



מערכת iPTE למניעת דריסות בעלי חיים בכבישים – סיכום פיילוט בכביש 3415

ד"ר דוד שהמי, תומר עפרי ודודן רותם

ינואר 2025

רקע

התנגשויות בין בעלי חיים לכלי רכב היא תופעה נרחבת ובעיה משמעותית ביותר הן לכלכלה והן לשמירת טבע. לדוגמה, בשנת 2016 דווחו 263,000 התנגשויות בגרמניה והנזק הכלכלי באותה שנה נאמד ב- 0.7 מיליארד אירו (Benten et al. 2018), ובארצות הברית הנזקים הוערכו בשנת 2008 בכ- 8 מיליארד דולר בשנה (Huijser et al. 2008), אך המספרים האמיתיים גבוהים מכך מכיוון שלפי ההערכות למעלה משני-שליש מההתנגשויות אינן מדווחות (Benten et al. 2018). סקירה ספרותית מקיפה הראתה כי דריסות היו גורם התמותה העיקרי עבור 17 מתוך 57 אוכלוסיות היונקים שנסקרו (Moore et al. 2023, 28%). התנגשויות מהוות סכנה משמעותית בעיקר לבעלי חיים בסכנת הכחדה; לדוגמה, למעלה מ- 50% מתמותת תת-מין נדיר של אייל לבן-זנב (*Odocoileus virginianus*) נגרמת כתוצאה מדריסות (Lopez et al. 2003), אך גם מינים נפוצים יכולים להיפגע באופן משמעותי, כפי שתועד באירופה למין תנשמת (*Tyto alba*) (Fajardo 2001). היקף הבעיה ושכיחותה עולה ועתידה להמשיך לעלות יחד עם הגידול במספר המכוניות וככל שתשתיות הכבישים מתרחבות ומתקרבות לשטחים פתוחים.

אחת השיטות לצמצום ההתנגשויות היא הפרדה פיזית של הכביש מהשטח הפתוח הסמוך לו. למשל, על ידי גדרות. לגדרות יש עלות הקמה גבוהה והן מחיבות תחזוקה. בנוסף מהיבט אקולוגי, הן מהוות חסם משמעותי לתנועת בעלי חיים. שיטה אחרת היא יצירה של "גדר וירטואלית". כלומר הצבת מכשירים לאורך הכביש המופעלים בעת נסיעת רכב על הכביש. במהלך השנים נוסו שיטות שונות ובהן רפלקטורים של אור (לדוגמה: Grenier, 2002), ו/או אלמנטים מתנפנפים (Riginos et al., 2018). הראשונים מופעלים בלילה בזמן תנועת מכוניות ומפנים את אורות הרכב המתקרב כלפי השטח הפתוח ואילו האחרון יוצר תנועה בכל זמן. שתי השיטות נמצאו עם יעילות חלקית (Grenier, 2002) או לא יעילות לאורך זמן (D'Angelo and van der Ree, 2015; Benten et al., 2018). עקב הסתגלות בעלי חיים להפרעה. אך ככלל ניתן למצוא בספרות טיעונים לכאן ולכאן על יעילות המערכות. בשנים האחרונות יצרה חברת iPTE (iPTE Traffic Solutions Ltd., Austria) מערכת המופעלת על ידי אורות הרכב המתקרב ובמקום אור יש פליטה של קול בתדרים שונים כלפי השטח הפתוח. החידוש המרכזי הוא בתדרים תת קוליים הנקלטים על ידי יונקים. הצבת העמודים לאורך מקטע בכל 50 מטרים יוצרים בפועל "גדר קולית" המרתיעה את בעל החיים בעת התקרבות רכב. בעל החיים נמנע מחציית הכביש בעת המצאות הרכב ולאחר שזה חלף הוא יכול להמשיך בחציית הכביש בבטחה. באופן זה נמנעת תאונת דרכים ונשמרת הקישוריות האקולוגית של השטחים הפתוחים. המערכת מורכבת ממכשירים המוצבים לסירוגין משני צידי הכביש במרווחים קבועים, ומופעלים על ידי אורות כלי רכב מתקרב, לכן המערכת אפקטיבית רק בשעות החשיכה. המערכת

חדשה יחסית ויעילותה בצמצום התנגשויות אינה חד-משמעית, ומהבדיקות שנערכו במקומות אחרים יש תלות במיני המטרה ובתנאי הסביבה בהם עובר הכביש.

