

צמצום התנגשויות עופות בקווי מתח

מחקר להשוואת יעילות אמצעים

דו"ח מסכם

אוקטובר 2024

ניהול המחקר: אשל אופיר

ניהול שטח: מרים פרוינד

חברי ועדת ההיגוי:

מיכל אלרואי (חח"י)

דפנה שחורי (נגה, חברת ניהול מערכת החשמל)

אלון רוטשילד, ליהי ברקן, עידו פואה יואב פרלמן (חלה"ט)

אוהד הצופה, עופר שטייניץ, נעם לידר, אורי נווה (רט"ג)

הגופים השותפים במחקר:

- רשות הטבע והגנים
- חברת החשמל
- החברה להגנת הטבע

המחקר מומן בעזרתה של הקרן לשמירה על שטחים פתוחים.

4.....	תמצית מנהלים
7.....	רקע
11.....	מינים רגישים
13.....	פתרונות מקובלים לצמצום ההתנגשויות בקווי מתח
17.....	ומה קורה בעולם?
22.....	הרציונל – חשיבותו ומטרותיו של המחקר
22.....	מטרת המחקר
22.....	יעדי המחקר
23.....	שיטות העבודה
28.....	תקופת הניטורים והיקפם:
29.....	מבחני הכלי
32.....	תיעוד הממצאים בשטח
32.....	איסוף הממצאים הפיזיים וריכוזם
34.....	ניתוח התוצאות
34.....	מס' ההפגעויות הממוצע לניטור – השוואה בין הטיפולים
45.....	הבדלים בחתך הקבוצות הטקסונומיות
52.....	הבדלים בחתך שימושי הקרקע
54.....	הבדלים בחתך גילדות
55.....	השינויים העונתיים בקצב ההפגעויות
56.....	עמידות האמצעים על ציר הזמן
59.....	דיון
60.....	פרופילינג ברמת המין
62.....	השפעת הטיפולים בחתך של שימושי קרקע
62.....	השפעת הטיפולים בחתך של גילדות
62.....	הערכת היקף הפגיעות
63.....	הערכת בלאי האמצעים
64.....	המלצות
64.....	שיטות התקנה

65.....	בחירת הקווים והתאמת האמצעים
65.....	ניטור ומעקב מלווה
66.....	בחינת השפעת אמצעי הסימון על התנהגות נשרים בכרמל
66.....	שימוש במערכת ATLAS לשם בחינת השפעתם של אמצעי הסימון על מאפייני התנועה במרחב של סיקסקים ותנשמות
67.....	ביבליוגרפיה
72.....	נספח א'
73.....	נספח ב'

תמצית מנהלים

בעשורים האחרונים הולכת ומתבררת תופעת ההתנגשות בקווי מתח כאחד המפגעים האנדרופוגניים הגלובליים המשמעותיים ביותר עבור עופות.

למרות הידע שנצבר עד כה ממקומות רבים בעולם, הרי שבישראל הנושא זכה לבחינה מסודרת רק במהלך המחצית השנייה של העשור הקודם. זאת למרות היותה של ישראל "מעצמת עופות", בין היתר בגלל מיקומה בצוואר בקבוק יבשתי המהווה ציר נדידה בינלאומי.

ממצאי מחקר ראשון מסוגו בארץ שנערך בשנים 2016-2018 העלו כי היקפי ההתנגשויות בקווי מתח באזור המחקר (חבל התענים) עומדים על כ- 200 פגיעות לכל ק"מ של קו מתח בשנה. זהו היקף פגיעות גבוה יחסית לממצאים מהעולם אך לא חריג. עם זאת, היקף ההתנגשויות באתרים אחרים עשוי להשתנות בהתאם למאפייני בתי הגידול ושימושי הקרקע. בין התובנות החשובות שעולות מגוף הידע המתרחב בעולם עולה כי מידת הנזק של קווי המתח אף עשויה להיות גבוהה בהרבה עבור מינים המוגדרים כמינים רגישים.

במקביל להעמקת המודעות העולמית לבעיית ההתנגשויות, פותחו ונוסו גישות שונות לצמצום התופעה. מניעה מוחלטת של התופעה מושגת רק באמצעות הטמנת קו המתח באדמה. במקרה שמענה זה אינו אפשרי, הפתרון המקובל ביותר הינו שימוש באמצעי סימון (Diverters) המבליטים את קווי המתח.

מטרותיו המרכזיות של המחקר הנוכחי הן:

- בחינת יעילות הפחתת ההתנגשויות של 3 סוגים של אמצעי סימון במסגרת 2 טיפולים, אשר כל אחד מהם משלב תמהיל בין 2 טיפולי אמצעים, כולם "מוצרי מדף" המקובלים בשימוש בעולם.
- בירור השפעתם של גורמים שונים על מידת יעילותם של האמצעים: בתי גידול ושימושי הקרקע השונים, מאפייני קווי המתח (גבוה/עליון), רגישות של מינים ועוד.
- הערכת היעילות והעלות של שיטת התקנה חדשנית שהחלה לצבור תאוצה בעשור האחרון ברחבי העולם – התקנה ע"י רבי-להב (להלן, רחפנים).

במסגרת המחקר הנוכחי נבחרו 30 מקטעים, 800 מ' אורכם, של מתח גבוה ועליון, בין חלקו המערבי של עמק יזרעאל לעמק בית שאן. בסה"כ נבחנו 24 ק"מ של קווי מתח שחולקו בצורה שווה לשני טיפולים שונים וביקורת (10:10:10). אמצעי הסימון הותקנו על 20 מקטעי קווי המתח של שני הטיפולים בעזרת רחפנים. על מקטעי הביקורת לא הותקנו אמצעים כלל.

תוצאות המחקר מצביעות בבירור ששני הטיפולים הפחיתו משמעותית את היקפי ההתנגשויות של עופות בקווי מתח, גבוה ועליון כאחד, לעומת מקטעי הביקורת. מבין הטיפולים, נמצא אחד מהם ("טיפול ב'") ששילב בין אמצעי המכיל מחזירי אור ובין אמצעי עם הארה אקטיבית, כיעיל יותר מהטיפול האחר, שהכיל אמצעים של תאורה "פאסיבית" (עם מחזירי אור) אך ללא תאורה אקטיבית ("טיפול א'"): הפחתה כוללת של 84% לעומת 51% בהשוואה למקטעי הביקורת, בהתאמה. ממצאים אלה תואמים לנתונים ממחקרים דומים רבים בעולם.

ההבדל בין הטיפולים נמצא משמעותי במיוחד עבור מספר מינים. למשל העוף הדורס חיוויאי הנחשים, שנפגע במספרים ניכרים מהתנגשות במקטעי הביקורת ובמקטעי הטיפול עם מחזירי אור (טיפול א'), אך כמעט שלא נפגע במקטעים עם תאורה אקטיבית (טיפול ב').

נקודות מהותיות נוספות שעלו מהמחקר:

- יעילותם של הטיפולים בהפחתת ההתנגשויות היתה עקבית וברורה.
- הקבוצה היחידה שבה נמצאה יעילות דומה של שני הטיפולים היתה בקרב עופות הקרקע.
- לא נמצאו הבדלים מהותיים בין קווי של מתח גבוה לבין מתח עליון ביעילותו של טיפול ב' לעומת מקטעי הביקורת. יעילותו של טיפול א' לעומת מקטעי הביקורת מובהקת בקווי מתח עליון בלבד.
- מספר מינים התבררו כמינים בעלי נטייה רבה יותר להתנגשויות, ביניהם: חיוויאי, חסידה לבנה, אנפה אפורה, כרוון וסיקסק.
- מהממצאים עולה כי קיימת חשיבות גדולה למיקומו של קו המתח (למשל, בסמוך לאתרי לינה מרוכזת ובין אתרי שיחור מזון), בהתאמה לממצאי המחקר הקודם (יושע, 2018).
- נמצאה שונות בין מינים שונים במידת השפעתם של הטיפולים על היקף ההתנגשות.

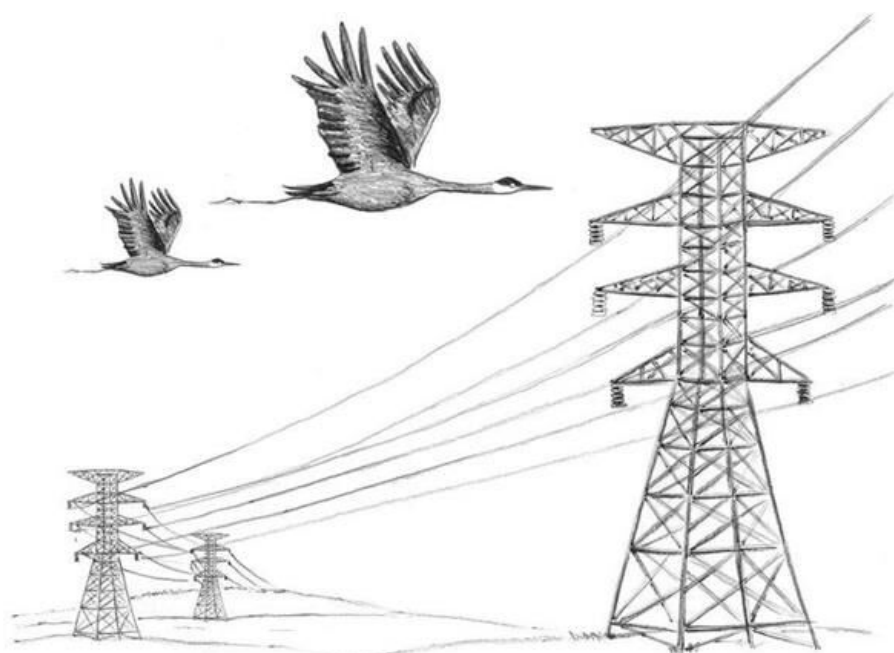
התקנתם של אמצעי הסימון על קווי המתח בעזרת רבי-להב (להלן, רחפנים) נמצאה כשיטה יעילה מאוד וזולה יחסית.

השימוש בכלבים מאומנים לשם איתור פגרים ושרידי פגרים מתחת לקווי המתח היה יעיל מאוד ונמצא כשיטה האולטימטיבית לניטורים דומים.

בתום שלב הניטור של המחקר בוצע סקר בלאי מדגמי של אמצעי הסימון שהותקנו. בסיומו של סקר זה התברר כי נתח מסוים של אמצעים לא תפקד באופן אופטימלי, בגלל שינויי תנוחה או צמצום התנועתיות של האמצעי. בעטיים של ממצאים אלה חיוני לקיים מעקב המשך אודות קצב ההתבלות של האמצעים השונים ולבחון דרכים יעילות לטיפול בהם.

תחום המחקר הוגדר לאזור בעל מגוון מוגבל של בתי גידול ושימושי קרקע ובגזרה גיאוגרפית מוגבלת. במקביל לתהליך ההטמעה הנרחב של אמצעי הסימון ברחבי ישראל, מומלץ לקיים מחקרים המשכיים לבחינת השפעתם של אמצעי סימון שונים באזורים נוספים ועל גילדות אקולוגיות שטרם נבדקו.

לנוכח ממצאי המחקר הנוכחי, אודות יעילותם של אמצעי הסימון ואודות יעילות שיטת התקנתם באמצעות רחפנים, ולאור הניסיון הרב שכבר נצבר בעולם והמגמות המתקדמות במדינות רבות, בשלה העת למהלך כלל-ארצי של פריסתם של אמצעי סימון קווי המתח בקנה מידה נרחב.



מתוך: wickedlocal.com

רקע

בעיית ההתנגשויות של בעלי כנף בקווי מתח עיליים

מעל 100,000,000 ק"מ של קווי מתח עיליים הפרושים על פני כדור"א מהווים גורם אנתרופוגני שפוטנציאל הנזק הסביבתי שלו, עצום. היקף זה גדל בכ- 5% כל שנה (Jenkins *et al.*, 2010) והצפי הוא כי עד 2040 יתווספו לרשת העולמית כ- 80 מיליון ק"מ של קווי מתח.

פגיעתם המשמעותית של קווי המתח העיליים בעופות נצפתה ותועדה לראשונה ע"י E. Coues ב- 1876 (מצוטט ע"י Erickson, 2005). למעשה אז היו אלה קווי טלגרף, אך החלה להתברר רק לקראת סוף שנות ה- 70 של המאה שעברה. בעיית ההתנגשויות בעלי כנף בקווי מתח מוכרת ומתועדת כיום ברחבי העולם, בכל היבשות המיושבות (Ferrer *et al.*, 2020). עם הרחבתן המתמדת של רשתות החשמל, הלך והחריף גם היקף הנזק ואתו גם גברה המודעות לצורך במציאת פתרונות יעילים לצמצום הסיכונים ולמניעת פגיעה באוכלוסיות עופות ברמה המקומית והעולמית (APLIC, 2012).

מעבר לפגיעה הנופית, מהווים קווי המתח העיליים גורם העשוי לפגוע באוכלוסיות עופות במספר אופנים, שהמוכרים שבהם הינם סכנת התחשמלות (במתח גבוה) והתנגשות של בעלי כנף (בכל סוגי הקווים). בעוד בעיית ההתחשמלות מתקיימת על חלק מעמודי המתח בשל גודל ומבנה ושכיחה יותר במינים בעלי מוטת כנף גדולה יחסית, הרי שבעיית ההתנגשויות מתקיימת בכל הרמות של קווי המתח (ותשתיות דומות אחרות) וחשופים לה מרבית המינים המעופפים. מחקרים רבים מצביעים על כך שהיקף היפגעותם של עופות כתוצאה מהתנגשות בקווי מתח הוא עצום. למעשה, כמות הפגיעות מהתנגשויות בקווי מתח גבוהה מכמות ההתחשמלויות ביחס של 1:10 (Loss *et al.*, 2014).



צילום: אשל אופיר

תמונה מס' 1: להקת פלמינגו גדול על רקע קווי מתח, ישראל.

בניסיון לאפיין את הבעיה, עלה הצורך להבין את מורכבותה ולברר את השפעתם של גורמים אפשריים רבים (Bevanger, 1998; Drewitt & Langston, 2008):

- הפן הביולוגי - גודל גוף, דפוס התעופה, דפוס ההתנהגות, סוליטריות/להקתיות, פנולוגיה יומית (פעילות יום/לילה) ועונתית (קינן, נדידה) הפיזיולוגיה של הראיה, מאפייני בית הגידול, נוכחות של מינים אדומים. כך לדוגמא, מינים בעלי מסת גוף גדולה רגישים יותר לסיכוני התנגשות בשל מהירות תעופתם הגבוהה וכושר התמרון המוגבל שלהם. מנקודת מבטה של הציפור האבחנה בכבל מתח גבוה בתעופה עשוי להיות בעייתי מאוד בשל שדה הראיה הבינוקולרי הצר מאוד שיש לה (Martin, 2022a, ראה איור מס' 1).
- הפן הסביבתי – מזג אוויר, תנאי ראות, שימושי קרקע, סביבה אורבנית/פתוחה, מיקום גיאוגרפי וביו-גיאוגרפי.
- הפן ההנדסי – אופי קווי המתח, האוריינטציה של קו המתח יחסית לכיווני תעופה מקומיים, גובה הקווים, עוביים וצפיפותם.

מורכבות שכזו מחייבת לפיכך התייחסות רב-מימדית לבעיה ומתן מענה מושכל ומותאם למקום.

תמונת המצב הגלובלית – היקף הבעיה ויישום פתרונות

האימפקט השלילי העצום שיש לקווי מתח על עופות נובע משני גורמים: התחשמלות והתנגשות. בעוד ההתחשמלות מוגבלת בעיקר לעמודי מתח גבוה ורלוונטית למספר מוגבל של מינים, הרי שכל מיני העופות המעופפים חשופים לפגיעה בקווי המתח.

היקפה העצום של בעיית ההתנגשויות בקווי מתח הודגם במחקרים רבים ברחבי העולם וקיימת הסכמה רחבה על הצורך בנקיטת פעולות אפקטיביות לצמצומה (Bernardino *et al.*, 2018).

עם זאת, הניסיון לגבש תמונת מצב עולמית כמותית כוללת אודות היקף בעיית ההתנגשויות בקווי המתח נתקל בקשיים רבים הנובעים מהרבגוניות הביולוגית, האקולוגית והאקלימית, ממאפייני תשתיות רשתות החשמל השונים ממקום למקום, כפי שהוזכרו לעיל ואולי מעל לכל, העדר בסיס נתונים מהימן.

לכך יש להוסיף את הקושי בהערכת נזק מדויקת והסתמכות רבה על שיטות אקסטרפולציה ותיקון הטיות, שימוש בשיטות ניטור שונות (ניטור אנשי מול ניטור כלבי, למשל) ומידה מוגבלת של סטנדרטיזציה. כך לדוגמא, טווח ההערכות שעולה ממחקרים שונים אודות תמותת עופות מהתנגשויות בקווי מתח בקנדה נע בין מיליון ל- 230 מיליון עופות!

בסקירה רחבה של מחקרים, העריכו Loss ועמיתיו (2014) כי בארה"ב לבדה היקף תמותת עופות כתוצאה מהתנגשויות בקווי מתח נע בין 8 ל- 57 מיליון פרטים. היקף התמותה הריאלי שהוערך בקנדה נע בין 2.5 ל- 26 מיליון עופות (Rioux *et al.*, 2013). הערכה זו ממקמת את ההתנגשויות בקווי מתח כגורם תמותת ציפורים השני בהיקפו בקנדה, שני רק לטריפה ע"י חתולים. יודגש עם זאת כי מבחינת



תמונה מס' 2: להקת פלמינגו זוטר לאחר פגיעה בקווי מתח. גוג'ראט, צפ.מז. הודו.

האימפקט האקולוגי (מגוון המינים ובתי הגידול) הרי שספקטרום הפגיעה של גורם ההתנגשויות רחב בהרבה (Calvert *et al.*, 2013).

הערכות אלה מתבססות על מחקרים שהתקיימו עוד בעשור הראשון של המאה הנוכחית. אם ניקח בחשבון את ההערכה של גידול ב- 5% בשנה בהיקף של קווי המתח, יש להניח כי המספרים העכשוויים יהיו כפולים ואף יותר מכך.

התמונה באירופה לא שונה בהרבה. בדנמרק לבדה ההערכה היא כי כ- 250,000-300,000 עופות מוצאים את מותן מדי שנה כתוצאה מהתנגשויות בקווי מתח או מהתחשמלות. בצרפת, מוערך היקף התמותה בכמיליון עופות בשנה (RPS, 2021). בהולנד, עוד בשנות ה- 80 של המאה הקודמת הוערכה תמותת העופות השנתית כתוצאה מהתנגשויות בקווי מתח ב- 750,000 עד מיליון (Erickson *et al.*, 2005).

למספרים הטוטליים חשיבות רבה בהערכת התופעה אך בבואנו לגבש פתרונות לצמצומה, עולה הצורך בהבנה הממוקדת יותר במשמעויות הנגזרות ממנה ליצירת מעין "פרופילינג" ברמת המין והקבוצה הטקסונומית אליה הוא משתייך ולמיקום הגיאוגרפי. לשם כך, יש היבטים נוספים שאליהם חשוב להתייחס:

- המשמעות המספרית שונה עבור מינים שונים וקבוצות טקסונומיות שונות. מובן כי מבחינה אקולוגית ומההיבט של שמירת טבע והמגוון הביולוגי משמעות אובדן של יונת בית אחת אינו זהה לזה של דורס גדול הנמצא בסכנת הכחדה.
- שוני במידת החשיפה של מינים וקבוצות טקסונומיות לסכנת ההתנגשויות בקווי מתח.

- אזורים מסוימים מוגדרים כ- Hot Spots מבחינת פוטנציאל הסיכון של קווי מתח – אזורים בהם יש התקבצויות גדולות במיוחד של פרטים כמו בתי גידול לחים, או פרודורי נדידה.
- מידת השפעתם של התנאים הסביבתיים כמו מז"א, תנאי ראות, תעופת יום/לילה על כמות המידע הוויזואלי הזמין לציפור ולפיכך על יכולתו של הפרט להבחין בקווי המתח ולהימנע מהתנגשות בהם.

ממכלול הממצאים בספרות נראה כי ניתן להגדיר קבוצות טקסונומיות ואקולוגיות רגישות.

עופות בעלי עומס כנף גבוה ויחס אורך-רוחב נמוך הם בעלי כושר תמרון נמוך ולפיכך חשופים יחסית לפגיעה בקווי המתח. דוגמאות למינים כאלה: אווזאים, תרנגולאים, עגוראים (והחובתיים במיוחד) וחסידאים (Bevanger, 1998; Jenkins *et al.*, 2010; RPS, 2021). חשוב לציין כי כושר התמרון במינים אלה נמוך עוד יותר בקרב צעירים. אוכלוסיות החסידה הלבנה בשווייץ למשל נפגעות מאוד בהתנגשויות בקווי מתח – בכל שנה, אחת מכל 17 חסידות בוגרות ואחת מכל ארבע חסידות צעירות (!) מוצאת את מותה בהתנגשות בקווי מתח (Schaub & Pradel, 2004). במקרה של החסידות, הרי שהן נתונות לחץ התנגשויות גם בזמן הנדידה שלהן כשהן נעות בלהקות גדולות. דוגמא לפגיעה כזו ב- 150 חסידות בלהקה אחת דווחה בערב הסעודית (Shobrak, 2012).

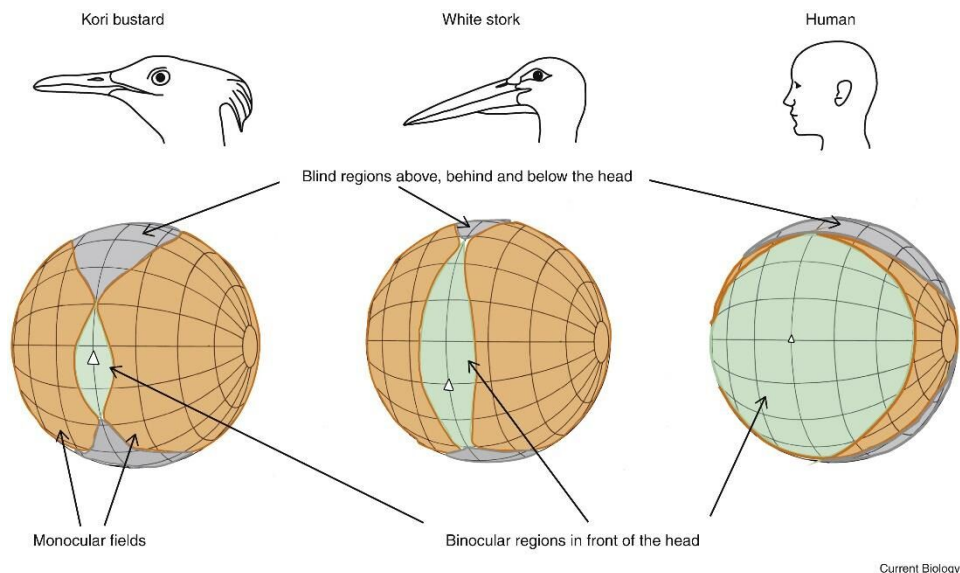
עופות מתלהקים עלולים להתקל בקושי לראות סביבם בשל הפרעות לשדה הראייה כתוצאה מצפיפות הפרטים הגבוהה בלהקה. צפיפות זו מהווה גורם מגביל גם ליכולת התמרון עם זיהוי הכבל (Jaans, 2000). נוסף לכך, יתכן כי רב הפרטים בלהקה ממוקדים בפרטים המובילים ולכן אינם מבחינים בעצמים שלפניהם (Drewitt *et al.*, 2008). דוגמאות למינים כאלה: זרזירים, יונים, חופמאים ומינים רבים של ציפורי שיר.

עם זאת, יש לציין כי השפעת מאפייני ההתלהקות אינה חד-משמעית. מחקרים אחרים מצביעים דווקא על האפשרות שריבוי העיניים בלהקה עשוי להוות יתרון באבחנה בקווי המתח לעומת פרטים סוליטריים (Galis & Sevcik, 2019).

שכיחות התנגשויות בקווי מתח משתנה בין בתי הגידול ושימושי הקרקע השונים. לדוגמה, ממצאי מחקר שנערך בהולנד העלו כי בערבות עשב תדירות ההתנגשויות היתה 113 התנגשויות לק"מ בשנה, בשטחים חקלאיים פתוחים, 58 התנגשויות לק"מ לשנה ובסמוך לנהרות, 489 התנגשויות לק"מ בשנה (Erickson *et al.*, 2005).

למרות כושר הראייה המצוין שיש לרוב מיני העופות אין כל סיבה להניח שכישוריהם הוויזואליים יעניקו להם בהכרח את היכולת להבחין תוך כדי תנועה בעצמים נייחים במרחב הנראים בולטים לעין האנושית. מעבר לחדות הראיה ולכושר ההפרדה הגבוה של העין והמוח ברוב מיני העופות, הרי שאחד הפרמטרים החשובים הינו יכולת הראיה הבינוקולרית המאפשרת הערכה מדויקת של המרחק מעצמים במרחב. למיני עופות רבים שדה בינוקולרי צר מאוד שבמרכזו "תקוע" מקור. שדה זה משתנה לא מעט בין מיני עופות שונים בהתאם למאפייני החיים שלהם. בכל מקרה, השדה הבינוקולרי של חלק ניכר מהעופות צר משמעותית מהשדה הבינוקולרי האנושי. הדבר נכון גם במימד הגובה - מעל ומתחת למקור

(ראה איור 1). במילים אחרות, השדה הבינוקולרי של הציפור "מובל" ע"י המקור, וכל נקודה במרחב שמקור הציפור אינו פונה אליה נמצאת מחוץ לתחום הראייה הבינוקולרית. במינים רבים המימד האנכי של השדה הבינוקולרי (מעל ומתחת למקור) אינו סימטרי והוא נוטה כלפי מטה או כלפי מעלה. באיור 1 ניתן לראות ששדה הראיה הבינוקולרי של החסידה הלבנה (*Ciconia ciconia*) נוטה כלפי מעלה ולכן השדה הבינוקולרי שלה מתחת למקור מוגבל. תכונה זו עשויה להגביל את יכולתה של החסידה להבחין בקווי המתח דווקא בנחיתה כאשר הם נמצאים תחתיה. החוברת האפריקאית (*Ardeotis kori*) לעומת זאת מפגינה שדה בינוקולרי הפונה כלפי מטה. יתרה מכך, בשל מבנה העין ומיקומה יש לה שטח מת גדול מאוד בכל מה שמעל למקור. מגבלה זו עשויה לעמוד בבסיס רגישותו של עוף קרקע זה שכן כאשר הוא פורש כנפיים וממריא אין לו יכולת לראות את קווי המתח שמעליו. זהו מצב אופייני לעופות קרקע נוספים, כדוגמת הכרוון (Martin & Katzir, 2008). במינים מסוימים כמו דורסי יום, הראייה הבינוקולרית מצוינת אך ראייתם ההיקפית ירודה יחסית (Drewitt et al., 2008). לפיכך, דורס במעוף המתקרב לקו מתח בגישה שאינה חזיתית יתקשה מאוד לראות אותו ועשוי עקב כך להתנגש בו.



