



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

ניווט

חופי

נערך יוני 2019



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

1. סוגי ניווט בים

במרוצת ההיסטוריה פותחו ושופרו מגוון שיטות לניווט בים. להלן חלוקה מקובלת של סוגי הניווט:

1.1. ניווט עיוור (Dead Reckoning, DR)

כאשר יוצאים ממיקום ידוע ועוקבים ברצף אחרי כיוון ההפלגה ומהירותה, ניתן לחשב בכל רגע את המיקום הנוכחי ביחס למיקום האחרון הידוע. במקור, חישוב זה לא מקוזז השפעת רוח, זרם וכדומה. כאשר מקוזזים מ-DR השפעות אלה, או כשמשתמשים בנתוני קורס ומהירות ממכשיר ניווט לווייני, מתקבל מיקום משוער (Estimated Position, EP) שהוא מדויק יותר.

1.2. ניווט אסטרונומי (Celestial Navigation)

שימוש בתצפית אל גרמי שמים (בעיקר מדידת הגבהה זוויתית שלהם מעל האופק) ביצוע חישובים ושרטוט של קווי הגדרה (Lines of Position) על מפה. חיתוך קווי ההגדרה נותן את מיקומנו.

1.3. ניווט רדיו (Radio Navigation)

שימוש במכשירים אלקטרוניים לקליטת אותות מתחנות שידור קרקעיות. מאפייני האותות הנקלטים מאפשרים לחשב מיקום.

4.1. ניווט לווייני (Satellite Navigation) שימוש

באותות שמשודרים ע"י לוויינים לקביעת מיקום.

5.1. ניווט חופי (Piloting)

ניווט במים מוגבלים תוך עדכון תכופ של קביעת המיקום באמצעות מאפיינים גיאוגרפיים (הידרוגרפיים) הרים, מבנים, עומקים וכו'. פרק זה עוסק בניווט חופי.

1.6. ניווט מכ"ם (Radar Navigation)

שימוש במכ"ם לקביעת מיקום ביחס לעצמים שמיקומם ידוע והם ניתנים לגילוי במכ"ם. פרק זה כולל את הניווט המכ"מי בשיטות הניווט החופי.

2. מושגי יסוד בניווט בים

חלק ממושגי היסוד עבור הניווט הימי מופיעים בפרקי המיפוי והמצפנים שמהווים בסיס לפרק זה. להלן מושגים נוספים:

2.1. קורס (Course, C, Cn)

הזווית האופקית בין כיוון צפון לבין הכיוון המתוכנן של חרטום כלי השיט. הקורס נמדד מ-0 עד 360 מעלות בכיוון השעון. מקובל להשתמש בביטוי Course Over Ground או COG לציון קורס ההתקדמות האמיתי של כלי השיט על פני כדור הארץ.

2.2. קו חרטום (Heading, Hdg, SH)



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

הזווית האופקית בכל רגע נתון בין כיוון צפון לבין חרטום כלי השיט. קו החרטום בד"כ נמצא סביב הקורס המתוכנן ומשתנה בהשפעת הגלים, הרוח ושגיאות היגוי.

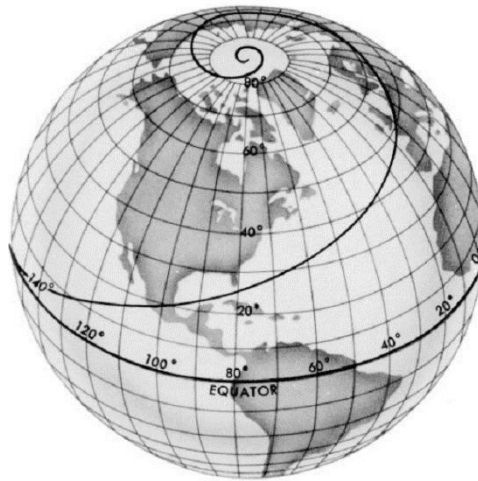
2.3. תכווין (Bearing)

כיוון אופקי בין נקודה לנקודה, בדרך כלל נמדד במעלות ביחס לצפון. לעיתים מוחלף במילה **אזימוט** אם כי המשמעות המדויקת של אזימוט היא כיוון לנקודה בשמיים (למשל בהקשר של ניווט אסטרונומי).

