

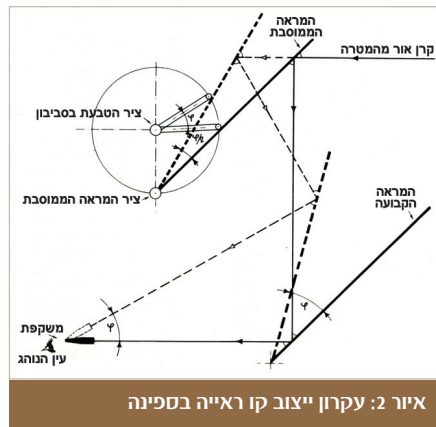
חבלי הסבת טיל קרקע-קרקע "לוז" לטייל ים-ים "גבריאלי"



איור 1: טיל "לוז" בתוך משגר ימי דמוי-מבצעי (צולם במוזיאון רפא"ל)

כתבה 15 בסדרת כתבות על תולדות רפא"ל | ד"ר ראובן אשל

והוסיף לפניו וילון בד. עם הפלגת הספינה התעופף הווילון לכל רוח... יש לציין שההסתרה נועדה לא רק מפני עיניים זרות, אלא בעיקר מפני צוותי החוף והספינה של חיל-הים שאינם קשורים ישירות



איור 2: עקרון ייצוב קו ראייה בספינה

לניסוי, שכן באותם ימים עצם הפיתוח של טילים ברפא"ל היה סודי ביותר. לפיכך הורכבו הטיילים על המשגר באישון לילה, צוות הספינה צומצם למינימום, וסיפור הכיסוי, למי שאינם שותפי-סוד, היה שמדובר בניסוי רקטת סנוור (רקס"ר) מקורית וסודית ביותר, שמיועדת להכות את האויב בסנורים. בהתאם לכך כונו גם מרכיבי המערכת: משדר רקס"ר, לוח בקרת רקס"ר, משקפת רקס"ר וכדומה.³

בעיה ייחודית לים היא הצורך להגן על הטיילים מפגעי מזג האוויר (רוחות, לחות ונתני מי-מלח). לשם כך נדרש משגר אטום. אבל איך יורים מתוכו? הפתרון של סעדיה היה בצורת ארגז מושה, שארבע דלתותיו נאטמות באמצעות שרזולי גומי מתנפחים הנראים באיור 1. הדלתות נפתחו מהר באמצעות מנגנון הידראולי חד-פעמי, פרי פיתוח של ראובן אשנר (לימים אשל).

ימית, משגרי הטייל ממוקמים בניצב לציר האורך של הספינה, ולכן התקדמות הספינה משנה את אזימוט המטרה במהלך מעוף הטייל. זה שינוי איטי שקל לנווט להתגבר עליו על ידי סיבוב איטי של משקפתו. לעומת זאת תנודות הגלגול של הספינה, שעלולות להגיע עד ± 20 מעלות ואף יותר, דורשות ייצוב אוטומטי של המשקפת. ייצוב זה הוטל על שמואל אבריאלי. הוא פתר את הבעיה על ידי העברת קו הראייה דרך זוג מראות (בדומה לפריסקופ), שאחת מהן קבועה למשקפת והשנייה מקוזזת

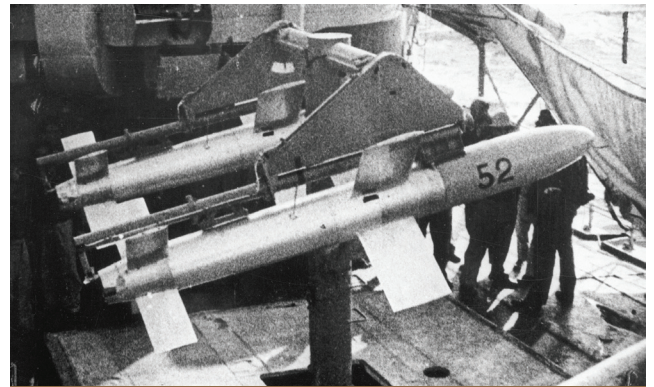
את גלגול הספינה לפי פיקוד מסביבון ג'רוסקופי, כמתואר באיור 2. הלקוח מסימוכין 3. שמואל הגדיל לעשות ותכנן למשקפת שני שדות ראייה: תחילת הניווט נעשית בשדה רחב לצורך "לכידת הטייל" בעין לאחר המראתו, ולאחר מכן מעבירים בלחיצת כפתור למשקפת בעלת שדה ראייה צר, אך עם הגדלה יכרת שתקל על ראיית הטייל המתרחק. בפועל נבנו שלושה דורות של משקפות עד שהתגברו על כל בעיות "אדם-מכונה".

