

סוגיות עכשוויות באמנות המערכה

בין הקטבים

עוצמה ימית



מרכז דדו
לחשיבה צבאית
בין-תחומית



מאמרי הגיליון
זמינים לקריאה גם
באתר מרכז דדו



סער 6 - מניירות לספינות מלחמה

תא"ל אריאל שיר וסא"ל ברק סרבטקה¹

עליונות ימית, חופש השיט במרחב הימי הישראלי וההגנה על חופי המדינה - אלו המשימות שעליהן הייתה אמונה זרוע הים בעשרות השנים מאז הקמתה. במאמר זה נסקור את התהליך שעברה זרוע הים בפרויקט ספינות "סער 6", את המענה שאליו נדרשות הספינות החדשות. האתגר והמורכבות בתכנון, בבנייה ובמבצוע הפלטפורמה אינם טמונים רק ביכולות ההנדסיות והטכנולוגיות, כי אם גם בהון האנושי עצמו. התובנות המרכזיות שנלמדו כחלק מהתהליך הן: עד כמה חשובים האנשים בשטח, הנדסת מערכת "על כל המגרש", הקמת מנהלת ייעודית, זרוע הים כאינטגרטור וכמהנדס מערכת, תעשיות כחול לבן, יחסי העבודה עם המספנה הבונה כמו גם חשיבותה של קהילת השליחים והמשפחות במדינה זרה.

מבוא

"וערכו של הים הוא כפול, כי הוטל עלינו גם להכין כאן מקום בשביל כל אדם מישראל, וגם להבריא כאן את העם היהודי בגוף וברוח. שני דברים אלה לא יתכנו בלי עבודת האדמה, גם לא בלי עבודת הים. בשניים תקום פה המהפכה היהודית: בכפר עברי ובים עברי. בשניהם מפכים מקורות חיים, ועוז ועצמה. בשניהם ישגב האדם - כי בשניהם יקום שלטון האדם בטבע." (בן-גוריון, 1943).

דומה כי גם ראש ממשלת ישראל הראשון, דוד בן-גוריון, הגם שהיה ידוע כאיש חזון מהמעלה הראשונה, לא הבין עד כמה השכיל לחזות את העתיד בנאומו שנשא בעיר חיפה במסגרת כינוס הדייגים, שנערך ב-23 בדצמבר 1943. גם הוא לא יכול היה להעלות בדעתו שכעבור כ-80 שנים מאותו הנאום, יהפוך הים ל"מקור החיים" האנרגטי העיקרי של מדינת ישראל. מאז ועד היום, מתעצמת חשיבותו של הים, יותר ויותר, ובד בבד גובר גם הצורך להגן על המשאבים האסטרטגיים שבו.

¹ תא"ל אריאל שיר הוא ראש מספן ציוד בזרוע הים; סא"ל ברק סרבטקה הוא ראש מנהלת מגן האחראי על תהליך מבצוע וקליטת ספינות "סער 6" בזרוע הים.

עליונות ימית, חופש השיט במרחב הימי הישראלי וההגנה על חופי המדינה – אלו המשימות שעליהן הייתה אמונה זרוע הים בעשרות השנים מאז הקמתה. הביטוי "חוף בטוח וים פתוח" שהיטיב לתאר את משימות זרוע הים בעבר, נכון ורלוונטי גם היום, אך עם זאת הוא אינו מתאר את הצורך לתת מענה לתהפוכות הרבות ולשינויים שחלו בזירה הימית בעשור האחרון ועוד מעט קודם. השינוי באיומי הייחוס, גילוי הגז הטבעי – שהביא להקמת המתקנים האסטרטגיים בים, החיוניים ביותר לרציפותה התפקודית של מדינת ישראל, והצורך והרצון של זרוע הים להיות משמעותיים יותר במאמץ ההגנה וההכרעה הצה"לי, היו עיקרי הגורמים שהיוו את מחוללי ההשתנות בזרוע הים. כחלק מאותה השתנות תכננה ובנתה זרוע הים את ספינות "סער 6", או בשמן האחר – ספינות ה"מגן".

במאמר זה נסקור את התהליך שעברה זרוע הים בפרויקט ספינות "סער 6", את המענה שאליו נדרשות הספינות החדשות, את המורכבות ואת האתגרים השונים שבפניהם עמדה (ועדיין עומדת) זרוע הים בתהליך בניית הפלטפורמות ומבצוען. הדבר מקבל משנה תוקף במיוחד על רקע העובדה כי כל תהליך התכנן² ובניית הפלטפורמה התבצע במדינה זרה, שאלה נשלחו טובי מהנדסי הזרוע ומשפחותיהם לתקופת שהייה ממושכת. כל זאת במקביל להיערכות ולפיתוח הטכנולוגי של מערכות הלחימה בארץ.

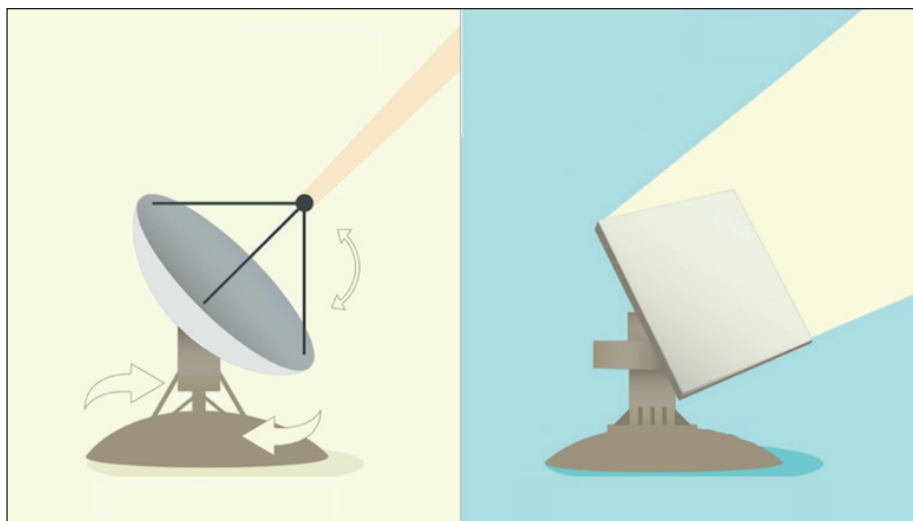
האתגר והמורכבות שבתכנון, בבנייה ובמבצוע הפלטפורמה אינם טמונים רק ביכולות ההנדסיות והטכנולוגיות, אלא גם בהון האנושי עצמו. ההון האנושי כולל את מהנדסי הפרויקט ואת הצוות כמו גם את משפחות השליחים: בנות ובני הזוג והילדים. ההתמודדות עם ניהול המשלחת והחשיבות הקיימת ביצירת קהילה בעלת מרקם ייחודי על אדמת נכר, הגם שלעיתים קל להזניח את חשיבות הדבר, חשובים לא פחות מכל התמודדות טכנית וניהולית שחווינו בפרויקט עצמו.

האתגרים בזירה הימית ואיום הייחוס המשתנה

במהלך עשרות השנים האחרונות, עברה הזירה הימית תהפוכות רבות, בדומה לכל המזרח התיכון אשר עבר שינויים גאופוליטיים משמעותיים. תפיסת הקרב הימי בשנותיו הראשונות של חיל הים כללה מעט משחתות וספינות טורפדו, אשר התבססו על תותחים ועל טילי טורפדו, שאפשרו התמודדות בלוחמת שטח בים פתוח מול כלי שיט אחרים. תפיסה זו החלה להשתנות בתחילת שנות השישים, כאשר הצורך בשינוי הודגש בעקבות טביעת המשחתת אח"י אילת ב-1967, ימים ספורים לאחר מלחמת ששת הימים. המשחתת נפגעה מטילי ים-ים מדגם 'סטיקס' ששוחרו מסטי"ל מצרי ששהה בפתח נמל פורט סעיד. הטבעתה של המשחתת הגבירה את הביקורת על שימוש בתותחים ובתחמושת רבה ולא מדויקת, וסימנה את המעבר מקרבות תותחים לקרבות טילים (אלמוג, 1985, עמ' 18-10).

² תכנן הוא תהליך הנדסי לפיתוח מוצר.

בעקבות זאת, החלה אחת ההשתנויות המרכזיות בחיל הים - מעבר ממשחתות לספינות הטילים (סטי"לים), ובכך הואצה תוכנית בניין הכוח לספינות ה"סער" - ספינות מהירות יותר אשר מטרתן להשמיד את צי האויב בזריזות וביעילות, באמצעות טילי ים-ים (דוגמת טילי 'גבריאלי') ותותחים אוטומטיים. על גילוי מטרות השטח והאיומים בים אמון היה מכ"ס³ מסתובב (דוגמת מכ"ס 'דגון' שפותח בשנות ה-60). שינוי תורת הקרב והתפיסה המבצעית הוכיחו את עצמם ב-1973 במלחמת יום הכיפורים, במסגרת קרבות הסטי"לים הראשונים בהיסטוריה - שבהם עשו שני הצדדים שימוש בטיילי ים-ים ארוכי טווח ומדויקים.



תצורת מכ"ס Phased Array (ימין) ומכ"ס מסתובב (שמאל)⁴

במהלך השנים שלאחר מכן, התפתחו שני וקטורים מרכזיים בעולם הלחימה הימית אשר השפיעו באופן מהותי על היכולות הנדרשות מהסטי"לים. הווקטור הראשון היה איום הטילים ההולך וגובר, ונבע בין היתר מהתפתחות טכנולוגית משמעותית של טילים, בדגש על טילי חוף-ים (טח"י), בעיקר בהיבט טווחים ומהירויות. השני היה התפתחות מערכות מכ"ס, אשר השתכללו מתוך צורך לגילוי האיומים הימיים והאיומים האוויריים שהתפתחו במקביל.