איור מס' 1: שדות הראיה באדם, באנפה ובחוברת קורי - מבט השוואתי. המשטחים הצבועים ירוק מסמלים את השדה הבינוקולרי, האזורים החומים מסמלים את השדה המונוקולרי והאזורים האפורים הם האזורים "העיוורים". מתוך: Martin, 2022

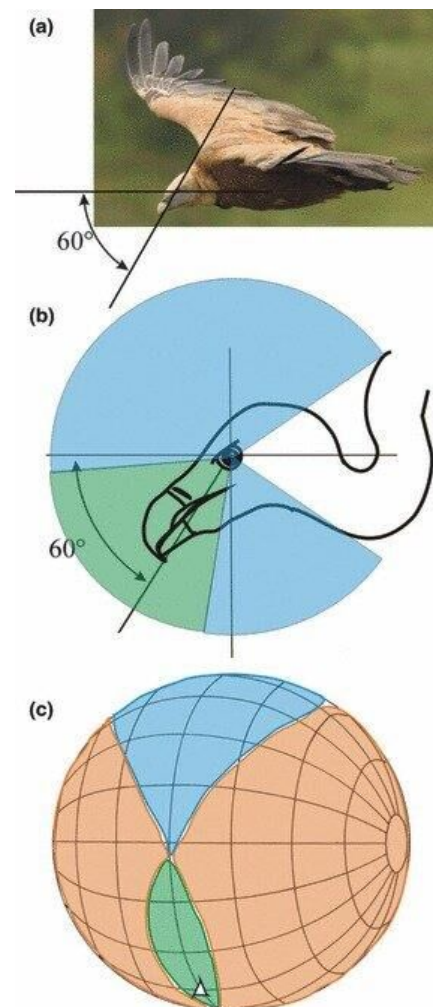
מינים רגישים

לא כל מיני העופות רגישים באותה מידה להתנגשויות בקווי מתח. ישנם מינים שיש להם נטייה מוגברת במיוחד להתנגש בקווי מתח. בדומה למצב החסידות הלבנות שתואר קודם, עבור מינים מסוימים, קווי המתח מהווים סכנה משמעותית עד כדי הגעה לקריסתן של אוכלוסיות.

חלק לא מבוטל מהמחקרים אודות פגיעת עופות בקווי מתח ממוקד במינים מסוימים (Frost, 2008).

לנתונים שכאלה חשיבות מבחינת הבנת הגורמים העומדים בבסיס רגישותם של מינים מסוימים והיכולת להעריך את מידת השפעת נוכחותם של קווי המתח, כמו גם את יעילות השימוש באמצעים השונים והגדרת המענה המתאים גם בחתך של המין או הקבוצה הטקסונומית.

במקרה של חובת לודוויג (*Neotis ludwigii*) הדרום אפריקאית 4,000-11,800 קורבנות התנגשות בקווי מתח מדי שנה, התבררו כגורם המרכזי להתדלדלות האוכלוסייה של מין זה עד לסף הכחדה (Jenkins et al, 2010, 2011)! בדרום אפריקה מדווח בנוסף כי כ- 12% מאוכלוסיית העגור הכחול (*Anthropoides paradiseus*) (BirdLife International, 2009) וכ- 30% (!) אחוז מאוכלוסיית של חובת דנהאם (*Neotis denhami*) מוצאים את מותם מדי שנה בשל התנגשות עם קווי מתח (Martin, 2004). החוברת (*Chlamydotis macqueenii*) "שלנו" גם היא בין המינים הרגישים כפי שנמצא בקזחסטן (Burnside et al., 2015) שם נמצא כי קצב התמותה השנתי כתוצאה מהתנגשויות בקווי מתח עומד על כ- 3% מאוכלוסיית החוברות. מחקר מהאיים הקנאריים מצא שקצב תמותת החוברת הקנארית (*Chlamydotis undulata fuertaventurae*) הקרובה למין שלנו שם אף גבוה מזה - כ- 14%



מתוך: Martin et al., 2012

איור מס' 2: שדות הראיה של הנשר המקראי. במהלך תעופת שיחור מזון אופיינית מוטה הציר ראש-מקור ב- 60 מעלות כלפי מטה יחסית לאופק. במנח ראש כזה הנשר ממוקד בשדה הבינוקולרי שלו כשחזית ההתקדמות שלו מחוץ לשדה ראייה זה. במצב זה הנשר לא יוכל להבחין בעצם סטטי קטן שימצא לפניו.

מקרב הפרטים הממושגרים שמצאו את מותם בהתנגשויות עם קווי מתח עיליים במהלך תקופת מחקר של כ- 3 שנים (Alonso et al., 2024).

בבסיס ניתוח השפעת ההתנגשויות בקווי מתח יש להתייחס גם למידת ההשפעה, אם קיימת, על מקדם הגידול של האוכלוסיות.

מינים רבים של עופות דורסים גדולים הינם מינים רגישים הנוטים להתנגש בקווי מתח. קיימת מודעות בינלאומית הולכת וגדלה לרגישותה של קבוצה זו ולנחיצותן של פעולות שימור הממוקדות בהגנה עליה. הודות לכך, עולות לא מעט יוזמות מקומיות ולאומיות לצמצום הפגיעה בהם (Martin et al., 2012). מבין דורסי היום הגדולים, אחד המינים הפגיעים ביותר הוא הנשר המקראי (*Gyps fulvus*) (Martin et al., 2012, ראה איור מס' 2).

פתרונות מקובלים לצמצום ההתנגשויות בקווי מתח

בד בבד עם הרחבת יריעת הידע וההבנה כי קווי המתח מהווים גורם סיכון משמעותי מאוד עבור העופות, פותחו ובחנו אמצעים שונים לצמצום התופעה. את הפתרונות שהוצעו לצמצום הפגיעה ניתן לחלק לפתרונות "שלאחר מעשה" ולפתרונות "בטרם מעשה" (APLIC, 2012):

- פתרונות "בטרם מעשה" כוללים ניתוח השטח והסיכונים וקבלת החלטה מוקדמת אודות מיקום ואופי קווי המתח. למשל, הטמנה בקרקע, הימנעות מהקמה במוקדים ריכוז גדול של עופות, כמו מקווי מים, במיוחד באזורים יבשים, או הימנעות מחציית מסלולי תעופה אינטנסיביים ותכנון כיוון "ידידותי" של קווי המתח על מנת שעופות יחצו אותם כמה שפחות.
- "פתרונות שלאחר מעשה" כוללים שימוש באמצעי סימון ויזואליים המגבירים את נראותם של כבלי המתח.

הטמנת קו מתח באדמה הוא המענה המלא למניעת הפגיעה בעופות. אולם, אם לא ניתן ליישם מענה זה, מכל הפתרונות שניתנו לבעיית ההתנגשויות בקווי מתח **קיימים**, סימון קווי המתח לאורכם באמצעי זיהוי ויזואליים נמצא היעיל ביותר מבחינת עלות מול תועלת והוא מיושם ברחבי העולם כבר יותר משלושה עשורים (Ferrer et al., 2020; RPS, 2021).

הניסיון העשיר שנצבר מלמד כי בין המחקרים השונים קיימת שונות רבה ביעילות השימוש באמצעי הסימון. במהלך השנים פותח מגוון אמצעי סימון הנבדלים ביניהם במאפיינים כמו צורה, תנועה (סטטיים, מתנדנדים, מסתובבים), צבע ושילובי צבעים, הארה (העדר הארה, הארה פאסיבית, הארה אקטיבית) ועוד (APLIC, 2012).

קיימים בשימוש מספר טיפוסים של אמצעים (ראו טבלה מס' 1 להלן):

התקנים פאסיביים-סטטיים: אלו הם האמצעים הפשוטים והזולים ביותר המותקנים על הכבל, בד"כ על הארקה. האמצעי הנפוץ בקבוצה זו הינו ההתקן הספירלי.

התקנים מתנדנדים בעלי זהירה פאסיבית: אמצעים אשר מתנדנדים ברוח שעל גביהם משטחים מחזירי אור צבעוניים המייצרים הארה פאסיבית חלשה למספר שעות גם בחשיכה.

התקנים מתנדנדים בעלי הארה אקטיבית + זהירה פאסיבית: אמצעים אשר מתנדנדים ברוח ועליהם משטחים מחזירי אור צבעוניים + הארה אקטיבית המבוססת על נורת לד שמופעלת בעזרת פאנל פוטו-וולטאי קטן.

התקני סבסוב: אמצעים בעלי יכולת סבסוב על ציר מרכזי. על פניהם משטחים מחזירי אור צבעוניים המייצרים הארה פאסיבית חלשה למשך מספר שעות גם בחשיכה.

התקני דגלוני מטוטלת: אמצעים המבוססים על פסי פלסטיק הנעים כמטוטלת ומרשרשים ברוח. אמצעים אלה מכונים גם "סמני זברה" היות שהם מבוססים על ניגוד של שחור/לבן שנמצא בולט לעיני עופות רבים, במיוחד בתנאי חשיכה. התקנים אלו פופולריים במיוחד בגרמניה.

התקני כנפיים/אוהל: אמצעים בעלי מבנה דו-כנפי מאורך המולבש על קו המתח ומתנדנד ברוח. זהו שילוב של התקן סטטי (אין בו חלקים נעים) לבין אלמנט מתנווד ברוח.

יתרונותיהם של **האמצעים הסטטיים** הינם מחירים הזול על פי רב, פשטות התקנתם ועמידותם הרבה. עם זאת, יעילותם מוטלת בספק ובכל מקרה אינה אחידה. במחקרים מסוימים נמצאה הפחתה של כ-60% ובאחרים כלל לא נצפתה ירידה במספר ההתנגשויות, לפחות בקרב חלק מהמינים (Drewitt & Langstron, 2008). במחקר מקומי שנערך ע"י יושע (2018) ובו נעשה שימוש באמצעי סימון סטטיים נמצאה הפחתה של 26% בלבד בהיקף התנגשות העופות בקו המתח (ראה פירוט בהמשך).

אחד היתרונות של **התקן דגלוני המטוטלת** הינו נראותו, במיוחד בתנאי תאורה חלשה.

התקן כנפיים הוא התקן סטטי המשלב תנועתיות. דבר זה מעניק לו עמידות רבה לצד נראות גבוהה יחסית.

האמצעים המתנועים חשופים יותר מאחרים לבלייה ולתקלות, במיוחד אלו המסתובבים הנעים על ציר, ועלותם גבוהה יותר מאלו הסטטיים. עם זאת אמצעים אלה מוכחים כיעילים יותר מהאמצעים הסטטיים (Ferrer et al., 2020).

האמצעים בעלי ההארה האקטיבית הם היקרים ביותר אך בעלי הנראות הגבוהה ביותר בלילה. ספקטרום ההארה של אמצעים אלה מתקיים בתחום הנראה וה-UV. טרם נצבר ניסיון רחב היקף בשימוש באמצעים אלה (בעיקר בדרום אפריקה) וממעט המידע עולה כי יעילותו גבוהה (Pretorius et al., 2023). עם זאת, עדיין חסר מידע אודות מגבלות אפשריות כמו תפקוד בתנאים בהם הראות מוגבלת או בעננות כבדה (המגבילה את יכולת טעינת הסוללה).

מן הראוי לציין כי לפחות עבור חלק מהאמצעים הללו (למשל, OWL™), קיימות גרסאות המפיקות הארה המוגבלת לתחום ה-UV. לתכונה זו עשויה להיות חשיבות בצמצום הפוטנציאל האפשרי לזיהום

האור, שכן בעוד חלק לא מבוטל ממיני העופות מפגין רגישות במידה משתנה גם בתחום ה-UV (Olson et al., 2021; Martin, 2022b), הרי שמרבית מיני היונקים מפגינים רגישות מוגבלת או שכלל אינם מבחינים באור UV. עם זאת, מחקרים אחדים מציעים שלעטלפים היכולת להבחין גם ב-UV (Douglass & Jeffery, 2014).

אחד המאפיינים החשובים בבחירת האמצעים הינו יעילות ההתקנה. חשוב שמנגנון הנעילה על קו המתח יהיה פשוט ואמין. כזה הוא למשל מנגנון הנעילה של התקן ה-**OWL™** ולעומתו, התקנת "**סמן הזברה**" שנעשה בו שימוש נפוץ יחסית בגרמניה, מסורבלת בהרבה. לגורם זה משמעות כלכלית רבה בתכנון פריסת אמצעים רחבת היקף.

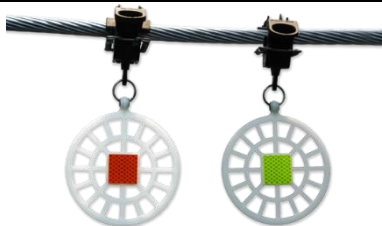
ככלל, ניתן לומר שלמרות שרוב המחקרים מצביעים על יעילותם של אמצעי הסימון בהפחתת כמות ההתנגשויות, הרי שללא בדיקה אמפירית של היעילות, קשה מאוד להשוות בין הטיפוסים השונים בשל המשתנים הרבים המעורבים ובהתאם לכך, גם אחידות התוצאות.

במטא-אנליזה שביצעו Barrientos ועמיתיו (2011) הם מצאו שיעילות הממוצעת של האמצעים עמדה על 78% הפחתה ובטווח של 55%-94. לעומתם, במטא-אנליזה מאוחרת יותר, מצאו Bernardino ועמיתיו (2019) יעילות הפחתה של כ-50%.

כאמור, אחת התופעות הבולטות העולות מסקירת מספר רב של מחקרים שהתמקדו ביעילותם של אמצעי הסימון הינה מידת השונות הגדולה בין התוצאות. לממצא זה עשויות להיות סיבות רבות (Bernardino et al., 2019; RPS, 2021):

- הבדלים במרחב – בתי גידול ושימושי הקרקע שונים, תוואי השטח, מיקום גיאוגרפי ועוד;
- חברת מיני העופות – מיני עופות מפגינים רגישות שונה להפגעות מקווי המתח, מינים נודדים מול מינים יציבים;
- דינמיקה של אוכלוסיות – יכולה להביא לתנודות משנה לשנה;
- מאפיינים מטאורולוגיים – תנאי מזג אוויר שונים המשפיעים על נראות קווי המתח;
- הקונפיגורציה של קווי המתח;
- שוני בשיטות הניטור – ניטור אנושי/כלבני, תדירות הניטור;
- מתודולוגיות מחקר שונות – האם מדובר במחקר השוואתי המתבסס על תקופת ניטור שלפני ושל אחרי התקנת האמצעים, או שמא מחקר שבו מוגדרים מקטעי ניסוי שבהם הותקנו אמצעי סימון על קווי המתח ולעומתם מקטעי ביקורת, ללא אמצעי סימון. יש גם מחקרים המשלבים בין שתי הגישות: לפני ואחרי + מקטעי ביקורת + מקטעי ניסוי;
- סוג האמצעים בהם נעשה שימוש.

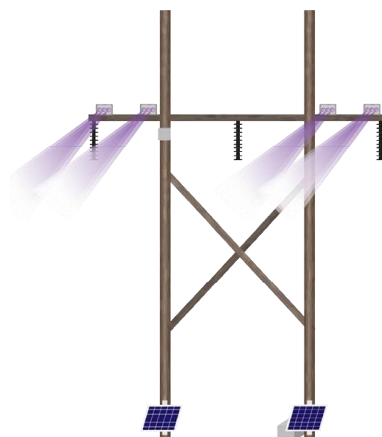
היבט השוואתי נוסף אותו יש לקחת בחשבון הינו מידת עמידותם של האמצעים. מעט מחקרים התייחסו להיבט זה. עם זאת, נמצא כי אמצעי הסימון המשלבים תנועה (נדנוד או סבסוב) עמידים פחות ונוטים יותר לתקלות בהשוואה לאמצעים סטטיים (Sporer et al., 2013; Dashnyam et al., 2016).

התקן ספירלי סטטי מדגם BirdFly™	 מתוך: www.plp.com
התקן מתנדנד מדגם Raptor™: הארה אקטיבית עם נורת לד + זהירה פאסיבית (Overhead Warning Light, OWL™, מימין).	 מתוך: www.plp.com
התקן מתנדנד מדגם BirdMark™: זהירה פאסיבית.	 מתוך: www.summitpower.com.au
התקן מסתובב על ציר מדגם FireFly™: זהירה פאסיבית.	 מתוך: www.summitpower.com.au
התקן דגלוני מטוטלת מדגם RIBE Vogelschutzfahnen™ המכונה "סמן זברה".	 מתוך: www.birdlife.org
התקן כנפיים/אוהל מדגם Hawk-Eye™.	 מתוך: www.powerlinesentry.com

טבלה מס' 1: סוגים שונים של אמצעים המשמשים לסימון קווי מתח לצמצום התנגשות עופות.

אמצעי מסוג אחר פותח לאחרונה ונוסה בהצלחה ע"י James Dwyer (Dwyer et al., 2019; Baasch et al., 2022). אמצעי זה הינו מערכת זרקורי UV המקרינה על קווי המתח עצמם להגברת נראותם.

הזרקורים ממוקמים על עמוד החשמל ומוזנים מסוללה המוזנת ע"י פנלים פוטו-וולטאים (איור מס' 3). במאמרם הם מדווחים על הפחתה של 98% (!) בהתנגשויות עופות. עם זאת עלותו הגבוהה של המתקן אינה מתאימה לפרישה נרחבת אלא למוקד סיכון מצומצם ובעל ערכיות גבוהה במיוחד.



איור מס' 3: מערכת הארת UV של Dwyer et al. (2019). המערכת מקרינה על קווי המתח עצמם. האנרגיה להפקת ההארה תגיע מהפנלים הפוטו-וולטאים הממוקמים בצמוד לעמודים.
 מתוך: <https://indd.adobe.com>

ומה קורה בעולם?

במדינות רבות בעולם ננקטות פעולות משמעותיות לצמצום התנגשויות עופות בקווי מתח.

בשני העשורים האחרונים מדינות רבות החלו להטמיע שיקולים סביבתיים כמרכיב אינטגרלי בתכנון פרויקטים רחבי היקף כדוגמת פיתוח רשתות חשמל כלל-ארציות. ככלל, הפעולות לצמצום התנגשויות של בעלי כנף בקווי מתח עליים נעשות בשני מנגנונים:

- **על בסיס חקיקה ייעודית:** פעולות הנעשות בהתאם לדרישות החוק, כפי שנעשה למשל בספרד ובצ'כיה. בספרד החוק מחייב התקנת אמצעים על קווי מתח חדשים ואילו על גבי קווים קיימים הדבר נעשה על בסיס תקנות ייעודיות להתקנת אמצעי סימון על קווים באזורים ברגישות גבוהה. בכוחן של רשויות שמירת הטבע לאכוף התקנת אמצעים על קווים קיימים לצמצום התנגשויות בהתאם להיקף הבעיה (Prinsen et al., 2011). בצ'כיה יש חקיקה ברורה לפיה על החברות המתפעלות את רשת החשמל לפעול להגנה מפני התנגשויות תוך קביעת יעד ל- 2024. יצוין עם זאת כי ההיענות אינה מרשימה ואכיפת החוק חסרת שיניים (RPS, 2021).
- **יוזמות הנעשות על בסיס שיתופי פעולה בין-ארגוניים:** במדינות כמו, אוסטריה, אסטוניה, בלגיה, בולגריה, גרמניה, סלובקיה וקרוואטיה, אין חקיקה מחייבת לנקיטת פעולות לצמצום התנגשויות בקווי מתח, אך מתקיימות פעולות ממוקדות באזורים שהוגדרו כרגישים. פעולות

אלו נעשות כחלק מאינטראקציה חיובית בין ארגוני שמירת טבע לחברות החשמל הלאומיות (RPS, 2021).

לעומת המתואר לעיל, **ברוסיה ובקזחסטן** קיימת חקיקה המחייבת את חברות רשתות החשמל לפעול להפחתת ההתנגשויות אך על פי הדיווחים, החוק קיים כנראה על הנייר בלבד, שכן, החברות שם אינן מצייתות לחוק ואין כל מאמצי אכיפה כלפיהן (Dwyer et al., 2023).

ברבות ממדינות אירופה כדוגמת **הולנד, לוקסמבורג, גרמניה, שבדיה, אסטוניה, בלגיה, דנמרק, גרמניה ובריטניה**, מקודמת בהיקפים משתנים הטמנתם של קווי מתח גבוה כשיטה שלמרות עלותה הגבוהה היא כמובן היעילה ביותר (RPS, 2021). מבין אלה, **הולנד ולוקסמבורג** מתקדמות במיוחד. **בהולנד** כל קווי המתח הנמוך והבינוני מוטמנים ואילו ב**לוקסמבורג**, מוטמנים כל קווי המתח החדשים.

ב**אוסטריה ובהונגריה** נעשה מאמץ ממוקד להטמנתם של קווי מתח באזורים רגישים במטרה לאושש את אוכלוסיית החובה הגדולה (*Otis tarda*). פעולות אלה, בנוסף לפרישה נרחבת של אמצעי סימון, אכן הפחיתו דרמטית את התמותה בקרב מין רגיש זה והביאו להתאוששות מרשימה של אוכלוסייתו (Raab et al., 2012; Prinsen et al. 2011).

לעומת המאמצים שתוארו לעיל, במדינות אירופאיות אחרות, כדוגמת **צרפת, יוון וקפריסין**, לא ננקטו עד כה כל יוזמות לצמצום התופעה. לאחרונה מקודמת **בקפריסין** תכנית לסימון קווי מתח תוך התמקדות במניעת התנגשויות נשרים.

בשנים האחרונות התגבשה התארגנות של ארגונים סביבתיים ואנשי מערכת החשמל **באירן** ביוזמה לאומית לצמצום התנגשויות בקווי מתח. הועדה שהוקמה לשם כך אף רואה עצמה כגורם המוביל את הנושא ברחבי המזה"ת (Kolnegari & Harness, 2022).

ב- 2021 פסק בית המשפט העליון ב**הודו** כי באזורי סיכון למינים בסכנת הכחדה (במיוחד אמורים הדברים עבור החברה ההודית הגדולה *Ardeotis nigriceps* הנפגעת מאוד מקווי מתח ונותרו מהן מאות ספורות מהן) יוטמנו כל קווי ההולכה. עד ליישום ההנחיה במלואה יש להתקין אמצעי סימון על כל הקווים העיליים תוך שנה. האמצעים יהיו תמהיל של התקנים פסיביים ואקטיביים (הארת LED).

(<https://www.mercomindia.com/apex-court-specifications-bird-diverters-great-indian-bustard>)

פירוט נוסף, אודות תמונת המצב במדינות העולם ניתן למצוא בסקירה שהוכנה לאחרונה ע"י TASC 30 עבור החברה להגנת הטבע ורט"ג (TASC, 2023, 30).

תמונת המצב המקומית וממצאים קודמים

מיקומה של ישראל על ציר נדידה ראשי, כתמיות בתי הגידול שבה וצפיפות קווי המתח מגבירים מאוד את הפוטנציאל להיפגעות עופות.

בין השנים 2016 ל- 2018 נערך ע"י חח"י, חלה"ט, רט"ג והמשרד להגנת הסביבה מחקר ראשוני דו-שנתי בקו מתח עליון בחבל התענך, בין מוקייבלה בדרום ועד לפאתי עפולה בצפון.

מטרותיו של המחקר היו לכמת את היקף תופעת ההתנגשויות תוך אפיון הגורמים המשפיעים ובדיקת יעילות אמצעי הסימון שהיה זמין להתקנה באותה עת (BFD, תוצרת APRESA, תצורת "Pig tail" הסטטית וללא אלמנטים זוהרים).

הממצאים המרכזיים שעלו במחקר זה סוכמו בדו"ח מפורט (יושע, 2018) ועיקרם:

- **היקף ההפגעות גבוה וכולל מגוון רחב של מינים.**
היקף ההתנגשויות הממוצע במקטעי הביקורת עמד על כ- 200 עופות לק"מ לשנה (68 מינים מקבוצות טקסונומיות שונות וממגוון בתי גידול. 12 מהמינים מוגדרים כ"מינים אדומים") - היקף שכזה, גבוה בהשוואה למקומות אחרים בעולם, אם כי אינו חריג.
 - **אמצעי הסימון שנבחנו הביאו לצמצום ההפגעות אך ביעילות נמוכה יחסית.**
אמצעי הסימון צמצמו את היקף ההתנגשויות ב- 26% - זהו ערך נמוך יחסית לממצאים מהעולם. יעילות האמצעים נמצאה גבוהה יחסית בקרב מינים בינוניים וגדולים ונמוכה עד אפסית בקרב המינים הקטנים. יתכן כי ריבוי נודדי הלילה, או תעופה בשעות חשיכה בקרב המינים הקטנים הוא שעומד בבסיס תוצאות אלה.
 - **קיימת שונות מרחבית ועונתית גדולה מבחינת פוטנציאל ההתנגשויות.**
בתחום המחקר נמצא כי בתי גידול לחים, מאגרי מים ואזורים בהם עצים (חורשות ומטעים) מהווים מוקדי סיכון גבוה במיוחד. במוקדים אלה, נצפתה עליה משמעותית בפוטנציאל להתנגשויות עופות בקווי המתח בחודשי החורף, לעומת יתר עונות השנה. דווקא במוקדי הטמנת פסולת, נמצא מיעוט יחסי של התנגשויות (אך ריבוי התנגשויות של מינים הנמשכים אליהם, כגון שחפים).
 - **פרופיל "הציפור המאויימת" מעט שונה מממצאי מחקרים אחרים מהעולם.**
כפי שהוזכר קודם, מחקרים רבים מהעולם מדגישים את רגישותם של המינים הבינוניים-גדולים בשל מאפייני התעופה ומגבלות תמרון בשל עומס כנף גבוה. המחקר הנוכחי מצביע גם הוא על רגישותם הגבוהה של המינים הקטנים והסיכון הרב מפגיעה בקווי המתח. בין הסיבות האפשריות לממצאים החריגים הללו:
 - ישראל מהווה פרודור מעבר צפוף של עופות קטנים הנודדים בלילה. ממחקרים המבוססים מכ"מ באזורים שונים בארץ ניתן לקבוע שברוב הארץ, בחתך של 1 ק"מ בכיוון מזרח-מערב ועד גובה 200 מ', חולפים בכל שנה בעונות הנדידה כמיליון עופות.
 - שיטת הניטור שיושמה במחקר התבססה על עבודה עם כלבים מאומנים שיכולת האיתור שלהם, כמעט אבסולוטית. לעומת זאת, ברב המחקרים בעולם התבססו החוקרים על ניטור אנושי שיעילותו נמוכה משמעותית, במיוחד בכל קשור לאיתורם של פגרים קטנים.
- את תוצאותיו הייחודיות של המחקר יש לבחון בזהירות היות שניטור הקווים התבצע באזור מאוד מצומצם (4 ק"מ ורצועת ניטור של 60 מטר) ובשל העובדה כי נעשה שימוש בסוג אחד בלבד של אמצעי סימון, ולאו דווקא היעיל ביותר (סטטי וללא זהירה).

עם זאת, הנתונים שהתקבלו במחקר חלוצי זה (עבור ישראל) מדגישים את חיוניותו של מתן מענה מושכל ורחב היקף ברמה ארצית. על מענה כזה לכלול ניתוח והגדרה של מוקדי הסיכון תוך הסתמכות על כלל הפרמטרים המשפיעים כגון, שימושי הקרקע ובתי הגידול, נתיבים של נדידה ותנועות יוממיות, צפיפות אוכלוסיות עופות ונוכחות מינים "אדומים".

כהמשך טבעי למחקר זה ועל בסיס תוצאותיו החד-משמעיות ערכו אסף מירוז, זאב לבינגר וליהי ברקן עבודת ניתוח מקיפה לשם בנייתו של מודל רגישות ארצי וגיבושו של מתווה שייתן מענה אקולוגי וכלכלי לבעיית ההתנגשויות (מירוז ועמיתיו, 2019), במסגרת פרויקט משותף לחברת חשמל, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה. בשנת 2021 עבר המודל עדכון על בסיס נתוני טלמטריה של מינים בסכנת הכחדה המתייחסים למעברים בגובה של עד 50 מ' (גובהם המרבי של קווי מתח עליון) וחוו"ד אקולוגים. העדכון הוסיף למודל אזורים בעלי רגישות גבוהה במיוחד בעיקר בגולן, בכרמל ובנגב.