כדי שהטייל לא ימריא היישר למי הים בעת גלגול הספינה, תוכנן מעגל הרשאת ירי שנועד לשגר את הטייל בהשגחה מפקודת הירי, וזאת מרגע התאפסות משוואת הירי, המורכבת מזווית הגלגול ומגזרתה. ליתר ביטחון הוצבו הטיילים על המשגר בזווית הגבהה של כ-10 עד 20 מעלות, כפי שניתן לראות באיור 3.

הסתרת הטיילים ואיטום המשגר

לצורכי הסתרת הטיילים משמש ביבשה כיסוי בד. סעדיה בהט, מתכנן המשגר (או ה"ממריא", כפי שנקרא אז), בחר תחילה פתרון דומה לזה, דהיינו כיסוי בד יוטה. בהתאם לכך תיכן את המשגר לניסוי ים ראשון, הנראה באיור 3, בצורת האות D

לציבור הרחב בישראל ידוע שחיל-הים צייד את ספינות הטיילים שלו בטיילי-ים "גבריאלי" מתוצרת התעשייה האווירית וגם הטביע באמצעותם ספינות אויב במלחמת יום-כיפור. פחות ידועה היא העובדה ש"גבריאלי" הוא למעשה הסבה של טיל קרקע-קרקע "לוז" שפותח ברפא"ל. הסבה זו, שהייתה כרוכה בהתגברות על אתגרים רבים, החלה אף היא ברפא"ל. מטרת הכתבה הנוכחית היא לתאר את חלקה של רפא"ל בהסתרת הטייל בשנים 1959 עד 1962.



איור 3: זוג טילים על משגר ניסויי באח"י "אילת", מוכן לניסוי-ים ראשון (18.5.1959)

פיתוחו של טיל "לוז" בשנות החמישים, בניהולו של ד"ר משה (מויה) אפשטיין, וקליטתו בחיל התותחנים תוארו בכתבה קודמת¹. נזכיר שטיל זה מנווט אל המטרה בשיטת ניהוג על קו ראייה לטווחים של עד 27 ק"מ. לצורך זה על הנווט לראות בו-זמנית הן את המטרה והן את הטייל (המציוד לשם כך בנותבים זוהרים) ולהקפיד שהטייל במעופו יימצא על קו הראייה שבין הנווט למטרה. ההסבה לשימוש ימי כרוכה בהתגברות על קשיים שיתוארו להלן.

ייצוב קו הראייה^{3,2}

בניגוד לירי קרקעי, שמתבצע מעמדה נייחת, הרי שבים נעה הספינה תוך כדי מעוף הטייל, ונוסף לכך היא מתנדנדת, בעיקר בגלגול. כמקובל בתותחנות



מערכת השליטה והבקרה (שו"ב) כספיה

מערכת השו"ב תוכננה על-ידי אורי רכב בפיכוח קצבני חיל-הים אביה שליף (לימים מנהל מפעל שה"ל בתעשייה האווירית) וידידה צפירי (לימים סגן ראש חטיבת אווירומכניקה) ומתוארת בפיירו בכתבה של אורי משנות השבעים⁵, שמתוכה לוקט סעיף זה. חיל-הים דרש מרפא"ל לממש ישירות גרסה מבצעית ולא "להתברבר" עם מערכת ניסיונית. באקראי הגיע תורה של אחי"פ⁶ לשיפוץ, ובהזדמנות זו היא נבחרה כמשחתת הראשונה להנחת כבלי מערכת השו"ב. בגלל הצורך לאטום את כל מעברי הדפנות, היה זה מבצע רחב-היקף שבו השקיע החיל כ-1500 ימי-אדם. לפי דרישת חיל-הים כללה המערכת יתירות מלאה, כלומר לכל מוצב יר נדרש חיבור לכל אחד משני מרכזי הבקרה. מפסקים מרובי-הדקים לא נמצאו, ולכן נבחר פתרון של העברת תקעים שאף הם נדרשו להיות אטומים. באחד מתרגולי החירום חיבר רס"ל בריון את אחד התקעים בעקמומיות, בלי שהרגיש שהוא חורץ הברגה חדשה. ברור שהחיבור לא היה אטום ועד מהרה הצליחו נתזי הים לקצר את כל החיבורים החשמליים שבו.