התפתחות איומי הטילים (בין אם טילי ים-ים, טח"י או אחרים) דרשו שינוי משמעותי בתפיסת ההגנה העצמית של הספינה. יכולת מרכזית בכלי שיט, הנדרשת למימוש תפיסת ההגנה, היא מערכת המכ"ס. התצורה המסורתית של מערכת זו הינה תצורת מכ"ס מסתובב, אשר משדר אלומה צרה יחסית המסתובבת וסורקת באופן מעגלי עד לבניית תמונה היקפית. תצורה זו מוגבלת טכנולוגית ביכולת

³ מגלה כיוון ומרחק.

⁴ מקור: <https://clipart-library.com/clip-weather-satellite.html>

הגילוי גם בהיבט הסתברות הגילוי וגם בהיבט גזרת הגלוי והצורך (איומי שטח, איומי אוויר או לצורך בקרת אש למערכת נשק כלשהי). משנות ה-70 ועד תחילת שנות ה-2000, בוצעה קפיצת מדרגה בטכנולוגיית המכ"ם בעולם, עם מעבר לתצורות מכ"ם קבוע (Phased Array) אשר כולל כמה אנטנות גזרתיות קבועות המשדרות באופן קבוע באמצעות עשרות או מאות מודולים. תצורה זו מאפשרת ניהול "חכם" יותר של אנרגיית המכ"ם ומאפשרת חיפוש בהגבהות שונות אל מול האיומים השונים. כך ניתן היה, לאורך שנות פיתוח המערכות השונות, לייצר התאמה לצורכי הזירה שהשתנו.

מעבר ליכולת הגילוי, נדרשה יכולת התמודדות והגנה נגד הטילים – דבר שהוביל לפיתוח מערכות טילים נגד טילים (דוגמת 'ברק 1' ו'ברק 8'), אשר דרשו מקום בספינה ובסיפונים והובילו להגדלת משקל (דחי) הספינה.

במקביל לכל אלו, השינויים הגאופוליטיים במדינות המזרח התיכון וההבנה בקרב ארגוני הטרור כי לא חייבים ספינה כדי לאפשר ירי טילים על ספינות חיל הים, הביאו ליצירת לחימה אסימטרית בין מדינת ישראל לארגוני הטרור דוגמת חזבאללה. בעקבות ההתפתחות הטכנולוגית והזמינות הקלה יחסית של ארגוני הטרור לייצר שינוי במשוואה, החל חזבאללה לייצר מענה אסימטרי בתצורה של עמדות שיגור חופיות, בין אם ניידות ושרידות ובין אם קבועות, שאפשרו לו לאיים בקלות יחסית, וללא צורך בבניית צי משלו, על חופש השיט והפעולה במרחב הימי. אירוע הפגיעה באח"י חנית במהלך מלחמת לבנון השנייה ב-2006, הגביר את המודעות להשתנות התפיסתית של האויב שבמסגרתה נדד האיום ליבשה, והדגיש עוד יותר את הצורך ביכולות ההגנה העצמית של הספינה. יתרה מכך, ההתפתחות הטכנולוגית המואצת אפשרה ל"מירוץ החימוש" בצד של ארגוני הטרור לייצר אסימטריה אמיתית – בעוד אנחנו בונים את הצי שלנו אל מול איומי טילי חוף-ים, הלך חזבאללה ופיתח מנעד של איומים חדשים – כטמ"מים, טילי חוף-ים תת-קוליים ועל-קוליים, ושימוש באיומים תלולי מסלול (תמ"ס).

השימוש ההולך וגובר בנשק זול יחסית ותלול מסלול פגש את זרוע הים בעיצומו של תהליך בניין כוח. אל מול המצב שבו ארגוני הטרור פועלים נמרצות להגדלת הטווחים והדיוק של הרקטות, ולמעשה משנים את איום הייחוס ואת תרחיש הייחוס – היה הכרח לעשות תיקון בתהליכי בניין הכוח. הדבר הכתיב שינוי בדרישות ממערכות הלחימה השונות – מערכת השו"ב;⁵ מערכת המכ"ם, שנדרשה לגלות ולעקוב אחר איומים בעלי שח"ם משתנה (מרקטה ועד מטוס) ונדרשת לכך גם בעומס דוגמת תרחיש מטחים; מערכות הל"א שניצבו בפני הצורך למענה טכנולוגי חדשני; ועד למערכות היירוט שנדרשו לשינוי הן בדרישות הביצועים של המיירט

⁵ מערכת שליטה ובקרה, האחראית בין היתר על בניית תמונה ימית ואווירית. יש לציין כי השימוש בפרשנות זו הינו מצמצם מעט, מאחר ומערכת השו"ב מנהלת הלכה למעשה את תהליכי הלחימה השונים בספינה.

עצמו, והן בכמות המיירטים שכל ספינה נדרשת לשאת עליה על מנת להתמודד בתרחיש הייחוס החדש.

מסקירה זו ניתן להבחין בתהליך של שינוי תפיסתי מובהק שהצריך מעבר מלוחמת שטח בים פתוח לתורת קרב אשר דורשת להתמודד עם איומים שונים ומגוונים מהיבשה ומהאוויר. למעשה, נדידת האיום ליבשה, וההתפתחות הטכנולוגית שאפשרה דיוק של חימושים והתאמתם למגוון תרחישי הפעלה, הוציאו את התפיסה של קרב ימי בין סטי"לים מתרחיש הייחוס המרכזי של חיל הים. יתרה מכך, בעוד תהליך של אפיון פלטפורמה ימית, תכנונה, בנייתה והפיכתה לכלי מבצעי לוקח מעל עשור, קצב שינוי האיומים היה מהיר הרבה יותר. לפיכך, תהליך תכנון ובניית הפלטפורמה נדרש להתבצע באופן שיאפשר השתנות ומענה במהלך חיי הפלטפורמה, לקצב השינוי המהיר של האיומים.

תחילתו של חזון הפלטפורמה העתידית

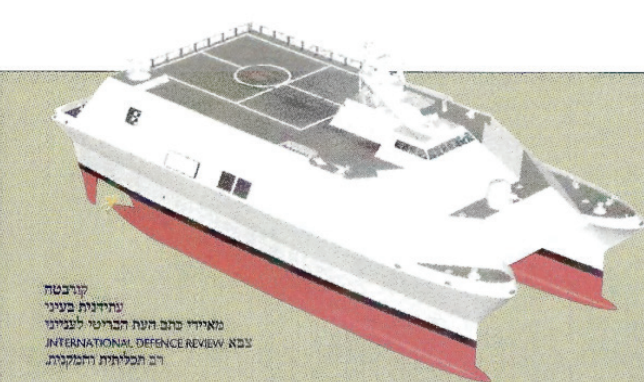
הצורך והשיח על ספינות טילים נוספות החל כבר עם קבלת שלוש הספינות החדשות מדגם "סער 5", באמצע שנות ה-90. לאחר שהפיקוד הבכיר בזרוע הים דאז הבין כי לא תבוצע הצטיידות בספינת "סער 5" רביעית, החלו דיונים על הדור הבא של ספינות השטח בזרוע. ציר הזמן בייזום ובמימוש פרויקט כזה הוא נתון אמפירי ידוע – תהליך אפיון והצגת הצורך עד אישור פרויקט הצטיידות בכלי שיט חדש בסדר גודל כזה לוקח כמה שנים (צ'רבינסקי, 2008).

למן אישור הפרויקט, תהליך האפיון והתכנון של הפלטפורמה נמשך בין 5-8 שנים. לאחר מכן, בניית הפלטפורמה אורכת כ-3 שנים נוספות ולאחריה מתחילים את תהליך המבצע. בסך הכול, ההיסטוריה מלמדת כי קבועי הזמן מרגע הנבטת הרעיון, הגדרת הצורך ועד לכלי שיט בעל יכולת מבצעית מלאה, הינם כ-15-20 שנים.

כבר בשנת 2001, הרבה לפני תגליות הגז הטבעי, החלה זרוע הים בפעילות מול המטכ"ל לטובת סבב הצגות לצורך המבצעי בקורבטות⁶ חדשות אשר יתנו מענה לאיומים החדשים והמורכבים שאיתם מתמודדת הזרוע בזירה הימית. המונח שרווח באותה תקופה, גם ביחס לספינות "סער 5" וגם ביחס ל"סער 5 דור ב'", היה **כלי שיט רב-תכליתי** (יערי, 2008). במילים אחרות, כלי השיט נדרש לבצע כל משימה שיידרש אליה בזירה הימית. המשימות שהוגדרו לאותה פלטפורמה עתידית היו דומות ל"סער 5" הקיימת, בתוספת כמה יכולות, כאשר המשימות המרכזיות התמקדו בהכרעת קרב שטח בים (גילוי כלי שיט רחוקים, הגדלת מספר טילי ים-ים), הגנה נגד מטוסים (בדגש על גילוי ויירוט מטוסי קרב), לוחמת נצ"ל (נגד צוללות) ותקיפת מטרות יבשתיות.

⁶ הקורבטה הינה כלי שיט מהיר ובעל יכולת תמרון גבוהה לליווי שיירות. בחיל הים הישראלי משרתות קורבטות מדגמי סער 4.5, סער 5 וסער 6 שהן הקורבטות הגדולות ביותר בחיל.

ב-2002 החלה בדיקת היתכנות ל"סער 5 דור ב". במסגרת בדיקת היתכנות זו, נבחנו במשך תקופה ארוכה של כמה שנים, קורבטות רבות (קיימות ועתידיות), במגוון מספנות ברחבי העולם. הוצגו חלופות רבות למטכ"ל החל מהתאמת "סער 5" הקיימת, דרך פלטפורמה בעלת דמיון לגוף "סער 5" בבנייה מקומית במספנות ישראל, רכש פלטפורמות OPC המשמשות את משמר החופים האמריקאי,⁷ קורבטות ופריגטות אירופאיות שונות, שילוב בפריקט Littoral Combat Ships שהותנע ע"י הצי האמריקאי ועוד חלופות רבות אחרות. בניתוחי חלופות אלו בוצע מיפוי של המענה הטכני של הפלטפורמה ומערכות הלחימה הנדרשות - אל מול הצרכים, האיומים וחידוד הצורך המבצעי.