על מנת לבחון את יעילות המערכת בטרם בחינת האפשרות להתקנה רחבת היקף בישראל, נבחר מקטע לפיילוט בכביש 3415 בסמוך לאמציה. הפרויקט כולו נערך בשיתוף ומעורבות נתיבי ישראל. כביש זה הינו "אזור חם" לדריסות בעלי חיים על פי נתוני רשות הטבע והגנים שנאספו בשנים 2013 – 2024. מאחר ואירועי דריסה הם נדירים יחסית עשוי לחלוף זמן רב עד לקבלת תוצאות מהימנות. לפי היצרן זמן סביר הוא 3-4 שנים. מסמך זה מהווה דו"ח ביניים לאחר שנה וחצי בה מוצבת המערכת ויש חשיבות ליישום עוד מערכות כאלו ברחבי ישראל על מנת להבין את יעילותן על מינים שונים של יונקים. לדוגמא בדרום ישראל מתפתחת בעיה של פראים וראמים ואילו בצפון ישראל יש תאונות עם יחמור פרסי וחזיר בר כמינים העשויים להוות סכנה ממשית לנהגים. יחד עם זאת גם כניסתם של בעלי חיים קטנים לתחום הכביש עלולה לסכן נהגים המנסים שלא לפגוע בחיה ועלולים לסטות מנתיב הנסיעה. כלומר, לא רק יונקים גדולים מהווים סכנה למשתמשי הדרך.

שיטות

ב-6 בספטמבר 2023 הותקנה על ידי צוות של נתיבי ישראל, מערכת במקטע כביש 3415 באורך 1 ק"מ מצפון לאמציה (להלן מקטע הניסוי; איור 1א). המכשירים הותקנו על גבי עמודים בכל שול במרווחים של 50 מ' לסירוגין משני צידי הכביש, לפי הנחיות היצרן (איור 1ב). בהמשך הכביש נקבע מקטע נוסף באורך 1 ק"מ בו לא הותקנה המערכת, אשר שימש בביקורת (להלן מקטע הביקורת; איור 1א). שני המקטעים נסרקו עד פעמיים בשבוע, בנסיעה איטית לאורך הכביש, על ידי פקחי ומתנדבי רט"ג עד ינואר 2025 (הסריקות ממשיכות גם כיום), וכל ממצא המעיד על פגיעה בבעל חיים דווח באפליקציית "דיווחים לרט"ג", כולל המין והמיקום המדויק (איור 1ג). גם סריקה ללא ממצאים דווחה באפליקציה. נתוני הדריסות סוננו ליונקים בלבד החל מגודל קיפוד מצוי (*Erinaceus concolor*) ומעלה, מתוך ההנחה כי יונקים קטנים יותר וגם טקסונים אחרים יגיבו באופן שונה, אם בכלל, לקולות הנפלטות מהמערכת המוצבת בגובה של כ-1 מ' מעל הקרקע.



איור 1. פיילוט מערכת iPTE בכביש 3415. (א) אזור הפיילוט. בצהוב מסומן מקטע הכביש בו הוצבו המכשירים (מקטע הניסוי). בירוק מסומן מקטע הכביש בו לא הוצבו המכשירים (מקטע הביקורת). (ב) אחד ממכשירי המערכת מותקן על עמוד ליד הכביש. צילום: תומר עופרי. (ג) תן דרוס בכביש 3415. צילום: תומר עופרי.

לצורך השוואה, נותחו גם נתונים היסטוריים של דריסות שדווחו במערכת רט"ג בין 2008 ל- 2022, בשני המקטעים. כך נעשה ניסיון לדמות במידה מסוימת את שיטת הדיגום המומלצת Before-After-Control-Impact בה נבדקים אותם אזורי ביקורת ואותם אזורי ניסוי לפני ואחרי התחלת התהליך או האירוע הנחקר (Christie et al. 2019). יש לציין עם זאת כי קיים הבדל מהותי בין נתוני הדריסות לפני ואחרי תחילת המחקר הנוכחי: ניטור הדריסות במהלך הפיילוט בוצע כאמור באופן שיטתי פעמיים בשבוע במועדים זהים בשני המקטעים מתוך מטרה לאתר דריסות, ועל כן קיימים נתוני נוכחות דריסות אך גם היעדר דריסות (במילים אחרות, נרשם מספר הפעמים בהם נסרק הכביש ולא נמצאו בו דריסות). לעומת זאת, הנתונים ההיסטוריים הם נתוני נוכחות בלבד של סריקות אקראיות ולא שיטתיות, כלומר לא ידוע כמה פעמים נסרק הכביש אך לא אותרו בו דריסות משום שסריקה כזו לא דווחה.

