



## חוסם למרעום קרבה שבט א' אלי שבילי

באוקטובר 1964 פנה אלי יעקב זיו, אז ראש תחום קומוניקציה, בבקשה לחפש פתרון אפשרי לחסימת מרעום קרבה ל"שפריר-2", שאותו הציע לפיתוח עבור שבט א'. הוא ציין למסקנה שככל הנראה חסימה אינה ניתנת לביצוע. יחד עם זאת, בשל הספק שמקנן בו, הוא מבקש ממני לחשוב על כך באופן בלתי תלוי. הרקע לפנייתו נבע מהפקת הלקחים מפיתוח ה"לוד", שבהם התגלתה הרגישות לחסימה לאחר סיום הפיתוח.

את בקשתו של יעקב קיבלתי כאתגר והתחלתי ללמוד את הנושא. הבחינה הראשונה שערכתי, בסיועו של יוסף (קארה) וייסליצר - מהנדס מחקר ותיכון מערכות בקרה במסגרת שבט א', הייתה קבועי זמן לחיפוש ולנעילה על תדר בתחום L. בשל מהירויות החליפה בין הטיל למטרה, הזמן הקצר ביותר עבור תהליך נעילת התדר היה לפתח חוג בקרה הכולל מקלט סורק ומנוע שיבצע נעילת תדר לצורך הפעלת חוסם בפרק זמן כזה.

התחלתי לחפש טכנולוגיות אחרות. החיפוש נמשך כחודש ימים. בספריית הקטלוגים גיליתי רכיב חדשני לאותם ימים - Mini-TWT. להתקן זה היה רוחב טרט גדול יחסית, ממדים קטנים והספק תפוקה גבוה יחסית. מייד עלה בדעתי רעיון למימוש חוסם משיב, שאותו מיהרתי להציג באוזני יעקב זיו. תגובתו הייתה מיידית: "עכשיו כתוב את זה". את הפתרון על מרכיביו השונים ניסחתי והדפסתי תוך ימים אחדים. הדו"ח "חוסם למרעום קרבה שבט א'", יצא לאור ב-1.12.1964. בשל המשמעות ורגישות הנושא הוא סווג כסודי-ביותר והופץ שמית לארבעה אנשים בלבד (בזון, זיו, צפיר וזלק). לאחר שבערך דיון נוסף בנושא המרעום ל"שפריר-2", בהשראת הדו"ח, הוחלט לגנוז את ההצעה לפיתוח מרעום אלקטרומוגנטי ולפעול לפיתוח מרעום אלקטרואופטי, שפיתוחו עלה יפה. המרעום היה בעל חסינות טבעית ועלותו הייתה נמוכה בהרבה מהעלות הפוטנציאלית של מרעום אלקטרומוגנטי.

# תולדות "שפריר-2"

## דור שני של טילי אוויר-אוויר

### חיים סלעי וד"ר אורי פלד

כתבה מספר 18 בסדרת כתבות על תולדות רפא"ל \*  
בעריכת ד"ר ראובן אשל

להאריך את זמן הפיתוח. "באותה הזדמנות" הוענן גם מפרט הדרישות, ונדרשה יכולת יירוט מטרות המתמרנות חזק. הרבה יותר ממה שנדרש "שפריר-1" (5g לעומת 1.5g). בתחום ציוד רחב יותר (45 מעלות מזנב המטרה לעומת 15) ובטווח מרבי גדול יותר. דרישות אלה ביטאו את ההערכות העדכניות (לאותו זמן) של ח"א על הצפוי בקרבות אוויר, אף-כי עדיין לא היו טילים בשימוש מבצעי ולא היה ניסיון מבצעי בטיילים.

### מהלך הפיתוח<sup>32</sup>

בעקבות החלטת משרד הביטחון לייצר את "שפריר-1" בתע"ש ולא ברפא"ל פרש הילל בר-לב, ובמקומו התמנה ד"ר זאב בונן לעמוד בראש צוות הפיתוח. זאב קבע את המאפיינים העיקריים של הטיל: כושר תמרון גדול יותר כדי להתגבר על מטרות מתמרנות ולאפשר ירי בזוויות הציוד שנדרשו, ראש קרבי גדול הרבה יותר (כ-12 ק"ג לעומת 2 ק"ג של "שפריר-1"), מרעום קרבה מתקדם כדי להבטיח השמדת מטרה במרחקי ההחטאה שהוערכו על סמך אלה של "שפריר-1" וטווח קינמטי מרבי גדול יותר. מאפיינים אלה הביאו לטיל גדול יותר בקוטר (160 מ"מ לעומת 110 ב"שפריר-1") ובמשקל (כ-90 ק"ג לעומת 45 ק"ג).

