

ענבל שקלר

החוג לביולוגיה אבולוציונית
וסביבתית והמכון לאבולוציה,
אוניברסיטת חיפה

ג'קי סמולינסקי

המחלקה לאנטומולוגיה ואקולוגיה
של חיות בר, אוניברסיטת דלאוור
(ארה"ב)

דיויד טרופין

החוג לביולוגיה אבולוציונית
וסביבתית והמכון לאבולוציה,
אוניברסיטת חיפה

ג'ף בולר

המחלקה לאנטומולוגיה ואקולוגיה
של חיות בר, אוניברסיטת דלאוור
(ארה"ב)

ניר ספיר

החוג לביולוגיה אבולוציונית
וסביבתית והמכון לאבולוציה,
אוניברסיטת חיפה

ציטוט מומלץ

שקלר ע, סמולינסקי ג, טרופין ד
ואחרים. 2023. היכן עוצרות
הציפורים הנודדות בישראל – אפיון
ובחינת הגורמים המשפיעים על
בחירת בית גידול בין שני מחסומים
אקולוגיים גדולים. *אקולוגיה וסביבה*
14(2).



להקה של עפרונן קצר-אצבעות (*Calandrella brachydactyla*) במעוף, בבקעת עובדה שבנגב הדרומי | צילום: יואב פרלמן

היכן עוצרות הציפורים הנודדות בישראל – אפיון ובחינת הגורמים המשפיעים על בחירת בית גידול בין שני מחסומים אקולוגיים גדולים

11 ביולי, 2023

גיליון קיץ 2023 / כרך 14(2)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- ציפורים נודדות העושות את דרכן מאירופה לאפריקה בסתיו, ואת הדרך ההפוכה באביב, נדרשות להתמודד עם חציית שני מכשולים גאוגרפיים משמעותיים – הים התיכון ומדבריות צפון אפריקה.
- מבחינת הציפורים יש לחניית ביניים בישראל – למנוחה, לאכילה ולאגירת אנרגיה – חשיבות מכרעת ליכולתן לצלוח את המכשולים הללו ולהשלים את מסלול הנדידה.
- לא כל שטח מתאים לחניית ביניים עבור הציפורים, ולכן יש חשיבות רבה לזיהוי בתי הגידול המועדפים על הציפורים הנודדות, בכל עונה.
- חשוב להבין את השפעתם של גורמים אנתרופוגניים, כגון זיהום אור ומיקומם של מקווי מים מלאכותיים, על בחירת בתי הגידול המועדפים.
- באמצעות הבנת הגורמים שיכולים לתמוך בציפורים במסען, אפשר לכוון את מאמצי השימור של בתי הגידול הרלוונטיים ואף לשפר באופן מלאכותי את האטרקטיביות שלהם.

מערכת אקולוגיה וסביבה

מרבית הציפורים הנודדות חייבות לעצור לאורך הדרך כדי לאכול ולצבור אנרגיה. עם זאת, הידע שלנו על תפוצת הציפורים הנודדות בתחנות החניה ועל הסיבות לתפוצה זו מוגבל מאוד בציר הנדידה הפליארקטי-אפרו-טרופי, בייחוד ליד מחסומים אקולוגיים כגון מדבריות וימים. באמצעות סריקות נמוכות של מכ"מי מזג אוויר כימתנו את הפיזור המרחבי של ציפורים נודדות בתחנות חניית ביניים במהלך האביב והסתיו בישראל בין שני מחסומים אקולוגיים גדולים, מדבר סהרה והים התיכון. מצאנו שפיזור הציפורים משתנה בהתאם לעונת הנדידה, עם צפיפות גבוהה יותר במדבר ובשוליו וכן בפנים הארץ באביב, לעומת התרכזות ברצועת החוף בסתיו. תפוצת הציפורים הושפעה בעיקר מגורמים גאוגרפיים בקנה מידה רחב ומגורמים אנתרופוגניים, ולא ממאפייני בית הגידול. אור מלאכותי בלילה משך ציפורים נודדות בצורה משמעותית, וההשפעה הייתה חזקה יותר בסתיו. בסתיו הציפורים הנודדות נמשכו גם למקווי מים מתוקים, אך לא באביב. ממצאי המחקר מקדמים באופן משמעותי את ההבנה של אקולוגיית הנדידה של ציפורים, ויוצרים בסיס מדעי למאמצי שמירת טבע בישראל, אזור המאוכלס בצפיפות גבוהה.

זאמר זה הוא גרסה מקוצרת ומותאמת לקהל הקוראים הישראלי של המאמר:

Schekler I, Smolinsky JA, Troupin D, Buler JJ, and Sapir N. 2022 [Bird migration at the edge – Geographic and anthropogenic factors but not habitat properties drive season-specific spatial stopover distributions near wide ecological barriers](#). *Frontiers in Ecology and Evolution* **10**: 822220

מבוא

כמות הציפורים הנודדות נמצאת בירידה תלולה בעשורים האחרונים [19, 21, 26]. מאמצי המחקר והשימור מתמקדים בעיקר בהגנה על אזורי הקינון או החריפה, ורק לעיתים רחוקות על אזורים המשמשים ציפורים במהלך הנדידה [3, 10, 12], וזאת למרות העובדה שהנדידה היא התקופה שהסיכון לתמותה בה הוא הגבוה ביותר [17, 25]. מאחר שרוב זמן הנדידה מוקדש לצבירת אנרגיה ולמנוחה [1, 27], השרידות של הציפורים ויכולתן לסיים בהצלחה את מסען תלויות בזמינות ובאיכות של תחנות חניית ביניים במהלך הנדידה [13, 15].

