האדם והטבע
כתב עת לשמירת טבע בישראל
רשות הטבע והגנים
האדם והטבע 2026; 1 (1)

שימור צב רך היאור בנחלי החוף בישראל: שילוב ניטור ארוך-טווח וכלים גנומיים להבנת דפוסי רבייה, גיוס ומבנה אוכלוסייה

דנה מילשטיין[1], ירון טיקוצ׳ינסקי[2], רועי פרמן[3], נעם לידר[1]
[1]חטיבת מדע וממשק, רשות הטבע והגנים
[2]הפקולטה למדעי הים, המרכז האקדמי רופין
[3]טבע ואדם, ייעוץ אקולוגי

תקציר

צב רך היאור (*Trionyx triunguis*) הוא זוחל בסכנת הכחדה בישראל, שעיקר תפוצתו העולמית באפריקה ובאגן המזרחי של הים התיכון (בעיקר בישראל ובטורקיה). מרבית פעילות הרבייה של הצב הרך בישראל מתרחשת בנחלי החוף, שם מתמודדות האוכלוסיות עם לחצי פיתוח, שינויים הידרולוגיים, טריפת קינים ופגיעה באזורי הטלה. בשל הקושי בניטור פרטים בוגרים בסביבה האקווטית, הערכת מצב האוכלוסייה מתבססת בעיקר על איתור קינים ומעקב ארוך-טווח אחר הצלחת הרבייה. במחקר זה שולבו נתוני ניטור קינים מנחלי החוף (2018–2025) עם אנליזות גנטיות המבוססות על סמני mtDNA וריצוף גנומי בשיטת RAD-Seq, במטרה לבחון את הדינמיקה הרבייתית, פוטנציאל הגיוס ותרומת פעולות הממשק לשימור המין. בין השנים 2018–2025 תועדו בישראל 77–113 קינים בשנה (ממוצע רב־שנתי של 92±11 קינים). נחל אלכסנדר ומערכת הנחלים תנינים-עדה היו אתרי הקינון המרכזיים, בעוד שבשנים האחרונות נצפתה עלייה בתרומת אזור נעמן-עין אפק. נמצאו הבדלים משמעותיים בין האתרים בשיעורי הטריפה, במספר הביצים לקן ובהצלחת הבקיעה, אשר השפיעו ישירות על פוטנציאל הגיוס. בשנת 2025 בקעו בהצלחה כ-51% מהקינים, כאשר שיעורי טריפה נמוכים יותר תועדו באתרים בהם בוצע מיגון אינטנסיבי של הקינים ושל אזורי ההטלה. האנליזות הגנטיות הראו כי מספר הקינים אינו משקף ישירות את גודל האוכלוסייה המתרבה. בנחל אלכסנדר זוהו לפחות 44 נקבות ו-36 זכרים המשתתפים ברבייה, לצד עדויות לרב-אבהיות, הטלות חוזרות ואגירת זרע. בנוסף נמצאו שושלות אימהיות חוזרות באותם אזורי הטלה לאורך מספר שנים, ממצא התומך בנאמנות גבוהה לאתרי הטלה. לצד זאת, נמצאה באוכלוסיית נחל אלכסנדר שונות גנטית גבוהה יחסית, בהינתן גודלה המוגבל של האוכלוסייה. ממצאים אלו מראים כי הערכת מצב האוכלוסייה מחייבת שילוב בין ניטור שדה לכלים גנומיים, ומדגישים את תרומתם המשמעותית של פעולות ממשק ממוקדות, ובהן מיגון קינים ושמירה על אזורי הטלה מרכזיים, לשימור ארוך טווח של הצב הרך בישראל.

מבוא

הצב הרך *(Trionyx triunguis)* הוא אחד ממיני הזוחלים המאוימים בישראל, ומוגדר כמין בסכנת הכחדה EN (שרמייסטר וחובריו, 2025). אוכלוסיית ישראל מהווה חלק מהאוכלוסייה הים-תיכונית של המין, אשר מוגדרת על ידי ה-IUCN כאוכלוסייה בסכנת הכחדה חמורה (CR), ומאופיינת בבידוד גאוגרפי וגנטי ביחס לאוכלוסיות האפריקאיות (Gaspar et al., 2025).