4.2. מרחקים

2.4.1. קו חלוזני (Rhumb Line)

עבור הנווט הימי, המרחק בין שתי נקודות הוא אורכו של **הקו החלוזני** שמחבר ביניהן. קו חלוזני נוצר ע"י שרטוט קו ישר על מפת מרקטור (כדוגמת המפות הימיות שמשמשות לניווט). קו זה יוצר זווית קבועה בינו לבין כל קווי האורך שהוא חותך. תכונה של כל הקווים החלוזניים, פרט לאלה שמקבילים לקו רוחב, היא שאם נמשיך אותם לאורך לא מוגבל הם תמיד יגיעו לקטבים וכמעט תמיד בצורה לוליינית ככונכיית חילוון ומכאן שמם.



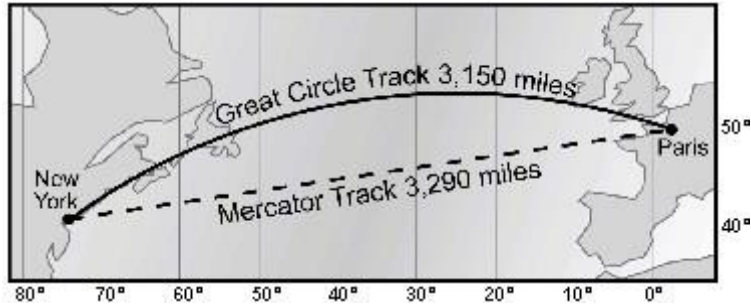
2.4.2. מרחק על מעגל גדול (Great Circle)

כפי שמוסבר בפרק המיפוי, המרחק הקצר ביותר בין שתי נקודות על פני כדור הוא קשת של מעגל גדול. למרות זאת, בשרטוט על גבי מפת מרקטור מעגל גדול אינו קו ישר אלא קשת ולכן קשה יותר לתכנן נתיב על מעגל גדול. בנוסף, ההבדל בין מרחק ההפלגה לאורך קו חלוזני ומרחק ההפלגה לאורך קשת של מעגל גדול בנתיבים של כמה מאות מיילים הוא זניח. לדוגמא: בין נמל חיפה לנמל רודוס, קשת של מעגל גדול קצרה בפחות מ- 2 מייל מהקו החלוזני שבין הנקודות, וזאת עבור אורך כולל של כ- 400 מייל. ההבדל בין הנתיבים גדל ככל שהנתיב מתארך וככל שהוא מתקרב לקטבים.



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי



(דוגמא להבדל משמעותי בין מעגל גדול לקו חלזוני)

עד 600 מייל מקובל לתכנן נתיבים של קווים חלזוניים ומעבר לכך כבר עולה הצורך בתכנון לפי מעגל גדול. תכנון כזה בוצע בעבר ע"י שרטוט קווים ישרים על מפות אזימוטליות גנומוניות והעתקת נ.צ. במרחק קבוע לאורך הקווים אל מפת מרקטור, ליצירת רצף קווים חלזוניים קצרים שחיבורם יוצר קירוב של מעגל גדול על מפת מרקטור. כיום ישנן תוכנות להפקת נ.צ. אלה ומכשירי GPS מסוגלים לספק הנחיות להפלגה על מעגל גדול בזמן אמת.

5.2. נתיב

נתיב מתוכנן (Track, TR) הוא קו בין שתי נקודות או יותר על פני כה"א, ואשר מתכוונים להפליג

לאורכו. נתיב מבוצע (שמות נפוצים : Track Made Good, TMG, Distance Made Good, DMG)

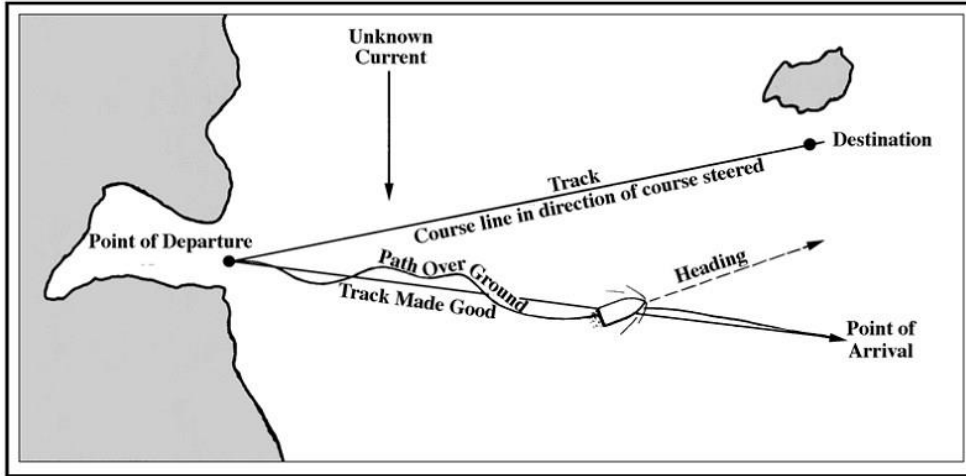
הוא קו בין נקודת המוצא לנקודה שבה נמצא כלי השיט כעת .