אזורי תחנות החניה החשובים ביותר עבור הציפורים הנודדות הם אלה הסמוכים למחסומים אקולוגיים. ציפורים שזה עתה סיימו לחצות את המחסום צריכות להתאושש, וציפורים שמתכוננות לנדידה ארוכה צריכות לאגור כוחות לקראת מאמץ החציה [8]. האזורים האלה מאופיינים בדרך כלל בצפיפות גבוהה של ציפורים נודדות שעשויות להתחרות על משאבים מוגבלים [16]. [18] רוב הציפורים הנודדות בין אירופה לאפריקה שמדרום לסהרה מתמודדות עם שני מחסומים אקולוגיים רחבים: הים התיכון (ברוחב של כ-550 ק"מ, אך רוחבו משתנה במידה ניכרת בין אזורים שונים) וחגורת המדבר הסהר-ערבית (ברוחב של כ-2,000 ק"מ), והן צריכות לעבור או לעקוף אותם פעמיים בשנה. ישראל ממקמת בשולי שני המחסומים הללו, ולכן מהווה אתר חניית ביניים חשוב ומשמעותי לציפורים הנודדות מאירופה לאפריקה וחזרה, וזוכה למגוון רב ולמספרי ציפורים נודדות מהגבוהים בעולם.

השיטה המהימנה ביותר לחקור בקנה מידה רחב שימוש של ציפורים בתחנות חניה במהלך נדידה היא על-ידי שימוש בנתונים ממכ"מי מזג אוויר. מטרתנו במחקר זה היא לכמת את תפוצת הציפורים הנודדות בתחנות חניה בקנה מידה רחב של רוב שטח ישראל בפעם הראשונה בציר הנדידה הפליארקטי-אפרו-טרופי. כמו כן, רצינו לחשוף את הגורמים שמשפיעים על התפוצה המרחבית וליצור תשתית מדעית לצורך שימור אזורים המשמשים תחנות חניה חשובות לציפורים הנודדות.



קבוצת נחליאלים צהובים (*Motacilla flava*) על שיח יבש בנחל שעלב שבערבה הדרומית | צילום: יואב פרלמן

שיטות וחומרים

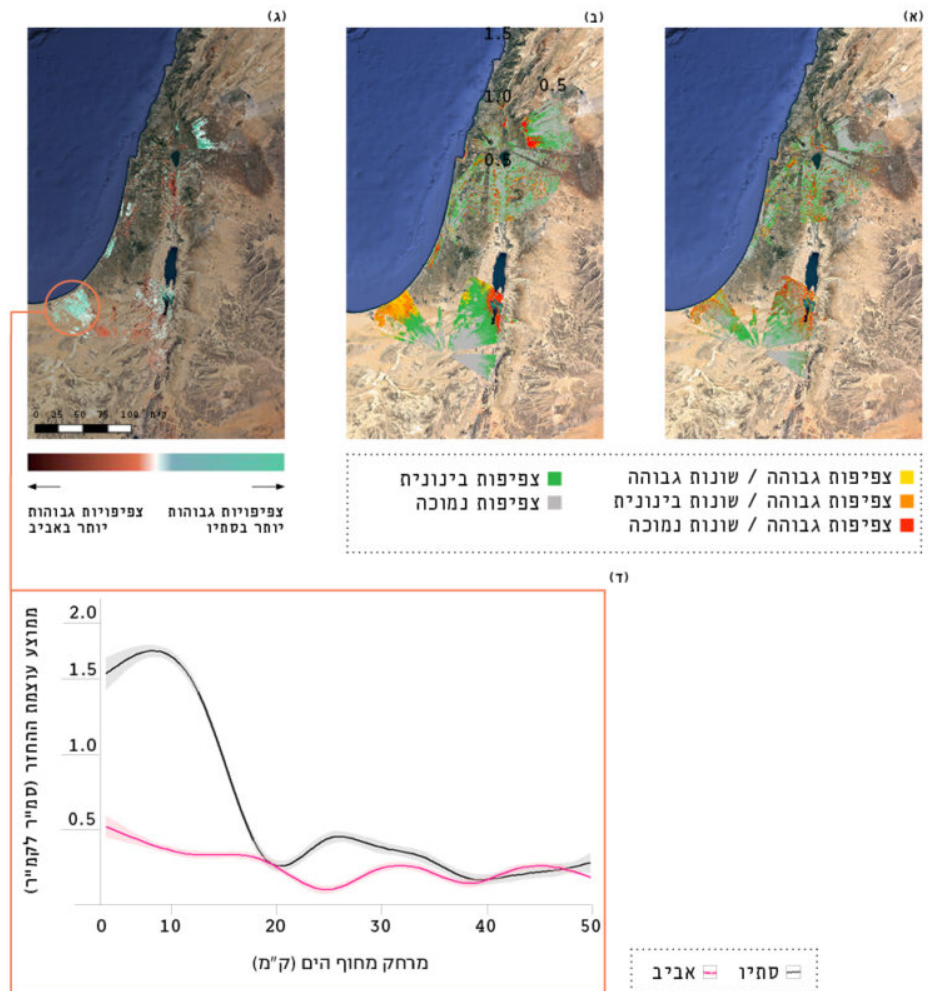
כדי למפות את תחנות חניית הביניים של ציפורים בישראל נעזרנו במכ"ם. עוצמת ההחזר של אות המכ"ם מאפשרת ללמוד על צפיפות הציפורים. לקחנו נתונים של חמש שנים (2014–2018) משלושה מכ"מי מזג אוויר: מכ"ם השירות המטאורולוגי בבית דגן ושני מכ"מים של חיל האוויר, הממוקמים בהר מירון ובמצפה רמון. באופן רגיל המכ"מים סורקים את האטמוספירה בזוויות סריקה שונות כדי לכסות מגוון גבהים. כדי לזהות יציאה של ציפורי שיר מתחנות החניה בקרקע השתמשנו רק בנתוני זווית הסריקה הנמוכה ביותר. תמונות המכ"ם נסרקו, ולניתוח נבחרו הימים שציפורי השיר יצאו בהם לנדידה. מנתוני הימים הללו חישבנו ממוצע עונתי של עוצמת ההחזרים בזווית הסריקה הנמוכה ביותר ובטווח של עד 100 ק"מ מהמכ"ם. ציפורי שיר יוצאות לנדידה סביב השקיעה, ולכן בחרנו את הסריקה עם עוצמת ההחזר הגבוהה ביותר סביב השקיעה, בהתאם לזווית השמש. לצורך פישוט התוצאות והדמייתן על מפות אפיינו תחנות חניה לציפורים בכל שטח המחקר על סמך הממוצע ומקדם השונות של עוצמת ההחזר ([איור 1](#)). אזורים שהוגדרו עם ממוצע גבוה של צפיפות ציפורים וכן עם מקדם שונות נמוך, הם האזורים החשובים ביותר לשימוש כתחנות חניית ביניים עבור ציפורים נודדות באזורנו ^[4]. משום שהשתמשנו בזווית הסריקה הנמוכה ביותר, חלק משטח הכיסוי של המכ"ם חסום, בעיקר בשל מכשולים טופוגרפיים והחזרים מהקרקע, ולכן ניתן לראות שבחלקים משטח כיסוי המכ"ם חסרים נתוני צפיפות ציפורים.