הצב הרך הוא מין מאריך חיים, שאורך דורו מוערך בכ-20 שנה, והוא עשוי לחיות למעלה מ-50 שנה (שרמייסטר וחובריו, 2025). הנקבות מטילות ביצים בגדות נחלים, בדרך כלל בין החודשים מאי ליולי וגודל התטולה נע לרוב בין 20 ל-50 ביצים בקן (McGovern et al., 2025; שרמייסטר וחובריו, 2025; פדרמן ומילשטיין, 2026). מרבית אתרי ההטלה של המין בישראל נמצאים בנחלי החוף, ובהם נחל נעמן ושמורת עין אפק, נחל דליה (שמורת ביצת נחל דליה ושפך נחל דליה), נחלי תנינים ועדה, נחל אלכסנדר ונחל הירקון.

בנוסף לאוכלוסיות החוף, מתקיימת בעמק החולה אוכלוסייה שמקורה בהעברת פרטים לצפון הארץ בשנות ה-60 של המאה ה-20, ואינה חלק מהתפוצה הטבעית של המין בישראל (פדרמן ומילשטיין, 2026). אוכלוסייה זו מנוהלת באופן פעיל באמצעות איסוף קינים, הדגרתם בתחום השמורה והעתקת האבקועים לנחלי החוף. בשל מקורה, גודלה ואופי הממשק המיושם בה, היא מהווה מודל ייחודי לבחינת היבטים גנטיים ודמוגרפיים של אוכלוסייה קטנה ומנוהלת שניתן להשוותה לאוכלוסיות הטבעיות של המין המתקיימות בנחלי החוף.

הצב הרך תלוי במערכות מים מתוקים ומליחים ובגדות הנחלים המשמשות להטלה, ולכן רגיש במיוחד לשינויים סביבתיים ולהפרעות אנתרופוגניות. פיתוח תשתיות, אובדן אזורי הטלה, טריפת קינים, פעילות אדם בגדות הנחל ושינויים הידרולוגיים משפיעים לרעה על הצלחת הרבייה (McGovern et al. 2025; שרמייסטר וחובריו, 2025).

בשל הקושי באיתור פרטים בוגרים בסביבה האקווטית, ניטור אוכלוסיות הצב הרך בישראל מתבסס בעיקר על מעקב ארוך-טווח אחר אתרי הטלה וקינים. ניטור זה מאפשר לזהות אזורי הטלה מרכזיים, לעקוב אחר הצלחת הרבייה ולהעריך את השפעתן של פעולות ממשק, כגון מיגון קינים לצמצום הטריפה. עם זאת, מספר הקינים אינו משקף בהכרח את מספר הפרטים המשתתפים בפועל ברבייה או את גודל האוכלוסייה האפקטיבי. פערי ידע בנוגע לדפוסי הרבייה, לקישוריות בין אוכלוסיות ולנאמנות לאתרי הטלה מגבילים את היכולת לפרש במלואם את נתוני הניטור ולהסיק מהם על מצב האוכלוסייה הכללי.

בשנים האחרונות שולבו במחקר הצב הרך בישראל כלים גנטיים, המבוססים על סמני דנ"א מיטוכונדריאלי (mtDNA) ועל ריצוף גנומי בשיטת RAD-seq (Gaspar et al., 2025). כלים אלה מאפשרים לבחון את המבנה הגנטי של האוכלוסייה, את הקישוריות בין אוכלוסיות ואת דפוסי הרבייה ברמת הפרט, ובכך הם משלימים את המידע המתקבל מניטור קינים בשטח. שילוב מידע גנטי עם נתוני ניטור שדה מאפשר לבחון את התהליכים הרבייתיים והדמוגרפיים המשפיעים על גיוס האוכלוסייה ועל שרידותה לאורך זמן.

מטרת עבודה זו הייתה לבחון כיצד שילוב של ניטור ארוך-טווח אחר קיני צב רך בנחלי החוף עם כלים גנטיים תורם להבנת הדינמיקה הרבייתית, תהליכי הגיוס ומבנה האוכלוסייה, ולעמוד על תרומתן של פעולות ממשק לשימורו של המין בישראל.

שיטות

המחקר התמקד באוכלוסיות צב רך היאור בנחלי החוף של ישראל. אתרי המחקר כללו את נחל הירקון, נחל אלכסנדר, מערכת נחלי תנינים-עדה, שמורות הדיפלה (שמורת ביצת נחל דליה ושמורת שפך נחל דליה), נחל נעמן ושמורת עין אפק. בנוסף נכללו נתונים משמורת החולה לצורך השוואות גנטיות.