השנה 2050 "סער 10" מפליגה...

**קורבטת
עתידית בעיני
מאירי כתב העת הבריטי לעניני
צבא INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW
רוב תכליתית והמקרת.**

היא תיבנה בצורת קטמרן, תצויד בנשק לייזר חדשני, במסוק ללא טייס ובמערכת גילוי לווייני. חתימת המכ"ם שלה תשאף לאפס, היא תהיה מודולרית, ורוב אמצעי הלחימה שלה יהיו שקועים מתחת לפני המים. כך עשויה להיראות ספינת הקרב של העתיד

רכבה מודולרית הניתן להתאמה בשטח הספינה לפעולה נגד צוללת, יורקב מודול הבולט סוגר וטורפדו; כשתצא לקרב ששה, יורקב מודול המולל טילים ומנות מסויקים; כשתצא למשימת הנחתה של כוח קומנדו, תישא מודול מתאים אחר, וכך הלאה.

הקרב יוכרע משוחרם עצומים ויירששו אמצעי לחימה נוספים. מיניהם אפשרי למנות מסוק ללא טייס, המסוגל לסייע בלחמה אלקטרונית; מערכת גילוי לווייני, המסוגלת לשדר למיקר תמונות של ספינות האויב ממרחק גדול וברזולוציה גבוהה; ומערכות לייזר להגנה ולתקיפה, שיהליפו את הטילים הקונבנציונליים.

■ אבי אבול

לפני כ-60 שנה, בימי מלחמת העולם השנייה, התנהלו הקרבות הימיים בתותחים. אמצעי ההגנה העיקרי היה מיסוך עשן, והספינות תמרנן במרחק צעקה זו מזו. הניסיון לחוות מה יקרה באמצע המאה הבאה בזירת הקרב הימית אינו קל. בחיל הים סאמיניום טכנולוגיות "המסוים המוקנים" תורשם גם בספינות הקרב כבר בעתיד הקרוב.

ראש מחלקת כלי שיט בחיל הים, אלי"ם אביראל: "חתימות המכ"ם של כלי השטח יהיו מינימליות עד אפסיות, ויותר חלקים ואמצעי לחימה של הספינה יירדו אל מתחת לפני המים". בחוונ מתאר אלי"ם אביראל ספינה רב תכליתית, בצורת קטמרן, שבמ

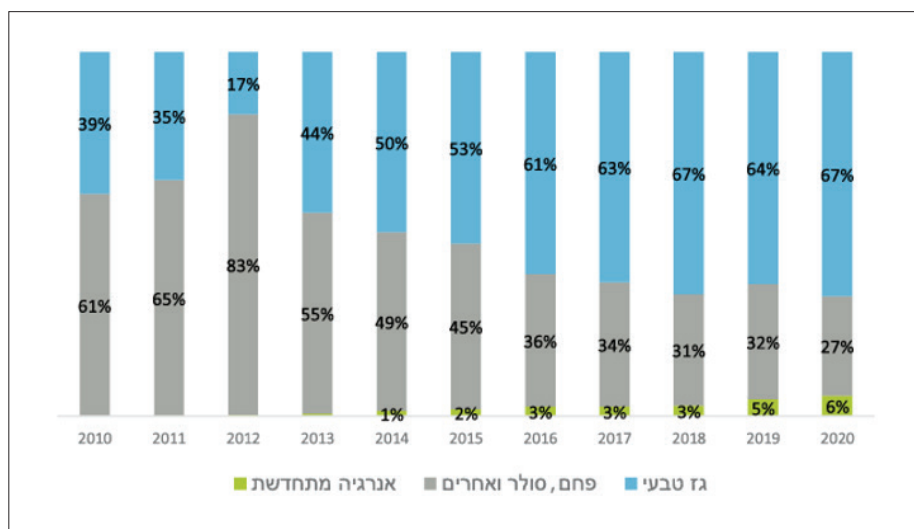
מקור: ביטאון "בין גלים" (אובל, 1998)

מאמרים רבים נכתבו, בין היתר בידי בכירים במערכת הביטחון דוגמת מפקדי זרוע הים לשעבר, אשר דנו ארוכות בסוגיית גודל ומשקל הספינות הנדרשות ובמנעד שבין ספינות קטנות ויעילות עד לכלי שטח רב-תכליתיים בדחי של 2500-3000 טון (אראל, 2008). במעלה השנים, הפריקט הפוטנציאלי עבר תהפוכות ושינויים רבים הן במישור הטכנו-מבצעי והן במסגרת דיוני התר"ש השונים במטכ"ל אל מול סוגיות תקציביות.

מ"סער 5 דור ב" ל"סער 6"

במהלך 2009, החלו להתגלות מרבצי גז משמעותיים במרחבי הים בקרבת ישראל. עולם אסדות הגז בשטח הכלכלי הימי (EEZ)⁸ של מדינת ישראל, שעד אותו שלב היה מצומצם יחסית (עם אסדת מרי-בי), החל לצבור תאוצה. אסדות 'תמר' ו'לויתן' החלו קורמות עור וגידים, אליהן יתווסף בהמשך גם מתקן ההפקה 'כריש' (ממאגר 'כריש-תנין'). משק האנרגיה בישראל החל להתבסס על מרבצי הגז כמקור מרכזי. כיום, למעלה מ-70% מייצור החשמל במשק מתבסס על גז טבעי, זאת מבלי להתחשב בצרכים נוספים של גז טבעי בעבור התעשייה.

אל מול חשיבותן הלאומית, הפכו אסדות הגז מהר מאוד לנכסים אסטרטגיים במדינת ישראל, שהרי אין הבדל בין מתקן להפקת חשמל הנמצא בשטח מדינת ישראל, ובין אסדת גז הנמצאת בעומקו של הים. במקביל, התפתחות האיומים האוויריים (הן בהיבט הכמות והן בהיבט הדיוק) הצריכה השתנות ושינוי בתפיסת ההגנה במרחב הימי. עיקר השינוי באיום הייחוס היה היכולת של ארגוני הטרור לאיים על אסדות הגז, תוך שימוש הולך וגובר באיומים תלולי מסלול (תמ"ס), איום שאליו לא תוכננו מערכות ההגנה המסורתיות של זרוע הים. הדבר הצריך את זרוע הים לתהליך כניסה מואץ לעולמות תוכן אשר היו עד אותה עת, נחלתו הכמעט בלעדית של חיל האוויר – בניית יכולות הגנה אוויריות נגד האיום הרקטי על נכסים אסטרטגיים.



השוואה רב-שנתית, ייצור החשמל במשק לפי מקורות אנרגיה, באחוזים (רשות הגז הטבעי, 2022, עמ' 11)

⁸ Exclusive Economic Zone, נקרא גם מרחב המים הכלכליים

ב־2013, בעקבות האירועים הנ"ל, פורסמה החלטה מספר ב/53 של ועדת השרים לענייני ביטחון לאומי, אשר הטילה על זרוע הים את משימת ההגנה על הנכסים האסטרטגיים בים ובמרכזם אסדות הגז. באותה החלטת ממשלה, אושרה התעצמות זרוע הים בארבע ספינות טילים חדשות אשר יאפשרו, על־פי הניתוח שבוצע בצה"ל ובזרוע הים, את ההגנה הנדרשת לנכסים אלו (ממשלת ישראל, 2013).

שיקולים בתכנון ובבנייה של "סער 6"

מפאת קוצר היריעה, לא נדון במאמר זה בתהליך שאותו עברנו בזרוע הים בגיבוש החלופות והתצורות השונות לספינות "סער 6". נציין רק כי נקודת העבודה בעת החתימה על החוזה לבניית ספינות "סער 6" מול המספנה בגרמניה, הייתה כי "סער 6" תיבנה על בסיס תכן פלטפורמה קיימת – קורבטה מדגם K-130 שבנתה המספנה בעבור הצי הגרמני, זאת מתוך שיקולי תקציב (מכיוון שלהתחיל תכן חדש לגמרי היה יקר יותר בסדר גודל גדול), ומתוך הבנה כי הספינה הגרמנית הינה הפלטפורמה הקיימת הנותנת את המענה הקרוב ביותר לצורכי זרוע הים שהוגדרו במפרט הטכני.

תהליך תכן ותכנון כלי שיט ובמיוחד אוניית מלחמה, מתבצע באופן ספירלי, זאת מכיוון שכל שינוי בפרמטר אחד גורר שינויים בפרמטרים רבים אחרים. כאשר פונקציית המטרה היא למצוא נקודת אופטימום לאיזון בין כל הדרישות.



ספירלת התכן בהנדסת בניית פלטפורמה ימית (מקור: המחברים)

בהתאם לניתוח האיומים והצרכים המבצעיים שמופו, הוגדרו דרישות ליכולות המבצעיות הנדרשות מהספינה ובהתאם החלו להתגבש הדרישות המבצעיות והטכניות ממערכות הלחימה השונות. לאור ייעודה העיקרי של הספינה - הגנה על אסדות הגז - תוכננה הספינה בראש ובראשונה לשאת מערכות הגנה אוויריות, במרכזן מכ"ם ה"אדיר" ומערכות יירוט דוגמת כיפת ברזל ימית ו"רעם אדיר". תצורת ה-Phased Array של מכ"ם ה"אדיר" שתוכנן, אשר כוללת ארבעה "קירות" לגילוי מלא של 360 מעלות, השפיע באופן ישיר על תכנון מבנה התרנים בספינה. מערכות הלחימה הנוספות, לרבות מספר המשגרים הנדרשים לטובת כיפה ימית, מיירטי "רעם אדיר" וטילים אחרים, היוו שיקולים נוספים בגודל ובדחי הכלי הנדרש על מנת שיוכל לשאת אותן. ניתוח צריכות החשמל של כל המערכות הגדירו את מערכת אספקת המתח, כמות והספק גנרטורים וכן את חלוקת לוחות החשמל בספינה. מיפוי פליטת חום של כל מערכת בנפרד הגדיר את מערכות הקירור ומיזוג האוויר הנדרשות בכל מדור בספינה.



