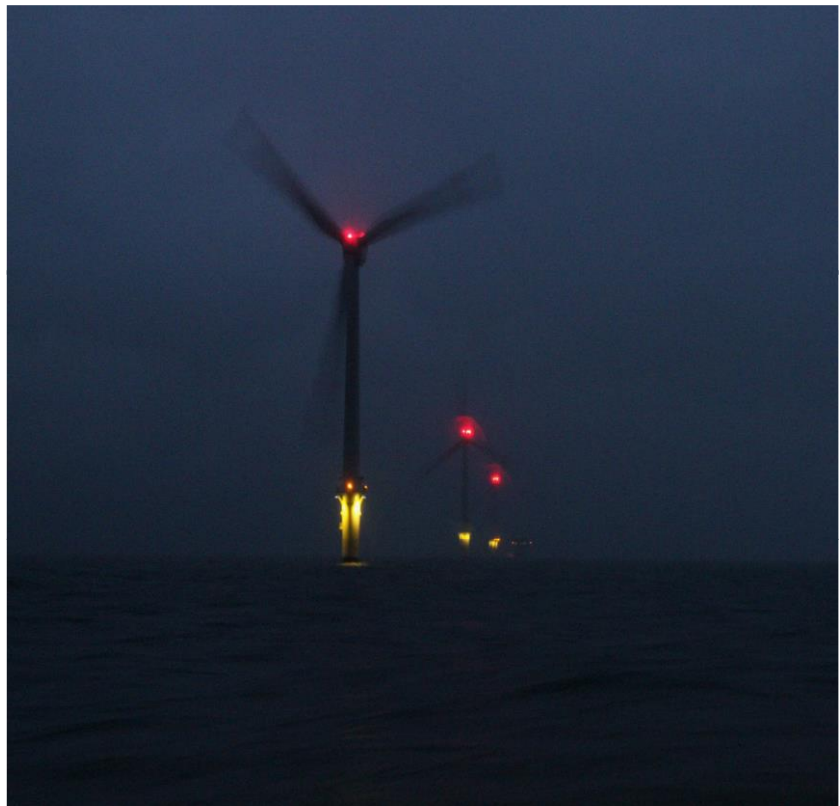


## ניתוח סיכונים לבעלי כנף ממתקנים ימיים

פברואר 2022



כתיבה: ד"ר אשל אופיר

היגוי: ד"ר יואב פרלמן, אלון רוטשילד, החברה להגנת הטבע

צילומי שער: יואב פרלמן; מתוך Blew *et al.*, 2013

תודתנו לאנשים הבאים שהעירו והאירו על טיוטת המסמך:

פרופ' ניר ספיר, ענבל גולדשטין שאקלר, אלי חביב, ד"ר עודד ברגר טל, ליהי ברקן.

3.....	תקציר מנהלים.....
6.....	פרק א': מבוא.....
7.....	פרק ב': השיבות מזרח הים התיכון (בתחום ישראל – מים ריבוניים ומים כלכליים) וחופי ישראל עבור בעלי כנף.....
7.....	1. החשיבות לעופות.....
13.....	2. החשיבות לעטלפים.....
14.....	פרק ג': הסיכונים לבעלי כנף בתווך הימי של ישראל ממתקני ים עיליים –.....
14.....	סקירת ידע מהעולם וההשלכות הצפויות בקונטקסט הישראלי.....
14.....	1. גורמי הסיכון.....
16.....	2. מתקנים בים – בעייתיות והערכת הסיכונים.....
17.....	3. טיפוסי המתקנים השונים כמחוללי סיכון.....
23.....	פרק ד': מסקנות והמלצות.....
23.....	מוקדי רגישות (Hot Spots) בהיבט המרחב והזמן.....
25.....	מקורות נבחרים.....
30.....	נספח 1.....

מאז ומעולם היו פניו של המרחב הימי שטוחים ונטולי הפרעות פיזיות או הפרעות תאורה כמעט לחלוטין. ככלל, ברב שטחו עדיין נשמרים מאפיינים אלה וככזה הוא מאפשר תנועה תדירה ואינטנסיבית של בעלי כנף מעל פני המים, כולל בשעות החשיכה ובתנאי ראות גרועים. עופות אלה הותאמו לתנועה חופשית במרחב הימי, ואינם מותאמים להתמודדות עם מכשולים בתווך זה (בניגוד ליבשה שבה היו מאז ומעולם צוקים, עצים, והרים).

לאור התכניות המקודמות שיאפשרו הקמתם של מתקנים עיליים שונים במרחב הימי של מדינת ישראל, עולה הצורך בניתוח הסיכונים הסביבתיים והבנת ההשלכות הצפויות מיישום אפשרי של תכניות אלה עבור אוכלוסיות בעלי הכנף השוהים בתווך האווירי הימי במזרח הים התיכון ולחופי ישראל.

סקירה זו מציגה את סיכום הידע המחקרי העדכני שנצבר בארץ וברחבי העולם אודות:

- השפעתם של מתקנים קיימים על אוכלוסיות בעלי כנף עם דגש על ציפורים;
- ניתוח הממצאים מהעולם לאור הייחודיות הביוגיאוגרפית המקומית;
- פוטנציאל הסיכון שמציבים מתקנים עיליים במרחב הימי של ישראל.

קבוצת המינים המרכזיות שעבורן נבחנו הסיכונים הן הציפורים הנודדות מעל הים התיכון ועופות הים.

מסקירת הספרות המדעית העדכנית, עולה תמונה מדאיגה באשר להשפעות המתקנים הימיים על ציפורים, שיכולים להביא לתמותה של עשרות עד אלפי עופות (!) בשנה למתקן בודד:

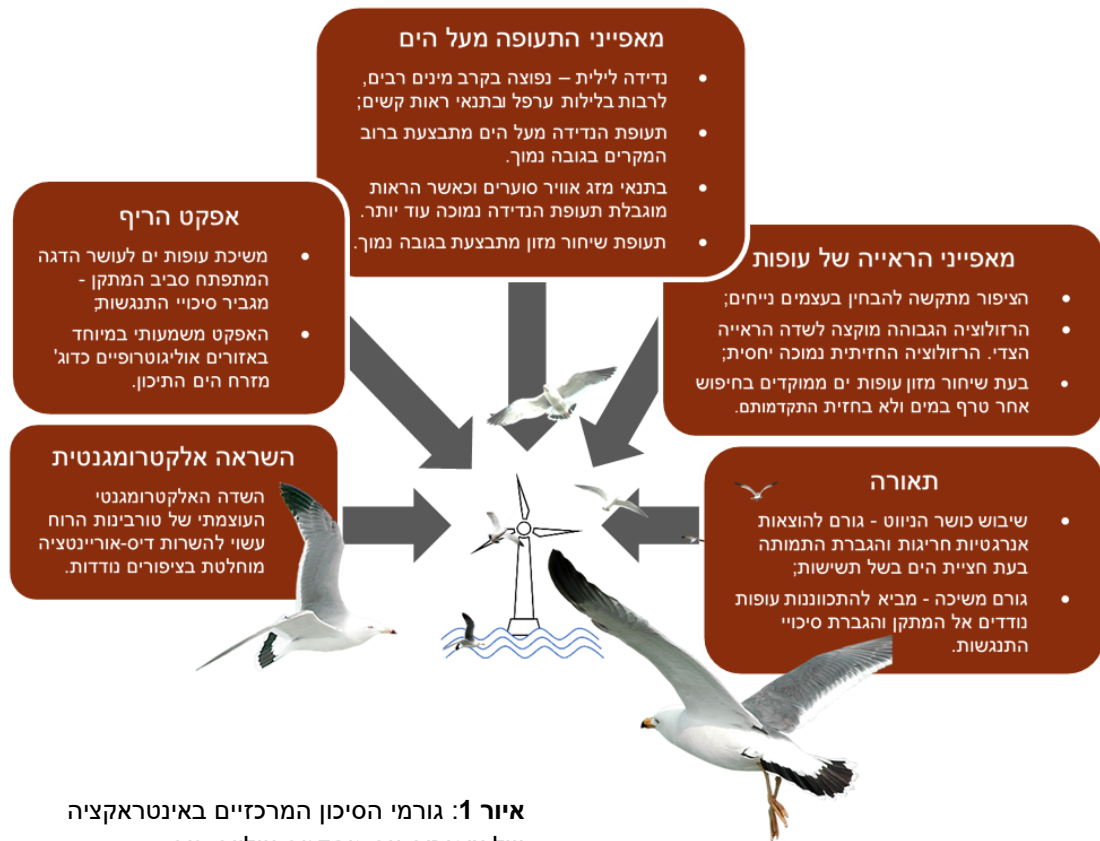
- במתקנים הממוקמים בנתיבי נדידה מתרחשים אירועים תדירים של פגיעה ותמותה מסיבית של ציפורים, בעיקר בקרב נודדי הלילה. אירועים אלה מתרחשים בדרך כלל בתנאי ראות מוגבלים.
  - **טורבינות רוח ימיות** מהוות גורם סיכון קריטי, במיוחד החוות הגדולות. אולם גם **מתקנים בדידים, סטאטיים וגבוהים בעלי פרופיל צר** עשויים לגרום לפגיעה משמעותית בציפורים.
  - מאפייניה הייחודיים של מערכת הראייה בעופות תורמת לרגישותם הגבוהה לפגיעה בעצמים בולטים, בעיקר בים:
    - רזולוציה צדית גבוהה (ראייה מרחבית טובה, בשדה ראייה רחב) אך יכולת אבחנה מוגבלת בשדה הראייה החזיתי שממש מול הציפור;
    - הקצאת חלק ניכר מקולטני האור ברשתית לאבחנה בעצמים נעים בשדה הראייה, דבר העשוי לגרום לאי-הבחנה בעצמים נייחים;
    - לחלק מעופות הים (כמו יסעורים) מערכת ראייה אמפיבית המותאמת לראייה מעל ומתחת לפני המים ומאפשרת זיהוי עצמים (טרף) הקרובים לקצה המקור בתוך המים. תכונה זו באה על חשבון כושר ההפרדה בזיהוי עצמים מרוחקים יחסית באוויר.
  - תאורות האזהרה המותקנות על כל מתקן גבוה הן מהגורמים המשמעותיים ביותר התורמים לעלייה בשכיחות התנגשותן של ציפורים. השפעתה של תאורה מלאכותית כזו הינה כפולה:
    - כגורם משיכה (במיוחד בתנאי גשם וראות מוגבלת) המגביר את סכנת ההתנגשות;
    - כגורם משבש העשוי לגרום לדיס-אוריינטציה ובכך לפגוע בניווט של הציפור. שיבוש כזה של הניווט, במיוחד תוך כדי חצייה ממושכת של גוף מים במהלך נדידה, יכול להביא את הפרט לדלדול מאגרי האנרגיה המצומצמים ומוות מתשישות.
- אחת הבעיות המרכזיות העולות במאמרים השונים היא הקושי לאתר את קורבנות הפגיעות במתקנים הימיים בשל נפילתם למים. דבר זה גורם להערכת חסר משמעותית של היקף התמותה הנגרמת כתוצאה מהתנגשויות ציפורים במתקני תשתית ימיים.

מתוך הניסיון העולמי שנצבר והנתונים שפורסמו עד כה, ניתן להעריך בסבירות גבוהה כי למתקנים ימיים עיליים במרחב הימי מול חופי ישראל פוטנציאל סיכון גבוה עבור:

- מינים יבשתיים נודדי לילה (כ-240 מינים) החוצים את הים. מיליונים רבים של ציפורים נודדות (ציפורי שיר וציפורים אחרות) חוצות את הים התיכון, במיוחד בנדידת הסתיו. חלקן מגיעות מכיוון הים וחוצות את קו החוף המרכזי-דרומי של ישראל, אחרות ממשיכות דרומה, בלב ים, במקביל לקו החוף, לקראת נחיתה בחופי סיני וצפון אפריקה; גובה הנדידה של מינים רבים נמוך מ-200 מ', ואף מ-100 מ', והם מבצעים תעופה מהירה, בשעות הלילה, ועם יכולת מצמצמת להמנע מהתנגשות. יודגש כי נדידת העופות מוגנת במסגרת אמנת המינים הנוודים וההסכמים שנחתמו מכוחה, להם ישראל שותפה.
- מינים פלאגיים (ימיים) ופלאגיים למחצה (כמו שחפיות ושחפים המקננים לחופי ישראל, וחלקם מוגדר בסכנת הכחדה ומושקעים מאמצים רבים באישוש האוכלוסייה שלהם בישראל) ובמיוחד כאלה שבפעילות היומית שלהם משלבים מדי יום תעופות בטווח של קילומטרים רבים בין החוף (אתרי הקינון) לבין עומק הים (לצורך שיחור מזון). גובה התעופה של תנועות אלה הוא בד"כ נמוך – מטרים בודדים ועד עשרות מטרים מעל פני הים, כשבעת שיחור מיקוד הראייה של הציפור הוא צדי וכלפי מטה, ולא כלפי חזית התעופה.

**מהסקירה עולה כי הקמתם של מתקנים עיליים במרחב הימי של מדינת ישראל טומנת בחובה סכנה ממשית לפגיעה רחבת היקף במגוון אוכלוסיות של ציפורים השוהות או חולפות בים.**

**בכל מקרה, מסד הנתונים המוגבל ופערי הידע הגדולים הקיימים בהבנת דינמיקת התנועה של ציפורים בלב ים באזורנו מחייבים עריכת מחקרים מקדימים יעודיים לפני כל החלטה אופרטיבית שתתקבל בעניין הקמתם של מתקנים ימיים עיליים.**



## נציגי קבוצות העופות בסיכון ממתקנים ימיים



צילום: משה כהן

### יסעור גדול

עוף ים "אמיתי" (פלאגי)  
מעופף בגובה הגלים. פעיל גם בלילה.



