

פיתוח מערכי "תמוז" דור ב'

ד"ר דניאל לשם¹, ד"ר מנחם צוקר ויהושע קראוס
כתבה 30 בסדרת כתבות על תולדות רפאל
בעריכת ד"ר ראובן אשל



איור 1: "הפיז-2" עם טילי "תמוז" דור ב'

הביטחון ובצה"ל, הקמה ואימון יחידות מתאימות וגיבוש תורת לחימה.

באותה תקופה, מדיניות משרד הביטחון הייתה עדיין שייצור מוצרי רפאל בכלל, ומערך "תמוז" בפרט, יבוצעו בתעשיות יצרניות (רפאל) נחשבה כ"רשות פיתוח אמצעי לחימה", ולפיכך נדרשנו להעביר את ייצור הטילים לתעשייה האווירית ואת ייצור המנועים לתע"ש. ייצור המנועים חזר לרפאל מסיבות מקצועיות ובהובלתו של ד"ר ראובן אשל, מנהל החטיבה, הצלחנו לשכנע את תע"א להשאיר את ייצור הטילים ברפאל! כיום ברור שמפעל ביטחוני אינו יכול להתקיים

"תמוז" ומשגר "הפיז" (בהובלת דן רוגל) סיימו בזמן שיא - תוך שלוש שנים מחתימת החוזה מול משרד הביטחון.

ההתמודדות עם פיתוח טיל הנ"ט ברפאל הייתה מהפכנית משני היבטים: ראשית, עד שלב זה רפאל פיתחה וסיפקה טילי אוויר-אוויר ואוויר-קרקע מתקדמים, אך מלבד טיל ה"לוח" רפאל לא פיתחה טילים לכוחות היבשה. שנית, טילי נ"ט לטווחים גדולים (10 ק"מ), המתביינים בדיוק נקודתי, לא היו קיימים בעולם ונדרשו לכך פריצת דרך, יוזמה וחדשנות בגיבוש הפתרון, שכנעו וגייסו הלקוחות הפוטנציאליים במשרד

היום כבר מותר לספר

את הדור הראשון של הטיל החדשני נגד טנקים (נ"ט) "תמוז" התחלנו לפתח ב-1974, לאור לקחי מלחמת יום כיפור והצורך החיוני שנחשף בה לפגיעה מדויקת והשמדה של טנקי האויב בטווחים גדולים (4 עד 10 ק"מ). ד"ר פאול כץ מונה כראש הפרויקט, בסיוע מקצועי מקיף של ד"ר מויה אפשטיין ובמימון עצמי שאישר מנכ"ל רפאל, ד"ר זאב בונן. רק בסוף שנות ה-70 התקבלה הזמנה לתוכנית חירום לאומית לפיתוח המערך, בעקבות הופעת טנקי T-72 בזירה, שנחשבו בלתי חדירים לאמצעים שהיו אז בידי צה"ל. את פיתוח הדור הראשון של טילי

(אוויריים וימיים) דורש שינויים בראש-הביטות, בזביל, בהנחה, בתפעול וכמובן בתכן מערכות השיגור, הקשר והשליטה המיוחדות למסוק ולספינה, שכל אחת מהן היא פרויקט גדול בפני עצמו.

פיתוח משגרי דור ב'

"חפיז-2": הצטיידות בטילי דור ב' חיבה שדרוג משמעותי בסד"כ משגרי "חפיז": הוספת מערכות לתפעול טילי הלילה (מערכת קירור ומערכת תצפית תרמית משוכללת); מערכת ניווט לתמיכה ב"ניווט הביניים"; שיפורים במערכת הירי והמחשבים - מעבר מהאלקטרוניקה האנלוגית המיושנת למערכת ספרתית מודרנית במשגר הבובלתו (בכל סוגי המשגרים) של ה"דוקטור" - ד"ר יורם וולטון. "חפיז-2" נוהל בחטיבת אווירומכניקה על ידי גיורא זייגר ובהמשך על ידי אברהם ארם.