בניגוד לדרך החתתים רבת-

### הצורך המבצעי

עוד לפני סיום פיתוחו של "שפריר-1" הציע הילל בר-לב, ראש הפרויקט, את הדגם הבא - "שפריר-2". על פי חזונו היה הטיל אמור לעלות על קודמו ביכולת קליטת מטרות מכל הכיוונים, ולא רק מאחור, בזכות ראש בית משוכלל יותר, בעל "גלאי מקורר", ובטווח ירי מרבי גדול יותר בזכות מנוע רקטי גדול יותר.

כפי שתואר בכתבה קודמת על "שפריר-1", הניסויים בצרפת וניסויי הקבלה שנערכו בארץ לאחר-מכן, עם מטרה נגרת מטיפוס "דלמר", שהייתה בעלת יכולת תמרון (קטנה אמנם, אך משמעותית), הצביעו כי לטיל ביצועים סבירים רק אם יורם אותו על מטרה לא מתמרנת ומאחור. מטרה מתמרנת גרמה למרחקי החטאה גדולים מדי, שלא תאמו את ביצועי הראש הקרבי הקטן שהותקן בטייל. הסתמן כי נדרש שיפור של "שפריר-1" במה שנוגע ליכולת יירוט מטרות מתמרנות, בלי קשר לשיפור ראש הבית או הטווח המרבי.

נערכו דיונים ארוכים בנושא בין אנשי ח"א לאנשי רפא"ל, ובסופם החליט מוח"א, עזר וייצמן, כי "שפריר-1" יונסע לשירות למרות מגבלותיו ובמקביל יפותח "שפריר-2", שיתגבר על מגבלות "שפריר-1", אך לא יכלול "גלאי מקורר" כדי לא

## שפיררים" על המסלול אורי פלד

באחד מימי מלחמת יום הכיפורים הגיעה הודעה מח"א לרפאל כי שני "שפיררים" נפלו ממטוס בזמן הנחיתה. הטייס שדיווח על כך סיפר כי ראה לתדהמתו את הטיילים עוזבים את מטוסו, "רפאל" חופשית על המסלול ונתקעים בסופו של דבר באדמה בצד המסלול. האירוע עורר את הזיכרונות המרים מימי "שפיר-1". כזכור, נפלו טילים כתוצאה מהלם מכני בזמן השלכת המכלים הנתיקים. אבל שדבר כזה יקרה בנחיתה, במיוחד לאחר שהופקו הלקחים מהמקרים ההם, ממש מתסכל...

מעט-מעט נוספו פרטים שהבהירו את התמונה: התברר כי המטוס התקלקל בטיסה, חזר לנחיתה, לא הצליח לעצור בכוחות עצמו ונעצר על ידי רשת, שהייתה מונחת דרך קבע בקצה המסלול ותפקידה היה לעצור מטוסים חסרי מעצורים. מכיוון שתאוצת העצירה ברשת הייתה חזקה מאוד, מנגנון הנעילה של הטייל "פירש" את הכוח כהפעלת מנוע ושחרר את הטיילים לדרום. כמו במקרה של השלכת המכלים, שלא הובאו בחשבון בתכן נושא הטיילים של "שפיר-1", גם כאן התברר כי עצירה ברשת לא נכללה במעטפת הטיסה הכבולה של "שפיר-2", ומערכת הנשיאה שלו לא תוכננה לכך. התיקון היה קל ופשוט ונעשה עוד תוך כדי המלחמה: החלפת פין גזירה, שקיבע את הטייל על נושא הטיילים, בפין גזירה עבה מעט יותר...

זאת ועוד: "שפיר-2" הוכיח את עצמו ככזה ש"פגיעתו רעה" יותר מהטיילים האחרים שהפעיל ח"א. על פי דיווחי הטייסים הייתה פגיעתו במטוס האויב מלאה בדרך כלל בפיצוץ גדול ובהשמדה מיידיה. הטייסים העריכו מאוד את התכונה הזאת של ה"שפיררים" ורצו שמטוסם יחומש ב"שפיררים" ולא בטיילים האחרים. הייצור, שכאמור לא היה בכמויות גדולות, פיגר אחרי הצריכה. לפיכך נוצרה תחרות סמויה בין הטייסות על העדיפות בקבלת ה"שפיררים" והופעל לחץ על רפאל לייצר עוד ועוד טילים - דבר שמפעל הייצור שמח לעמוד בו, ובהצלחה רבה.