צילום: יואב פרלמן

### שחפית ים

מין פלאגי למחצה, מקנן  
מקומי המגיע גם לעומק  
הים לשם שיחור מזון.

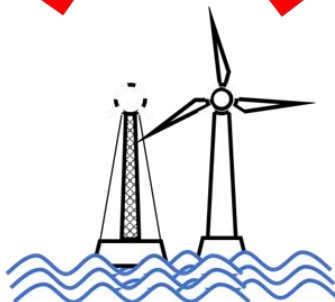
מעופפת בטווח הגבהים  
של טורבינות הרוח.



צילום: יואב פרלמן

### סולה צפונית

עוף ים "אמיתי" (פלאגי)  
מעופפת בטווח הגבהים  
של להבי טורבינות הרוח.



צילום: ליאור כסלו

### מלכישליו

מין יבשתי, נודד לילה  
קבוע מעל הים.



### פצחן

ציפור שיר, נודד לילה מעל הים.  
נראה בטווח הגבהים של להבי  
טורבינות הרוח, במיוחד בתנאי  
ראות מוגבלים.

מאז ומעולם היו פניו של המרחב הימי שטוחים ונטולי הפרעות פיזיות או הפרעות תאורה. ככלל, ברב שטחו עדיין נשמרים מאפיינים אלה וככזה הוא מאפשר תנועה רגולרית ואינטנסיבית של בעלי כנף מעל פני המים, כולל בשעות החשיכה ובתנאי ראות גרועים. בד בבד עם ההתפתחות הטכנולוגית והופעתן הגלובלית של ההפרעות האנתרופוגניות הניידות (כלי שיט, דיג מסחרי) והנייחות (אסדות קידוח אליהן הצטרפו לאחרונה מתקני אנרגיה מתחדשת), התבררה השפעתן הסביבתית גם מעל פני המים.

בראיה אזורית, התכניות להקמתם של מתקנים ימיים בעלי מופע שמעל המים, חלקם מוארים, מהווה שינוי שהוא לא פחות מדרמטי עבור פאונת העופות החולפים במרחב הימי של מזרח הים התיכון. שינוי שכזה כבר התברר במקומות רבים בעולם כאיום משמעותי על אוכלוסיות ציפורים שהים משמש להם כנתיב תעופה וסביבת מחייה.

שינויים אלה מהווים איום של ממש על קבוצת העופות הגדולה המאוימת ביותר בעת המודרנית - עופות הים, התלויים בבית הגידול הימי באופן קבוע במהלך כל מחזור חייהם, אך לא פחות מכך, על מיני ציפורים רבים שאינם עופות ים אשר מסלול נדידתם חוצה את הים. עבור אותם מינים נודדים, מזרח הים התיכון הינו נתיב מעבר עמוס בקנה מידה בינלאומי, שבו מקטע המעבר מעל המים מהווה אתגר הישרדותי שכל הפרעה בו עשויה להיות קטלנית למספר עצום של ציפורים. עופות אלה מוגנים הן בחקיקה הישראלית, והן מכוח אמנות והסכמים בינלאומיים כמו אמנת המינים הנודדים.

ישראל ממוקמת באחד ממוקדי הנדידה האינטנסיביים ביותר בעולם, שאליו מתנקזים מספר צירי נדידה בין המרחב האירו-אסיאתי והאפריקאי. לעובדה זו חשיבות אקולוגית מכרעת שכן כל שינוי בבתי הגידול המקומיים או הופעה של גורם סיכון, עשויה להשפיע על מינים אלו בסקאלה מרחבית גדולה מאוד.

נוסף על כך, מאמץ הנדידה מהווה אתגר פיזיולוגי אשר במקרים רבים מביא את הפרט קרוב לסף ההישרדותי, ולפיכך כל הפרעה בה נתקלת הציפור הנודדת עשויה להיות קריטית ולגרום לחציית סף זה. ככל שדברים אלה נכונים במקרה של הנודדים מעל יבשה, הרי שהאתגר עמו מתמודדות ציפורים יבשתיות הנודדות מעל גופי מים גדולים הוא גדול לאין שיעור – 'אין מקום לתקלות'. על מנת למקסם את סיכויי הישרדותו בצליחת המקטע הימי, על הפרט הנודד לבחור ולהתמיד ברום ובמהירות התעופה בהם השקעת האנרגיה מינימלית (Bruderer & Liechti, 1995). כפי שיובהר בהמשך, במקרים רבים, לבחירה בתעופה יעילה שכזו עשוי להיות מחיר כבד בדמות הגברה משמעותית של סיכויי ההיפגעות ממתקנים ימיים עיליים. כמו כן, כל הסטה של מסלול הנדידה (כתוצאה ממשכה למקורות אור מלאכותיים, בשל הימנעות ממכשולים, או בשל דיס-אוריינטציה), עלולה להיות הרת אסון מבחינתה של הציפור הבודדת, שמאגרי האנרגיה בגופה מדודים לשמירה על מחיר אנרגטי מינימלי לתעופה.

רובם המכריע של מחקרי הנדידה, בארץ ובעולם, נעשה כצפוי במרחב היבשתי. לעומת זאת, מאגר הנתונים אודות הנדידה מעל הים, של מינים יבשתיים או ימיים, דל ומקוטע. יצוין כי לא מעט מנתוני הנדידה חוצת הים שנאספו בעולם מתבססים על ניטור ממתקנים הממוקמים בלב ים (מירוז, 2013). מירב מאמצי המחקר אודות האינטראקציה בין בעלי כנף למתקנים ימיים התבצעו במרחבי הצפוניים של האוקיאנוס האטלנטי, שם גם מרוכזים עיקר המתקנים העולמיים. אזורים אלה שונים במידה רבה מהמרחבים הימיים באזורנו, הן מן ההיבט של תנאי האקלים והן מהבחינה הפנולוגית, כמו אינטנסיביות הנדידה המתרחשת בהם. מעט הנתונים שנאספו בישראל אודות נדידה ימית מבוססים על מחקרי מכ"ם, תצפיות חוף והפלגות ייעודיות. לכן, קידום מאמצי מחקר מתקדמים רלוונטיים כתשתית מידע ותנאי מקדים לפיתוח מתקנים ימיים חייב לעמוד בראש סדר העדיפויות.

הסקירה הנוכחית תציג:

- אפיון הרגישות: פאונת העופות שהים מהווה עבורה בית גידול זמני או קבוע מול חופי ישראל.
- אפיון הסיכון: ניתוח של מתקנים בים כגורמי סיכון פוטנציאליים לבעלי כנף על בסיס הידע העולמי שנצבר עד כה.
- הערכת השפעתם הצפויה של מתקני ים שונים תוך התייחסות לקטגוריות האקולוגיות השונות של מיני העופות השוהים בים.
- המלצות למניעת פגיעה בבעלי כנף בתווך הימי.

חלק מהנתונים המופיעים בסקר הנוכחי מתבססים על עבודתו של מירוז (2013).

בנוסף, בשנים האחרונות התרבו בעולם העדויות לנוכחותם של עטלפי חרקים במרחב הימי העמוק. קבוצה זו ידועה כבעלת רגישויות מיוחדות למפגעים אנתרופוגניים ולפיכך ראוי לבחון את פוטנציאל היפגעותה ממתקנים ימיים, למרות שהידע הנוכחי על תפוצתם במזרח הים התיכון הוא אפסי.

## פרק ב': חשיבות מזרח הים התיכון (בתחום ישראל – מים ריבוניים ומים כלכליים) וחופי ישראל עבור בעלי כנף

### 1. החשיבות לעופות

פעילות העופות באגן המזרחי של הים התיכון מאופיינת בשלושה דפוסים עיקריים:

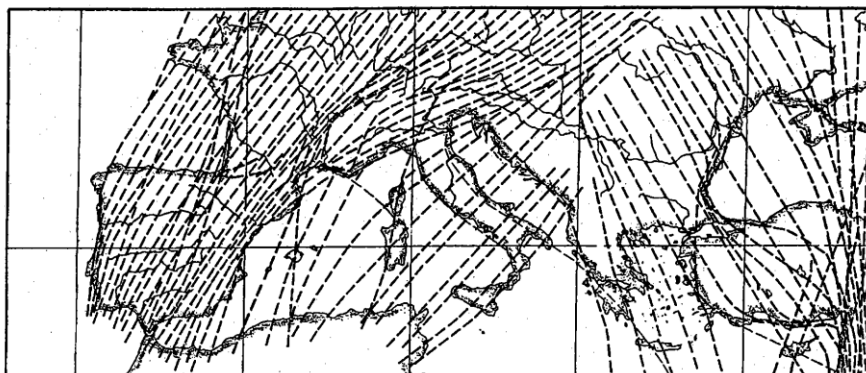
#### א. מינים נודדים (ציפורי שיר, עופות מים ומינים נוספים)

- חציית גוף מים היא כנראה אחד השלבים הרגישים ביותר במהלך חיי העופות הנודדים ומהווה סיכון משמעותי לשרידותם;
- לתנאי מזג האוויר השפעה גדולה על סיכויי ההישרדות של הפרט, בעיקר בקרב הצעירים;
- בשל מיקומה, מתקיים בישראל נתיב נדידה מהצפופים בעולם, גם במרחב הימי;
- מרבית העופות הנודדים מעל הים נעים בחזית רחבה, בעיקר בלילה ובבוקר;
- בנדידת הסתיו מתקיימת חזית חדירה חזקה מהים אל החוף בעיקר מקו נתניה ודרומה;
- כניסת נודדים מהים אל החוף מצפון לקו נתניה מתרחשת בכמויות קטנות יותר, אולם אין לשלול שאוכלוסיות או מינים מסוימים מתרכזים דווקא שם;
- יש מינים/פרטים שלא נוחתים בחוף הישראלי אלא חוצים את התווך הימי בעומק הים בציר צפון – דרום (במקביל לקו החוף) ומגיעים לחופי צפון סיני וצפון אפריקה.

קבוצה זו כוללת מינים רבים המבצעים חלק ממסלול הנדידה שלהם מעל הים. אלה מינים החיים בבתי גידול יבשתיים ולפיכך אינם מותאמים לשהייה ממושכת בגופי מים גדולים. נוכחותם במרחב הימי מוגבלת כמעט אך ורק לצרכי נדידה עונתית.

בעשורים האחרונים תועדה ירידה משמעותית בגודל האוכלוסיות הנודדות למרחקים ארוכים בציר האפרו-פליארקטי, על רקע אבדן בתי גידול יבשתיים ושינויי אקלים (Vickery *et al.*, 2014). מגמה זו מגבירה את הנחיצות במזעור גורמי הסיכון לאורך מסלולי הנדידה.

ככלל, מרבית העופות הגדולים המתבססים על דאייה וניצול זרמי אוויר חמים לצורך ביצוע מסלול הנדידה, מבצעים מעקף של הים התיכון. לעומתם, מגוון גדול של מיליוני ציפורי שיר ומינים קטנים ובינוניים אחרים חוצים במהלך נדידתם את הים התיכון (Newton, 2010). חצייה זו מתרחשת בחזית



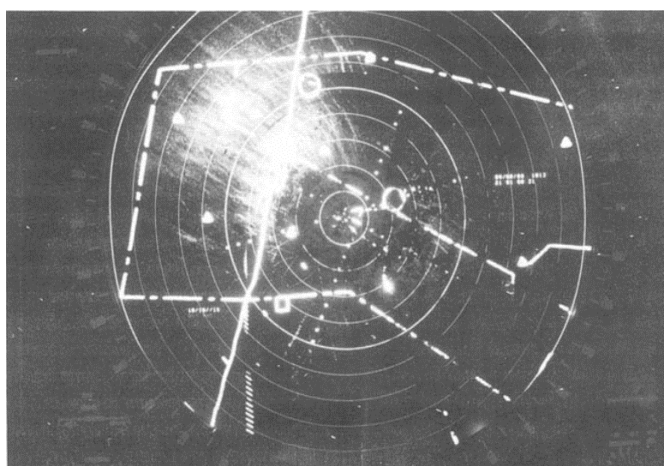
איור 3: מפת הים התיכון עם קווי נדידה עיקריים החוצים אותו כמוצע על בסיס נתונים ממספר מחקרים שיושמו בהם שיטות של ניטור. ניתן לראות את ריכוז קווי הנדידה בקצוות המערביים והמזרחיים של אגן הים התיכון. עיקר קווי הנדידה המגיעים למרחב הימי בישראל קשורים לקפריסין ולדרומה של טורקיה. (מתוך: Bruderer & Liechti, 1999)



רחבה לרחבו של הים התיכון, אך בצפיפות גבוהה בשני קצותיו של הים התיכון – המערבי והמזרחי (Bruderer & Liechti, 1999, ראה איור 3).

Alfiya (1995) מציין מספר מאפיינים של כיוונית תנועתם של עופות נודדים בסתיו (בכיוון כללי מצפון לדרום) מול חופי ישראל על בסיס נתוני מכ"ם:

- ✚ תנועה בעומק הים על ציר צפון-דרום: משעות הערב עד חצות;
- ✚ שינוי כיוון התעופה לדרום-מזרח ותנועה חזקה של עופות המגיעים מהים אל החוף: בין חצות ל-09:00 בבוקר;
- ✚ מהירות התעופה: 40 עד 100 קמ"ש;
- ✚ תנועה בחזית רחבה;
- ✚ נדידת הסתיו מסיבית יותר מנדידת האביב.



**תמונה 1:** תנועת נדידת סתיו לילית בחזית רחבה לעבר חופי ישראל מצפון-מערב לדרום-מזרח (מתוך: Alfiya, 1995)

מנתוני מכ"ם מתברר עוד כי במהלך נדידת הסתיו האינטנסיבית, חדירת ציפורים נודדות מהים אל חופי ישראל מתרכזת בעיקר מול חופי מרכז הארץ ודרומה – מקו נתניה ודרומה (Schenkler *et al.*, in press). יש להניח עם זאת כי קיימת שונות גבוהה בין המינים הנודדים ואין להוציא מכלל אפשרות כי מסת הנדידה הדלילה יותר מול החופים הצפוניים משקפת בחלקה העדפה של מינים ו/או אוכלוסיות שמסת הנדידה שלהם נמוכה יחסית.