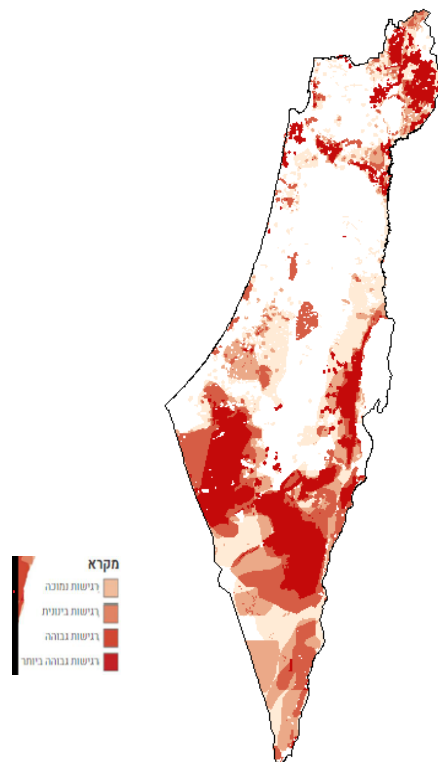
המודל מגדיר את המרחב הארצי על פי 5 רמות רגישות להתנגשויות (ראה איור 4). הגדרת הרגישות מתבססת על 2 קריטריונים מרכזיים:

- **שימושי קרקע ובתי גידול משמעותיים:** שדות פתוחים, מאגרים ובריכות דגים, אתרי פסולת, שמורות טבע וכו'. למאפייני מרחב המחיה השפעה רבה על סיכויי ההיפגעות של עופות. בבתי גידול לחים כמו ביצות, בריכות דגים, נחלים ואגמים יש למשל, שכיחות גבוהה של אירועי היפגעות (Galis et al., 2019; Hamal et al., 2023).
- **נוכחותם של מינים רגישים:** מינים בסכנת הכחדה או כאלה שהם בעלי נטייה גבוהה במיוחד להתנגשויות בקווי מתח. דוג' למינים מקומיים שכאלה: הנשר המקראי (*Gyps fulvus*) המצוי בסכנת הכחדה חמורה כמקנן בארץ והחבורה (*Chlamydotis macqueenii*), מין נוסף המצוי בסכנת הכחדה חמורה בישראל ושרבים מבני משפחתו הקרובים באפריקה ובאסיה אינם מצליחים להתמודד עם איום קווי המתח ואף נמצאים בסכנת הכחדה כתוצאה מכך, כפי שכבר הוזכר לעיל (Raab et al., 2012; Shaw et al., 2021).

כ- 59% משטחי מדינת ישראל נכללו בקטגוריית רגישות כלשהי (נמוכה-גבוהה ביותר). כ- 17% משטח מדינת ישראל הוגדרו על פי המודל כבעלי הרגישות הגבוהה ביותר ולפיכך נמצאים בעדיפות עליונה למיקוד המאמצים לצמצום תופעת ההתנגשויות. אזורים אלה כוללים 1,077 ק"מ של קווי מתח קיימים (בעיקר קווי מתח גבוה) המהווים כ- 6% מכלל קווי המתח בישראל. יצוין כי באזורי הרגישות הגבוהה קיימת שונות רבה בצפיפות קווי המתח. כך לדוג', אזור רגישות גבוהה כמו עמק החולה מבותר ע"י רשת צפופה של קווי מתח לעומת אזורים נרחבים בנגב שרשת החשמל בהם דלילה מאוד. ככלל, כ- 7,900 ק"מ של קווי מתח קיימים פרושים באזורים בעלי רגישות נמוכה עד גבוהה ביותר.

בנוסף למודל שלעיל, מירוז ועמיתיו בחנו בעבודתם גם את תמהיל אמצעי הסימון המיטבי תוך התייחסות לשיטות ההתקנה וניתוח הנגזרות הכלכליות.

יעילות האמצעים: מסקנתם היתה כי אמצעי הסימון הפאסיביים-סטטיים כדוגמת אלה ששימשו בעבודתו של יושע (2018) הינם בעלי יעילות נמוכה ויש להעדיף שילוב של שני סוגים של אמצעי סימון



איור מס' 4: מפת מודל המודל העדכני לאזורי סיכון להתנגשות עופות בקווי מתח עיליים (מתוך: מצגת "עדכון מפת אזורי רגישות להתנגשויות של עופות בקווי מתח").

אקטיביים – מתנדנדים ברוח או בעלי יכולת סבסוב – ואשר כוללים יכולת זהירה או תאורת לדים. אלה האחרונים צפויים להיות יעילים במיוחד עבור מינים המבצעים תעופות ליליות.

שיטות ההתקנה: מספר שיטות התקנה על קווי מתח קיימים מוכרות מהספרות – בעזרת מסוק, משאית עם במת הרמה, מוט תלייה ורחפן. המלצת כותבי הדו"ח הינה כי משיקולי עלות ויעילות יש ליישם את אפשרויות ההתקנה בעזרת רחפן בקווים של מתח עליון ועל ובעזרת מוט תליה בקווים של מתח גבוה.

תוצאות מחקרו של יושע (2018) ועבודתם של מירוז ועמיתיו (2019) והעדכון שנלווה לה היוו את המסד והגורם המדרבן למחקר ההמשך הנוכחי. המסקנות החשובות שגובשו בהם יושמו באופן כמעט מלא והתובנות הרבות שעלו בהם שימשו כבסיס לתכנונו של מחקר זה.

הרציונל – חשיבותו ומטרותיו של המחקר

מטרת המחקר

מחקר זה בא להניח את תשתית המידע הנדרשת לצורך יישום הנחיות לסימון קווי מתח בישראל למניעת התנגשויות עופות. הנחיות אלה תהוונה את הבסיס לפרוטוקול מיטבי לצמצום התנגשויות בקווי מתח קיימים ועתידיים, תוך התייחסות לאמצעי הסימון ושיטת ההתקנה המומלצת.

יעדי המחקר

- זיהוי אמצעי הסימון הטובים ביותר ליישום בקווי מתח (גבוה ועליון) לשם צמצום התנגשויות העופות במ. ההשוואה תבוצע בין 3 אמצעי סימון אקטיביים ופאסיביים והשילוב ביניהם. התוצר – מדד יעילות יחסי, הן כללי והן בפילוח של גילדות עופות, וכנגזרת – המלצות הטמעה עבור מתארים שונים.
- קביעתה ובחינתה של שיטת ההתקנה המתאימה והיעילה ביותר מבחינה תפעולית וכלכלית של האלמנטים הנבחרים במחקר, עבור קווי המתח עליון וגבוה. התוצר – פרוטוקול התקנה ותחזוקה.
- הערכת עלותם הכלכלית של הטמעת אמצעי הסימון השונים, לרבות עלויות הציוד, ההתקנה, והתחזוקה לקראת הטמעה רחבת היקף באזורים שזוהו כאזורי רגישות גבוהה.

שיטות העבודה

בחירת אזור המחקר

התחום שנבחר לביצוע הפרויקט משתרע בין היוגב לכפר רופין. השיקולים המרכזיים שעמדו בבחירת תחום הפרויקט היו מאפייני פרישת קווי מתח המאפשרים מחקר בהיקף הנדרש (30 מקטעים, אורך כולל 24 ק"מ) בתוואי נוף אחידים יחסית והיותו אזור סיכון גבוה על פי המודל הראשוני שפותח ע"י מירוז ועמיתיו (2019) ועודכן בשנת 2021 (ראו איור 4). הגדרתו כאזור סיכון גבוה נובעת בראש ובראשונה מצפיפות גופי המים ומקורות המזון (החקלאיים בעיקר) לאורכו המהווים מוקד תנועות ציפורים יומיות במהלך השנה וכן, ממיקומו על ציר נדידת הסתיו והאביב. אזורים נוספים שנבחנו (אזור חוף הכרמל, רמת הגולן, הנגב) לא עמדו באחד מהתנאים שלעיל.

בחירת המקטעים ומאפייניהם

בבחירת מקטעי ההתקנה והניטור בתחום הפרויקט נלקחו בחשבון מגוון שיקולים:

- הערכת עצמת תנועת עופות במקום במסגרת נדידה ותנועות יומיות בין אתרי שיחור מזון/לינה;
- תנאי שטח המאפשרים ניטור יעיל ואמין הכוללים: טופוגרפיה מתונה, מרחק של לפחות 70 מ' מכבישים היוצרים שלל בעיות לניטור.
- נגישות סבירה לאורך המקטע הן לצורך התקנת האמצעים והן לצורך הניטור במהלך השנה כולה;
- מנח הקו יחסית לכיווני התעופה הצפויים;
- פרישה ופיזור אחיד ככל הניתן של סוגי הטיפולים בתחום הפרויקט;
- שיקולים תפעוליים, בטיחותיים ולוגיסטיים של חח"י.

אורכו של כל מקטע כ- 800 מ'. אורך שכזה מבטיח דיגום התנגשויות בפרישה רחבה דיה לקבלת נתונים מהימנים. המרחק המינימלי בין המקטעים עם טיפולים שונים עומד על 500 מ'. מרחק זה נועד למנוע השפעות הדדיות בכל הקשור ליכולת ההבחנה של הציפור באלמנטים הממוקמים על מקטע סמוך לזה המנוטר (במיוחד אמור הדבר במקטעים בהם מותקן אלמנט עם תאורה אקטיבית) תוך שמירה על מספר המקטעים שנקבע ועמידה בדרישות התפעוליות של חח"י.

פירוט מאפייניו של כל אחד ממקטעי ההתקנה מובא בנספח א: "מקטעים נבחרים עבור קווי מתח עליון וגבוה".

בחירת אמצעי הסימון והתקנתם

אמצעי הסימון הותקנו על 20 מקטעי מתח עליון ומתח גבוה נבחרים באורך כולל של 16 ק"מ. בסמוך למקטעים אלה הוגדרו 10 מקטעים נוספים באותו אורך (כשמונה ק"מ בסה"כ) כמקטעי ביקורת ועליהם לא הותקן דבר. לאורכו של כל מקטע הותקנו 133 אמצעים וסה"כ הותקנו לצורך המחקר 2,660 אמצעים על כלל המקטעים.

ההתקנה נעשתה ע"י חברת "קרונוס" באמצעות רחפן ובכל מקטע התקנה שולבו שני סוגי אמצעים בצימודים הבאים:



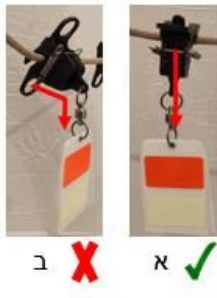
- טיפול א': Birdmark™+Firefly™ (הארה פאסיבית)

שני אמצעים הדומים במהותם. הם כוללים מחזירי אור, חלק הזוהר בחושך (באורכי גל UV הנראים לעופות). אחד מהם (Firefly™) כולל ציר סבסוב המאפשר תנועה סיבובית של אלמנט הזיהוי ברוח שמעל 5 קמ"ש והשמעת רעש. שני האלמנטים נבדלים בצורת הסמנים והרעש אותו הם מפיקים ועל כן שילובם יכול להיות בולט עבור מגוון רחב של עופות בעלי מאפייני ראייה שונים. יצוין כי ה-Birdmark™ עמיד יותר ברוחות חזקות ולפיכך יתכן כי עלות תחזוקתו פחותה. שני אמצעים אלו מומלצים על ידי רשות הדגה וחיות הבר של ארה"ב (P&R Tech 2019).



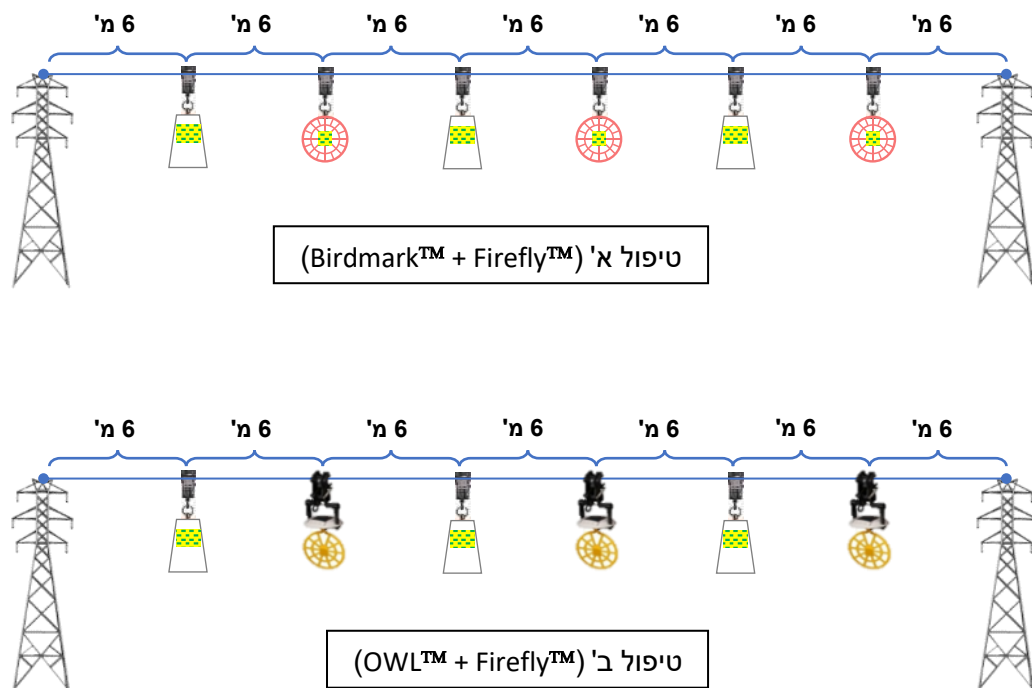
- טיפול ב': OWL™+Firefly™ (הארה פאסיבית + אקטיבית)

בטיפול זה משולב ה-Firefly™ המופיע בטיפול א' עם אמצעי סימון מטיפוס OWL. ה-OWL נמצא כאמצעי יעיל ביותר למניעת התנגשויות של מיני עופות המעופפים גם בלילה (Pretorius et al., 2023). למרות התוצאות המבטיחות שם, אין הרבה מידע נוסף אודותיו (TransMit). ידוע כי אמצעים דומים נמצאים בשימוש נרחב בהודו וגם בהוואי אך אין ממצאים שפורסמו לגבי יעילותם. עם זאת, מחירו גבוה יחסית (פי 3.3 משני האמצעים האחרים). האמצעי כולל תאורת לד המאירה באור חלש מהבהב. שילוב האמצעים מאפשר בחינה של שיטה בעלת פוטנציאל יעילות גבוה (OWL™) בהשקעה כספית נמוכה יחסית שכן שילוב לסירוגין זה יאפשר הפחתה של מחצית מכמות אמצעי ה-OWL™.



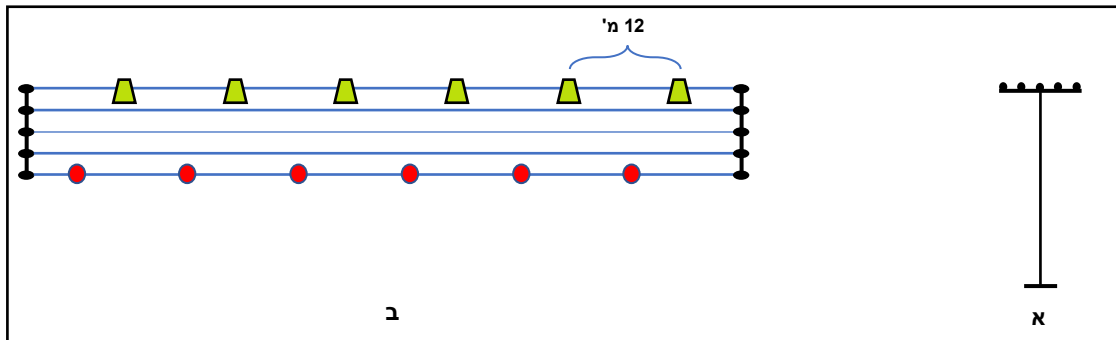
האמצעים הותקנו לסירוגין במרחקים של 6 מ' תוך הקפדה שההתקנה תיעשה בניצב לקו המתח ללא כיפופים, המצמצמים את נראות אמצעי הסימון עבור העופות.

בקווי מתח עליון הותקנו אמצעי הסימון על גבי כבל ההארקה הדק יחסית ואשר ממוקם מעל קווי המתח כמתואר באיור מס' 5. השיקול לכך נובע מהקושי הרב ביכולתו של העוף העף לקראתו להבחין בו בשל קוטר. נוסף על כך, עוף המבחין ברגע האחרון בכבלי המתח העבים, נוסק על פי רב מעלה כתמרון התחמקות ועלול לפגוע בכבל הארקה הדק הנמצא מעליו, אלא אם יזהה אותו מראש. ואכן, מחקרים שונים מצביעים כי כבל זה אחראי לרב מקרי ההתנגשות בקווי מתח עליון (APLIC, 2012; מירוז ועמיתיו, 2019). שיקול נוסף הינו אפקט הקורונה¹ המונע התקנה של האמצעים על גבי קווי המתח עצמם.



איור מס' 5: סכמת סידור אמצעי הסימון לאורך קווי מתח עליון – טיפול א' ו- ב'

¹ פריצה חשמלית המתרחשת כאשר השדה החשמלי מתגבר על התנגדות השכבה המבודדת.



איור מס' 6: ארגון אמצעי הסימון על גבי קווי מתח גבוה. (א) היטל צד של עמוד המתח הגבוה. (ב) ארגון אמצעי הסימון בסדר צולב על הכבלים החיצוניים של קווי המתח.

כל קווי המתח הגבוה שנבחרו הינם בקונפיגורציה חד-מעגלית חד-קומתית. על קווים אלה הותקנו אמצעי הסימון על גבי הכבלים הקיצוניים (על כל כבל הותקן אמצעי מסוג אחר) במרחקים של 12 מ' לאורכו של כל כבל כמתואר באיור מס' 6 (הקו המרכזי הדק יותר הינו קו ההארקה).

אופן ביצוע ההתקנות

ההתקנות בוצעו בצוותים הכוללים 2 אנשי חברת הרחפנים "קרנוס" (מפעיל + עוזר) ולפחות נציג אחד מטעם חח". ההתקנה נעשתה בעזרת מתקן נעילה ייעודי שתוכנן ובנה עבור משימה זו (תמונה מס' 3). ההתקנות על קווי המתח הגבוה נעשו בקווים מנותקים ומקוצרים ואלו שעל קווי המתח העליון נעשו על קווים חיים עם ניתוק מערכת החיבור החוזר.

תקופת הביצוע

ההתקנות נמשכו 6 חודשים, בין ה- 1 ביוני 2022 ל- 30 בנובמבר, 2022. במהלכה של תקופה זו הושלמה התקנתם של 20 מקטעים במסגרת של 23 ימי עבודה בשטח.



תמונה מס' 3: הפעלת הרחפן (א) וההתקן הייעודי לנעילת האמצעים על הכבל (ב). צילום: אשל אופיר

שינויים מאוחרים בהגדרת מקטעי המחקר ומקבצי המקטעים בו

במהלך חודשי הניטורים הראשונים התעוררו בעיות באחדים מהמקטעים ולפיכך הוחלט לשנות במעט את המקטעים שנכללו במחקר. הבעיות שהתעוררו והמענה שניתן מסוכמים בטבלה מס' 2. בעקבות השינויים שנערכו הוגדר במסגרת המחקר סך של 28 מקטעים (9 מקטעי טיפול א', 9 מקטעי טיפול ב' ו- 10 מקטעי ביקורת) שאוגדו ב- 8 מקבצים.

טבלה מס' 2: בעיות שהתעוררו בחלק מהמקטעים שנבחרו והשינויים שנעשו בתחילת תקופת המחקר.

שם המקטע	סוג הטיפול	מתח	הבעיה שהתעוררה	הפתרון שניתן
מדרך עוז צהוב	א'	גבוה	נגישות מוגבלת + עמדת ציד סמוכה	ביטול המקטע
שלוחות אדום	ביקורת	עליון	נגישות מוגבלת	הגדרת מקטע חלופי ("נר דוד אדום") + איחוד עם מקבץ בית אלפא
שלוחות ירוק	ב'	עליון	נגישות מוגבלת	ביטול מקטע + איחוד עם מקבץ בית אלפא
שלוחות צהוב	א'	עליון	נותר ללא טיפול ב' במקבץ	איחוד עם מקבץ בית אלפא

עבודת הניטור



תמונה מס' 4: צוות הכלבנות בפעולה.

פעולות הניטור של המחקר התבססו על שימוש בצוותי כלבנות (כלבן + כלב הרחה). הכלבים אומנו באופן ייעודי לאיתור גוויות ושרידיהן, עד לרמת הנוצה הבוודדת. יישום השימוש בכלבים התבסס על הצלחת השיטה במחקרו המקדים של יושע (2018) וכן, על נתוני יעילותה הגבוהה כפי שנמצאו במחקרים נוספים מהעולם (Homan, 2001; Paula et al., 2011).

לאורך 28 מקטעי המחקר שנבחרו בוצעו סריקות של צוותי הכלבנות לרוחב רצועות של 30 מטר מכל צד של קו המתח. רצועה זו דומה לרצועות ניטור במחקרים אחרים מהעולם (Galis & Sevcik, 2019).

כברירת מחדל, לכל מקטע נקבע יעד תדירות ניטור של אחת לשבועיים-שלושה במשך כל תקופת המחקר. חשוב לציין עם זאת, כי יעד זה הושג באופן חלקי בלבד לנוכח אירועים ומגוון של מגבלות שטח - בעיות עבירות ונגישות, מגבלות מזג אוויר, עבודות חקלאיות, חשש להרעלות, זמינות הכלבים וכמובן, המלחמה שפרצה במהלך תקופת המחקר.

יעילות הסריקה של הכלבים עשויה להשתנות במידת מה על ציר הזמן היומי וכן בהתאם לכיווני הרוח. בהיבט זה, זמני הניטור האופטימליים מבחינת יכולת האבחנה של הכלבים הינם שעות אחה"צ בשל התחממות הקרקע (ספי סהר, מידע בע"פ). עם זאת, בניסיון לייעל את עבודת הניטור וכדי לנסות לעמוד ביעדים, נערכו ניטורים גם במחצית הראשונה של היום.

בניסיון לייצר תנאים דומים ככל האפשר, כל סט הטיפולים (טיפול א' + ב' + ביקורת) במקבצים השונים נוטר ע"י אותו כלב ובאותו יום (ניטור מסונכרן). בנוסף, הוקפד לערוך את הניטורים בסדר משתנה בין המקבצים וכן בין סוגי הטיפולים בתוך כל אחד מהמקבצים על מנת לבטל את השפעתה האפשרית של הבדלי השעות ביום או של עייפות הכלבים.

תקופת הניטורים והיקפם:

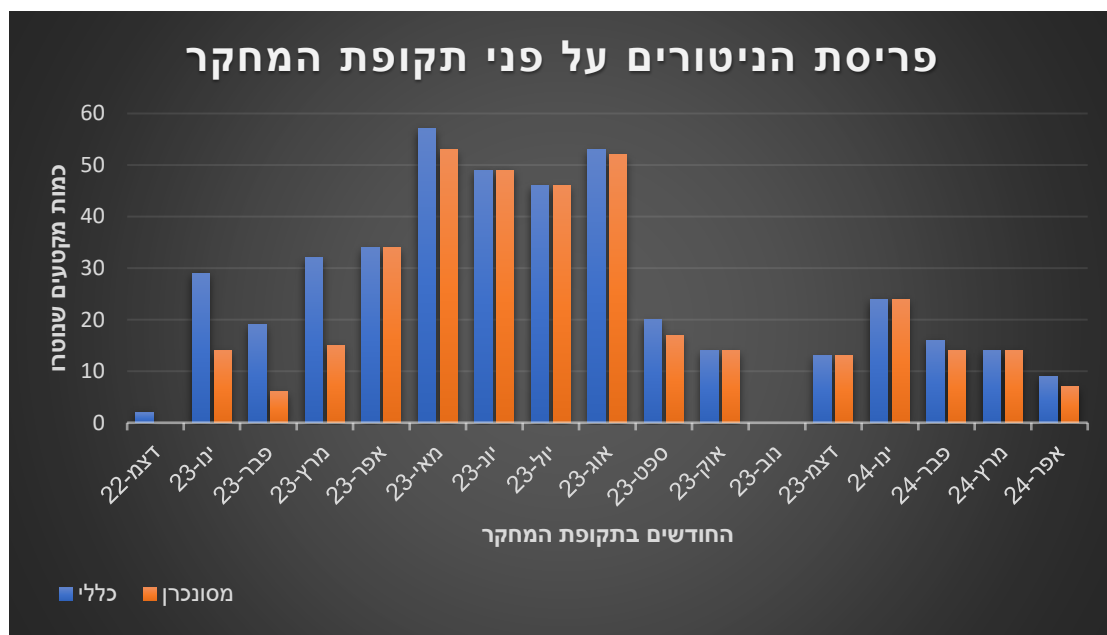
הניטורים הראשונים בוצעו ב- 31 בדצמבר, 2022. הניטורים האחרונים בוצעו ב- 15 באפריל, 2024. סה"כ בוצעו בתקופה זו 431 ניטורי מקטעים, מתוכם 376 ניטורים מסונכרנים כלומר, כאלה שבוצעו באותו יום, יחד עם ניטור שאר מקטעי המקבץ (טבלה מס' 3, איור מס' 7).

בממוצע, נוטרו המקטעים 15.3 פעמים למקטע במהלך תקופת המחקר (מינ. 11, מקס. 17).

בחודשי המלחמה הראשונים (7 באוקטובר עד 5 בדצמבר, 2023) לא בוצעו כלל ניטורים. ב- 5 בדצמבר 2023 עד ה- 15 באפריל 2024 בוצעו ניטורים אך באופן דליל ולא סדיר בשל פעילויות מבצעיות תכופות של הכלבים והכלבנים.

טבלה מס' 3: כמות הניטורים בתקופת המחקר לפי חודשים

דצמבר 22		ינואר 23		פברואר 23		מרץ 23		אפריל 23		מאי 23	
כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן
2	-	29	14	19	6	32	15	34	34	57	53
יוני 23		יולי 23		אוגוסט 23		ספטמבר 23		אוקטובר 23		נובמבר 23	
כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן
49	49	46	46	52	52	21	21	14	14	-	-
דצמבר 23		ינואר 24		פברואר 24		מרץ 24		אפריל 24		סה"כ	
כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן	כללי	מסונכרן
13	13	24	24	16	14	14	14	9	7	431	376



איור מס' 7: פריסת הניטורים על פני תקופת המחקר. הגרף מציג את הכמות החודשית של הניטורים המסונכרנים (העמודות הכתומות) ושל כלל הניטורים (עמודות כחולות).

מניעת הטיות של תוצאות הניטור

איכות הניטור ומידת מהימנות תוצאותיו עשויה להיות מושפעת מפעולות הניטור עצמן (מידת היעילות של הכלב הסורק באיתור פגרים ושרידי פגרים, תדירות הסריקות) ומגורמים חיצוניים בשטח (הבדלים בקצב סילוק פגרים ע"י בע"ח אוכלי נבלות, בזמן ובמרחב). אלה גם אלה יכולים להביא להטיה משמעותית של התוצאות באומדן היקף הפגיעה.

יש להדגיש כי אומדן כמותי של היקף הפגיעה לא היה בין מטרותיו המוגדרות של מחקר זה. היקף הפגיעה מבחינה כמותית כבר נבחן בארץ (יושע, 2018) ובעולם (לסקירה, ראה APLIC 2012). עם זאת, למרות התמקדות המחקר הנוכחי בבחינת יעילותם של אמצעי הסימון הנבדקים בצמצום היקף ההפגעות של עופות מקווי מתח, ראינו חשיבות לנצל את מאמץ איסוף הנתונים להרחבת מסד הנתונים הכמותי וביסוס אומדן כמותי ומהימן ככל הניתן תוך ירידה לרזולוציות סביבתיות רלוונטיות כמו שימושי קרקע ובתי גידול, עונתיות וכד'.

לפיכך, על מנת לצמצם הטיות אפשריות שכאלה נערכו מבחני כילוי.

מבחני הכילוי

סילוק פגרים ע"י בע"ח שונים מתקיים באופן תדיר ומשפיע באופן מהותי על תוצאות הניטור. מכיוון שתהליך הניטור התבצע באינטרוולים של שבועיים-שלושה לפחות, יש להניח כי חלק נכבד מכמות העופות שנפגעו סולק מהשטח מבלי שיימצא.