שמואל טנקוס, וראש אג"ם - האלוף זורע (זר), לבצע בהקדם ניסוי ים-ים⁷, אף שמערכות השו"ב באנייה היו עדיין בחיתוליהן וגם המשגר היה זמני ולא אטום. הנעלם הגדול היה תנאי הראות בים. משרד הביטחון וצה"ל הסתייגו משימוש בכמ"ם שנחשב אז למתוחות בגלל מחירו הגבוה. לפיכך הוחלט לבצע יריות ראשונות בניהוג קו ראייה לטווח מוגבל של 7 ק"מ, בעוד שביבשה התקבלו פגיעות טובות גם לטווח המרבי של 27 ק"מ. המטרה הייתה עשויה רשת השוואה בגודל 5x5 מ', שמרובה 10 מ' מעל פני הים, וזו נגררה במהירות של 6 קשר על ידי סירת טורפדו באמצעות כבל באורך 1000 מ'. המשחתת "אילת" תומרנה לנוע במהירות דומה במקביל למסלול המטרה הנגררת. לקראת הניסוי הוכשרו שלושה נוטים: יונתן מס - מנהל הניסוי מטעם רפא"ל, סגן קולודני מחיל האוויר, שהספיק לרכוש ניסיון בניהוג הטילים היבשתיים, ורס"ר ירדן מחיל-הים.

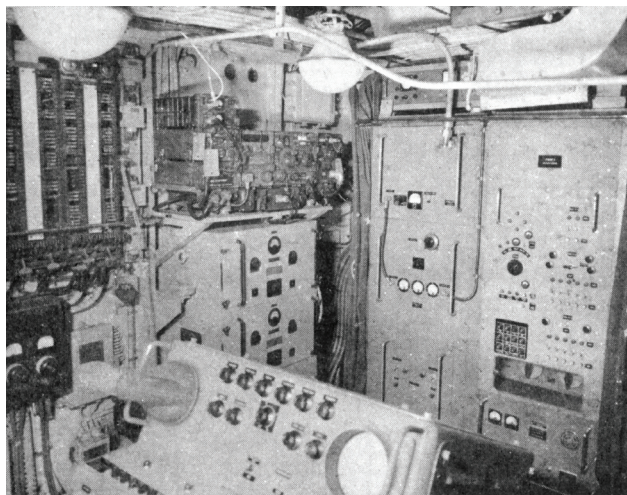
ביום הניסוי, 15.4.1959, היה הים גלי והנווט המיועד, קולודני, לקה במחלת ים. יונתן החליט לנהוג את הטיל בעצמו. ההמראה הייתה תקינה ויונתן שלט בטיל בכוננת פתוחה. בשנייה ה-15, עם המעבר

במים 4 ק"מ מעבר למטרה.

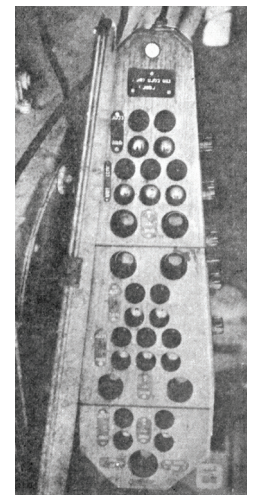
המשך הניסוי נקבע לשעות הדמדומים לכיוון צפון. כמתוכנן הגיעו לניסוי הרמטכ"ל, רב-אלוף חיים לסקוב, סגנו וכן נציגי החילות הרלוונטיים. הפעם נהג קולודני את הטיל הישר אל מרכז המטרה, שם נתקעו שיירי זנב הטיל לעדות. הטיל הבא נוהג בידי רס"ר ירדן, אך בגלל תקלה טכנית (במאיץ?) סטה הטיל לכיוון המים ופגע בהם 50 מ' מהמשחתת.