על פי דיווחי תצפיות קרקעיות שתועדו במהלך עשרות השנים האחרונות, סקרים עונתיים שהתבצעו בשנות ה-70 וה-80 של המאה שעברה ומחקרים עכשוויים, מסתמן כי תיאור מסת התנועה לעבר חופי ישראל כפי שתוארה בעבודתם של Schenkler ועמיתיה, תואמת בעיקר את מסלולי נדידת הסתיו של רבות מציפורי השיר, כמו גם מינים יבשתיים אחרים (ראו מירוז, 2013). עם זאת, תנועתם העיקרית של עופות מים רבים וכלל המינים השוחים, אך גם של מינים אחרים, כדוגמת השליו הנודד (*Coturnix coturnix*), מלכישליו חלודי (*Crex crex*) ואף ציפורי שיר כדוג' עפרון קצר-אצבעות (*Calandrella brachydactyla*) וסלעית ערבות (*Oenanthe isabellina*) נעשית בעומק הים במקביל לקו החוף על הציר צפון-דרום, כאשר רבים מהם נוחתים על חופי צפון סיני וצפון אפריקה (Zuckerbrot *et al.*, 1980; Eason *et al.*, 2016). כלומר – פרטים רבים ממינים אלה לא ינחתו בחוף הישראלי, אך יחצו את התוך הימי שמול חופי ישראל בעומק הים. יתכן כי לפחות בחלק מהמקרים, הפרטים החולפים קרוב יחסית אל קו החוף סוטים ממסלולם בהבחנים בו (או באורות לאורכו) ואילו הפרטים שמסלולם מרוחק מקו החוף אינם מבחינים בו וממשיכים במסלול מקביל לו, דרומה.

נדידת סתיו מסיבית שכזו מעל הים התיכון מתאפשרת ע"י משטר רוחות מסייע באגן המזרחי של הים התיכון אשר מקטין את המחיר האנרגטי הנדרש למסע רצוף שכזה (Ernie *et al.*, 2005). עם זאת, שינויי מזג אוויר פתאומיים כמו סערות, או שינוי כיוון הרוח, עלולים להביא לתנאים תת-אופטימליים



שיגבירו את מחירה האנרגטי של התעופה מעל הים באופן שלא יאפשר לפרט להשלים את חציית הים (Newton, 2007).

(Zehtindjiev & Liechti, 2003) ביצעו ניטור כיווני תעופה של נודדי לילה על פי תצפיות ירח מלא. ממצאיהם מצביעים על כך שבנדידת הסתיו, רוב מיני נודדי הלילה באזור הבלקן ממשיכים וחוצים את הים התיכון בכיוון דרום-מזרח בחזית רחבה. לפי ממצאיהם, נראה כי גם מסלול הנדידה באביב עובר מעל הים התיכון. יש להניח שחזית נדידה זו, לפחות בחלקה עוברת בתחום המים הטריטוריאליים והכלכליים של ישראל.

הקבוצות העיקריות המיוצגות בקבוצה זו הינן (מירוז, 2013):

**הקבוצות היבשתיות** (כ- 140 מינים): ציפורי שיר (Passeriformes), כחלאים (Coraciiformes), ודוכיפתאים (Upupiformes).

**הקבוצות האקוויטיות** (כ- 100 מינים): חופמאיים (Charadriiformes), אנפיתיים (Ardeidae), ברווזיים (Anatidae).

בבואנו להעריך את מפת הסיכונים שלהם חשופה הציפור, אחד הפרמטרים החשובים אליהם יש להתייחס הינו מאפייני הפעילות על ציר הזמן. לדוגמא, מהו פרופיל הפעילות היומית והלילית של מין הציפור? אם מדובר בציפור הנודדת מעל הים, האם היא נודדת בעיקר בלילה או ביום? מתי מתרחשת נדידת הסתיו? נדידת האביב? האם יש הבדלים במסלולי הנדידה בהתאם לעונה? כל אחד מהפרמטרים הללו (ונוספים) עשוי להיות בעל משמעות בהבנת הסיכונים עימם הציפור צריכה להתמודד.

מחקרים רבים מצביעים על שונות בין המינים בכל הנוגע למידת הרגישות לסיכונים השונים (Hüppop *et al.*, 2006; Newton, 2007; Martin, 2011; Fox & Petersen, 2019). מפת הסיכונים הנגזרת מצד סוגי המתקנים השונים עבור כל מין של ציפור מושפעת ישירות ממאפייני הפעילות ודפוסי ההתנהגות שלה. לפיכך, יש להתבסס על מודל שיאפשר להעריך את דרגת הסיכון של כל מין מול גורמי הסיכון השונים ולכך להוסיף כמובן את סטטוס השימור שלו.

ככלל, פאונת העופות הים-תיכונית כוללת בעיקר מינים אירופאיים שמפת תפוצתם מגיעה במקרים רבים גם לצפון האוקיאנוס האטלנטי. לעובדה זו חשיבות רבה, היות שמרבית המחקרים וסקרי הסיכונים שפורסמו נערכו במרחב זה, ולפיכך, לפחות עבור עופות הים, ניתן להיעזר בנתונים המתייחסים למינים רלוונטיים או מינים קרובים להם.

עבור קבוצת המינים הנודדים מעל הים, קיים מחסור רב בנתונים רלוונטיים מאירופה, מכיוון שעבור חלק גדול ממינים אלה, הנדידה מעל הים התיכון מהווה את מקטע הנדידה היחיד מעל גוף מים ימי. מירב הנתונים שיש בידינו אודות היקפי הנדידה והדינמיקה שלה, הם מתוצאות מחקרים מבוססי מ"מ, מתצפיות חוף ומתצפיות אקראיות בלב ים.

עבור מינים נודדים, התמותה העיקרית באוכלוסייה מתרחשת במהלך תקופות הנדידה ולכן גורמי סלקציה חשובים ביותר בזמנים אלו (Sillert & Holmes, 2002). בתוך כך, ההערכה היא כי תמותה במהלך חציית גופי מים ימיים היא בעלת השלכות משמעותיות ביותר על אוכלוסיות המינים הנודדים (Newton, 2006). העובדה כי תמותת ציפורים נודדות מעל הים אינה משאירה אחריה ממצאים פיזיים (פגרים או חלקיהם) מקשה מאוד לכמת את התופעה.

## ב. מינים אקוויטיים ופלאגים למחצה

### מאפייני הפעילות המקומית של קבוצת מינים זו:

- תנועות יומיות אל תוך הים וממנו, לשם שיחור מזון או לינה (בעיקר של שחפים וקורמורנים);
- 3 מינים מקננים לאורך חופי הארץ: שחף צהוב-רגל, שחפית ים ושחפית גמדית;
- 4 מוקדי מושבות קינון לאורך קו החוף: ראש הנקרה, עתלית, מעגן מיכאל ותל אביב;

• **מרבית התנועות של המינים המקננים הינן לשיחור מזון ובמסגרתן מגיעים הפרטים מהמושבה לעומק של קילומטרים רבים אל תוך הים.**

מינים אקוטיים ופלאגיים-למחצה. זוהי קבוצה דומיננטית ביותר מבחינת הנוכחות בים הפתוח. מינים אלה מקיימים דפוסי תנועה יומיים בים הפתוח לשם שיחור מזון, או לינה אך קשורים ליבשה במעגל החיים השוטף שלהם (יוממות). הנציגים הבולטים של קבוצה זו הם בני משפחת השחפיים (Laridae), השחפיתיים (Sternidae) החמסניים (Stercorariidae) והקורמורניים (Phalacrocoracidae). חשוב לציין כי כל המינים הללו, כמו גם המינים הפלאגיים, הינם מינים המשלבים תעופה מעל המים, שחייה ולעיתים גם צלילה.

המינים הנפוצים ביותר בקבוצה זו הם שחפים מהמינים שחף אגמים (*Chroicocephalus ridibundus*) ושחף ארמני (*Larus armenicus*) הנמצאים בארץ בעיקר בחורף. בתקופה זו ניתן לצפות לאורך חופי הים התיכון מהצפון ועד למרכז הארץ, בלהקות המונות מאות ואלפי שחפים הנעים אל אתרי הלינה המקובצים שלהם בלב ים ומהם (Shirihai, 1996). תנועה זו של השחפים נעשית בשעות הערב והבוקר המוקדמות ומתאפיינת בתעופת חתירה **בגובה של מטרים ספורים עד עשרות מטרים ספורים מעל פני הים**. עבור שחפית הים נמדד רום תעופה של **עד 25 מ' כשעל פי רוב הציפורים שהו ברום של עד 15 מ' מעל פני המים** (Kruger & Garthe, 2001).

כפי שמוצג באיור 4, שלושה מבין המינים בקבוצה זו מקננים בחופי הארץ בארבעה מוקדים (מרזו ועמיתיו, 2017):



**שחף צהוב רגל (*Larus michahellis*)**

מין זה שהיה עד לא מזמן בסכנת הכחדה חמורה, הרחיב בשנים האחרונות את תחום תפוצתו כמקנן תוך גידול מסוים בגודל האוכלוסייה. בשנים האחרונות אף התבסס כמקנן באזור גוש דן. עם זאת, לצד העובדה כי מתקיימת התפשטות גיאוגרפית של אתרי הקינון ועליה במספר האתרים, גודלה המצומצם של האוכלוסייה המקומית ומיקומה בקצה תחום התפוצה של המין מהווה עבודה גורם סיכון.



**שחפית ים (*Sterna hirundo*)**

במהלך 30 השנים האחרונות הצטמצם תחום התפוצה ומספר מושבות הקינון של מין זה בארץ בלמעלה מ-50% וכיום מרוכזת מרבית האוכלוסייה המקננת במושבה בודדת וצפופה בעתלית. תמונת מצב זו, לפיה אתר קינון אחד מרכז אליו את מרבית הפרטים המקננים, הופכת את המין לפגיע מאוד וחשוף לפגיעות מצד האדם, טורפים או התפרצות מחלות.



**שחפית גמדית (*Sternula albifrons*)**

בעבר מין זה היה מוכר כמקנן בחולה ולאורך חוף הכרמל, אך במהלך 30 השנים האחרונות הצטמצם מאוד תחום התפוצה של מין זה בלמעלה מ-80%. כמעט כל הקינונים לאורך החוף ננטשו וכיום, בדומה לשחפית הים, מרוכז רובה של האוכלוסייה המקננת המקומית במושבת קינון אחת - עתלית. כל אירועי הנטישה אירעו כתוצאה מהפרעות אנושיות וכיום תלויה האוכלוסייה המקננת של השחפית הקטנה בממשק שימור פעיל. גודל האוכלוסייה הקטן, ריכוזה באתר אחד (בבעלות פרטית) ותלותה במאמצי השימור - כל אלה מגבירים מאוד את פגיעותו של מין זה בארץ.

כל שלושת המינים המקננים מוגדרים כאמור, כמינים בסכנת הכחדה (שחפית-ים ושחפית גמדית) או שהוגדרו עד לאחרונה כמין בסכנת הכחדה (שחף צהוב-רגל). כלל הפרטים בני מינים אלה משוטטים במהלך עונת הקינון ולאחריה אל תוך הים הפתוח. השחפיות מגיעות לאזורנו בתחילת מרץ והפרטים האחרונים עוזבים בתחילת אוקטובר כך שהעונה בה נמצאות השחפיות לאורך החופים ובים אורכת כשישה חודשים. שחפים צהובי רגל מסומנים שבקעו בקינים בתל אביב תועדו בעומק הים במרחק של 8-10 ק"מ מול חוף אשדוד (נעם וייס, אתר הצפרות הישראלי). שחפיות ים המקננות בעתלית נצפו בעומק הים במרחק של כ- 30 ק"מ מאתר הקינון (ד"ר יואב פרלמן, בע"פ).

תצפיות אלה תואמות את הידוע על מינים אלה מהספרות העולמית, ויש להעריך לפיכך כי שיטות של פרטים בוגרים וצעירים למרחק עשרות ק"מ בעומק הים למטרות שיחור מזון, הינם דבר שבשגרה. על מנת לאפיין את הדינמיקה של תנועות הפרטים ממושבות הקינון במרחב הימי יידרש מחקר ייעודי למטרה זו.



**איור 4:** מוקדי הקינון של 3 מיני העופות הפלאגיים למחצה המקננים בחופי הים התיכון.

**קבוצת מינים זו מיוצגת בעיקר ע"י בני סדרת היסעוראים:**

- קבוצה זו הינה בין המאוימות ביותר בקרב העופות;
- משוטטים בימים ובאוקיאנוסים;
- מגיעים ליבשה לצורך קינון בלבד;
- אינם מקננים בישראל;
- תעופה נמוכה מאוד בגובה הגלים;
- משלבים פעילות יומית וליילית, אך מערכת הראייה שלהם מוגבלת למדי בלילה;
- מפגינים רגישות גבוהה לתאורה מלאכותית.

מינים פלאגים. אלו הם מיני עופות הים "האמיתיים" השוהים בעומק המרחב הימי בטווח שבין מאות מטרים למאות ואף אלפי קילומטרים מקו החוף. מינים אלה מקיימים את כל מהלך חייהם כמעט, בים הפתוח ועולים ליבשה לצרכי קינון בלבד. ככלל, הקבוצה של עופות הים הפלאגיים נחשבת לקבוצת המינים הגדולה המאוימת ביותר ברמה עולמית, כאשר 84% מהם מושפעים מלפחות איום אנתרופוגני אחד (Dias *et al.*, 2019), מה שמוביל למצב בו 43% מהם מוגדרים כיום בסטטוס סיכון גבוה ואף בסכנת הכחדה (Croxall *et al.*, 2012).