הערכת קצב סילוק הפגרים (או "תוחלת החיים" של פגר) מאפשרת הוספת תיקון מחושב להיקפי ההיפגעות המנוטרים לשם קבלת ערכי היפגעות משוקללים.

לשם כך ביצענו מבחני כילוי יזומים במהלך תקופת הניטור. המבחנים נערכו ב- 7 מקטעים נבחרים הנמצאים בסמיכות למקבצי הניטור בהתאם לקרבה המרחבית ולדמיון בבית גידול בין המקטעים הכלולים בו (תמונה מס' 5).

אופן פיזור הפגרים:

- הפגרים פוזרו בשטח ע"י צוות המחקר.
- עם הנחתו של כל פגר סומן מיקומו בשטח ע"י נעיצת יתד קטנה (כ- 20 ס"מ מעל פני הקרקע וללא אמצעי סימון נוספים).
- הפגר צולם ותועד ברישום שכלל את הפרטים הבאים: סוג הפגר, בית הגידול בו הונח ונ"צ מדויק שנלקח בעזרת GPS.
- הפעולות הנ"ל נעשו לשם איתורו בקלות של הפגר באם לא אותר ע"י הכלב וסילוקו מהשטח בתום המבחן.
- העבודה נעשתה תוך עטיית כפפות.

הפגרים ששימשו במבחני הכילוי סופקו ע"י רט"ג מתוך מאגר ציפורי בר שמצאו את מותן ונשמרו בהקפאה או הועברו מביה"ח לחיות בר בספארי שברמת גן. נעשה מאמץ להימנע משימוש בתרנגולות ובמינים אחרים של עופות משק. עם זאת, מיעוט פגרים גדולים חייב לעיתים את השימוש בהם. הפגרים הקפואים הוצאו מהקפאה 24 שעות בטרם פיזורם תוך שימוש בכפפות למניעת "זיהום" ריח.

בתכנית המקורית תוכננו מבחני כילוי עונתיים. בפועל בוצע מבחן כילוי בודד באביב 2023. מבחן הכילוי שתוכנן לסתיו 2023 לא יצא לפועל בשל המלחמה שפרצה באוקטובר 2023.

מבחן הכילוי שבוצע נערך ב- 30/4/2023 עד ה- 14/5/2023.

תיעוד הממצאים בשטח

כל הממצאים שנמצאו בשטח נאספו, תועדו והוגדרו באחת מ- 3 קטגוריות:

1. פגר שלם
2. חלקי פגר
3. נוצות

התיעוד נעשה ע"י צילום הממצא תוך ציון מיקום מדויק (כולל המרחק מקו המתח) ומתן קוד אות ומספר לכל ממצא.

הדיווח בשטח נעשה במקביל באמצעות אפליקציות ווטסאפ ו"דיווחים לרט"ג"

הממצאים הוכנסו לשקית אטומה נפרדת לכל פריט עם הכותרת "התנגשויות בקווי מתח", רישום הערות כלליות על פי הצורך וציון קוד הממצא. ממצאי בע"ח שאינם עופות או עטלפים ברצועת הניטור דווחו גם הם וסולקו מהאזור אך לא נשמרו.

התייחסות מיוחדת בתיעוד (כציון ייעודי בדו"ח הממצא) נעשתה עבור הממצאים שנאספו ברדיוס של עד 30 מטר מכל עמוד. ממצאים אלה לא נכללו בגוף הנתונים הבסיסי ששימש להשוואה בין המקטעים. הדבר נובע משתי סיבות:

1. העמוד הינו אלמנט בולט ונראה למרחוק.
- עבור מיני דורסים רבים משמשים עמודי המתח כפלטפורמות נוחות לאכילה ולפיכך, יש לצפות למציאתם של שרידי טרף רבים סביבם.
2. יתכן שהעופות נפגעו מהתחשמלות על עמוד המתח הגבוה ולא מהתנגשות.

איסוף הממצאים הפיזיים וריכוזם

בסוף כל יום ניטור העביר הכלבן את הממצאים במרכז למקפיא ייעודי לצורך שימור.

הממצאים הועברו במרכז למוזיאון אחת לחודש-חודשיים לצורך זיהויים.

עבודת זיהוי הממצאים הפיזיים

תהליך זיהוי הממצאים נעשה באוניברסיטת תל אביב (מוזיאון הטבע ע"ש שטיינהארדט) והתבסס על מספר שיטות בהתאם לאופי הממצאים:

1. זיהוי חיצוני (פגר שלם או חלקי);
 2. זיהוי נוצות – בעין או בעזרת מיקרוסקופ – תוך הסתייעות במגדיר מקוון או בחינה השוואתית באוסף המקומי;
 3. ניתוח גנטי (ע"י ראש המעבדה המולקולרית של המוזיאון, ד"ר תמר פלדשטיין).
- יישומה של כל שיטה נעשה על פי צורך ובאם השיטה שלפניה לא הניבה תוצאות ברמת אמינות מספקת.
- עם הגעת הממצאים למוזיאון נעשתה בחינה ראשונית של כל אחד מהם ע"י צוות שכלל את צוות המוזיאון (ד"ר עמוס בלמקר ואביגיל בן-דב סגל) ואוהד הצופה. בחלק מהזיהויים השתתפו הכלבן, המנהל המדעי ומתנדבים מומחים בזיהוי נוצות (איתמר דוניצה ויובל דקס).
- הזיהוי המלא כלל הגדרה ברמת המין עד כמה שניתן היה. כמו כן, צוינו גם הזוויג והגיל אם ניתן, (למרות שפרטים אלה אינם מטרת הזיהוי).

ריכוז התוצאות

לאחר השלמת כל פעימה של תהליכי הזיהוי, הועלו הנתונים שנאספו למערכת TIMi (ע"י מרים פרוינד) ובמקביל, גם הוזנו לבסיס נתונים של המוזיאון (אקסל).

ניתוח התוצאות

במהלך המחקר בוצעו 376 ניטורי מקטעים מסונכרנים (כלומר, כאלה שבהם נבדקו כלל הטיפולים במקבץ באותו יום, או לכל היותר, ביום שלמחרת). 56 ניטורים נוספים לא עמדו בקריטריון הסינכרון ולפיכך לא נכללו בגוף הנתונים ששימש להשוואה בין הטיפולים. עם זאת, הנתונים שנאספו מניטורים אלה נכללו בגוף הנתונים הכללי לצורך השוואה בין הקבוצות השונות. חשוב להבהיר כי בשל האינטרוואלים הגדולים והלא סדירים בין הניטורים, הנתונים המספריים של ממצאי המחקר אינם משקפים את היקף התמותה האמיתי שהוא כנראה גבוה בהרבה (כאמור, אומדן היקפי התמותה המוחלטים לא הוגדר כאחת ממטרות המחקר). לפיכך, גם המינים שמספריהם צנועים יחסית, ובמיוחד כאלו שנזכרו בשטח דלילה יותר, עשויים להיות מינים רגישים.

מס' ההפגעויות הממוצע לניטור – השוואה בין הטיפולים

ההשוואה בין הטיפולים נעשתה על בסיס הניטורים המסונכרנים בלבד.

השוואת השפעתם הכוללת של הטיפולים (ללא הפרדה בין סוגי קווי המתח)

בטבלה מס' 5 ובאיור מס' 8 מוצגים הערכים הממוצעים של מספר הפרטים שנאספו מתחת לקווי המתח לפי סוג הטיפול ותוך התייחסות מיוחדת לקבוצת היונאים. ניתן לראות כי במקטעי הביקורת מספרם הממוצע של כלל הממצאים גבוה מזה של טיפול א' וטיפול ב' ועומד על ממוצע של $2.77 (S.D. \pm 3.0)$ ממצאים לכל ניטור. בטיפולים א' ו-ב' מספרם הממוצע של כלל הממצאים נמוך משמעותית ועומד על $1.41 (S.D. \pm 2.0)$ ו- $0.47 (S.D. \pm 1.2)$ ממצאים לכל ניטור, בהתאמה.

המשמעות היא כי בהשוואה למקטעי הביקורת, טיפול א' הפחית את מס' ההתנגשויות ב-49% ואילו טיפול ב' הפחית את מס' ההתנגשויות ב-83%. ההבדלים בין טיפול א' ו-ב' לביקורת מפגינים מובהקות ברורה וכך גם בין טיפול א' ל-ב' ($t < 0.001$).

בהשוואה בין הטיפולים ניכר כי טיפול ב' מפגין יעילות גבוהה מזו של טיפול א': מספר ההתנגשויות הממוצע לניטור במקטעי טיפול ב' הוא שליש ממס' ההתנגשויות הממוצע במקטעי טיפול א' (0.47 לעומת 1.41).

בחינת ממצאי קבוצת היונאים מעלה כי גם בקרב קבוצה זו נשמר אותו דגם לפיו הפחיתו שני הטיפולים את מס' ההתנגשויות לעומת הביקורת: טיפול א' הפחית את ממוצע ההתנגשויות לניטור ב-70% (0.45 לעומת 1.50) וטיפול ב' הפחית את ממוצע ההתנגשויות לניטור ב-87% (0.19 לעומת 1.50). גם בקרב מיני היונאים נמצא כי טיפול ב' יעיל יותר וממוצע ההתנגשויות לניטור בטיפול זה נמוך ב-58% מזה של טיפול א'.

בהשוואה בין מיני היונאים לשאר המינים יש הבדל הבולט אחד ביניהם והוא מידת השפעתו של טיפול א': בקרב מיני היונאים הפחתת ממוצע ההתנגשויות במקטעי הטיפול לעומת הביקורת היא כאמור של כ-70% לעומת הפחתה של 24% בלבד בקרב שאר המינים.

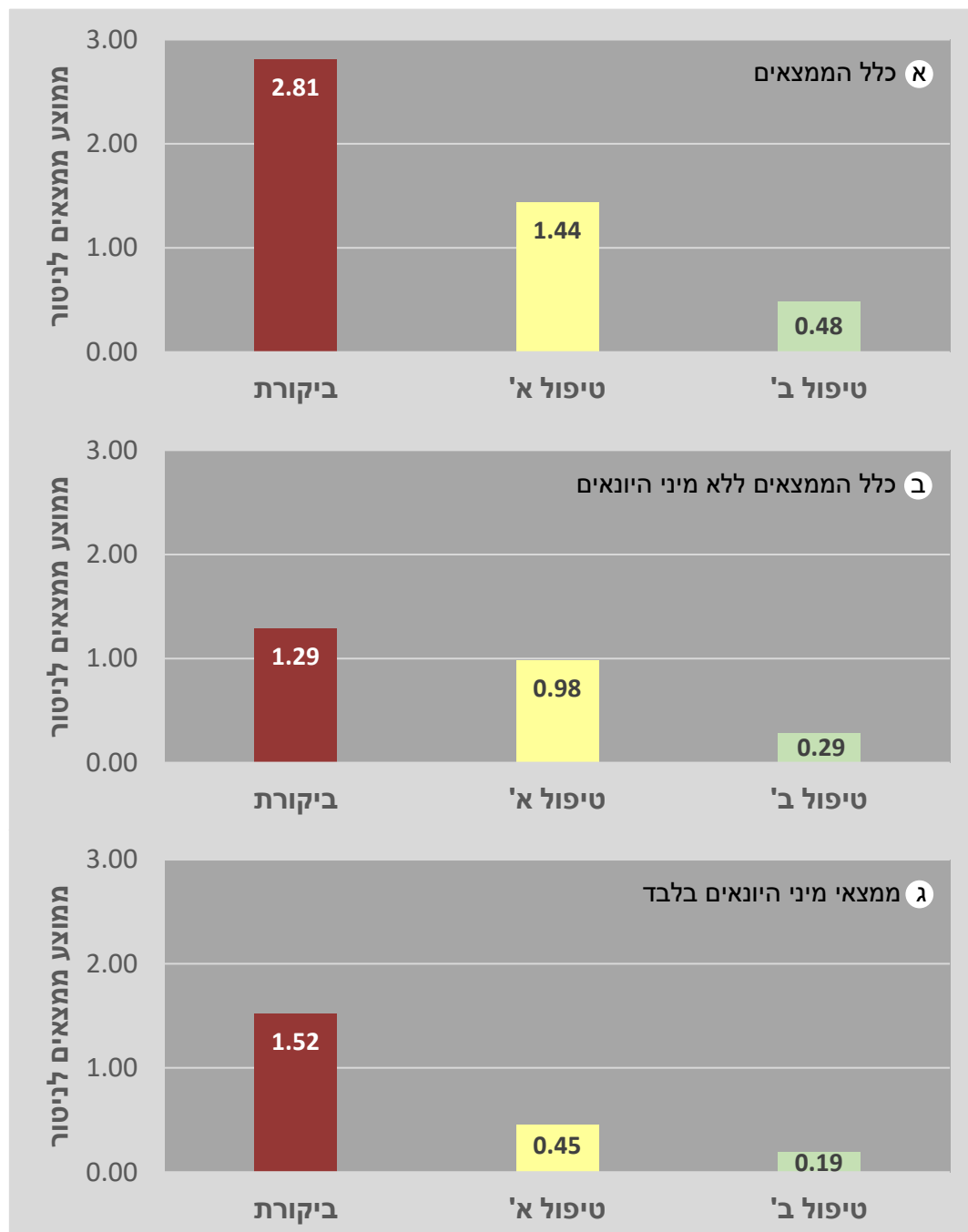
סטיית התקן הגבוהות נובעות מהעובדה שהערכים נאספו ממקבצים שונים של מקטעים שהשונות ביניהם רבה.

כלל הממצאים				
הטיפול	כמות הממצאים	מס' הניטורים	ממוצע לניטור	סטיית התקן
ביקורת	377	136	2.77	3.0
א'	168	119	1.41	2.0
ב'	57	121	0.47	1.2
סה"כ	602	376	1.61	
השוואה בין הטיפולים		מבחן t (מזווג)	תיקון בונפרוני (0.05)	p-value
ביקורת – טיפול א'		t<0.001	0.017	<0.001
ביקורת – טיפול ב'		t<0.001		
טיפול א' – טיפול ב'		t<0.001		

כלל הממצאים ללא מיני היונאים				
הטיפול	כמות הממצאים	מס' הניטורים	ממוצע לניטור	סטיית התקן
ביקורת	173	136	1.27	1.7
א'	115	119	0.97	1.6
ב'	34	121	0.28	1.0
סה"כ	322	376	0.86	
השוואה בין הטיפולים		מבחן t (מזווג)	תיקון בונפרוני (0.05)	p-value
ביקורת – טיפול א'		t=0.014	0.017	<0.001
ביקורת – טיפול ב'		t<0.001		
טיפול א' – טיפול ב'		t<0.001		

ממצאי מיני היונאים בלבד				
הטיפול	כמות הממצאים	מס' הניטורים	ממוצע לניטור	סטיית התקן
ביקורת	204	136	1.50	1.8
א'	53	119	0.45	1.0
ב'	23	121	0.19	0.6
סה"כ	280	376	0.75	
השוואה בין הטיפולים		מבחן t (מזווג)	תיקון בונפרוני (0.05)	p-value
ביקורת – טיפול א'		t<0.001	0.017	<0.001
ביקורת – טיפול ב'		t<0.001		
טיפול א' – טיפול ב'		t<0.001		

טבלה מס' 5: השוואת ממצאי ההתנגשויות בניטורים המסונכרנים בין הטיפולים השונים עבור:
(א) כלל הממצאים, (ב) כלל הממצאים ללא מיני היונאים, (ג) ממצאי מיני היונאים בלבד.



איור מס' 8: השוואת ממצאי ההתנגשויות בניטורים המסונכרנים בין הטיפולים השונים עבור: (א) כלל הממצאים, (ב) כלל הממצאים ללא מיני היונאים, (ג) ממצאי מיני היונאים בלבד.

השוואת השפעתם של הטיפולים בסוגי קווי המתח השונים

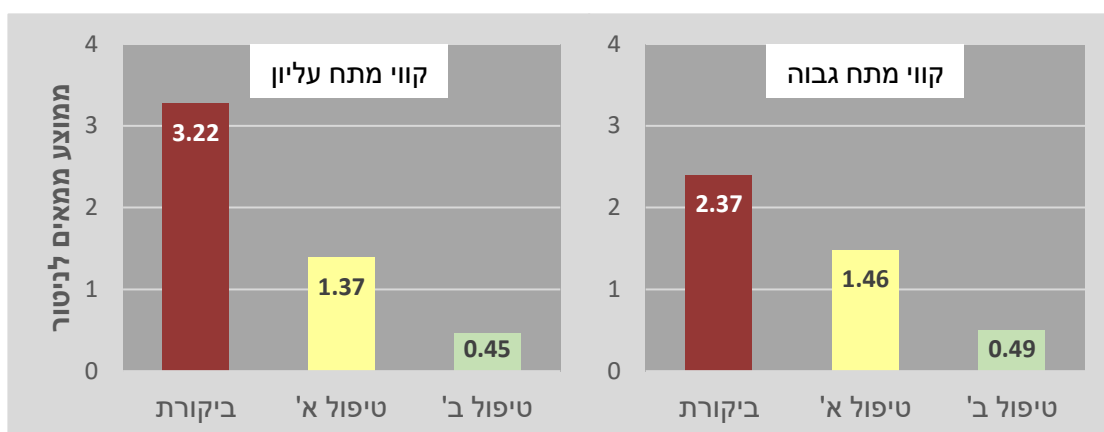
בחינת ההבדלים בין קווי המתח השונים (מתח גבוה/מתח עליון) הראתה תמונה דומה בכל אחד מסוגי הקווים (איור מס' 9). עם זאת, בקווי המתח הגבוה ההבדלים בין מקטעי טיפול א' למקטעי הביקורת אינם מובהקים ($t=0.023$).

ממוצע ההתנגשויות לניטור במקטעי הביקורת של קווי המתח העליון גבוה מזה של קווי המתח הגבוה (3.27 לעומת 2.4), אך לא נמצאה מובהקות ($t>0.05$).

הטיפול	כמות הממצאים		מס' הניטורים		ממוצע לניטור		סטיית התקן	
	מ. גבוה	מ. עליון	מ. גבוה	מ. עליון	מ. גבוה	מ. עליון	מ. גבוה	מ. עליון
ביקורת	168	209	71	65	2.37	3.22	2.9	3.1
א'	83	85	57	62	1.46	1.37	2.2	1.7
ב'	34	23	70	51	0.49	0.45	1.4	0.8
סה"כ	285	317	198	178	1.47	1.81		

השוואה בין הטיפולים		מבחן t (מזוג)	תיקון בונפרוני (0.05)	p-value
מתח גבוה				
ביקורת – טיפול א'	t=0.023	0.017	<0.001	
ביקורת – טיפול ב'	t<0.001			
טיפול א' – טיפול ב'	t<0.001			
מתח עליון				
ביקורת – טיפול א'	t<0.001	0.017	<0.001	
ביקורת – טיפול ב'	t<0.001			
טיפול א' – טיפול ב'	t<0.001			

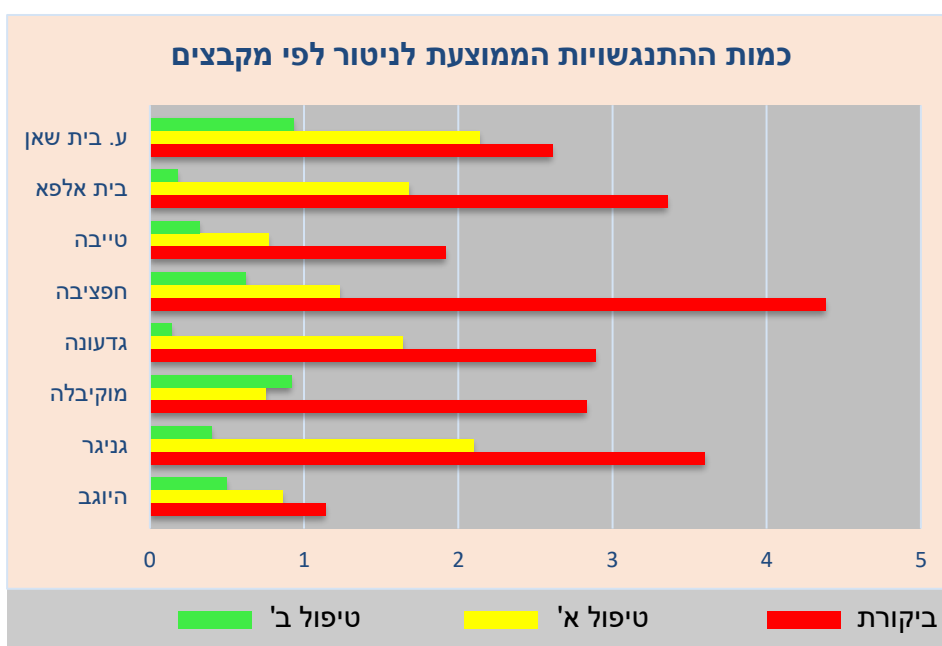
טבלה מס' 6: השוואת כלל הממצאים בין הטיפולים השונים.



איור מס' 9: השוואת ממצאי ההתנגשויות בין הטיפולים השונים בחתך של סוגי קווי המתח (גבוה ועליון).

השוואת השפעתם של הטיפולים במקבצי המקטעים השונים

הבדלים גדולים בכמות הממצאים בין הטיפולים (א' ו- ב') לביקורת מתקיימים גם בנפרד בכל אחד ממקבצי המקטעים, כפי שניתן לראות באיור מס' 10. גם ההבדלים בין הטיפולים עצמם באים לידי ביטוי כמעט בכל המקבצים. בטבלה מס' 7 ניתן לראות כי בכל המקבצים כמות הממצאים הממוצעת הגדולה ביותר (באדום) נמצאה במקטעי הביקורת. כמעט בכל המקבצים טיפול ב' נמצא כיעיל ביותר ולפיכך הפגין את כמות הממצאים הממוצעת הנמוכה ביותר (בכחול). היוצא מן הכלל היחיד הוא מקבץ מוקיבלה בו הפגין טיפול א' ערכים הנמוכים במעט מאלה של טיפול ב' (0.75 לעומת 0.83). מבחן בינומי של התוצאות מצביע על הבדלים מובהקים של כל אחד מהטיפולים לעומת הביקורת ($p < 0.005$) וכמו כן, על הבדלים מובהקים בין שני הטיפולים ($p < 0.01$).



איור מס' 10: כמות הממצאים הממוצעת בטיפולים השונים – השוואה בין המקבצים.

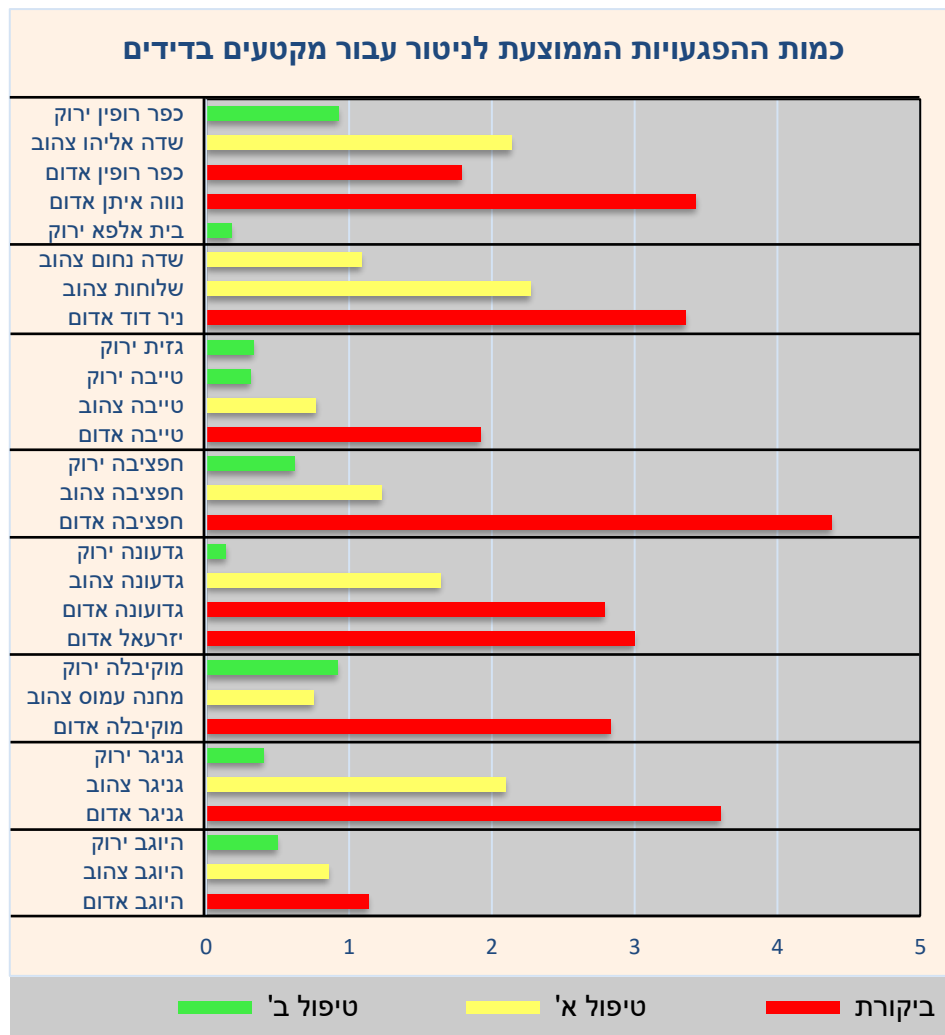
Min-Max			שם המקבץ
טיפול ב'	טיפול א'	ביקורת	
0.93	2.14	2.61	עמק בית שאן
0.18	1.68	3.36	בית אלפא
0.30	0.71	1.79	טייבה
0.62	1.23	4.38	חפציבה
0.14	1.64	2.89	גדעונה
0.85	0.69	2.62	מוקיבלה
0.40	2.10	3.60	גניגר
0.50	0.86	1.14	היוגב

טבלה מס' 7: כמות הממצאים הממוצעת בטיפולים השונים – לפי מקבצים.

מסומן באדום: הטיפול עם כמות ההפגעויות הרבה ביותר.

מסומן בכחול: הטיפול עם כמות ההפגעויות הנמוכה ביותר.

מסומן בצהוב: הטיפול עם ערכי הביניים בין הגבוה לנמוך ביותר.



איור מס' 11: כמות ההפגעות הממוצעת לניטור עבור מקטעים בדידים.

ההבדלים בין הטיפולים לביקורת מתקיימים גם כאשר מתבוננים ברזולוציה של המקטעים הבדידים במקבצים. באיור מס' 11 ניתן לראות שגם במקבצים שיש בהם יותר ממקטע אחד מאותו טיפול, נשמרים ההבדלים כפי שתוארו לעיל, להוציא חריג אחד בעמק בית שאן בו נמצאו במקטע טיפול א' (שדה אליהו צהוב) מעט יותר ממצאים לניטור מאשר באחד ממקטעי הביקורת (כפר רופין אדום). כך לדוגמא, במקבץ גדעונה ועמק בית שאן, כל אחד משני מקטעי הביקורת שיש בהם הפגין כמות הפגעות גבוהה יותר לעומת המקטעים של טיפול א' ו- ב'.

התמונה הטקסונומית

במסגרת כלל הניטורים נמצאו שרידיהם של 702 עופות, מהם 602 בניטורים המסונכרנים. סה"כ זהו ברמת המין 507 פרטים המשויכים ל- 60 מינים. 166 פרטים נוספים זהו ללא שיוך למין, ברמות טקסונומית גבוהות יותר, עד לרמת הסדרה. 29 פרטים זהו כעופות בלתי מזוהים (טבלה מס' 4).

