על ישראייר לנושים – מחזיקי האג"ח סדרה ט' של IDB פיתוח. הנושים הציעו את ישראייר למכירה, ובחרו בתחילת ינואר בהצעתם של רמי לוי ושולם חיים, המסתכמת ב-162 מיליון ש"ח.

לוי וחיים ישלמו 121.5 מיליון ש"ח במזומן וישאירו בידי מחזיקי האג"ח (בראשות עופר גזית) 25% ממניותיה של ישראייר. בעלי האג"ח יקבלו אופציה לחייב את BGI השקעות ואת לוי לרכוש מהם 25% ממניות ישראייר תמורת 40.5 מיליון ש"ח במזומן בחלוף שנתיים מהשלמת העסקה. 51% מהמניות ירכשו בידי השלד הבורסאי BGI השקעות שבידי לוי וחיים, ו-24% בידי לוי אישית, כשהחברה הציבורית שבשליטתו (רמי לוי שיווק השקמה) תוכל להיכנס בנעליו.

אורי סירקיס, המכהן מינואר 2012 כמנכ"ל ישראייר, ימשיך בתפקידו. לוי, הדירקטוריון צפוי להתמנות מוטי חזן, שהוא יו"ר BGI השקעות.

הפעלת טיסות נוסעים ישירות בין ישראל לכל נמלי התעופה הבינלאומיים במרוקו, ללא הגבלות על מספר החברות ועל היקף הטיסות, וכן עד 10 טיסות מטען שבועיות ישירות לכל צד. בקו צפויות לפעול חברות התעופה הישראליות וחברת התעופה הלאומית של מרוקו, רויאל אייר מרוק.

חילופי יו"ר דירקטוריון ומנכ"ל



אביגל שורק, מנכ"ל אל-על.

בעקבות העברת הבעלות על אל-על לחברת כנפי נשרים תעופה בבעלותו של אלי רוזנברג, מונה דוד ברודט ליו"ר הדירקטוריון ב-20 באוקטובר 2020. למנכ"ל הח"דש נבחר אביגל שורק, שנכנס לתפקידו בסוף ינואר 2021 והחליף את גונן אוסישקין.

דוד ברודט (76) כיהן במספר תפקידי מפתח במערכת הכלכלית, העסקית ובשוק ההון. הוא היה הממונה על התקציבים ומנכ"ל משרד האוצר בשנות ה-90, יו"ר חברת הטלוויזיה בלוויין yes מ-1998 עד סוף 2003, ויו"ר דירקטוריון בנק לאומי מ-2010 עד 2019.

אביגל שורק (43), רואה חשבון בהשכלתו, כיהן בשנים האחרונות כסגן נשיא בכיר ומנהל תפעול ראשי בחברת דלק US בטנסי שבארה"ב.

אל-על ביצעה ב-22 בדצמבר טיסה ראשונה לרבאט בירת מרוקו, במטוס 737-900ER שנקרא קריית מלאכי (4X-EHI). המטוס קושט בעיטור חמסה ודגלי המדינות, בצירוף המילה שלום בשלושת השפות, כמחווה לתרבות המשותפת בין ישראל ומרוקו. הטיסה המיוחדת הביאה למרוקו משלחת ישראלית-אמריקנית, שנפגשה עם המלך מוחמד השישי וחתמה בארמונו על הסכם כינון יחסים דיפלומטיים בין מרוקו לישראל.

ישראל ומרוקו חתמו ב-12 בינואר 2021 על הסכם להפעלת טיסות ישירות בין המדינות. על ההסכם חתמו ישי דון יחיא, מנהל אגף בכיר כלכלה ויחסים בינלאומיים ברת"א, ומקבילו המרוקני טאריק טליבי. הסכם התעופה יאפשר

דוד ברודט (מימין) עם שר הכלכלה, המסחר והתיירות של בחריין, זיאד אל זיאני, בטקס החתימה על מזכר הבנות לשיתוף קוד עם חברת התעופה גאלף אייר, ב-6 בדצמבר 2020.



הבואינג 737-900ER שנקרא קריית מלאכי (4X-EHI), לפני הטיסה לרבאט בירת מרוקו ב-22 בדצמבר 2020 עם משלחת ישראלית-אמריקנית. (צילום: סיון פרג')



איתן סטיבה: ישראל שני בדרך לחלל

והנדירים ביותר בתעשיית החלל. משימה היסטורית זו לחלל תאפשר לנו להעניק הזדמנות יוצאת דופן לגופים רבים בישראל להשתלב בתעשייה זו. בכך, אנו מגשימים את החזון של רונה רמון ז"ל להשתמש בחלל לטובת הדור הצעיר בעולמות של חינוך, השראה, מדע וטכנולוגיה."

קרן רמון וסוכנות החלל יפעלו לספק לחברות הזנק וחוקרים ישראלים, שייקחו חלק במשימה, גישה לפלטפורמות מדעיות וטכנולוגיות בתחנת החלל הבינלאומית, ככל הניתן באמצעות שיתופי פעולה עם סוכנויות חלל זרות אשר כרגע נמצאים בשלבי התהוות ראשוניים. בנוסף, סוכנות החלל הישראלית מתכוונת לפרסם במהלך הרבעון הראשון של 2021 קול קורא למחקרים בתחומי המדע והטכנולוגיה שיבוצעו בתחנת החלל הבינלאומית. ההגשה תהיה פתוחה בין היתר למיזמים שיבחרו במסגרת הקול הקורא של קרן רמון.



איתן סטיבה בטקס במשכן הנשיא. (צילום: לע"מ)

קצר יותר בשוק החלל הבינלאומי. רן לבנה, מנכ"ל קרן רמון, הסביר: "שעות אסטרונוט הן אחד המשאבים היקרים

איש העסקים הישראלי עתיר-ההון איתן סטיבה עתיד לטוס לתחנת החלל הבינלאומית בתחילת 2022 במסגרת משימת חלל פרטית ראשונה מסוגה, שמארגנת Axiom Space. המשימה תבצע בחללית דרגון, שתוזנק באמצעות משגר פאלקון 9 של SpaceX ממרכז החלל קנדי בפלורידה.

מפקד המשימה מטעם Axiom Space הוא האסטרונוט האמריקני הוותיק מייקל לופז אלגריה, שטס לחלל ארבע פעמים ופיקד על המשימה ה-14 לתחנת החלל. לצד איתן סטיבה ייקחו חלק במשימה שני אסטרונוטים פרטיים נוספים: לרי קונוור האמריקני ומארק פתי הקנדי. סטיבה יממן את עלויות המסע בעצמו, בסכום של כ-50 מיליון דולר.

אל"ם (בדימוס) איתן סטיבה היה טייס קרב במטוסי F-16 בחיל האוויר הישראלי במשך 43 שנים, בשירות קבע ובמילואים. הוא מייסד ויו"ר קרן Vital Capital Fund ופועל ב-35 השנים האחרונות למען פיתוח יזמות עסקית ומימון פרויקטים במדינות מתפתחות, שנותנים מענה לתשתיות חיוניות לאוכלוסיות חלשות. את הונו הגדול עשה במסחר נשק באפריקה, בעיקר באנגולה.

סטיבה הוא אחד ממייסדיה של קרן רמון, שהוקמה יחד עם רונה רמון לאחר שהאסטרונוט הישראלי הראשון אילן רמון נספה בהתרסקות מעבורת החלל קולומביה בשנת 2003. במסגרת פעילותו זו הסכים סטיבה להפוך את טיסתו הפרטית לחלל למשימה לאומית, היסטורית ומדעית, בשיתוף עם סוכנות החלל הישראלית במשרד המדע והטכנולוגיה. ההכרזה על כך הושמעה בטקס שנערך במשכן הנשיא ב-16 בנובמבר 2020.

במהלך 200 שעות שהייתו בתחנת החלל יבצע סטיבה שורת ניסויים בטכנולוגיות ובפיתוחים מדעיים ישראלים של חוקרים וחברות הזנק שייקחו עמו לחלל, וכן צפוי לקיים פעילויות להנגשת עולם החלל לילדי ישראל. קרן רמון תוביל את המשימה הישראלית על כל נגזרותיה – המדעית והחינוכית – בשיתוף עם משרד המדע והטכנולוגיה וסוכנות החלל הישראלית, שיובילו את שותפות משרדי הממשלה בפרויקט. יחד יפעלו לבחור את הניסויים והטכנולוגיות שיגיעו לחלל ולבניית התוכנית החינוכית עבור ילדי ישראל. בראש המשימה יעמוד מנכ"ל קרן רמון, רן לבנה.

ב-23 בדצמבר פרסמו קרן רמון וסוכנות החלל קול קורא למדענים, חוקרים ויזמים לשלוח את הצעותיהם לניסויים, אשר יבוצעו בתחנת החלל הבינלאומית (בכפוף לאישור נאס"א) במסגרת מסעו של סטיבה. הניסויים ייבחרו על-ידי ועדה מדעית טכנולוגית בלתי תלויה, אשר מורכבת מבכירים בתחומי האקדמיה, התעשייה והממשל בישראל, ובראשה תעמוד ענבל קרייס, בכירה בתעשיית החלל בישראל ומנהלת החדשנות בחטיבת מערכות טילים וחלל בתע"א.

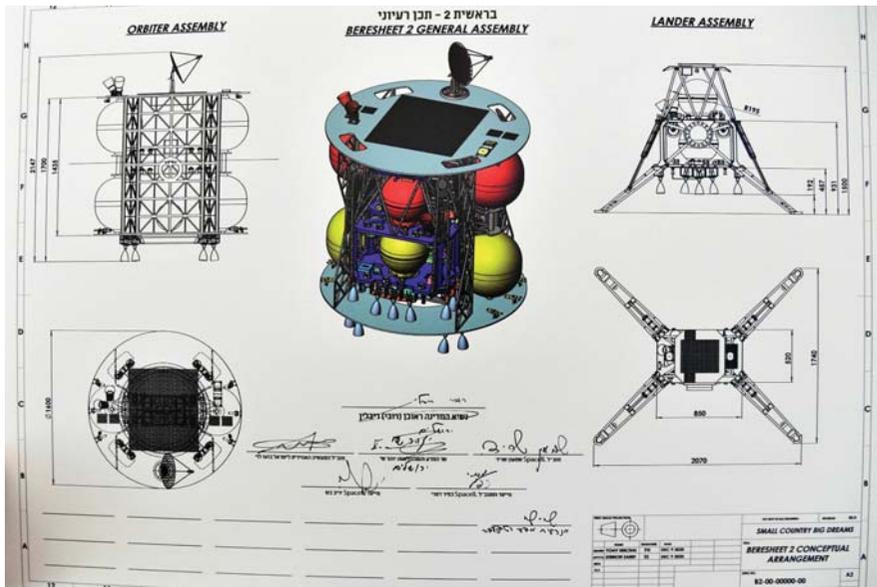
במסגרת המשימה צפויים להישלח ניסויים והדגמות מדעיות וטכנולוגיות של חברות מסחריות בתחומי התקשורת, אסטרופיזיקה, רפואה מרחוק, חקלאות, אופטיקה, חיישנים, רובוטיקה ועוד. ביצוע הניסויים במסגרת זו יאפשר לחברות הישראליות להשתלב בפרק זמן



למעלה: החללית דרגון (מימין) מחוברת לתחנת החלל. למטה: החללית דרגון בראש המשגר פאלקון 9.



פרויקט בראשית 2 הושק במשכן הנשיא ב־9 בדצמבר

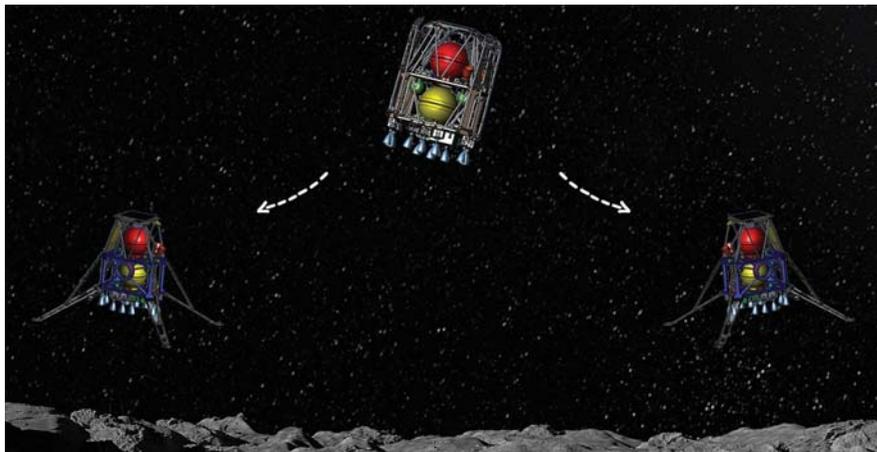


סרטוט התכנן הרעיוני של בראשית 2, עם חתימות של נשיא המדינה ומובילי התוכנית שנכחו בטקס.

לצאת כטרמפ על משימה שלהם. זה יוזיל עוד יותר את העלויות עבורם, ולנו היסכון של 20 מיליון דולר יכול להיות מאוד משמעותי." מנכ"ל התעשייה האווירית, בועז לוי, אמר באירוע: "התע"א הציבה את ישראל כחברה במועדון החלל המצומצם בעולם, ואנו רואים באופן טבעי את המשך השותפות עם SpaceIL. יחד הגענו להישגים מדהימים בפעילות חלל אזרחית, שחפנו מדינה שלמה ורבים ברחבי העולם ב'אפקט בראשית' והצתנו את ניצוץ המדע והטכנולוגיה בקרב ילדי ישראל. היכולות הטכנולוגיות המתקדמות בתע"א, לצד התעוזה של SpaceIL, הובילו את ישראל למשימתה ההיסטורית לירח ואנו שמחים לחבור לשותפינו במשימת המשך בראשית 2. התע"א תמשיך להוביל את תעשיית החלל בישראל לפיתוח טכנולוגיות וקידמה, וזאת בזכות התשתית ההנדסית, הידע הנצבר, היכולות וההון האנושי הטוב בישראל." על תוצאות פרויקט בראשית 1 ראה "ביעף" e147 עמ' 3-4.

פילנתרופים וחסויות. עד כה ידוע על תרומה של מיליון דולר מאיש העסקים לן בלוטניק, וסכום זהה מפרדי סימון ומשפחתו (ממייסדי חברת התוכנה JFrog). יש גם הבטחה ממשדר המדע והטכנולוגיה ל-20 מיליון ש"ח. לשאלה איך ניתן לבנות ולשגר מקפת ושתי נחתות בעלות של 100 מיליון דולר בלבד, ענה שריד בריאיון ל"ידיעות אחרונות" ב-25 בדצמבר: "המשקל של החלליות יחד יהיה דומה לזה של בראשית 1, שם נזקקנו להרבה דלק כדי בלבים אותה בעת הנחיתה. כאן רק הנחתות, שישקלו 120 ק"ג כל אחת, יצטרכו דלק להאטה לפני הנחיתה. מדברים גם על ירידה בעלויות השיגור. יש לנו יותר עלויות חומרים, אבל פחות עלויות הנדסה, שרובה כבר נעשה בבראשית 1. עלות השיגור תהיה כ-20-25 מיליון דולר, ומשאירים לזה כסף בתכנון התקציבי. עם זאת, אנחנו מאוד מקווים שנאס"א תסייע לנו במימון השיגור, היו אמירות כאלה בעבר. אם נשלב למשל מטע"ד של נאס"א, זה יכול לעזור. ובכל מקרה ננסה

הדמיה של שתי הנחתות שיפרדו מהמקפת לנחיתה באתרים שונים על פני הירח.



נשיא המדינה, ראובן (רובי) ריבלין אירח ב-9 בדצמבר 2020 את אירוע השקת פרויקט בראשית 2. עמותת SpaceIL, בשיתוף התעשייה האווירית לישראל וסוכנות החלל הישראלית במשרד המדע והטכנולוגיה, יזמו את פרויקט בראשית 2, אשר במסגרתו תיבנה ותשוגר לירח החללית הישראלית השנייה. עם סיום פרויקט בראשית 1, הוחלט בוועד המנהל של SpaceIL כי יהיה נכון להמשיך את "אפקט בראשית", ולצאת לדרך עם פרויקט המשך. לאחר תהליך תחקור והפקת לקחים מעמיקים, נבנתה משימת בראשית 2, במסגרתה תשוגר לירח חללית המורכבת ממערך של שלוש חלליות – מקפת ושתי נחתות. הנחתות צפויות לבצע נחיתה בשני אתרים שונים על הירח לצורך ביצוע ניסויים מדעיים שונים. במקביל, המקפת מיועדת להקיף את הירח לאורך מספר שנים ולבצע ניסויים מדעיים אף היא. החללית כולה צפויה לשקול כ-630 ק"ג. כל אחת מהנחתות תשקול כ-120 ק"ג לפני הנחיתה וכ-60 ק"ג לאחר הנחיתה.