"פרא": במקביל להצטיידות בגדודי "חפיז", חודשה החשיבה על פיתוח משגרים משוכללים ומוגנים יותר המבוססים על תובת טנק. לאחר לבטים רבים התגבשה במערכת הביטחון החלטה להתייע פיתוח של טנק טילי "תמוז" בשם "פרא", המבוסס על תובת טנק 60M (תובת "מרכבה" לא הייתה זמינה באותה תקופה). אחד התומכים הנלהבים במפא"ת לרעיון היה אל"מ בני בית-אור ("בנגה"), שכתב המלצה חמה במסמך "פרא לאן?". לימים קיבל את תפקיד מפקד היחידה שקלטה את ה"פראים" לסד"כ. התנתה הפיתוח התאפשרה בסיוע מימון תע"ש, שקיבלה את הזכות להיות הקבלן הראשי בייצור הפרויקט נוהל בחטיבת אווירומכניקה. גובשה תצורה חדשנית, פשוטה ככל האפשר, אך עדיין פרויקט מורכב ביותר, ראשון מסוגו בעולם! טנק מצויד בתורן תצפית משוכלל, אנטנת תקשורת, משגר טילים מזדקף, תפעול אוטומטי בנוחות מרבית, רמות מיגון ועבירות גבוהות בשטחים מוכי אש.

התגובה הראשונית של החברה ליכולת לעמידה בדרישות הייתה שלילית, אך מנכ"ל החברה לקח את האחריות לפיתוח הסביבון. למרות הספקות והתהליכים "הלא הכי מסודרים" בין רפא"ל למט"ס, הפכה המשימה להצלחה מקצועית ועסקית לשני המפעלים עם סביבון כחול-לבן בעל ביצועים מצוינים.

שיפורים בהנחיית הטיל השיגו טווח מבצעי עד 12 ק"מ (לעומת 8 ק"מ בדור א') ושיפור דיוק ההנחיה, זאת ללא שינוי המנוע הרקטי ותצורת הטיל! להגדלת הטווח נדרשו גם שיפורים בערוץ התקשורת שיושמו בחטיבת אלקטרוניקה.

שיפור משמעותי בדיוק הפגיעה

העוקב הטלוויזיוני הצנטרואידי שהותקן בטילי דור א' גרם לביצועים לא מספקים. עוקב הקורלציה, שפותח גם הוא בשטח אלקטרואופטיקה בשנות ה-80, שולב בטילי דור ב' תוך קפיצה משמעותית בדיוקי הפגיעה בניהוג אוטומטי.

שיפור חדירת הראש הקרבי של הטיל למטרת השריון

הודות לשימוש בטכנולוגיה חדשנית הושגו ביצועים מובילים בעולם בביצועי הראש הקרבי: שיפור בכ-20% שמאפשר חדירת טנקי המערכה המתקדמים ביותר. נוסף לכך יש לזכור שטיל "תמוז" מבצע תקיפה בזווית תלולה יחסית לאופק, כך שעובי השריון אותו הוא נדרש לחדר בטנקים קטן בהרבה לעומת העובי הנדרש בחדירה אופקית של רוב טילי הני"ט הקיימים.

התאמה לשיגור מפלטפורמות ניידות - מסוק וספינה

"תמוז" דור א' פותח למשימות ירי ממשגרים ניידים (קרקעיים) בלבד. שיגור ממשגרים ניידים

מבחינה מקצועית ועסקית ללא שילוב הייצור, השינוק והמכירות כחלק בלתי נפרד מההנהלות מוצלחת של הפרויקט, תוך קבלת משוב מקו הייצור והמשתמשים, לצורך הפקת לקחים ופיתוח דורות המשך.

עם תחילת האספקה של דור א', הקמת המערך (יחידות, גדודים, טילים, משגרים, מאמנים ותחזוקה) וההתנסות בייצור ובתרגילים מבצעיים - החלה החשיבה על שיפורים אפשריים ועל תוספות נדרשות.

בגלל סיווג ביטחוני גבוה, נחשפה המערכת רק בתחילת 2012 ולראשונה אושרה לפרסום כתבה על "תמוז" דור א'.³ בכתבה הנוכחית יסופר על ההתפתחות הדרמטית במערכי "תמוז" דור ב'.