תוכנית הניטור והממשק הארצית לצב הרך בישראל החלה לפני כשני עשורים, ובמסגרתה נאסף ברשות הטבע והגנים מאגר נתונים ארוך־טווח על אתרי ההטלה של המין. החל משנת 2018 מבוצעים סקרי שדה במהלך עונת ההטלה והבקיעה (אפריל-ספטמבר) בשיטה סדורה ובמאמץ דיגום אחיד, בהשתתפות עובדי רשות הטבע והגנים, מתנדבים, ורשויות נחלים ורשויות ניקוז. לפיכך, הניתוחים הכמותיים והשוואות בין האתרים במחקר זה מבוססים על הנתונים שנאספו בשנים 2018-2025 (פדרמן ומילשטיין, 2026), בעוד שהנתונים ההיסטוריים שימשו במקרים נקודתיים בלבד לצורך השוואה ודיון.

הניטור כלל סריקה שיטתית של מקטעי נחלים שבהם קיימים אתרי הטלה מוכרים, באורך שנע בין כ-0.15 ק"מ בנחל עדה לכ-12 ק"מ בנחל הירקון, לצד סקרי שטח לאיתור אזורי הטלה נוספים. תדירות הניטור היתה שונה בין האתרים ונעה בין ניטור יומי

(נחל אלכסנדר ושמורת עין אפק); ניטור דו-שבועי (שמורת הדיפלה ונחל עדה); ניטור שבועי (נחל נעמן ונחל הירקון); לבין ניטור עונתי (קישון ותנינים).

הקינים אותרו על בסיס סימני עלייה של הנקבות מהמים, המזוהים כשבילי מעבר בגדה מקו המים אל עבר כתף הנחל ומאופיינים ברמיסה מסיבית של צומח, וכן על בסיס סימני חפירה והטלה אופייניים. עבור כל קן תועדו מיקום גיאוגרפי, תאריך האיתור, מצב הקן וגורלו (פעיל, נטרף או לאחר בקיעה). מיקום הקינים תועד במערכת הדיווחים של רשות הטבע והגנים, דבר שאפשר ניתוח מרחבי של פיזור הקינים ושל דפוסי ההטלה לאורך העונה. קינים פעילים מוגנו מפני טריפה באמצעות רשתות מתכת מגולוונות, שעוגנו לקרקע באמצעות יתדות וסומנו באמצעות תגיות ממוספרות.

בנחל אלכסנדר קיימות שתי חוות הטלה קבועות, הכוללות גידור היקפי של אזורי ההטלה. באתרים אחרים הוקמו במהלך השנים חוות הטלה עונתיות, בהתאם לדפוסי הקינון שנצפו במהלך הניטור. בשנת 2025, למשל, הוקמו גדרות היקפיות בשמורת עין אפק ובנחל נעמן.

שיעור טריפת הקינים הוערך על בסיס מספר הקינים שאותרו טרופים במהלך העונה מתוך סך הקינים הכולל בכל אתר, ובנוסף תועדו ניסיונות טריפה בקינים מוגנים. בתום העונה נפתחו הקינים שנותרו פעילים ובקעו, ותועדו בהם מספר הביצים הפוריות והלא פוריות, וכן מספר האבקועים שלא השלימו את תהליך הבקיעה או ההגחה. מנתונים אלו חושבו מספר הביצים ממוצע לקן והצלחת הבקיעה. שילוב מדדים אלו עם מספר הקינים הכולל בכל אתר ועם שיעורי הקינים שנותרו פעילים עד הבקיעה, שימש להערכת פוטנציאל הגיוס של האוכלוסייה, שהוגדר כמספר האבקועים המשוער שבקע מהקינים בכל אתר.

לאורך השנים נאספו דגימות דנ"א מאבקועים ממספר נחלים בישראל. הדגימות כללו בעיקר רקמות מעוברים שלא השלימו את תהליך הבקיעה ומביצים שנאספו מקינים שאותרו במהלך הניטור. בנוסף, נאספו דגימות רקמה מאבקועים חיים משני קינים בשמורת החולה באמצעות ביופסיה זעירה, שבוצעה על ידי וטרינר מומחה תוך מזעור הפגיעה בפרטים. אבקועים אלו שוחררו לנחל מיד לאחר איסוף הדגימה, והממצאים הגנטיים שימשו לבחינת קשרי קרבה ודפוסי רבייה.