באיור להלן מומחשים מושגים אלה :



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי



מתוך : Bowditch: The American Practical Navigator

האיור גם מראה שזרם ורוח (ראה להלן) עשויים להשפיע על ההבדל שבין הנתבי המתוכנן לנתבי המבוצע.

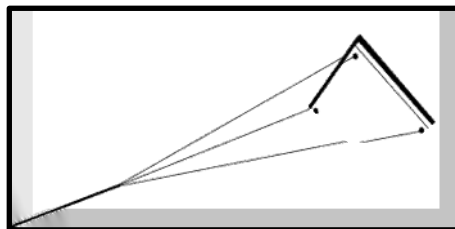
6.2. מהירות

1.6.2. מהירות היא קצב של תנועה שמבוטא ביחידת מרחק ליחידת זמן. **מהירות התקדמות**

Speed Over Ground, SOG היא המהירות המתוכננת בנתבי המתוכנן. **Speed Of Advance, SOA** (מהירות מבוצעת) היא מהירות התנועה בכל רגע יחסית לפני הארץ. **Speed Made Good, SMG** (מהירות מבוצעת) היא ארכו של הנתבי המבוצע (TMG) חלקי הזמן שלקח לבצע אותו.

2.6.2. קשרים) Knots

יחידת המידה למהירות המקובלת בתחום השיט והתעופה היא קשר. קשר אחד הוא מהירות של מייל ימי אחד בשעה. מקור השם 'קשרים' הוא שיטת המדידה שהיתה מקובלת בספינות עד המאה ה-19: המודד היה משליך מהספינה למים לוח עץ) Chip Log) שנשאר צף בים בערך בנקודת ההטלה. הלוח חובר לחבל שלאורכו נקשרו קשרים במרחק של כ-47 רגל זה מזה. כשהתרחקה הספינה מהלוח, נמשך החבל מהסיפון והמודד ספר את הקשרים שיצאו עם החבל במשך 28 שניות, זמן ריצה של שעון חול תקני בספינה. מספר הקשרים שיצאו שווה למהירות הספינה במיילים ימיים לשעה.





-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

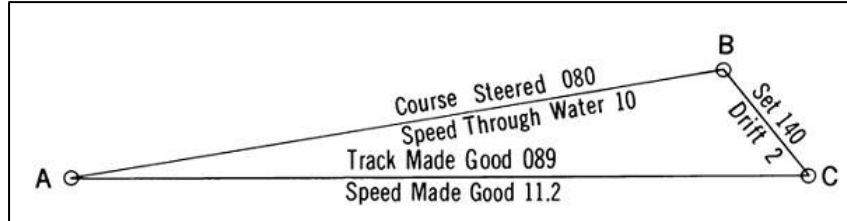
7.2 (Set) זווית טרידה)

כיוון וקטור התנועה שנוסף לכלי השיט על ידי זרם .

2.8 (Drift) טרידה)

גודל וקטור התנועה שנוספה לכלי השיט על ידי הזרם.

באיור להלן מתוארת הפלגה בהשפעת זרם. כיוון הטרידה ומהירותה במקרה זה 140 , שני קשרים



(מתוך : Bowditch: The American Practical Navigator)

9.2 הפלגה בזרם

בזמן הפלגה אנו מושפעים מהזרם שפועל באיזורנו. זרם מבוטא באופן הפוך מרוח – כלומר, בניגוד לרוח צפונית שמגיעה מצפון, זרם צפוני זורם לצפון.