משימתה של בראשית 2 צפויה להיות רב-לאומית בהובלה ישראלית, וישתתפו בה מדינות נוספות. תלמידים וסטודנטים במדינות השונות יוכלו לחקור את המידע המגיע מהחללית ולקדם מחקרים וניסויים בחלל. לצד המשימה המדעית ושיתופי הפעולה הבינלאומיים, פרויקט בראשית 2 מיועד גם לרתום ולעורר השראה בקרב בני נוער מכל חלקי הארץ. סוכנות החלל הישראלית תוביל יחד עם SpaceIL את כל הפעילויות החינוכיות במטרה לחשוף ולגרות את סקרנותו של הדור הצעיר למקצועות המדעים ולקדם ערכים של מצוינות, מנהיגות חברתית ותעוזה פורצת דרך. שר המדע והטכנולוגיה היוצא, יזהר שי, אמר בטקס: "משרד המדע והטכנולוגיה וסוכנות החלל הישראלית גאים להיות שותפים לפרק השני של משימת בראשית. מדובר במיזם פורץ גבולות ומעורר השראה, וביזמים נחושים המהווים דגמה ומופת לכל מי שנושאים את עיניהם לעולם החדשנות. אנחנו שמחים לבשר שבשיחות שערכה סוכנות החלל הישראלית, כבר שבע מדינות מחמש יבשות שונות הביעו עניין בהשתתפות בפרויקט, וגם בשיחות עם האמירטים הנושא עלה מספר פעמים. אין לי ספק כי בראשית תצליח להצית שוב את הדמיון של כולנו, להגדיר מחדש את גבולות האפשר ולבסס את מעמדה של ישראל כמעצמה של חדשנות."

מנכ"ל SpaceIL, תא"ל (בדימוס) שמעון שריד, הוסיף: "בתוכנית בראשית אנו מכוונים רחוק. לא רק לחלל הרחוק, אלא גם לעתידה הרחוק של מדינת ישראל. זאת נעשה דרך הגברת הסקרנות והתקווה, היכולת לחלום ולהגשים, ודרך העצמת החינוך הטכנולוגי, המחקר, המדעים, וההנדסה בקרב תלמידי ישראל. כל זאת, על מנת לשמר את ההובלה הטכנולוגית הישראלית, אשר שואבת את עוצמתה מהתלמידות והתלמידים של היום, שהם המדענים והמהנדסים של המחר."

עלות הפרויקט מוערכת בכמה מיליון דולר. כמחצית מהתקציב ימומן משיתופי הפעולה הבינלאומיים, שעל יצירתן אחראית סוכנות החלל. יתרת התקציב תתקבל מתורמים

אוניברסיטת אריאל שיגרה לחלל לוויין זעיר, שהושבת בגלל תקלה

השמיים, וכן מערכת בקרת ייצוב המבוססת על גלגלי תנופה זעירים, שמייצבת את הלוויין למנח המתאים. שתי המערכות הייחודיות, שבדרך כלל נמצאות בלוויינים גדולים בהרבה, נועדו לאפשר שידור אופטי לכדור-הארץ.

SATLLA-1 היה אמור לשדר לתחנת קליטה קרקעית שהוקמה על גג אחד הבניינים באוניברסיטה, אלא שלא נתקבל שום אות מהלוויין. חברי צוות הפרויקט חושדים, שנוצר קצר חשמלי שהשבית את הלוויין.

עוד לפני השיגור, חשש פרופ' בן משה מתקלות אפשריות: "למהפכת החלל החדש' יש שני פנים. מצד אחד לומדים לעבוד בצורה יותר יעילה וככה לחסוך עלויות, ומצד שני לומדים לנהל את הסיכונים בצורה אחרת. לנו ברור שחלק מהרכיבים לא יעבדו בצורה מושלמת. לא טרחנו להתקין 'יעודי נקי' ייעודי ואין לנו את המרעד הכי טוב בעולם. אנחנו מתייחסים ללוויין כאל פלטפורמת לימוד. בנו אותו חמישה סטודנטים משוגעים לדבר, שאף אחד מהם לא למד הנדסת חלל, בלי מימון, עם רכיבי מדף ובאווירה חלוצית כאת של קיבוץ של פעם – שוברים את הראש, אחר כך שוברים את הרכיב, מתחילים שוב מהתחלה, ולומדים תוך כדי פעולה".

באוניברסיטת אריאל מתכננים לשגר שני לווייני המשך, **SATLLA-2** ו-**SATLLA-3**, ולאחר מכן לשגר ננו-לוויין חדש מדי שנה. שיגור הלוויין השני מתוכנן להתבצע בחודשים הקרובים.

הלוויינים הבאים יציגו מערכות משופרות של הכוונת לייזר, על מנת לבדוק יכולת ייצוב ושידור אופטיים של המידע מהלוויין לכדור-הארץ. המטרה היא להבטיח תהליך של לימוד, מחקר ויישום טכנולוגיות חדשות ופורצות דרך של סטודנטים ממגוון פקולטות ומחלקות של האוניברסיטה.



סמל המשימה עם שמות אנשי צוות הפרויקט.

של טכנולוגיית השידור האופטי באמצעות לייזר, כלומר: שידור של מידע שנאסף על-ידי הלוויין, לרבות מצב המערכות ותמונות שצילם כחלק ממשמותיו, באמצעות אור (פולסים של לייזר). באמצעות משדר אופטי, המידע הופך לאור וכך הוא משודר מהלוויין.

שידור באמצעים אופטיים אינו מצריך רישיון, מאפשר העברת כמויות גדולות יותר של מידע ובאופן מהיר יותר מאשר גלי רדיו. ישנם יתרונות נוספים בתחום הסייבר והסתרת התקשורת. יחד עם זאת, ישנם גם חסרונות, מכיוון שתקשורת לייזר דורשת שמיים "נקיים" מעננים בכדי שהמערכות "יראו" זו את זו ויוכלו להעביר את המידע. מעבר לכך, הצורך לכוון את הלוויין בדיוק של עשירית המעלה.

הסטודנטים באוניברסיטת אריאל נדרשו לפתח מערכת עוקב כוכבים, המתאימה לננו-לוויינים, שמקבעת את מנח הלוויין לפי מפת

לוויין הקובייה הזעיר **SATLLA-1**, שנבנה במעבדת המחקר הרב-תחומית של אוני-ברסיטת אריאל בשומרון, שוגר לתחנת החלל הבינלאומית ב-3 באוקטובר 2020 ושחרר מהתחנה למסלול נמוך סביב כדור-הארץ ב-5 בנובמבר.

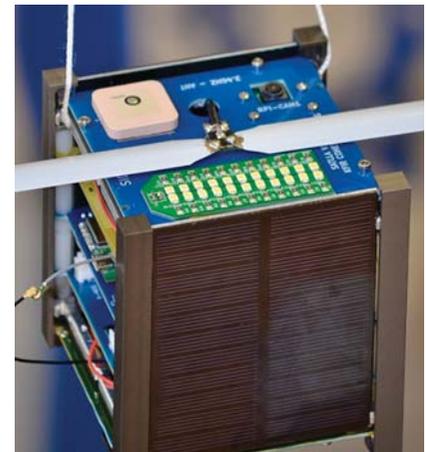
השיגור בוצע באמצעות חללית האספקה הבלתי מאוישת **Cygnus**, שהוזנקה לחלל על-ידי המשגר **Antares** מתוצרת **נורת'רופ גרומן**, מאתר שיגורים של **נאס"א** באי **Wallops** בוירג'יניה. במשימה **NG-14** נשאה **סיגנוס** מטען במשקל 3,458 ק"ג, שכלל ציוד מדעי, אסלת חלל ניסיונית חדשה, מזון, וציוד אחר עבור האסטרונאוטים שחיים בתחנת החלל. כחודש לאחר מכן שחררו האסטרונאוטים לחלל קבוצה של לווייני מחקר זעירים באמצעות הזרוע הרובוטית של התחנה.

SATLLA-1 הוא ננו-לוויין בגודל 10x10x10 ס"מ, שפותח ונבנה על-ידי צוות של סטודנטים, מסטרנטים ודוקטורנטים מהמחלקה למדעי המחשב ומהפקולטה להנדסה באוניברסיטת אריאל, בהנחיית פרופ' בעז בן משה.

מטרת הלוויין הייתה לבדוק את ההיתכנות



לוויין הקובייה הזעיר **SATLLA-1**.



חברי הצוות שתיכנו ובנו את הלוויין ומערכתיו, על רקע כיפת טלסקופ מחקרי באוניברסיטת אריאל.



טיסות בכורה וחשיפות ראשונות בשנת 2020



בואינג ביצעה ב-25 בינואר טיסת בכורה של ה-**777-9**. זהו מטוס הנוסעים הדו-מנועי הגדול ביותר מתוצרתה, שמיועד להטיס עד 426 נוסעים בשתי מחלקות לטווח מרבי של 13,500 ק"מ. עם מנועי **GE9X** ענקיים, המטוס מתאפיין בתצרוכת דלק הנמוכה ב-10% מהמתחרים, ובעלות תפעול הנמוכה ב-10%. בתוכנית ניסויי הטיסה משתתפים ארבעה מטוסי ניסוי: השני טס לראשונה ב-30 באפריל, השלישי הצטרף ב-3 באוגוסט, והרביעי עלה לאוויר ב-20 בספטמבר. עד סוף 2020 נצברו יותר מ-750 שעות טיסה. תוכנית הניסויים הואטה עקב משבר הקורונה, והשגת הרישוי צפויה רק ב-2022.

גאלפסטרים הטיסה לראשונה ב-14 בפברואר את מטוסה החדש **G700**, שהוא הגדול והמרווח ביותר במשפחת מטוסי המנהלים הסילוניים שלה, עם קיבולת ל-19 נוסעים. עד סוף אוקטובר הצטרפו עוד ארבעה מטוסי **G700** לתוכנית ניסויי הטיסה. המטוס הדגים יכולת לטוס במאך 0.99 ברום של 16.5 ק"מ, אך בשירות סדיר יוגבל למהירות של מאך 0.925 ברום של 15.5 ק"מ. ה-**G700** יוכל לטוס לטווח של 11,850 ק"מ במהירות שיוט של מאך 0.90, או לטווח של 13,890 ק"מ במהירות שיוט חסכונית של מאך 0.85. אספקת המטוסים הסדרתיים צפויה להתחיל בשנת 2022.



דגם משופר של המטוס הקנדי המוביל ללחימה בשריפות, המסומן **CL-415EAF**, המריא לטיסת בכורה ב-10 במאָרס. זוהי השבחה של מטוס ישן מדגם **CL-215**, שבמסגרתה הוחלפו מנועי הבוכנה במנועי טורבו-מדחף **PW123AF**, הותקנה מערכת אוויוניקה דיגיטלית מודרנית, הוגדלה קיבולת החומר מעב הבעירה ושופרו מספר מערכות. ההשבחה מבוצעת על-ידי חברת **Longview Aviation Services** בשותפות עם ויקינג אייר, שרכשה ב-2016 **מבומבאר-דייה** את הזכויות למטוסי הכיבוי. הראשון מבין שישה מטוסי **CL-415EAF** שהוזמנו על-ידי קבוצת **Bridger Aerospace**, שפועלת במונטנה בארה"ב, סופק ב-15 באפריל.

אב-טיפוס מדור חדש של המטוס האמפיבי **דורנייה סיסטאר CD2** המריא לטיסת בכורה בגרמניה ב-28 במאָרס. זהו ניסיון נוסף להחיות את הפרויקט שבו החל קלודיוס דורנייה לפני ארבעה עשורים, ושבמסגרתו הוטס אב-טיפוס ב-1984 ושני מטוסי קדם-סדרה ב-1987 ו-1988 (ראה "ביעף" 94 עמ' 22). המטוס הדו-מנועי הבנוי מחומרים מרוכבים מוצע על-ידי חברת **Seawings**, הנשלטת על-ידי בעלים סינים שמספקים את המימון, עם אחזקה חלקית של משפחת דורנייה. ה-**סיסטאר** ממריא במשקל מרבי של 5,100 ק"ג, טס במהירות שיוט מרבית של 333 ק"מ/ש' ומגיע לטווח של 1,670 ק"מ.



טיסות בכורה וחשיפות ראשונות בשנת 2020



אב-טיפוס ראשון של מטוס חדש מתוצרת טקסטרון אוויאיישן – ססנה 408 סקיי-קורייר, המריא לטיסת בכורה ב-17 במאי. אב-טיפוס שני עלה לאוויר ב-11 באוגוסט, והשלישי הצטרף לתוכנית ניסויי הטיסה ב-29 בספטמבר.

הסקיי-קורייר פותח כמטוס מטען כדי לענות על דרישה של פדקס, שמתכוונת לרכוש 100 מטוסים. המטוס מונע בשני מנועי טורבו-מדחף מדגם PT6A-65SC, ומצויד במערכת אוויוניקה G1000 NXi של גארמין. ביכולתו לשייט במהירות של 370 ק"מ/ש' ולהגיע לטווח של 740 ק"מ עם מטען במשקל 2,270 ק"ג. טקסטרון תציע גם דגם לנוסעים עם 19 מושבים, ודגם מעורב לנוסעים ומטען.

ניסיונות הפיתוח של מטוסים בעלי הנעה חשמלית צברו תאוצה בשנה החולפת. המטוס הגדול ביותר שהוסב להנעה חשמלית עד כה הוא ססנה 208B גראנד קאראוון שצויד במערכת מאגני 500 מתוצרת Magnix בעלת הספק של 560 קילו-וואט (750 כ"ס), אשר החל בטיסות ניסוי ב-28 במאי. ההסבה בוצעה על-ידי חברת AeroTEC, שפועלת בשדה מוזס לייק במדינת וושינגטון בארה"ב. במטוס הניסוי הותקנו מצברים בתא הנוסעים, לאחר הוצאת המושבים. Magnix ו-AeroTEC טוענות, כי ההנעה החשמלית מתאימה למטוסים שפועלים בטווחים קצרים יחסית ותורמת לחיסכון של עד 80 אחוזים בהוצאות התפעול.



חברת פיפיסטרל מסלובניה השיגה ציון דרך היסטורי בתולדות התעופה הכללית, כאשר קיבלה ב-20 ביוני מהסוכנות האירופית לבטיחות התעופה (EASA) רישוי אזרחי מלא למטוס הקל וליס אלקטרו המונע חשמלית. בעקבות קבלת הרישוי, החלה החברה לספק מטוסים סדרתיים לבתי ספר לטיסה במספר מדינות.

תהליך הרישוי נמשך קרוב לשלוש שנים ובמהלכו נבדקה ביסודיות הסבתו של מטוס הספורט הקל וירוס SW 121 הדו-מושבי להנעה עם מנוע חשמלי. המנוע E-811 שפותח בחברה מפיק 57.6 קילו-וואט בהמראה ו-49.2 קילו-וואט לטיסה רציפה. המטוס משייט במהירות של 166 ק"מ/ש' ויכול לשהות באוויר 50 דקות פלוס רזרווה.

אב-הטיפוס הראשון של מטוס האימון המתקדם XAT-5 המריא לטיסת בכורה בטייוואן ב-22 ביוני. המטוס החדש פותח על-ידי חברת AIDC בהתבסס על הדגם הדו-מושבי של מטוס הקרב F-CK-1. הוא מצויד בזוג מנועי F124-200TW אמרי-קניים ללא מבער אחורי. חיל האוויר של הרפובליקה של סין (טייוואן) מבקש לרכוש 66 מטוסי AT-5 שיסופקו עד 2026. הם יחליפו מטוסי אימון מיושנים מדגם AT-3 ומטוסי נורת'רופ F-5E/F שמשמשים לאימון.



טיסות בכורה וחשיפות ראשונות בשנת 2020



סטראטוס איירקראפט השלימה ב-3 ביולי טיסת בכורה של מטוס המנהלים הסילוני הקל **716X** ברדמונד, אורגון, בארה"ב. זהו דגם מוארך ב-114 ס"מ ועם תא נוסעים מעט רחב יותר בהשוואה למטוס הניסיוני **714**, שטס לראשונה בנובמבר 2016. ה-**716X**, המיועד לשישה נוסעים, מצויד במנוע אחד מסוג **JT15D-5**. המטוס, העשוי כולו מחומרים מרוכבים, יוצע בשלב הראשון כקטי להרכבה עצמית עם עזרה של היצרן. במקביל החלה החברה בצעדים להשיג יישוי אזרחי לדגם הסדרתי **716**.