הקבוצה שלה הייצוג הבולט ביותר הינה סדרת היונאים (איור מס' 12). בניכוי הפרטים שלא זהו מעבר לרמת המחלקה (עופות), הרי שמחצית (50%) מכלל הפרטים שנאספו וזוהו במהלך המחקר משתייכים לסדרה זו. המין המיוצג בה ביותר הינו תור הצווארון (*Streptopelia decaocto*) (148 פרטים). נתון זה תואם את שכיחותם הרבה בשטח במהלך השנה כולה ואת נטייתם להתלהק. נוסף למין זה נאספו גם 16 פרטים של מין אדום אחד - התור המצוי (*Streptopelia turtur*). בקבוצה זו ניתן למצוא גם מין מבויט – יונת הבית (*Columba livia domestica*) (49 פרטים). בגרף מס' 8 ניתן לראות את העמודות לאחר שמין זה נגרע מהמספרים, יחד עם שני מינים פולשים - פרט אחד של דררה (*Psittacula krameri*) ו- 3 פרטים של מיינה (*Acridotheres tristis*).

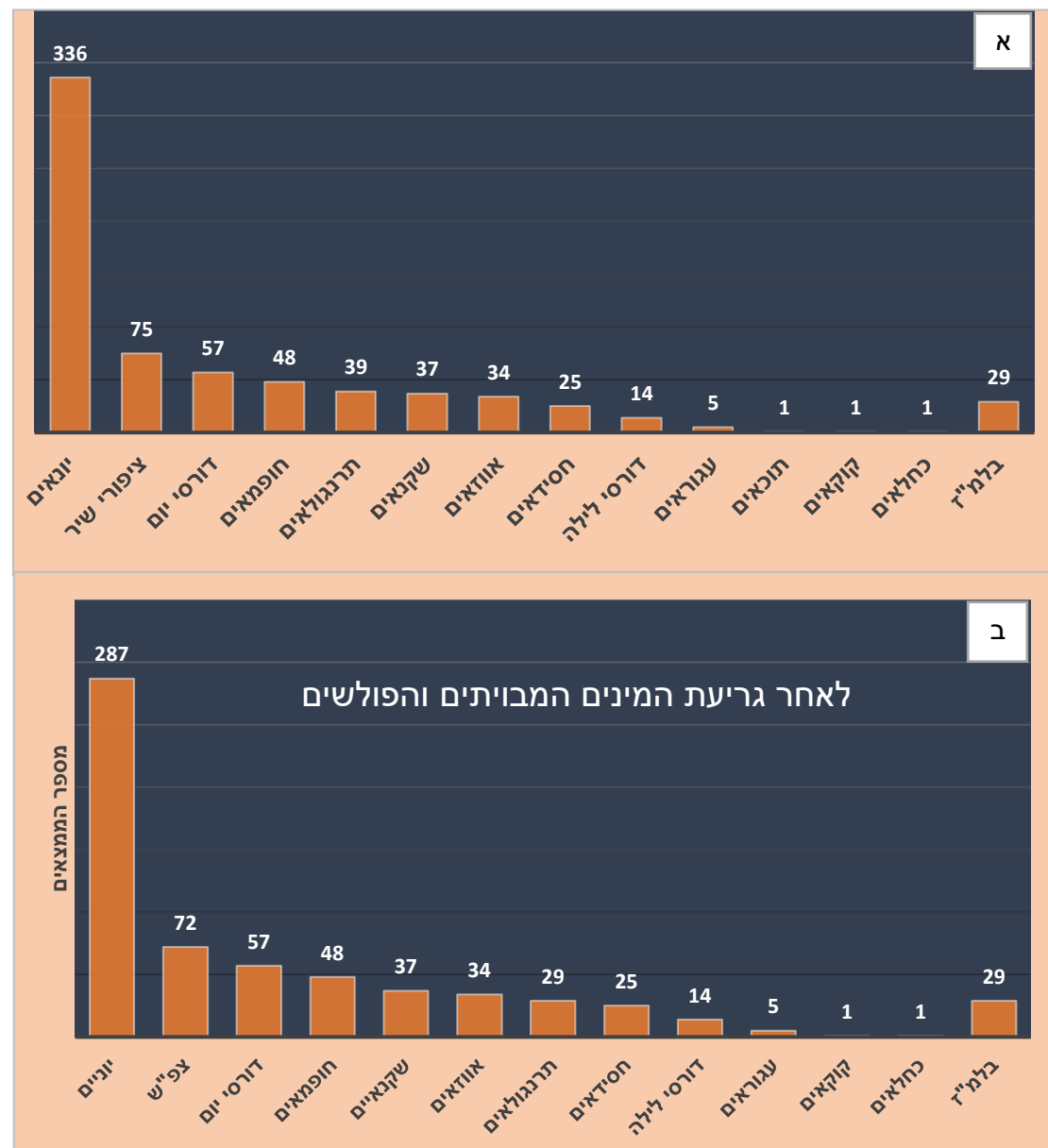
סדרת ציפורי השיר היא הקבוצה השנייה בגודלה – 75 פרטים (11%). המינים הבולטים בקבוצה זו הינם העורב האפור (*Corvus cornix*) והעורבני (*Garrulus glandarius*) (18 ו- 15 פרטים, בהתאמה). העורב האפור הינו מין נפוץ הנוהג לבצע תעופות מרובות בשטחים פתוחים ובגובה קווי המתח ולפיכך, ריבוי ההפגעות בקרב המין הזה אינו מפתיע. עורבנים נוהגים גם הם לבצע מפעם לפעם תעופות מעל שטחים פתוחים ויתכן כי נטייתם להיפגע מקווי מתח נובעת מכישורי התעופה המוגבלים שלהם.

57 דורסי יום נמצאו במהלך הניטור. זהו מספר גבוה יחסית למספר הפרטים בשטח. מתוך קבוצה זו, בולט מספרם הגבוה במיוחד של החוויאים (*Circaetus gallicus*) – 19 פרטים מהווים 46% מכלל הדורסים שזוהו ברמת המין (41). מין זה מתברר במחקר כרגיש במיוחד להתנגשויות בקווי המתח. יתכן שהסיבה לכך נעוצה באופייה המיוחד של תעופת שיחור המזון שלו ובשטחים המועדפים עליו – רפרוף במקום וצלילה אנכית אל עבר הטרף שעל הקרקע. היות שהחוויאי מעדיף שטחים פתוחים עם קרקע חשופה, הרי שמזווית הראיה שלו קווי המתח נבלעים ברקע הכהה של הקרקע והופכים כנראה לבלתי נראים עבורו.

החופמאים הינה קבוצה מעניינת נוספת. למרות ריבוי החופמאים במאגרי מים באזור המחקר, רק 2 מינים הפגינו נטייה להפגעות מקווי המתח: הסיקסק (*Vanellus spinosus*) והכרוון המצוי (*Burhinus oedicnemus*). 18 פרטים מכל אחד משני המינים הללו נאספו מתחת לקווי המתח במהלך המחקר. שני מינים אלה מהווים ביחד 90% מכלל ההפגעות של בני סדרה זו שזוהו. שחפים למשל הנה קבוצה דומיננטית למדי בשטח המחקר, הן מבחינה מספרית והן מבחינה דינמית התנועתית. ולמרות זאת, במהלך כל תקופת המחקר, רק 2 ממצאים זהו כשחף (שחף אגמים, *Chroicocephalus ridibundus*). מיעוט ממצאי השחפים במחקר זה אינו תואם את ממצאיו של יושע (2018) וממצאים אחרים מאזורים אחרים שלא במסגרת המחקר הנוכחי, לפיהם שכיחות הפגעותם של שחפים מהתנגשויות בקווי מתח,

גבוהה. חשוב להדגיש כי גם הסיקסק וגם הכרוון המצוי הינם מינים יציבים הנפוצים מאוד בשטח המחקר. הסיקסק הינו מין מתבלט המקיים בעיקר פעילות יומית ומפגין פעלתנות רבה בבתי גידול פתוחים. לעיתים קרובות ניתן לראותו גם בתעופה בשעות הדמדומים ואף בחשיכה. הכרוון המצוי הינו מין של שטחים פתוחים שעיקר פעילותו לילית. יתכן כי לעובדה זו, בנוסף למאפייני התעופה הנמוכה שלו, משקל בנטייתו להיפגע מקווי מתח.

בסדרת התרנגולאים החוגלה (*Alectoris chukar*) הינה המין עם מספר ההיפגעויות הגבוה ביותר (14). מין זה, כמו מיני תרנגולאים רבים אחרים, הוא מעופף גרוע בעל עומס כנף גדול המתאפיין בתעופה



איור מס' 12: כמות הממצאים הכוללת לפי הקבוצות הטקסונומיות (א) ובהפחתת המינים המבויתים והפולשים (ב). ממצאי ההתנגשות בקווי המתח שנוטרו במחקר כוללים משרעת רחבה של מינים מסדרות שונות כאשר חלקם של מיני היונאים הוא הגדול ביותר - 50% מההתנגשויות בקווי המתח שבמקטעי הניטור. גריעת המינים המבויתים (יונת הבית) והפולשים (מיינה ודררה) לא שינתה את התמונה באופן מהותי. חשוב להדגיש עם זאת כי המספרים הנתונים הינם נתוני חסר ומשקפים היבט יחסי בלבד ולא את היקף התמותה המוחלט.

נמוכה וישרה ומתקשה מאוד בביצוע תמרונים אוויריים. מגבלה זו כנראה שעומדת לו לרועץ בהתקרבות לקו מתח וביכולתו לתמרן במהירות מספקת עם זיהויו.

המקרים של הברווזים, החסידות והאנפה האפורה מעניינים בהקשר של הפיזור הגיאוגרפי של ההיפגעויות. בקבוצות אלה בלטה התופעה של מוקדי פגיעה ברורים.

20 מתוך 34 ממצאי הברווזים (59%) נאספו מאזור מצומצם של הסקר, במקטעים שממערב לכביש הסרגל ו- 10 נוספים (29%) ממקבץ בית אלפא.

שרידיהן של 17 חסידות לבנות (*Ciconia Ciconia*) אותרו וזוהו במהלך הניטורים (7 נוספות לא זוהו ברמת המין). 11 מתוכן (65%) נמצאו במקבץ חפציבה, מתוכן 10 (59%) מתחת למקטע בודד (אחד מתוך 28 מקטעי המחקר!)

גם האנפות האפורות (*Ardea cinerea*) הפגינו דפוס דומה של מוקד קטל בודד. 9 מבין 12 ממצאי מין זה (75%) נאספו במקטע בודד (נווה איתן אדום). במקרה זה מדובר באזור חורש דליל שככל הנראה שימש כאתר לינה לאנפות ויתכן מאוד שההתנגשויות הקטלניות התרחשו כתוצאה מהחרדתן בשעות הלילה או הבוקר המוקדמות.

טבלה מס' 4: פירוט המינים והקבוצות הטקסונומיות שנאספו וסטטוס השימור שלהם

שם המין (עברית)	השם המדעי	מס. הפרטים	סטטוס שימור אזורי*	סטטוס שימור עולמי*
עופות (AVES)				
עוף בלמ"ז		29		
ציפורי שיר (Passeriformes)				
עורבני	<i>Garrulus glandarius</i>	18	LC	LC
עורב אפור	<i>Corvus cornix</i>	15	LC	LC
זרזיר מצוי	<i>Sturnus vulgaris</i>	5		LC
דרור בית	<i>Passer domesticus</i>	3	LC	LC
זרעית השדה	<i>Alauda arvensis</i>	3		LC
מיינה מצויה	<i>Acridotheres tristis</i>	3	מין פולש	LC
עפרוני מצויץ	<i>Galerida cristata</i>	2	LC	LC
קנית פסים	<i>Acrocephalus schoenobaenus</i>	2		LC
גיבתון עפרוני	<i>Emberiza calandra</i>	1	LC	LC
חנקן נבי	<i>Lanius nubicus</i>	1	LC	LC
חרגולן	<i>Locustella sp.</i>	1		
סבכי שחור-כיפה	<i>Sylvia atricapilla</i>	1	DD	LC
סנונית בלמ"ז	<i>Hirundo sp.</i>	1		
סנונית מערות	<i>Hirundo rustica</i>	1	LC	LC
פיפיון שדות	<i>Anthus pratensis</i>	1		LC
פשוש	<i>Prinia gracilis</i>	1	LC	LC
קאק	<i>Coloeus monedula</i>	1	LC	LC
שחרור	<i>Turdus merula</i>	1	LC	LC
ציפור שיר בלמ"ז		14		
סה"כ		75		
יונאים (Columbiformes)				
תור צווארון	<i>Streptopelia decaocto</i>	148	LC	LC
יונת הבית	<i>Columba livia domestica</i>	49	מבויית	מבויית
צוצלת	<i>Spilopelia senegalensis</i>	32	LC	LC
תור מצוי	<i>Streptopelia turtur</i>	16	NT	VU
תור בלמ"ז	<i>Streptopelia spp.</i>	11		
יונה בלמ"ז	<i>Columba spp.</i>	4		
יונאים בלמ"ז		76		
סה"כ		336		
דורסי יום (Falconiformes/Accipitriformes)				
חיוויאי	<i>Circaetus gallicus</i>	19	LC	LC
דיה מצויה	<i>Milvus migrans</i>	7	RE	LC
בז מצוי	<i>Falco tinnunculus</i>	6	LC	LC
איית צרעים	<i>Pernis apivorus</i>	2		LC
עקב חורף	<i>Buteo buteo</i>	2	NT	LC
עקב עיטי	<i>Buteo rufinus</i>	1	NT	LC
שלך	<i>Pandion haliaetus</i>	1		LC
נץ מצוי	<i>Accipiter nisus</i>	1	LC	LC
בז נודד	<i>Falco peregrinus</i>	1	CR	LC
בז בלמ"ז	<i>Falco sp.</i>	1		
ניציים בלמ"ז		13		
ניצאים בלמ"ז		1		
דורס בלמ"ז		2		
סה"כ		57		
קוקאים (Cuculiformes)				
קוקייה מצויצת	<i>Clamator glandarius</i>	1	LC	LC
סה"כ		1		
נחלאים (Coraciiformes)				
פרפור עקוד	<i>Ceryle rudis</i>	1	LC	LC
סה"כ		1		

המשך מהעמוד הקודם				
שם המין	השם המדעי	מס. הפרטים	סטטוס שימור אזורי	סטטוס שימור עולמי
תוכאים (Psittaciformes)				
דררה מצויה	<i>Psittacula krameri</i>	1	מין פולש	LC
סה"כ		1		
דורסי לילה (Strigiformes)				
תנשמת לבנה	<i>Tyto alba</i>	7	LC	LC
ינשוף עצים	<i>Asio otus</i>	4	LC	LC
אוח עיטי	<i>Bubo bubo</i>	3	NT	LC
סה"כ		14		
חופמאים (Charadriiformes)				
כרוון מצוי	<i>Burhinus oedicephalus</i>	18	LC	LC
סיקסק	<i>Vanellus spinosus</i>	18	LC	LC
שחף אגמים	<i>Chroicocephalus ridibundus</i>	2	LC	LC
חרטומית ביצות	<i>Gallinago gallinago</i>	1		LC
לוחם	<i>Calidris pugnax</i>	1		LC
חופמאי בלמ"ז		8		
סה"כ		48		
עגוראים (Gruiformes)				
עגור אפור	<i>Grus grus</i>	2		LC
מלכישליו חלודי	<i>Crex crex</i>	1		LC
סופית	<i>Gallinula chloropus</i>	1	LC	LC
רלית	<i>Rallus aquaticus</i>	1		LC
סה"כ		5		
תרנגולאים (Galliformes)				
חגלה	<i>Alectoris chukar</i>	14	LC	LC
פרנקולין	<i>Francolinus francolinus</i>	7	LC	LC
שליו מודד	<i>Coturnix coturnix</i>	5	CR	LC
תרנגולאים בלמ"ז		3		
סה"כ		29		
אווזאים (Anseriformes)				
ברכיה	<i>Anas platyrhynchos</i>	9	LC	LC
שרשיר	<i>Anas crecca</i>	3		LC
ברוז אפור	<i>Mareca strepera</i>	1		LC
ברוז בלמ"ז		21		
סה"כ		34		
חסידיאים (Ciconiiformes)				
חסידה לבנה	<i>Ciconia ciconia</i>	17	VU	LC
חסידה שחורה	<i>Ciconia nigra</i>	1		LC
חסידה בלמ"ז	<i>Ciconia sp.</i>	4		
חסידיאים בלמ"ז		3		
סה"כ		25		
שקנאים (Pelecaniformes)				
אנפה אפורה	<i>Ardea cinerea</i>	12	RE	LC
אנפית בקר	<i>Bubulcus ibis</i>	9	LC	LC
מגלן חום	<i>Plegadis falcinellus</i>	3	LC	LC
אנפית סוף	<i>Ardeola ralloides</i>	1	NT	LC
אנפת לילה	<i>Nvcticorax nvcticorax</i>	1	LC	LC
שקנאי בלמ"ז		1		
שקנאי מצוי		6		LC
אנפה בלמ"ז		1		
אנפתיים בלמ"ז		3		
סה"כ		37		

* ביאור קיצורי סטטוס השימור:

RE - Regionally Extinct; CR – Critically Endangered; VU – Vulnerable;
 NT – Near Threatened; LC – Least Concern; DD – Data Deficient

הבדלים בחתך הקבוצות הטקסונומיות

השונויות בין מקבצי המקטעים שנבחרו מבחינת בתי הגידול מאפשרת בחינה רחבה יחסית של מספר המינים והתייחסות קונקרטית לדפוסי הפגעות ורגישויות ברמה של המין והקבוצה הטקסונומית, דפוסים שלעיתים קרובות לא באים לידי ביטוי כאשר מסתכלים על התמונה הכללית.

ניתוח הנתונים בהיבט הטקסונומי מאפשר התייחסות ממוקדת למין מסוים או קבוצת מינים לשם הבנה מעמיקה יותר אודות האינטראקציה האפשרית בין הציפור לאמצעי הסימון.

עם זאת, ברב המינים גודל המדגם קטן מכדי שניתן יהיה להסיק מסקנות מבוססות ולפיכך, ההתייחסות להלן הינה עבור קבוצות המינים ועבור המינים השכיחים.

ציפורי שיר

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנרמל	טיפול ב'	מנרמל
עורבני	18	13	5	5.5	0	0
עורב אפור	15	9	4	4.4	2	2.2
זרזיר מצוי	5	1	4	4.4	0	0
דרור בית	3	2	1	1.1	0	0
זרעית השדה	3	1	1	1.1	1	1.1
עפרוני מצויץ	2	2	0	0	0	0
קנית פסים	2	0	2	2.2	0	0
גיבתון עפרוני	1	0	0	0	1	1.1
חנקן נובי	1	0	1	1.1	0	0
חרגולן	1	1	0	0	0	0
סבכי ש"כ	1	0	0	0	1	1.1
סנונית בלמ"ז	1	1	0	0	0	0
סנונית מערות	1	1	0	0	0	0
פיפיון שדות	1	1	0	0	0	0
פשוש	1	0	0	0	1	1.1
קאק	1	0	1	1.1	0	0
שחרור	1	1	0	0	0	0
ציפור שיר בלמ	14	8	5	5.5	1	1.1
סה"כ	72	41	24	26.4	7	7.7

טבלה מס' 8: פיזור ציפורי השיר שנפגעו לפי הטיפולים השונים. הרשימה אינה כוללת את המינים הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

העורבני והעורב האפור הינם המינים ששרידיהם הם השכיחים ביותר מקרב ציפורי השיר (טבלה מס' 8). שני מינים אלה הם גם מהמינים השכיחים ביותר בשטח המחקר ואשר נוכחותם התנועתית בולטת.

רב ממצאי השרידים של מינים אלה נמצאו במקטעי הביקורת וכמעט שלא במקטעי טיפול ב' (2 עורבים אפורים מתוך 15 ואפס עורבנים מתוך 18).

מעבר למינים אלה, הממצאים לגבי שאר המינים הינם אקלקטיים.

יונאים (ללא יונת הבית)

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנורמל	טיפול ב'	מנורמל
תור צוארון	148	106	31	34.1	11	12.1
תור מצוי	16	10	3	3.3	3	3.3
צוצלת	32	17	13	14.3	2	2.2
תור בלמ"ז	11	6	4	4.4	1	1.1
יונה בלמ"ז	4	1	1	1.1	2	2.2
יונאים בלמ"ז	76	39	23	25.3	14	15.4
סה"כ	287	179	75	82.5	33	36.3

טבלה מס' 9: פיזור מיני היונאים שנפגעו לפי הטיפולים השונים. הרשימה אינה כוללת יונת הבית. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

קבוצת היונאים הינה כאמור הקבוצה ששרידיה הם השכיחים ביותר במחקר הנוכחי. תור הצוארון הינו המין שממצאי שרידיו הם הרבים ביותר מבין מיני היונאים ומבין כלל המינים (148). רוב הממצאים של בני המין נאספו במקטעי הביקורת (72%) ומיעוטם במקטעי טיפול א' (23%, מנורמל) וטיפול ב' (8%, מנורמל).

התור המצוי הינו מין אדום שמספר לא מבוטל של ממצאי התנגשויות שלו נמצאו במסגרת המחקר. גם עבור מין זה שני הטיפולים נמצאו יעילים בהפחתת ההתנגשויות לעומת הביקורת (19% של כ"א מהם לעומת 63% של הביקורת).

יונת הבית לא נכללה ברשימה זו היות שמדובר במין מבוי.

דורסי היום

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנורמל	טיפול ב'	מנורמל
חיוויאי	19	12	7	7.7	0	0
דיה שחורה	7	4	0	0	3	3.3
שלך	1		1	1.1	0	0
עקב חורף	2	1	1	1.1	0	0
עקב עיטי	1	1	0	0	0	0
אית צרעים	2	2	0	0	0	0
נץ מצוי	1		0	0	1	1.1
בז מצוי	6	2	1	1.1	3	3.3
בז נודד	1		1	1.1	0	0
דורס בלמ"ז	17	7	7	7.7	3	3.3
סה"כ	57	29	18	19.8	10	11

טבלה מס' 10: פיזור מיני דורסי היום שנפגעו לפי הטיפולים השונים. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

הדורס הסובל מכמות ההפגעות הרבה ביותר הוא החיוויאי (טבלה מס' 10). כפי שכבר תואר כאן, יתכן שתופעה זו קשורה לאופן שבו החיוויאי צד ומאפייני שימושי הקרקע המועדפים עליו. העובדה הבולטת כאן היא שבעוד יעילותו של טיפול א' היתה מינורית למדי (7.7 הפגעות לאחר הנרמול, יעילות הפחתה של 36%), הרי שטיפול ב' הפגין יעילות מקסימלית ללא כל ממצא להיפגעות! יתכן כי הדבר

קשור לסיבה שהוצעה לעיל אודות נטייתו של המין להיפגעות מקווי מתח. אחד ההבדלים בין טיפול א' לטיפול ב' הוא השילוב של אמצעי סימון עם הארה אקטיבית (OWL™) העושה שימוש בפאנל סולארי קטן הפונה כלפי מעלה ומגדיל משמעותית את שטח הפנים שלו במבט מלמעלה. לא מן הנמנע שמאפיין זה מקל על החיוויאי לזהות את הכבל ולהמנע ממפגש עם קו המתח כאשר הוא צולל אנכית אל טרפו.

חשוב לציין שמרבית אירועי ההפגעות של החיוויאים (14 מתוך 19) התרחשו במקבצים המערביים של אזור המחקר, מוקיבלה והיוגב. אלו גם האזורים בהם שכיחותם גבוהה מאוד (תצפיות אישיות).

לעומת יעילותו הרבה של טיפול ב' במקרה של החיוויאי, הרי שבמקרה של הדיה השחורה הוא נמצא כלא יעיל (3.3 הפגעות לעומת 4 בביקורת). דווקא טיפול א' נמצא יעיל יחסית. עם זאת, המספרים הללו נמוכים מכדי להסיק שאכן מדובר בהבדלים שהם בעלי משמעות.

חסידיים

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנרמל	טיפול ב'	מנרמל
חסידיה לבנה	17	15	0	0	2	2.2
חסידיה שחורה	1	1	0	0	0	0
חסידיה בלמ"ז	7	5	1	1.1	1	1.1
סה"כ	25	21	1	1.1	3	3.3

טבלה מס' 11: פיזור החסידיים שנפגעו לפי הטיפולים השונים. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

שרידיהן של 17 החסידות הלבנות נמצאו כמעט כולם (88%) מתחת למקטעי הביקורת (טבלה מס' 11). מספרן הגבוה יחסית של החסידות קשור מן הסתם לשכיחותן הגבוהה באזור ותואם ממצאים דומים מהעולם.

כאמור, מרבית החסידות (10 מתוך 17) נמצאו מתחת למקטע ביקורת מסוים (חפציבה אדום) בפיזור על ציר הזמן. הנתון הזה מדגיש את החשיבות הרבה למיקומו של קו המתח. מדובר במין נפוץ מרחבית ויש להניח שהעובדה שמרבית אירועי ההיפגעות נובעים לא רק מהיותן מין שכיח, אלא ממיקומו ביחס למוקד פעילות החסידות (אולי קשור לאתר לינה) ויתכן אף ממידת נראותו של קו המתח.

בכל אופן, יעילות הטיפולים במקרה של החסידות בולטת לעין.

אווזאים

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנרמל	טיפול ב'	מנרמל
ברכיה	9	2	5	5.5	2	2.2
שרשיר	3	2	1	1.1	0	0
ברוזה אפור	1	0	0	0	1	1.1
ברוזה בלמ"ז	21	5	14	15.4	2	2.2
סה"כ	34	9	20	22	5	5.5

טבלה מס' 13: פיזור מיני הברוזים שנפגעו, לפי הטיפולים השונים. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

מהנתונים המוצגים בטבלה מס' 13 ניתן להתרשם שבעוד טיפול ב' מפגין יעילות מסוימת בצמצום הסיכון להיפגעות, הרי שטיפול א' מגביר את סיכויי ההפגעות! חשוב לציין עם זאת, שמרבית הממצאים (56%) נאספו בקצהו המערבי של אזור המחקר, ממערב לכביש הסרגל במתחם היוגב-גניגר. זהו אזור ציד שבגינו אף בוטל אחד המקטעים לאחר שנמצאה תחתיו עמדת ציד עם ממצאים רבים של שרידי ברווזים. יתכן שחלק ניכר מהברווזים ששרידיהם נמצאו התנגשו בקווי המתח כתוצאה מהחרדתם עקב נסיונות הציד. תעופת בריחה שכזו מגבילה מאוד את יכולתו של הפרט להבחין במכשול ולהימנע ממנו ועומס הכנף הגבוה בוודאי שאינו מסייע.

שקנאים

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנורמל	טיפול ב'	מנורמל
אנפה אפורה	12	11	1	1.1	0	0
אנפית הבקר	9	3	5	5.5	1	1.1
אנפית סוף	1	1	0	0	0	0
אנפת לילה	1	1	0	0	0	0
אנפה בלמ"ז	4	1	3	3.3	0	0
מגלן חום	3	3	0	0	0	0
שקנאי מצוי	6	2	0	0	4	4.4
שקנאי בלמ"ז	1	1	0	0	0	0
סה"כ	37	23	9	9.9	5	5.5

טבלה מס' 12: פיזור בני סדרת השקנאים שנפגעו, לפי הטיפולים השונים. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

כמות ממצאי ההפגעות של האנפות האפורות כפי שמוצג בטבלה מס' 12, גבוהה מאוד (12 בסה"כ). עם זאת, כמעט כל האנפות (9) נמצאו במקטע ביקורת בודד (נווה איתן אדום) ובפיזור על ציר הזמן. מיקומו של המקטע מעל חורש דליל ובמקביל לדרך חקלאית מעלה את האפשרות כי מדובר באתר לינה זמני של האנפות האפורות וריבוי אירועי ההפגעות נבעו מהחרדתן בשעות דמדומים או לפנות בוקר.

אפשרות זו מוצאת תימוכין בהערכת המנטר כי בחלק מהניטורים בהם נמצאו שרידי אנפות אפורות מתחת למקטע זה, מדובר במספר רב של פרטים, אך ללא יכולת כימות.

