



סיפורו של "שפיר-1"

טייל אוויר-אוויר ראשון שפותח ברפאל*

כתב: חיים סלעי, צילם: יוסי שטרנברג, ערך: ד"ר ראובן אשל
כתבה מספר 17 בסדרת כתבות על תולדות רפאל בעריכת ד"ר ראובן אשל

שלט היטב בטכנולוגיות טרנזיסטורים ומעגלים מודפסים, שאותם הכיר מניסיונו בארה"ב⁴; אריה פרץ - מהנדס במחלקת הנעה, בעל ניסיון קודם בפיתוח מנועים מוצקים.

על דיונים והחלטות

בשנים 1959-1960 נערכו במערכת הביטחון דיונים רבים, שעיבדו את קידום העבודה בפרויקט. היעדר החלטה מרט את עצביו של הלל. בעת ביקור בפרויקט שאל ראש הממשלה ושר הביטחון דאז, דוד בן-גוריון, את הלל (איור 2): "כמה זמן יידרש לישראל לשגר 'ספוטניק' משלה לחלל?" הלל השיב ללא היסוס: "עשרים ואחת שנה!" בן-גוריון תמה כיצד הגיע להערכה זו, והלל הסביר: "עשרים שנה דרושות לקבלת ההחלטה, ועוד שנה לביצועה!" (הלל לא טעה בהרבה: ההחלטה לפתח לווין ישראלי נפלה בתחילת שנות השמונים).

תיכון מוקדם

ב-30 בדצמבר 1959 הופצה הוראת הפיתוח על ידי אהרון (אולק) נחשון - ראש אג"ם/אמל"ח של צה"ל³. התיכון המוקדם של פיתוח מערכת הנשק כלל כבר את המכלולים העיקריים (איור 3), שכולם היו באותה עת חידושים ברפאל: יחידת הנחיה המבוססת על ראש ביות אינפרא-אדום, מנוע רקטי ייחודי בעל שתי רמות דחף⁵ ומערכת היגוי קדמית מונעת על ידי סרוו פניאומטי בשיטת PWM. לאחר השיגור תוכנן הטיל להתבטא אל להבת מנוע הסילון באמצעות עין ביות רגישה לחום. משקלו המתוכנן של הראש הקרבי (רש"ק) היה 3.5 ק"ג בלבד, כיוון שהתכן הניח פגיעה פיזית במטוס, ללא צורך במרועם קרבה. מיקומו של הרש"ק נקבע מאחור,

מבוא

פיתוח "שפיר-1" (איור 1) החל ברפאל בשנת 1959 והסתיים בשנת 1964. בחודש מאי 1964 נקלטו ראשוני טיילי "שפיר-1" במערך היירוט של חיל האוויר. מלאכת הפיתוח החלה בהיעדר תשתיות המדע, הטכנולוגיה והארגון הנוצרות להתמודדות עם פרויקט מורכב מעין זה, שרק ארבע המעצמות הגדולות יכלו לו. לפיכך היה פיתוח ה"שפיר" הראשון בבחינת יש מאין, שפרץ את הדרך והקים את התשתיות לדגמים המתקדמים של טיילי חום^{2,4}.

התנעה והקמת צוות הפרויקט

ראש הפרויקט, הלל בר-לב, עלה מארה"ב, שם שימש כטייס בצי האמריקני, למד פיזיקה ואלקטרוניקה ורכש ניסיון מעשי בחברת HUGHES. בשלהי 1957 נקלט הלל ברפאל בתחום מחקר מערכות במסגרת זו הוזמן הלל לניסוי טיילי "לזז". שם פגש את רב-סרן בני פלד, שהעיר³: "ראה על מה מבזבזים כסף... אנחנו צריכים טייל אוויר-אוויר... בהמשך הפגיש בני את הלל עם מפקד חיל-אוויר הנכנס, האלוף עזר ויצמן, שתמך גם הוא בנושא. לאחר ששכנע את הנהלת רפאל, ועוד לפני שהתקבלה תגובה פורמלית מחייבת מצה"ל, מונה הלל באפריל 1959 לעמוד בראש צוות עובדים מצומצם לקידום הפיתוח, וגם קיבל מהנהלת רפאל מימון ראשוני להתנעת הפיתוח. בכירי הצוות היו: יוסף סיני - מהנדס המערכת ומהנדס מכונות ראשי, שהנהיג את השימוש בסרוו פניאומטי להיגוי הטיל; יעקב מאירי - מהנדס אווירונאוטיקה, שהתמודד לראשונה ברפאל עם היגוי קדמי בטייל; אברהם אנושי - מהנדס האלקטרוניקה הראשי בפרויקט, אשר