הרצנו מודל נפרד של עצי רגרסיה עבור כל עונת נדידה (אביב וסתיו) וחישבנו בו את הצפיפות בתחנות החניה ברזולוציה של כ-120 מטר בשטח שיש בו כיסוי של המכ"מים, ובחנו את ההשפעה של 30 משתנים גאוגרפיים, אנתרופוגניים, אטמוספריים ומאפייני בית גידול על צפיפות הציפורים בתחנות החניה ([טבלה 1](#)).

איור 1. מיפוי מרחבי של צפיפות הציפורים בתחנות החניה

המיפוי מסווג על פי ממוצע עונתי ומקדם השונות במהלך: א. האביב; ב. הסתיו. החלוקה לקטגוריות היא על פי ממוצע הצפיפות העונתי בתחנות החניה. "צפיפות נמוכה" מוגדרת כממוצע נמוך מהאחוזון החמישים, "צפיפות בינונית" מוגדרת בין האחוזונים 50 ל-85, ו"צפיפות גבוהה" מוגדרת כממוצע מעל האחוזון ה-85. אזורים בעלי צפיפות גבוהה חולקו לשלוש קטגוריות נוספות על פי מקדם השונות (באזורים עם שונות נמוכה יש צפיפות ציפורים גבוהה על בסיס קבוע): "שונות גבוהה" (מעל אחוזון 75), "שונות בינונית" (בין אחוזון 25 ל-75) ו"שונות נמוכה" (מתחת לאחוזון 25); ג. הבדלים עונתיים בעוצמת ההחזר הממוצעת בין הסתיו לאביב; ד. דוגמה לשינוי בעוצמת ההחזר הממוצעת של ציפורים לפי מרחק מהחוף ממכ"ם רמון.

2.0



איור 1

מיפוי מרחבי של צפיפות הציפורים בתחנות החניה

המיפוי מסווג על פי ממוצע עונתי ומקדם השונות במהלך: א. האביב; ב. הסתיו. החלוקה לקטגוריות היא על פי ממוצע הצפיפות העונתי בתחנות החניה. "צפיפות נמוכה" מוגדרת כממוצע נמוך מהאחוזון החמישים, "צפיפות בינונית" מוגדרת בין האחוזונים 50 ל-85, ו"צפיפות גבוהה" מוגדרת כממוצע מעל האחוזון ה-85. אזורים בעלי צפיפות גבוהה חולקו לשלוש קטגוריות נוספות על פי מקדם השונות (באזורים עם שונות נמוכה יש צפיפות ציפורים גבוהה על בסיס קבוע): "שונות גבוהה" (מעל אחוזון 75), "שונות בינונית" (בין אחוזון 25 ל-75) ו"שונות נמוכה" (מתחת לאחוזון 25); ג. הבדלים עונתיים בעוצמת ההחזר הממוצעת בין הסתיו לאביב; ד. דוגמה לשינוי בעוצמת ההחזר הממוצעת של ציפורים לפי מרחק מהחוף ממכ"ם רמון.