בדומה למקרה של החסידות הלבנות, גם מקרה זה מעיד על החשיבות הרבה של מיקום קווי המתח. אנפית הבקר, גם היא מפגינה נטייה להיפגעות מקווי מתח. אלא שבמקרה של מין זה, נראה שטיפול א' כלל לא מהווה גורם בהפחתת הסיכון להתנגשות (5.5 אירועים לאחר נרמול לעומת 3 אירועים מתחת למקטעי הביקורת).

מעניין לציין ששרידיהם של כל שלושת המגלנים שנמצאו נאספו גם הם מתחת לאותו קו מתח בו נמצאו החסידות (חפציבה אדום).

למרות שממצאיהם של מרבית השקנאים אותרו תחת מקטעי טיפול ב' (4 מתוך 7) בבחינה של כלל הקבוצה, ניכר שטיפול ב' מפגין יעילות גבוהה במיוחד בצמצום ההיפגעות.

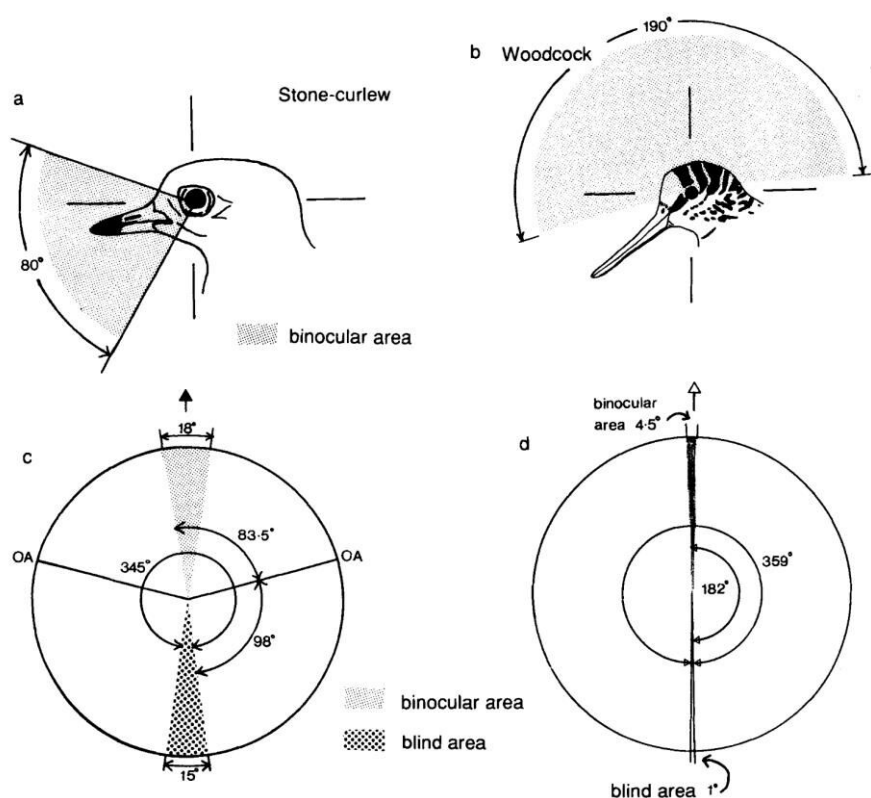
חופמאים

המין	סה"כ	ביקורת	טיפול א'	מנורמל	טיפול ב'	מנורמל
כרוון	18	10	6	6.6	2	2.2
סיקסק	18	5	12	13.2	1	1.1
חרטומית ביצור	1	0	1	1.1	0	0
לוחם	1	0	1	1.1	0	0
חופמאי בלמ"ז	8	3	5	5.5	0	0
שחף אגמים	2	0	1	1.1	1	1.1
סה"כ	48	18	26	28.6	4	4.4

טבלה מס' 14: פיזור מיני הברווזים שנפגעו, לפי הטיפולים השונים. הערכים הנומינליים בטיפולים א' ו- ב' נורמלו בהתאם למספר הניטורים הכולל שבוצע בכל טיפול.

בקרב החופמאים, הכרוון המצוי והסיקסק מתבלטים מאוד בנטייתם להיפגע מקווי מתח. במסגרת המחקר תועדו שרידיהם של 18 פרטים מכל אחד משני המינים הללו (טבלה מס' 14). אלה אמנם מינים נפוצים מאוד במרחב המחקר, אך האזור כולו רווי בפרטים של מינים רבים נוספים של חופמאים שכלל אינם מיוצגים בטבלה. נראה שלצד שכיחותם הרבה, למאפיינים ההתנהגותיים הייחודיים שלהם תפקיד מרכזי בנטייתם להיפגע מקווי המתח.

הכרוון המצוי, גם הוא נמצא בשטחים פתוחים ועיקר פעילותו, הכוללת מעופים בגובה נמוך, נעשית בשעות החשיכה. לכך יש להוסיף את השטח המת הגדול מאוד יחסית שיש לו בשדה הראייה ממש מעל ראשו כפי שכבר תואר לעיל (Martin & Katzir, 2008) (איור מס' 13). יתכן מאוד כי תכונה זו אינה מאפשרת לו להבחין בקווי המתח בזמן ההמראה או בתעופה מתחת להם. גם במקרה של הכרוון, רב השרידים (12 מתוך 18, 67%) נאספו מתחת לקוי מתח גבוה (שגובהם 13-14 מטר) ו- 6 נאספו מתחת לקווי מתח עליון, שגובהם 30-53 מטר.

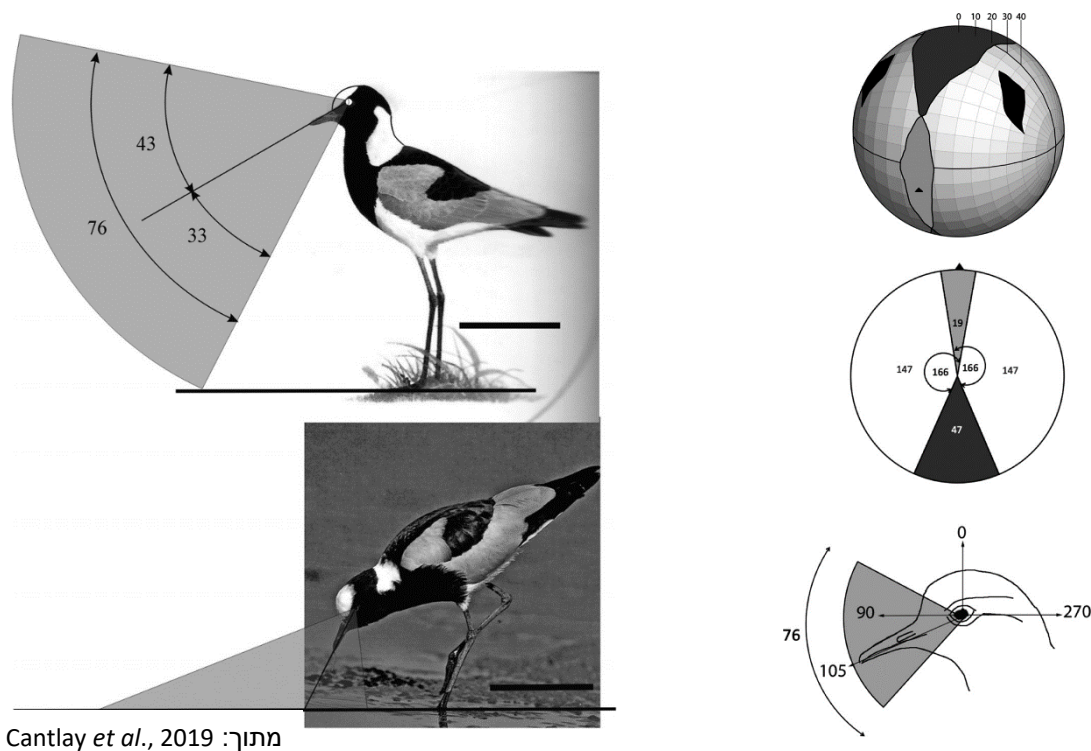


מתוך: Martin & Katzir, 2008

איור מס' 13: שדה הראיה הבינוקולרי של הכרוון (משמאל) ושל חרטומן (מימין). שדה הראייה של הכרוון ממוקד חזיתית בעוד שהאזור שמעל לראש הוא שטח ללא ראייה בינוקולרית ובגזרה בת 15° ממש מאחורי הראש זהו שטח עיוור מוחלט בעוד שעבור החרטומן השדה שמעל הראש כולו בינוקולרי.

הסיקסק הינו מין דומיננטי באופיו המפגין תנועתיות אינטנסיבית בתחומי המחיה שלו ולעיתים תכופות מבצע תעופות ארוכות בשטחים פתוחים ובגובה נמוך יחסית, התואם במיוחד לגובהם של קווי המתח הגבוה (12-14 מטר). ואכן, 17 מתוך 18 שרידי הסיקסקים (94%) נאספו מתחת לקווי מתח גבוה לעומת איסוף אחד בלבד מתחת לקו מתח עליון שגובהו כ- 30 מטר.

הסיקסק הינו פעיל יום אך משלב גם דפוסי פעילות לילית. היות שעיניו מותאמות לראיית יום, יש להניח שראיית הלילה שלו מוגבלת מאוד וכך גם יכולתו להבחין באלמנטים דקים כמו קווי מתח בחשיכה. יתכן שגורם זה תורם במידת מה לנטייתו של הסיקסק להתנגש בקווי המתח.



איור מס' 14: שדה הראיה של קיוויית נפחית (*Vanellus armatus*). השדה הבינוקולרי החזיתי הצר (19°) מלווה את המקור. השדה שמעל גובה העיניים, חלקו שדה לא בינוקולרי וחלקו הגדול (47° , הגזרה השחורה מימין) מהווה שטח מת מוחלט.

מבחינת שדה הראיה של מין קרוב לסיקסק, קיוויית נפחית (*Vanellus armatus*) עולים קווי דמיון עם זה של הכרוון ואף באופן קיצוני יותר (Cantlay et al., 2019) (איור מס' 14).

יתכן אם כן, שיחד עם עומס הכנף הגדול היחסית, דפוסים אלה מעלים את הסיכון להתנגשות בקווי המתח במיוחד עבור עופות קרקעיים המבצעים המראות בתכיפות גבוהה ומתקשים להבחין בקווי המתח שמעליהם. לא מן הנמנע גם כי הם בין הגורמים העומדים בבסיס נטייתם החזקה של הכרוון והסיקסק להתנגש בקווי המתח. **על רקע נטייה זו, בולטת במיוחד יעילותו הגבוהה של טיפול ב' במניעת ההתנגשויות של שני מינים אלה בקווי המתח.**

השחפים הינם קבוצה נפוצה נוספת המפגינה נוכחות תעופתית בולטת בחלק ניכר מתחום המחקר. עם זאת, אין כמעט ממצאי הפגעות של בני קבוצה זו (2 פרטים של שחף אגמים). כפי שכבר הוזכר, קיים תיעוד המצביע על שכיחות גבוהה למדי של התנגשויות שחפים בקווי מתח הממוקמים מעל ובצמוד לגופי מים. לא מן הנמנע כי מיעוט ממצאי השחפים במחקר הנוכחי מקורו בעובדה שהמקטעים שנבחרו למחקר הנוכחי אינם עוברים מעל גופי מים ומיעוטם עובר חלקית בסמוך להם. לפיכך יתכן איפוא, כי אופייה של תעופת המעבר הגבוהה של השחפים בין גופי המים הוא העומד בבסיס מיעוט הממצאים במחקר זה. יצוין כי 2 הפרטים היחידים ששרידיהם נאספו, נמצאו מתחת לקוי מתח עליון, שגובהם 30-47 מטר.

הבדלים בחתך שימושי הקרקע

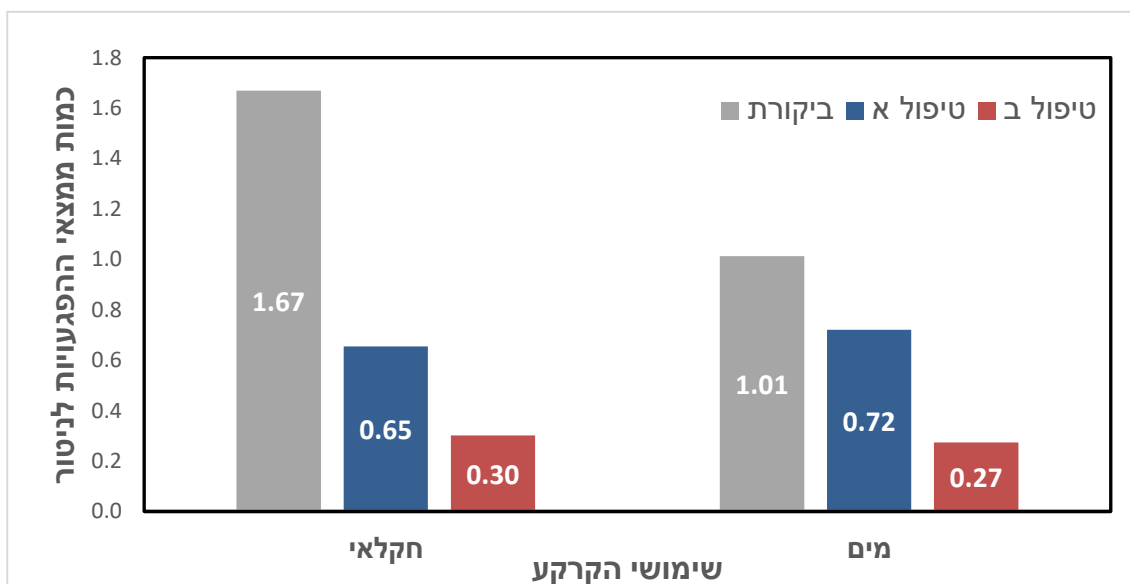
לצורך בחינת השפעתם של שימושי הקרקע השונים על מידת היעילות של הטיפולים הוגדרו בתחום המחקר שני סוגי השימושים עיקריים בתחום המחקר ועל פיהם סווגו המקטעים לשתי קטגוריות:

חקלאי: מקטע משויך לשימוש חקלאי כאשר לכל אורכו הוא מלווה בשטחי חקלאות וכל נקודה על פניו מרוחקת ממקווה המים הקרוב ביותר יותר מ- 200 מ'. 17 מהמקטעים (57%) שויכו לשימוש קרקע זה ונערכו בהם 230 ניטורים בסה"כ.

מים: מקטע שלפחות חלקו או קצהו נמצא בקרבה של לפחות 200 מ' לגוף מים (מאגר, בריכות דגים) מוגדר ככזה הנמצא בשימוש קרקע "מים". 13 מהמקטעים (43%) שויכו לשימוש קרקע זה ונערכו בהם 198 ניטורים בסה"כ.

בשימושי הקרקע החקלאיים כמות ההפגעות הממוצעת לניטור בקווי הביקורת היתה גבוהה יותר מאשר בשימושי הקרקע "מים" אך הבדל זה נמצא ללא מובהקות (איור מס' 15 וטבלה מס' 15). במקטעי טיפולים א' ו- ב' לא נמצאו הבדלים משמעותיים בכמות ההפגעות הממוצעת לניטור בין שני שימושי הקרקע (0.65 ו- 0.72 בטיפול א', 0.3 ו- 0.27 בטיפול ב').

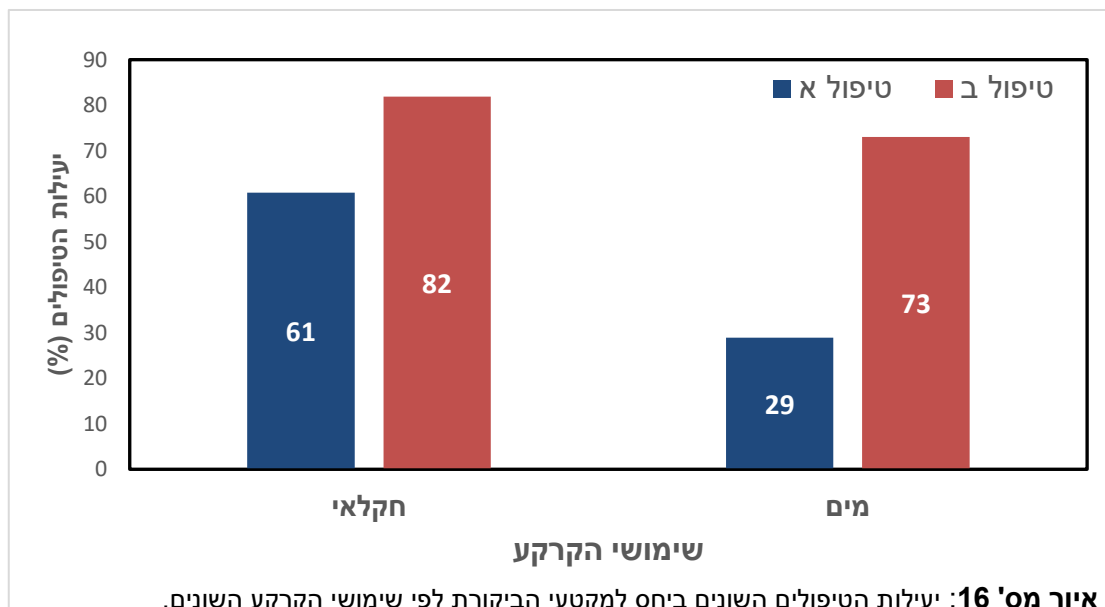
שני הטיפולים נמצאו יעילים בהפחתת ההפגעות בשימושי הקרקע כאשר טיפול ב' (הפחתה של 82% בשימוש קרקע חקלאי ו- 73% בשימוש קרקע "מים") נמצא יעיל יותר מטיפול א' (61% בשימושי קרקע חקלאיים ו- 29% בשימושי קרקע "מים"). טיפול א' נמצא יעיל יותר בשימושי קרקע חקלאיים (61%) מאשר בשימושי קרקע "מים" (29%) (איור מס' 16).



איור מס' 15: הכמות הממוצעת של ממצאי ההפגעות בטיפולים השונים בחלוקה לשימושי הקרקע השונים. לא נמצאה מובהקות בין השימושים השונים בכל אחד מהטיפולים.

השוואה בין הטיפולים	מבחן t (לא מזווג)	תיקון בונפרוני (0.05)	p-value
שימוש קרקע חקלאי			
ביקורת – טיפול א'	t<0.0001	0.017	<0.001
ביקורת – טיפול ב'	t<0.0001		
טיפול א' – טיפול ב'	t<0.0001		
שימוש קרקע מים			
ביקורת – טיפול א'	t<0.0001	0.017	<0.001
ביקורת – טיפול ב'	t<0.01		
טיפול א' – טיפול ב'	t<0.0001		
בין שימושי הקרקע			
ביקורת	t>0.05	0.017	
טיפול א'	t>0.05		
טיפול ב'	t>0.05		

טבלה מס' 15: ניתוח המובהקות בהבדלים בין הטיפולים בשימושי הקרקע השונים ובין שימושי הקרקע בחתך הטיפולים השונים.



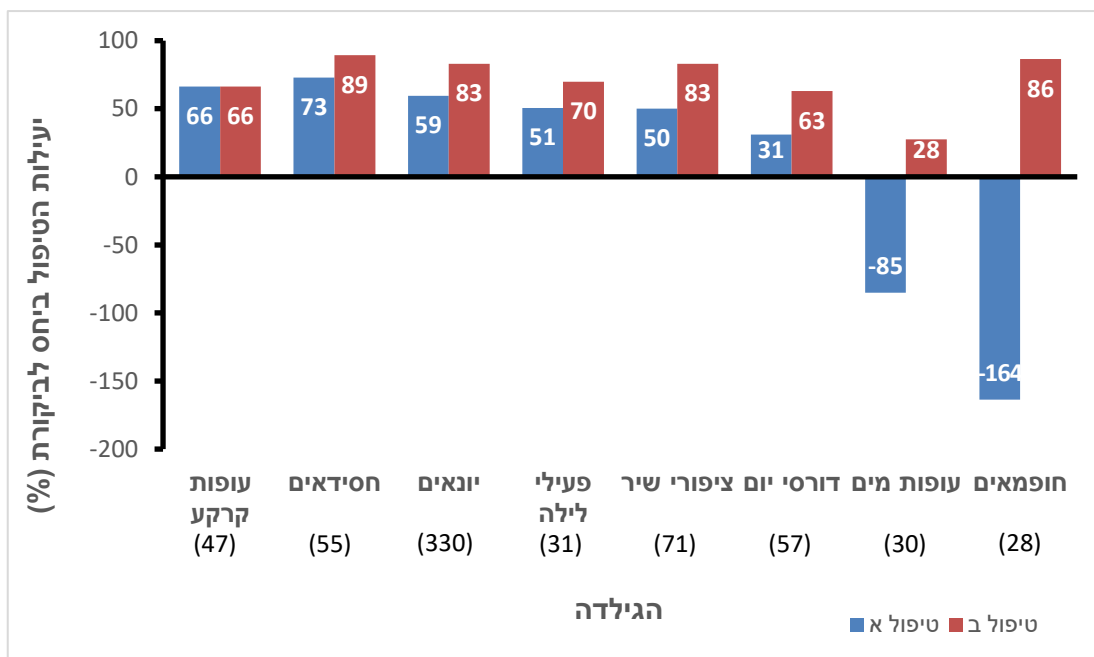
הבדלים בחתך גילדות

לצורך בדיקת יעילות הטיפולים בהקשר של גילדות אקולוגיות חולקו המינים ל- 8 גילדות תוך ניסיון להיצמד ככל הניתן לחלוקה שנעשתה במחקר הפיילוט (יושע, 2018):

- **עופות קרקע:** כלל התרנגולאים, מלכישליו,
- **חסידיאים:** חסידות, אנפות, מגלנים
- **יונאים:** כל בני משפחת היונאים
- **פעילי לילה:** דורסי הלילה, כרוון
- **ציפורי שיר:** כלל מיני ציפורי השיר
- **דורסי יום:** כלל מיני הניציים והבזיים
- **עופות מים:** ברווזים, סופית
- **חופמאים:** כלל החופמאים להוציא כרוון ושחפים

2 קבוצות (שקנאים ושחפים) הושמטו בשל מיעוט ממצאים.

בחינת השפעתם של הטיפולים בחתך של גילדות אקולוגיות מראה כי ברוב הקבוצות מתקיים דפוס של השפעה חיובית (הפחתת הפגיעות ביחס למקטעי הביקורת) (איור מס' 17). ב- 7 מתוך 8 הקבוצות טיפול ב' נמצא היעיל יותר. קבוצת עופות הקרקע היתה היוצאת מהכלל ובה נמצאה יעילות דומה בטיפול א' ובטיפול ב'. בשתי קבוצות (עופות מים וחופמאים) נמצא כי לטיפול א' השפעה שלילית (!) ביחס למקטעי הביקורת – היקף ההפגעות במקטעי הטיפול היו גבוהים מאלה שבמקטעי הביקורת ב- 85% ו-164%, בהתאמה.



איור מס' 17: יעילות הטיפולים השונים ביחס למקטעי הביקורת בחתך של גילדות אקולוגיות. בסוגרים – כמות הממצאים הכוללת בכל קבוצה.

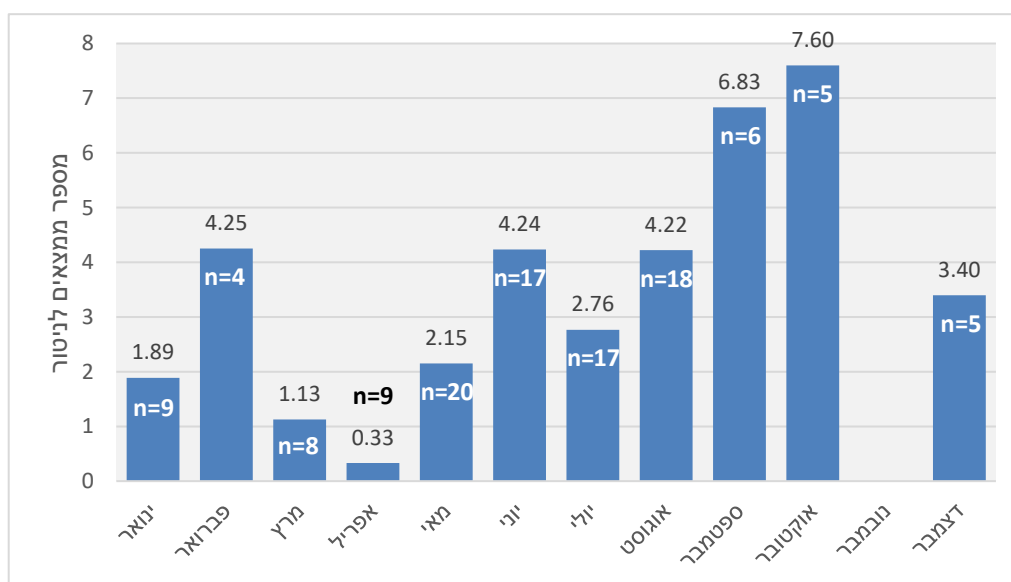
השינויים העונתיים בקצב ההפגעות

בהיבט העונתי קיימת שונות דרמטית בהיקף ההפגעות כפי שבאה לידי ביטוי במהלך תקופת המחקר (איור מס' 18). חודשי השיא הינם ספטמבר ואוקטובר בהם תועדו בממוצע 6.83 ו- 7.60 הפגעות לניטור, בהתאמה. בחודשי האביב (מרץ-מאי) התאפיינו במיעוט ההפגעות.

החל מפרוץ המלחמה לא ניתן היה לקיים ניטורים בתדירות הרצויה ובחודש נובמבר 2023 לא נערכו ניטורים כלל.

הסבר אפשרי לעליה הרציפה בהיקף ההתנגשויות במהלך החודשים אפריל-אוקטובר הינו ריבוי פרטים צעירים הפורחים מהקן בתקופה זו ולפיכך, מיומנויות התעופה שלהם מוגבלות.

עם זאת, מספר הניטורים המצומצם במיוחד בחודשים ספטמבר-אוקטובר כמו גם בחודשי החורף מעורר קושי רב בכל ניסיון לאינטרפטציה על בסיס נתונים אלה בלבד.



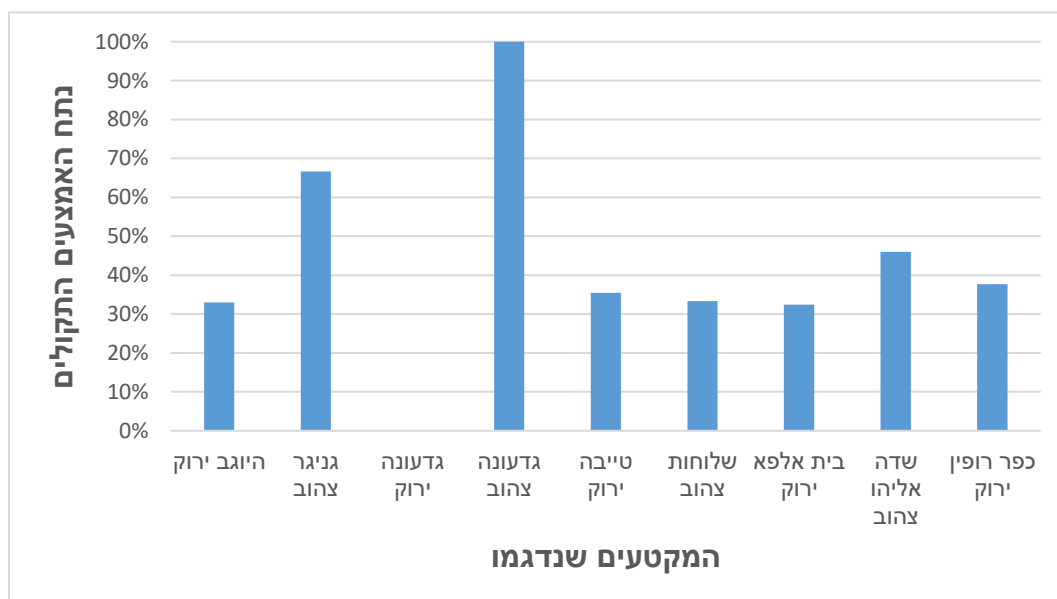
איור מס' 18: ממוצע ההפגעות לניטור בקווי הביקורת לפי חודשים - 2023.