"שפיר-2" היה גם המוצר הראשון של חטיבת הנחיה (לימים חטיבת טילים) שנמכר לחילות אוויר זרים, ובכך היה חלוץ בנושא. "שפיר-2" קיבע את רפאל כמפתח וכיצרן טילים מהשורה הראשונה וסלל את הדרך לפיתוח דורות נוספים ומוצלחים של טיילי אוויר-אוויר.

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

1. חיים סלעי, "סיפורו של שפיר-1", רפאל שלנו, גיליון 16, ספטמבר 2010.
2. מוניה מרדור, רפאל, הוצאת משרד הביטחון, 1981, עמ' 481 - 494.
3. זאב בונן, רפאל ממעבדה למערכה, הוצאת נד"ד מדיה בע"מ, 2003, עמודים 26, 79 - 97.
4. משה ויינברג, עשור לא שקט, הוצאת חיל האוויר, 1999, פרק על "שפיר-2".



גבוהה, שעלתה על זו של מקבילו האמריקני AIM והביאה לכך שטיילים שנורו ברחבי העולם שנים רבות לאחר ייצורם תפקדו כחדשים! התחום גדל והיה למיט"ל - מפעל הייצור של חטיבת הטיילים, המייצר כיום את כל מוצרי החטיבה ותורם בצורה מכרעת לחוסן הכלכלי שלה ושל רפאל כולה.

ההמשך הטבעי של הפיתוח החלקי ושל ההצלחות בניסויי הפיתוח הראשונים והמתקדמים היה צריך להיות ניסוי קבלה, הצטיידות בטיילים והכנסתם לשימוש מבצעי. זה קרה אמנם, אך לא כל כך בקלות. ח"א לקח שלל מספר ניכר של טיילי אוויר-אוויר רוסיים במלחמת ששת הימים וקיבל טילים אמריקניים אחריה. הוא החליט כי די לו בכך וכי אינו רוצה להוציא כסף על רכישת טילים מתוצרת הארץ, ולכן אינו מעוניין בהמשך פעילות הפיתוח. משרד הביטחון לא מילא את רצון ח"א: הוא חייב את החיל להמשיך בתוכנית הפיתוח, לעשות ניסוי קבלה, לייצר טילים בכמות קטנה יחסית, לקלוט אותם ולהשתמש בהם. אין ספק כי החלטה זו השפיעה מאוד על בניית יכולת הטיילות בארץ בכלל וברפאל"ל בפרט, ועל כך יש להעריך מאוד את מקבלי אותה החלטה.

ניסוי הקבלה של "שפיר-2", שנערך בסוף 1968 - תחילת 1969, היה מוצלח מאוד. לניסוי הוכנו 30 טילים, מתוכם נורו 19, שרובם פגעו ובכך איפשרו לח"א לסיים את הניסוי ולהכריז שהטייל עבר את המבחן והוא כשיר להיכנס לשירות מבצעי.

### שימוש מבצעי

הטיילים שנותרו מהניסוי הוסבו לטיילים מבצעיים ונשלחו לטייסות. אחד מהם הפיל מטוס אויב כבר בטיסה המבצעית הראשונה בקיץ 1969, והפלות נוספות באו בעקבותיה. בשבוע הראשון לשירותו המבצעי הופלו באמצעותו ארבעה מטוסי מיג, דבר שצוין לשבח על ידי מח"א דאז, מוטי הוד.

## ההפלה הראשונה - סיפור אישי חיים סלעי

ב-1 ביולי 1969 סופקו ששת הטיילים המבצעיים הראשונים לטייסת ברמת דוד. למחרת, ב-2 ביולי 1969, ביקר ברפאל"ל קצין הפרויקט מטעם ח"א, סא"ל יוסף שנער, לימים פרופסור בפקולטה לאווירונאוטיקה בטכניון, ושאל אותי היכן הטיילים שעל רפאל"ל לספק. עניתי לו שכבר שלחתי אותם לכנף. הוא התרגז וטען כי "הפירן אינו מוסמך להחליט לאיזו טייסת לשלוח את הטיילים וכי על רפאל"ל היה לחכות להנחיה ממפקדת ח"א". כעס נכנס לטנדר הסוסייטיא שלו ונסע לטייסת. מיד עם הגיעו שאל מה עם הטיילים ונענה כי מיד עם הגעת הטיילים לטייסת הם הותקנו על המטוסים, הייתה הזנקה ושוגר טייל אחד, שפגע והפיל מטוס מיג-21 מצרי! הכעס התחלף באחת ל"כל הכבוד", שהדהד עד רפאל"ל...