בישראל אין קינון של אף מין מקבוצה זו והפרטים המגיעים אלינו מקורם על פי רוב מאתרי קינון במערב הים התיכון או באוקיאנוס האטלנטי. כל המינים בקבוצה זו הינם מעופפים מצוינים שאסטרטגיית שיחור המזון שלהם מתבססת בחלקה על כישורי תעופה מעולים המאפשרים להם לגמוע מרחקים של אלפי ק"מ וכך, הם מגיעים גם לאגן המזרחי של הים התיכון. יתרה מכך, מזרח הים התיכון מהווה אזור ריכוז עבור מספר מינים פלאגים, כאשר התצפיות לאורך חופי ישראל שכיחות בהרבה מבשאר אזורי הים התיכון, כמו למשל במין יסעור כהה (*Ardenna grisea*). ימי סערה מזמנים לעיתים תכופות "הפתעות" בדמותם של מינים פלאגיים הנחשבים אצלנו נדירים, אשר נסחפו עם הרוח אל אזור החוף. תצפיות אלה מצביעות ללא ספק על נוכחותם הקבועה בלב ים של רבים ממינים אלה, למרות מיעוט התצפיות בהם בימים רגילים. בין המינים הפלאגיים המגיעים קרוב לחופי ישראל ניתן למנות את:

✚ **בני סדרת היסעוראים (Procellariiformes)** שהשכיחים ביותר מביניהם מול חופי ישראל הם היסעור המצוי (*Puffinus yelkouan*) והיסעור הגדול (*Calonectris diomedea*). מעניין לציין כי למרות שכיחותו המקומית הגבוהה יחסית היסעור המצוי, הרי שעל פי סטטוס השימור של IUCN, מין זה מצוי בסכנת הכחדה עולמית (Vulnerable). גם היסעור הכהה מופיע מול חופי ישראל בקביעות, גם אם פחות שכיח באזורנו. רוב התצפיות ביסעור הגדול מתרחשות בחודשי האביב המאוחרים ובקיץ, לעתים בריכוזים גבוהים, פעמים רבות סביב סירות דיג. לכן יתכן כי הערכת נוכחותם של בני משפחה זו הינה הערכת חסר. הדברים אמורים במיוחד לגבי מיני היסעורונים (Hydrobatidae) שבשל גודלם הקטן ואופי מעופם הצמוד למים, קשה מאוד לאתרם ממרחק. בשנים מסוימות נצפה ריכוז גדול יחסית של פרטים מהמין יסעורון אטלנטי (*Oceanodroma leucorhoa*) במזרח הים התיכון, במנותק מהאוכלוסייה העיקרית של האוקיאנוס האטלנטי והאוקיאנוס השקט (גרניט, 2014). שיחור המזון של בני משפחה זו נעשה מעל ומתחת לפני המים. שיחור המזון בצלילה נעשה תוך מרדף אחר דגים ודיונונים עד לעומק של עשרות מטרים (Gaskin *et al.*, 2016). היסעורונים ויסעוראים קטנים אחרים, מתאפיינים בפעילות לילית טיפוסית ובשיחור המזון מתבססים על נדידת זואופלקטון ורטיקלית כלפי מעלה בשעות החשיכה (Imber, 1975; Dias *et al.*, 2016). ככלל, מפגינים בני הסדרה נטייה לשוטטות במרחבים עצומים של אלפי קילומטרים בים הפתוח, בעונת הקינון ומחוצה לה (Imber, 1975).

✚ **הסולתיים (Sulidae)** המיוצגים אצלנו מול חופי הים התיכון ע"י הסולה המצויה (*Morus bassanus*) שאמנם מופיעה במספרים נמוכים מול חופי ישראל, אך נצפית בקביעות. הסולה ניזונה מדגים אותה היא לוכדת תוך כדי צלילה מהאוויר.

פירוט אודות מאפייני הפעילות והנוכחות של המינים השונים במרחב הים תיכוני בישראל תואר ע"י מירוז (2013) ומוצג בנספח 1.

---

## 2. החשיבות לעטלפים

ממחקרים שונים מהאזור הצפון אטלנטי עולה כי אוכלוסיות עטלפים מגיעות לעומק המרחב הימי ועשויות להיפגע מטורבינות רוח בלב ים (Ahlén *et al.*, 2007; Lagerveld & Platteeuw, 2016; Solick & Newman, 2021). בישראל אין נתונים אודות הופעה של עטלפים במרחב הימי, במסגרת מסלול נדידה או שיחור מזון. עם זאת, קיומה של תופעה זו מעולם לא נבדק באופן ממוקד. לפיכך אין להוציא אפשרות זו מכלל חשבון ונדרשת בחינה מקומית של התופעה. יודגש, כי ישראל הצטרפה לאחרונה להסכם EUROBATS המעגן את שימור העטלפים גם בהקשר של נדידה.

## פרק ג': הסיכונים לבעלי כנף בתווך הימי של ישראל ממתקני ים עיליים –

### סקירת ידע מהעולם וההשלכות הצפויות בקונטקסט הישראלי

במבט גלובאלי, עד לפני כשני עשורים, נהנה המרחב העילי של הים הפתוח (כלומר זה שמעל פני המים) ממיעוט יחסי של הפרעות אנתרופוגניות. עיקר ההפרעות במרחב זה היו של אסדות נפט וגז מועטות או מתקנים ניידים נקודתיים בעלי פרופיל הופעה נמוך (כמו ספינות משא ומכליות). עם התפתחותן של טכנולוגיות המרת אנרגיה בתחילת המאה הנוכחית הוצעה פרישתן של חוות הפקת חשמל מאנרגיית רוח במרחב הימי, במיוחד בצפון של האוקיאנוס האטלנטי. בד בבד עם התרבות מערכי המתקנים הללו החלו להתברר השפעותיהם הסביבתיות הדרמטיות לעיתים, של חוות הענק כמו גם של אלמנטים בידיים במרחב.

גם המרחב הימי מול חופי ישראל היה עד כה "נקי" יחסית מהפרעות למעט אסדות הפקת הגז שהוקמו בו בשנים האחרונות, ואלמנטים ניידים כמו ספינות מסוגים שונים.

עם התגברות העניין והצהרת הכוונות של גורמים שונים בדבר הקמתם של מתקני המרת אנרגיה מתחדשת לחשמל בתחום המים הטריטוריאליים והכלכליים של מדינת ישראל, יש לבחון בקפדנות את פוטנציאל האיום האקולוגי על ציפורים ועטלפים לאור הניסיון העולמי שנצבר בשנים האחרונות. חיוניותה של בחינה שכזו מקבלת משנה תוקף לנוכח מיקומה הביוגיאוגרפי הרגיש של ישראל כפי שתואר לעיל. תובנות אלו תאפשרנה התוויית מדיניות וניסוחן של הנחיות להפחתת הנזק הסביבתי בהקשר של ציפורים ועטלפים שיוטמעו באסטרטגיית הפיתוח של הסביבה הימית בישראל.

בשל אופיו הפתוח של המרחב הימי, השפעתם של מתקני תשתית בולטים הממוקמים בלב ים גדולה לאין שיעור לעומת מקביליהם שעל היבשה.

בהגדרה, כל מתקן הממוקם בלב ים מהווה גורם הפרעה פוטנציאלי בשל ייחודו בנוף. בשל התבלטותו בנוף הימי **כל אלמנט עילי מוצק העומד במסלול תעופה של בעלי כנף מהווה גורם סיכון להיפגעות מעצם היותו בלתי צפוי.**

## 1. גורמי הסיכון

### א. עין הציפור שונה מהעין האנושית – על מגבלות הראייה של העופות

**ממבט הציפור** ככלל, נחשבים העופות לבעלי חוש ראייה מצוין. עם זאת, מתברר כי במקרים רבים הם מתקשים לזהות אלמנטים הנראים כבולטים לעין האנושית. למעשה, העולם היוזאלי של הציפורים שונה לחלוטין מזה האנושי בפרמטרים רבים ולא ניתן להקיש מהידוע לנו אודות התפיסה האנושית של מכשולים וסכנות, על האופן בו רואות ותופשות אותם הציפורים (Martin, 2011).

Martin (2012) ניתח לעומק את עולמן התפיסתי של הציפורים ומעלה 3 נקודות מהותיות המהוות עבורן אתגר מיוחד בהימנעות מהתנגשות באלמנט בודד במרחב:

1. **רזולוציה חזיתית נמוכה.** מבחינת מבנה הרשתית של ציפורים וכן, מיקומן ומספרן של ה'גומות' (foveas - האזורים ברשתית האחראי לסריקת המרחב ברזולוציה גבוהה) עולה כי ברוב המינים, שדה הראייה עם הרזולוציה הגבוהה הינו צידי (לרוחב) – לסריקת המרחב לצורך שיחור מזון, או זיהוי טורפים לדוגמה. לפיכך, תשומת הלב של הציפור יכולתה להבחין בפרטים אינה מופנית אל קדמת הראש כמו באדם וכתוצאה מכך היא תתקשה להבחין בעצמים בלתי צפויים הממוקמים במסלול תעופתה במרחב הפתוח. המשמעות היא כי **בזמן תעופה, מרבית הציפורים עיוורות, במידה רבה, לשדה הראייה שלפניהן!**

2. **עצמים ניידים "נבלעים" בשדה הראייה הפרונטלי.** רוב קולטני האור בעין הממוקמים באזור של הרשתית הפונה קדימה מיועדים להבחנה בעצמים נעים ופחות בעצמים סטטיים. תכונה זו מגבילה מאוד את יכולתה של הציפור להבחין מבעוד מועד במכשול נייד בלתי צפוי.

3. **"Cruise Control ללא ברקסים".** תעופה ממושכת מעל הים מחייבת שיקולים של ניצול אנרגטי מרבי. לפיכך, במיוחד בקרב נודדים, מהירות התעופה קבועה ומהירה כך שמותאמת לאופטימיזציה אנרגטית. במהירות שכזו יכולתה של הציפור להאט בפתאומיות עם זיהוי מכשול קדמי מוגבלת ביותר עד בלתי אפשרית.

**ניתן להבין אם כן כי תכונות אלה חושפות את הציפורים לסכנה ממשית של התנגשות באלמנטים עיליים בתווך האווירי הימי.**



לפחות במקרה של חלק מבני סדרת היסעוראים, אופייה האמפיבי (ראייה בתוך האוויר והתווך הימי גם יחד) של מערכת הראיה שלהם, המותאמת לשיחור מזון מתחת לפני המים תוך ניהול מרדף והתמקדות בקרבת קצה המקור, חושף אותם ביתר שאת להיפגעות מאלמנטים בולטים מעל פני המים (Gaskin *et al.*, 2016). ככלל, היסעוראים מותאמים לפעילות בשעות האור. עם זאת, חלק נכבד מזמן שיחור המזון שלהם מתקיים בלילה (ובמיוחד בלילות ירח מלא) תוך כדי ניווט ותעופה (Phalan *et al.*, 2007) ובמינים הקטנים (יסעורונים) הפעילות הלילית היא אף הדומיננטית (Dias *et al.*, 2016). העובדה כי עופות אלה פעילים במרחב הימי גם בלילה בעוד מערכת הראיה שלהם מותאמת באופן חלקי בלבד לתנאי אור מינימאליים (Mitkus *et al.*, 2016), מוסיפה עוד דבר לסיכון המוגבר שמציבים בפניהם מתקנים עלילים בלב ים.

לפחות חלק מהמינים הפלאגיים שבבדקו הפגינו רזולוציה מרחבית נמוכה. עובדה זו יחד עם רגישותה הבסיסית הנמוכה (4-8% מזו של העין האנושית!) של עין הציפור לניגודיות (Mitkus *et al.*, 2016) מדגישה את הבעייתיות הרבה הטמונה בניתוח המרחב הויזואלי של ציפורים פלאגיות מנקודת המבט של העין האנושית.

## ב. גובה התעופה ותנאי הראות

עבור המינים הנודדים, מהווים מתקנים עלילים בים איום ממשי בשל אופי התעופה שלהם שהוא נמוך ומהיר יחסית לזה שמעל היבשה (Bruderer & Liechti 1998; Hüppop *et al.*, 2006). **ממדידות מכ"ם נמצא כי לפחות 50% מהציפורים הנודדות מעל הים נעות בגובה של פחות מ- 200 מ' ולפחות 33% בגובה של פחות מ- 100 מ' מעל פני הים (Hüppop *et al.*, 2006).** יצוין כי זוהי הערכה שמרנית מאוד שכן הנתונים שהתקבלו מציפורים שחלפו בגובה נמוך מוסכו לעיתים ע"י הגלים ולהערכת החוקרים שיעור הציפורים החולפות בגובה של עד 100 מ' מעל פני הים גבוה בהרבה.

ככלל, תעופת נודדים מעל הים נעשית בגבהים נמוכים משמעותית מגבהי הנדידה של בני אותו מין מעל היבשה (Bruderer & Liechti, 1998). **בתנאים תת-אופטימאליים וראות מוגבלת (גשם, ערפל, רוח חזיתית, לילות חשוכים – שהם הלילות המסוכנים ביותר להתנגשות במתקנים) נצפתה נטייה מובהקת לתעופה נמוכה עוד יותר (Hüppop *et al.*, 2006; Jongbloed, 2016).** תעופתם האופיינית של **ברווזים ועופות הים הנודדים בשעות היום**, נמוכה עוד יותר **וקרובה לפני המים** (Krüger & Garthe, 2001; Hüppop *et al.*, 2006). עם זאת, קיימים הבדלים משמעותיים בין המינים. חופמאים רבים לדוגמא, נוטים לחצות את הים בגובה רב (Exo *et al.*, 2003; Hüppop *et al.*, 2006).