טבלה 1. סקירה של המשתנים הבלתי תלויים שנבחרו כדי להסביר את צפיפות הציפורים בתחנות החניה

סוג המשתנה המסביר	המשתנה המסביר	שוויון / נוכח (0/1)
מיקום גאוגרפי	קו רוחב [UTM]	3695131-3360571
	קו אורך [UTM]	771183-616983
	גובה פני הקרקע [מטר]	2,377-(-425)
	מרחק ממאגרי מים מלאכותיים [ק"מ]	35-0
	מרחק מחוף הים [ק"מ]	50-0
	מרחק ממאגרי מים טבעיים [ק"מ]	50-0
	מרחק מבריכות דגים [ק"מ]	50-0
	מרחק מהנחל הקרוב ביותר [ק"מ]	50-0
	Soil Adjusted Vegetation Index - SAVI	0.81-(-1)
	לחות הקרקע [%]	0.1-(-0.76)
אנתרופוגני	מרחק מאור מלאכותי בלילה [ק"מ]	33-0
מאפייני בית גידול	מטעים חקלאיים	1-0
	גידולים חקלאיים	1-0
	שטחי מרעה	1-0
	צמחייה נמוכה	1-0
	שטח פתוח	1-0
	שטח עם שיחים	1-0
	כיסוי קרקע עירוני	1-0
	יער	1-0
	גובה גאופוטנציאלי [מ"ר לשנייה ²]	130-93
	גשם [ק"ג לק"ג]	4.13539e ⁻⁰⁶ -0
מזג אוויר	טמפרטורה [צלזיוס]	28.65-16.87
	רכיב הרוח הניצב לכיוון הנדידה [מטר לשנייה]	5-0
	רכיב הרוח המקביל לכיוון הנדידה [מטר לשנייה]	0.65-(-5.3)
	רכיב הרוח בכיוון מזרח-מערב [מטר לשנייה]	2.7-(-1.5)
	רכיב הרוח בכיוון צפון-דרום [מטר לשנייה]	2.04-(-6.37)
	רוח אנוכית [פסקל לשנייה]	0.58-(-0.26)
עיתי	שנה	2018-2014
מתקן	מרחק מהמכ"ם הקרוב ביותר [ק"מ]	100-0
	גובה הקרקע ביחס לאנטנת המכ"ם הקרובה ביותר [ק"מ]	1.5-(-1.2)

טבלה 1

סקירה של המשתנים הבלתי תלויים שנבחרו כדי להסביר את צפיפות הציפורים בתחנות החניה



כ"ם מזג אוויר על גג בניין השירות המטאורולוגי בבית דגן | צילום: ד"ר אייל אמיתי, באדיבות השירות המטאורולוגי

תוצאות

מצאנו כי 13 משתנים מתוך 30 שנבדקו השפיעו על צפיפות הציפורים במודלים של האביב והסתיו, וכולם היו גאוגרפיים ואנתרופוגניים. משתנים אטמוספריים או מאפייני בית גידול לא נמצאו כבעלי השפעה משמעותית ([טבלה 2](#)). החשיבות היחסית של כל שאר המשתנים (אטמוספריים ומאפייני בית גידול) ביחד הייתה נמוכה מ-15%. השונות המוסברת של המודלים היא 0.805 באביב ו-0.801 בסתיו. מצאנו הבדל מהותי בפיזור הציפורים בתחנות החניה בין האביב לסתיו: צפיפות הציפורים באביב הייתה גבוהה יותר במדבר ובפנים הארץ, בעוד שבמהלך הסתיו הן התרכזו באזור החוף ([איור 1](#)). בעונת הסתיו בלבד פחתה צפיפות הציפורים עם המרחק ממקורות מים מתוקים, כמו נחלים ומאגרי מים מלאכותיים ([איור 1ב, ג](#)). כמו כן, נמצא שלמדד לחות הקרקע הייתה השפעה חיונית רק בסתיו ([טבלה 2](#)). כלומר, ציפורים נטו להתרכז ליד מקורות מים ובאזורים לחים יותר רק במהלך הסתיו. גובה פני השטח השפיע בצורה שונה באביב ובסתיו. בסתיו נצפו צפיפויות גבוהות של ציפורים בגבהים הנמוכים של גובה פני הים ומתחתיו, ולעומת זאת באביב נצפו צפיפויות גבוהות יותר בגבהים של מעל 1,000 מטר ([איור 2ד](#)). משתנה נוסף שנמצא משמעותי מאוד הוא המרחק מזיהום אור בלילה. צפיפויות גבוהות יותר של ציפורים נצפו בקרבת זיהום אור בלילה גם באביב וגם בסתיו, והשפעתו זוהתה עד למרחק של כ-10 ק"מ ממקור האור. השפעת זיהום האור בלילה הייתה חזקה יותר באופן משמעותי בסתיו ([איור 2ה, ז](#)), אף כי לא מובהקת.

טבלה 2. המשתנים המשפיעים ביותר באביב ובסתיו לפי מודלי עצי רגרסיה

החשיבות היחסית של המשתנים (ככל שהערך גבוה יותר, המשתנה חשוב יותר) מבוססת על מספר הפעמים שמשתנה נבחר לפיצול העץ, משוקלל לפי שיפור המודל, בממוצע על פני כל העצים ובסקלה, כך שהסכום של החשיבות של כל המשתנים במודל מגיע ל-100. תיאור המשתנים ניתן בטבלה 1.