הספינה הגרמנית K-130⁹

הדרישות המבצעיות לתנועת הספינה (כגון מהירות נדרשת, קצב סיבוב, תמרונים שונים וכו') גזרו את מערכות ההנעה הנדרשות. במילים אחרות, איך תיראה מערכת ההגה, כמות והספק מנועים ועוד. ציר ההנעה בספינה, מרכיב משמעותי ומרכזי

⁹ By Mark Harkin - F264 FGS Ludwigshafen am Rhein, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54735884>

בכל ספינה, משפיע על גאומטריית הספינה ועל ממדיה, דבר שהשפיע על יכולת ה-Seakeeping של הפלטפורמה.¹⁰ גם תפיסת האחזקה של זרוע הים השפיעה על מיקומי מערכות הפלטפורמה המרכזיות ועל סידורן בספינה.

לכל הפרמטרים האלו, מתווסף פרמטר נוסף והוא שח"ם (שטח חתך מכ"ם) הספינה. על מנת למזער החזר מכ"ם של הספינה, בוצעו התאמות ושינויים בגוף הספינה כבר בשלב התכנון אשר יאפשרו החזר נמוך יותר במידה ומכשור קורן (דוגמת מכ"ם זר) ינסה לגלות את הספינה. התאמות אלו הן למעשה בראש ובראשונה שינוי גאומטרי חיצוני של הספינה. נוסף על כך, במקביל לכל שלב תכן הספינה, בוצע ניתוח שח"ם מתאים לכל אלמנט חיצוני בספינה, קטן ככל שיהיה, והוא טופל בהתאם על מנת לבצע אופטימיזציה לשח"ם הכולל.



"סער 6" (דובר צה"ל)

אתגר נוסף בתכנון הראשוני של הספינה היה לאפשר מענה של "חיים בצוותא" לכלל מערכות הלחימה והתקשורת שתוכננו להיות מוצבות על גבי תורני הספינה. הצורך לאפשר יכולת שידור וקליטה של כלל המערכות ללא יצירת הפרעות או נזק הינו הכרחי, ומחייב ניהול מדוקדק של מפת הקורנים והמערכות השונות. הדבר מחריף עוד יותר כאשר לכל מערכת יש דרישות מבצעיות לגזרות כיסוי המחייבות התקנות במיקומים מסוימים על גבי התורן. כל ההגדרות וההתאמות הנ"ל, כמו גם שוני בתפיסת ההפעלה המבצעית של

¹⁰ Seakeeping - יכולת התמודדות ותפקוד הפלטפורמה במצבי ים גבוה.

הספינה על-ידי זרוע הים ביחס לצי הגרמני, הביאו למצב שבו תכן פלטפורמת "סער 6" הלך והתרחק מהתכן של הפלטפורמה הגרמנית K-130 שעליה התבססו. על אף ששתי הפלטפורמות דומות בגודלן ובדחי שלהן - פלטפורמת "סער 6" מאפשרת ניצול טוב יותר של "נדל"ן" הספינה אל מול מערכות לחימה. על כך יורחב יותר בפרק אינטגרציית מערכות הלחימה.

עם זאת, ראוי לציין כי זרוע הים למדה ואימצה אלמנטים רבים מהתכן הקיים של ה-K-130, קורבטה בסדר גודל אשר מהווה קפיצת מדרגה בזרוע הים. לדוגמה, תצורת סיפון הימאות הקדמי (אשר נמצא מתחת לתותח 76 מ"מ בסיפון חרטום) מוכרת בקורבטות כאלו בציים אחרים, אך שונה במהותה מהתצורה הקיימת היום בשאר ספינות הטילים בזרוע. סיפון הימאות סגור (בניגוד לסיפון פתוח) מתוך שיקולי שח"ם, ועל כן הדבר משפיע באופן משמעותי על תפיסת ההפעלה של הפלטפורמה בעת עגינת הספינה וקשירתה ברציף (דבר הדורש עבודת ימאות באמצעות חבלים בעת כניסה ויציאה מהנמל).

למה זה מורכב?

את המורכבות בפרויקט "סער 6" אפשר לחלק לכמה נדבכים עיקריים:

1. בניית פלטפורמה "עירומה" ומסירתה ללקוח לטובת התקנות ואינטגרציה של מערכות לחימה.

בחלוקה גסה מאוד של תהליך פרויקטאלי לבנייה ולמבצוע כלי מלחמה כלשהו (בין אם זה טנק, מטוס או ספינה), קיימים שני שלבים מרכזיים - שלב בניית הפלטפורמה עצמה ושלב ההתקנה וההפעלה של מערכות הלחימה עליה. ברוב המקרים, קיים קבלן ראשי אחד אשר אחראי על כל התהליך מקצה לקצה. כך לדוגמה, במקרה של אותה פלטפורמה גרמנית K-130, המספנה הגרמנית, אשר הייתה אחראית על תכנון הספינה ועל בנייתה, אחראית גם על ההטמעה, על ההפעלה ועל האינטגרציה של כלל מערכות הלחימה. כך שכאשר הספינה עוזבת את הרציף במספנה הבונה, ונמסרת לחיל הים הגרמני, היא במצב מתקדם ביותר עד כדי מבצוע כמעט מלא.

באופן דומה מבוצעת גם מסירה של צוללות. כדוגמת צוללות "דולפין AIP" של זרוע הים, אשר נבנו במספנת Thyssenkrupp בגרמניה. ההתקנה והאינטגרציה של רוב מערכות הלחימה מבוצעות בגרמניה תחת אחריות המספנה הבונה (גם אם חלקן מתוצרת ישראלית - הן משונועות לגרמניה לטובת ההתקנה תחת אחריות המספנה).

החווה לבניית ספינות "סער 6" במספנת Thyssenkrupp הוגדר באופן אחר. תכולת הפרויקט מול הגרמנים כללה אך ורק את בניית הפלטפורמה בתצורת HM&E¹¹. קרי פלטפורמה הכוללת גוף ומערכות הנעה, מכונה וחשמל. במילים

¹¹ Hull, Machinery & Electrical

אחרות, הספינה עוזבת את הרציף בגרמניה כאשר היא מתפקדת כפלטפורמה ימית עצמאית ומסוגלת להפליג לארץ בבטחה. כל תהליך ההתקנות והאינטגרציה של מערכות הלחימה אינו חלק מההתקשרות עם הגרמנים. תהליך זה הוגדר לביצוע על-ידי חיל הים, עם הגעת הספינות ארצה, ונרחיב עליו בהמשך.

2. ניהול בניית הספינות במקביל לתהליכי פיתוח וייצור מערכות הלחימה.

טרם הגעת הספינות לארץ, נוהל למעשה פרויקט 'ספינות המגן' בשני תהליכים מקבילים - האחד, תהליך התכנון והבנייה של הספינה במספנה בגרמניה, והשני, תהליך פיתוח מערכות הלחימה, שנעשה בארץ. כאשר שני תהליכים מורכבים שכאלו מתבצעים בו זמנית, נוצרים מגוון אילוצים שלעיתים נראים שמובילים לפתרון בלתי ישים. רק לשם המחשה, דמיינו לעצמכם שזרוע הים נדרשת להעביר למספנה הגרמנית בעבור מערכת לחימה מסוימת מפרטים טכניים המגדירים את סוגי הכבלים ואת אורכם, את צריכות המתחים ואת פרוטוקולי התקשורת השונים - כל זאת בעוד שהמערכת נמצאת עדיין בשלבי תכנון ראשוניים בתעשייה בישראל. אותה "ספירתלת התכנון" שדיברנו עליה בפרק קודם, הופכת מורכבת מאוד כאשר המשתנים והפרמטרים משתנים לאורך הדרך עם התקדמות פיתוח מערכות הלחימה.

3. בניית פלטפורמה 'One of her Kind' ובמספרים קטנים.

מעבר למורכבויות שתוארו לעיל, קיימת מורכבות פרויקטאלית נוספת הנובעת מכמות הפלטפורמות המיוצרות באופן סדרתי. טנק מרכבה סימן 4 יוצר באופן סדרתי בכמות של מאות כלים, מטוס F-35 סופק ברחבי העולם בתצורות השונות בכמות העולה על 1000 מטוסים (כאשר 50 מתוכם בתצורה הישראלית בעבור חיל האוויר). אם נחזור להשוואות מהעולם הימי, לצי הגרמני סופקו 5 ספינות מסדרת K-130 שהוזכרה לעיל, כאשר 5 ספינות נוספות נמצאות בתהליך בנייה בימים אלו.

אל מול כך, נבנות 4 ספינות בלבד מסדרת "סער 6". מבלי לפתח פה דיון בסוגיית גודל הסדרה הנדרש של זרוע הים הישראלי, מדובר באירוע מורכב בהיבט הפרויקטאלי בלבד. ייצור סדרתי בכמות קטנה גורר תקורות גבוהות יותר בשלב התכנון והייצור, משאבים וקשב נמוכים יותר מצד יצרנים וקבלני משנה, ומדגם קטן יותר של מקורות להשוואה ובחינה במקרה של תקלות. כלל המורכבויות שתוארו, יוצרות מקרה פרויקטאלי ייחודי ומאתגר. זרוע הים מתפקדת למעשה לא רק כמשתמש הקצה המבצעי, אלא גם כקבלן אינטגרציה וקבלן תחזוקה לפלטפורמות ייחודיות אשר קיימות רק ארבע מהן בכל העולם.