בתנאים מסוימים המתקן הימי עשוי להוות מוקד משיכה למגוון מיני ציפורים לשם מנוחה, תצפית או ניצול עושר הדגה היחסי במקום (reef impact), דבר שעשוי להגביר את סיכוני ההיפגעות. במקרים של מתקנים בהיקפים רחבים קיימת גם סכנת הסטה של מסלולי נדידה, כולל השפעה שלילית ניכרת על הישרדות ציפורים רבות החולפות באזור, מכיוון שכמות האנרגיה האצורה בגופה של הציפור מוגבלת עקב שיקולי משקל ומחיר אנרגטי של התעופה.

## ג. השפעת התקני תאורה מלאכותית – משיכה/ שיבוש הניווט

בלילה שבין ה- 30/31 במרץ, 2004 שייטה ספינת הדיג MV Dorada במימי האוקיאנוס האטלנטי הדרומי, סמוך לאיי ג'ורג'יה הדרומית. מזג האוויר היה רגוע אך הראות לקויה בשל ממטרים וערפל סמיך שכיסה את פני המים. בשלב מסוים החלו לפגוע בדופן הספינה ועל סיפונה עשרות רבות של יסעורונים שנמשכו לתאורת הקרחונים בקדמת הספינה. סה"כ נאספו במהלך הלילה כמעט 900 פרטים פגועים מ- 9 מינים שונים (!) על הסיפון (מספר גבוה בהרבה פגע כנראה בדופן הספינה ונפל למי האוקיאנוס). רובם טופלו ושוחררו לאחר מספר שעות.

המקרה שלעיל שתואר ע"י Black (2005) אינו מקרה נדיר (מקרים רבים כלל אינם מדווחים) והוא ממחיש את הבעייתיות של אלמנט בולט בלב ים בשילוב תאורה מלאכותית.

אפקט פוטוטקסיס חיובי (Positive Phototaxis, משיכה למקורות אור) מוכר בעופות כבר למעלה מ- 100 שנים והשפעותיו האקולוגיות נחקרו באופן אינטנסיבי, בעיקר באזורים מיושבים. נראה כי ההשפעה המשמעותית ביותר של מקורות אור אנתרופוגניים הינה על נודדי הלילה הנתקלים במסלולם במקורות אור אינטנסיביים ומשתנים המשבשים את יכולת ההתמצאות שלהם ועל עופות ים הנמשכים למקורות אור חזקים שעל קו החוף (Cabrera- Cruz *et al.*, 2017). בעוד השפעתם של מקורות אור על החוף על עופות ימיים קיבלה תשומת לב ניכרת

(Rodríguez *et al.*, 2017) השפעת אורות בלב ים נחקרה באופן מצומצם יותר. נראה כי מבין עופות הים, לבני סדרת היסעוראים נטייה חזקה במיוחד להמשך למקורות אור מלאכותיים, במיוחד בקרב צעירים (Gjerdrum *et al.*, 2021). יתכן כי בנוסף לאופיים של מנגנוני ההתמצאות המרחבית, חלק מנטייה זו קשור לאופן שיחור המזון של יסעורים בלילה. לפחות בקרב מיני היסעוראים הקטנים מושגת שיחור המזון במידה רבה על נדידה ורטיקלית של פלנקטון בעל תכונות לומיניסנציה, המהווים את מזונם של טרפם ולפיכך מהווים אינדיקטור מנבא לנוכחותם (Imber, 1975).

להשפעתם של מקורות אור בים ניתן להתייחס בשני היבטים עיקריים: כגורם משיכה וכגורם משבש.

#### ✚ מקור האור כגורם משיכה

התופעה כי פרטים צעירים נמשכים לתאורה מלאכותית יותר מאשר פרטים בוגרים תוארה ע"י Gauthreaux & Belser (2006) ונצפתה גם במחקר שבוצע בישראל (Schekler *et al.*, in press). גורם זה לכשעצמו עשוי להחריף עוד יותר את הפגיעה בעופות נודדים ובמיוחד בנדידת הסתיו שבה כמות הפרטים הצעירים שאינם מנוסים בנדידה, גבוהה מאוד (מכיוון שנדידת הסתיו היא מאתרי הקינון ובקיעת הצעירים באירופה ואסיה, לאתרי החריפה באפריקה, קרי זוהי עונת הנדידה הראשונה של חלק ניכר מהאוכלוסייה) (La Sorte *et al.*, 2017). זיהום אור נמצא כגורם משמעותי המשפיע על בחירת תחנות העצירה של ציפורים נודדות העוברות דרך ישראל (Schekler *et al.*, in press). זיהום אור במרחב הימי המאופיין כיום בזיהום נמוך ביותר עלול לשבש את הניווט לכיוון היבשה של הציפורים, להביא להסטתן של מסלול הנדידה ולהתארכותו ועקב כך, לדלדול מאגרי האנרגיה של הציפור הנודדת ופגיעה משמעותית בסיכויי הישרדותה (Rebke *et al.*, 2019).

נמצא כי המשיכה לאורות מלאכותיים מועצמת בלילות בהם הראות מוגבלת בשל תנאי מזג אוויר (Montevecchi, 2006; Hüppop *et al.*, 2006) או בלילות ללא ירח (Miles *et al.*, 2010).

#### ✚ מקור האור כגורם משבש

חשיפת ציפורים לתאורה מלאכותית עשויה להשרות דיסאוריינטציה במהלך הנדידה (Bruderer *et al.*, 1999). נוסף להסטת הפרטים הנודדים ממסלול הנדידה שלהם, התברר כי מנגנון החישה המגנטית מבוסס על פוטו-פיגמנטים ייחודיים ברשתית הציפור המגיבים לאור בתחום הגלים הקצרים (Cryptochromes) (Wiltshko & Wiltshko, 2009). חשיפת הציפור למקור אור בקצה "האדום" של סקאלת האור הנראה (הגלים הארוכים), משבשת מנגנון זה (Wiltshko *et al.*, 1993, 2010).

גם בהקשר לתיאור שלעיל, ניתן להניח כי עיקר הסכנה נשקפת לפרטים הצעירים והבלתי מיומנים בניווט למרחקים אשר מתקשים להסתמך על מנגנונים מפצים. עם זאת, כפי שצוין קודם, Hüppop ועמיתיו (2016) לא מצאו תמותת צעירים חריגה ויש להניח כי קיימת שונות בין המינים באשר למידת הרגישות כתלות בגיל.

כחלק מאמצעי הבטיחות הנדרשים במתקנים גבוהים מותקנות נורות אזהרה ולעיתים אף תאורה מלאה יותר. תאורה זו עשויה להיות בעייתית מאוד משתי סיבות:

- ❖ הסטת מינים נודדים ממסלולם – מינים רבים של נודדים ימיים מושפעים ממקורות תאורה רציפים או נקודתיים, במיוחד בלילות בהירים ללא ירח.
- ❖ נקודת יחוס אינסופית – במספר עבודות תוארה תופעה שבמסגרתה, ציפורים הפגיננו נטייה לחוג סביב מקור אור בדיד, לעיתים עד תשישות (Hüppop *et al.*, 2006; Ronconi *et al.*, 2015). יתכן כי מקורה של תגובה כזו נעוץ במנגנון הניווט המושתת על השימוש בכוכבים כנקודות ייחוס כיווניות ואשר משותף כנראה לכל נודדי הלילה בקרב הציפורים.

## 2. מתקנים בים – בעייתיות והערכת הסיכונים

- קיים קושי רב בתיעוד ישיר של תמותת עופות מפגיעה במתקנים ימיים בשל העדר חתימת פגיעה;
- מיעוט מחקרים אודות השפעת מתקנים ימיים בים התיכון בכלל ובאגנו המזרחי בפרט;
- המחקרים מצביעים על כך שלמתקנים ימיים עיליים פוטנציאל גבוה להוות גורם תמותה משמעותי עבור עופות ים ומינים יבשתיים נודדים. פוטנציאל זה גבוה במיוחד באזורים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה כמו נתיבי נדידה משמעותיים.

במהלך שני העשורים האחרונים נערכו מחקרים וסקרי סיכונים רבים הנוגעים להשפעתם של מתקנים ימיים על אוכלוסיות ציפורים ועטלפים. מירב החומר שנאסף מתייחס למרחב הצפון אטלנטי של צפון אירופה ומערבה (סקנדינביה, הולנד, בלגיה, בריטניה) ולמרחב הימי של מזרח ארה"ב. במרחב הים התיכון התבצע עד כה מעט מאוד מחקר אודות השפעותיהם של מתקנים ימיים על מינים מעופפים ובהערכות הסיכונים שלהלן אנו מתבססים לפיכך על הממצאים מהמרחב הצפון-אטלנטי ועל הידוע מהשפעות של מתקנים יבשתיים רלוונטיים.

ככלל, מהנתונים שהצטברו עולה כי מתקנים ימיים מהווים גורם תמותה משמעותי לאוכלוסיות של עופות ים, ציפורים נודדות ומספר מיני עטלפים שלהם מסלולי נדידה ימיים ו/או התנהגות שיחור מזון בסביבה ימית (Gjerdrum et al., 2021).

יש להדגיש את הקושי הרב בהערכת פוטנציאל הפגיעה של מתקנים ימיים בציפורים או עטלפים בשל אופי הסביבה הימית שאינה מאפשרת חתימת פגיעה – הפרט הפגוע נופל על פי רוב למים ללא תיעוד. לפיכך, עיקר הנתונים המובאים בספרות מתבססים על תצפיות ישירות, ניתוח תנועות מרחביות של פרטים ממושדרים, מתקני ניטור נקודתיים ומעקב השוואתי אחר דינמיקות של אוכלוסיות הסמוכות למתקנים ימיים.

במסגרת סקירה זו נכללו השפעותיהם הפוטנציאליות של מתקנים ייחיים בלבד וכמעט ללא התייחסות למתקנים ניידיים (ספינות).

### 3. טיפוסים השונים כמחוללי סיכון

#### א. טורבינות רוח

השפעתן של טורבינות הרוח הקרקעיות על מינים מעופפים והערכת הסיכון שלהן נבחנה ותוארה במסגרת מחקרים וסקרים אקולוגיים רבים ברחבי העולם ובארץ. הקמתן של חוות טורבינות רוח בלב ים (Offshore Wind Farms, OWFs) החלה להתפתח בשנות ה-90 של המאה הקודמת ותפוצתן התרחבה מאוד, במיוחד בצפון האוקיינוס האטלנטי. בד בבד עם התפתחות הטכנולוגיה ויישומה בים, נערכו מחקרים רבים אודות השפעותיהן של חוות אלו על פאונת העופות הימית - עופות ים ועופות נודדים.

ככלל, יש להתייחס לנוכחותן של טורבינות הרוח בחמישה היבטים עיקריים העשויים להיות קשורים זה לזה:

**✚ כגורם היפגעות.** כתוצאה מפגיעה ישירה של הציפור בגוף המתקן או בלהבי הטורבינות. פוטנציאל היפגעות גבוה ביותר צפוי להיות עבור מינים הגומאים מרחקים ומתאפיינים בתעופה מהירה כמו מינים נודדים (ציפורי שיר, למשל) ומינים משוטטים (יסעורים, למשל) (Dias et al., 2019) אך גם למינים המבצעים תעופות יומיות בין אתרי לינה/קיבון לאתרי שיחור המזון (Fox & Peterson, 2019). יודגש כי בשל גובהן הרב של הטורבינות, קוטר להביהן העצום העשוי להגיע למעל 200 מ' וגובה קצותיהן המגיע עד לגובה של כ-300 מ' מעל פני הים, משרעת הפגיעה שלהן הינה כמעט בכל ציפור שעפה בטווח שבין פני הים ועד לקצה העליון של גובה להביהן (ראו איור 3).

**✚ כגורם משיכה ראשוני.** לשם עמידה על המתקן לשם מנוחה, תצפית לשיחור מזון או בשל תאורת הבטיחות הלילית.

**✚ כגורם משיכה משני.** אפקט הריף (reef impact) שתואר לעיל המהווה גורם משיכה משמעותי לעופות ים. בטווח הזמן הארוך (מספר שנים) מתפתחת סביב בסיס הטורבינה בית גידול ייחודי, מעין ריף קטן המהווה מוקד משיכה למיני דגים רבים. ריכוז דגים שכזה במיוחד בסביבה אוליגוטורפית כמו זו של האגן המזרחי של הים התיכון, מהווה מוקד משיכה לעופות ים רבים ולפיכך מגביר את הסיכון לפגיעת הטורבינות.

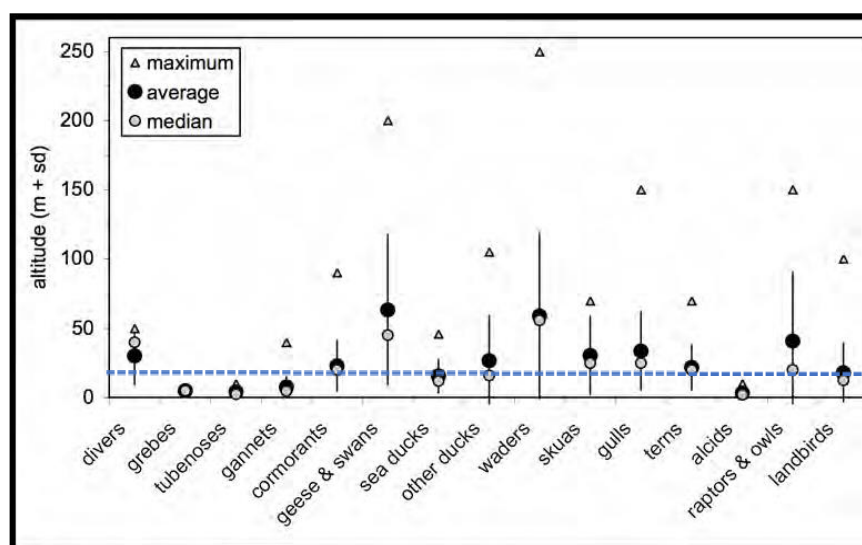
**✚ כגורם משבש.** לטורבינת הרוח הבודדת השפעות משבשות העשויות לגרום לדיסאוריינטציה של ציפורים העוברות בסמיכות לה. השפעות אלה יכולות להיגרם ע"י התקני התאורה שיש על כל טורבינה או ע"י השפעות השדה האלקטרומגנטי המיוצר במהלך פעילותה. במקרה של חוות טורבינות, השפעות אלה עשויות להיגרם בתא שטח גדול.