	דירוג החשיבות		חשיבות יחסית	
	אביב	סתיו	אביב	סתיו
מרחק מהמכ"ם הקרוב ביותר	1	1	11.24	11.46
מרחק ממאגרי מים טבעיים	2	5	7.81	6.51
מרחק מהנחל הקרוב ביותר	3	4	7.67	6.87
מרחק מבריכות דגים	4	9	7.61	6.06
קו רוחב	5	6	7.49	6.38
מרחק מאור מלאכותי בלילה	6	10	7.42	5.41
מרחק מחוף הים	7	7	7.22	6.32
SAVI	8	3	6.93	7.55
מרחק ממאגרי מים מלאכותיים	9	8	6.55	6.27
גובה פני הקרקע	10	12	5.09	4.75
קו אורך	11	2	4.9	8.9
גובה הקרקע ביחס לאנטנת המכ"ם הקרובה ביותר	12	13	3.79	4.53
לחות הקרקע (לא נבדק באביב בעקבות מתאם גבוה עם קו הרוחב)	-	11	-	5.32

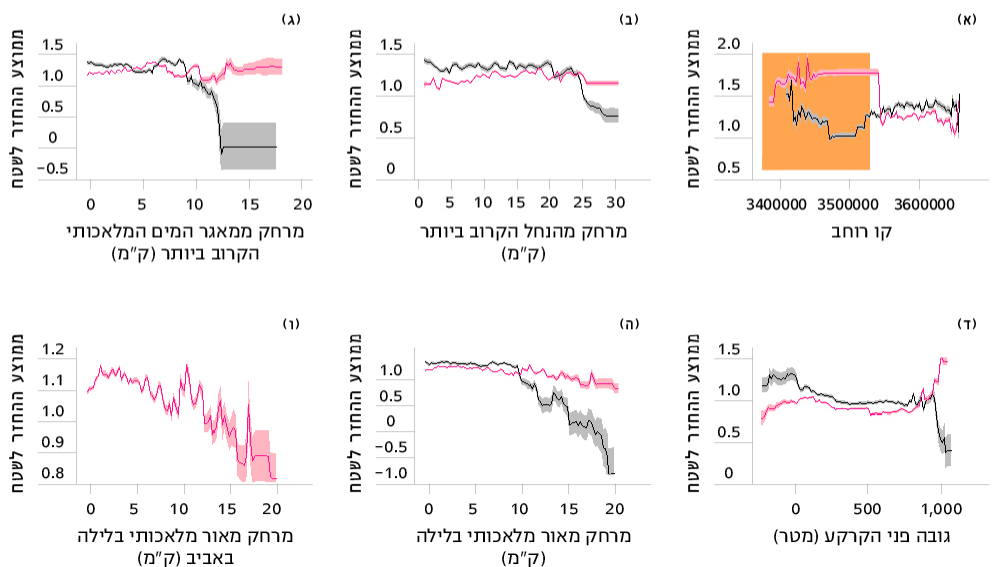
טבלה 2

המשתנים המשפיעים ביותר באביב ובסתיו לפי מודלי עצי רגרסיה

החשיבות היחסית של המשתנים (ככל שהערך גבוה יותר, המשתנה חשוב יותר) מבוססת על מספר הפעמים שמשתנה נבחר לפיצול העץ, משוקלל לפי שיפור המודל, בממוצע על פני כל העצים ובסקלה, כך שהסכום של החשיבות של כל המשתנים במודל מגיע ל-100. תיאור המשתנים ניתן בטבלה 1.

איור 2. ההשפעה החלקית של ממוצע עוצמת ההחזר לשטח, הנמצאת בקשר ישיר עם צפיפות הציפורים, על פי מודל עצי רגרסיה

א. ביחס לקו הרוחב (האזור הכתום מייצג את קווי הרוחב של אזור המדבר); ב. מרחק מנחלים; ג. מרחק ממאגרי מים מלאכותיים; ד. גובה פני הקרקע; ה. מרחק מאור מלאכותי בלילה בסתיו ובאביב; ו. המרחק מאור מלאכותי בלילה באביב בלבד (קנה המידה שונה מזה שבאיור ה). בסתיו קו המגמה שחור, ו-95% רווח סמך באפור, ובאביב קו המגמה ורוד, ו-95% רווח סמך בוורוד בהיר.



איור 2

ההשפעה החלקית של ממוצע עוצמת ההחזר לשטח, הנמצאת בקשר ישיר עם צפיפות הציפורים, על פי מודל עצי רגרסיה

א. ביחס לקו הרוחב (האזור הכתום מייצג את קווי הרוחב של אזור המדבר); ב. מרחק מנחלים; ג. מרחק ממאגרי מים מלאכותיים; ד. גובה פני הקרקע; ה. מרחק מאור מלאכותי בלילה בסתיו ובאביב; ו. המרחק מאור מלאכותי בלילה באביב בלבד (קנה המידה שונה מזה שבאיור ה). בסתיו קו המגמה שחור, ו-95% רווח סמך באפור, ובאביב קו המגמה ורוד, ו-95% רווח סמך בוורוד בהיר.