4. ניהול קהילה על אדמה זרה - ההיבטים הרכים של ריתוכי הפלדה.

במסגרת תהליך הבנייה בגרמניה, הוקם צוות פרויקט שנשלח והתמקם במספנה בגרמניה. הצוות הורכב בעיקר ממהנדסי הזרוע, שאליהם הצטרפו

צוותי ההשטה של הספינות לקראת מסירת כל ספינה. למעשה, מדובר במשלחת הישראלית בנכר, הגדולה ביותר שידע משרד הביטחון אי פעם. משלחת זו דרשה ניהול ייחודי ומורכב בהיבטי אבטחה ולוגיסטיקה, אך בראש ובראשונה היוותה אתגר ביצירת קהילה "יש מאין" מאוסף אנשים ובני משפחותיהם, שרובם זרים זה לזה, המוצאים עצמם בארץ זרה, ללא תמיכת משפחה וחברים. קהילה שתידרש ואף תרצה (!) לעשות ליל סדר פסח וארוחת ערב בראש השנה ביחד. הפיכת השליחים והמשפחות לקהילה אחת, ושמירה עליה כקהילה מתפקדת לכל עניין ודבר, אינה דבר מובן מאליה, והיא היוותה מכפיל כוח בעבודה השוטפת בגרמניה.

5. התקנת מערכות הלחימה, האינטגרציה, המבצוע והוכחת היכולת - תפקיד זרוע הים.

כאמור, לאחר מסירת הפלטפורמות לידי זרוע הים והגעתן לארץ - החל מאמץ נוסף. התקנת מערכות הלחימה, בדיקתן, ביצוע האינטגרציה, הניסויים והוכחת היכולות. מאמץ מורכב אשר עליו אמונה זרוע הים מקצה לקצה - באמצעות מהנדסי הזרוע והענפים המקצועיים השונים. למעשה, עצמאות זרוע הים בביצוע האינטגרציה הינה כפולה - הן כאמור מבחינת ניהול התהליך והאחריות להגדרות ולבדיקות השילובים המלאות, והן ברמת מערכות הספינה באמצעות מערכת השו"ב. מערכת השו"ב הזרועית (נקראת גם "זוהרים") מפותחת בזרוע הים מזה שנים רבות בידי גופי התוכנה של זרוע הים, ומשמשת למעשה "לב" מערכות הלחימה, כאשר מערכת השו"ב מבצעת אינטגרציה לכלל סנסורי הגילוי של הספינה, בונה תמונה ומנהלת את תהליכי ההגנה והלחימה.

תהליך הבנייה בגרמניה

חוזה "סער 6" נחתם מול המספנה הגרמנית במאי 2015. זמן קצר לאחר מכן הגיע לגרמניה צוות פרויקט הכולל מהנדסים מזרוע הים להתנעת הפרויקט ולתחילת שלב התכן. במהלך 6 השנים שלאחר מכן, עד לעזיבת הספינה הרביעית והאחרונה את הרציף בגרמניה באוגוסט 2021, הוביל הצוות הטכני של זרוע הים את הפרויקט מול המספנה משלב התכנון, דרך שלב הבנייה, ההפעלה והבחינה בחוף ובים של כלל הספינות. בשלב מסוים בפרויקט, הצטרפו צוותי השטה משייטת 3 לטובת לימוד והכרת הספינה על מנת שיוכלו להפליג איתה בבטחה לנמל הבית בחיפה. האתגר הטכני שעמד בפני צוות הפרויקט בשלב התכן התחלק לשני נדבכים מרכזיים - התאמת הפלטפורמה שסוכמה (כאמור על בסיס K-130 הגרמנית) לצרכים המבצעיים של זרוע הים; והגדרת הדרישות מהפלטפורמה לטובת מערכות הלחימה. כפי שתואר בפרק הקודם, ספירת התכן בעת בניית פלטפורמה חדשה דורשת מידע מדויק על מערכות הלחימה השונות (כגון מידות מכאניות של מכלולים,

¹² ליתר דיוק, ההסכם נחתם תחילה כ-G2G בין ממשלת ישראל לממשלת גרמניה.

צריכות חשמל, פליטות חום ועוד). כאמור, מידע זה משפיע באופן ישיר על תכנון הספינה, המדורים ומערכות העזר בפלטפורמה. הבעיה הייתה כי באותה נקודת זמן רבים מהפרויקטים של מערכות הלחימה טרם יצאו לדרך ונמצאו בתהליך מכרזי. אלו שכן הותנעו מבעוד מועד, טרם התכנסו בתהליך התכן שלהם לנתונים מסוכמים וחתומים. קיימות כמה סיבות שהביאו לעיכוב בהתקשרויות הפרויקטים של מערכות הלחימה – חלקן בשל עיכוב בתקצוב וחלקן כתוצאה ממכרזים שטרם הסתיימו. רוב הפרויקטים הותנעו קרוב לחתימה על הפלטפורמה וביצעו את שלב התכן שלהם **במקביל** לתכן הפלטפורמה.

שני האתגרים הללו, הצריכו שינויים בפלטפורמה ובתשתיות מערכות הלחימה במהלך הפרויקט. בוצעו כמה שינויים מבניים בחלוקת המדורים בספינה (לדוגמה, על מנת להתאים למשגרים הנדרשים ועל מנת לאפשר שילוב נשים לוחמות במגורים), בוצע גידול משמעותי ביכולות מערכת אספקת החשמל (על מנת לאפשר את כלל מערכות הלחימה), תוספת של חרטומן ועוד.¹³ שינויים אלו אפשרו לזרוע הים לדייק את המענה הטכני והמבצעי של הספינה על מנת להתאים לאיום הייחוס המשתנה ולתכן מערכות הלחימה שהיו באותו זמן בתהליך פיתוח בארץ.

בזרוע הים יש מהנדסים וצוותים מבצעיים מומחים במתן המענה הטכני, התחזוקתי וההפעלתי לכלי השיט. יחד עם זאת, בניית פלטפורמה ימית, ובפרט ספינת מלחמה, היא עולם ומלואו ומהווה מקצוע לכל עניין ודבר. בזרוע הים אמנם קיימים אדריכלים ימיים בעלי ידע נרחב בתחום, אך הם אינם בונים ספינות, בוודאי לא כדרך קבע (ספינות הטילים האחרונות שנבנו בעבור זרוע הים היו ספינות "סער 5" וספינות "סער 4.5", לפני כ-25 שנים). צוות הפרויקט בגרמניה כלל מהנדסים מדיסציפלינות שונות – גוף ומכאניקה, מכונה, חשמל, מערכות הספק ובקרה, אלקטרוניקה ומערכות לחימה. הצוות נדרש להתמקצע בתחומי ידע נוספים אשר אינם במרכז העיסוק של זרוע הים בשגרה, כיוון שהם נדרשים בדרך כלל רק (או בעיקר) בשלב בניית ספינה – לדוגמה, אופן ביצוע ובחינת ריתוכים של תתי-סקציות בעת הרכבת הספינה או פילוס ומדידות מורכבות לטובת בניית מערכת צירים של הספינה, הכנה להתקנת מדויקת של מערכות לחימה.

מאידך גיסא, על אף הניסיון הרב של המספנה הגרמנית בבניית ספינות לצייס שונים בעולם, ניכר היה שהלקוח הישראלי מגיע עם ניסיון מעשי שונה לעיתים מזה שהכירו צוותי המספנה. ניסיון שהיה מבוסס על פעילות טכנו-מבצעית שוטפת רבה, דבר שאינו מאפיין בדרך כלל צייס זרים.

נוסף על כך, לזרוע הים הישראלית DNA ייחודי (לרוב גם ביחס למרבית המערכים בצה"ל) המתבטא בכך שהן המהנדסים והן צוותי הספינות דורשים ונדרשים לידע

¹³ חרטומן (Bow Thruster) הוא מדחף המאפשר לכלי שיט לתמרן בכיוון מסוים. החרטומן בסער 6 מאפשר לספינה תנועה עדינה יחסית לכיוון דופן שמאל או דופן ימין, ובכך חוסך שימוש בגוררת בעת היקשרות לרציף (או עזיבתו).

מקצועי וטכני רחב ומעמיק בכלל המערכות ותתי-המערכות בספינה. הדבר נובע משתי סיבות עיקריות: בהיבט הפרויקטאלי-טכני, זרוע הים לוקחת על עצמה באופן מסורתי את האחריות על ביצוע התקנות ועל האינטגרציות של המערכות ואף מחזיקה יכולות אחזקה ארוכות טווח. אחריות זו הובילה לצורך משמעותי בידע מערכתי וטכני מעמיק ובשימורו לאורך זמן בענפי המטה המקצועיים ובמספנת חיל הים. בהיבט המבצעי-הפעלתי, הצוותים נדרשים להפעיל כלי שיט (בין אם סטי"ל או צוללת) לתקופה ממושכת בלב ים, ללא תמיכת מטה או גורמים טכניים נוספים. על כן, הצוותים המבצעיים כוללים גם טכנאים וקצינים טכניים אשר נדרשים לידע נרחב על מנת להתמודד עם תקלות בים.