איור 2: דוד בן-גוריון מתחקר את ראש הפרויקט הלל בר-לב על מועד פריצת ישראל לחלל (1960)

* בכתבות ההיסטוריות אנו ממשיכים להשתמש בכתובי רפאל - עם גרשיים, כדי לשמר את "הטעם של פעם".

משום שטרם ידעו כי רצוי שימוקם בקדמת הטיל, כדי שיתפוצץ ליד תא הטייס. בטילי הניסוי נכללה מערכת טלמטריה, וזו נקבעה זמנית במקום שנועד לרש"ק. הלל זיווד את הטיל בצינור אחד, כי חשב שהטיל יקרוס אם ייבנה משני מקטעים. את המנוע והרש"ק היו מרכיבים מאחור, ואת יחידת ההנחה מלפנים. אורי פילוסוף נשאר לילה אחד, חתך את הצינור לשניים, ריתך מחבר, הניח את הטיל על שתי נקודות והעמיס את המחבר. כאשר הלל הגיע בבוקר, התיישב אורי על הצינור ושכנע בחוזקו.⁶

פיתוח המכלולים

יחידות ההנחה הראשונות, שיוצרו לצורך ניסויים מעבדתיים, כללו מערכת פניאומטית, ראש ביות ואלקטרוניקה. ייצוח הסתיים בספטמבר 1959 ובאמצעותן נערכו בדיקות עקיבה אחרי מטרת סטטיות על הקרקע. במקביל פותח המנוע הרקטי, ונוסו באופן סטטי כ-50 מנועים. כמו כן פותחה בתחום קומוניקציה מערכת טלמטריה מיוחדת לצורכי ניסויי רי⁷. באחד הביקורים של דוד בן-גוריון בפרויקט הדגים לו מנכ"ל, שמעון פרס, את שראה בביקור קודם: הוא הצית סיגריה והראה שראש הביות התרמי עוקב אחריה...

ח"עקרב" ל"שפירי"

מאחר שהראש הקרבי (העוקץ) נקבע בקצהו האחורי של הטיל, החליט הלל לכוונתו "עקרב". בינואר 1960 החליט דוד בן גוריון לבטל את הכינוי "עקרב" ולקרוז לטיל "שפירי", ככתוב בספר ירמיהו (מ"ג, י"א): "וְנִטְּהָ אֶת שְׁפִירָהּ עֲלֵיהֶם וְצָא וְהָיָה אֶת-אֶרֶץ מִצְרַיִם, אֲשֶׁר לְמֹת לְמֹתָי, וְאֲשֶׁר לְשָׁבִי, וְאֲשֶׁר לְחָרְבִי לְחָרְבִי".

ניסויי סימולציה מעבדתית

בסימולטור השתמשו ביחידת ההנחה המוטסת ובמחשב אנלוגי להדמיית האווירודינמיקה (איור 3). נוסף לכך כלל הסימולטור מטרה (חד-מנועית או דו-מנועית), הדמיה לעומס אווירודינמי על ההגאים בעזרת קפיצים, ושולחן טיס דו-צירי להדמיית תנועות הטיל באוויר. פיתוח סימולטור זה הסתיים ב-1961 ומאז שימש כלי פיתוח מרכזי.