על אף הירי המוצלח בפני האורחים, לא הצליחו אנשי רפא"ל והרמטכ"ל לשכנע את משרד הביטחון להקצות משאבים לרכישת מכ"ם לצורך ניהוג ימי לטווחים גדולים. בלית ברירה נמשכו הניסויים בניהוג אופטי. סדרת ניסויי ההמשך נקבעה לשנת 1961, לאחר הבשלת המשגר האטום והתקנת כל מערכות התפעול שתוארו לעיל על אחי"פ⁸. במהלך השנים 1961-1962 נורו עוד 21 טילים אל מטרת ימיות מהם, 6 מהחוף ו-15 מהמשחתת⁹. חלק מניסויים אלה נחשבו כניסויי אישור, שנקראו אז ניסויי קבלה. הייתה זו עבודה כבירה בלוח-זמנים כמעט בלתי אפשרי. ברם, התוצאות היו עגומות: "התברר שכאשר הטיל משייט קרוב לפני הים יוצרים גזי הפליטה של מנוע השיוט ערפל ימי שמך שמסתיר גם את הטיל וגם את המטרה. נעשו ניסויים רבים להתגבר על הבעיה: חיזוק את עוצמת הנותבים בטיל, שיפור את מתכון ההודף כדי שתקטן כמות העשן והערפל, שינו את מסלול הטיל לגבוה עם הנמכה לקראת המטרה בלבד, נהגו את הטיל בתנועת "זיגזג" כדי לראות את המטרה לסיורגין, ניסו לנווט את השלב הסופי של המעוף ממסוק ואפילו היה דיון על רעיון להוסיף לטיל טייס גובה אוטומטי כדי שהנווט יוכל להתרכז בניהוג הרחובי" - אך הכול ללא הועיל.

בשלהי 1962 נדרשה רפא"ל לרכז מאמצים בפרויקט גדול חדש, כשבאותה עת סבלה התעשייה האווירית מחוסר תעסוקה. למורת רוחה של רפא"ל מסר משרד הביטחון את הפרויקט של השלמת המערך הימי למפעל "מבת" של התע"א, יצרן טילי ה"לוח" הקרקעיים. לחיל-הים היה עניין לעבור לעבוד עם התע"א כי ראה בה "מוטד שיש לו גב חזק במשרד הביטחון, שישמש משקל-נגד לספקנים ולמקטרגים במטכ"ל¹⁰". בראש הפרויקט הועמד מהנדס נמרץ בשם אורי אבן-טוב, שהספיק לעבוד ברפא"ל בשלהי הפיתוח כעוזרו של מנהל אתלטי טכני 1, ידידה שמיר. אבן-טוב הצליח לשכנע את מפקדת חיל-הים ואת מערכת הביטחון שאין מנוס מניהוג מכ"מי של הטיל. נדרשו עוד שבע שנים להשלמת פיתוח הגרסה המכ"מית שכונתה "גבראל". ה"גבראל" הותאם כבר לספינות הטילים שנבנו בצרפת עבור חיל-הים ולכן שימשה המשחתת "יפו" כספינת-מטרה. באחד הניסויים נפגעה אחי"פ¹¹ פגיעה אנושה וטבעה. טילי "גבראל" זכו להצטיינות החל מ-1969 והטביעו 15 ספינות מצריות ב-1973. ייצוא הטילים הניב רווחים נאים לתעשייה האווירית. חלקה של רפא"ל בפיתוח נשכח. היינו נועזים, אך תמימים...



איור 5: חדר בקרה



איור 4: צג הגשר

למשקפת המיוצבת, נעלם הטיל משדה ראייתו ולכן ביקש את סיועו של ירדן. בתצפית-עין נראו המטרה והגוררת קטנות מאוד, וירדן החליטן זו בזו. לחדרתם של אנשי צוות הסירה הוא כיוון את יונתן לנהוג את הטיל לעבר הגוררת! למרבה המזל, הטיל פגע במים כ-50 מ' שמאלה מהסירה. במלאי היו עוד שלושה טילים ולכן החליט יונתן, מסיבות פסיכולוגיות ובניגוד לדעת יועציו, להמר מיד על ירי נוסף מבלי לחקור את סיבת התקלה.