טיל שרואה גם בלילה

בתקופת הפיתוח של דור א', המצויד בראש-ביטות יום, ניסו להתמודד עם פתרון לבעיית הלילה כמענה לצורך מבצעי, אך ניסיונותינו לגבש תכן ראש-ביטות תרמי כשלו בגלל גודל ומחיר. בתחילת שנות ה-80 הושגה פריצת דרך: בשטח אלקטרואופטיקה התגבש רעיון חדשני לפיתוח ראש-ביטות תרמי שהתבסס על גלאי וקטורי בתחום 3-5 מיקרון עם עיבוד אות במישור המוקד. הבשורה סללה את הדרך (ואת הכיסים) להתנתות פיתוח דור ב' של "תמוז" הבובלת שאול אתה.

טיל שפוגע גם במטרות

נסתרות ורחוקות בניווט ביניים

בדור א' התרכזנו בתפעול הפשוט ביותר האפשרי: כינון ישיר (המובן לכל טנקיסט) והרחבה מינימלית על ידי מעבר תוך כדי מעוף למטרה נסתרת. ככל שעולים בטווח גדל מספר המטרות הנסתרות. כדי להגדיל משמעותית את הטווח ואת הדדמניות הירי, העלה ד"ר אליעזר גון, הסמנכ"ל למו"פ, את רעיון "ניווט הביניים" (באמצעות מערכת ניווט עצמי בטיל) כבר בסוף שנות ה-70, אך מימושו נדחה לדור ב' כי עדיין לא היה בידינו פתרון פשוט וזול.

באחד משיגורי הלילה הראשונים השתתף האלוף דן שומרון כמפקד המפח"ש. למרות הפגיעה המדויקת במטרה בטווח בינוני, הוא הסתייג והסביר שבמצבי לחימה אמיתיים כמעט שאין מטרות בטווח זה בקור ראייה. אירוע זה הוביל לחיפוש פתרונות ל"ניווט ביניים". מנחם צוקר, שהתמנה ב-1984 לראש הפרויקט, הוביל אישית פיתוח פתרון פשוט ויעיל: באופן מבצעי הצוות מקבל את מודיעין המטרות ומשגר את הטיל שמבצע באופן אוטונומי הצבעה רצופה של ראש-הביטות לסביבת המטרות. עם ההתקרבות לאזור המטרות, כשהטיל מבחין בהן, הוא לוקח פיקוד, מנהג את ראש-הביטות למטרה נבחרת ומפעיל את העוקב לפגיעה מדויקת. להפתעת רבים, המערכת סיפקה מענה מבצעי הולם!

יכולת ניווט הביניים אפשרה את הגדלת טווח הטיל. הגדלת הטווח זמן המעוף של טילי דור ב' דרשה שיפור ביצועי הסביבון (ג'ירו) לייצוב הטיל בגלגול. לאחר ניסיונות חיפוש סביבון מתאים שלא צלחו, בדק ראש הפרויקט, מנחם צוקר, יכולות של חברה קטנה בכרמיאל בשם מט"ס.



איור 2: ירי "תמוז" מ"פרא" בניסוי

לצורך כך נבנו שיעורי הדרכה מיוחדים וניסויי תצפית רבים כדי לתרגל את הטילנים ולהשיג יכולת גבוהה להבחין במטרות טנקים אמיתיים.

ליוי פיתוח הפרויקט על ידי גורמי מערכת הביטחון וצה"ל:

בפרויקט תמוז דור ב', בהבדל מדור א', זכינו לליוי הדוק של הגורמים המקצועיים בצה"ל - מפקדת קצין חימוש ראשי (מקחש"ר), מינהל פיתוח אמל"ח ותשתית (מפא"ת), אגף אפסנאות (אג"א) וכמובן נציגי כוחות השדה (מפח"ש) וחה"א. תרומתם של אנשי צה"ל להישגי הפיתוח הייתה משמעותית וחיונית ביותר. במיוחד בלטו סא"ל ישי וכסלר ובהמשך סא"ל יקי מואב, במסגרת תפקידם כרע"ן נשק מדויק במפח"ש, בסיוע השוטף בקידום הפיתוח והניסויים בכל נושאי תמוז דור ב'.