האנליזות הגנטיות התבססו על שילוב בין סמני דנ"א מיטוכונדריאלי (mtDNA) לבין ריצוף גנומי בשיטת RAD-seq המאפשרת זיהוי מספר גדול של אתרי SNP גנומיים. אפיון הדנ"א המיטוכונדריאלי התמקד באזור לא מקודד (Control region) המכיל רצפים חוזרים בעלי גדלים משתנים (STRs), במטרה לזהות שושלות אימהיות ולהעריך את מספר הנקבות המטילות באוכלוסייה. האנליזות הגנומיות בוצעו באמצעות ריצוף במכשיר Illumina, והניבו 6,115 אתרי SNP איכותיים, אשר שמשו לניתוח קירבה גנטית בין כל הפרטים שרוצפו.

מבנה האוכלוסייה והשונות הגנטית בקנה מידה אזורי נבחנו באמצעות מדדי F_{ST} ו-Φ_{PT} ניתוח שונות מולקולרית (AMOVA) וניתוח רכיבים עיקריים (Principal Component Analysis; PCA). קשרי קרבה פרטניים, כגון זיהוי אחים מלאים ואחים למחצה, חושבו באמצעות אלגוריתם ייעודי (Ohana et al., 2025) המודד ערכי דמיון גנטי מנורמלים (Normalized-IBS) על בסיס כלל אתרי ה-SNP. שילוב שתי הגישות אפשר לזהות נקבות אינדיבידואליות, לקשר בין קינים שהוטלו על ידי אותה נקבה, ולזהות את הזכרים שהשתתפו בהפריה. מכאן ניתן היה להסיק על דפוסי הרבייה (כגון הטלות חוזרות על ידי אותה נקבה באותה עונה), לבחון רב-אבהיות (אחים למחצה באותו קן), ולזהות עדויות אפשריות לאגירת זרע, המתבטאות בזיהוי אותו זוג הורים בקינים שונים במהלך עונת הרבייה. כמו כן, בוצעה השוואה בין אוכלוסיות נחלי החוף בישראל לבין דגימות משמורת החולה ומטורקיה, לצורך בחינת מבנה האוכלוסייה והשונות הגנטית בקנה מידה אזורי רחב יותר.

תוצאות

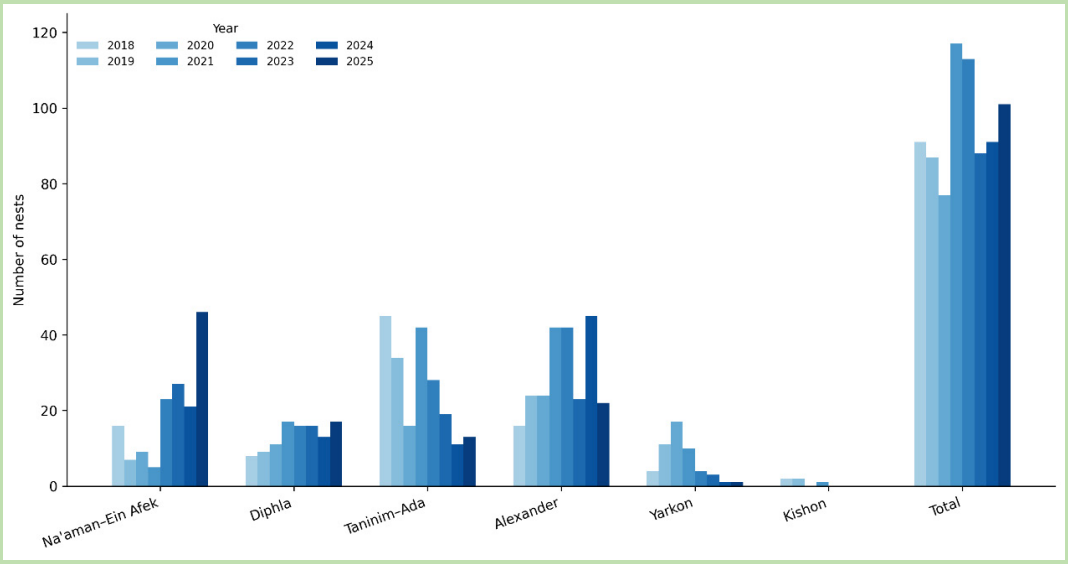
דינמיקה מרחבית ורב־שנתית של קינים

בין השנים 2018–2025 תועדו בכלל נחלי החוף בישראל 77–113 קיני צב רך בשנה, עם ממוצע רב־שנתי של 92±11 קינים. לאורך רוב שנות המחקר היו נחל אלכסנדר ומערכת נחלי תנינים-עדה אתרי ההטלה המרכזיים של המין בישראל (איור 1). עם זאת, בשנים האחרונות גדל חלקו היחסי של אזור נעמן-עין אפק מכלל הקינים הארצי, מכ-18% בשנת 2018 לכ-46% בשנת 2025. במקביל ירד חלקה היחסי של מערכת נחלי תנינים-עדה באותה תקופה מכ-49% לכ-13% (איור 1).