והבן מחלל (*Oriolus oriolus*) – ציפור שיר נפוצה החולפת בארץ בתקופת הנדידה | צילום: Srihari Kulkarni, Flickr, CC BY-ND 2.0

דיון ומסקנות

במחקר זה אנו מציגים את הניתוח הכמותי הראשון בקנה מידה רחב מחוץ לצפון אמריקה של התפלגות צפיפות ציפורים בתחנות חניית ביניים במהלך הנדידה. בדקנו סביבה גאוגרפית ייחודית, בין שני מחסומים אקולוגיים רחבים: מחסום יבשתי (חגורת המדבר הסהר-ערבית, אחד מאזורי המדבריות הרחבים בעולם) ומחסום ימי (הים התיכון). ממציא המחקר חושפים השפעות מורכבות של המחסומים האקולוגיים ושל המשתנים הסביבתיים שנבחנו במחקר, על פיזור הציפורים הנודדות בתחנות החניה, וההשפעות משתנות בהתאם לעונה. במהלך נדידתן בין אירו-אסיה לאפריקה הציפורים עוצרות בישראל, ומשתמשות במגוון רחב של אזורים ובתי גידול. בסתיו הן נוטות להתרכז לאורך החוף, ובאביב – במדבר ובפנים הארץ. במדבר ההבדלים בין הסתיו לאביב דרמטיים. במהלך האביב, לאחר החורף הגשום, ישנם אזורים ירוקים במדבר, בעיקר לאורך אפיקי נחלים. לעומת זאת, במהלך הסתיו, לאחר הקיץ החם וחודשים רבים ללא משקעים, המדבר יבש לחלוטין. הציפורים הנודדות מגיעות באביב לדרום ישראל, שנמצא בקצה הצפוני של חגורת המדבריות הסהר-ערבית, אחרי נדידה של כ-2,000 ק"מ מעל אזורים צחיחים, ומוצאות מנוחה ואוכל בחלקים מהמדבר. לעומת זאת, בסתיו הציפורים הנודדות מגיעות מאזורים צפוניים, שלרוב עשירים במזון ובמים, נתקלות באזורים יבשים מאוד במדבר, ומעדיפות להימנע מעצירה שם. לפיכך, המקום האחרון שהן ינסו לאכול ולצבור בו אנרגיה הוא מצפון למדבר, לפני החציה שלו, ולא בתוכו [6, 22].

ניתן לבחון את ההבדל בצפיפויות הציפורים בין העונות גם דרך השפעת המשתנים 'מרחק מנחלים' ו'מרחק ממאגרי מים מלאכותיים'. בשני המקרים צפיפות הציפורים פוחתת עם המרחק ממקורות המים במהלך הסתיו, אך באביב אין למשתנים האלה השפעה. במהלך הסתיו הציפורים מתרכזות ליד אזורים שיכולים לספק להם מים, ולעומת זאת באביב, לאחר גשמי החורף, נראה שזמינות המים אינה מגבילה, ולכן לא נצפית משיכה למקורות מים.

ישנן שתי סיבות עיקריות שיכולות להסביר את התרכזות הציפורים הנודדות בקרבת חוף הים במהלך הסתיו. הראשונה היא תאוריית נדידת הלולאה. לפי תאוריה זו, מינים שונים של ציפורים בחלקו המזרחי של הים התיכון נודדים בנתיב נדידת הלולאה נגד כיוון השעון. הנתיב מתאפיין בנדידה באזורים מערביים במהלך הסתיו, ובנדידה מזרחית יותר במהלך האביב, כולל במזרח ישראל [24]. גם הצפיפות הגבוהה יותר בפנים הארץ, שנצפתה במהלך האביב, תומכת בהסבר זה. הסבר נוסף לצפיפות הגבוהה הנצפית במרכז ישראל ובדרומה בקרבת חוף הים בסתיו הוא שינוי כיוון הנדידה של ציפורים בים לכיוון החוף במהלך הנדידה בלילה. במחקר קודם [2] שהשתמש בתמונות מכ"ם ממרכז ישראל, דווח כי ציפורים שנוודות מעל הים התיכון במהלך הסתיו עפות דרומה בחלקו הראשון של הלילה, מקביל לקו החוף (בכיוון צפון-דרום). לעומת זאת, אחרי חצות, הציפורים פונות לכיוון מזרח – לכיוון היבשה. שינוי התנהגותי זה, בין תחילת הלילה וסופו, בנדידה מעל מחסום אקולוגי, תואר גם באתרים אחרים, למשל באגם אירי שבצפון אמריקה [9]. ואכן, בתצפיות בוקר מוקדמות של צפרים לאורך קו החוף בישראל, מדווחת לעיתים קרובות נדידה פעילה לכיוון החוף בסתיו, במקרים מסוימים בכמויות גדולות מאוד. הצפיפות הגבוהה מאוד של הציפורים באזור חוף הים, עד למרחק של כ-20 ק"מ מקו החוף, נרשמת באזור המיושב והצפוף ביותר בישראל. דפוס זה יכול להעיד על כך שהציפורים אינן בררניות, ובוחרות בכל בית גידול שהוא לאורך החוף, רק בגלל קרבתו לקו החוף.