אוטו אוויאיישן מקליפורניה חשפה ב-26 באוגוסט את **הסלרה 500L**, שאותו היא מגדירה כמטוס הנוסעים המסחרי היעיל ביותר בעולם מבחינת תצרוכת דלק. אב-הטיפוס הספיק לבצע 31 טיסות ניסוי מוצלחות עד למועד חשיפתו. **לסלרה 500L** תא נוסעים מרווח עם שישה מושבי מחלקה ראשונה. המטוס משייט במהירות של 720 ק"מ/ש' ומגיע לטווח של 7,240 ק"מ, עם חסכוניות מדהימה בתצרוכת הדלק שמתבטאת בהשגת 29 עד 40 ק"מ לגאלון. ביצועים אלה מושגים בזכות תצורה אווירודינמית שמבטיחה זרימת אוויר למינארית (שכבתית) על הגוף, הכנפיים ומשטחי הזנב, כדי להקטין את הגרר.



החברה הצרפתית **VoltAero** ביצעה ב-11 באוקטובר טיסת בכורה של מטוס הניסוי **קאסיו 1**, המצויד במערכת הנעה היברידית. מטוס הניסוי מבוסס על **ססנה 337 סופר סקיימאסטר**, שמנועו הקדמי בחרטום הוסר כליל, ובמקום המנוע האחורי בגוף הותקנו שלושה מנועים חשמליים בהספק של 60 קילוואט יחד עם מנוע בעירה פנימית בהספק של 370 כ"ס. בנוסף, הותקנו בכנפיים בקדמת המנורים שני מנועים חשמליים בעלי הספק של 45 קילוואט. מנוע הבעירה הפנימית יטען את המצברים שמזינים את המנועים החשמליים וישמש להארכת טווח הטיסה.



ניסיון נוסף לפתח מכונית מעופפת: ה-**AirCar Klein Vision**, שפותח על-ידי פרופ' סטפן קליין מאז 2017 במסגרת חברת האחרון של בסלובקיה, ביצע בשבוע האחרון של אוקטובר שתי טיסות ניסוי קצרות. עם כנפיים המתקפלות לצדי הגוף ומשטחי זנב על מנורים מתכנסים פנימה, הכלי הדור מושבי מחליף תצורה בקלות מכלי-טיס למכונית. משקלו 1,100 ק"ג וביכולתו לשאת עוד 200 ק"ג. אמצעי ההנעה הוא מנוע **BMW** בנפח 1.6 ליטר, המפתח 140 כ"ס. הטיסה מוערך בכ-1,000 ק"מ, עם תצרוכת דלק של 18 ליטר/שעה. מהירות הטיסה היא 200 ק"מ/ש'. זהו הניסיון החמישי של פרופ' קליין לפתח מכונית מעופפת במשך 30 שנים.



משפחת הספייק של רפאל:

טילים לפגיעה נקודתית מדויקת בשיגור מהיבשה, מהאוויר ומהים

רפאל מערכות לחימה מתקדמות (רפאל), שהצליחה למכור אותם ל-35 מדינות ברחבי העולם.

יהודה בורוביק מתאר את תולדות הפיתוח של הטילים **תמוז**, **גומד**, **גיל** ונגזרותיהם החל מאמצע שנות ה-70, בהסתמך על ספרי זיכרונות וכתבות היסטוריות של המהנדסים שהובילו את פיתוח הטילים, ופרסומים שונים של חברת **רפאל** במשך השנים. אנו מודים לד"ר דני לשם על סיועו בהכנת הכתבה.

הרשות לפיתוח אמצעי לחימה (רפאל) הייתה חלוצה עולמית בשנות ה-70 וה-80 של המאה העשרים כאשר הוכיחה את ישימות הרעיון של טילים נגד טנקים (נ"ט) בעלי ראש הנחיה אלקטרו-אופטי, המכוונים בדיוק נקודתי למטרתם באמצעות ערוץ תקשורת אלחוטי. עד סוף שנות ה-90 פיתחה רפאל משפחה של טילי ספייק להפעלה בטווחים שונים ומפלטפורמות יבשתיות, אוויריות וימיות שונות. הטילים הישראליים פורצי הדרך ובעלי הביצועים המצוינים הפכו למוצר הייצוא המוביל של חברת

החד תאי; הוא דרש מהם לתכנן את המנוע ליחס דחפים (מאיץ שיוט) גבוה, אבל הם אמרו כי הדבר אינו אפשרי לביצוע. הוא סיפר לי על כך, ותוך כשעה תיכנתי את המטען ההדוף המייצר את יחס הדחפים שהתבקש. דני מסר זאת לביצוע לקבוצת המנועים, זה עבד היטב, והתקבלו הביצועים הנדרשים".

וכך תיאר מויה את מאפייני הטיל: "התמוז מכיל מטען חלול רב-עוצמה שמסוגל לחדור דרך מיגון עבה במיוחד, והוא מונחה טלוויזיה ונע אל המטרה לאחר שהמחשב שבתוכו ננעל עליה. במהלך מעוף הטיל יש למפעיל אפשרות לשנות את נקודת הנעילה ולהשיג פגיעה בדיוק גבוה מאוד. אף שהוא מוגדר כטיל נגד טנקים, יכולתיו מאפשרות להפעיל אותו נגד סוגים שונים של מטרת בשדה הקרב. זה"ל, שנערך תמידית להידרדרות בגבול הסורי או לאפשרות מלחמה מול צבא ערבי סדיר רחב היקף, ראה בטיל שפותח ב**רפאל** נשק מפתיע ושובר איזון שעשוי לחסל מתקפת טנקים. בצה"ל הבינו כי באמצעות מודיעין איכותי יהיו הטנקים של האויב מטרה נוחה למפעילי התמוז".

כשנה לאחר התנעת תוכנית החירום אומצה הצעתו של דן רוגל לבחור בנגמי"ש הסטנדרטי בצה"ל **M113** כמשגר הקרקעי שממנו יופעלו טילי התמוז. וכך תיאר רוגל את המשגר, שכונה **חפיז**, בספרו **לוחמת יבשה (לח"י) – שלי ועוד קצת, 1963-1985**, שפרסם בשנת 2013:

"נאמנים להבנתנו לא להושיב לוחמים מעל קו הסיפון, יש לנו 'ס צריח', שבחלקו התחתון, זה שמתחת לסיפון, יש מקום לשני מפעילים. בתוך המבנה מוזודים כל מה שנדרש להפעלה. הסל יודע להסתובב סיבובים מלאים על מנת לאפשר ירי ללא הגבלת זווית הצידוד. השליטה בצידוד ובמהירותו אף היא מתבצעת בעזרת ידיות ניהוג בנימיות.

"בחלק העליון של הסל, מעל הסיפון, יהיו לנו משגרי הטילים בעלי יכולת להגבה והנמכה. "מערכות הכינון, אלו הכוונות המשוכללות, עוברות מלמעלה למטה ומקשרות בין החימוש ובין מפעיליו.

"עשינו מאמץ שהתיכון הזה יהיה גמיש, זאת אומרת שנוכל, בהתאמות לא מסובכות, להעביר אותו ממקום למקום. אם להשתמש בטרימינולוגיה של היום, ראו את עמדת השיגור הזאת כ'אפליקציה' שכל בעל רק"ם יכול להתקין אצלו...

"עם הזמן הוספנו חלק העליון של המשגר

לפיתוח **תמוז-2**, שהיה טיל ל-6 ק"מ המבוסס על **תמוז** המקורי (זכה לכינוי **תמוז 1/2**). הצעה זו הפיחה רוח חיים מחודשת בהתייחסות של השריון ל**תמוז** ונקלטה היטב. כשנתיים לאחר מכן קיבלנו שימית פיתוח ממוי"פ [משרד הביטחון] לפיתוח **תמוז** ל-6 ק"מ".

עם הופעתו בצבא הסורי של הטנק הרוסי **T-72**, שנחשב כבלתי חדיר לכל אמצעי הנ"ט שהיו קיימים אז, הוחלט במערכת הביטחון ב-1979 להניע את פיתוח **תמוז** כפרויקט חירום לאומי, כדי לתת מענה לאיום החדש.

לשם מתאר בכתבתו, כי החליט לפתח את הטיל לביצועים מלאים לטווח של 8 ק"מ ותקשורת ל-10 ק"מ. "בסופו של דבר התיישרה המערכת לפי הביצועים בפועל, ותוכנית החירום יצאה לדרך ב-1979 עם אפיון רשמי ל-8 ק"מ". ניסויי הביות הראשונים של הטיל החלו כשנתיים מהתנעת תוכנית החירום. וכך מתאר לשם את אחד הניסויים האלה: "המנוע ניצת בקול רעם אדיר, ערב כל-כך לאוזן, משאיר ריח חריף של גזים שרופים. הטיל נוסק גבוה. שקט משתר במשגר. הטיל משדר את תמונת הווידאו ונענה לפקודות מידית הניהוג שמכוונת אותו בטוחה בפגיעה במטרה המטרה ההולכת ומתקרבת וממלאת במהירות את כל המסך... שאגות השמחה של כל הנוכחים, שחרור ממתח רב שהצטבר, סיפוק עצום ותחושת הישג משותפת לכל האנשים הרבים שנוטלים חלק ברגע היסטורי".

כבר בשלב מוקדם של התוכנית, גייס צוות הפיתוח לעזרתו את מומחה הטילים הבולט ביותר של **רפאל** – ד"ר משה אפשטיין, שהיה מורה הדרך בפיתוח טיל **תמוז** ולאחר מכן טילי **הגומד** ו**הגיל**. כתב על כך מויה בספרו: "הדרכתי במידה רבה את הקבוצה כולה. את ראש הביות תכנתי בעצמי וכמו כן הדרכת את איתן שבט, מתכן הסרוו. דני מסר לקבוצת מתכני המנועים הרקטיים את המנוע הרקטי

ד"ר פאול כץ בוחן את הטיל **תמוז** לפני שיגור.



במלחמת יום הכיפורים באוקטובר 1973 צה"ל מצא את עצמו בלתי מוכן בהתמודדות עם כוחות השריון של מצרים וסוריה ועם טילי הנ"ט שלהם מתוצרת ברית המועצות, הן בכמות והן באיכות. בעקבות המלחמה עסקו ב**רפאל** בניתוח האירועים ובהפקת לקחים, וגיבשו את הצורך לפתח טילי נ"ט לטווחים שמעבר למה שהיה מקובל עד אז – טווח של 4 ק"מ בטילי **TOW**.

המהנדס ד"ר משה אפשטיין, ששמע מאלוף פיקוד הצפון דאז רפאל איתן על לקחי המלחמה, מתאר בספרו האוטוביוגרפי **מויה סיפור חיים** כי כבר בשנת 1974 העלה הצעות לטילים נגד טנקים, אך בהנהלת **רפאל** לא חשבו אז שהצעה ניתנת ליישום.

עקרונות הרעיון היו: "טיל המשוגר מכן קרקעי, מתרומם לגובה של כמה מאות מטרים ומתבטל על מטרל בהנמצת במרחק של ארבעה קילומטרים. מזנבו של הטיל משתלשל סיב אופטי ודרכו משוגרת תמונת שדה הקרב למסך טלוויזיה ומאפשרת למפעיל, הנמצא מאחור, לצפות בירי עד לרגע הפגיעה במטרה. גם אם הסיב האופטי ייקרע, מסיבה כלשהי, ימשיך הטיל במסלולו ויפגע במטרה". בנוסף הציע מויה לתכן טיל כבד יותר, לטווח ארוך יותר, שיופעל מכלי-רכב. אלא שבאותה עת לא היה עדיין סיב אופטי מתאים.

המשימה לבדוק היתכנות פיתוח של "טיל טקטי קצר-טווח נגד מטרת נקודה (טנקים בעיקר) ב-12 ק"מ, אך הוטלה ב-1974 על מחלקת כינון חימוש וניווט (כח"ן), כיוון שב**רפאל** לא הייתה אז שום יחידה אחרת שעסקה בפיתוח טילים עבור כוחות היבשה. לראש המחלקה מונה ד"ר פאול כץ, שחזר מלימודים בחו"ל, ודני לשם מונה למהנדס הראשי של הפרויקט. הטיל כונה בתחילה **מדרס**, ומאוחר יותר ניתן לו השם **תמוז**.

בכתבה בביטאון הפנימי **רפאל** שלנו מאפריל 2012, תיאר ד"ר דני לשם את היסטוריית הפיתוח של טיל **תמוז**. הוא ציין, כי הצעה הראשונית של צוות הפיתוח דיברה על טווח של 12 ק"מ, אך היה קשה לשווק טיל כזה לחיל השריון, כאשר "טווח של 12 ק"מ היה בלתי נתפס לטנקיסטים שנלחמו לטווחים של קילומטרים ספורים".

"באותה תקופה הוציא השריון דרישה מבצעית לפיתוח טיל נ"ט לטווח של 6 ק"מ עבור צי הטנקים", כתב לשם. "כתבתי הצעה



למעלה: המשגר חפיז על נגמ"ש M113 עם טילי תמוז. למטה: הטנק המוסב פרא משגר טיל תמוז.



טילי התמוז על משגרי חפיז הופעלו בצה"ל החל משנת 1987 במסגרת עוצבת קלע דוד, שהוקמה במיוחד על-ידי אלוף-משנה בני בית-אור כדי להפעיל את הנשק המדויק. העוצבה

משוכלל, אנטנת תקשורת, משגר טילים מזדקף, תפעול אוטומטי בנוחות מרבית, ורמות מיגון ועבירות גבוהות בשטחים מוכי אש. מובילי פיתוח הפרא זכו בפרס ביטחון ישראל ב-1990.

ירי טיל ספייק NLOS (גרסה מתקדמת של התמוז) ממשגר שהוצב על ספינה בים.



גם מיגון, כזה שייתן לו הגנה מסוימת להמשיך לעבוד גם אחרי פגיעות". פיתוח התמוז הושלם בתוך כשלוש שנים מהתנתק פרויקט החירום הלאומי. מובילי הפרויקט – ד"ר פאול כץ, ד"ר דני לשם, ד"ר משה אפשטיין ועוד חמישה מובילים מרפאל – ומשרד הביטחון – קיבלו את פרס ביטחון ישראל בשנת 1984.

תמוז דור ב'

טיל התמוז מהדור הראשון צויד בראש ביות לתנאי יום בלבד. פריצת הדרך לביות הטיל בלילה הושגה בתחילת שנות ה-80, כאשר בשטח אלקטרו-אופטיקה ברפאל התגבש רעיון חדשני לפיתוח ראש ביות שהתבסס על גלאי וקטורי בתחום 3-5 מיקרון עם עיבוד אית במישור המוקד.

את תולדות פיתוח מערכי תמוז מדור ב' תיאר ד"ר דני לשם, ד"ר מנחם צוקר ויהושע קראוס בכתבה שפורסמה בביטאון רפאל שלנו בנובמבר 2015. כפי שהם מתארים, השדרוג החשוב ביותר בטיל היה הוספת ניווט ביניים, שפועל באופן הבא:

"באופן מבצעי, הצוות מקבל את מודיעין המטרות ומשגר את הטיל שמבצע באופן אוטונומי הצבעה רצופה של ראש הביות לסביבת המטרות. עם ההתקרבות לאזור המטרות, כשהטיל מבחין בהן, הוא לוקח פיקוד, מנהג את ראש הביות למטרה נבחרת ומפעיל את העוקב לפגיעה מדויקת".

יכולת ניווט הביניים אפשרה את הגדלת טווח הטיל ל-12 ק"מ, לעומת 8 ק"מ בדור א' – זאת ללא שינוי המנוע הרקטי ותצורת הטיל. להגדלת הטווח נדרשו גם שיפורים בערוץ התקשורת. הגדלת זמן המעוף של הטיל דרשה שיפור ביצועי הסביבון (ג'ירו) לייצוב הטיל בגלגול, והדבר הושג באמצעות סביבון כחול-לבן בעל ביצועים מצוינים שפותח בחברת מ.ט.ס. תעשיות ומחקר כרמיאל.

השיפור המשמעותי בדיוק הפגיעה הושג באמצעות עוקב טלוויזיוני בשיטת הקורלציה (מיתאם), שפותח בשטח אלקטרו-אופטיקה ברפאל.

בתמוז דור ב' הושג גם שיפור בכ-20% בביצועי הראש הקרבי, הודות לשימוש בטכנולוגיה חדשנית שאפשרה את חדרית טנקי המערכה המתקדמים ביותר. התמוז מבצע תקיפה בזווית תלולה יחסית לאופק, כך שעובי השריון אותו הוא נדרש לחדור בטנקים קטן בהרבה לעומת העובי הנדרש בחדירה אופקית של רוב טילי הנ"ט הקיימים.

ההצטיידות בטילי תמוז דור ב' חייבה שדרוג משמעותי במשגרי החפיז: הוספת מערכות לתפעול טילי הלילה (מערכת קירור ומערכת תצפית תרמית משוכללת), מערכת ניווט לתמיכה בניווט הביניים, שיפורים במערכת הירי והמחשבים – מעבר מהאלקטרוניקה האנלוגית המיושנת למערכת דיגיטלית מודרנית במשגר.