עמידות האמצעים על ציר הזמן

פרישת אמצעי הסימון הינה תהליך ממושך הכרוך בעלויות ניכרות. לפיכך, במסגרת בחינת יעילותם של האמצעים השונים וחישובי העלות מול תועלת שלהם, יש חשיבות רבה למידת עמידותם לאורך זמן. בסקר בלאי אמצעים שנערך באפריל 2024, כ- 16 חודשים מתום התקנתם, נמצא כי חלק מהאמצעים אינם מתפקדים באופן מלא. בלאי האמצעים התרחש בכמה היבטים:

1. הפסקת תנועת הסבסוב של אמצעי FireFly™.

זהו הבלאי הנפוץ ביותר. מתוך 9 מקטעים שנבדקו נמצא כי בממוצע 40% מהאמצעים אינם מסתובבים. חשוב לציין כי קיימת שונות רבה בין המקטעים (איור מס' 19). יצוין כי ביום בו נערך הסקר נשבה רוח מתונה אך לא נערכה מדידה מדויקת של עצמת הרוח. נתוני המפרט הטכני של אמצעי זה עולה כי מהירות הרוח הנדרשת להשראת סבסוב הינה 5 קמ"ש. **יתכן כי חלק מהאמצעים התקולים חוזרים להסתובב ברוח חזקה יותר.** לא מן הנמנע שחשיפת ציר הסבסוב לאבק (למשל, בעקבות חריש) מעלה את ההתנגדות לתנועה האמצעי סביבו. ממצאים אלה מעלים את האפשרות שיעילות אמצעים אלה במניעת התנגשויות עשויה להשתנות על פי מיקום קו המתח, שימושי הקרקע ותנאי השטח ומוותנית גם בעוצמת הרוח.



איור מס' 19: שיעור אמצעי ה-FireFly™ התקולים.

יודגש כי האמצעי נשאר על קו המתח וממשיך לייצר נראות עבור העופות, יתכן שביעילות פחותה במידת מה לעומת אמצעי שממשיך להסתובב.

2. גלישת אמצעי לאורך קו המתח והיצמדותו לאמצעי שכן.

4 אירועים כאלה תועדו בשני קווים של טיפול א' (FireFly™+OWL™). בשלושה מקרים גלש ה-OWL™ ובמקרה אחד, גלש ה-FireFly™. כל המיקומים היו בקרבת העמוד, שם השיפוע

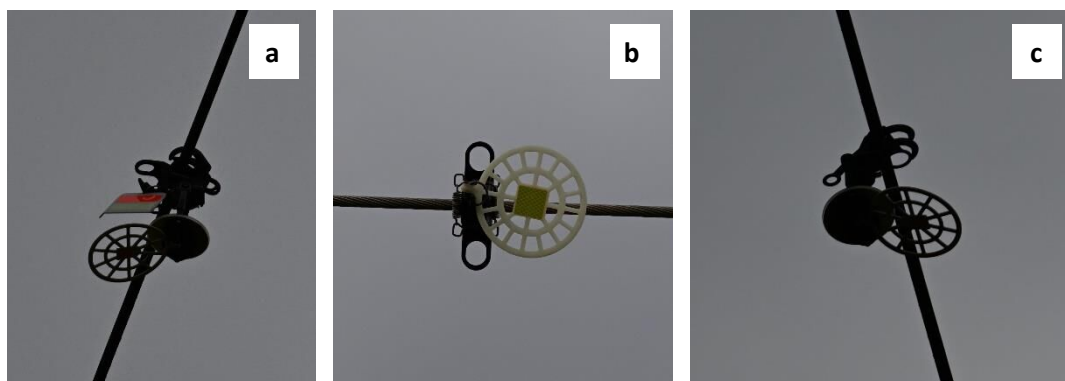
חזק יחסית (תמונה מס' 6). תופעה זו מחדדת את הצורך לקחת בחשבון כי אירועים כאלה יתרחשו בשכיחות גבוהה יותר בקווי מתח הממוקמים במורד מדרונות.

3. אמצעים מקופלים (BirdMark™)

נובע כנראה מרוח חזקה המטלטלת את האמצעי עד להגעתו למצב מקופל. תופעה זו נצפתה במספר מקטעים. במקטע אחד (שלוחות צהוב) 16% מכלל האמצעים שהותקנו נמצאו מקופלים. עם זאת, יתכן כי מדובר בתקלה זמנית והאמצעים המקופלים יחזרו למצבם התקין בעקבות משב רוח חזק נוסף.

4. אמצעים "תקועים" בנטיית צד (OWL™).

נצפה בקו מתח אחד (בית אלפא ירוק). זהו מצב בו יש לאמצעי פרופיל חזיתי צר המקשה על הבחנתו ע"י ציפור מתקדמת. נובע על פי רוב מרוחות ערות ויציבות. יצוין כי ביום הסקר לא תועדו רוחות חריגות באזור.



תמונה מס' 6: אמצעי סימון תקולים. 2 אמצעים צמודים לאחר שאחד מהם גלש לאורך הכבל שעליו הותקן (a). אמצעי OWL™ בנטייה אופקית (b). אמצעי BirdMark™ מקופל (c).

תופעת בלאי האמצעים כמעט שלא נבחנה בספרות והנושא סובל מהעדר נתונים מדויקים. מהמעט שמדווח עולה שזהו נושא הראוי להתייחסות מעמיקה שכן עשויה להיות לו השלכה על יעילותם של האמצעים ועלותם לטווח הזמן הבינוני והארוך (Sporer et al., 2013).

במחקר שנערך במונגוליה נמצא כי 9 חודשים ממועד התקנתם של אמצעים מתנדנדים מסוג BirdMark™ בהם גם השתמשנו במחקר זה, כ- 20% (123 מתוך 600) מהאמצעים נמצאו תקולים - מקופלים, ללא תנועה, או שנפלו (Dashnyam et al., 2016). היות שמדובר באזור קר (מדבר גובי) בו הטמפרטורות צונחות לעיתים קרובות אל מתחת לנקודת הקיפאון העלו המחברים את האפשרות כי תנאים אלו תרמו לבליית האמצעים.

במחקר אחר שנערך בדקוטה הצפונית ובו נעשה שימוש בשניים מהאמצעים בהם נעשה שימוש גם במחקר זה (FireFly™ & BirdMark™, בנוסף לאמצעי ספירלי פאסיבי), נבחנה עמידותם על ציר הזמן. מהנתונים המדווחים עולה שכ- 8 חודשים ממועד ההתקנה, רק 4.9% (!) מאמצעי ה-FireFly™

המסתובבים נותרו על הקווים לעומת 98.8% מאמצי ה- BirdMark™ ו- 100% מהאמצעים הפאסיביים הספיראליים. בעונות ההמשך לעומת זאת נמצאה מגמה הפוכה כאשר 100% מאמצי ה-FireFly™ והאמצעים הפאסיביים נותרו על הקווים ואילו מקרב אמצעי ה- BirdMark™ רק 42.1% נותרו על הקווים. למרות שאפשרויות אלו לא הועלו ע"י המחברים, הרי שלא מן הנמנע שאחוז הנפילות החריג של אמצעי ה-FireFly™ נבע מהתקנה לקויה או מהרוחות העזות האופייניות לאזור.

התובנה המרכזית העולה מהממצאים שלעיל ומאלו שהתקבלו במחקר הנוכחי הינה כי יש להמשיך ולבחון את נושא הבלאי של אמצעי הסימון השונים על ציר הזמן.

דיון

השימוש באמצעי הסימון המתנועעים כפי שנעשה במחקר זה הראה יעילות גבוהה בצמצום היקף ההתנגשות של עופות בקווי מתח.

השילוב בין ה- FireFly™ ל- BirdMark™ (טיפול א') נמצא כיעיל ברב המקרים והיקף ההתנגשות הכללי במקטעים בהם הותקן פחת ב- 51% לעומת היקף ההתנגשות שנמצא במקטעי הביקורת. השפעה חיובית זו נמצאה בעקביות בכל מקבצי המקטעים שנבחנו במחקר זה. עם זאת, יעילותו של טיפול זה היתה נמוכה משמעותית מזו של הטיפול האחר.

השילוב בין ה- FireFly™ ל- OWL™ בעל ההארה האקטיבית (טיפול ב') נמצא כטיפול היעיל ביותר והיקף ההתנגשות הכללי במקטעים בהם הוא הותקן היה 16% בלבד לעומת היקף ההתנגשות במקטעי הביקורת (הפחתה של 84%). גם בטיפול זה נשמר פער ברור בין הטיפול לביקורת בכל המקבצים. ערכים אלה תואמים מחקרים רבים אחרים מרחבי העולם.

לא נמצאו הבדלים משמעותיים בהיקפי ההתנגשות בין קווי המתח הגבוה לקווי המתח העליון. בהשוואה בין הטיפולים, למעט במקבץ אחד (מוקייבלה), בכל המקבצים האחרים נשמר פער משמעותי בין הטיפולים, לטובת טיפול ב'.

הנתונים שהתקבלו ברמת המין הבודד מרמזים אולי על רגישות של מינים מסוימים הנוטים להתנגש יותר וכן על הבדלים בעצמת השפעתם של הטיפולים על מינים מסוימים. עם זאת, יש הלימה חלקית בלבד בין המינים הרגישים כפי שנמצאו במחקר הנוכחי למינים הרגישים שנמצאו ע"י יושע (2018).

אי ההתאמה הזו בין המחקרים עשוי לנבוע מהאמצעים השונים בהם נעשה שימוש, מדינמיקות באוכלוסיית העופות בין שנה לשנה או בין העונות וכן במיקום המקטעים.

החיוויאי הינו הדורס שנמצא כי במהלך תקופת המחקר התנגש הכי הרבה פעמים במקטעי הביקורת (12). התנגשויות התרחשו גם במקטעים של טיפול א' (7) אך במקטעי טיפול ב' לא נמצאו כלל חיוויאים.

נראה אם כן, כי טיפול ב' הינו טיפול יעיל במיוחד עבור החיוויאים. יתכן מאוד כי הסיבה לרגישותו של החיוויאי הינה מאפייני שיחור המזון שלו וצלילתו הכמעט אנכית אל הטרף שנמצא על פי רוב על הקרקע, דבר המקשה על ההבחנה בקווי המתח. הסיבה ליעילותו הגבוהה של טיפול ב' עשויה להיות נעוצה גם היא במאפייני ירידתו האנכית של החיוויאי אל הטרף. ייחודו של טיפול ב' הינו בפאנל פוטו-וולטאי קטן הממוקם מעל אלמנט הסימון האקטיבי. פאנל זה הפונה כלפי מעלה יוצר חתך רחב יותר ולכן הוא מתבלט עבור מי שמעופף מעליו. מעניין לציין עם זאת כי לא נמצאו עדויות נוספות מהספרות לנטייה זו של החיוויאי (נטיות התנגשות של דורסים אחרים נמצאו למכביר) וגם במחקרו של יושע (2018) נמצא מספר מועט של פרטים ממין זה שהתנגשו בקווי מתח.

מינים נוספים המפגינים נטייה להתנגש בקווי המתח הינם הסיקס והכרוון. בין הסיבות האפשריות לנטייה זו ניתן למנות את נפיצותם הרבה ופעלתנותם התעופתית הלילית האינטנסיבית בגובה קווי המתח. יתכן כי לכך מתווספים מאפייני שדה הראייה שלהם, כמו גם של חופמים נוספים - קיום שטחים מתים בשדה הראיה שמעל לקו העין ומאחורי הראש (Martin & Katzir, 2008; Cantlay et al., 2019). מגבלה זו עשויה למנוע מהם מלהבחין בכבל הממוקם מעליהם בעת שהם מנסים להמריא מהקרקע (והם נוהגים לעשות זאת בתכיפות רבה).

מקרים אחרים בהם נמצאו מספרים גבוהים עשויים לנבוע ממקטע קו מתח הממוקם בסמוך לאתר לינה. זו כנראה הסיבה העומדת בבסיסה של התופעה של הרבה מאוד שרידי אנפות אפורות שנמצאו בעיקר במקטע ביקורת אחד (נווה איתן אדום).

ריכוז דומה במקטע אחד נמצא גם בקרב החסידות כאשר 10 מתוך 17 החסידות שנמצאו אותרו גם הן במקטע ביקורת בודד (חפציבה אדום).

אירועי תמותה מסיביים מאפיינים מינים מתלהקים או כאלה המתרכזים באתרי לינה ובמיוחד כאשר מדובר במינים גדולים, כמו המקרה של להקת החסידות בערב הסעודית שתואר לעיל (Shobrak, 2012).

בכל אופן, תופעה זו מחדדת את הצורך לבחון בקפדנות רבה את מיקום הקווים עליהם יותקנו האמצעים, ולתעדף הטמנה, או למצער התקנת אמצעי סימון, בקווים הסמוכים לאתרי לינה והתקבצות של ציפורים.

חשוב לציין שחלקה השני של תקופת המחקר התקיים בימי המלחמה ולפיכך היה מאוד מקוטע. עקב כך, האינטרוולים בין הניטורים היו גדולים בהרבה מהמתוכנן ולא אחידים. נגזר מכך שכמות הממצאים המוצגת בדו"ח נמוכה מהפגיעות בפועל במהלך תקופת המחקר גם כתוצאה מכילוי הפגרים.

בשל מיעוט הניטורים ביחס לתכנון המקורי ומיעוט הממצאים ניתן לבחון את השפעת הטיפולים ברמת המין הבודד עבור מספר מצומצם של מינים שכמות ממצאי ההתנגשות שלהם גדולה. עם זאת, במסגרת פרישה רחבה של האמצעים יש לעשות מאמץ ולהגדיר מינים רגישים על מנת לייצר תעדופים מקומיים תוך בחינת האמצעים המתאימים ביותר עבורם.

במסגרת המחקר הנוכחי נבחר מגוון מצומצם ומאוד מסוים של בתי גידול. בתהליך ההטמעה יהיה חיוני לבחון את אמצעי הסימון בבתי גידול נוספים שייועדו לפרישת האמצעים, וללוות את ההטמעה הנרחבת בניטור תואם.

פרופילינג ברמת המין

הנתונים הרבים שנאספו בעולם בעשרות השנים האחרונות מצביעים על שונות עצומה בין המינים ביחס לסיכויי הציפור להתנגש בקווי מתח. מספר גורמים עשויים להשפיע על כמות ההפגעות מקווי מתח של בני כל מין.

שכיחות: מידת שכיחותו של המין בשטח צפויה להשפיע על הסיכוי למצוא פרטים שנפגעו.

מאפייני התנועה: ככל שלמין יש נטייה לתעופה למרחקים, מעל שטחים פתוחים ובגובה קווי המתח, כך יעלו הסיכויים לפגיעה בקו מתח. לכך יש להוסיף את דפוסי פעילותו של המין בכלל ובשעות שונות של היממה בפרט – מינים שבמהלך היום מקיימים מעברים מרובים ממקום למקום, או שגומעים מרחקים בתנועות יוממיות בין אתרי לינה לאתרי שיחור המזון, חשופים הרבה יותר להיפגעות. מאפיין תנועה נוסף שיש להתייחס אליו הינו גובה התעופה הטיפוסי במהלך "תעופת שיט" במעבר בין 2 אתרים מרוחקים. תעופות גבוהות מעל גובה קווי המתח (שחפים, לדוג') מקטנות את סיכויי ההיפגעות לעומת תעופות נמוכות יחסית כמו זו של הסיקסקים, העורבים האפורים והכרוונים.

התלהקות מול יחידאיות: הרבה מאוד מחקרים מצביעים על מינים להקניים רבים ככאלו הנתונים לסכנת התנגשות גבוהה. אחד ההסברים לכך הינו שפרטים בתוך הלהקה מתקשים להבחין בפרטים רחוקים בגלל הסתרות של חברי להקתם וכך כאשר הם מבחינים בקו המתח זה עשוי להיות קרוב מדי ומאוחר מדי. מנגד, קימות גם עדויות להשפעה הפוכה – מינים מתלהקים שנפגעים דווקא פחות מסוליטריים. הסבר אפשרי לכך הוא שבמינים אלה יש אלף עיניים בוחנות ודי בפרט אחד שיזהה את קו המתח שכל הלהקה תשנה כיוון.

כישורי התעופה: יכולות תמרון גבוהות צפויות לסייע ביכולתו של הפרט להתחמק ממפגש עם קו המתח. לעומתם, מינים שיכולת התמרון שלהם מוגבלת ובכל זאת מקיימים תעופות בשטחים פתוחים צפויים לפיכך להיות בעלי נטייה למפגשים הרי גורל שכאלה.

כישורי ראייה: מהירות התעופה ויכולתם המוגבלת יחסית של בעלי כנף להאט בפתאומיות מחייב אבחנה מוקדמת במכשולים סטטיים הניצבים במסלול התקדמותם. קוטרו הקטן של הכבל הבודד שעל קו המתח מהווה אם כן אתגר לא פשוט, במיוחד כאשר הוא "נבלע" ברקע כהה. ככלל, עופות אמנם נחנו בכושר ראייה מצוין אך קיימת שונות רבה בין המינים והקבוצות בכל הקשור למאפייני הראייה ובהתאם לכך, גם ליכולתה של הציפור להגיב מספיק מהר לנוכחותו של קו מתח על מסלול מעופה. למעשה, גם מינים שניחנו בראייה ויכולת אבחנה מהמעולות ביותר, עשויים להיות בעלי נטייה להתנגשויות ואף בעצמים בולטים בהרבה, כגון נטייתם הפטאלית של עיטמים לבני זנב (*Haliaeetus albicilla*) להתעלם מלהבי טורבינות הרוח, התעלמות אשר עולה לרבים מהם בחייהם (Martin, 2011).

פעילות יום/לילה: רוב מיני העופות הינם פעילי יום ובהתאם מותאמת ראייתם לראיה באור מלא. עם זאת, מינים יומיים רבים (עורבים, למשל) פעילים גם בשעות הדמדומים ולעיתים אפילו לאחר רדת החשיכה. מינים אלו צפויים להתקשות מאוד בהבחנה בקווי מתח בשעות בהן התאורה חלשה. הכרוון הוא עוף המותאם יחסית לפעילות לילית אך היות שהוא נמנה על חופמאיים, יש להניח שאיכויות ראיית הלילה שלו אינן משתוות לראייתם של דורסי הלילה ולפיכך הוא עשוי שלא להבחין באלמנט צר כמו קו מתח. הסיקסק, מקיים גם הוא דפוסי פעילות לילית מקומיות ויש להניח שכמין שהוא יומי באופיו, איכויות ראיית הלילה שלו נופלות מאלו של הכרוון וכך גם יכולתו להבחין בקווי המתח.

היבט אחר של פעילות לילית הינו נדידות הלילה המבוצעות ע"י מינים נודדים רבים, יומיים באופי פעילותם, במיוחד בקרב ציפורי שיר. במחקר זה לא נמצאו ממצאים מיוחדים המעידים על רגישות גבוהה במיוחד של מינים נודדי הלילה, אך ממצאים רבים בספרות מצביעים על שכיחותה של התופעה

(APLIC, 2012). יתכן שמיעוט הממצאים הכללי של נודדי הלילה נובע מתעופתם בגובה רב מעל קווי המתח. יתכן כי אזור המחקר לא מהווה מוקד לתחנות עצירה ולא מן הנמנע כי באזורים בהם מתקיימות נחיתות מסיביות בתום המסע הלילי התנגשויות של מינים נודדי הלילה מתרחשות בתדירות גבוהה יותר. יש מקום לבחינה ייעודית של אתרי/אזורי תדלוק (Stopover) ממוקדים (למשל, נאות מדבר) או נרחבים (למשל, לאורך רצועת חוף הים התיכון) שם נחשפות הציפורים הנוודות לסכנת ההתנגשות בקווי המתח לקראת נחיתתן.

הסבר אפשרי נוסף למיעוט ממצאי התנגשויות של נודדי הלילה הינו יכולתם להבחין בתופעת הקורונה הפולטת אור בתחום ה-UV והתבלטותה בלילה (Tyler et al., 2014). עם זאת, הסבר זה דורש בירור מעמיק יותר.

עונתיות: לעונה בה שוהה בארץ מין מסוים יש השפעה על מידת הפגעותו וכן על מידת ההשפעה של אמצעי הסימון שכן תנאי מזג האוויר השפעה רבה על הראות והיכולת להבחין בקווי המתח, כמו גם באמצעי הסימון שעליהם.

השפעת הטיפולים בחתך של שימושי קרקע

מניתוח ממצאי המחקר עולה כי בשימושי הקרקע החקלאיים היקף הפגיעות במקטעי הביקורת היה גבוהה יותר מאשר בשימושי הקרקע המימיים ב-66%.

עם זאת השפעתם של הטיפולים היתה עקבית למדי. טיפול ב' הפגין יעילות גבוהה מזו של טיפול א' בשני שימושי הקרקע. טיפול א' הפגין יעילות גבוהה יותר במקטעים של שימושי קרקע חקלאיים לעומת טיפול א' בשימושי קרקע "מים".

השפעת הטיפולים בחתך של גילדות

בחינת השפעתם של הטיפולים על היקף ההתנגשויות בחתך של גילדות אקולוגיות של מינים הראתה שלהוציא קבוצה אחת (עופות קרקע), לטיפול ב' היתה השפעה חזקה יותר לצמצום ההתנגשויות בכל הקבוצות. במקרה של עופות המים והחופמאים במקטעי טיפול א' נמצאו יותר פגרים בממוצע לניטור מאשר במקטעי הביקורת. אין לנו הסבר מניח את הדעת לממצא זה ויתכן שהדבר נובע ממיעוט יחסי של ממצאי הפגיעות ושל מקטעי ניטור. מעניין יהיה לבחון זאת בעתיד אם יעשה שימוש באמצעים אלה.

מיעוטם היחסי של נודדי הלילה בקרב המינים שנפגעו במסגרת מחקר זה מפתיע למדי.

הערכת היקף הפגיעות

לניסיון להעריך את היקף הפגיעות האבסולוטי יש לקחת בחשבון את קצב הכילוי ואת אותם מקרים של פגיעות שאינן פטאליות באופן מיידי. פרט שנפצע מקו מתח אך לא מת עשוי להתרחק קרקעית אל מעבר לרצועת הניטור. אפשרות זו משמעותית במיוחד עבור עופות גדולים ואף מדווחת בספרות (Bevanger, 1994; Galis & Sevcik, 2019). בניסיון להעריך אפשרות שכזו נעשו במסגרת המחקר מספר

ניטורי בדיקה שהניבו ממצאים של עופות גדולים גם מעבר לרצועת הניטור שהוגדרה. מכיוון שלא היה ניתן לקיים ניטור עקבי ברצועה רחבה במסגרת המחקר הנוכחי (בשל מגבלות השטח סביב המקטעים הנבחרים ומכיוון שביקשנו להימנע לשינוי פרמטרים תוך כדי המחקר) לא המשכנו בכיוון זה אך בעתיד יש לשקול להרחיב את רצועת הניטור לכדי 50 מ' מכל צד של קו המתח.

הערכת בלאי האמצעים

באופן שלא תוכנן מראש, נבדקו אמצעי הסימון במדגם של 9 מקטעים ונמצא כי לאחר כ- 8 חודשים מסיום ההתקנה חלק מהאמצעים מתפקד באופן שאינו מיטבי. מבין האמצעים המסתובבים (FireFly™) יש כאלה שפסקו מלהסתובב, חלק קטן מהאמצעים גלש על פני הכבל וכמה מהם התקפלו על קו המתח. חשוב עם זאת לציין שרוב התקלות שנמצאו הן כאלה העשויות לפגום ביעילות ההתקן אך לא בהכרח משביתות אותו. יתרה מכך, יתכן שבחלק מהמקרים, כמו קיפול על קו המתח, מדובר במנח זמני של אמצעי הסימון העשוי להשתחרר ולחזור לתקינות מלאה ברוח החזקה הבאה.

בשל מיעוט הנתונים הקיים בנושא זה בספרות חשוב להמשיך ולעקוב אחר קצב ההתבלות של האמצעים ולכלול זאת כחלק מהליווי השוטף של תהליך ההטמעה. לקצב ההתבלות עשויות להיות השלכות על יעילות האמצעים, כמו גם על העלות השוטפת המתוכננת.

המלצות

הטמעת פריסתם של אמצעי הסימון בהיקף ארצי – BEST PRACTICE

בדומה לממצאים רבים בעולם, גם תוצאות המחקר הנוכחי מצביעות בבירור על יעילותם של אמצעי הסימון וחיוניות התקנתם על קווי מתח, במיוחד על כאלה העוברים באזורים רגישים. גם שיטות ההתקנה והניטור שיושמו במחקר זה על סמך הניסיון המקומי והעולמי, הוכחו כיעילות ביותר.

השאלות הפתוחות העיקריות שנותרו לקראת קבלת החלטות אופרטיביות נוגעות לשילובי האמצעים הנכונים והתאמתם למגוון בתי הגידול בישראל. מחקר מלווה שיתקיים במקביל לתהליך הפריסה ברמה הארצית, יוכל לתת לכך מענה מדויק.

לאור זאת, ההמלצה המרכזית העולה מדו"ח זה היא כי יש לפעול כבר עתה לקידום מהלך פריסה ארוך טווח שיתבסס על תוצאות המחקר הנוכחי ועל פרקטיקות מוכחות המיושמות בעולם. כמו כן, על מנת שניתן יהיה לבצע התאמות מקומיות כחלק מתהליכי אופטימיזציה, יש חשיבות עליונה לכך שהמהלך ילווה במחקר מלווה להתקנת האמצעים באזורים נוספים.

שיטות התקנה

לשיטת התקנתם של אמצעי הסימון חשיבות גדולה בשל ההשלכה הישירה שיש לה על עלות פריסת האמצעים ומשכו של התהליך. הקריטריונים לבחירה בשיטת ההתקנה המתאימה ביותר חייבים לשקלל מספר גורמים ובהם: עלות, זמן, הצורך בניתוקים ומרכיב הבטיחות.

בפילוט מוקייבלה שנערך ב-2018 הותקנו אמצעי הסימון על ידי במת הרמה (קווי מתח גבוה) ומסוק (קווי מתח עליון). לצד העלויות הגבוהות, קצב העבודה של שיטות אלה היה נמוך יחסית.

התקנה באמצעות רחפנים יעילה בהרבה מכל השיטות האחרות. עם התקדמות הטכנולוגיה, השימוש ברחפנים צבר תאוצה רבה ובשנים האחרונות הוא הולך ומתקבע כשיטה הסטנדרטית כבר למעלה מעשור (Lobermeier et al., 2015; Rodriguez-Castaño et al., 2021). השיטה יושמה בהצלחה רבה גם במחקר זה. יתרונותיה של שיטה זו:

- עלותה נמוכה יחסית;
- דורשת צוות מצומצם (2 אנשי רחפנים + איש חברת החשמל);
- הפרעה סביבתית מינימלית;
- קצב עבודה מהיר;
- רמת בטיחות גבוהה מאוד;
- אפשרות לבצע התקנות מבלי ליזום ניתוקים (מאוד משמעותי, במיוחד כאשר מדובר על פרישה נרחבת של אמצעים).

עם זאת, השיטה מחייבת תכנון קפדני והתאמה ייעודית של מנגנון ההלבשה והנעילה של ההתקן על קו המתח.

לאור נתוני הבלאי יש לבחון מול חברת הרחפנים גם אפשרויות הסרה לשם החלפה או תיקון.

בחירת הקווים והתאמת האמצעים

ממצאי המחקר מצביעים בבירור על יעילותו הברורה של השילוב בין אמצעי ה-FireFly™ וה-Owl™ (טיפול ב') בקווי המתח הגבוה והעליון כאחד ובכל בתי הגידול ושימושי הקרקע. עם זאת, עלותו הגבוהה יחסית של אמצעי ה-Owl™ (כ- 210 ₪ ליחידה) לעומת 2 האמצעים האחרים שנעשה בהם שימוש (כ- 63 ₪ ליחידה) מצריכה בחינה מדוקדקת של עלות מול תועלת על מנת לנצל את המשאבים התקציביים באופן המיטבי.