איור 3: מערך הסימולציה האנלוגית שבה נבחנה מערכת ההנחה והניהוג

ניסויי ירי בארץ ובצרפת

האב-טיפוס שנבנה ב-1959 שימש כבסיס לבניית דגמי "שפירי-1" לניסויי ירי. ניסויי "עמוד השחר", שהחלו ביולי 1960, נועדו לבדוק את פעילותן המשולבת של כל מערכות ה"שפירי" בירי על מטרה קרקעית. המטרה הורכבה משלוש רשתות ברזל שחוממו במבערי גז. במטוס שיועד לניסויים הותקן מוניטור אשר נתן לטייס אות (אקוסטי או חזותי) על קליטת המטרה על ידי ראש הביות. שיטה זו משמשת עד היום. ב-1961 נערכה בארץ סדרה של שיוגים כנגד נורים מוצנחים, שנמשכה

ב-1962 כנגד מטרות בלתי מתמרנות והסתיימה בשבע פגיעות במרכז הלהבה.⁸



איור 4: קדם-סדרה של טילים שיוצרו ברפא"ל לצורך ניסויי ירי (הסדרה המבצעית יוצרה בהמשך בתעש)

היות שלא היו בארץ מטרות מתמרנות מסוג מטוסים ללא טייס (מל"ט), נערכה סדרה שנייה של שיוגים בצרפת (ינואר-מרס 1963) כנגד מטרה מתמרנת (מל"ט צרפתי מדגם CT-20). ניסויים אלה בוצעו בשדה הניסויים Ile de Levant של הצי הצרפתי. שדה ניסויים זה שוכן על חצי של אי קטן בריוויירה הצרפתית, וחצי השני משמש כמושבת נודיסטים. למותר להזכיר כמה מעברים היו בגדר המפרידה בין הבסיס של הצי למושבה... הניסוי בצרפת התבסס על ארבעים "שפיריים" מקדם-הסדרה שיוצרה ברפא"ל (איור 4). ארבעה שיוגים מוצלחים מתוך חמישה הציגו את יכולתו של ה"שפירי" ליירט מטוס סילון שאינו מתמרן. שני טילים נוספים, ששיגורו כנגד מטרות מתמרנות, פעלו - אבל החטיאו את המטרה. באנגליזות ובסימולציות, שבוצעו בארץ על ידי אליעזר שן ואורי פלד בעקבות הניסויים בצרפת, התברר שהסיבה להחטאות היא גלגול מושרה של הטיל בעת תמרונו. התופעה תוקנה על ידי תוספת מרסני גלגול במייצבים (Rollerons). את ההחטאה הנותרת של מטרים בודדים פתר הלל בסיועו של חיים מגן, שפיתח מרעום קרבה אלקטרו-אופטי. כל ניסויי ציין רגע שיא של עבודה רבה ומאומצת שנעשתה בפרויקט וצומת להפקת לקחים להמשך הפיתוח.

ייצור סדרתי והצטיידות

ב-27 בדצמבר 1962 החליט חיל האוויר לרכוש 200 טילי "שפירי-1" לשימוש מבצעי. ההחלטה היוותה ציון-דרך חשוב בפרויקט. לפי מדיניות משרד הביטחון באותן שנים, ובניגוד לעמדת רפא"ל, יוצרו הטילים המבצעיים במפעלי התעשייה הצבאית בניצוחו של ניצן הלוי. עוד בטרם הסתיימו ניסויי הפיתוח של הטיל בשנת 1964, נקלטו ראשוני הטילים במערך היירוט של חיל האוויר.

ניסיון מבצעי

מבחינה מבצעית לא ענה "שפירי-1" על כל הציפיות שתלו בו: במהלך שירותו המבצעי התגלו בו בעיות ניהוג שלא נחזו בזמן תכנונו, והתברר שמטען הראש הקרבי היה קטן מדי. כמו-כן התברר כי הידע הבראשיתי, שהיה קיים בחיל האוויר ביחס לתורת הלחימה בטילים בקרבות אוויר, לקה בחסר. כל אלה הנחילו אכזבות קשות. אולם במהלך פיתוח הטיל, ייצורו והשימוש המבצעי בו, נוצרו הכלים והונחה התשתית לפיתוח הטכנו-מבצעי של הדורות הבאים של טילי אוויר-אוויר מתוצרת רפא"ל, שזכו להצלחות רבות בתולדות הלוחמה האווירית. ניתן אפוא לסכם שתרומתם העקיפה של טילי "שפירי-1" לחיל האוויר, ובאמצעותו לביטחון ישראל, הייתה מרובה, כפי שיוזגם בכתבה על "שפירי-2" שתפורסם בגיליון הבא.