במקביל להצטיידות בגודי חפיז, התגבשה במערכת הביטחון החלטה להנניע פיתוח של טנק טילי תמוז בשם פרא, המבוסס על תובת טנק פטון (שנקרא בצה"ל מגח). הפיתוח התאפשר בסיוע מימון מהתעשייה הצבאית (תעש), שקיבלה את הזכות להיות הקבלנית הראשית בייצור. הפרא התאפיין בתורן תצפית



מסוק בל AH-1F קוברא (צפע ג') של חיל האוויר שהותאם לתצורת מחצלת לשיגור טילי תמוז.

הצפע הותאם לנשיאת שני טילי תמוז בתחנת קצה הכנף, במקום ארבעה טילי עורב. מערכת הנשק צפע-תמוז קיבלה את שם הקוד מחצלת, כאשר כמחצית ממסוקי הצפע של חיל האוויר הוסבו לתצורה זו עד תחילת שנות ה-90. מובילי פרויקט מחצלת קיבלו את פרס ביטחון ישראל בשנת 1991.

מסוקי צפע מחצלת נחשפו לציבור רק בשנת 2013, לאחר הוצאתם משירות של מסוקי הצפע המבצעיים. בשנים האחרונות פורסם, כי גם מסוקי הפתן והשרף (אפאצ'י) הותאמו לנשיאת טילי תמוז.

השימוש המבצעי של חיל האוויר בטיילי תמוז ששגרו ממסוקי צפע תואר בהרחבה בביטאון חיל האוויר מספר 216, שהופיע במאי 2014. להלן הפרטים העיקריים מכתבה זו:

"העשורים שחלפו מאז מלחמת יום הכיפורים הביאו לירידת איום הטנקים המסתערים אל ועל גבולות ישראל, בעוד שאיום הטרור הלך וגדל. עם שינוי המטרות המבצעיות, הורחב והותאם ייעודו של מערך תמוז, פותחו גרסאות מתקדמות יותר של הטיל המצוידות בראשים קרביים נגד מטרות נוספות מלבד טנקים, והטיל נכנס לשימוש כנגד מטרות איכות כגון חוליות שיגור טילים, אויב במבנים, כלי-רכב ומשגרים.

"לאורך השנים לקחו טילי תמוז חלק במלחמות ומבצעים מפורסמים ועלומים ושגרו ממסוקי קרב במסגרת סיכולים ממוקדים, במהלך האינתיפאדה השנייה, במבצע חומת מגן ובמלחמת לבנון השנייה. גם בימים אלה ממש משגרים מסוקי חיל האוויר טילי תמוז לעבר מטרות עוינות מעבר לגבולות ישראל".

הכתבה מזכירה גם ניסוי בירי על מטרה אווירית נעה: "בדקנו את השימוש של תמוז כטיל אוויר-אוויר ושיגרנו אותו על טיסחן שהוא מטרה קטנה יחסית ממרחק קצר, בלי הרבה זמן לתמרון. הפגיעה הייתה מדויקת. הטיל מתפקד מצוין גם מול מטרות אוויריות כמו מסוקי קרב עוינים וכלי-טיס בלתי מאוישים".

בכתבה שפורסמה באתר ynet ב-12 ביוני 2020 תיאר יואב זיתון את השימוש בטיילי תמוז וגומד של רפאל במסוקי אפאצ'י, כפי שנחשף לו בביקור בטייסת שרף בבסיס רמון. הכתבה מגלה, כי מסוקי האפאצ'י נושאים הן טילי תמוז מהדור החדש לטווח של עד 30 ק"מ, והן טילי גומד לטווח של כ-6 ק"מ.

של ניסויי ביות, ובעקבותיו חתמה רפאל על חוזה עם חיל האוויר לסיום הפיתוח וההצטיידות. הפיתוח הושלם לקראת סוף שנות ה-80, ואספקת המערכות המבצעיות בוצעה בתוך כשנה.

התאמת מסוק הצפע לשיגור טילי תמוז דור ב' חייבה את הוצאת התותח בצריח מתחת לחרטום עם תוף התחמושת שלו, להתקין מסדים אלקטרוניים בתא הפגזים ולשאת אנטנת תקשורת לטיל. מתא הטייס הקדמי של הצפע הוסרה מערכת ההנחה האופטית של טילי העורב, ובמקומה הותקנו צג וידית לניהוג מרחוק של התמוז על-ידי הטייס הקדמי.

כללה בתחילה את יחידות (גדודים) מורן ומיתר, ומאוחר יותר הוקמו גדודים נוספים. ב-1989 החלו היחידות לקלוט את הפרא. בשני העשורים הראשונים עסקו היחידות באימונים בלבד. הירי המבצעי הראשון של יחידת מיתר בוצע ב-21 בנובמבר 2005 לעבר מוצב חיזבאללה בדרום לבנון. אירוע זה היווה את יריית הפתיחה להפעלתם המבצעית של הגדודים, שלקחו חלק ניכר במלחמת לבנון השנייה, במבצע עופרת יצוקה, ובמבצע צוק איתן, וביצעו יותר מאלף הפעלות מבצעיות. יחידת מיתר נסגרה בינואר 2017 והפראים שלה נשלחו לפירוק וגריטה במרכז שיקום ואחזקה (מש"א).

קיומו של טיל התמוז והפעלתו ממשגרי חפיז נחשפו על-ידי צה"ל רק בינואר 2011. הפרא נחשף ביולי 2015.

התמוז עבר שדרוגים רבים במהלך השנים. כיום מופעלת הגרסה החדשה שלו, עם טווח של עד 30 ק"מ בשיגור מהקרקע, מאוויר ומהים.

שיגור ממסוקים

לקחי מלחמת לבנון הראשונה (שלוש הגליל) ב-1982 הצביעו על יתרון מבצעי של שיגור טילי נ"ט ממסוקים לטווח ארוך יותר מהטווח של טילי העורב (TOW) שנמצאו אז בשימוש. ברפאל ניצלו את ההזדמנות השיווקית שלא עוררה קודם לכן התלהבות בחיל האוויר, ובמחצית השנייה של שנות ה-80 הונעו תהליכי בדיקת היתכנות, ניסויי תצפית עם מסוקי קוברא (צפע) וביצוע שיגור טילי "גולם". הפרק הראשון של התוכנית הסתיים בסדרה מוצלחת



למעלה: שיגור ניסוי של טיל תמוז ממסוק AH-64D שרף של חיל האוויר. למטה: שרף נושא טילי תמוז.





טיל ספייק MR (גיל) משוגר על-ידי חייל יחיד.



טיל ספייק ER (פרח בר) משוגר ממכיר-רכב צבאי של אחד הלוחות הזרים.

את החלטת קודמו. אלוף סקל והרמטכ"ל ברק המליצו בפני שר הביטחון יצחק רבין לרכוש **מרפא"ל** את הגיל".

טיל הנ"ט החדש של **רפא"ל** נחשף לראשונה בסלון האווירי בפאריס ביוני 1997. מידע מפורט יותר פורסם בסלון האווירי ביוני 1999, אז דובר על טיל **גיל** לטווח של 2.5 ק"מ וטיל **ספייק (גומד)** לטווח 4 ק"מ. בעיתונות המקומית פורסם ביוני 1998 על הדגמה מוצלחת של הגיל בתרגיל צה"לי שנערך ברמת הגולן, שבעקבותיו הוכרז הטיל כאמצעי לחימה מבצעי והחלה קליטתו ביחידות הלוחמות. בשנים שלאחר מכן החלה **רפא"ל** במאמצי שיווק של טילי הנ"ט לצבאות זרים תחת השם

שרואה מה שהטיל רואה. הטיל הזה מספק, אפוא, מידע על הנעשה בשדה הקרב. הטיל אינו כבד והחייל יכול לשאת שני טילים, בעוד חברו נושא את החצובה. הם מתקינים את הזביל על החצובה; המפעיל שם צלב על המטרה, יורה, והטיל מתביית בעצמו. החייל יכול ללמוד לבצע זאת בתוך דקות ספורות". כדי להדגים את ביצועי הגומד והגיל קיימה **רפא"ל** שני ניסויים בשנים 1993 ו-1994. בראשון הוכח כושר ההשמדה ודיוק הפגיעה במטרה, ובשני הוכחה יעילותו גם כאשר הוא נורה ממסוק קרב. בעקבות הצלחת הניסויים, כותב אפשטיין, "האלוף זאב לבנה, שהחליף את האלוף סקל בראשות המפח"ש ב-1994, ביטל

טיל הכתף ספייק SR משוגר בתרגיל של צבא אסטוניה בספטמבר 2020.



אנשי חיל האוויר אמרו לו כי "המסוקים שיגרו חימושים אלו בכמה הזדמנויות מבצעיות, בגזרות שונות, לעבר מטרת קטנות, כולל עמדות תצפית בלתי מאוישות של חמאס ברצועת עזה. היתרונות בשימוש האווירי של טילי **גומד ותמוז** הן פגיעה מיקרו-כירורגית במטרות זעירות, תוך ניהוג מדויק של הטיל הנושא מצלמה על-ידי הטייס, באופן שמבטיח את שרידות וביטחון כלי-הטיס והצוות, בשל טווחי הירי... כך הטייסים חשופים פחות לאיומי הנ"מ והנ"ט".

מפקד טייסת השרף קבע: "אז מהפכה ופריצת דרך בתחומי הטווחים והמשימות שהמסוקים שלנו יכולים לבצע. זה ממש ג'יים צ'ינגר' שיש לי טיל לטווח גדול פי שלושה מההלפיר".

טילי נ"ט לחיל הרגלים

בשנת 1987 העבירה **רפא"ל** לראש מפקדת חילות השדה בצה"ל, אלוף אורי שגיא, הצעה לפתח טיל נ"ט לטווח של ארבעה ק"מ, הנורה מחצובה, מתרומם לגובה מאות מטרים ומתביית עד לפגיעה כשהוא נהוג באמצעות שידור בסיב אופטי. הטיל שכונה **גומד** התבסס על ראש בית אלקטרון-אופטי בקוטר קטן, שפותח על-ידי ד"ר גבי עידן. (אפיונו של הגומד החל ב**רפא"ל** עוד בשנת 1982 על-ידי ד"ר יצחק קדושיך).

האלוף נתן אור ירוק, ו**רפא"ל** הוקם פרויקט לפיתוח הטיל. אלא שמחליפו של שגיא, אלוף עמנואל סקל, הורה ב-1991 לבטל את הפרויקט, בטענה שהטכנולוגיה שמציעה **רפא"ל** עדיין לא בשלה ויקרה מדי.

בצה"ל נטו אז לרכוש את המילאן – טיל רוכב קרן לטווח 2 ק"מ. במסגרת התחרות מול הטיל הצרפתי-גרמני, התגבשה **רפא"ל** הצעה לטיל זול יותר, לטווח 2.5 ק"מ ללא ערוץ תקשורת, שנקרא **גיל**. לאחר בדיקות רבות שביצעו בצה"ל, הגיעו להחלטה להזמין פיתוח והצטיידות בגיל. בהמשך חזר צה"ל להזמנת הגומד המקורי ל-4 ק"מ עם ערוץ תקשורת בסיב אופטי.

מויה אפשטיין כותב בספרו, כי מנכ"ל **רפא"ל**, מוסיס פלד, אפשר לו להמשיך בפיתוח הטיל בתקציב פנימי של **רפא"ל**. וכך הוא מתאר את התהליך:

"את [הגומד] והגיל תיכנתי אישית בשיטת התיכון הטורי. תיכנתי את הטיל ומערכותיו בצורה מפורטת ובניתי אותו ואת המערכות: מנוע רקטי ראשי, מנוע מפלט רקטי (שפועל רק בהיות הטיל בתוך הזביל ואינו פולט גזים, שעלולים לפגוע במפעיל, לאחר צאתו); מימשתית את סרוו ההגאים (נרשם פטנט על שמי); כנפיים והגאים. ההגאים והכנפיים היו בעלי פרופיל אווירודינמי תת-קולי יפה, שליצורו נדרש לבית המלאכה כרסום צורתי. נתתי הנחיות לצמה מודפסת ומימשתית לסיב האופטי תקע המתחבר מעצמו על-ידי הרכבת חלקן האחורי של הטיל... נתתי הנחיות כיצד לתכן ולייצר את הזביל בתבנית עם כל האינסטרטים הנדרשים".

אפשטיין המשיך ותיאר את אופן הפעולה של הגומד: "הטיל נורה מתוך זביל שבו הוא מאוחסן ומתביית על המטרה ביום ובלילה. החידוש הגדול בו הוא סיב אופטי שנפרם בזמן תעופת הטיל ומעביר תמונה אל המפעיל,

טילי ספייק של רפאל

התמוז.
כל טילי הספייק מצוידים בחיישן אלקטרו-אופטי המשלב גלאים ליום וללילה. □

פלטפורמות אוויריות, ימיות ויבשתיות, עם ראשי נפץ מסוגים שונים בהתאם לאופי המטרה. זוהי הגרסה המתקדמת ביותר של טיל

ספייק. הלקוחות הראשונים היו הצבאות של סינגפור, פינלנד, הולנד ופולין. ביוני 2004 דיווחנו ב"ביעף" 94 על קיומם של ארבעה דגמים במשפחת טילי הני"ט של רפאל: **ספייק SR** עבור כוחות רגלים, לטווח של 800 מטר; **ספייק MR (גיל)** עבור כוחות רגלים וכוחות מיוחדים, לטווח של 2.5 ק"מ; **ספייק LR (גומד)** עבור כוחות רגלים ולהתקנה על כלי-רכב קרביים קלים, לטווח של 4 ק"מ; ו**ספייק ER (פרח בר)** בעל הטווח של 8 ק"מ, שמותאם לשיגור ביום או בלילה ממסוקים, מכלי-רכב קרביים ומספינות. עוד דיווחנו אז, כי במסגרת תערוכת יורוסאטורי בצרפת חתמה רפאל על הסכם עם החברות הגרמניות **דייל מערכות חימוש וריינמטאל אלקטרוניקה ביטחונית** להקמת חברה משותפת בשם **יורוספייק**, שתהיה הקבלנית הראשית לאספקת טילי ספייק ללקוחות אירופיים.



ספייק LR2 המוגדר כטיל ני"ט מהדור החמישי.



למטה: יחידת שיגור קרקעית של טיל ספייק LR (גומד) בצבא גרמניה. למעלה: שיגור הטיל בתרגיל.



במשך השנים פותחו דורות מתקדמים יותר של טילי הספייק עם שיפורים ניכרים בביצועים ובדיוק הפגיעה במטרות. בשנים האחרונות הציגה רפאל בתערוכות בחו"ל טילי ספייק מהדור החמישי של טילי הני"ט. ארוכי הטווח מבניהם מצוידים בערוץ תקשורת העברת נתונים אלחוטי בתדירות רדיו, לעומת הטילים בטווחים של 4-8 ק"מ המצוידים בערוץ תקשורת המבוסס על סיב אופטי.

ב"ביעף" e140 דיווחנו על הספייק **LR2**, המיועד לשיגור מכלי-רכב, מסוקים, ספינות או ממשגר קרקעי. הטווח שלו בשיגור קרקעי הוארך מ-4 ל-5.5 ק"מ, ובשיגור ממסוק ביכולתו לפגוע במטרה עד לטווח של 10 ק"מ. ב"ביעף" e145 דיווחנו על הספייק **ER2**, המסוגל לפעול בטווח של עד 16 ק"מ בשיגור ממסוק.

הטילים ממשפחת הספייק זכו להצלחה שיווקית פנטסטית בעולם. בנובמבר 2020 דיווחה רפאל כי הטילים נמכרו ל-35 מדינות ברחבי העולם, ביניהן 19 מדינות באיחוד האירופי ובנאט"ו. יותר מ-33,000 טילים סופקו עד כה, ויותר מ-6,000 טילים נורו באימונים ובפעילות מבצעית.

כיום מציעה רפאל לשוק הבינלאומי חמישה דגמים עיקריים במשפחת טילי הספייק:

ספייק SR: טיל כתף להפעלה על-ידי חייל יחיד, שמשקלו עם הזביל כ-10 ק"ג, שיעיל בטווחים של 50 עד 1,500 מטר. מצויד בראש נפץ כפול (טאנדם), שנועד לחדור מיגון ריאקטיבי: ראש הנפץ הראשון מפוצץ את המיגון הריאקטיבי ואילו ראש הנפץ השני חודר את השריון הפאסיבי באמצעות מטען חלול.

ספייק MR: טיל במשקל 13.5 ק"ג, לנשיאה על-ידי חיל יחיד והפעלה מחצובה, המשוגר לטווח של עד 2.5 ק"מ בשיטת "שגר ושכח".

ספייק LR2: טיל במשקל 13.5 ק"ג, הניתן לשיגור מכלי-רכב קרקעי לטווח של עד 5.5 ק"מ, או ממסוק לטווח של עד 10 ק"מ. הדגם האווירי מצויד בערוץ העברת נתונים אלחוטי, בעוד הדגם הקרקעי משתמש בסיב אופטי.