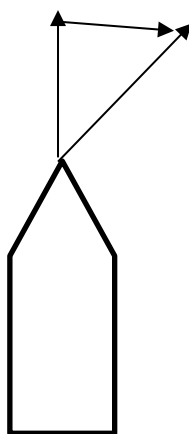
הזרם משפיע הן על מהירות והן על כיוון ההפלגה. מד המהירות בספינה (LOG) מודד מהירות ביחס למים (SOW) (SPEED OVER WATER). כך בזרם נגדי המהירות ביחס למים תקטן, ולהפך בהפלגה עם הזרם. אך חישובי הניווט היבשים נעשים ע"ג מפה בעזרת SPEED OVER SOG (GROUND) (לכן יש להתחשב בשוני בין הנתונים, כאשר מתכננים הפלגה בזרם .

השפעות הזרם

כאשר נפליג עם/נגד הזרם בדיוק, קורס ההפלגה לא ישתנה, אלא רק המהירות, ומכאן זמן ההגעה ליעד מסוים. הדבר מתחיל להיות יותר מורכב לתכנון כאשר ישנו רכיב צדדי לזרם.

חישוב השפעה הזרם

בכדי לחשב את השפעת הזרם על קורס ההפלגה, עלינו ליצור משולש משלוש הצלעות הבאות:



הבנוי

- כיוון החרטום
 - המקום שאליו הגענו בפועל (COG)
 - הצלע השלישית תשלים לנו את נתון הזרם
- לדוגמה, זרם מזרחי בעוצמה של 3k יכול בשעתיים לגרום לסטייה של 6M מהנתיב



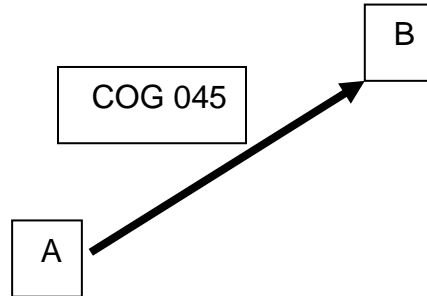
-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

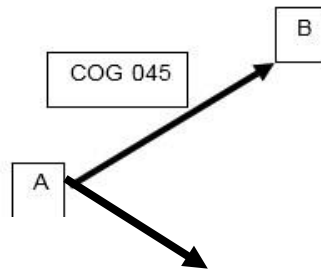
תכנון הפלגה עם השפעת הזרם

בתכנון הפלגה תחת השפעת זרם נבצע משולש דומה אך בסדר אחר.

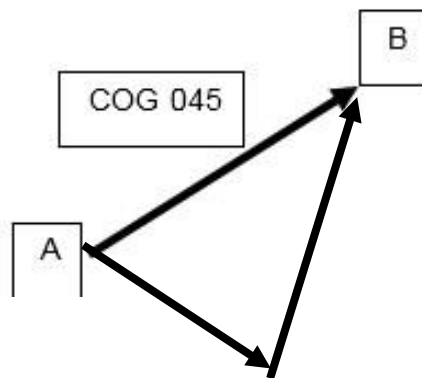
לדוגמה, בשעה 15:00 מיקומו ב-A. בשעה 17:00 עלינו להיות ב-B. באיזור זרם של 100/3k באיזה קורס ומהירות עלי להפליג על מנת להגיע בזמן?



1. ראשית נחבר בקו בין האתרים על מנת להבין מה הקורס שהיינו בוחרים לולא היה זרם באיזור.



2. נבטא את הזרם באיזור בעזרת וקטור היוצא מנקודת המוצא שלנו. אורך הוקטור צריך להיות בהתאמה לזמן הפלגה. (במקרה שלנו שעתיים הפלגה עם זרם של 3k. לכן אורך הוקטור 6M.



3. נשלים את הקורס שבו נפליג בהתאם לזרם ע"י חיבור וקטור הזרם לנקודת היעד. הוקטור החדש שקיבלנו הוא קורס הפלגה, והמרחק שלו חלקי זמן הפלגה הוא המהירות שבה נצטרך להפליג.



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

3. מושגים בניווט חופי

1.3. קו כיוון

אוסף נקודות הנמצאות באותו כיוון מנקודה אחת.

2.3. מעגל טווח

אוסף נקודות הנמצאות באותו טווח מנקודה אחת.

3.3. קו הגדרה) Line Of Position, LOP

כינוי כללי לקו ישר או עקום על המפה שכולל את נקודת הימצאות הספינה. למשל: שרטוט של תכווין יחיד לאתר ניווט או קשת טווח סביב אתר ניווט.