דור ב' - התנופה העסקית

חשיפת היתרונות הגדולים של "תמוז" דור ב', כולל יכולת הלילה, לעומת דור א' הלהיבו את הלקוחות ובאופן טבעי ביקשו לעבור לאספקות דור ב' במהירות על חשבון המשך הצטיידות בדור א'. ברפא"ל הייתה התלבטות לגבי המועד הנכון למעבר מאספקות דור א' לדור ב' מבחינה שיווקית ועסקית. לשם כך בוצעה במינהלה עבודה מפורטת להכנת הצעה כוללת רב-שנתית להצטיידות בטילים, משגרים ומוצרי תמיכה כוללת במוצר (תכ"ם) עבור זרועות צה"ל. ואכן התוצאות לא אחרו לבוא: עבודה זו שימשה בסיס לתכנון הרב-שנתי בצה"ל שהתממשה בהקמת יחידות חדשות בכוחות היבשה, חה"א וחה"י, שהשיגו הצלחות מבצעיות מרשימות. רפא"ל הפיקה רווחים נאים, השיגה את אמון הלקוחות ובהמשך גם הזמנות לדורות מתקדמים ועסקאות רווחיות בחו"ל, שמאפשרות המשך פיתוח דורות מתקדמים.

סיכום

פריצת הדרך בפיתוח ראש ביות לילה התניעה למעשה את פיתוח והצטיידות מערכי דור ב' של "תמוז". הקפיצות ביכולות לילה, ניווט ביניים, עוקב קורלציה, הגדלת טווח, ראש קרבי משופר, שיפור תמונת הווידאו, התאמה לירי ממסוק ומספינה ושיפור הייצוריות - הביאו להצטיידות משמעותית בטילי "תמוז" דור ב' ובסדרת משגרים חדשה ליחידות המבצעיות. כתוצאה מכך הושגה עלייה בסדר גודל בהזדמנויות הירי ובתוצאותיהן המבצעיות, וכן הצלחות עסקיות חיוניות לרפא"ל בארץ ובחו"ל.

לסיום נעיר כי בכתבה זו הוזכר רק הדרג הבכיר הקשור לפיתוח ולייצור מערכי "תמוז" דור ב', אך למותר לציין כי להצלחה תרמו עשרות אנשים טובים ומסורים, מכל חטיבות רפא"ל, ונציגי משרד הביטחון וצה"ל, שהקדישו למשימה את מיטב כישוריהם ומרצם. בכתבה תקצר היריעה מלהזכיר את כולם, ועל כך אנו מתנצלים.

[1] בתקופת פיתוח "תמוז" דור ב' כיהן ד"ר דניאל לשם כראש מינהלת נ"ט, ושני המחברים הנוספים כיהנו בטור כראשי הפרויקט.
[2] ד"ר ראובן אשל, "הילוח" - טיל מבצעי ראשון מתוצרת רפא"ל, **רפאל שלנו** 13, אפריל 2009.
[3] ד"ר דניאל לשם, "פיתוח התמוז", **רפאל שלנו** 20, אפריל 2012.



איור 3: ירי "תמוז" דור ב' מ"מחצלת"

למשגרים וכמו כן קיבלו תנופה חזקה הנושאים הבאים:

ייצור סדרתי והוזלה של הטילים: בייצור טילי

דור א' נוכחנו לדעת שקצב הייצור ועלותו לא ענו על הדרישות העסקיות הבסיסיות וגרמו להפסדים בחוזה מול מערכת הביטחון. מדיניות הפרויקט בדור ב' התייחסה לכל התקלות בקו הייצור ביסודיות מרבית עד להשגת ייצור הדיר ומהיר ללא תקלות. בתהליך זה נוצר שיתוף פעולה פורה, המבוסס על אמירות ושקיפות בין הפרויקט ליחידת הבחינה של צה"ל (האחראית למתן תג שמיש לטילים), ובסיומו הוענקה לרפא"ל הסמכה לאישור עצמי לטילים! לאחר ניקוי "מחלות הילדות", שינויי תכן ופיתוח ציודי בדיקה אוטומטיים, עלינו לקצב ייצור שנתי של טילי דור ב' פי ארבעה מטילי דור א'! סייעה לכך לא מעט המהפכה שעברה חטיבת הטילים בארגון ובשימוש הנדסה משולבת (שילוב הייצור והתחזוקה במהלך הפיתוח), בהנהגתם של גיורא שליג - ראש החטיבה, ואהוד פרנק - מנהל מפעל ייצור הטילים בחטיבה (מיט"ל).