לפיכך, "לקוח ישראלי" כדוגמת זרוע הים, אינו דבר שמורגלים אליו במספנה הגרמנית בעבודתם עם לקוחות אחרים דוגמת הצי הגרמני, אשר מפעיל את הספינות באופן שונה לגמרי - כמעט כמו שמפעילים רכב לסינג ותחת שעות העבודה הסטנדרטיות. כל אלה הביאו לצורך בביצוע הדרכות במפעלי היצרנים הגרמניים, בהכשרות שבוצעו בספינות, בקטלוגים מפורטים על כל פריט ורכיב במערכות השונות, בכתיבת מדריכים טכניים ועוד - בכמות ובאיכות מעבר לסטנדרט הנפוץ במספנה בגרמניה. לא לחינם זכה צוות הפרויקט לאמירה שהפכה שגורה בקרב מנהלי המספנה בגרמניה: "הלקוח הישראלי הינו לקוח קשה, אבל הוא יודע בדיוק מה הוא צריך למשימה המבצעית".

העבודה השוטפת עם הגרמנים היוותה אתגר אנושי-מקצועי נוסף, בעיקר לאור השוני התרבותי. כאמור, צוות הפרויקט הגרמני עבד רבות עם ציים זרים, במיוחד עם הצי הגרמני כלקוח מקומי. פעמים רבות העיד צוות הפרויקט הגרמני על ההבדלים באופן העבודה בין הלקוח הגרמני ללקוח הישראלי, כאשר האחרון נתפס בעיניהם כלקוח מקצועי, שידע מה הוא צריך ורוצה, יצירתי ובעל תושייה לפתרון בעיות, מסתגל ומשימתי המאפשר לקבל החלטות במעגלים קצרים ובמינימום בירוקרטיה. אולי באופן לא מפתיע, כמעט ההיפך המוחלט מהלקוח הגרמני. מאידך גיסא, לעיתים רבות הביעו המהנדסים והמנהלים הגרמניים תסכול מכמות בקשות השינויים והעדכונים התכופים במהלך חיי הפרויקט, דבר שלא היו מורגלים אליו בעבודה עם לקוחות אחרים.

ראוי לציין כי התחושה שרווחה בקרב צוות הפרויקט של זרוע הים הייתה שהצוות הגרמני התחבר לפרויקט ברמה עמוקה יותר ממחויבות חוזית לחיתוך פחים ובניית גוש ברזל שמפליג. בעבודה מול תעשיות ביטחוניות בארץ, קיים יתרון מובהק של ערך 'הציונות' המסייע לרתימת החברה ואנשיה לפרויקט ולתוצר המבצעי. על אף שערך זה אינו רלוונטי בעבודה במספנה זרה עם צוותים גרמניים, ההתרשמות הייתה כי הרוב המוחלט של האנשים בצוות הגרמני חשו **שותפות** עמוקה בפרויקט, שנבעה מתחושת גאווה בסיוע לביטחון מדינת ישראל בסביבה העוינת של המזרח התיכון ואף מתוך אהדה מוחצנת לישראל. במקרים רבים התפתחו מערכות יחסים

קולגיאליות-חבריות בין אנשים בצוותים השונים, אשר חלקן נשמרות עד היום. נוסף על כלל האתגרים הנ"ל, התמודד צוות הפרויקט עם אתגרי הפרט והקהילה, או במילים אחרות – האנשים עצמם. צוות הפרויקט האורגני בגרמניה מנה רוב הזמן 13 אנשי מקצוע. כאמור, נוסף על הצוות הטכני, התווספו במהלך הפרויקט צוותי השטה מבצעיים, כאשר בנקודת השיא בפרויקט, מנה צוות זרוע הים מעל 100 "שליחים" (קרי משרתים בצה"ל – קצינים, נגדים וחיילים), זאת מבלי להתחשב במשפחותיהם (כ-200 אזרחים) אשר היו חלק בלתי נפרד מאחריות המשרד והזרוע בהיבטים שונים דוגמת ביטחון אישי ואבטחה. כדי להבין את האתגר הטמון במשלחת שכזו מספיק להבין את ההרכב של לובשי המדים בצוות הפרויקט: מחיילות וחיילי חובה ועד אנשי קבע בדרגות ובוותק שונה.

מעבר לנפח העבודה שגדל באופן קיצוני בשגרירות ברלין ובענף תב"ל,¹⁴ גודל ותצורת המשלחת דרשו מהמשרד ומזרוע הים לשנות מנגנונים קיימים ואף ליצור מנגנונים חדשים לטיפול ולליווי של השליחים בחו"ל. לדוגמה, דין שליחת חייל חובה לחודשים ספורים לגרמניה אינו כדין שליחת איש קבע ומשפחתו לתפקיד בחו"ל. סוגיות המטופלות בארץ באופן שוטף וסטנדרטי, דוגמת אספקת אוכל כשר לחיילים וביצוע בדיקות רפואיות לטובת כשירות להפלגה על גבי הספינה – נדרשו למענה ייחודי על אדמה זרה. כמו-כן, נדרש צוות הפרויקט לטיפול בסוגיות אשר בארץ אינן בתחום האחריות של הצבא – לדוגמה, מה עושים חיילי החובה בזמנם הפנוי ובסופי השבוע. נדרש היה לתת על כך את הדעת לאור המספר הרב של חיילי חובה שנשלחו בתפקיד לתקופה ממושכת בארץ זרה ללא תמיכת משפחה וחברים.

גם כאן, מפאת קוצר היריעה לא נוכל להרחיב על אודות האתגרים השונים הכרוכים בניהול קהילה על אדמה זרה, על המורכבות ועל מרקם היחסים העדין, ולעיתים השברירי מאוד, המתקיים בין השליחים והמשפחות, על אתגרי השפה והתרבות וכו'. ניתן לומר בוודאות כי חוזקה של הקהילה בפרויקט המתבצע במדינה זרה, חשוב הרבה יותר מחוזקו של כל ריתוך שנעשה בספינות.

מגפת הקורונה

ואם היה נדמה כי היו לנו מספיק אתגרים פרויקטאליים, הגיעה מגפת הקורונה בדיוק במועד הקריטי של בחינת ספינת האב-טיפוס הראשונה. כך שנוסף על כלל האתגרים שתוארו קודם לכן, התמודד הפרויקט עם אתגר מגפת הקורונה העולמית. מגפה אשר לא פסחה גם על העיר קיל בגרמניה. בהיבט הפרויקטאלי, הקורונה גרמה לעיכובים בבניית הספינות. בשלב מסוים ב"גל הראשון", הופסקו עבודות הבנייה באופן מוחלט למשך כחודש ימים ובחלקו אף סגרה המספנה את שעריה. עבודות הבנייה והבחינה בוצעו כמעט במלואן בידי קבלני משנה של המספנה. קבלני משנה אלו העסיקו בדרך כלל עובדים זרים מארצות שונות, דוגמת פולין, אוקראינה, צ'כיה

¹⁴ ענף תיאום בין-לאומי בזרוע הים, האחראי על שליחים בחו"ל ועל נסיעות עבודה.

וקנדה. עם בהלת ה"גל הראשון", חזרו עובדים אלו לארצות המקור (בין אם חזרו מבחירה להיות עם משפחותיהם ובין אם הוחזרו מטעם החברות).

מצב זה גרר מיעוט עובדים משמעותי אשר השפיע באופן ישיר על תהליך הבנייה ועל לוח הזמנים. במקרי קיצון מסוימים, לא הוחזרו העובדים לגרמניה עד סיום הפרויקט והמשך הבחינה בוצע בידי צוות חיל הים ועובדים גרמניים זוטרים בתמיכה טלפונית מרוחקת של קבלני המשנה. במקביל, בצוות השליחים של זרוע הים התמודדו עם אתגרים נוספים, לדוגמה כאשר נסגרו כלל המלוונות שבהם שהו צוותי ההשטה (בעיקר חיילי חובה) והופסקו השירותים הלוגיסטיים התומכים (לדוגמה מזון). דבר זה הצריך מענה מיידי של זרוע הים בדמות החזרת חיילי החובה לארץ למשך כחודש (אינגל, 2020).

ניהול הגבלות והנחיות לצוות הפרויקט אפשר המשך התנהלות במינימום פגיעה בעבודה השוטפת. במבחן התוצאה, אף שליח של זרוע הים בפרויקט "סער 6" לא אובחן כחולה קורונה בתקופת השהייה בגרמניה. לקשיים שיצרה מגפת הקורונה בניהול הפרויקט בגרמניה, יש להוסיף כי בשל המגפה לא התקיימו מרבית ההדרכות השונות במפעלי היצרנים ואנשי מספנת זרוע הים שהיו אמורים להגיע למספנה ללימוד הספינה, מערכותיה ותהליכי ההתקנות, כשלב מקדים לשלב התקנות מערכות הלחימה בישראל, נשארו בארץ. כך שמרבית אנשי מספנת חיל הים פגשו לראשונה את "סער 6", עת נכנסה אח"י מגן לנמל הבית בבסיס חיפה.

אתגר אינטגרציית מערכות הלחימה

כאמור, הספינות סופקו והגיעו לישראל בתצורת HM&E, קרי פלטפורמה הכוללת גוף ומערכות הנעה, מכונה וחשמל. ללא מערכות לחימה כלל, מלבד מערכות ניווט ותקשורת ספורות אשר אפשרו את ההפלגה הבטוחה מגרמניה לישראל. עם הגעתן של הספינות ארצה, החל מאמץ נוסף - התקנות ואינטגרציית מערכות הלחימה. כאמור, זרוע הים לקחה על עצמה את האתגר הכפול - מספנת זרוע הים תבצע את ההתקנות ומהנדסי הזרוע במספן הציוד יבצעו את האינטגרציה ואת ניהול תהליך הבחינות.