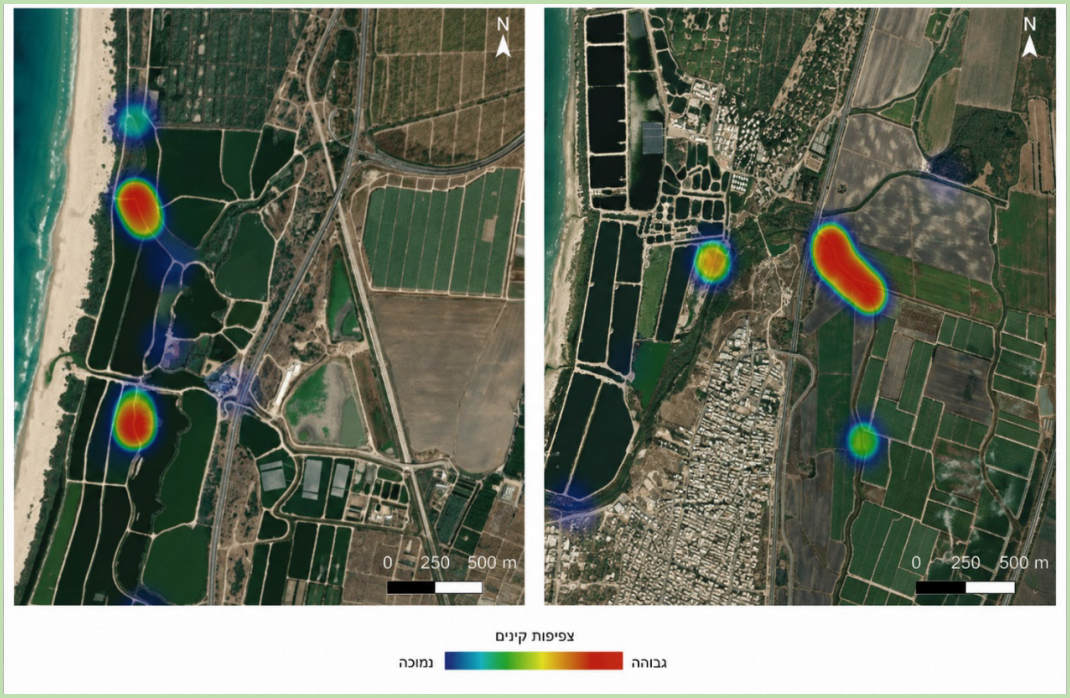
לאורך שנות המחקר זוהו מוקדי הטלה חוזרים בכל אתרי המחקר, כאשר מרבית הקינים רוכזו במספר מצומצם של אתרי הטלה (איור 2). תופעה זו בלטה במיוחד בנחל אלכסנדר, שם מרבית הקינים תועדו

בתחומן של שתי חוות הטלה קבועות. מוקדי הטלה חוזרים זוהו גם במערכת נחלי תנינים-עדה, בשמורת הדיפלה, ובאזור נעמן-עין אפק (איור 2).

מרבית הקינים תועדו בין החודשים מאי ליולי, כאשר קינים ראשונים אותרו כבר בסוף אפריל וקינים בודדים תועדו אף במהלך חודש אוגוסט.



איור 1. מספר קיני הצב הרך *(Trionyx triunguis)* שתועדו באתרי ההטלה המרכזיים בישראל בשנים 2018-2025.



איור 2: מפות חום של צפיפות קיני צב רך במערכת נחלי תנינים-עדה (ימין) ובשמורות הדיפלה - שמורת שפך נחל דליה ושמורת ביצת נחל דליה (שמאל), לאורך שנות המחקר. מדרג הצבעים מייצג את ריכוז הקינים: כחול - צפיפות נמוכה; אדום - צפיפות גבוהה.