ספייק ER2: טיל במשקל 34 ק"ג, הניתן לשיגור קרקעי או ימי לטווח של עד 10 ק"מ, או ממסוק לטווח של עד 16 ק"מ. מיועד לתקיפת טנקים, ספינות, מבנים או אנשים.

ספייק NLOS (מעבר לקו הראייה): טיל במשקל 71 ק"ג עם הזביל, המסוגל להגיע לטווח של עד 30 ק"מ, שמצויד בערוץ העברת נתונים אלחוטי. ניתן להפעלה ממגוון



זכות ראשונים

חלוצי התיכון האווירונאוטי בישראל

ד"ר משה (מויה) אפשטיין

ואת חלקו בפרויקטים לפיתוח מערכות נשק וטילים מונחים במשך ארבעה עשורים: טילי המלאך והבזק בתחילת שנות ה-50; פיתוח הטילים הניסיוניים ג-26 וג-25 והגרסאות השונות של הטיל לוז, שהבשיל לבסוף לגבריאל; ניסיון הפיתוח של הטיל השאפתני שבט ב' שלא הבשיל; תחילת הפיתוח של הטיל נגד טילים ברק; ותרומתו המכרעת להצלחת פיתוח טילי הנ"ט תמוז, גומד וגיל.

הכתבה מסתמכת על ספרו האוטוביוגרפי של אפשטיין מויה סיפור חיים (תוך תיקון טעויות עובדתיות שנפלו בו), ועל פרסומים אחרים של יוצאי רפא"ל.

משה אפשטיין, שכונה בפי כל מכריו מויה, היה אחד ממפתחי הטילים הבולטים ביותר בישראל בארבעת העשורים הראשונים לקיום המדינה. את דרכו המקצועית החל ב-1948 בחיל המדע (חמ"ד), המשיך באגף מחקר ותיכון (אמ"ת) של משרד הביטחון, ועבד ברשות לפיתוח אמצעי לחימה מאז הקמת רפא"ל ועד 1992. בכל שנותיו העדיף לעסוק בעבודות תיכון ופיתוח בפרויקטים חדשניים ופורצי דרך, ולא התפתה לעבור למשרות ניהול בכירות. את הידע הנרחב שלו ואת ניסיונו העשיר שיתף עם דורות של מהנדסים ברפא"ל ועם סטודנטים בטכניון. בן קשלים סוקר את קורות חייו של ד"ר אפשטיין

בחיפה והוצב למשימות שמירה במקומות שונים בעיר. בחינות הסיום נערכו לבסוף בשנת 1950, ורק אז הוסמך כמהנדס מכונות.

מהנדס בחיל המדע

בסמוך לפרוץ מלחמת העצמאות אפשטיין התבקש על-ידי רכז פעולות ההגנה בטכניון להתייצב בסטודיו לצויר, שפעל על גג בניין בתל-אביב. הסטודיו שימש כמסווה לעבודות התכן המחתרתיות של חיל המדע (חמ"ד), שהוקם ב-17 במארכ 1948 כזרוע המבצעת של המחלקה המדעית במטה ההגנה. שם פגש לראשונה את ג'ניקה (יבגני) רטנר, ראש המחלקה המדעית וממייסדי החיל. הוא צורף לקבוצת פיזיקאים שעסקו בתיכון תותח ללא רתע (תול"ר) בקוטר 51 מ"מ. בהמשך עברה הקבוצה למכון דניאל זיו ברחובות, שלימים ייטמע במכון ויצמן למדע, ולאחר מכן לגבעת רמב"ם בגבול גבעתיים-תל-אביב ("הגבעה"), ששימשה כמכון המחקר של חמ"ד.

"להפגנת יכולתו של התול"ר התכנסנו על חוף הים של הרצליה בנוכחות דוד בן-גוריון, ועשרות אנשים מצמרת חמ"ד וצה"ל", סיפר אפשטיין. "ירינו משקולת ברזל לעבר מטרה שהצבנו במרחק 600 מטרים. לקול תשואות הנוכחים, פגע ה"פגז" במטרה. בשנת 1949, פחות משנה לאחר שהתייצבתי ב"סטודיו לצויר" על הגג, היה לנו תול"ר ויכולת מוכחת לייצר תותחים כאלה".

לשוב לתל-אביב ולעבוד במשרד מודדים, שם למד את מלאכת השרטוט הטכני. במהלך תקופת לימודיו בטכניון היה חבר בארגון ההגנה. אפשטיין בילה לילות רבים בשמירה, ובבוקרים היה שב לספסל הלימודים. באפריל 1948, עם החמרת המצב הביטחוני ערב סיום המנדט הבריטי הופסקו הלימודים, ובחינות הסיום נדחו. הוא הצטרף לחיל השדה



משה אפשטיין נולד בתל-אביב ב-5 ביוני 1925. בנם הבכור של פסח, מהנדס מים בעיריית תל-אביב, ודורה שעבדה כרופאת ילדים. הוא התחנך בבית-הספר הפרטי שלוהו עד לגמר התיכון. בגיל צעיר גילה כישרון מוסיקלי יוצא דופן ולמד נגינה על כינור.

באחת מחופשות הקיץ יצא עם בני כיתתו לעבודה במשק הפועלות בחדרה, וכאשר ביקש מים מפועל ערבי שעבד בסמוך הפועל השיב לו: "מויה, מויה". חבריו שהיו עדים לשיחה החלו לכנותו בשם "מויה" – כינוי שדבק בו מאז לאורך כל חייו הבוגרים.

לאחר התיכון התנדב לשנת שירות בצבא הבריטי, כרבים מבני היישוב העברי בארץ. הוא הוצב בתחנת חוף מצפון לשפך נחל שורק במטרה לתצפת כנגד איום הצוללות האיטלקיות. אפשטיין נהג להסתובב במטווח הסמוך של חיל האוויר המלכותי ולחפש נפלים של פצצות שונות. סקרנותו הטכנית גרמה לו לנסות לפרק את מרעומי הפצצות ולחקור אותם. סיגריה שהושלכה לדלי שבו אחסן אבקה מפצצה שפורקה גרמה לפיצוץ שפגע בעיניו. אפשטיין התעורר זמנית ומאז נזקק למשקפיים.

לאחר שחרורו מהצבא הבריטי במאי 1944 הוא החל ללמוד הנדסת מכונות בטכניון, ששכן באותה העת בהדר הכרמל בחיפה. הוא צלח את הלימודים ללא קושי מיוחד, ובמקביל השתלב ככנר בשתי תזמורות שהופיעו בפני קהל ברחבי הארץ. בחופשות הסמסטר נהג



מויה (במרכז) ליד התול"ר בקוטר 75 מ"מ. מימין: הכימאי יאיר קליבנסקי. משמאל: החייל אלכס דינבר.

דגם של הטיל לשיגור אווירי ממוסס, שינוהג בקור ראייה על-ידי נווט המטוס. הנחת המטכ"ל הייתה, שפיתוח נגזרת אוויריים יכול להיעשות כשלב ביניים בפיתוח טיל ים-ים, שכן עבורה אין צורך בפיתוח המאיץ והמשגר הקרקעי. בספטמבר אותה שנה נוסחו מחדש דרישות הפרויקט ונקבע כי קודם יפותח טיל אוויריים ורק לאחר מכן טיל ים-ים. לקחי מבצע קדש בסוף שנת 1956 היטו את הכף לכדאיות פיתוח של טיל ים-ים בעל טווח מוגדל של עשרות קילומטרים.

ראש אמ"ת, מוניה מרדור, החליט לקדם במקביל לפיתוח טיל האוויריים גרסת קרקע-קרקע של הטיל לטווח מוגדל. לתפיסתו, פיתוח זה יסייע בהמשך פיתוחו של טיל ים-ים, ובהמשך גם טילי קרקעיים וים-קרקע. שינויי המיקוד באפיקי הפיתוח ושרשרת עדכוני הדרישות באפיון הטיל במטרה להקדים את מועד הכנסתו לשירות פגעו בדיעבד בקצב העבודה והאריכו את לוחות הזמנים.

מתחילת דרכו כראש הפרויקט ניצבו בפני אפשטיין מספר אתגרים משמעותיים. בתחום ההנחיה נאסר עליו להתבסס על הכוונת מכ"ם, ובתחום ההנעה ההנהלה לחצה על שימוש בהודף נוזלי. בחירה זו הכתיבה צורך בתדלוק נוזלי ההנעה לפני השיגור. חומרים אלו היו

לזנח את פיתוחם של טילים מנהגים לאוויר-קרקע ולקרקע-קרקע ולהתמקד בפיתוח טיל מנוהג ים-ים. ב-6 באוגוסט 1953 אישר צה"ל לאמ"ת לערוך מחקר בנושא "מאווייה עד אונייה" ולסיימו עד מארס 1954. בעקבות החלטה זו הופסקה פעילות המחקר והפיתוח של טילי המלאך והבזק, והחל מאמץ הנדסי מרוכז לפיתוח טיל ים-ים.

בנובמבר 1953 אפשטיין מונה לראש תחום נשק ריאקטיבי בשטח מחקר מכניקה באמ"ת. במסגרת זו יצא להשתלמות בחברת ארליקון השוויצרית, שפיתחה טיל קרקע-אווירי נגד מטוסים. לאחר מכן ביקר במפעלים נוספים, שבהם המשיך ללמוד ולהיחשף לחזית העשייה העולמית בתחום הטילאות, ההנעה הרקטית ומהוד סילון.

באפריל 1954 הגיש ראש תחום ניהוג טילים באמ"ת, רס"ן יונתן מס, למטכ"ל את הדו"ח המסכם של אמ"ת בנושא פיתוח טיל ים-ים. על בסיס דו"ח זה התקיימה ב-1 ביולי גישה בהשתתפות שר הביטחון וראשי משרדו, נציגי מטכ"ל ואמ"ת, שבה סוכם על התחלת פיתוחו של טיל מנוחה ים-ים, שקיבל את הכינוי ג-26. אפשטיין נבחר לראש הפרויקט.

בשנת 1955 דרש חיל האוויר ממשרד הביטחון לכלול במסגרת תוכנית הפיתוח של ג-26

טיל ג-26 שהתבסס על דלק ומחמצן נוזליים למנוע השיוט, עם מאיץ חיצוני בהודף מוצק, בשנת 1956.



אחרי ההדגמה המוצלחת אפשטיין תיכן תול"רים נוספים בקטרים 75 ו-54 מ"מ. בהמשך עבר הצוות למכון 3 במחנה כורדני מדרום לעכו, שם המשיך בפיתוח תול"רים ובניסויי סחרור פגזים ובחינת כושר חזירת שריון. למרות ההדגמות המוצלחות, צה"ל לא הביע עניין להצטייד בתול"רים שפותחו בחמ"ד ולכן הופסקה פעילות פיתוחם.

בספטמבר 1950 אפשטיין נשלח לבריטניה לצורכי ביצוע רכש עבור חמ"ד, שם עבד בשיתוף פעולה עם משלחת הרכש של משרד הביטחון בלונדון. בפברואר 1952 שב ארצה וקיבל דרגת רס"ן.

מהנדס באגף מחקר ותיכון

בשנת 1952 הוחלף חמ"ד בגוף אזרחי למחקר ופיתוח ביטחוני במשרד הביטחון, שנקרא אגף מחקר ותיכון (אמ"ת). אחד מכיווני הפיתוח החדשים שנבחנו באמ"ת החל מראשיתה היה טילים. ממארס 1952 נערכו דיונים מעמיקים בנושא הטילים, על בסיס מצע מעמיק שהכין ד"ר פידיה יעקב פיאטלי על כיווני המחקר והפיתוח האפשריים בתחום זה. בחינת נושא הטילאות באמ"ת פתחה בפני אפשטיין הזדמנות לעסוק בתחום הטילאות שבו התעניין, ולכן בחר להיקלט כמהנדס מחקר באמ"ת.

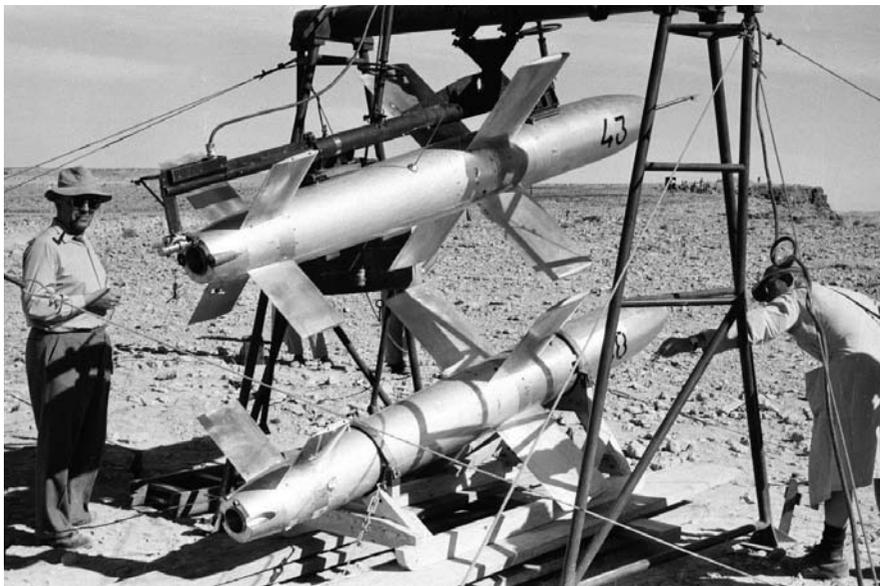
במסגרת ניסיונות ראשוניים לפיתוח עצמי של תצורות בסיסיות של טילים מונחים ובחינת תכונותיהם בניסויי שדה, נבחנו האפשרויות לתכן פצצה גולשת שתונחה למטרה על-ידי פקודות מהמטוס המשגר, וכן לתכן טיל שיוט אוויר-קרקע שיונע באמצעות מהוד סילון (Pulse Jet). אפשטיין שולב בצוות פיתוח הטילים ויחד עם ד"ר פיאטלי, מהנדס האווירונאוטיקה היחיד באמ"ת, החלו בתהליך בחירת התצורה האווירודינמית.

"בתחילת עבודתנו על פיתוח רקטות וטילים ערכנו בדיקות בשיטות פרימיטיביות, כיוון שלא עמדה לרשותנו מנהלת-רוח. לקביעת היציבות האווירודינמית הכנו דגם ממתכת, שחררנו אותו לתוך חבית מים ועקבנו אחר תנועתו במים. לקביעת מיקום מרכז הלחץ האווירודינמי גזרנו מקרטון את תצורת גוף הרקטה וחיפשנו, בעזרת סיכה, את מרכז הכובד של מגזרת הקרטון", סיפר לימים.

לבסוף נבחרו שתי תצורות: הבזק שהתבססה על כנף דלתא, והמלאך שהתאפיינה בתצורה קונבנציונאלית בעלת גוף ארוך, כנף בעלת מוטה צרה ומשטחי זנב אחוריים בצורת האות H. תצורות אלו נבחנו בסדרת ניסויים בנגב. שלושת הניסויים הראשונים שנערכו למלאך, ששוגר מהקרקע, הסתיימו בכישלון, ורק בשיגור הרביעי הושגה יציבות טובה בהמראה. הבזק נוסה תחילה בעלת גוף ארוך, כנף בעלת לביחית תכונות היציבות שלו. באוגוסט 1953 נוסה הבזק בנקבת-רוח באירופה, ולאחר מכן שוגר באמצעות מנוע רקטי ממשגר קרקעי. (ראה פרטים נוספים ותמונות בכתבה על פיאטלי ב"ביעף" 142 עמ' 29).

פיתוח טיל הלוח

באותה העת אפשטיין השתתף בסדרת דיוני מטכ"ל בנושא טילים מונחים, לבחינת כלל האפשרויות לשילוב טילים מונחים במערך אמצעי הלחימה של צה"ל. בדיונים אלו הוחלט



טיל לוז מוכן לירי ממסגר ניסיוני בשנת 1960. מתחתיו טיל נוסף לבדיקת נאקי רשף.

המנכ"ל מרדור לא-יעמידה בלוחות הזמנים, ובזאת נסללה הדרך להפנות את המשך מאמצי הפיתוח מהג-26 לג-25. ב-12 בנובמבר 1958 נקבע שמאמצי הפיתוח יתמקדו מעתה בג-25 לטווח מרבי של 27 ק"מ, כאשר הדגם לשיגור אווירי יבדל מזה הקרקעי ביחידת ההנעה בלבד. בתקופה זו אמ"ת עברה שינוי ארגוני והפכה לרשות לפיתוח אמצעי לחימה (רפא"ל).