לשם השוואה, נחזור כ-30 שנים אחורה, לשנות ה-90 המוקדמות, כאשר הגיעו ספינות לארץ "סער 5", לאחר בנייתן במספנת אינגלס בארצות-הברית. גם אז הגיעו הספינות לארץ בתצורת HM&E. לטובת מאמץ המבצוע והקליטה דאז, הוקמה מנהלת ייעודית בשם מפל"ד (מנהלת פרויקט להבדולפין) - אשר הייתה אחראית גם על קליטת ספינות "סער 5" וגם על קליטת צוללות הדולפין (כיום מוכרות גם כצוללות 1-3). ראש מפל"ד היה בדרגת תא"ל תחת פיקודו הישיר של מפקד זרוע הים. המנהלת ניהלה את תהליך ההתקנות והמבצוע, כאשר הספינה הראשונה (אח"י אילת) נמסרה בשנת 1993 ומובצעה בתחילת שנות ה-2000, סדר גודל של כשבע שנים מהגעתה לארץ.

נסתכל על תהליך מבצוע דומה של קורבטות בציים זרים – לדוגמה פלטפורמת K-130 של הצי הגרמני, שם כאמור מתנהל תהליך אינטגרציה של מערכות הלחימה ע"י המספנה הבונה. הספינה האחרונה שמובצעה בסדרה (F264, העונה לשם Ludwigshafen am Rhein) הושקה למים אחרי סיום הבנייה ב־2007 והפכה למבצעת בשנת 2013. בחישוב מהיר, תקופת מבצוע של כשש שנים. הספינה הנוכחית בסדרה (F265, בשם Köln), סיימה בנייה ב־2020 ונמצאת עדיין בתהליך מבצוע.

כחלק מהצורך לאפשר יכולת מבצעית לטובת ההגנה על המתקנים האסטרטגיים בים, הוגדר תהליך בזרוע הים של התקנה ושל מבצוע "סער 6" תוך 18–21 חודשים מרגע הגעת הספינה לארץ. לו"ז שאפתני וחסר תקדים בכל קנה מידה, ישראלי ועולמי. העובדה כי חלק ממערכות הלחימה ממשיכות בפיתוח תוך כדי תהליך מבצוע הפלטפורמה, מגבירה את הקשיים ואת הסיכונים בתהליכי האינטגרציה. מגפת הקורונה, לא פספסה הזדמנות להקשות פעם נוספת, וגרמה למשבר שבבים עולמי, שגרר הארכה משמעותית של זמני אספקת מכלולים רבים וציוד אלקטרוני בפרט. זאת עוד מבלי להזכיר את ההתייקרויות שחלו בחומרי הגלם בשל המגפה. לטובת וקטור ההתקנות, המבצוע וקליטת הספינות, הוקם גוף ייעודי בזרוע הים – "מנהלת מגן" (על שם ספינות המגן, כאמור, שם אחר לסדרת ספינות "סער 6"), בדומה למנהלת הפרויקט שהוקמה בזמנו לספינות "סער 5". המנהלת נמצאת תחת מספן הציוד, ואחראית למעשה על כל תהליך המבצוע – מסנכרון והוצאה לפועל של התקנות מערכות הלחימה בכל ספינה, דרך תכנון ובקרה על אינטגרציה וניסויים גדולים ועד תכנון לתקציבי אחזקת הפלטפורמות הנדרשים לאורך חייהן הצפוי ב־30 השנים הקרובות.

עם הגעת כל אחת מהספינות לארץ, נשלל ממנה כושר השיט (שאותו קיבלה אך ורק לטובת הפלגה בטוחה מגרמניה לישראל) והיא עוגנת ברציף מספנת חיל הים. שם מתחיל שלב ההתקנות אשר נמשך כחצי שנה. במהלכו מבצעים התקנות לרוב מערכות הלחימה – אירוע מורכב הכולל פתיחת מעברי כבלים בין מדורים אטומים בספינה ופריסת כבלים נוספים, פתיחת מעברי תחזוקה (BERP) לטובת הורדת והכנסת מסדים וארונות ושינועם ברחבי הספינה וכמובן התאמות מכאניות והתקנות של כלל המכלולים השונים.

משימת ההתקנות והאינטגרציה כוללת כ־20 מערכות לחימה מתקדמות, אשר כ־90% מהן פרי פיתוח כחול־לבן של תעשיות ישראליות. כלל המערכות האלו מחולקות לשלוש קטגוריות מרכזיות: מערכות תשתית (דוגמת מערכות תקשורת וניווט), מערכות גילוי ובניית תמונה (דוגמת המכ"ם ומערכת השו"ב) ומערכות תכלית (דוגמת כיפה ימית כמערכת יירוט). בהתאם לחלוקה זו, מתועדפים ומוגדרים שלבי ההתקנות והבדיקות בספינה.

ההתקנות המבוצעות למערכות הלחימה כוללות התקנה מכאנית של מעל 700

מכלולים (מקופסאות פיצול ועד מסדים וארונות מחשוב). בכל ספינה נפרסו מעל 3600 כבלים בין יחידות מערכות הלחימה השונות, באורך כולל של מעל 100 ק"מ, כאשר לכך מתווספת בהתאמה עבודת חיווט בהיקף אדיר. כל התקנה עוברת סט בדיקות עפ"י הנדרש, כאשר מערכות לחימה רבות דורשות ביצוע מדידות, פילוסים וכיוולים (Alignment) לתשתית המכאנית ולהתקנת המכלולים, אל מול מערכת צירים ספינתית מדויקת.

המערכות נבדקות במפעלים השונים בשיתוף אנשי זרוע הים, לאחר מכן עוברות המערכות לבדיקות במתקן שילובים זרועי ומשם להתקנות ולבחניות בספינה בחוף. לאחר התקנת מסה קריטית של מערכות, בדגש על מערכות תשתית ובניית תמונה, מקבלת הספינה כושר שיט מחודש ומתחילה לבצע בדיקות מערכתיות בים. בדיקות אינטגרציה למערכות על כל הממשקים שלהן מבוצעת בידי אנשי זרוע הים - קציני פרויקט ומהנדסי שילוב. מורכבות ראשונה היא כמובן בביצוע בדיקות אינטגרציה בין כלל מערכות הלחימה, שכן לא מדובר בממשק יחיד בין שתי מערכות בודדות בעולם. התיאור המדויק יותר הוא מטריצה של ממשקים בין כלל המערכות אשר לרוב בעלות השפעה הדדית אחת על השנייה.

המורכבות הנוספת היא בתהליך הבדיקות עצמו, ובפרט בבקרת תצורת המערכות. רוב מערכות הלחימה הנבדקות הן מערכות אשר נמצאות בתהליך פיתוח - מערכות חדשות וייעודיות ל"סער 6". עובדה זו מייצרת מצב שונה לחלוטין ממצב שבו המערכות היו מוכחות, מבצעות ומוכרות. על כן, תהליך האינטגרציה והבדיקות הוא תהליך איטרטיבי שבו מבוצעים תיקונים, עדכוני גרסה וחזרה על בדיקות מערכתיות ובדיקות ממשקים במספר רב של נקודות בדרך. כל עדכון גרסה במכ"ם אדיר מצריך בדיקות שפיות ורגרסיה למערכת האדיר עצמה כמובן, אך מצריך גם בדיקות שילובים לממשקים למערכות הרלוונטיות האחרות בספינה. כל אלו אתגרים בהסתכלות על ספינה בודדת. אם נרחיב את המבט הפרויקטאלי, נגלה רובד נוסף במורכבות - בהסתכלות על ארבע ספינות "סער 6", כאשר כל ספינה נמצאת במקום אחר בתהליך ההתקנות והמבצוע שלה, אתגר מהותי לבקרה על תצורת המערכות ועל ניהול תהליכי הבדיקות.

בדרך למבצעים

אח"י מגן, ראש הסדרה וספינת "סער 6" המתקדמת ביותר בתהליך המבצוע, החלה התקנות מייד לאחר הגעתה לארץ בדצמבר 2020. כוח אדם רב של רתכים, מסגרים, חוויטים, טכנאים, מהנדסים ומפתחים מזרוע הים ומהתעשיות החלו בעבודת התקנה, בדיקות ואינטגרציה של הספינה. הספינה החלה להפליג ביולי 2021 ומאז נמצאת בשלבי בדיקות אינטגרציה וניסויים מערכתיים. כבר בפברואר 2022 בוצע ניסוי יירוט מוצלח באמצעות מערכת כיפה ימית המשולבת במכ"ם האדיר ובמערכת השו"ב החילית. אח"י עוז, ספינת "סער 6" השנייה שנמסרה, נמצאת בשלב מתקדם

גם היא, לא רחוק מאחותה אח"י מגן - לאחר שגם היא ביצעה ניסוי יירוט מוצלח באוקטובר האחרון. שתי הספינות הנוספות - אח"י עצמאות ואח"י ניצחון נמצאות בשלבי מבצע גם הן על-פי התכנון. עם תחילת 2023 צפויות אח"י מגן ואח"י עוז להפוך למבצעות ולהתחיל את משימתן הלאומית בהגנה על הנכסים האסטרטגיים במרחב המים הכלכליים של מדינת ישראל.



ניסוי יירוט כיפה ימית מאח"י מגן (דובר צה"ל)

סיכום - אז מה למדנו עד כה?

כאמור, תהליך המבצע של ספינות "סער 6" נמצא בשלב מתקדם. כבר בנקודת הזמן הנוכחית בוצע תחקיר ביניים פנים-זרועי לשלב בניית הפלטפורמה בגרמניה, בוצע תחקיר חיצוני לשלב ההיערכות הזרועית לקליטה ולמבצע של הפלטפורמות, ובימים אלו מבוצע תחקיר פנים-זרועי נוסף לשלב ההתקנות, האינטגרציה והמבצע בארץ. כל זאת משתי מטרות עיקריות - הראשונה, לייעל ולאתר פערים בתהליך המבצע הקיים של ספינות "סער 6". השנייה, להפיק לקחים לטובת פרויקטים של פלטפורמות עתידיות של זרוע הים.