**✚ כגורם מסיט.** הסטת מסלולי נדידה או תנועה יומית של ציפורים כתוצאה מרתיעת ציפורים מהטורבינות. גורם זה רלוונטי במיוחד עבור OWFs הפרוסות על פני קילומטרים רבים במרחב הימי. בהקשר זה ניתן להתייחס למינים הנודדים שנאלצים לבצע תמרון עקיפה המאריך את מסלול הנדידה מעל הים ומגביר את סיכויי התמותה

בשל תשישות. עבור עופות ים, מדובר לעיתים בהרס בית גידול מועדף ונטישתו לטובת בתי גידול פחות איכותיים (Furness *et al.*, 2013).

בשל אפקט המשיכה החזק יותר של אורות בים לעומת אורות יבשתיים וגובה מעוף נמוך יותר מאשר ביבשה, יש להניח כי לטורבינות רוח בלב ים פוטנציאל פגיעה גבוה יותר מזה של טורבינות רוח יבשתיות (Hüppop *et al.*, 2016). לכך יש להוסיף את העובדה כי בעוד התאורה הנדרשת לטורבינות הרוח היבשתיות היא תאורת אזהרה מהבהבת למטוסים, התאורה הנדרשת מטורבינות הרוח הימיות הינה גם עבור ספינות ולפיכך עליה להיות רציפה, דבר שמגביר את משיכת הציפורים אליה.

טורבינות רוח מייצרות שדה אלקטרומגנטי חזק הממסך את השדה המגנטי החלש של כדור"א בו נעזרות ציפורים כדי לנווט. לפיכך, שדה שכזה מסוגל להשרות דיס-אוריינטציה מוחלטת בציפורים נודדות (Engels *et al.*, 2014). השפעה זו משמעותית במיוחד בלילות ערפיליים ומעוננים בהם לא ניתן לראות את גרמי השמיים ותאורת האזהרה עשויה אז לשמש כנקודת התכוונות קטלנית עבור הציפור.



**איור 5:** גובה התעופה של ציפורים שונות מעל פני המים. הקו המקווקו מתייחס לגובה התחתון של כנפי הטורבינות. ניתן לראות כי תעופתם של רוב המינים שניצפו הינה בטווח פגיעתן של הטורבינות. מתוך: Hartman *et al.*, 2012

גורם מרכזי בסיכויי היפגעות ע"י טורבינות רוח הינו גובה התעופה. גובה התעופה הנמוך שתואר לעיל, עוד פוחת בתנאים של ראות לקויה ומזג אוויר שאינו אופטימלי כגון בעת משבי רוח חזקים. בתנאים שכאלה, הציפורים נמצאות בבירור בטווח הפגיעה של כנפי הטורבינות (Hüppop *et al.*, 2006), דבר העשוי להגביר בצורה משמעותית את הסיכון לפגיעה בהן.

Jongbloed (2016) מצוין כי בעוד רום התעופה של יסעורים אינו עולה אף פעם אל טווח פגיעתם של להבי הטורבינות, לפחות 30% מתעופת מיני השחפים הגדולים ו-10% מתעופת שחפיות-ים מעל הים נעשית בטווח הפגיעה וכי ערך זה גבוה עוד יותר בתעופה אל אתרי שיחור המזון. יש לציין כי למרות האמור לעיל, חלק ממיני היסעורים הנמצאים בים התיכון מול חופי ישראל, כגון יסעור כהה, עפים גבוה יותר ונמצאים בטווח גבהים הכולל את גבהי הטורבינה.

Hartman ועמיתיו (2012) בדקו את גבהי התעופה של מיני עופות שונים בקרבת חוות הטורבינות OWEZ הממוקמת 10-18 ק"מ בעומק הים מול חופי הולנד. מאיור 5 ניתן לראות כי תעופתן של מרבית הציפורים הינה בטווח פגיעת הטורבינות.

עוד נמצא כי מינים שונים מגיבים באופן שונה לנוכחות הטורבינות. כך לדוגמה, בעוד שחפי אגמים נמנעו מלהגיע לאזור הטורבינות, שחפים גמדיים דווקא הפגינו משיכה לאזור החווה.

במחקר שנערך בחוות טורבינות ימית סמוכה לחוף בצפון-מזרח אנגליה ואשר ארך 11 שנים נמצא כי היקף תמותת עופות-הים במקום עמד על 150-195 מקרים לתשע טורבינות לשנה! (בעיקר שחפים) (Newton & Little, 2009).

אסדות ימיות מהוות אלמנט סטטי קיים ובעל פוטנציאל פגיעה מעצם נוכחותו המסיבית בסביבה פתוחה ולכן כמובן יש להוסיף את מרכיב התאורה והלהבה.

Ronconi ועמיתיו (2015) מציינים אירוע בו קיפחו את חייהם בלילה אחד כ- 7,500 נודדי לילה מעל להבה של אסדת גז בניו ברונסוויק, קנדה.

עבור עופות ים, מתברר כי עצם נוכחותה של אסדה ימית בלב ים מהווה גורם משיכה משמעותי. נמצא כי צפיפות עופות הים בקרבת האסדה גבוהה פי 38-7 מאשר בים הפתוח סביב (Weise et al., 2001). הגורמים האפשריים לנוכחות זו מגוונים: בולטות מבנית ובמיוחד זו של הלהבות, מקורות אור, ריחות (רלונטי במיוחד לבני סדרת היסעוראים), זמינות מזון (כולל בעקבות השלכת שיירי מזון מן האסדה) ודגה עשירה (אפקט הריף).

פגיעה משמעותית נמצאה גם במגוון מינים של ציפורים נודדות. בניטור פגיעה באסדת מחקר בים הצפוני נמצא כי מספר גבוה של קורבנות פגיעה מבין המינים הנודדים – בעיקר קיכליים, אך גם זרזירים, פרושים, גיבתונים, עפרונים וסנוניות מקרב ציפורי השיר וחרטומיות, רליות, חופיות מקרב ציפורים שאינן ציפורי שיר (Hüppop et al., 2016). **כמות הפגיעות הממוצעת למתקן ימי בודד עמדה לאורך שנות המחקר על כ- 150 ציפורים בשנה. הנחת העבודה של החוקרים היא כי בשל המספר הרב של ציפורים שנפלו למים ולא תועדו, זוהי הערכת חסר משמעותית.** במחקרים שונים נטען כי רוב הציפורים הנפגעות ממתקנים ימיים הינן פרטים צעירים ובלתי מנוסים, או פרטים במצב פיזי ירוד. המחקר הנ"ל לא מצביע על נטייה גילאית כלשהי או כזו הקשורה למצב הגופני בקרב הפרטים שנאספו במסגרתו.

אחת התופעות החשובות שעולות במחקרם של Hüppop ועמיתיו (2016) היא העובדה כי לתזמון אירועי התמותה דפוס תנודתי. **רוב מקרי התמותה התרחשו במסגרת אירועים נקודתיים על ציר הזמן ובין אירועים אלו לא נצפתה כל תמותה או שהייתה תמותה מינורית. אירועי תמותה מסיביים התרחשו בצמידות לא קבועה לתנאי מזג אוויר לא אופטימליים (גשם, רוחות, ערפל ועננות נמוכה) בעונות הנדידה.**

יש להניח אם כן כי סיכוני ההתנגשות נובעים מהיקלעותם הפתאומית של פרטים נודדים לתנאי מזג אוויר גרועים מעל הים. בסיטואציה שכזו תאורת המתקן עשויה להוות עבורם גורם משיכה ואולי גם גורמת לדיסאוריינטציה, מה שעשוי להביא לריבוי התנגשויות. מחקרי מכ"ם מצביעים על כך שבתנאי עננות כבדה או ערפל ציפורים יבשתיות הנודדות מעל הים נוטות להפגין דיסאוריינטציה ונסחפות עם כיוון הרוח (Newton, 2010). במקרה כזה, סביר כי כל מקור תאורה במרחב יהווה מוקד משיכה כחלק מחיפוש מקום מנוחה.

### ג. תרנים, כבלים ומיתרים עיליים

תרנים כבלים ומיתרים עיליים מסכנים בעלי כנף בעיקר כתוצאה מהתנגשות. מחקרים רבים תיארו את הסיכון לעופות שנגרם כתוצאה מנוכחות של כבלים ומיתרים ביבשה ואף מצביעים על הגורמים הסביבתיים המשפיעים על ההתנגשות, כמו גובה, עובי ומיקום מרחבי. לפיכך, פוטנציאל הסיכון הנשקף ממתקנים ימיים שכאלה גבוה אך עם זאת, הנושא כמעט שלא נחקר בים, בין השאר כתוצאה מהקושי לתעד אינטראקציות שכאלה מהסיבות שכבר פורטו לעיל.

מחקר מקיף אודות אלמנטים ימיים עיליים כגורמי סיכון עבור ציפורים, נערך בתחנת המחקר הימית FINO1 הנמצאת בים הצפוני בעומק המים הטריטוריאליים של גרמניה כ- 70 ק"מ משפך נהר אמס. תחנת FINO1 בנויה כתורן בגובה כ- 100 מ' המתנשא מעל בסיס בגובה כ- 28 מ'.



**תמונה 2:** מתקן המחקר FINO1 שבים הצפוני. מתקן תורן בגובה של כ- 100 מ'.

במסגרת המחקר אספו Hüpöop ועמיתיו (2006) במהלך 14 חודשים 442 פגרי ציפורים מ- 21 מינים שונים, קורבנות התנגשות במתקן. להערכת החוקרים רוב הפרטים שנפגעו נפלו למים ו/או נאכלו ע"י שחפים כך שיש להניח כי מספר הקורבנות האמיתי גדול פי כמה.

עם זאת, מעבר למספר הקרבנות הגבוה שדווח, הממצא המעניין ביותר הוא כי מעל 50% מכלל הפגרים נאספו בשני אירועים נפרדים לאחר 2 לילות בלבד במהלך חודש אוקטובר (בשנים נפרדות)! לילות אלה התאפיינו בתנאי ראות ירודים של ערפל וממטרים ונראה כי הציפורים נמשכו בתנאים אלה לתאורת האזהרה במקום. לכל מתקן עילי שכזה, קשורים מגוון אלמנטים כגון מיתרים וכבלים אשר אין לציפורים כל סיכוי להבחין בהם, במיוחד בלילה (כפי שפורט לעיל) ולפיכך הם מהווים גורם בעל סיכון פגיעה גבוה במיוחד.

ממצאים אלה מדגישים את פוטנציאל הפגיעה של גורם נקודתי מעצם מיקומו במרחב הפתוח. בתנאי ראות ומזג אוויר ירודים פוטנציאל זה הופך להיות "מלכודת דבש" אקולוגית לפרטים הנוודים הנמשכים אל מקור האור הממוקם על כל מתקן שכזה אך בפועל השפעתו עשויה להיות פטאלית, כמפורט להלן.



#### ד. סיכום השפעות מתקנים ימיים

על מנת להעריך את פוטנציאל הפגיעה של מתקנים ימיים עיליים ביצענו ניתוח שכלל 3 מרכיבים עיקריים:

1. השפעתם של המתקנים הימיים לסוגיהם כפי שעולה מנתוני מחקרים עדכניים באזורים שבהם כבר קיימת נוכחות מתמשכת שלהם;
2. התייחסות למגבלות חושיות פיזיולוגיות ודפוסים התנהגותיים מוכרים מחקרית של ציפורים, תוך התמקדות ספציפית בקבוצות המינים החשופות לפגיעה;
3. הייחודיות והרגישות של אוכלוסיות הציפורים במרחב הימי המקומי.

מעיון בטבלה 1, בולטת לעין רגישותה של קבוצת המינים נודדי הלילה לפגיעה מכל סוגי המתקנים הימיים העיליים. זוהי קבוצה שפגיעותה מתועדת היטב בספרות ונוכחותה במרחב הימי האזורי בולטת. עוד בולטת העובדה כי לטורבינות רוח הממוקמות בעומק הים פוטנציאל פגיעה רוחבי גבוה בכלל קבוצות המינים השוהות במרחב הימי. הדבר נובע מאפקט "מלכודת הדבש" האקולוגית שתואר לעיל - השילוב הבעייתי של היתן גורם משיכה הטומן בחובו סיכון משמעותי בעת ובעונה אחת.