העובדה כי מקטע הביקורת הוא המשך רציף של מקטע הניסוי על אותו כביש עוזרת במידה רבה להתגבר על מכשול סטטיסטי זה, מכיוון שיש להניח כי בכל פעם שדווחה דריסה באחד המקטעים בלבד, לא הייתה דריסה במקטע השני, משום ש'המדווח' עבר בנסיעה גם במקטע השני. ועדיין, לא ידוע כמה פעמים בשנה בממוצע נסרק הכביש באופן אקראי לפני התחלת הפיילוט. על מנת להתגבר על בעיה זו, נבחנו גם הפרש הדריסות בין שני המקטעים, במקום מספר הדריסות; כך, עליה במספר הדריסות המתועדות בעת הפיילוט לעומת הנתונים ההיסטוריים כתוצאה ממאמץ דיגום רב יותר צפויה להתרחש בשני המקטעים, אך ההפרש בין המקטעים צפוי להיות זהה להפרש ביניהם בנתונים ההיסטוריים אם המערכת אינה משיגה את מטרתה בצמצום מספר הדריסות.

הנתונים לא התפלגו נורמלית, ועל כן נעשה שימוש במבחנים סטטיסטיים א-פרמטריים. ניתוח הנתונים נעשה באמצעות תוכנות ArcGIS Pro 3.3.1 (ESRI) ו- SPSS Statistics 25 (IBM).

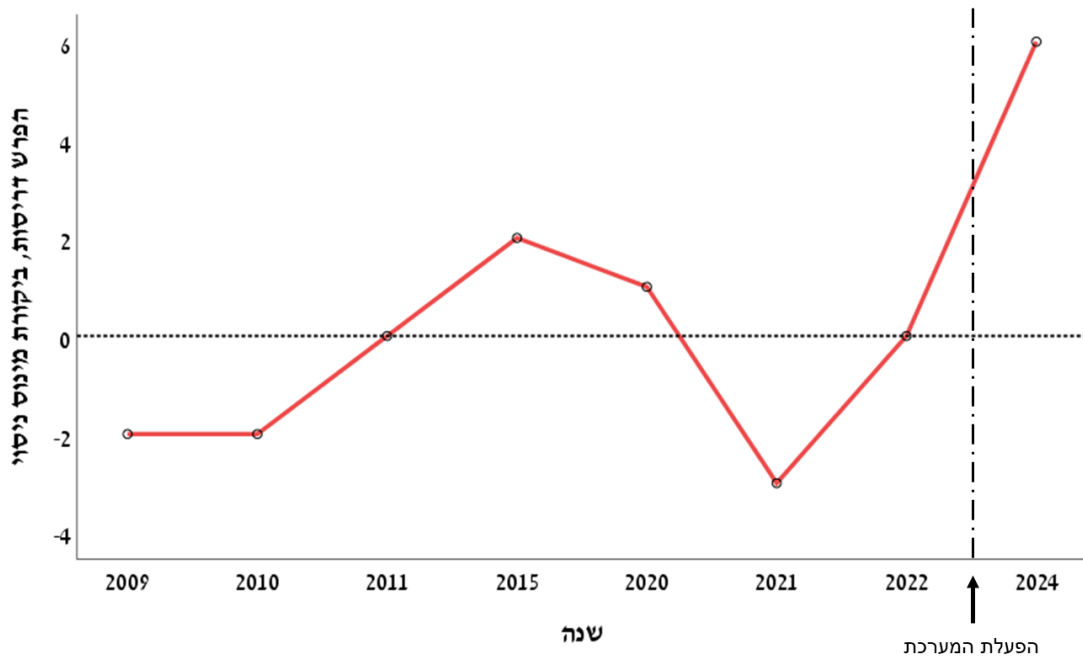
תוצאות

לאורך 16 חודשים מאז הצבת המערכת נסרקו המקטעים ב-102 ימים (בממוצע 1.5 פעמים בשבוע), ונמצאו 13 אירועי דריסות על פי הקריטריונים שהוגדרו. התפלגות המינים הדרוסים היא 8 תנים, 2 שועלים מצויים, ו-3 קיפודים מצויים.