אפשטיין הוביל את המשך הפיתוח של הג-25, ששמו שונה ללוז, ומועד סיום הפיתוח נקבע לשנת 1959. קבוצת התכנן, שעד אז נשמעו לקו השמרני של ההנהלה, החלו לגלות תעוזה הנדסית בניצוחו ולבסס תכנן קומפקטי על רכיבים חדשים ולא בדוקים. הייתה הבנה, שבמהלך סדרות הייצור הראשונות שישמשו לניסויים ניתן יהיה להוכיחם בדרך לייצור הסדרתי. כך למשל, הוכשר השימוש בטרגזי-סטורים, שמלכתחילה נאסר על-ידי ההנהלה עקב רגישותם הגבוהה לשינויי טמפרטורה.

בשנת 1959 נערכו סדרות הניסויים שבהם שולבו שיגורים אוויריים של טילי אוויר-קרקע ממטוס דקוטה וכן שיגורי טילי קרקע-קרקע. לאורך הניסויים השונים שופרו ביצועי הטיל בהדרגה. טילי הקרקע-קרקע פגעו בניסויים האחרונים במטרות שהוצבו במרחק של כ-27 ק"מ ממקום שיגורם. בניסויי הים-ים התגלתה בעיה, שעשן מנוע הטיל הסתיר אותו מעיני המפעיל המכוון. בניסויי שיגור דגם האוויר-קרקע התגלו בעיות בדיוק ההנחיה, בשל הקושי לנהג את הטילים מתוך מטוס. לאור אי-התאמתם המבצעית של מטוסי הדקוטה ומטוסי הקרב של חיל האוויר לשגר טילי אוויריים, נזנחה לבסוף נגזרת זו של הטיל.

על פי מדיניות משד הביטחון באותה העת, לרפא"ל ניתן מנדט לפיתוח אמצעי לחימה, אך לא לייצורם. את נתחי הייצור המשרד חילק בין התעשייה האווירית (תע"א), שייצרה את הטיל על מנגנוניו, לבין התעשייה הצבאית (תעש), שייצרה את מנוע הטיל ואת הראש הקרבי. לאחר השלמת ניסויי הפיתוח והקבלה של טילי הלוז לשימוש קרקע-קרקע יוצרו כמאה טילים, שנקלטו בחיל התותחנים החל מדצמבר 1962. בתקופה זו רפא"ל נדרשה לרכז מאמץ פיתוח

הצלחת הג-25. המעבר להנעה בהודף מוצק פתר באחת שורת בעיות, החל מצמצום משקל מערכת ההנעה, דרך הוזלתה והגדלת אמינותה, וכלה בסילוק הסיכונים הרבים בהכנות לשיגור. תכנן הג-25 התבסס במלואו על חלקי אלומיניום, בניגוד לג-26 שנבנה בחלקו מעץ.

גם בניית הטיל התבצעה באופן התנדבותי לאחר שעות העבודה, בסיועו של הטכנאי אורי פילוסוף. כשהושלמה מלאכת הבנייה, אפשטיין קרא לחברי ההנהלה לחזות בטיל החדש ולהתרשם מהתכנן הקומפקטי. מספר חלקיו של הג-25 היה פחות מעשרה אחוזים מאלה שבג-26 ומחירו המשוער היה כעשירית מקודמו.

ניסויי הירי הראשון של הג-25 התקיים במסגרת סדרת ניסויים שנערכה במכתש רמון ב-6 באוגוסט 1958 בנוכחות הרמטכ"ל ומפקד חיל האוויר. "היינו כל כך בטוחים שתהיה הצלחה, שהעזנו להכין רק טיל אחד לירי זה", סיפר אפשטיין. בהמשך היום שוגרו שני טילי ג-26 שלא הצליחו להגיע למטרה בגלל תקלות במערכת ההנעה הנוזלית. הצלחת ניסויי הירי הראשון של ג-25 הפיגה את חששו הרב של

מסוכנים ביותר והיה בהם פוטנציאל לגרימת תאונה. כמורכב, במקרה של ביטול השיגור היה צורך לרוקנס. אפשטיין, שסבר שחלקי ההזנה של הנוזלים יהיו רבים והתכנן יהיה מסורבל ויקר, האמין שתוך שנתיים ניתן יהיה לממש מעבר להודף מוצק. קושי נוסף שעמד בדרכו היה סירובן של קבוצות התכנן מהתחומים השונים להיצמד לדרישות התיכונן, דבר שהוביל לפתרונות בזבזניים במשקל ובעלות.

ניסויי שיגור וטיסה ראשונים של הג-26 נערכו באמצע 1957. אולם חרף העובדה שהטיל צלח ניסויי ירי ראשונים, לבו של אפשטיין היה כבד עליו, שכן הוא סבר שהטיל אינו מעשי. "אמרת לימוניה מרדור, המנכ"ל, שאני מרגיש כי עלי לתכנן את הטיל מחדש, טיל שיהיה נוח לתפעול, שלא יצריך שימוש בנוזלים 'לא-סימפטיים' בשדה ותהליך ממושך של מילוי וריקון מכלים", סיפר אפשטיין. "מוניה סירב לבקשתי בגלל 'הפגיעה בלוח הזמנים'. ניסיתי להסביר לו שאין טעם לסיים מוצר בזמן אם אינו מבצע. לא הצלחתי לשכנע אותו. הוא ראה דבר שעף, והיה משוכנע שיש בידיו טיל. לא תפסתי מדוע אינו מצליח להבין דברים פשוטים כל כך כמו הצד המבצעי ונוחות התפעול".

אפשטיין החליט מחדש לתכנן את הטיל בביתו, לאחר שעות העבודה. "זיהיתי שהבעיה העיקרית בג-26 היא אי-התאמת תכנן הטיל לתפעול מבצעי. קניתי לוח דיקט גדול, הנחתי אותו על המיטה הזוגית בבית, ותיכנתי את כל הטיל מחדש – טיל שיעשה מה שהוא צריך לעשות, זול בהרבה, והעיקר, שיהיה מבצעי. שאלתי את עצמי מה דרוש כדי לקבל טיל קומפקטי, נוח לתפעול ובלי צורך במילוי דלקים נוזליים 'לא סימפטיים', אלא בדלק הניתן לאחסנה זמן ממושך, במצב מוכן לירי". הייתה זו תקופה אינטנסיבית מאוד עבורו, שבמהלכה גם נשא לאשה את רות, חברתו לחיים. "עבדתי בלילות ובשבתות, הייתי חוזר מהעבודה, מנגן כמה שעות, ואחר כך מתיישב ליד לוח השרטוט. הכול 'נשפך' מראשי, כי כל החומר כבר ישב אצלי בראש זמן רב. התמונה הכוללת הייתה לנגד עיני. הבנתי שעלי לתכנן את הטיל בצורה אחת לחלוטין. אחרי חודש היה בידי תכנן של הטיל, על כל חלקיו, שבהמשך הדרך זכה לכינוי ג-25". גישת מזעור התכנן שיחקה תפקיד מכריע

זוג טילי לוז עם ראש קרבי מוכנים לירי ממסגר מבצעי על קומנדקר בשנת 1960.





מיה (משמאל) עם ראש הממשלה ושר הביטחון דוד בן-גוריון (מימין) ופרופ' ארנסט דוד ברגמן בשנת 1963.

בתום שיחה שהשניים קיימו עם אפשטיין אמר קליין: "על עשרה אחוז ממה שכתוב במחברת הוא יקבל דוקטורט", והמליץ שאפשטיין ישלים את תהליך ההסמכה לדוקטורט. בעקבות זאת שוחח פרופסור מנינג עם נציג משרד הביטחון בארה"ב להארכת שהותו של אפשטיין בארה"ב. האישור התקבל ממנכ"ל רפא"ל באותם הימים, ישעיהו לביא.

אפשטיין השלים את הדוקטורט בהנחיית פרופ' מנינג, והישגיו האישיים הותירו רושם רב. "האינטליגנציה שלו, הידע הטכני ויכולת השיפוט הנדסית – כולם ברמה הגבוהה ביותר. עם זאת, כוחו העיקרי הוא אולי ביכולתו להביא את כל אלה כדי לפתור בעיה טכנית. ההתקדמות שלו במחקרו הייתה מהירה כפליים מזו שהייתי מצפה מניסיוני כמורה בעבר, ובכל זאת מעולם לא ראיתי עבודה יסודית יותר", כתב עליו מנינג במכתב ההמלצה.

אפשטיין שב ארצה בקיץ 1970 וחזר לעבוד ברפא"ל. במקביל הוא התמנה כחבר בוועדה העליונה לדירוג עובדי מחקר במערכת הביטחון ובוועדה לבחינת הצורך ברישוי פעולות הנדסיות ובייחוד. בשנים 1973-1980 הוא כיהן כחבר ועד באיגוד לקידום המדע, שייעץ למשרד החינוך בקידום הפעילות המדעית בקרב בני נוער. באוגוסט 1975 אפשטיין מונה כחבר בוועדת הטילים, שהמלצותיה שימשו להכנת תוכנית עבודה רב-שנתית בתחום פיתוח הטילים בישראל.

פרופסור-חבר בטכניון

בשנת 1972 אפשטיין נענה להצעת פרופ' יוסף זינגר להצטרף כמרצה בדרגת פרופסור-חבר בפקולטה להנדסת אווירונאוטיקה בטכניון, במקביל לעבודתו ברפא"ל. היות וחש שמרבית הסטודנטים מגיעים לשנת הלימוד האחרונה ללא ידע בסיסי בתיכון, וללא התנסות מעשית בשימוש בספרות מקצועית, הוא דחק בסגל ההוראה לערב את הסטודנטים בעולם המציאות כבר משלבי הלימוד המוקדמים.

כמרצה למקצועות התכן בטכניון בשנים

ברגמן, שעמד בראש אגף מחקר ותיכון במשרד הביטחון. אפשטיין נאלץ ליישר קו עם הנחיית המשרד להתבסס על הודף מוצק קשיח. תעש יצקה מטען גדול של הודף קשיח למספר מנועים שיועדו לצרכי ניסויים ראשוניים.

הניסוי הראשון הסתיים בהצלחה, אך הניסוי השני שאליו זומנו ראש הממשלה ושר הביטחון לוי אשכול ויועצו צבי דינשטיין נכשל, כפי שתיאר אפשטיין: "בניסוי זה השתמשנו במצת מתקדם יותר מסוג פירוגן. המנוע התפוצץ. מניסוי זה למדנו, שנוסף על שינוי המצת היה צריך לשנות גם את צורת תמיכת המטען, דבר שלא נעשה. בעקבות הפיצוץ החליטו לוי אשכול וצבי דינשטיין להפסיק את פיתוח הטיל, וזאת לאחר כשנה של עבודת פיתוח וניסויים... בליט-ברירה הפסקנו את המשך הפיתוח".

הקבוצה של אפשטיין נותרה ללא עבודה ממשית במשך כשנתיים. אפשטיין הרגיש שלאחר ביטולו של פרויקט שבט ב' תרומתו ההנדסית לרפא"ל התמעטה, ולאור זאת החליט להפסיק את עבודתו באופן זמני ולצאת ללימודי תואר שני באוניברסיטת סטנפורד, בגיל 42.

לימודים בסטנפורד

אפשטיין החל את לימודיו בסטנפורד בסתיו 1967 ועד מהרה התבלט כתלמיד מבריק. בסוף השנה הראשונה הוא עמד בכל הדרישות לקבלת תואר M.Sc. בסיום שנת הלימודים השנייה הומלץ לו לעשות תואר מהנדס (Engineer's Degree), תואר שקיים רק בארה"ב ונחשב בין מאסטר לדוקטורט.

אפשטיין בחר להשתלם במסגרת זו אצל פרופסור מנינג, שהציב בפניו אתגר בתחום ההידרודינמיקה, שבמשך שנים רבות עשרות מדענים לא הצליחו לפענח: בניית תאוריה לחיזוי זמן מעבר של סילון במגבר פלואידי מדופן אחת לשנייה. אפשטיין הצליח להתגבר על אתגר ופיתח תאוריה שסיפקה מענה מלא. הוא תיעד את שיטתו במאמר מדעי לכנס העשירי של Fluidics, שהוצג על-ידי מנינג.

בשובו מהכינס הציג פרופ' מנינג את עבודתו של אפשטיין לפרופ' קליין, ראש הפקולטה.

רחב בפרויקט טיל קרקע-קרקע ארוך-טווח, ומשרד הביטחון דרש שהמשך פיתוח הנגזרת הימית של הלוז תיעשה בתע"א. בשונה מהמגבלה שהוטלה על רפא"ל, אושר לתע"א לבסס את תכן הטיל הימי, שנקרא גבריאל, על הנחיית מכ"ם שיפותח במפעל אלתא. אפשטיין התאכזב מהחלטה זו, אך שיתף פעולה בהעברת הידע לאנשי מפעל ב' (מבת) של התע"א, שהוקם לצורך ביצוע הפרויקט.

פיתוח הטיל שבט ב'

ביולי 1961 פורסמה ידיעה על ניסוי טילי קרקע-קרקע ארוכי טווח במצרים, שעוררה חשש רב במערכת הביטחון הישראלית. הטילים תוכננו להיחשף רשמית במסגרת המצעד הצבאי שנערך בקהיר ב-23 ביולי 1962 לציון עשור למהפכה במצרים (ראה "ביעף" e138 עמ' 28-30). אפשטיין וצבי מאירי מרפא"ל נשלחו לצפות בשידור המצעד בטלוויזיה המצרית, בספינת חיל הים שהתמקמה מול חופי אלכ-סנדריה, ולחזות את דעתם. "ישבנו במשחתת וציפנו במצעד ובתרגיל המצרי הודך מסך הטלוויזיה. אמרתי שמדובר בסך הכול בכמה חביות מחוברות ובראשן קונוס מפח. זאת על פי צמיגי כלי-הרכב שהסיעו את הטילים כביכול, ולא שקעו כפי שאפשר היה לצפות במקרה של משא כה כבד". בזאת השניים הפריכו את הסברה שמדובר באיום ממשי.

בהשראת איום הטילים ארוכי-הטווח שנחשפו לכאורה במצרים, אפשטיין ומאירי החלו לחשוב על הפרויקט הבא: פיתוח טיל קרקע-קרקע ארוך טווח, שיקנה לישראל יכולת תקיפת עומק שלא באמצעות מטוסים. כך נולד **השבט ב'**, שסיפורו נחשף לראשונה בספרו האוטוביוגרפי של אפשטיין.

כבר מראשיתו היה ברור שמדובר בפרויקט שאפתני מבחינה טכנולוגית. תחילה נערכו פעולות שונות לרכישת הידע הנחוץ לפיתוח בסדר גודל כזה, החל מביקור לימודי שערך אפשטיין ועמיתו בחברת סיד אויאסיין בצרפת וכלה בפיתוח עצמי של מנוע רקטי בקוטר של כ-60 ס"מ עם הודף מוצק קשיח, שנועד לביצוע ניסויי פייה נעה לניהוג הטיל.

בשלב פיתוח מערכת ההנעה נבנה מנוע בקוטר מטר ובאורך של כשלושה מטרים בעל פייה מרכזית. דרישתו של אפשטיין להתבסס על הודף גמיש, כמקובל בטילים אלו בעולם, נתקלה בהתנגדותו של פרופ' ארנסט דוד

מיה עם דוד בן-גוריון ואל"ם ג'קנה רטנר ב-1963.



באפריל 2012: "באותם ימים התוודענו לדמות מיוחדת במינה – ד"ר משה (מויה) אפשטיין... גילינו את המומחה לטילים בקנה מידה עולמי. מויה הפך להיות המורה שלנו והיה מעורב בתכנון הראשוני לפרטי פרטים. הוא היה נושא הדגל, אשר דרבן אותנו לתיכון לעלות (נמוכה) מהשלבים הראשונים של התכנון – פרויקט ראשון ברפאל":

"מויה תיכנן לפרטי פרטים את ראש הביות האלקטרו-אופטי, שהיה מהפכני באותה תקופה מבחינת גודל ופשטות, ומבוסס על גיירו ייצוב פשוט".

אפשטיין היה זה שהכין ב-1987 את ההצעה לפיתוח הגומד – טיל נ"ט לטווח של ארבעה ק"מ, הנורה מחצובה, מתרומם לגובה מאות מטרים ומתבית עד לפגיעה במטרה כשהוא נהוג באמצעות שידור בסיב אופטי. אפשטיין המשיך ללוות את פיתוח הגומד והגיל (טיל זול יותר, לטווח 2.5 ק"מ, ללא ערוץ תקשורת), ודחה את פרישתו לגמלאות עד 1992, שנתיים אחרי הגיעו לגיל הפרישה 65.