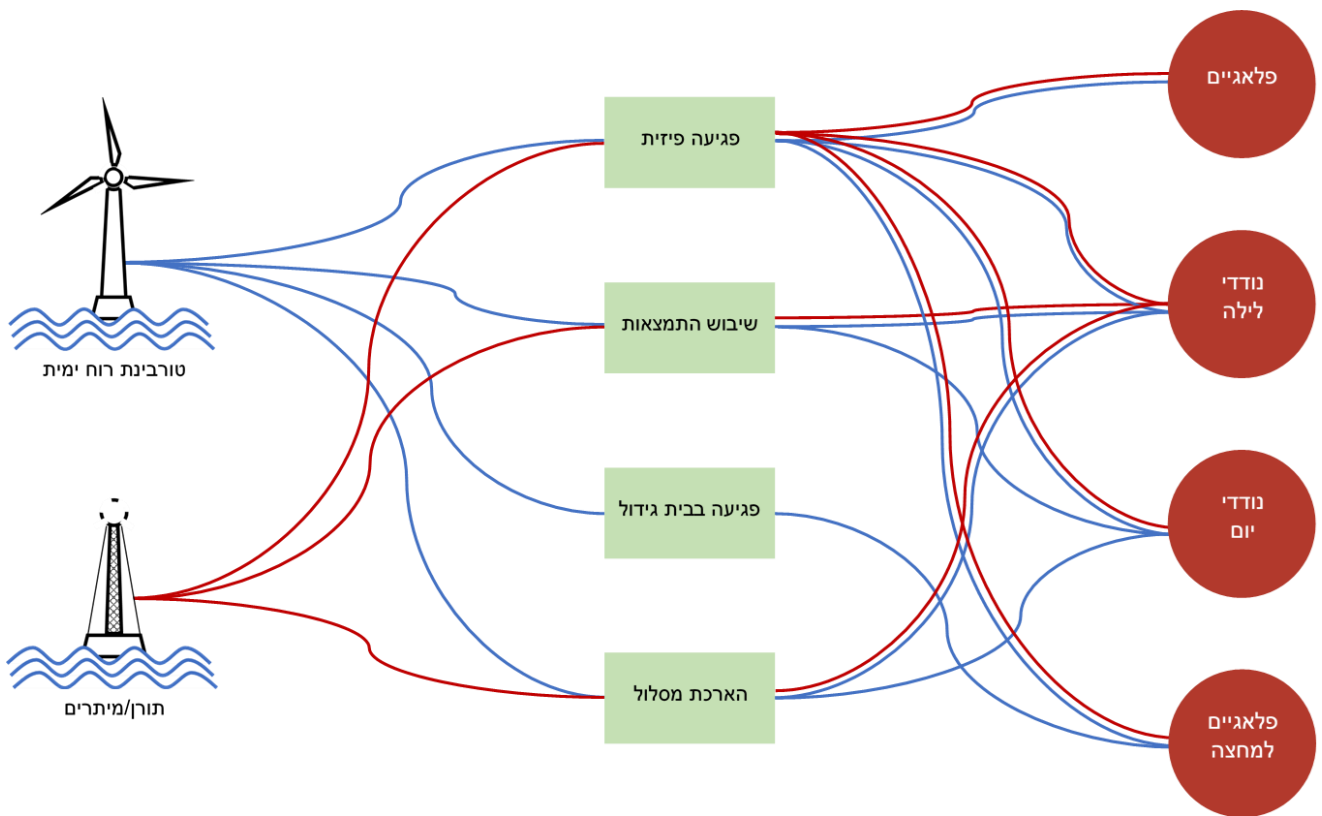
טבלה 1: ריכוז השפעות מתקנים ימיים כמחוללי סיכון – הערכת ההשפעה המקומית<sup>1</sup>

ההשפעה הצפויה לפי קבוצות המינים הרגישים				גורמי סיכון פוטנציאליים	סוג המתקן
פלאגיים	פלאגיים למחצה	נודדי לילה	נודדי יום		
4	4	5	4	פגיעת להבים	טורבינות רוח
4	?	4	0	התקני תאורה <sup>2</sup>	
5	5	0	0	אפקט הריף	
0	2	5	4	הסטת מסלול (רתיעה/משיכה) <sup>3</sup>	
1	3	?	?	תפיסת בית גידול	
?	?	4	?	שדה אלקטרומגנטי	
4	2	5	2	התנגשות בגוף המתקן	אסדות גז/נפט
4	?	5	0	התקני תאורה <sup>2</sup>	
4	3	5	4	התנגשות בגוף המתקן	תרנים, כבלים ומיתרים
4	?	5	0	התקני תאורה <sup>2</sup>	

<sup>1</sup> הערכת ההשפעה משקללת את: א. עוצמת ההפרעה ברמת הפרט; ב. מידת הנוכחות של כל קבוצת מינים במרחב המקומי; ג. מידת חיוניות האזור עבור כל מין. הציון ניתן כהערכת מומחה על בסיס סקירת הספרות העדכנית.

<sup>2</sup> כגורם משיכה או כגורם משבש בהתמצאות ובתנועה.

<sup>3</sup> רלבנטי במערך מתקנים גדול.



**איור 6:** איומי הפגיעה העיקריים על הקטגוריות השונות של מיני העופות במרחב הימי על ידי מתקנים עליליים בים.

מסקירת ממצאי המחקרים שנערכו בעולם בעשרים השנים האחרונות עולה כי למתקנים ימיים עיליים פוטנציאל סיכון משמעותי עבור בעלי כנף – במיוחד עבור מינים נודדים ועופות ים. עוד מתברר, כי מידת החומרה של סיכון שכזה עשויה להיות שונה בין אתרים שונים ובזמנים שונים. תמונה דיפרנציאלית כזו קשורה כנראה למאפיינים סביבתיים שונים – גיאוגרפיים, מטאורולוגיים או אקולוגיים. ייחודה של ישראל כנקודת מפגש בין אזורים ביו-גיאוגרפיים שונים ומיקומה על נתיב נדידה מהעמוסים בעולם גורם לכך שמידת הסיכון להיפגעות ציפורים מעצמים בולטים בים גבוהה מאוד, בעיקר עבור הציפורים הנודדות החולפות מעל הים. בשל כמות הנודדים הגבוהה כל כך מעל הים, ומגוון המינים הרב, היקף הפגיעה הפוטנציאלי באוכלוסיות אלה המקננות במרחב האירו-אסיאתי הוא עצום, ובעל השלכות אזוריות. עוד יש לציין כי בקרב המינים הללו הקבוצה הפגיעה ביותר הינה המינים נודדי הלילה (כ-240 מינים). המרחב המדובר כולל את כל המרחב הימי של ישראל, מכיוון שחזית הנדידה היא רחבה ומאופיינת בגובה תעופה נמוך של חלק ניכר מהפרטים.

עבור עופות פלאגיים ופלאגיים למחצה, מהווה האגן המזרחי של הים התיכון גבול תפוצה ולנוכח הציפיות האורבניות הגבוהה כל כך לאורך קו החוף, אוכלוסיות רבות שלהם מאוימות מאוד, ובמיוחד אמור הדבר באוכלוסיות השבריריות של שחפיות המקננות בחופים הצפוניים של ישראל.

בחינת השפעותיהם של סוגי המתקנים מעלה כי סכנת התנגשות קיימת עבור כל אחד מסוגי המתקנים, אם כי לכל מתקן "מאפייני מסוכנות" ייחודיים משלו. כאשר בוחנים את מידת האיום שמציב כל אחד מסוגי המתקנים יש לראות את מכלול הסיכונים וההשפעות ההדדיות ביניהם. כך לדוגמא, טורבינות הרוח הימיות מהוות איום היפגעות משמעותי בשל שטח הפנים העצום שלהן, גובהן הרב וקוטר הלהבים הנעים אשר יכול להגיע לכ-200 מ'. אך נוסף על כל אלה, התאורה המלאכותית המותקנת עליהן מהווה גורם משיכה חזק בלב הים, במיוחד בלילות חשוכים, דבר שצפוי להגביר עוד יותר את סיכויי ההיפגעות, וזאת יחד עם גורמים שטרם נחקרו לעומק כמו השפעת השדה האלקטרומגנטי.

היבט אחר שראוי להתייחסות הינו האופן השונה מאוד בין מנגנוני הראייה האנושיים ואלו של הציפורים בכל הקשור לתפיסה החזותית. שוני זה גורם להנחה מוטעית שהודות לכושר ראייתן הטוב של מרבית הציפורים, הן יכולות להבחין בנקל בכל מכשול נראה (לנו) העומד בדרכן. אולם בפועל, יכולתן של הציפורים להתחמק מפגיעה במתקנים העיליים בלב הים היא מוגבלת מאוד (בעיקר בלילה ובתנאי ראות קשים), ובמיוחד בשל העובדה כי מבחינתה של הציפור, הימצאותם של מתקנים אלה אינה צפויה במרחב הימי הפתוח.

לאור נתונים אלה מומלץ לקדם מחקרים ייעודיים מקדימים להבנה טובה יותר של מאפייני הנדידה, **השהות וההתנהגות של בעלי כנף במרחב הימי**. הבנה שכזו תאפשר להגדיר את מוקדי הרגישות בסביבה הימית על פי פרמטרים מוגדרים שבהתאם להם ניתן יהיה לקיים תכנון מושכל ובר-קיימא שימנע נזק העשוי להיות בלתי הפיך. עד היום לא בוצע כל מחקר להערכת השפעתם של מתקנים ימיים על נדידת הציפורים מעל הים לאורך חופי ישראל. מחקר שכזה הינו קריטי להבנת השפעתם של מתקנים בלב ים על בעלי כנף וחיוני לקיימו על מנת שישמש בסיס ידע לכל דיון תכנוני **טרם הקמתם**.

### מוקדי רגישות (HOT SPOTS) בהיבט המרחב והזמן

בהערכת מוקדי הרגישות לעופות יש להתייחס למספר מרכיבי פעילות מרחביים עיקריים תוך מתן התייחסות דיפרנציאלית על ציר הזמן ולגובה התעופה:

#### נתיבי הנדידה של המינים הנודדים:

אזורים בהם נצפה ריכוז גבוה של פרטים נודדים מהווים מוקדי רגישות גבוהים בעונת הנדידה. לפחות בנדידת הסתיו, עיקר נפח הנדידה הנכנסת מהים אל החוף מתקיים מקו נתניה ודרומה (Schekler et al., in press) וברור כי ציר נדידה זה מגיע מהים. כפי שפורט, מול חופי ישראל מתקיימת גם נדידה אינטנסיבית מקבילה לחוף הים-תיכוני - בלב הים, מצפון לדרום לעבר חופי צפון סיני ומצרים (Zuckerbrot et al., 1980; Eason et al., 2016).

#### אזורים מועדפים לשיחור מזון:

אזורים בהם נצפית פעילות מוגברת של שיחור מזון של עופות ימיים יוגדרו כאזורים בעלי רגישות גבוהה. יש לקחת בחשבון כי גם מפת אזורי שיחור המזון עשויה להראות דינמיקה משמעותית על ציר הזמן והמרחב.

ריכוזי הלינה מהווים אזורים בעלי רגישות גבוהה במיוחד עקב תנועה כוללת של אלפי עופות ים, פעמיים ביום בציר תנועה מצומצם יחסית. עקב כך, סיכוני הפגיעה עשויים להיות גבוהים ביותר, באזורי הלינה עצמם או לאורך נתיבי התנועה אליהם ומהם. אחד מאתרי הלינה המוכרים הינו מוצא צינור השפד"ן בעומק של כ-5 ק"מ מהחוף (למרות שמתאר החומרים המשוחררים במוצא השתנה לאחרונה, והשפעה זו טרם נבחנה). עם זאת, למרות התצפיות הרבות בתנועת העופות אל הים וממנו, עדיין לא נעשה מיפוי מרחבי, כימות ובחינה של הרכב המינים של מוקדי הלינה העיקריים בלב ים. נתונים אלה, כמו גם איתור אזורי שיחור מזון מועדפים, חיוניים לשם בחינת כל פעולת תכנון והקמה של מתקן ימי.

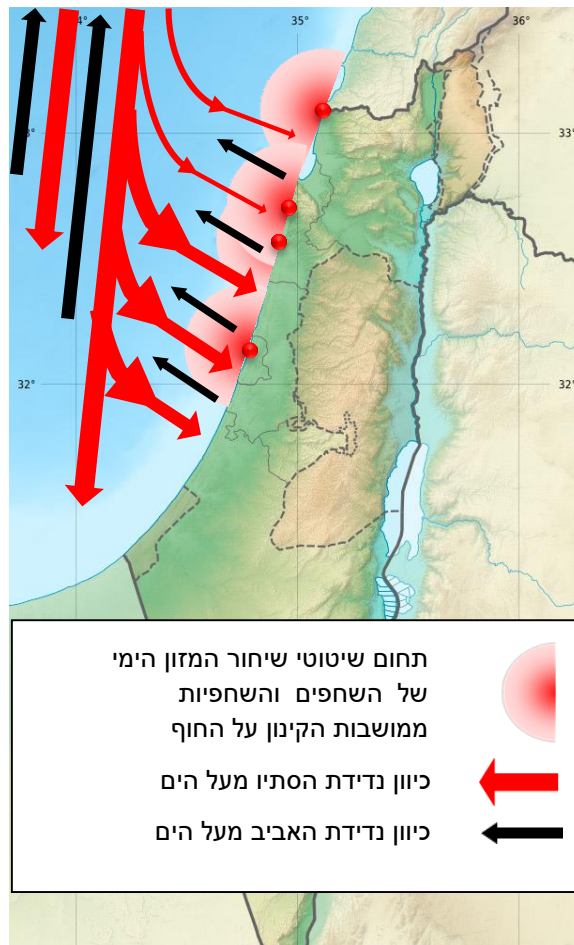
**מידת הקרבה למושבות קינון של עופות ימיים:**

דווקא מיעוט מושבות הקינון של עופות ים בישראל מחייב התייחסות מחמירה בכל הקשור לפגיעה אפשרית באוכלוסיות אלו. זאת במיוחד משום שמינים אלה נמצאים בסכנת הכחדה בישראל. כיום מתרכזות כאמור מושבות הקינון בארבעה מוקדים עיקריים: אזור ראש הנקרה, אזור עתלית, אזור מעגן מיכאל-דור ואזור תל-אביב (כמפורט באיור 2). בתקופת הקינון ולאחריה הפרטים במושבות אלה מגיעים אל עומק הים, מרחק עשרות ק"מ מאתר הקינון. לפיכך יש למפות את מרחב הפעילות הימי של הפרטים במושבות אלה תוך הגדרת חגורת בטחון על מנת למנוע פגיעה אפשרית בהם.