4.3. אתר ניווט

אתר שניתן לזהותו בעין או במכ"ם והוא מסומן במדויק במפה. אתר כזה ישמש לקביעת מיקומו. חשוב מאוד לשים לב שאופן ההבחנה באתר תואם את הסימון במפה. למשל, חוף חולי ייקלט במכ"ם באופן שונה מקו החוף המשורטט במפה ולכן לא ישמש כאתר ניווט מכ"ם. יש להיזהר בשימוש במצופים כאתרי ניווט, שכן לעיתים יש להם מעגל עגינה שגודלו לא ידוע לנו, ולעיתים הם גם נסחפים ממקומם המקורי.

5.3. אתר הזדהות

אתר שניתן לזהותו בעין או במכ"ם אך הוא אינו מסומן במפה או שסימונו אינו מדויק. אתר כזה מאפשר הכרה כללית בלבד של אזור הימצאותו.

6.3. פיקס

נקודה שמציינת את מיקום כלי השיט שנקבע על פי מדידה עדכנית.

3.7. נקודת DR) ניווט עיוור - Dead Reckoning

נקודה שכלי השיט צפוי להיות בה בזמן מסוים כאשר ידועים הפרטים הבאים:

פיקס אחרון

קורס כלי השיט ומהירותו זמן שעבר מאז הפיקס האחרון כאשר מבצעים DR ובנוסף לאמור

לעיל מתחשבים בהשפעת הזרם, הרוח ושגיאת ההיגוי מקבלים EP) מיקום משוער Estimated

) - Position

4. שיטות לניווט חופי

1.4. רישום פיקס על גבי מפה

1.1.4. סימון הפיקס



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

במהלך הניווט מתעדים את הפיקסים על גבי מפה. בצורה כזו ניתן להעריך את התקדמותנו ביחס לתכנית, לאפשר למפקד ולאחרים הבנה מהירה של מיקומנו ולהחליט אם יש צורך בתיקוני תמרון. על הסימון להיות נקי, מדויק, ברור ולשקף את מידת הדיוק של הנתונים שבוצע בעזרתם. לכן צורת הסימון תמיד תהיה על פי הנתון **הפחות מדויק** מבין הנתונים המרכיבים את הפיקס. בכל המקרים, הנקודה במרכז הסימן תציין את המיקום. להלן הסימונים המקובלים כיום לציון מיקום על גבי מפה, על פי דיוקם מהגבוה לנמוך:

מקור המידע	ימון	
פיקס שמורכב מקווי כיוון (עין) בלבד		פיקסים של ניווט חופי
פיקס שהמרכיב הפחות מדויק בו הוא טווח מכ"מי		
פיקס אסטרונומי או כולל נתון מתצפית אסטרונומית		פיקס אסטרונומי
DR		מיקום שאיננו פיקס

בנוסף, ישנו סימון לפיקס על בסיס קליטת אותות אלקטרומגנטיים שאינם מכ"ם ("פיקס אלקטרוני") (יכלומר ניווט רדיו) למשל LORAN) או ניווט לווייני (למשל GPS, GLONASS). פיקס כזה נחשב מדויק מאוד אך יש לבדוק במפה ובמערכת שחישבה את הפיקס שהן באותו דאטום אופקי (גיאודזי), או שההמרה בין הדאטומים ידועה, אחרת עלולה להיווצר שגיאת ניווט חמורה.

מקור המידע	סימון	
פיקס רדיו או לווייני		פיקס אלקטרוני



-בלמ"ס-

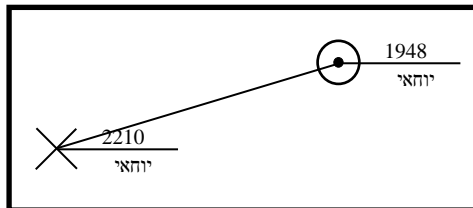
קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

הוספת פרטי הפיקס

ממרכז הפיקס נמשוך קו קצר, אופקי ככל שאפשר, ואת הפרטים הבאים :
מעל לקו את שעת ביצוע הפיקס בארבע ספרות לפי שעון של 24 שעות.
מתחת לקו נרשום את שם מבצע הפיקס.