בימים אלו מותנע פרויקט "רשף" - תכנון ובנייה של פלטפורמות העתידות להחליף את ספינות "סער 4.5" ("ניריות") המבצעות בזרוע כבר מעל 40 שנים. בהיבטים פרויקטאליים רבים, פרויקט "רשף" אינו דומה לפרויקט ספינות "סער 6" אך לקחים טכנו-מבצעיים רבים רלוונטיים על מנת לאפשר תהליך תכנון נכון יותר של הפלטפורמה, בקרה טובה יותר של הבנייה והיערכות מדויקת יותר להתקנות

מערכות הלחימה השונות. חלק מצוות הפרויקט שהיה בגרמניה לטובת ספינות "סער 6" שותף בצוות פרויקט "רשף", וקוימו כמה פגישות למעבר על הלקחים ועל המסקנות מהתחקירים השונים לטובת יישום בפרויקט החדש.

התובנות המרכזיות שנלמדו כחלק מהתהליך שעברנו:

1. **חשיבות האנשים בשטח** - צוות פרויקט מנוסה ומקצועי אשר נמצא הלכה למעשה "רגליים על הסיפונים" במספנה המתכננת והבונה, ועל אחת כמה וכמה כאשר מדובר במדינה זרה. החל במעורבות ובהשפעה ישירה על התכנון והייצור, דרך בקרה ואיתור בעיות טכניות בתהליך הבנייה ועד אתגרים טכניים רבים שנדרשו לפתרון איכותי שמקובל על כל הצדדים.
 2. **חשיבות הנדסת מערכת "על כל המגרש"** - ביצוע הנדסת מערכת כוללת תהליך מקדים, הן ברמה הפלטפורמה (מערכות ה-HM&E) והן בתהליכי הלחימה המבצעיים (דוגמת תהליך ההגנה המערב כמה מערכות, תעשיות ואינטרסים), הינו קריטי והכרחי על מנת לאפשר להכול "לנגן" יחד.
 3. **הקמת מנהלת ייעודית** - הקמת גוף שמטרתו אחת, לקלוט ולמבצע את הספינות. גוף זה מאפשר מיקוד, מיקוד ועוד פעם מיקוד (זאת בתוך פעילויות רבות אחרות שבהן עוסקת זרוע הים בכל יום ובכל שעה), על מנת להביא את הספינות ליכולת המבצעית שלה זקוקה מדינת ישראל.
 4. **זרוע הים כאינטגרטור וכמהנדס מערכת** - הן ברמת ניהול הפרויקט, סנכרון כלל הפעילויות, האינטגרציה הבין-מערכתית והנדסת מערכת כוללת על-ידי מנהלת מגן, והן בהיבט מערכת השו"ב כמערכת לחימה אינטגרטיבית מרכזית המפותחת בזרוע הים אשר מאפשרת גמישות ניהולית וטכנית בביצוע שינויים נדרשים במעלה הדרך. שני אלו מהווים "מכפיל כוח" ומוכיחים את עצמם בשנה האחרונה באופן מובהק.
 5. **תעשיות כחול לבן** - כאמור, כ-90% ממערכות הלחימה מפותחות בתעשיות ביטחוניות ישראליות, דבר שהוכיח ומוכיח את עצמו כל פעם מחדש. ערך מרכזי שבא לידי ביטוי הוא המחויבות והמסירות של חברה ישראלית מקומית במענה בתקופות מורכבות (מבצעים צה"ליים או אף בתקופת קורונה).
 6. **יחסי העבודה עם המספנה הבונה** - אמון, שותפות והבנה הדדית של הבעיות מאפשרים להתגבר על האתגרים ועל המכשולים שבדרך.
 7. **חשיבותה של קהילת השליחים והמשפחות במדינה זרה** - בדגש על משפחות וילדים, הבדלי תרבות, שפה ומנהגי המקום. זהו נדבך שקל להזניח, אך נדרש לעסוק בו באופן אקטיבי, החל מתהליך ההכנה לשליחות, דרך התמיכה השוטפת היום-יומית ועד לתהליך החזרה הביתה בתום השליחות.
- ספינות "סער 6" נמצאות לפני תחילת פעילות מבצעית, ושירותן הארוך בזרוע הים עוד לפניה. יחד עם זאת, הספינות עברו כברת דרך ארוכה, החל משלב התכנון

ההנדסי המדוקדק בגרמניה, דרך אלפי שעות ים לטובת הפלגות, בדיקות מערכתיות ובדיקות אינטגרציה, ועד לניסויי יירוט מוצלחים להוכחת התצורה המבצעית. על אף שהתהליך טרם הסתיים, ניתן לומר כבר בנקודת הזמן הנוכחית כי התהליך הפרויקטאלי וההנדסי למבצע הספינות חסר תקדים בכל קנה מידה שהוא – הן ביחס למבצע ולקליטת ספינות "סער 5" בשנות ה-90, והן ביחס למבצע פלטפורמות דומות בציים זרים.

זרוע הים, ובפרט מספן הציוד אשר אמון על ניהול הפרויקט ועל הפעילות ההנדסית למבצע הספינות, לקחה על עצמה אחריות עצומה אשר מתבצעת בדרך כלל בידי תעשיות ביטחוניות גדולות. מהלך זה חסך מאות מיליוני שקלים למערכת הביטחון ומאפשר תוצר מבצעי אופטימאלי ומדויק, בזמן קצר יותר. גם אם נראה כי האתגר הוא של זרוע הים בלבד, אין זה המצב. לאתגר זה שותפים רבים מכלל הדיסיפלינות והארגונים השונים, אשר עושים מלאכתם נאמנה – מנהל הרכש במשרד הביטחון אשר אמון על הסוגיות החוזיות מול המספנה ועל עשרות רבות של מכרזים ודרישות רכש במהלך חיי הפרויקט: מפא"ת במשרד הביטחון – על תהליכי המו"פ והתמיכה במציאת המענים הנדרשים, ובוודאי השותפות בניסויים המורכבים; והתעשיות הישראליות, אשר מפתחות ותומכות ללא סייג בתהליכי האינטגרציה והמבצע ומבילים לילות כימים, כתף לכתף, בחוף ובים. כל אלו פועלים למען מטרה לאומית אחת משותפת – בניין כוח להגנה על המים הכלכליים של מדינת ישראל.

אל מול הוכחת היכולות המבצעיות הראשונות של אח"י מגן, הדרך לפעילות מבצעית קצרה מאוד. אין ספק כי אנו נמצאים על הנתלב הנכון למתן המענה הנדרש למדינת ישראל לטובת מימוש ההגנה על הנכסים האסטרטגיים שלנו בים. כי בדיוק כפי שאמר בן גוריון בנאומו לרגל סיום קורס חובלים ב-1950:

"מאז הקמת המדינה תלוי ביטחונה בשליטה בים, וגם ציודנו, מזוננו, מסחרנו נישא על גלי הים, וללא כוח ימי לא יעמוד לנו צבא היבשה וחיל האוויר החזק ביותר". ועוד הוסיף בן-גוריון ואמר: "הים אינו מדבר-מים, כפי שנראה הדבר לרבים. הים הוא אוצר בלום שלא יחסר בו כל" (בן-גוריון, 1953).

המשימה טרם הושלמה במלואה, והאתגרים הולכים ומתרבים. אך כפי שנוכחנו לדעת לא פעם בעבר, בזכות אנשינו, בשילוב ידיים עם כלל הגורמים, ובהבנה שאנו אחראים לגורלנו, נוכל לכלל האתגרים ונביא את היכולת של ספינות המגן למבצעות מלאה בהקדם, על מנת לאפשר לזרוע הים, כפי שאמר דוד בן-גוריון, לאפשר את ביטחונה של ישראל בים ולהבטיח את ההגנה על ה'אוצרות הבלומים' שבו.

רשימת מקורות

- אובל, אבי (28 באוקטובר 1998). "נושאות הדגל". **בין גלים**, עמודים 6-10.
- אינגל, איה (23 במרץ 2020). "מיוחד: טייסת 120 החזירה ארצה לוחמים ששהו בגרמניה". **אתר חיל האוויר**.
- אלמוג, זאב (אוגוסט 1985). "הזירה הימית של ישראל – הערכה ולקחים". **מערכות**, גיליון 299, עמודים 10-18.
- אראל, שלמה (ספטמבר 2008). "פתרונות לזירה הימית". **מערכות**, גיליון 420-421, עמודים 86-89.
- בן-גוריון, דוד (23 בדצמבר 1943). **הדייג והים**. מהדורה שנייה; [תל אביב]: מפלגת פועלי א"י; תש"י. כפי שהועלה באתר "פרויקט בן-יהודה", <https://benyehuda.org/read/11686>.
- בן-גוריון, דוד (1953). "חיל הים – הרצאה בסיום קורס חובלים". **חזון ודרך**, כרך שלישי, הוצאת מפלגת פועלי ארץ-ישראל, עמ' 7-17.
- יערי, ידידיה (יוני 2008). "ספינות גדולות לפתרון בעיה גדולה". **מערכות**, גיליון 419, עמ' 62-66.
- ממשלת ישראל (נובמבר 2013). "הגנה על האינטרסים החיוניים של מדינת ישראל בתחום האנרגיה בים התיכון ("מים כלכליים)". **ישיבת ועדת שרים לענייני ביטחון לאומי**, החלטה ב/53.
- עציון, אודי (21 בפברואר 2022). "יירוט ראשון לכיפת הברזל הימית מספינת סער 6". **כלכליסט**.
- צ'רבינסקי, רענן (אוגוסט 1988). "סער 5. עשר". **בין גלים**, גיליון 175, עמודים 4-7.
- רשות הגז הטבעי, משרד האנרגיה (24 באפריל 2022). "סקירת התפתחויות במשק הגז הטבעי". **סיכום לשנת 2021**, עמ' 11.
- שובל, לילך (17 בנובמבר 2022). "מערכת היירוט "כיפת מגן ימית" תהפוך למבצעית". **ישראל היום**.