אחרית דבר

אפשטיין זכה בשורת פרסים שהוקירו את עשייתו המקצועית הענפה. הוא היה חתן שלושה פרסי ביטחון ישראל: בשנים 1960 (לוז), 1984 (תמוז) ו-1997 (פרס על מפעל חיים). בשנת 1971 הוענק לו "פרס לממציאים" מטעם ועדת ההמצאות של משרד הביטחון על פטנט גיירו קומפקטי שהמציא יחד עם מאיר פריד ל-ג'25. בשנת 1983 הוענק לו פרס ברגמן על תרומתו הייחודית לתיכון מערכות מכניות ואלקטרו-מכניות מתקדמות ומקוריות, ובשנת 2010 הוענק לו פרס רפאל על תרומה מיוחדת. ביוני 2011 הוענק לו תואר דוקטור לשם כבוד מטעם הטכניון, ובנימוקים נכתב: "בהוקרה על תרומתך כממציא וכאיש אשכולות בעל חזון, מרץ, כישורים ודמיון מעורר השראה; בהערכה על תרומתך כמורה וכאיש מופת שהעמיד דורות של חוקרים וממציאים, ועל פועלך כמדען וכממציא מבריק; וברחשי תודה על תרומתך למדינת ישראל ולביטחונה במסגרת פעילותך רבת השנים במגוון תפקידים בתחום זה".

אפשטיין, שנחשב למומחה לטילים בקנה מידה עולמי, הודרך דורות של מהנדסים ברפאל, שראו בו מופת ומורה דרך. "כולתו של מויה בראות את המערכת בכללותה הרבה לפני כולם, הידע העצום שלו בכל תחום, חוש ההומור המדהים וקריאת התיגר על מוסכמות, הם שעשו אותו לאגדה", כתב עליו ד"ר שאול אתר בביטאון רפאל.

בערב ימיו כתב את סיפור חייו. ספרו האוטוביוגרפי מויה סיפור חיים יצא לאור בהוצאה פרטית והושק ב-17 ביוני 2014 במעמד בני משפחתו, חבריו לעבודה וממשיכי דרכו ברפאל. ניתן להוריד קובץ PDF של הספר באתר הרווחה של גמלאי דרוג המחקר ברפאל (gr-tevaha.org.il).

ד"ר משה (מויה) אפשטיין נפטר ב-23 ביולי 2014 בגיל 89. □

המחבר מודה לישראל זיירמן ולמוזיאון רפאל על הסיוע באיתור התמונות.



מויה במעבדה בחן ההכנה של טיל גיל.

לראשונה בירי במתאר יבשתי בסוף 1986. הברק יירט בהצלחה טיל עורב (TOW), והיה זה היירוט הראשון בישראל של טיל נגד טיל. ניסויי פיתוח נוספים נערכו עד לשנת 1990 ובמסגרתם יורט טיל גבריאל ב-16 באוגוסט 1991 בוצע שיגור בכורה מוצלח מספינת טילים של חיל הים. עם השלמת סדרות הניסויים המוצלחות הוגברו מאמצי השייך והטיל הוכנס לשירות חיל הים הישראלי והפך למוצר מבוקש בציי העולם.

פיתוח טילי נ"ט

לאפשטיין הייתה תרומה מכרעת לפיתוח טילי הני"ט בעלי הנחיה אלקטרו-אופטית, הן בפרויקט מדרס (שהפך לתמוז) במחצית השנייה של שנות ה-70 והן בפרויקט גומד וגיל משנת 1987 עד ראשית שנות ה-90 – כפי שאנו מתארים בכתבה משפחת טילי הספינק של רפאל בגיליון זה של "ביעף".

ד"ר דני לשם, המהנדס הראשי של פרויקט מדרס/תמוז מ-1974, כתב על תרומתו הייחודית של אפשטיין בביטאון רפאל שלנו

עטיפת הספר האוטוביוגרפי של אפשטיין.



1973-1977 אפשטיין לימד את הסטודנטים להתייחס בזמן התיכון לכל המערכת בשלמותה. הוא הדגיש את חשיבות העמידה בביצועים הנדרשים, תוך שמירה על עלות המוצר בגדר הסביר והבטחת אורך חיים נאות ונחות תחזוקתית.

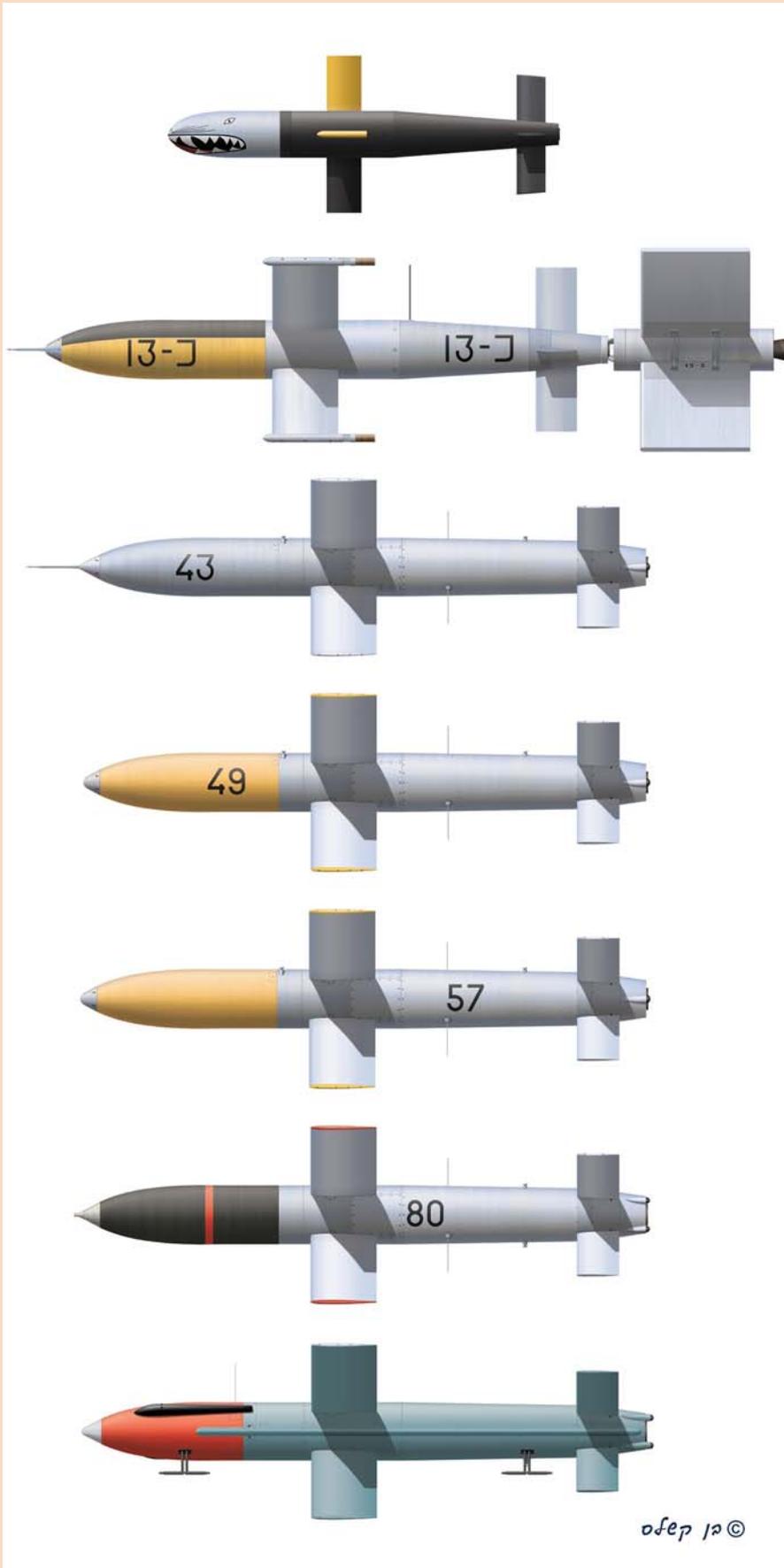
מלבד הוראה, אפשטיין שימש גם כבוחר, מנחה, יועץ ומדריך לסטודנטים לתארים גבוהים. לאחר שפרש מהוראה בטכניון, אפשטיין שמר על קשריו עם עולם האקדמיה ובשנת 1982 הוא יצא לשנת שבתון באוניברסיטת MIT בבוסטון, שם השתלב בפרויקט פיתוח צוללת קטנה עם זרוע רובוטית.

פיתוח הטיל ברק

בשנת 1978 הגדירה מפקדת חיל הים צורך מבצעי לפיתוח טיל שיירט טילי אויב. רעיון זה הוצע לראשונה בשנות השישים על-ידי ד"ר מאיר אלמגור, וכעת עם הגדרת הצורך המבצעי מצד חיל הים הואצה העבודה על פיתוח זה. באותה העת נבדקה האפשרות לפיתוח משותף עם חברת ג'נרל דינמיקס, שייצרה את התותח פלנקס שיועד להפיל טיל תוקף מטווח קרוב באמצעות ירי מדויק. לשם כך שלח אפשטיין יחד עם יוזם הטיל, ד"ר אלמגור, לחברה האמריקנית לבחינת אפשרויות לשיתוף פעולה. אפשטיין תיאר כיצד גיבש את רעיון הטיל: "בזמן הישיבה הממושכת עם אנשי החברה ציירתי לעצמי מבנה סכמטי, והצעתי תיכון כולל של הטיל. העליתי אפשרות שהוא ימריא אנכית מתוך זביל, ובהגיעו לגובה מסוים הוא יקבל פקודה לפנות לעבר המטרה. אמרתי למשתתפי הישיבה שאוכל, נוסף על ההגאים האווירודינמיים, לקבוע באחורי הטיל מערכת Jet Vanes – כנפונים קטנים שיימצאו בתוך הסילון ויאפשרו לשלוט בכיוון הטיסה של הטיל מיד עם הצאת המנוע הרקטי. הכנפונים יעילים מיד מרגע תחילת פעולת המנוע, בעוד ההגאים האווירודינמיים אינם אפקטיביים בטרם מגיע הטיל קרוב למהירות השייט שלו. יחידת הכנפונים תחובר באחורי הטיל בצורה כזו שהיה ניתן לנתקה על פי פקודה".

שיתוף הפעולה עם ג'נרל דינמיקס לא הבשיל לפיתוח משותף, ובמהלך שנת 1979 גיבש צוותו של ד"ר אלמגור את הרעיונות המרכזיים של הטיל. חיל הים פנה במקביל גם למפעל מבט של התע"א, ובתחרות זאת רפאל בפרויקט פיתוח הטיל. כפי שזכרנו, שאת מכ"ם בקרת האש תפתח אלתא, ובתום דיונים ממושכים הוחלט שמפעל מבט יבצע את השילוב וכן יוביל וישוק את הפרויקט.

בשנת 1981 אפשטיין הציע תיכון כולל של הטיל, כמה ממכלוליו והזביל. ב-1985 הוא בחן את תצורת הטיל שהמהנדסים הציעו, ובסוף אותה השנה ביצע מספר איטרציות תכן לחלקו הקדמי של הטיל, כפי שסיפר: "נוכחתי לדעת שניתן לקצר את חרטום הטיל. השינוי גורם להגדלת ההתנגדות האווירודינמית, וגם מפסידיים בטווח כ-150 מטר, אבל מתפנה נפח. כמו כן המלצתי לקצר את מרעום הקרבה ואת תא האלקטרוניקה. על-ידי ניצול כל הנפחים שהתפנו היה אפשר להאריך את המנוע הרקטי באותם אילוצי האורך הכולל של הטיל, ולקבל בסך הכול תוספת טווח של כשני קילומטרים". תצורה זו קיבלה את השם "תצורת מויה". הטיל החדש שכונה בשם ברק נוסה



גרסת ניסוי מוקדמת של ה-26 להוכחת התצורה האווירודינמית, אשר התבססה על גוף טיל מלאך שפתח באמ"ת עם מערך כנפיים חדש. צורתו של הטיל הזכירה כריש, וחרטומו עוטר בהתאם. טיל זה, שנבנה מחלקי עץ, הוטל ממטוס דקוטה של חיל האוויר בסדרת ניסויים שנערכו ב-1956.

ג-26 מספר כ-13 לניסויי קרקע-קרקע. הטיל הסתייע במנוע מאיץ אחורי בעל כנפי ייצוב מעץ, שהתנתק בתום שלב ההאצה. בטיל הותקן מצנח הנצלה לשימוש חוזר. בקצות כנפיו הקדמיות הותקנו ארבעה נותבים שסייעו לנווט המנהג מאחור בזיהוי הטיל בעת מעופו.

ג-25 מספר כ-43, שהיה אחד מראשוני הטילים מסוג זה. שוגר במסגרת סדרת ניסויי צוק סלע, שנערכו במכתש רמון בראשית 1959. הטיל שוגר ממסגר קרקעי בעל מסילה עילית. סביב נחיר הפליטה הותקנו זוג נותבים שסייעו לנווט הטיל לנהג אותו אל המטרה.

ג-25 מספר כ-49 לניסויי ים-ים, שהיה הראשון ששוגר ממשחתת של חיל הים. הטיל שוגר ממשגר בעל מסילה עילית, שהותקן על סיפונה של אח"י אילת, לעבר מטרה ימית נגררת מול חוף הכרמל ב-15 באפריל 1959.

ג-25 מספר כ-57 לניסויי אוויר-קרקע. שוגר ממטוס דקוטה של חיל האוויר, מגובה 3 ק"מ למטרה קרקעית במרחק 11 ק"מ, במסגרת ניסויי צוק סלע 12 באוגוסט 1959, בנוכחות ראש הממשלה ושר הביטחון דוד בן-גוריון.

טיל קרקע-קרקע מבצעי מדגם לוז, מספר 80, בשירות חיל התותחנים של צה"ל, בשנת 1961. הטיל יועד לשיגור ממסילה תחתית שהותקנה על גבי קומנדקר (ני"ג), כשהוא מצויד בארבעה נותבים סביב נחיר הפליטה.

גבריאל סימן 1: טיל ים-ים סדרתי שפותח במפעל ב' (מבת) של התעשייה האווירית בשנות ה-60' על בסיס הלוז של רפא"ל. ניהוגו התבסס על הנחיית מכ"ם. הגבריאל הוכנס לשירות בחיל הים הישראלי ונמכר למדינות נוספות.

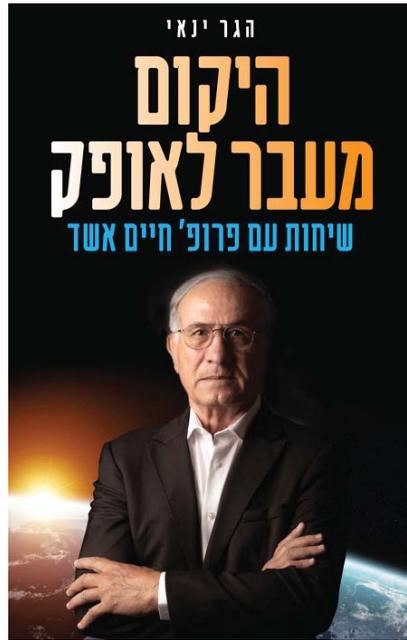


ולבקש מהם חומרים כתובים ומחקרים. לשם כך הייתי זקוק לפעילות אקדמית... כפרופסור אורח יכולתי להיכנס למוסדות מחקר בעולם כדי לקבל נתונים שנדרשו לקידום תוכנית החלל".

הספר בכללותו ערוך בצורה יוצאת דופן. אחרי 13 הפרקים שמהווים את סיפורו האוטורי-ביוגרפי של אשד, מובאים 14 פרקים קצרים העוסקים במגוון נושאים הקשורים לחלל. חלק זה של הספר מיועד למלא את המטרה שהציב אשד בפני הסופרת הגר ינאי, כפי שהיא מציינת בהקדמה האישית שלה: "פרופסור אשד הרגיש שהמטרה החשובה ביותר של הספר הזה היא חינוכית, וכי תכליתו העיקרית היא להעניק השראה לבני נוער שמתעניינים במדע ובחלל ולתת להם את התחושה שכל חלום שלהם בתחום הזה הוא אפשרי".

לצורך המטרה החינוכית, וכדי לעודד תלמידים שלא הצטיינו בבית ספרם, אשד מדגיש בפני הקורא את הלקח האישי שלו: "מעניין מה היו אומרים המורים בבית הספר היסודי ביאליק בתל-אביב לפני יותר מ-60 שנה, אם מישו מהעתיד היה מספר להם שמי שיעשה היסטוריה ויעמוד במשך יותר מ-30 שנה בראש פרויקט הלוויינים של מדינת ישראל, יהיה דווקא התלמיד שנחשב הכי פחות מוצלח, התלמיד שהכי פחות האמינו בו, הילד שהלימודים כלל לא עניינו אותו, במיוחד לא גיאומטריה. זה שהמורים הגדירו אותו כפרחח, והמחנך שלו, ד"ר גרייבר, אף המליץ להוריו שילמד מקצוע 'כי מהילד הזה לא ייצא כלום'". כדי לעורר עניין בקרב בני נוער, סטודנטים וחובבי מדע בדיוני, נכלל בספר פרק אחרון קצר על עצמים בלתי מזוהים "עב"מים" וחוצנים בנוסף, נכלל נספח די גדול הכולל קטעים מפרסומים של אחרים בכתבי-עת ואתרי אינטרנט על עדויות לקיומם של עב"מים ועל אפשרות קיומם של חיים מחוץ לכדור-הארץ. זהו חלק שולי בספר, שאפשר להתייחס אליו או להתעלם ממנו – בהתאם לאמונותיו של הקורא. בעיתונות היומית ובאמצעי תקשורת שונים עשו מכך חגיגה, כאשר "ידיעות אחרונות" הציגו בהקדשו לנושא זה את עיקר הריאיון הארוך עם אשד במוסף סוף שבוע ב-4 בדצמבר. חבל שפרופ' אשד נגרר להבליש את הנושא הסנסציוני הזה, כיוון שאנשים רציונאליים שאינם מאמינים ב"שטויות" של עב"מים וחוצנים עשויים להתייחס לפרופ' אשד בפחות רצינות ממה שהוא ראויה לה.