בהערכה של עלות ההתקנה הכוללת ל-1 ק"מ קו, שבוצעה ע"י חברת טאסק (TASC, 2022), וכוללת את הערכת עלות האמצעים, עלות ההתקנה, עלות הפיקוח וכד', הוערך כי עלות הסימון עומדת על כ- 80,000 ₪ לקילומטר קו. עלויות אלה יעודכנו לעלויות מדויקות יותר על ידי חח"י בהתאם לתשומות השונות.

ניטור ומעקב מלווה

מומלץ לבצע ניטור מקדים וניטור שלאחר התקנת האמצעים ממזערי התנגשות אלו כדי לבחון את יעילותם ולצורך צבירת הידע והניסיון. הניטורים שבוצעו עד כה נערכו באזור מצומצם יחסית ונדרשת עבודה המקיפה מגוון רחב של בתי גידול על מנת שניתן יהיה למטב את התהליך עבור כל בית גידול על המינים האופייניים ועל הרגישויות הייחודיות לו.

מחקרים נלווים

במהלך המחקר בוצעו שתי עבודות מחקר נוספות שהן רלוונטיות להערכת יעילותם של אמצעי הסימון בהם השתמשנו:

בחינת השפעת אמצעי הסימון על התנהגות נשרים בכרמל

המחקר בוצע ע"י ד"ר סשה פקרקסי ואוהד הצופה, רט"ג.

לאחר השלמת התקנתם של אמצעי הסימון במקטעי המחקר הנוכחי נעשה שימוש ביתרת האמצעים הותקנו על קו מתח עליון בכרמל אמצעים מסוג FireFly™ ו- OWL™ לצורך מחקר השוואתי אודות תגובות התנהגותיות של הנשרים לאמצעים אלה (נספח ב').

בחודשים ינואר-יולי 2023 נבחנו שינויים בהרגלי העמידה של הנשרים על עמודי המתח הגבוה.

לא נמצאו שינויים מובהקים בהרגלי העמידה על העמודים בעקבות הטמעת האמצעים, כלומר התקנת האמצעים לא גרמה להפרעה לתפקוד של השטח עבור הנשרים. יתרה מכך - **מאז התקנת האמצעים באזור לא התרחשו התנגשויות נשרים בקווי המתח המסומנים.**

שימוש במערכת ATLAS לשם בחינת השפעתם של אמצעי הסימון על מאפייני התנועה במרחב של סיקסקים ותנשמות

המחקר בוצע ע"י מיקי בר-זיו בהנחייתו של ד"ר אור שפיגל.

תחום המחקר הנוכחי חופף חלקית אזור מחקר אקולוגי אחר אשר עושה שימוש במערכת ATLAS למעקב אחר דפוסי תנועתם במרחב של תנשמות וסיקסקים.

מטרת הפיילוט המשותף היתה לבחון באותם מקטעים המכוסים ע"י מערכת ה- ATLAS את מאפייני תנועתם של סיקסקים ותנשמות ממושדרים תוך השוואת תנועתם לפני התקנת אמצעי הסימון ולאחריה.

עיקר הממצאים:

- תנשמות נמנעו מחצייה של מקטעי טיפול ב' (הארה אקטיבית) אך לא מחצייתם של מקטעי טיפול א' (זהירה פסיבית).
- סיקסקים לא הפגינו שינוי משמעותי בדפוסי התנועה שלהם במרחב ולא נמנעו מחציית מקטעי הטיפול א' או ב' בעקבות התקנת האמצעים.



צילום: שלמה קיין

ביבליוגרפיה

- יושע, ד. (2018) פיילוט לניטור התנגשות עופות בקו מתח עליון בעמק יזרעאל - דו"ח מסכם.
- מירוז א, לבינגר ז, ברקן ל. (2019) צמצום התנגשות עופות בקווי מתח – ניתוח רגישות ארצי ומתווה לפתרון. <https://tevabiz.org.il/company/iec>
- TASC30 (2023) גיבוש אסטרטגיה לרשת חשמל ירוקה בישראל.
- Alonso JC, Abril-Colón I, Ucero A, Palacín C. (2024) Anthropogenic mortality threatens the survival of Canarian houbara bustards. *Scientific Reports* 14(1). doi:10.1038/s41598-024-52641-z
- Avian Power Line Interaction Committee (APLIC). (2012) Reducing Avian Collisions with Power Lines: The State of the Art in. *Edison Electric Institute and APLIC, Washington, DC*.
- Baasch DM, Hegg AM, Dwyer JF, et al. (2022) Mitigating avian collisions with power lines through illumination with ultraviolet light. *Avian Conservation and Ecology* 17(2). doi:10.5751/ACE-02217-170209
- Barrientos R, Alonso JC, Ponce C, Palacín C. (2011) Meta-Analysis of the Effectiveness of Marked Wire in Reducing Avian Collisions with Power Lines. *Conservation Biology*. 25(5):893-903. doi:10.1111/j.1523-1739.2011.01699.x
- Bernardino J, Bevanger K, Barrientos R, et al. (2018) Bird collisions with power lines: State of the art and priority areas for research. *Biological Conservation*. 222:1-13. doi:10.1016/j.biocon.2018.02.029
- Bernardino J, Martins RC, Bispo R, Moreira F. (2019) Re-assessing the effectiveness of wire-marking to mitigate bird collisions with power lines: A meta-analysis and guidelines for field studies. *Journal of Environmental Management* 252. doi:10.1016/j.jenvman.2019.109651
- Bevanger K. (1998) Biological and conservation aspects of bird mortality caused by electricity power lines: A review. *Biological Conservation* 86(1). doi:10.1016/S0006-3207(97)00176-6
- Bevanger K. (1994) Bird interactions with utility structures: collision and electrocution, causes and mitigating measures. *Ibis* 136(4). doi:10.1111/j.1474-919X.1994.tb01116.x

Burnside RJ, Collar NJ, Koshkin MA, Dolman P. (2015) Avian powerline mortalities, including Asian Houbaras *Chlamydotis macqueenii*, on the Central Asian flyway in Uzbekistan. *Sand-grouse* 37:161-168.

Cantlay JC, Portugal SJ, Martin GR. (2019) Visual fields and foraging ecology of Blacksmith Lapwings *Vanellus armatus*. *Ibis* 161:895-900. <https://doi.org/10.1111/ibi.12725>

Calvert, AM, Bishop CA, Elliot RD, Krebs EA, Kydd TM, Machtans CS, Robertson GJ. (2013) A synthesis of human-related avian mortality in Canada. *Avian Conservation and Ecology* 8(2): 11. <http://dx.doi.org/10.5751/ACE-00581-080211>

Collar NJ, Kessler M. (2024) Preservation of major migratory populations of Asian Houbara *Chlamydotis macqueeni* requires undergrounding of Uzbekistan's Kungrad powerline. *Sand-grouse* 46:62-69.

Dashnyam B, Purevsuren T, Amarsaikhan S, Bataa BB, Dutson G. (2016) Malfunction Rates of Bird Flight Diverters on Powerlines in the Mongolian Gobi. *Mongolian Journal of Biological Sciences* 14(1-2). doi:10.22353/mjbs.2016.14.02

Douglas RH, Jeffery G. (2014) The spectral transmission of ocular media suggests ultraviolet sensitivity is widespread among mammals. *Proceedings of the Royal Society B* 281:20132995. <http://doi.org/10.1098/rspb.2013.2995>.

Drewitt AL, Langston RHW. (2008) Collision effects of wind-power generators and other obstacles on birds. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1134. doi:10.1196/annals.1439.015

Dwyer JF, Pandey AK, McHale LA, Harness RE. (2019) Near-ultraviolet light reduced Sandhill Crane collisions with a power line by 98%. *The Condor* 121(2). <https://doi.org/10.1093/condor/duz008>

Dwyer, JF, Karyakin, IV, Garrido L, José R, Nikolenko, EG. (2023) Avian Electrocutions on Power Lines in Kazakhstan and Russia. *Ardeola* 70(1): 3-27.

Erickson WP, Johnson GD, Jr DPY. (2005) A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions 1 Fatality Rates. *Most*. Published online.

Ferrer M, Morandini V, Baumbusch R, Muriel R, de Lucas M, Calabuig C. (2020) Efficacy of different types of “bird flight diverter” in reducing bird mortality due to collision with transmission power lines. *Global Ecology and Conservation* 23. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01130

Frost D. (2008) The use of “flight diverters” reduces mute swan (*Cygnus olor*) collision with power lines at Abberton Reservoir, Essex, England. *Conservation Evidence* 5.

Gális M, Ševčík M. (2019) Monitoring of effectiveness of bird flight diverters in preventing bird mortality from powerline collisions in Slovakia. *Raptor Journal* 13(1). doi:10.2478/srj-2019-0005

Hamal S, Sharma HP, Gautam R, Katuwal HB. (2023) Drivers of power line collisions and electrocutions of birds in Nepal. *Ecology and Evolution* 13(5). doi:10.1002/ece3.10080

Homan JH, Linz G, Brian P. (2001) Dogs increase recovery of passerine carcasses in dense vegetation. *Wildlife Society Bulletin* 29:292-296.

Janss GFE. (2000) Avian mortality from power lines: A morphologic approach of a species-specific mortality. *Biological Conservation* 95(3). doi:10.1016/S0006-3207(00)00021-5

Jenkins AR, Shaw JM, Smallie JJ, Gibbons B, Visagie R, Ryan PG. (2011) Estimating the impacts of power line collisions on Ludwig's Bustards *Neotis ludwigii*. *Bird Conservation International* 21(3). doi:10.1017/S0959270911000128

Jenkins AR, Smallie JJ, Diamond M. (2010) Avian collisions with power lines: A global review of causes and mitigation with a South African perspective. *Bird Conservation International* 20(3). doi:10.1017/S0959270910000122

Kolnegari, M and Harness, RE. Birds and Power Lines in Iran. (2022) In: *Wildlife and Power Lines*. IUCN.

Lobermeier S, Moldenhauer M, Peter CM, *et al.* (2015) Mitigating avian collision with power lines: A proof of concept for installation of line markers via unmanned aerial vehicle. *Journal of Unmanned Vehicle Systems* 3(4). doi:10.1139/juvs-2015-0009

Loss SR, Will T, Marra PP. (2014) Refining estimates of bird collision and electrocution mortality at power lines in the United States. *PLoS ONE* 9(7). doi:10.1371/journal.pone.0101565

Martin GR. (2011) Understanding bird collisions with man-made objects: A sensory ecology approach. *Ibis* 153(2). doi:10.1111/j.1474-919X.2011.01117.x

Martin GR. (2022a) Vision-Based Design and Deployment Criteria for Power Line Bird Diverters. *Birds* 3(4). doi:10.3390/birds3040028

Martin GR. (2022b) Avian vision. *Current Biology* 32:R1042–R1172. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.06.065>

Martin GR, Katzir G. (2008) Visual fields in the Stone-curlew *Burhinus oedicnervus*. *Ibis* 136(4):448-453. doi.org/10.1111/j.1474-919X.1994.tb01120.x

Martin GR, Portugal SJ, Murn CP. (2012) Visual fields, foraging and collision vulnerability in Gyps vultures. *Ibis* 154(3). doi:10.1111/j.1474-919X.2012.01227.x

Olsson P, Lind O, Mitkus M, Delhey K, Kelber A. (2021) Lens and cornea limit UV vision of birds - a phylogenetic perspective. *Journal of Experimental Biology*. 15:224(20):jeb243129. doi: 10.1242/jeb.243129.

Paula J, Leal MC, Silva MJ, Mascarenhas R, Costa H, Mascarenhas M. (2011) Dog as a tool to improve bird-strike mortality estimates at wind farms. *Journal for Nature Conservation* 1(4):202–208. doi.org/10.1016/j.jnc.2011.01.002

Pretorius MD, Galloway-Griesel TL, Leeuwner L, Michael MD, Durgapersad K, Chetty K. (2023) Defining Collision Risk: Lesser Flamingo *Phoeniconaias minor* Power Line Collision Sensitivity and Exposure for Proactive Mitigation. *Birds* 4(4). doi:10.3390/birds4040027

Prinsen H, Boere G, Pires N, Smallie J. (2011) *Review of the Conflict between Migratory Birds and Electricity Power Grids in the African-Eurasian Region*.

Raab R, Schütz C, Spakovszky P, Julius E, Schulze CH. (2012) Underground cabling and marking of power lines: Conservation measures rapidly reduced mortality of West-Pannonian Great Bustards *Otis tarda*. *Bird Conservation International* 22(3). doi:10.1017/S0959270911000463

RPS (Raptor Protection of Slovakia) (2021) *C. Electrocutions & Collisions of Birds in EU Countries: The Negative Impact & Best Practices for Mitigation-An Overview of Previous Efforts and up-to-Date Knowledge of Electrocutions and Collisions of Birds across 27 EU Member States Raptor Protection of Slovakia*. www.dravce.sk

Rioux S, Savard JPL, Gerick AA. (2013) Avian mortalities due to transmission line collisions: a review of current estimates and field methods with an emphasis on applications to the Canadian electric network. *Avian Conservation and Ecology* 8(2). doi:10.5751/ace-00614-080207

Rodriguez-Castaño A, Nekoo SR, Romero H, Salmoral R, Acosta JÁ, Ollero A. (2021) Installation of clip-type bird flight diverters on high-voltage power lines with aerial manipulation robot: Prototype and testbed experimentation. *Applied Sciences (Switzerland)* 11(16). doi:10.3390/app11167427

Schaub M, Pradel R. (2004) Assessing the relative importance of different sources of mortality from recoveries of marked animals. *Ecology* 85(4). doi:10.1890/03-0012

Shaw JM, Reid TA, Gibbons BK, *et al.* (2021) A large-scale experiment demonstrates that line marking reduces power line collision mortality for large terrestrial birds, but not bustards, in the Karoo, South Africa. *Ornithological Applications* 123(1). doi:10.1093/ornithapp/duaa067

Shobrak M. (2012) Electrocution and collision of birds with power lines in Saudi Arabia: (Aves). *Zoology in the Middle East* 57(1). doi:10.1080/09397140.2012.10648962

Silva JP, Marques AT, Bernardino J, *et al.* (2023) The effects of powerlines on bustards: How best to mitigate, how best to monitor? *Bird Conservation International* 33. doi:10.1017/S0959270922000314

Sporer MK, Dwyer JF, Gerber BD, Harness RE, Pandey AK. (2013) Marking power lines to reduce avian collisions near the Audubon national wildlife refuge, North Dakota. *Wildlife Society Bulletin* 37(4):796-804. doi:10.1002/wsb.329.

TransMit (BirdLife): <https://datazone.birdlife.org/userfiles/images/TransMit/TransMit.pdf>

Tyler N, Stokkan K-A, Hogg C, Nellemann C, Vistnes A-I, Jeffery G. (2014) Ultraviolet Vision and Avoidance of Power Lines in Birds and Mammals. *Conservation Biology* 28:630–631. <https://doi.org/10.1111/cobi.12262>

נספח א'

מאפייני המקטעים שהוגדרו למחקר

שם המקבץ	שם המקטע	כיוון במרחב	מאפייני שימושי הקרקע	הערות
היוגב	מדרך עוז צהוב	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מים	בוטל בשל בעיות נגישות + עמדת ציד
	היוגב צהוב	צפ.מז.-דר.מז.	חקלאי פתוח	
	היוגב אדום	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מים	
	היוגב ירוק	צפון-דרום + מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
גניגר	גניגר אדום	צפון-דרום + מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מים	
	גניגר ירוק	צפון-דרום	חקלאי פתוח	
	גניגר צהוב	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מים	
מוקייבלה	מחנה עמוס צהוב	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מים	
	מוקייבלה אדום	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
	מוקייבלה ירוק	צפ.מז.-דר.מז.	חקלאי פתוח	
גדעונה	יזרעאל אדום	צפ.מז.-דר.מז.	חקלאי פתוח + חורש דליל	
	גדעונה ירוק	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
	גדעונה צהוב	צפון-דרום + מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מטע + תעלת מים	
	גדעונה אדום	צפ.מז.-דר.מז.	חקלאי פתוח	
טייבה-גזית	גזית ירוק	צפ.מז.-דר.מז.	חקלאי פתוח + מים	
	טייבה צהוב	מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מים	
	טייבה ירוק	מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מים	
	טייבה אדום	מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מים	
חפציבה	חפציבה צהוב	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
	חפציבה ירוק	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
	חפציבה אדום	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מטע צבר	
בית אלפא	בית אלפא ירוק	צפון-דרום	חקלאי פתוח	
	שלוחות צהוב	צפון-דרום	מטע + מדרון פתוח	
	ניר דוד אדום	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מדרון פתוח	הוסף בשלב מאוחר
	שלוחות אדום	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מטע + מדרון פתוח	בוטל בשל בעיות נגישות
	שלוחות ירוק	צפון-דרום	מטע + מדרון פתוח	בוטל בשל בעיות נגישות
	שדה נחום צהוב	מזרח-מערב	חקלאי פתוח + מים	
בית שאן	נווה איתן אדום	מזרח-מערב	חקלאי פתוח + חורש דליל	
	כפר רופין אדום	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	
	כפר רופין ירוק	צפון-דרום	חקלאי פתוח + מטע + מים	
	שדה אליהו צהוב	מזרח-מערב	חקלאי פתוח	

נספח ב'

השפעת התקנת אמצע הבלטת כבלי חשמל על התנהגות עמידה על עמודי חשמל של הנשרים

מחבר הדוח: דר' סשה פקססקי

תקציר:

בוצעה השוואה של השימוש שעושים הנשרים בכרמל בעמודי מתח עליון בין החצי הראשון של שנת 2023, לאחר התקנת אמצעי הבלטה, לבין התקופה המקבילה בשנים 2021-2022. ההשוואה הראתה כי לא חל שינוי במידת העמידה על עמודי המתח העליון לאחר התקנת האמצעים. בנוסף, הניתוח הראה כי ישנם מספר עמודים שהנשרים מעדיפים יותר מעמודים אחרים וכן שהשימוש בעמודים הוא שונה בצורה ניכרת בין הפרטים השונים.

רקע:

בשבוע האחרון של דצמבר 2022 בוצעה התקנה של אמצעי הבלטה על גבי כבלי מתח עליון בכרמל. בכדי לבדוק את השינוי שחל בעמידה של נשרים על גבי עמודי המתח העליון באזור זה נבחנו נחיתות של נשרים על גבי העמודים בשישה חודשים לאחר ההתקנה (01/07/23-01/01/23) בהשוואה לתקופה המקבילה בשנים 2021-2022.

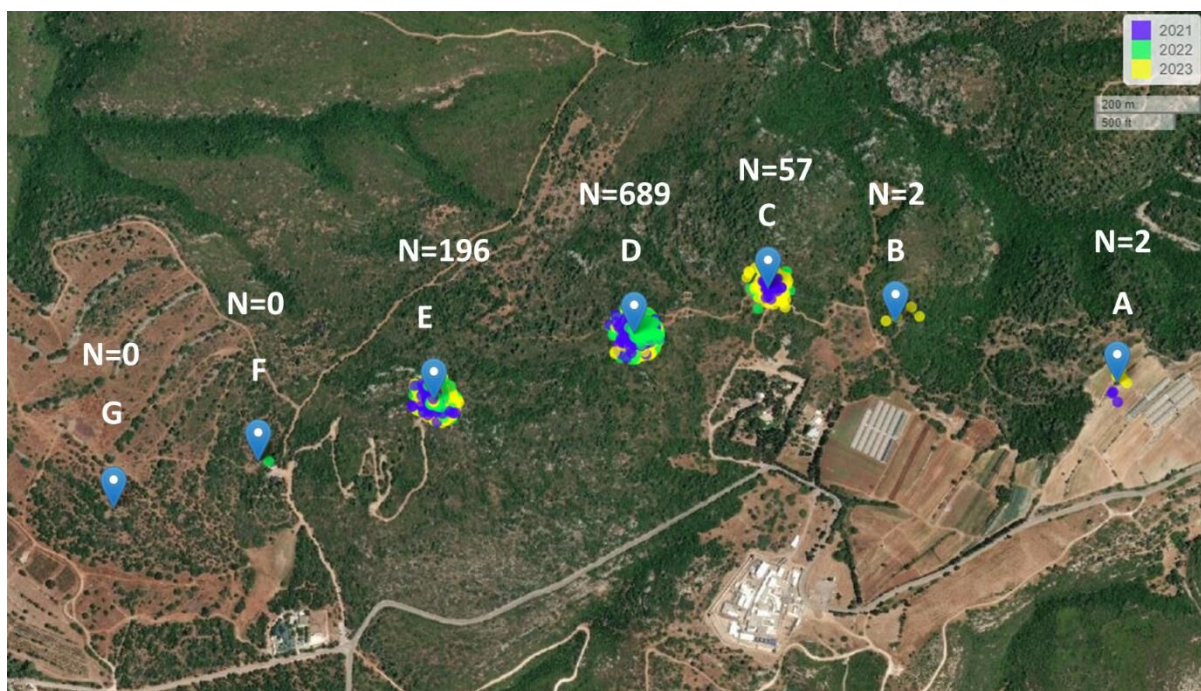
שיטות:

לשם ביצוע ההשוואה נעשה שימוש בנתוני תנועה של נשרים באזור הכרמל בשנים 2021-2023. בסך הכל, 36 נשרים ביקרו באזור הזה בתקופה שבין ה-1 לינואר לבין ה-1 ליולי בשנים אלו. בכדי להגדיר עצירה על גבי עמוד החשמל הוגדרו נקודות שנמצאות במרחק עד 50 מטר ממיקום עמוד החשמל והנקודה בעצירה (מתחת ל-1.5 מטר/שניה) למשך 10 דקות לפחות. המרחק הממוצע בין שני עמודים הוא 329 מטר (טווח: 249-432) ועל כן המרחק המוגדר מאפשר להבדיל בוודאות גבוהה את העמידה על העמודים השונים. מהירות קרקעית של 2-2.5 מטר/שניה הוגדרה כסף מהירות תעופה במחקרים קודמים (Harel, Horvitz & Nathan 2016; Arrondo et al. 2021). מכיוון שבמקרה זה המטרה היתה לאפיין נקודות בעמידה ולא בתעופה כמו במחקרים הקודמים, נבחר ערך שמרני יותר בכדי להגדיר עמידה ברמת וודאות גבוהה.

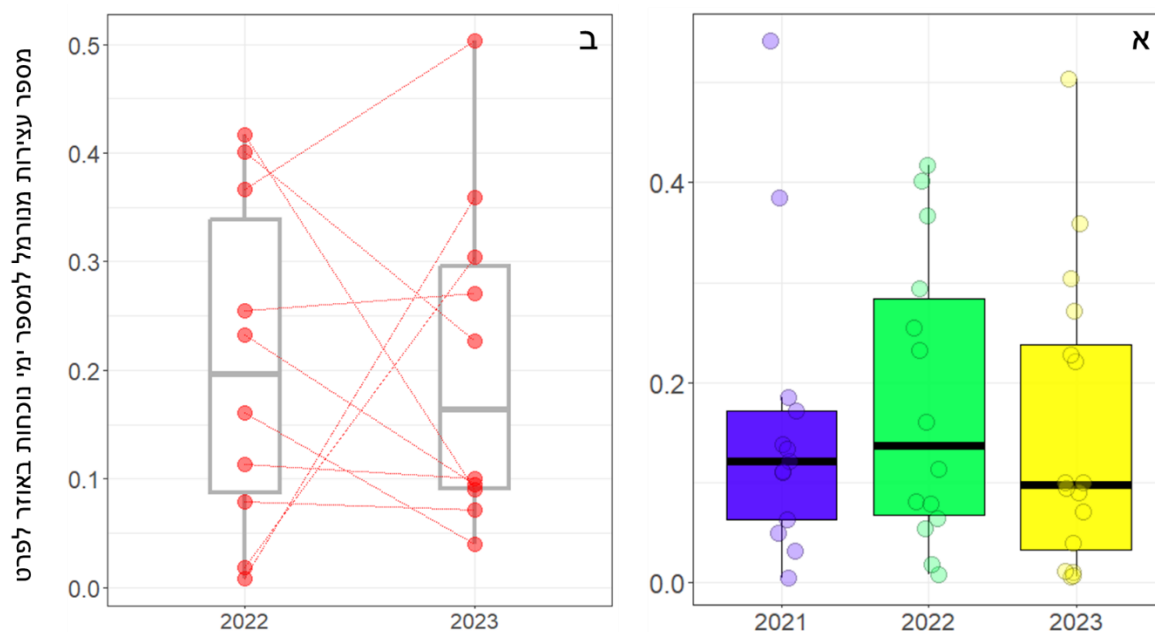
תוצאות:

מתוך 36 נשרים אשר ביקרו באזור קו המתח, 28 פרטים עצרו על גבי עמודי החשמל לזמן ממוצע ($\pm$ סטטיית תקן) של 58 ± 55 דקות. הנשרים השונים נבדלו זה מזה בנטייתם לעמוד על העמודים: 39% מהפרטים עמדו על העמודים בפחות מ-10% מהימים ואילו 4% מהפרטים נטו לעמוד על העמודים ביותר מ-40% מהימים. כמו כן, היתה העדפה לשלושה מתוך השישה עמודים ובעיקר לעמוד D (איור 1).

בכדי לבחון את ההבדל בין מספר העצירות בשנים השונות בוצע נרמול של מספר העצירות למספר הימים שכל פרט היה נוכח באזור הכרמל. בשלב הראשון בוצע מבחן להשוואת מספר עצירות יחסי פרט בין שלושת השנים ולא נמצא הבדל בין השנים (איור 2; $F_{2,40}=0.31$, $p=0.7$; ART ANOVA: אפקט אקראי של זהות פרט). כמו כן בוצע מבחן מזווג בין התקופה לאחר התקנת המערכת לתקופה המקבילה ב-2022 בין מספר עצירות של פרטים שנכחו באזור בשתי השנים ($N=10$) ולא נמצא הבדל בין השנים (איור 2; $T_9=-$; Paired samples t-test: $p=0.9$, 0.018).



איור 1: עמודי המתח העליון F-A עם נקודות GPS אשר הוגדרו כנקודות עצירה על גבי העמודים צבועות לפי שנים (2021 – סגול, 2022 – ירוק, 2023 – צהוב). הנקודות הן מיקומי GPS שנפלו תחת הקטגוריה של עמידה על עמוד (קרבה ומהירות קרקעית, ראה שיטות) ללא קשר לאורך העצירה. מעל לכל אחד מהעמודים המסומנים באותיות G-A מופיע מספר העצירות של 10 דקות לפחות בכל השנים יחד.



איור 2: מספר עצירות לפרט מנורמל למספר ימי נוכחות של הפרט באזור הכרמל (א) לכל הפרטים לאחר התקנת המערכת (צהוב) ובתקופה המקבילה בשנים 2021-2022 (כחול וירוק בהתאמה); (ב) לעשרה פרטים אשר נכחו בשנתיים עוקבות באזור. נקודת השייכות לאותו הפרט מחוברות בקווים.

מקורות:

Arrondo, E., García-Alfonso, M., Blas, J., Cortes-Avizanda, A., De la Riva, M., Devault, T.L., Fiedler, W., Flack, A., Jimenez, J., Lambertucci, S.A., Margalida, A., Oliva- (2021) .Vidal, P., Phipps, W.L., Sanchez-Zapata, J.A., Wikelski, M. & Donazar, J.A Use of avian GPS tracking to mitigate human fatalities from bird strikes caused .by large soaring birds. *Journal of Applied Ecology*, **58**, 1411-1420

Harel, R., Horvitz, N. & Nathan, R. (2016) Adult vultures outperform juveniles in .challenging thermal soaring conditions. *Scientific Reports*, **6**, 27865