לעיקר תהילתו זכה "שפיר-2" במלחמת יום הכיפורים. כ-90 מטוסים הופלו באמצעותו מתוך כ-180 טילים שנורו. בכך היה הטייל בעל שיעור ההצלחה הגבוה מבין כל הטיילים שהפעיל ח"א במלחמה. במשך כל שירותו המבצעי בח"א הפיל "שפיר-2" 106 מטוסי אויב.

התקלות שבה אופיין פיתוח "שפיר-1", היה פיתוח "שפיר-2" כמעט נקי מתקלות, למעט תקלות מזעריות שלא השפיעו משמעותית על מהלך הפיתוח ולא עיכבו אותו, בעיקר בזכות הבנת הנושאים הטכניים והניהול המוצלח של זאב בונן. זאב לא עבר לסדר היום על כל חשד לתקלה וכך לא נתן לתקלות לגדול ולהפתיע. מסכת הבדיקות היסודית, המסודרת והרהוטה בהכנות לניסויים ובאישור התיכון הביאה לכך שהמכלולים פותחו היטב ופעלו כהלכה. תורת ניהול הפרויקט שיישם זאב ותורת הניסויים היו בבחינת פריצת דרך בניהול ובפיתוח ואומצו על ידי רבים ברפאל"ל. אם "חופרים" קצת לעומק אפשר למצוא גם בתוכניות הפיתוח של היום את עיקרי תורתו.

פיתוח "שפיר-2" החל ב-1964, עת נכנס "שפיר-1" לשימוש מבצעי, והסתיים ב-1969. במהלך תקופה זו נעשה שימוש מבצעי ב"שפיר-1", גם בקרבות האוויר שקדמו למלחמת ששת הימים וגם במלחמה עצמה, אך לא בהצלחה, אם להתבטא בעדינות. מתחקור וניתוח השיגורים התברר כי הגורם העיקרי לכישלונות היה השלכת המכלים בכניסה לקרב - תנאי טיסה שלא הוגדר במפרט הפיתוח. ההשלכה גרמה להלם מכני על הטייל ולנזק עד כדי נפילה. גם אם לא נפל, היה הטייל מקולקל כאשר הגיע לירי. הגורם השני בחשיבותו היה שינויים שעשו בתע"ש, מקום ייצור הטייל, ברכיבי הטייל ובתהליכי הייצור ולא עברו אישור תיכון נאות. שינויים אלה גרמו לתקלות בפעולת הטייל ו"שפיר-1" עוד הספיק להשתתף במלחמת ההתשה. מספר טילים מאלה שנורו אז הפילו מטוסים. אחת הפהלות אף מתועדת בספר "שעה שש כרגיל" - סיפורים של טייס מיראז", שכתב הטייס המפיל, איתמר נויגר, שנים מאוחר יותר.

התקלות שאירעו בשימוש המבצעי של "שפיר-1" השפיעו מאוד על פיתוח "שפיר-2": תנאי הסביבה שעבורם תוכננו הטייל ונושא הטייל (נט"ל) עודכנו במהלך הפיתוח כך שכללו הלם מכני; מתכנני המכניקה שינו ועדכנו את התכן כך שהושגה עמידה בהלמים.

### ייצור והצטיידות

זאב טען, כהילל קודמו, שהייצור צריך להיות באחריות המפתח, רפאל"ל, ולא באחריות יצרן חיצוני, והפעם התקבלה טענתו במשרד הביטחון, מה שלא קרה להילל. להחלטה להפקיד את הייצור בידי רפאל"ל תרמו בעיות ייצור "שפיר-1" בתע"ש, מצד אחד, וכוסר השכנוע של זאב, שנמנעו בהצלחות המוכחות שלו בניסויי הפיתוח, מצד שני. אבל בעיקר תרמה לכך העובדה שזאב וצוותו הכינו סימוכי ייצור מפורטים ומסודרים, במגמה להבטיח את תקינות הייצור, ותע"ש לא הצליח "לעכל" אותם, להתארגן ולהכין את הנדרש בזמן.

להחלטה על ייצור "שפיר-2" ברפאל"ל הייתה השפעה גדולה מאוד על רפאל"ל. תחילה הוקם תחום יישום פיתוח (יפ"ת), שייצר וסיפק את הטיילים. במשך רוב זמן ייצורם של ה"שפיררים" עמד בראש התחום יוסף (יוסקה) פלג, אשר לו ולעובדי התחום הייתה תרומה רבה בשימור אמינות "שפיר-2" לטווח ארוך על-ידי שיפורים והתאמות שהוכנסו בסדרות הייצור של הטייל. פעילות מבורכת זו התבטאה באמינות מבצעית