יודגש כי נכון להיום, מסד הנתונים הקיים מצומצם מדי ולפיכך:

- א. יש להתייחס אליו באופן מחמיר [אזורים שלא יוגדרו בדרגת סיכון גבוהה יהיו בסטטוס של סימן שאלה].
- ב. יש להגדיר את פערי הידע החיוניים ולפעול להשלמתם.

עדכון מפת הסיכונים כפי שמוצגת באיור 7 יעשה באופן שוטף על בסיס התווספותם של נתונים חדשים.



איור 7: מפת מוקדי הסיכון הידועים במרחב הים התיכון מול חופי ישראל

מירוז א (2013) חוות דעת אורניתולוגית למתקנים הימיים מול חופי ישראל.

מירוז א, וין ג, לבינגר ז, שטייניץ ע, הצופה א, חביב א, פרלמן י, אלון ד, לידר נ (2017). *הספר האדום של העופות בישראל*. החברה להגנת הטבע ורשות הטבע והגנים. <https://aves.redlist.parks.org.il>

Ahlén I, Bach L, Baagøe HJ & Pettersson J (2007) Bats and offshore wind turbines studied in southern Scandinavia. Report to the Swedish Environmental Protection Agency.

Alfiya H (1995) surveillance radar data on nocturnal bird migration over Israel, 1989-1993. *Israel Journal of Zoology* 41:517-522.

Black A (2005) Light induced seabird mortality on vessels operating in the Southern Ocean: incidents and mitigation measures. *Antarctic Science* 17(1):67-68.  
DOI:10.1017/S0954102005002439

Bruderer B & Liechti F (1995) Variation in density and height distribution of nocturnal migration in the south of Israel. *Israel Journal of Zoology* 41:477-487.

Bruderer B & Liechti F (1999) Bird migration across the Mediterranean. *Proceedings of the 22<sup>nd</sup> International Ornithological Congress, Durban* 22:1983-1999.

Bruderer B, Peter D & Steuri T (1999) Behaviour of migrating birds exposed to X-band radar and a bright light beam. *Journal of Experimental Biology* 202:1015-1022.

Cabrera-Cruz SA, Smolinsky JA & Buler JJ (2018) Light pollution is greatest within migration passage areas for nocturnally-migrating birds around the world. *Scientific Reports* 8:3261. doi.org/10.1038/s41598-018-21577-6

Croxall JP, Butchart SHM, Lascelles B, Stattersfield AJ, Sullivan B, Symes A & Taylor P (2012) Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. *Bird Conservation International* 22:1-34. doi:10.1017/S0959270912000020.

Dias MP, Romero J, Granadeiro JP, Catry T, Pollet IL & Catry P (2016) Distribution and at-sea activity of a nocturnal seabird, the Bulwer's petrel *Bulweria bulwerii*, during the incubation period. *Deep Sea Research (I)* 113:49-56. doi.org/10.1016/j.dsr.2016.03.006.

Dias MP, Martin R, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, Yates O, Lascelles B, Borboroglu PG & Croxall JP (2019) Threats to seabirds: a global assessment. *Biological Conservation* 237:525-537. doi:10.1016/j.biocon.2019.06.033.

Eason P, Rabia B & Attum O (2016) Hunting of migratory birds in North Sinai, Egypt. *Bird Conservation International* 26:39-51. doi:10.1017/S0959270915000180.

Engels S, Schneider NL, Lefeldt N *et al.* (2014) Anthropogenic electromagnetic noise disrupts magnetic compass orientation in a migratory bird. *Nature* 509:353-356. doi.org/10.1038/nature13290

Erni B, Liechti F & Bruderer B (2005) The role of wind in passerine autumn migration between Europe and Africa. *Behavioral Ecology* 16:732-740. doi:10.1093/beheco/ari046.

Exo KM, Hüppop O & Garthe S (2003) Birds and offshore wind farms: a hot topic in marine ecology. *Wader Study Group Bulletin* 100:50-53.

Fox AD & Petersen IK (2019) Offshore wind farms and their effects on birds. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 113:86-101.

Furness RW, Wade HM & Masden EA (2013) Assessing vulnerability of marine bird populations to offshore wind farms. *Journal of Environmental Management* 119:56-66. dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.01.025.

Gaskin CP, Ross JR, Robinson R & Friesen MR (2016) Diving & foraging behaviour of petrels & shearwaters – initial trials. Report for the Conservation Services Programme, Marine Species and Threats Unit, Department of Conservation/Te Papa Atawhai – CSP INT2015-02, Northern New Zealand Seabird Trust.

Gauthreaux Jr SA & Belser CG (2006) Effects of artificial night lighting on migrating birds. In: *Ecological consequences of artificial night lighting*. Rich C & Langcore T (eds), ISLAND PRESS.

Gjerdrum C, Ronconi RA, Turner KL & Hamer TE (2021) Bird strandings and bright lights at coastal and offshore industrial sites in Atlantic Canada. *Avian Conservation & Ecology* 16(1):22. doi.org/10.5751/ACE-01860-160122.

Hartman JC, Krijgsveld KL, Poot MJM, Fijn RC, Leopold MF & Dirksen S (2012) Effects on birds of Offshore Wind farm Egmond aan Zee (OWEZ) - An overview and integration of insights obtained (Report).



- Hüppop O, Hüppop K, Dierschke J, & Hill R (2016) Bird collisions at an offshore platform in the North Sea. *Bird Study* 63(1):73-82.
- Hüppop O, Dierschke J, Exo K-M, Fredrich E & Hill R (2006) Bird migration studies and potential collision risk with offshore wind turbines. *Ibis* 148:90–109.
- Imber MJ (1975) Behaviour of petrels in relation to the moon and artificial lights. *Notornis* 22:302-306.
- Jongbloed RH (2016) Flight height of seabirds. Report to Ministry of Economic Affairs, The Netherland.
- Krüger T & Garthe S (2001) Flight altitudes of coastal birds in relation to wind direction and speed. *Atlantic Seabirds* 3:203–216.
- Lagerveld S & Platteeuw M (2016) Bat migration across the southern North Sea and possible implications for offshore wind farms. Report.
- Lascelles BG, Langham GM, Ronconi RA & Reid JB (2012) From hotspots to site protection: Identifying Marine Protected Areas for seabirds around the globe. *Biological Conservation* 156:5-14. doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.008
- Martin GR (2012) Through birds' eyes: insights into avian sensory ecology. *Journal of Ornithology* 153 (Suppl 1):S23–S48. DOI 10.1007/s10336-011-0771-5
- Martin GR (2011) Understanding bird collisions with man-made objects: a sensory ecology approach. *Ibis* 153:239–254.
- Miles W, Money S, Luxmoore R & Furness RW (2010) Effects of artificial lights and moonlight on petrels at St Kilda, *Bird Study* 57(2):244-251, DOI: 10.1080/00063651003605064.
- Mitkus M, Nevitt GA, Danielsen J & Kelber A (2016) Vision on the high seas: Spatial resolution and optical sensitivity in two procellariiform seabirds with different foraging strategies. *Journal of Experimental Biology* 219:3329-3338. doi:10.1242/jeb.140905.
- Montevecchi WA (2006) Influences of artificial light on marine birds. In: *Ecological consequences of artificial night lighting*. Rich C & Langcore T (Eds), ISLAND PRESS.
- Newton I (2006) Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds? *Journal of Ornithology* 147:146–166.

- Newton I (2007) Weather-related mass-mortality events in migrants. *Ibis* 149:453-467.
- Newton I (2010) *Bird Migration*. Collins.
- Newton I & Little B (2009) Assessment of wind-farm and other bird casualties from carcasses found on a Northumbrian beach over an 11-year period. *Bird Study* 56(2):158-167. DOI: 10.1080/00063650902787767.
- Parsons M, Mitchell I, Butler A, Ratcliffe N, Frederiksen M, Foster S & Reid JB (2008) Seabirds as indicators of the marine environment. *Journal of Marine Science* 65:1520–1526. doi:10.1093/icesjms/fsn155.
- Phalan B, Phillips RA, Silk JRD, Afanasyev V, Fukuda A, Fox J, Catry P, Higuchi H & Croxall JP (2007) Foraging behaviour of four albatross species by night and day. *Marine Ecology Progress Series* 340:271–286. DOI: 10.3354/meps340271.
- Rebke M, Dierschke V, Weiner CN, Aumüller R, Hill K & Hill R (2019) Attraction of nocturnally migrating birds to artificial light: The influence of colour, intensity and blinking mode under different cloud cover conditions. *Biological Conservation* 233:220–227.
- Rodríguez A, Holmes ND, Ryan PG, Wilson K-J, Faulquier L, Murillo Y *et al.* (2017) Seabird mortality induced by land-based artificial lights. *Conservation Biology* 31:986–1001. doi: 10.1111/cobi.12900.
- Ronconi RA, Allard KA & Taylor PD (2015) Bird interactions with offshore oil and gas platforms: Review of impacts and monitoring techniques. *Journal of Environmental Management* 147:34-45. doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.07.031.
- Schekler I, Smolinsky JA, Troupin D, Buler JJ & Sapir N (In press) Bird migration at the edge – geographic and anthropogenic factors but not habitat properties drive season-specific spatial stopover distributions near wide ecological barriers. *Frontiers in Ecology and Evolution* 184.
- Sillett TS & Holmes RT (2002) Variation in survivorship of a migratory songbird throughout its annual cycle. *Journal of Animal Ecology* 71, 296–308.
- Solick DI, Newman CM (2021) Oceanic records of North American bats and implications for offshore wind energy development in the United States. *Ecology and Evolution* 11:14433–14447. DOI: 10.1002/ece3.8175.
- Shirihai H (1996) *Birds of Israel*. Academic Press.

La Sorte FA, Fink D, Buler JJ, Farnsworth A & Cabrera-Cruz SA (2017) Seasonal associations with urban light pollution for nocturnally migrating bird populations. *Global Change Biology* 23:4609–4619.

Vickery JA, Ewing SR, Smith KW, Pain DJ, Bairlein F & Škorpilová J & Gregory RD (2014) The decline of Afro-Palaeartic migrants and an assessment of potential causes. *Ibis* 156:1–22.

Wiese F, Montevecchi WA, Davoren GK, Huettmann F & Diamond AW (2001) Seabirds at risk around offshore oil platforms in North-west Atlantic. *Marine Pollution Bulletin* 42(12):1285-1290.

Wiltschko W, Munrot U, Fordt H & Wiltschko R (1993) Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. *Nature* 364:525-527.

Wiltschko R & Wiltschko W (2009) Avian navigation. *The Auk* 126(4):717–743

Wiltschko R, Stapput K, Thalau P & Wiltschko W (2010) Directional orientation of birds by the magnetic field under different light conditions. *Journal of the Royal Society Interface* 7:S163–S177.

Zehtindjiev P & Liechti F (2003) A quantitative estimate of the spatial and temporal distribution of nocturnal bird migration in south-eastern Europe – a coordinated moon-watching study. *Avian Science* 3(1):37–45.

Zuckerbrot Y, Safriel UN & Paz U (1980) Autumn migration of Quail *Coturnix Coturnix* at the north coast of the Sinai Peninsula. *Ibis* 122(1):1-14. DOI: 10.1111/j.1474-919X.1980.tb00867.x.

סיכומי סטטוס העופות השוהים במרחב הימי (ע"ב מירוז, 2013)

קבוצות המינים	מינים מייצגים	מס' פרטים שוהים/חולפים בתחום 10 ק"מ מחופי ישראל (סדר-גודל מוערך)	דפוס תנועה אופייני (כיוון וגובה)	חודשי שיא של נוכחות
עופות-ים "אמיתיים"	יסעור גדול, יסעור מצוי, סולה צפונית, חמסן טפיל	~10,000 עשרות בודדות בד"כ. מספרים גדולים יותר (מאות) נצפים בזמן סערות מערביות ובתקופות שיא של נדידה.	תנועה לכל הכיוונים (תוך שיחור מזון) בגובה נמוך (0 – 10 מ'). בעונות הנדידה תנועה בכיוון כללי צפון-דרום.	כל השנה
שחפים	שחף אגמים, שחף שחור, שחף ארמני	~1,000,000	תנועה יומית לריכוזי לינה בעומק הים (כיוון הלוך בערב וחזרה בבוקר). וכן תעופת נדידה (צפון-דרום). גובה 0 – 100 מ'.	אוקטובר - מאי
עופות מים	ברוזים (קרקר), חופמים (צווארון ואלכסנדר), חופיות (קטנה ואלפינית), אנפות	500,000 (על פני עונת נדידה). מספר הפרטים עולה כשמרחקים מס' ק"מ מהחוף.	תעופת נדידה בכיוון כללי צפון-דרום. שיא הנדידה בשעות הלילה. גובה 0 – 100 מ'	אוגוסט-אוקטובר, מרץ-מאי.
ציפורי שיר ודומיהן	זרעית השדה, פרוש מצוי, דרור ספרדי, נחליאלי צהוב, שרקרק מצוי	>10,000,000 בעונה	תעופת נדידה בכיוון כללי צפון-דרום (בסתיו לעיתים בכיוון דרום מזרח לעבר חופי ישראל). גובה 1 – 100 מ'.	ספטמבר-נובמבר, מרץ-מאי
עופות המקננים בחופי ישראל	שחף צהוב-רגל, שחפית ים, שחפית גמדית	1,000 – 3,000 פרטים המקננים במושבות (אי היונים, בריכות מעגן מיכאל, איי ראש הנקרה, בריכות המלח בעתלית)	שוטטות של פרטים בפעילות קינון ושיחור מזון. מרבית התנועה הנצפית היא לאורך החופים ובטווח של כ- 3 ק"מ מהם. יש תצפיות גם בשיטטים לעומק הים עד 10 ק"מ.	אפריל - ספטמבר