רצה הגורל והים הסוער הטביע בהמשך את המטרה וכך אפשר לצוותי הפיתוח להפיק לקחים ולשכלל מערכות לקראת המשך הניסוי, שנקבע ל-18 במאי 1959. הפעם הוחלט להשיט את המשחתת במהירות של 25 קשר ולבנות מטרה המורכבת מארבעה ריבועים קטנים, כדי שלא יצטרכו להתחלפה אחרי כל ירי. לשיפור תנאי הראות והצילום נקבע הירי לשעות השחר. המטרה נראתה היטב ממרחק 7 ק"מ למרות מזג האוויר הערפילי. הים היה גבה-גלים, אך הפעם לקח הנווט קולודני כדורי טראומין והרגיש כשר לניהוג הטיל. הטיל המריא כשורה וקולודני נהג אותו בבטחה. בשנייה ה-30 נתן פקודת תיקון "ימין-מעלה" ולא הבחין שהטיל חלף קלילות מעל המטרה. הוא המשיך לראות את הטיל מבעד לחריצי הבד שבמטרה וחשב שהנותבים מהבהבים. לבסוף פגע הטיל

בתכן המפורט של צג הגשר (איור 4), חדר הבקרה (איור 5) ויתר מערכות התפעול האלקטרוניות השתתף קצין צעיר, סגן ישראל (סלו) אביב, לימים תאל"ח בחיל-הים ואחר כך יועץ הסמנכ"ל למו"פ ברפא"ל. אופיינית לאותם ימים הייתה השיטה לבחירת רכיבים. מאחר שהזמנות מחו"ל היו מסורבלות מאוד (מעל מאה שלבים) ולכן נמשכו לפחות חצי שנה, הייתה נטייה טבעית לקצר תהליכים על ידי בחירת רכיבים זמינים במחסן אלקטרוניקה. אבל חלקם הגדול של רכיבים אלה נקנו בזול מסוחרים כעודפי ציוד ממלחמת העולם השנייה ורמתם הייתה בהתאם. אם לא נמצא רכיב מתאים, תכננו לפי הכתוב בקטלוג וקיוו לטוב. בשנת 1960 הצטרף לרפא"ל נריהו שנידור, שהיה עד אז קצין החשמל של המשחתת "אילת". לפי עצת זאב בונן הוא מונה כמעין ועדת סקר תיכון של איש אחד לבדיקת התכן של אורי. הערותיו ושכלוליו הרבים היו אמורים להתבצע על המשחתת התורנית הבאה, אחת כפי שיוסבר בהמשך - תוכנית זו לא יצאה לפועל.

הסתרות המטרה בעת ניסויי הירי בים

ב-1959 כבר היו לרפא"ל נתונים על אמינות מערכות הטיל, לאחר סדרת ניסויים קרקעיים מוצלחים. לכן הוחלט בעצה אחת עם מפקד חיל-הים - האלוף



1. ראובן אשל, "ה'לוח' - טיל מבצעי ראשון מתוצרת רפא"ל", רפאל שלנו, גיליון 13 (אפריל 2009), עמ' 32.
 2. בן-ציון נוה, מרסל קליין ואשר סיגל, "לוח" - ד"ח אווירודינמי, ד"ח טכני מס' 106, דצמבר 1962.
 3. אורי רכב, "פיתוח מערך ים", פרק שני, גשרים מס' 6 (פברואר 1975).
 4. אורי רכב, "פיתוח מערך ים", פרק רביעי, גשרים מס' 10 (אוקטובר 1977).
 5. אורי רכב, "פיתוח מערך ים", פרק שלישי, גשרים מס' 9, יולי 1976.
 6. מוניה מרדור, רפא"ל - בניית המחקר והפיתוח לביטחון ישראל, הוצאת משרד הביטחון, 1980, עמ' 252-260.
 7. אורי רכב, פיתוח מערך ים, טיוטת פרק שישי משנת 1978 (לא פורסם).
 8. מוניה מרדור, שם, עמ' 287-294.
 9. זאב בונן, "לוח' עם אלטימטר, השגות", מכתב או/2605/01, ס' 83.64.
 10. שלמה אראל, לפניך הים - סיפורו של ימאי, מפקד לוחם, הוצאת משרד הביטחון, 1998, עמ' 218.