ציטוט טייסי חיל האוויר

אלי"ם (מיל) יעקב אגסי (טייס הניסוי ברוב טיסות הפיתוח של "שפירי-1"): "הרבה תהילה לא הייתה לשפירי-1. נהפוך הוא, היו עליי בדיחות, העליבו אותי ולעגו לי, אבל הוא האבא והסבא של הילדים המוצלחים שפירי-2, פיתון-3 פיתון-4, פיתון-5. הגנים היו גנים טובים."⁹

מדברי שלושת הטייסים אשר הפילו מטוסי אויב באמצעות "שפירי-1":

- **איתמר נוייר**⁹: "פתאום המיג-21 מיישר והופך ימינה... כהרף עין אני שם כוונת, מקבל קליטה בטיל ומנורה כחולה - ומשגר! טיל שפירי-1 יוצא לדרך. אבל אני מכיר את השפירי-1 ולא סומך עליו, לאחר שאיכזב אותי במלחמת ששת הימים. אני משגר מיד טיל שני. הטיל הראשון מתבית יפה, רץ לכיוון זנב המיג ומתלכד עימו".
- **חן פקר**¹⁰: "תוך זמן קצר ראיתי את אחת התמונות המדהימות שראיתי אי-פעם בכל 27 שנותיי בתעופה הצבאית - מחזה שלבטח לא במהרה יישכח - השפירי, שנראה כעיפרון דק וחד, סגר על המיג וחדר בדיק לצינור הפליטה של המטוס. כשנייה לאחר מכן הייתה התפוצצות אדירה, כשאני נמצא בערך בטווח של 600-700 מטר בצד שמאל ומאחורי המיג. המיג פשוט נעלם!"
- **אורי לים**⁹: "פיתוח שפירי-1 הנו דוגמה מצוינת למכלול תכונות שמאפיינו אותנו כישראלים: חזון, יוזמה, יצירתיות, חוצפה וכישרון, הן מדעי והן אלטורי. העובדה שמשפך אנשים, שניתן לספור אותם על אצבעות שתי ידיים, מחליטים להרים פרויקט כזה, אז, ללא תשתיות, היא מרתקת. הצלחתו של השפירי היא בהכנסת רגל בדלת לתחום טילי אוויר-אוויר."

על כל אלה זכה צוות הפרויקט בפרס ביטחון ישראל לשנת 1963.

סימוכין

1. דן רוזן, פיתוח טילי אוויר-אוויר בישראל, הרצאה בכנס שנתי של האגודה הישראלית לתעופה וחלל, פברואר 1998.
2. ענף חימוש אוויר, יום עיון טילי אוויר-אוויר, שנערך ב-13.1.1994, הוצאת מפקדת חיל-אוויר, ינואר 1996.
3. משה ינברג, פיתוחו של טיל אוויר-אוויר ראשון מתוצרת ישראל, הוצאת מפקדת חיל אוויר, 1999.
4. אברהם אנשי, אגרת המסורת, ספר בהוצאה פרטית, 2004, פרק 9.
5. אריה פרץ, היסטוריית הפיתוח של המנוע לטייל אוויר-אוויר שפירי-1, דו"ח רפאל 1/1083M/2006, יוני 2007.
6. חיים שלעי, ידע אישי.
7. אלי שילי, סקירה היסטורית - הרקע והפיתוח של מערכת טלמטריה לשפירי-1, דו"ח 594537 מיוני 2007.
8. מוניה מרדור, רפא"ל - בנתיבי המחקר והפיתוח לביטחון ישראל, הוצאת משרד הביטחון, 1981, עמודים 413 - 464.
9. ציטוטים מתוך כנס שפירי-1 שנערך ברפאל בשנת 2009.
10. רן פקה, נץ בשחקים, הוצאת ידיעות אחרונות, 2002.