כדומה לממצאים מצפון אמריקה [5, 14], מצאנו השפעה חזקה של אור מלאכותי בלילה על תפוצת הציפורים בתחנות חניית ביניים. משיכה נרחבת לאורות בוהקים היא העדות המתועדת הראשונה לתופעה אנתרופוגנית זו מחוץ לצפון אמריקה. המשיכה לאור מלאכותי עלולה לגרום לבחירת אתרי עצירת ביניים באיכות נמוכה יותר, ולכן יכולה להשפיע בצורה שלילית ומשמעותית

על שרידות הציפורים. בחירה מיטבית של בית גידול לעצירת ביניים היא קריטית לציפורים נודדות, שכן איכות אתר עצירת ביניים עשויה להשפיע על קצב צבירת המזון [11, 23], מה שיכול להשפיע על התזמון ועל מהירות הנדידה [14, 17], כמו גם על שרידות הציפורים [21] ועל הצלחת הרבייה [7, 20]. ניתן להסביר את המשיכה החזקה יותר לתאורה מלאכותית בלילה במהלך הסתיו (בהשוואה לאביב) בהסתכלות על הרכב הציפורים הנודדות. בסתיו יש אחוז גבוה של ציפורים צעירות הנודדות בפעם הראשונה, וממחקרים אחרים ידוע כי ציפורים צעירות נמשכות בעוצמה גבוהה יותר אל תאורה מלאכותית בלילה בהשוואה לפרטים בוגרים [8].



נקודת עמידה לציפורים מעל המים – דוגמה לביצוע התאמות באתר מלאכותי כדי שישמש גם כתחנת חניה לציפורים נודדות. במסגרת מיזם טבע Biz בוצעו התאמות שונות במאגר 'עין נטפים', שהוא חלק ממכון טיהור השפכים של אילת | צילום: נועם נייס

במחקר זה זיהינו מספר אזורים בעלי עדיפות גבוהה לשימור עבור הציפורים הנודדות. למשל, באזור החוף יש צפיפות גבוהה מאוד של ציפורים במהלך הסתיו למרות היותו האזור המאוכלס ביותר בישראל. אזור זה מתמודד עם איזמים סביבתיים עתידיים, משמעותיים ונרחבים, כולל פיתוח של מתקני טורבינות רוח גדולים. נוסף על כך, הראינו שבמהלך הסתיו, ממש לפני חציית הסהרה, הציפורים הנודדות מתרכזות באזורים לחים, כולל נחלים ומאגרי מים מלאכותיים. אזורים אלה מאוימים מזיהום מים ומתיירות אינטנסיבית וזאת נוסף על התהליך הנרחב של כיסוי מאגרים בלוחות סולריים ללא התחשבות בהשפעות האקולוגיות האפשריות. התוצאות הכמותיות והמרחביות שלנו יכולות לשמש, וכבר משמשות, בעלי עניין שונים כדי לנסות ולמצער סיכונים נוכחיים ועתידיים לציפורים נודדות באזור. זאת ועוד, באמצעות הנתונים מהמחקר ניתן לקבוע סדרי עדיפויות לשמירה על אזורים בעלי חשיבות גבוהה לציפורים הנודדות ולהשקיע משאבים בשימור ובשיקום של תחנות החניה האלה. אזורים נרחבים בארץ נמצאים כיום ללא כיסוי של מכ"מ מזג אוויר, ולכן מומלץ לבצע ניתוח זה שוב לאחר התווספות מכ"מים נוספים הצפויים להתחיל לפעול בשנים הקרובות. נוסף על כך, בעקבות השינויים הנרחבים בבתי הגידול בארץ מומלץ לנטר את צפיפות הציפורים על-ידי מכ"מים ברחבי הארץ כל מספר שנים (חמש או עשר שנים) כדי לזהות את השפעת שינוי תכונות בתי הגידול על צפיפותן באזור חשוב זה, המשמש אותן לחניה בתקופת הנדידה.

תודות

אנחנו מודים לקק"ל באמצעות תוכנית כנפי קק"ל, ולירון צ'רקה על התמיכה במחקר. אנחנו מודים לשירות המטאורולוגי וליחידה המטאורולוגית של חיל האוויר על שיתוף נתוני המכ"מים ולכליל גלעדי על סריקת התמונות.

הלכה למעשה

אוהד הצופה, אקולוג עופות בחטיבת המדע, רשות הטבע והגנים:

במאמר מוצג שימוש חכם בכלים ייחודיים (כגון מכ"ם מזג אוויר) המאפשר לראות מה שנעלם מעינינו עד כה. הציפורים הנודדות מגיעות לישראל לאחר חציית מכשולים גאוגרפיים משמעותיים: הים התיכון (בייחוד בנדידה במהלך

הסתיו) או רצועת המדבריות (בעיקר בנדידה במהלך האביב). המאמר מציג ניתוח חשוב המאפשר לזהות היכן חונים נודדי הלילה, שהם מרבית הציפורים הנודדות. בעזרת ניתוח מדעי ניתן לזהות גם את הגורמים המסבירים את בחירות להקות הציפורים, ואת המאפיינים של תחנות העצירה האלה.

מחקר זה מעמיד את יסודות המיפוי שצריכים לשמש את גופי שמירת הטבע ומנהלי הסביבה בישראל לשם הגנה על האתרים החשובים, כדוגמת תחנות עצירה של מאות מיליוני הציפורים הנודדות מעל ישראל.