אשד בחר לכלול בנספחים גם שתי כתבות על תוכנית החלל הביטחונית של ישראל שבהן מוזכר את חלקו, אשר פורסמו ב"ידיעות אחרונות" באפריל 2017 ובספטמבר 2018. כתבות אלה מזכירות בין השאר את שיתוף הפעולה של ישראל עם דרום אפריקה והסיוע הכספי שנתקבל ממנה לפיתוח תוכנית המשגר מקורות זרים. בישראל בשנות ה-80, כפי שטענו עד היום לטענות אלה, וכמובן שאשד לא היה יכול להתייחס לכך בגוף הספר. (ראה פרטים נוספים על הקשרים עם דרום אפריקה בנושא טילים בליסטיים ומשגרי לוויינים ב"ביעף" e129 עמ' 19).



המדויקים של שני השיגורים שנכשלו. הכישלון הכפול של משגר הלוויינים שביט במחצית הראשונה של שנות ה-90 הוסתר מן הציבור במשך שנים רבות. לדעתנו, לא הייתה לכך הצדקה ביטחונית אמיתית, אלא ניסיון לשמור על יוקרה וגאווה לאומית. עוזי עילם הזכיר בספרו כישלון אחד בלבד מבין השניים, ותיאר כיצד פתרו את הבעיות במשגר. את הכישלונות של השביט בשיגור **אופק 4** (ב-1998) ושל **אופק 6** (ב-2004) כבר אי אפשר היה להסתיר, והם נחשפו בזמן אמת.

בספרו של עוזי עילם נחשף לראשונה, כי לווין **אופק 3** ששיגורו הצליח לבסוף באפריל 1995 היה דגם הניסויים QM, שלא היה אמור להיות משוגר, אך היה דומה ללוויין המבצעי שאבד בשיגורים הכושלים. אשד מצטט את עוזי רובין, האחראי על פיתוח המשגר שסיפר: "באותה תקופה היה חוסר אדיר בתקציב, עשינו הכול עם שאריות של כסף, ליקטנו כל מה שהיה לנו ועשינו מזה לווין. ואז עלה רעיון גדול: לקחת את לווין ה-QM שעבר את מבחן הכושר ולהשתמש בו. יעבוד – יעבוד. לא יעבוד – לא יעבוד". ואשד מסכם: "**אופק 3** סיפק תמונות באיכות מעולה, שהוכיחו לי לחבריי שעקשנותנו להשקיע בהכשרת הלוויין הטכני QM ולהופכו ללוויין מבצעי הייתה משתלמת". גילוי מעניין נוסף בספרו של אשד הוא הסיבה להקמת הסוכנות לניצול החלל ב-1983: "למעשה, הסיבה העיקרית להקמת סוכנות החלל הישראלית (סל"ה) הייתה סיוע אזרחי לפעילות הצבאית שבוצעה בתחום החלל... בסיוע הפעילות האזרחית, יכולנו אני ומדענים נוספים להגיע למחקרים החשובים ביותר בתחום החלל בעולם". אשד מסביר, כי מינויו לפרופסור אורח באוניברסיטת תל-אביב ולמנהל הפרויקטים בסל"ה נועד לסייע בקשרים בינלאומיים: "כאיש צבא לא יכולתי לפנות למוסדות מחקר במדינות רבות בעולם

היקום מעבר לאופק – שיחות עם פרופ' חיים אשד

מאת הגר ינאי
הוצאת ידיעות אחרונות, ספרי חמד, 2020
232 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 98 ש"ח
לספר מודפס; 48 ש"ח לדיגיטלי ביישומון עברית.

תת-אלוף (בדימוס) פרופ' חיים אשד ייסד את תוכנית החלל הביטחונית של ישראל ועמד בראשה במשך כ-30 שנים. לאחר סיום תפקידו במשרד הביטחון הוא ממשיך לעסוק בחינוך למדעי החלל, מרמת חטיבות הביניים במרכזים המדעיים ועד לסטודנטים בטכניון ובאוני-ברסטית תל-אביב.

אשד הוא אדם רב-פעלים בתחומים הצבאי, הטכנולוגי והחינוכי. לאחר סיום לימודיו בהנדסת חשמל ואלקטרוניקה בטכניון חזר לשירות צבאי, והצטרף ב-1966 ליחידה הטכנולוגית באגף המודיעין שהקים אברהם ארנן כדי לסייע לסיירת מטכ"ל. "העבודה ביחידה הייתה אינטגרציה בין טכנולוגיה, מבצעים ומודיעין", סיפר אשד. מתחילת 1973 ועד 1976 למד בארה"ב לתואר מגיסטר במדעי המחשב וחקר ביצועים, וב-1978 קיבל דוקטורט באווירונאוטיקה וחקר החלל.

כשחזר מלימודיו בארה"ב מונה לסגן למו"פ ביחידה הטכנולוגית, וב-1978 קודם לתפקיד ראש מחלקת מחקר ופיתוח של קצין מודיעין ראשי. ביולי 1981 מונה לראש מנהלת תוכנית הלוויין **אביר/אתגר** (מת"א), והוביל את פיתוח לוויין התצפית עד פרישתו לגמלאות ב-2011. מבחינת מעמדו האקדמי, ב-1983 הצטרף כפרופסור אורח למכון סאקר באוניברסיטת תל-אביב, וב-1986 קיבל מינוי של פרופסור אורח והצטרף לפרופ' יוסף ינגר בהקמת המכון לחקר החלל בטכניון.

קורות חייו המעניינים של אשד בהחלט ראויים לפרסום. נראה, שאשד לא האמין שיש לו כישורי כתיבה מספקים כדי לכתוב ספר אוטוביוגרפי בעצמו, ולכן הוא העדיף לספר את קורותיו לסופרת המיומנת הגר ינאי ולבקש ממנה לכתוב. לפיכך, כותרת המשנה היא "שיחות עם פרופ' חיים אשד", אך הדברים כתובים בגוף ראשון.

החלק המעניין ביותר בספר, לטעמנו, הם פרקים 8 עד 12 המתארים את תולדות פיתוח לוויין התצפית הראשונים מסדרת **אופק**. התיאור של אשד מפורט ונרחב יותר ממה שפורסם בספרו של עוזי עילם **קשת עילם** מ-2009 (ראה סקירה ב"ביעף" e111 עמ' 21), ובספרו של משה אור-טס **האתגר מעבר לאופק** מ-2015 ("ביעף" e134 עמ' 29).

אשד הוא המקור המוסמך הראשון שחושף את האמת מאחורי העיכוב הארוך בהכנסתו למסלול המתאים בחלל של לווין התצפית המבצעי, אחרי שני הלוויינים הניסיוניים הראשונים: "השיגור של **אופק 3** נכשל פעמיים בעקבות תקלה במשגר, וכך תוכנית לווייני הצילום הישראלית נקלעה למשבר. כיוון שלא היה כסף לבנות לווין חדש, הוחלט במשרד הביטחון כי רק במקרה שיהיה שיגור מוצלח נוסף, יקבל הפרויקט את התקציבים להמשכו". ועדיין, אשד אינו מציין את התאריכים

בנוסף ליותר מ-100 תמונות בשחור-לבן, נכללים בחוברת 15 פרופילים צבעוניים של מטוסי חיל האוויר מהתקופות הנידונות, שש תמונות צבעוניות ועמוד צבעוני אחד עם 20 סמלי טייסות.

Armageddon and OKRA – Australia's air operations in the Middle East a century apart

by Lewis Frederickson

Big Sky Publishing, Australia 2020

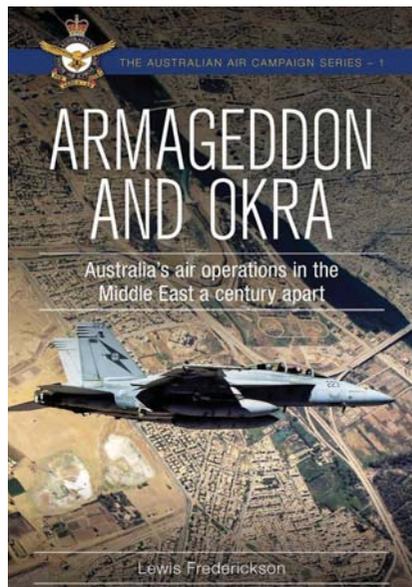
224 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 6.95 דולר לקובץ דיגיטלי בפורמט קינדל של אמזון.

ענף היסטוריה ומורשת בחיל האוויר המלכותי האוסטרלי יזם פרסום תיעוד היסטורי מחדש של הפעילות המבצעית של החיל מאז הקמתו. הכותר הראשון בסדרה מוקדש לפעילות החיל בזירת המזרח התיכון, בשתי תקופות שביניהן מפרידות כ-100 שנים. החלק הראשון עוסק בתקופת מלחמת העולם הראשונה, והחלק השני מתאר את המעורבות האוסטרלית בזירה העיראקית במלחמה נגד דאעש בעשור השני של המאה ה-21.

אותנו מעניין במיוחד החלק הראשון, המתאר את פעילות טייסת מספר 1 של גיס התעופה האוסטרלי בזירת מצרים ופלשתינה, במסגרת הכוח האווירי שסייע לצבא האימפריה הבריטית לכבוש את ארץ ישראל מידי האימפריה העות'מנית.

טייסת מספר 1 פעלה ממצרים החל מיוני 1916 במסגרת כנף מספר 5 של גיס התעופה המלכותי הבריטי, יחד עם טייסות מספר 14 ו-17. הטייסת האוסטרלית פעלה בארץ ישראל עד פברואר 1919 ורשמה לזכותה הישגים מרשימים.

ההיסטוריון הצבאי האוסטרלי ד"ר לואיס פרדריקסון מתאר את פעילותה של הטייסת, מטוסייה ואנשיה. הוא מציג הסבר על הרקע למלחמה ומהלכה העיקריים, ומתאר גם את האויב הגרמני באוויר, מטוסי וטייסיו המצטיינים. הספר כולל מבחר מעניין של תמונות מקוריות מאותה תקופה, באיכות טובה.



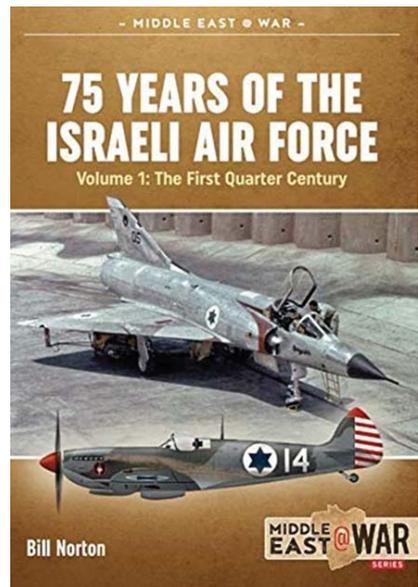
חיל האוויר הישראלי במבצע חורב במלחמת העצמאות, והשנייה על פעילות החיל במבצע קדש (ראה סקירה ב"ביעף" e135 עם '33).

עתה מוסיפה הליון שתי חוברות נוספות העוסקות בהיסטוריה של חיל האוויר הישראלי, אשר נכתבו על-ידי המהנדס והטייס האמריקני ביל נורטון. הראשונה מביניהן (כותר 28 בסדרה) מתארת את התפתחות חיל האוויר, סד"כ מטוסי ופעילותו המבצעית ב-25 השנים הראשונות לקיומו – מתקופת שירות אוויר ומלחמת העצמאות ועד מלחמת יום הכיפורים. בעוד מספר חודשים תופיע חוברת משלימה, שתתאר את התפתחות החיל ופעילותו משנת 1974 ועד היום. משום מה הקדימו את המאוחר ונתנו לחוברות את הכותרת "75 שנים..." למרות שיום ההולדת ה-75 יחול רק במאי 2023.

ביל נורטון מתעניין בחיל האוויר הישראלי זה שנים רבות וקורא ואדיקות כל פרסום על החיל. אבל מכיוון שהוא איננו יודע עברית, הוא יכול לקרוא רק את הפרסומים באנגלית, ובכך הוא מחמיץ פרסומים מקוריים בעברית שמציגים תמונה הרבה יותר מהימנה.

בשנת 2004 נורטון פרסם ספר מקיף על כל מטוסי חיל האוויר הישראלי, שנקרא **Air War on the Edge**. בסקירה שלנו בחוברת "ביעף" מספר 94 (עמ' 24-25) הצבענו על הבעייתיות שעמדה בפני נורטון בהחלטות על איזה מידע להסתמך, ועל נפילתו הבלתי נמנעת לבורות רבים. אלא שבינתיים פורסמו ספרים רבים באנגלית פרי עטם של כותבים ישראלים יודעי דבר, שרמת האמינות שלהם וההקפדה על דיוק עובדתי די גבוהה ברוב המקרים, דוגמת: שלמה אלוני, רענן וייס, עופר צידון ועמוס דור, וכן ספרי זיכרונות של ותיקי חיל האוויר שתורגמו לאנגלית. לאור זאת, התאפשר לנורטון עתה להתבסס על מגוון רחב מאוד של מקורות אממיים. ובכל זאת, הוא חוזר ומתבסס גם על כותבים זרים, שלא תמיד ידעו את האמת לאמיתה – כפי שניתן להיווכח מרשימת המקורות המפורטת שכלולה בסוף החוברת.

התמליל התיאורי של נורטון סביר, אך קורא ישראלי שמכיר את הנושא לא ימצא בו חידושים ממשיים. גם מבחר התמונות בחוברת שגרתי למדי, וכולן מוכרות מפרסומים קודמים.



ליווינים והחלל החדש

מאת חיים אשד ודורון שטרמן

הוצאת אפי מלצר, 2019

269 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 95 ש"ח

פרופ' חיים אשד והפיזיקאי והמהנדס דורון שטרמן עדכנו את הספר **ליווינים והחלל הקרוב**, שהופיע ב-2014 (ראה סקירה ב"ביעף" e129 עם '19-20). במהדורה השנייה נוסף פרק על עידן החלל המסחרי (המכונה כאן "החדש"), וכן נספח טכני עם כ-100 שאלות ותשובות לקוראים המעוניינים להעמיק את הבנתם בהנדסת חלל. פרק 12, העוסק בנכסי ישראל בחלל עודכן עד שנת 2018, אך לא תוקנו בו השינויים עליהן הצבענו בסקירתנו הקודמת.

ספר חשוב זה, ראשון מסוגו בעברית, מנגיש את תחום הנדסת החלל לציבורים נרחבים. הספר פותח בתיאור תנאי הסיביבה הייחודיים ששוררים בחלל הקרוב לכדור-הארץ, וממשיך בתיאור מסלולי הגופים הנעים בחלל ובמה שנדרש ממשגר כדי להציב לוויין במסלול סביב כדור-הארץ. בהמשך מובא תיאור מלא של המערכות החיוניות לתפקודו של לוויין – הנעה רקטית, מבנים של מערכות חלליות, מקורות חשמל, מערכות לבקרת מצב, בקרת טמפרטורה, תקשורת ותחנות קרקעיות. הפרקים הבאים מוקדשים לסוגי הלוויינים השונים – תצפית וחישה מרחוק, תקשורת, ומשימות מיוחדות דוגמת מערכת איכון עולמית (GPS), מחקר מדעי ועוד. נספח ראשון מציג ההכוחות מתמטיות לסוגיות עקרוניות במדעי החלל, ונספח שני מסביר 33 מושגים שונים.

75 Years of the Israeli Air Force

by Bill Norton

Helion & Company, U.K., 2020

96 עמודים בכריכה רכה. המחיר: 19.95 ליש"ט.

הוצאת הליון הבריטית פרסמה מ-2015 ועד סוף השנה החולפת 29 כותרים בסדרת החוברות על המזרח התיכון במלחמה. בין הכותרים הראשונים בסדרה נכללו שתי חוברות שנכתבו על-ידי שלמה אלוני, האחת על פעילות