במקטע הביקורת אירעו יותר דריסות מאשר במקטע הניסוי באופן מובהק: 11 במקטע הביקורת לעומת 2 במקטע הניסוי (Wilcoxon signed-rank test, $P = 0.02$). עם זאת יש לציין כי עקב המדגם הקטן, שינוי קטן בנתונים יכול להפוך מגמה זו. לדוגמה, אם מוציאים את שלושת אירועי דריסת הקיפודים אשר כולם היו במקטע הביקורת, ההבדל בין המקטעים עדיין גדול אך אינו מובהק (Wilcoxon signed-rank test, $P = 0.08$).

מנובמבר 2008 עד אוגוסט 2022 דווחו 56 דריסות בשני המקטעים: 31 במקטע הניסוי ו-25 במקטע הביקורת. ההבדל במספר הדריסות בין שני המקטעים לפני התחלת הפיילוט אינו מובהק (Wilcoxon signed-rank test, $P = 0.43$). גם כאשר מאחדים את הדיווחים לפי שנים, לא נמצא הבדל מובהק בין שני המקטעים לפני התחלת הפיילוט (Wilcoxon signed-rank test, $P = 0.34$, $n = 7$); נבחרו רק שנים בהן יש לפחות 5 דיווחים).

בסיכום שנתי של הנתונים ההיסטוריים, ניכר כי התפלגות הפרשי הדריסות בין מקטע הביקורת למקטע הניסוי נעה סביב אפס (איור 2): יש שנים בהן במקטע הניסוי דווחו יותר דריסות, יש שנים בהן במקטע הביקורת דווחו יותר דריסות, ויש גם שנים עם מספר דריסות זהה. אחרי התחלת הפיילוט, ההבדל במספר הדריסות בין המקטעים במשך שנה קלנדרית (ינואר – דצמבר 2024) עומד על 6 לטובת מקטע הביקורת; מספר זה גבוה באופן מובהק מ-7 השנים שלפני התחלת הפיילוט (One-sample Wilcoxon signed-rank test, $P = 0.02$; איור 2).



איור 2. הפרש דיווחי הדריסות השנתי (ינואר-דצמבר) בין מקטע הביקורת למקטע הניסוי. הפרש חיובי: יותר דריסות במקטע הביקורת. הפרש שלילי: יותר דריסות במקטע הניסוי. שימו לב כי לא כל השנים מופיעות, השנים החסרות היו עם פחות מ-5 דיווחים.

דיון

נתוני הדריסות המדווחות לפני התחלת הפיילוט איפשרו לוודא כי אין הבדלים משמעותיים בדריסות בין מקטע הביקורת ומקטע הניסוי, ולאמת את תקינות ההשוואה בין שני המקטעים במסגרת הפיילוט. על אף מספר הדריסות הנמוך יחסית בזמן הפעלת המערכת (13 דריסות לאורך 16 חודשים), הנטייה החזקה לכיוון עודף דריסות במקטע הביקורת לעומת מקטע הניסוי הראתה מובהקות סטטיסטית ומעידה על הצלחת המערכת בהקטנת מספר התנגשויות כלי רכב עם יונקים בגודל קיפוד ומעלה.

מחקר מסוג זה קשה מאוד לביצוע משום שדריסות בעלי חיים מתרחשות בתדירות נמוכה יחסית והממצאים עשויים להיעלם מהר מהשטח, ועל כן הוא מחייב פרקי זמן ארוכים מאוד של ניסוי. על אף התוצאות המובהקות, הן אינן חסינות לשינויים קטנים בנתונים. חשוב אם כן להבין את מגבלות מחקר הפיילוט בשלב זה של ניתוח הנתונים, ועל מנת לחזק את המסקנה העולה ממנו מומלץ:

1. להמשיך בסקירה השיטתית של שני המקטעים למשך כמה שיותר זמן, רצוי לפחות עד סוף 2025 כך שיתקבלו לפחות שתי שנים מלאות (2024-2025).
2. להוסיף ניסוי של כיבוי המערכת לפרק זמן ארוך (שנה לפחות) על מנת לבדוק האם מספר הדריסות במקטע הניסוי יעלה בתגובה, כמצופה.
3. לבחון את המערכת בכבישים נוספים בישראל במערכות אקולוגיות שונות המקיימות יונקים ממינים שונים.
4. לוודא שהמערכת אכן פועלת כמצופה בעזרת הצבת מצלמות וידאו במקטעי הניסוי והביקורת המראות את התגובה ההתנהגותית שאנו מצפים לה מבעלי החיים השונים בעת הפעלת המכשירים כאשר מתקרב רכב.
5. לוודא, בעזרת מצלמות אך עדיף גם בניסויים בתנאים מבוקרים, שיונקים נמוכים או קטנים יחסית (כגון קיפוד מצוי) אכן שומעים את תדרי הקול המופקים על ידי המכשירים ומגיבים

להם כפי שידוע מיונקים גדולים יותר. כרגע, ההחלטה אילו יונקים לכלול בניתוח הנתונים ואילו להוציא, שרירותית למדי ולא מגובה במספיק מידע.

כמו כן, גם ביעד הבא של התקנת המערכת בארץ, מומלץ לקיים נוהל דומה של סקירה שיטתית במקטעי ניסוי וביקורת למשך שנתיים לפחות על מנת להבין טוב יותר עד כמה היא אכן יעילה. יש לבחור מבעוד מועד מקטעי ניסוי וביקורת צמודים ושאינם שונים זה מזה מבחינת נתוני הדריסות ההיסטוריים.

תודות

תודה לעובדי רט"ג הרבים שעזרו בביצוע הסקרים השיטתיים ותחזוקת המערכת: ליעד כהן, דב פרידמן, ליאור כהן, ניב טורס, אורי קייזר, משה משרקי, אליאסף גוטמן, ואילן שיפמן.

מקורות

- Benten, A., P. Annighöfer, and T. Vor. 2018. Wildlife warning reflectors' potential to mitigate wildlife-vehicle collisions — a review on the evaluation methods. *Frontiers in Ecology and Evolution* 6.
- Benten, A., Hothorn, T., Vor, T., & Ammer, C. 2018. Wildlife warning reflectors do not mitigate wildlife-vehicle collisions on roads. *Accident Analysis & Prevention*, 120, 64-73.
- Christie, A. P., T. Amano, P. A. Martin, G. E. Shackelford, B. I. Simmons, and W. J. Sutherland. 2019. Simple study designs in ecology produce inaccurate estimates of biodiversity responses. *Journal of Applied Ecology* 56:2742-2754.
- D'Angelo, G., & van der Ree, R. 2015. Use of reflectors and auditory deterrents to prevent wildlife-vehicle collisions. *Handbook of road ecology*, 213-218.
- Fajardo, I. 2001. Monitoring non-natural mortality in the barn owl (*Tyto alba*), as an indicator of land use and social awareness in Spain. *Biological Conservation* 97:143-149.
- Grenier R. H. 2002. A Study of the Effectiveness of Strieter-Lite™ Wild Animal Highway Warning Reflector Systems.
- Huijser, M. P., P. McGowen, J. Fuller, A. Hardy, A. Kociolek, A. P. Clevenger, D. Smith, and R. Ament. 2008. Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress. No. FHWA-HRT-08-034
- Lopez, R. R., E. P. V. Mark, N. J. Silvy, P. A. Frank, S. W. Whisenant, and D. A. Jones. 2003. Survival, mortality, and life expectancy of Florida Key deer. *The Journal of Wildlife Management* 67:34-45.
- Moore, L. J., S. O. Petrovan, A. J. Bates, H. L. Hicks, P. J. Baker, S. E. Perkins, and R. W. Yarnell. 2023. Demographic effects of road mortality on mammalian populations: a systematic review. *Biological Reviews*.98:1033-1050
- Riginos, C., Graham, M. W., Davis, M. J., Johnson, A. B., May, A. B., Ryer, K. W., & Hall, L. E. 2018. Wildlife warning reflectors and white canvas reduce deer-vehicle collisions and risky road-crossing behavior. *Wildlife Society Bulletin*, 42(1), 119-130. <https://doi.org/10.1002/wsb.862>.