סיוע בבניית תורת הלחימה (תו"ל) ומערך

ההדרכה: ניווט הביניים דרש פיתוח תורת לחימה מתאימה והקמת מערכי הדרכה ייחודיים. הטילנים נדרשו ללמוד לתרגם את התמונה האנכית של אזור המטרות (מהמפה) למבט אלכסוני כפי שנראה מעין הטיל, לזהות את אזור המטרות ולבחור במטרה עדיפה, תוך לימוד ביצועי הטילים בניווט הביניים ומגבלותיהם. לצורך אימון זה פותח ונבנה מאמן מיוחד ברפא"ל המבוסס על שולחן חול (כולל המטרות) ומצלמה המותקנת על רובוט המדמה את מסלול הטיל. המאמן הוקם במכון "לשם" ותופעל על ידי צה"ל במשך תקופה משמעותית, ימים וילות, בהצלחה.

הדרכה בשימוש דימות תרמי: הוספת טילי

לילה יצרה צורך בהדרכת המפעילים בהבנת התמונה התרמית, השונה מהותית מתמונת יום.

"מחצלת": כבר בשלבים מוקדמים של פיתוח

"תמוז" הצבענו על כך שמסוק קרב טומן בחובו יתרונות חשובים כמשגר. זלמן פלד, הממונה על הפיתוח בהנהלת רפא"ל, עורר מחדש את חשיבות הנושא ב-1980, ומאז החל מאמץ שיווקי לשכנע את חה"א לאמץ את הרעיון. חה"א לא היה משוכנע בצורך המבצעי להגדיל את טווח 4 ק"מ של טילי TOW למסוקים שברשותו. המפנה חל במלחמת שלום הגליל ב-1982, אז התברר שבהרבה מאוד אירועים, שיגור טילים מדויקים מעבר לטווח 4 ק"מ הקנה למסוקים יתרונות מבצעיים משמעותיים. בהמשך הותנעו תהליכי בדיקת ההיתכנות, ניסויי תצפית עם מסוקי קוברה וביצוע שיגור טילי גולם. הפרק הראשון של התוכנית, בניהולו של פנחס (פיני) יוסף, הסתיים בסדרה מוצלחת של ניסויי ביות. בשלב שני חתמו עם חה"א על חוזה במחיר קבוע לסיום הפיתוח וההצטיידות. הפרויקט, בניהולו של ד"ר מיכה בועזון, הסתיים בהצלחה עם מסירת כל המערכות על פי התכנון ותוך עמידה בתקציב. ראוי לציין מיוחד קצין חה"א של הפרויקט, סא"ל זאב אור, שסייע לנתב את הפרויקט לסיום מוצלח לשביעת רצונם של שני הצדדים.

הרעיון לשיגור "תמוז" מספינה הותנע על ידי גיני סיוון מול חה"א. את הפרויקט בתחילת דרכו הוביל בהצלחה ד"ר אהרון בר-גיל ובהמשך נוהל על ידי אילן גונן, ד"ר מיכה בועזון, יקי חץ ואורי רביד. יש לציין את הסיוע החיוני בגיבוש תצורת המערכת של אל"מ ידידיה יערי (לימים אלוף יערי ומשנת 2004 מנכ"ל רפא"ל), שהוצב על ידי חה"א ברפא"ל בתקופה הקריטית של הפרויקט.

סיום הפיתוח והמעבר להצטיידות

בשנת 1987 מונה יהושע קראוס לתפקיד ראש הפרויקט (עד 1992). בתקופה זו נמשך פיתוח "תמוז" דור ב'; בוצע בהצלחה הניסוי הבטיחותי, כאבן-דרך לאישור ההצטיידות הן לטילים והן