תחזית DR

ממרכז הפיקס נמשוך קו בכיוון קורס ההפלגה באורך המתאים ל-DR הנדרש. במפות בקנ"מ גדול DR, אופייני יהיה 20 דקות, ובקנ"מ קטן כשעה. בכל מקרה נפעיל שיקול דעת בשרטוט ה-DR. למשל, סמוך לנקודת סיבוב לא נמשוך את ה-DR מעבר לנקודה. ליד סימון ה-DR נרשום את השעה הצפויה. באיור הבא דוגמא לסימון פיקס עין ו-DR לזמן מה אחריו.

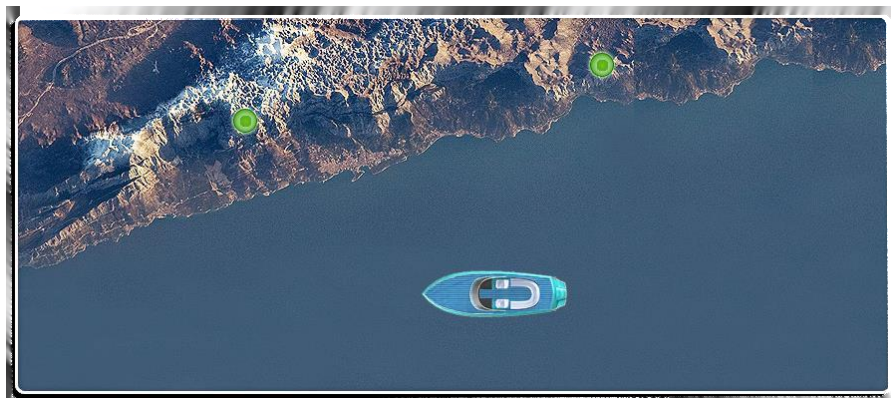


(אופן שרטוט פיקס ו-DR על מפה)

תכווין-תכווין

- שיטת הניווט החופי הבסיסית ביותר.
- נוכל להשתמש בה כשברשותינו שני אתרי ניווט עין או יותר .
- דיוק השיטה עולה ככל שההפרש הזוויתי בין האתרים קרוב יותר ל- 90° .
- הביצוע :

הורדת תכווין מצפן לאתרי הניווט ורישום הכיוון והזמן.
סימון התכווינים על גבי המפה ומציאת נקודת החיתוך.