מקורות

1. Alerstam T. 2003. Bird migration speed. In: Berthold P, Gwinner E, and Sonnenschein E (Eds). *Avian Migration*. Berlin, Heidelberg: Springer
2. Alfiya H. 1995. Surveillance radar data on nocturnal bird migration over Israel, 1989–1993. *Israel Journal of Zoology* **41**: 517–522
3. Becciu P, Menz MHM, Aurbach A, et al. 2019. Environmental effects on flying migrants revealed by radar. *Ecography* **42**: 942–955
4. Buler JJ and Dawson DK. 2014. Radar analysis of fall bird migration stopover sites in the northeastern U.S. *Condor* **116**: 357–370
5. Cohen EB, Horton KG, Marra PP, et al. 2021. A place to land: Spatiotemporal drivers of stopover habitat use by migrating birds. *Ecology Letters* **24**: 38–49
6. Domer A, Vinepinsky E, Bouskila A, et al. 2021. Optimal stopover model: A state-dependent habitat selection model for staging passerines. *Journal of Animal Ecology* **90**(12): 2793–2805
7. Drent R, Both C, Green M, et al. 2003. Pay-offs and penalties of competing migratory schedules. *Oikos* **103**: 274–292
8. Gauthreaux SA and Belser CG. 2006. Effects of artificial night lighting on migrating birds. In: Rich E and Longcore C (Eds). *Ecologi*. Washington (DC): Island Press
9. Gesicki DV, Cech EL, and Bingman VP. 2019. Detoured flight direction responses along the southwest coast of Lake Erie by night-migrating birds. *The Auk* **136**: 1–14
10. Hutto RL. 2000. On the importance of en-route periods to the conservation of migratory landbirds. *Studies in Avian Biology* **20**: 109–114
11. Kelly JF, DeLay LS, and Finch DM. 2002. Density-dependent mass gain by Wilson's warblers during stopover. *The Auk* **119**: 210–213
12. Marra PP, Cohen EB, Loss SR, et al. 2015. A call for full annual cycle research in animal ecology. *Biology Letters* **11**: 20150552
13. McGowan CP, Hines JE, Nichols JD, et al. 2011. Demographic consequences of migratory stopover: Linking red knot survival to horseshoe crab spawning abundance. *Ecosphere* **2**: art69
14. McLaren JD, Buler JJ, Schreckengost T, et al. 2018. Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds. *Ecology Letters* **21**: 356–364
15. Moore FR. 1995. Habitat requirements during migration: Important link in conservation. In: Martin TE and Finch DM (Eds). *Ecology and Management of Neotropical Migratory Birds*. New York: Oxford University Press

- Moore FR and Yong W. 1991. Evidence of food-based competition among passerine migrants during stopover. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **28**: 85–90 .16
- Newton I. 2006. Can conditions experienced during migration limit the population levels of birds? *Journal of Ornithology* **147**: 146–166 .17
- Petit DR. 2000. Habitat use by landbirds along Nearctic-Neotropical migration routes: Implications for conservation of stopover habitats. *Studies in Avian Biology* **20**: 15–33 .18
- Rosenberg KV, Dokter AM, Blancher PJ, et al. 2019. Decline of the North American avifauna. *Science* **366**(6461): 120–124 .19
- Sandberg R and Moore FR. 1996. Fat stores and arrival on the breeding grounds: Reproductive consequences for passerine migrants. *Oikos* **77**: 577 .20
- Sanderson FJ, Donald PF, Pain DJ, et al. 2006. Long-term population declines in Afro-Palearctic migrant birds. *Biological Conservation* **131**: 93–105 .21
- Sapir N, Abramsky Z, and Shochat E. 2004. Scale-dependent habitat selection in migratory frugivorous passerines. *Naturwissenschaften* **91**: 544–547 .22
- Schaub M, Jenni L, and Bairlein F. 2008. Fuel stores, fuel accumulation, and the decision to depart from a migration stopover site. *Behavioral Ecology* **19**: 657–666 .23
- Shirihai H. 1996. The Birds of Israel. London: Academic Press .24
- Sillett TS and Holmes RT. 2002. Variation in survivorship of a migratory songbird throughout its annual cycle. *Journal of Animal Ecology* **71**: 296–308 .25
- Sokolov LV, Baumanis J, Leivits A, et al. 2001. Comparative analysis of long-term monitoring data on numbers of passerines in nine European countries in the second half of the 20th century. *Avian Ecology and Behaviour* **7**: 41–74 .26
- Wikelski M, Tarlow EM, Raim A, et al. 2003. Costs of migration in free-flying songbirds. *Nature* **423**: 704 .27

קריאה נוספת

מאמר המראה עדות לירידה משמעותית, של כשלושה מיליארד, בכמות הציפורים בארה"ב בעשורים האחרונים.

Rosenberg KV, Dokter AM, Blancher PJ, et al. 2019. [Decline of the North American avifauna](#). *Science* **366**(6461): 120–124.

מידע מהמאמר שלעיל, של Rosenberg ואח', המונגש לקהל הרחב.

The Cornell Lab of Ornithology. [Nearly 3 billion birds gone](#).

מאמר המדגים את ההשפעה הנרחבת של זיהום אור על נדידת ציפורים.

McLaren JD, Buler JJ, Schreckengost T, et al. 2018. [Artificial light at night confounds broad-scale habitat use by migrating birds](#). *Ecology Letters* **21**(3): 356–364.