-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי

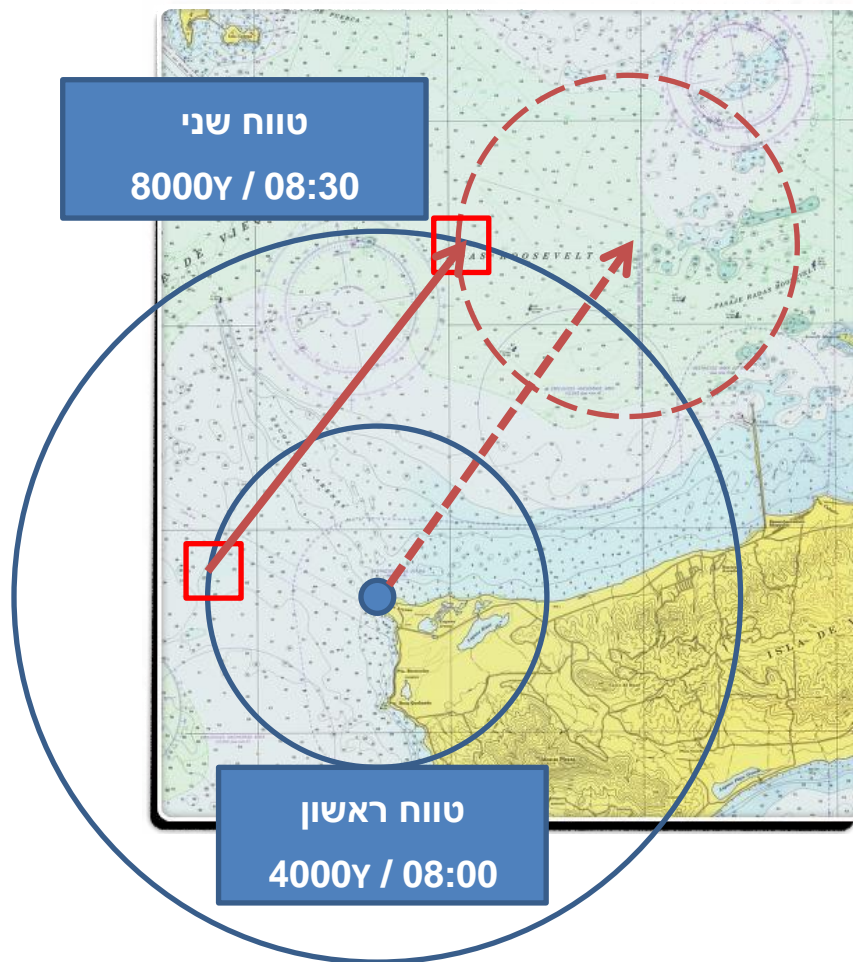
הרצת טווחים

- ברשותינו אתר אחד בחוף אליו אנו יכולים למדוד טווח ואין אתרי ניווט עין זמינים.
- הביצוע:
 - מדידת טווח מכ"מ ראשון לאתר ורישום הטווח והזמן.
 - בקרה על קורס ומהירות ההפלגה עד להתרחקות האתר בצורה מספקת.
 - מדידת טווח מכ"מ שני לאתר ורישום הטווח והזמן.
 - סימון מעגלי הטווח על המפה.
 - סימון וקטור הדרך (שעברנו) כיוון ומרחק) מהאתר אליו מודדים טווח.
 - מקצה הווקטור של תנועת הספינה נשרטט שוב את המעגל הראשון.
 - נקודת החיתוך בין המעגל השני לבין המעגל הראשון ששורטט מקצה וקטור נתוני התנועה היא מיקומנו בזמן הטווח השני.
- במידה ונוצרו שתי נקודות חיתוך בים, נבחר בנקודה הקרובה ביותר ל DR.
- למציאת מיקומנו בזמן הטווח הראשון, בדיעבד, נעביר אחורה מקביל לדרך שלנו.



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי



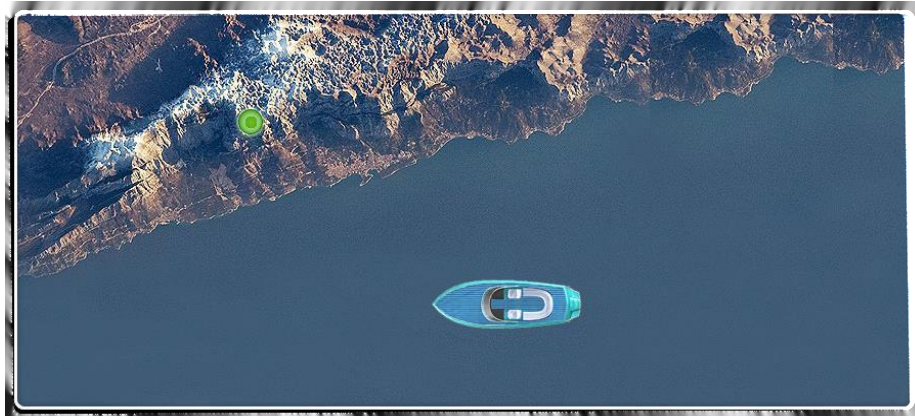
תכווין טווח

- שיטה זו מתבססת על לקיחת טווח מאתר ניווט מכ"מ ולקיחת תכווין לאתר ניווט בו זמנית.
- ניתן למדוד תכווין וטווח לאותו אתר או לשני אתרים שונים.
- הביצוע:
 - הורדת תכווין מצפן לאתר ניווט עין ורישום הכיוון והזמן.
 - מדידת טווח מכ"מ לאתר ניווט מכ"מ ורישום הטווח והזמן.
 - סימון הנתונים על גבי המפה בעזרת סרגל ומחוגה ומציאת נקודת החיתוך.
 - סימון הפיקס בתוספת זמן הביצוע ושם הנווט.



-בלמ"ס-

קורס חובלים- הסמכת משיט 30
חוברת ניווט חופי



טווח טווח

- כאשר מבחינים בשני אתרי ניווט מכ"מ ואין אתרי ניווט עין.
- הביצוע:
 - מדידת טווח מכ"מ לאתרי ניווט מכ"מ ורישום הטווח והזמן.
 - סימון הנתונים על גבי המפה בעזרת מחוגה ומציאת נקודות החיתוך.
 - במידה ונוצרו שתי נקודות חיתוך בים, נבחר בנקודה הקרובה ביותר ל DR.
 - סימון הפיקס בתוספת זמן הביצוע ושם הנווט.