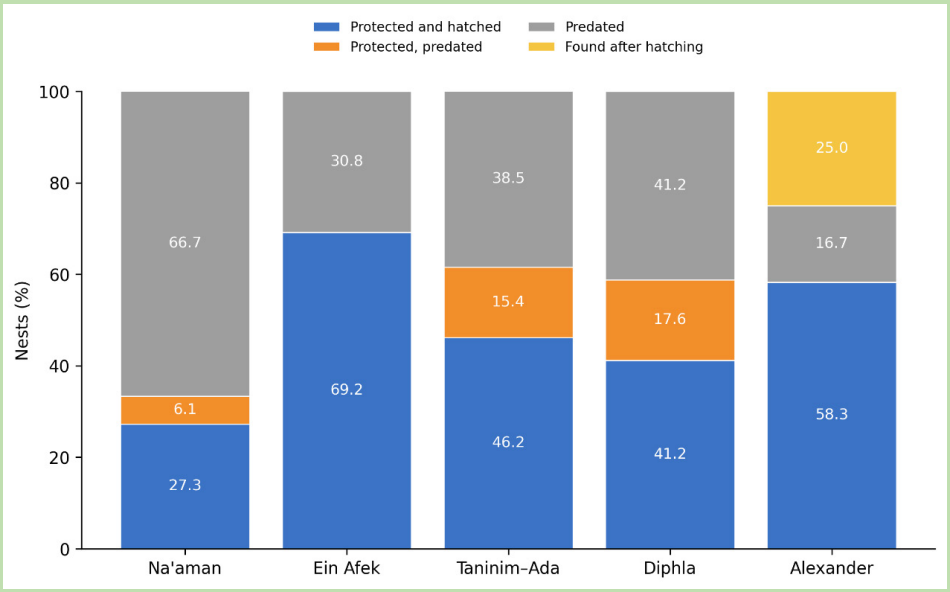
הצלחת רבייה ופוטנציאל גיוס בעונת רבייה 2025

בשנת 2025 אותרו 52% מהקינים כשהם פעילים ומוגנו, 42% אותרו לאחר טריפה ו-6% אותרו לאחר בקיעה (איור 3). סימני טריפה מלאים או חלקיים תועדו ב-13% מהקינים הממוגנים. בסיכום העונה, כ-51% מההקינים השלימו בקיעה והאבקועים הגיחו מהם.

נמצאו הבדלים בין האתרים בשיעור הקינים שנטרפו טרם איתורם (איור 3). שיעור הקינים שנמצאו טרופים נע בין 17% בנחל אלכסנדר ל-67% בנחל נעמן. בשמורת עין אפק עמד שיעור זה על 31%, ובשמורות הדיפלה ובנחל עדה על 38%-41%.

בכל אחד מהאתרים נצפתה שונות גבוהה במספר הביצים בקן. בהתאם לכך, מספר ממוצע של ביצים לקן השתנה בין אתרים ונע בין כ-9 ביצים בנחל עדה לכ-30 ביצים בנחל אלכסנדר (טבלה 1). גם הצלחת הבקיעה השתנתה בין האתרים ונעה בין 43.7% בנחל נעמן ל-88.6% בשמורת עין אפק (83.8% בדיפלה; טבלה 1).

פוטנציאל הגיוס, שחושב על בסיס מספר הקינים הכולל בכל אתר, שיעור הקינים שהשלימו בו בקיעה, מספר הביצים הממוצע לקן והצלחת הבקיעה, הצביע על הבדלים בין האתרים. הערך הגבוה ביותר לעונת הרבייה 2025 נאמד בנחל אלכסנדר (כ-345 אבקועים) ובשמורת עין אפק (כ-178 אבקועים), בעוד שבנחל עדה הוא נאמד בכ-43 אבקועים בלבד.



איור 3: גורל קיני הצב הרך באתרי המחקר השונים במהלך עונת הרבייה 2025. הערכים מוצגים כאחוז מתוך סך הקינים המצטבר שתועד בכל אתר

טבלה 1: מאפייני הבקיעה בקינים מוגנים של הצב הרך באתרי המחקר במהלך עונת הרבייה 2025

Site	Opened nests (n)	Mean clutch size ± SD	Total eggs	Hatched	Failed emergence*	Infertile eggs	Hatching success (%)
Alexander	14	30.2 ± 11.6	423	183	32 (6 nests)	208	50.8
Ein Afek	9	22.3 ± 9.7	201	178	0	23	88.6
Na'aman	9	24.7 ± 8.4	222	79	18 (7 nests)	125	43.7
Diphla	7	19.4 ± 12.5	136	114	0	22	83.8
Ada	5	9.4 ± 4.7	47	33	0	14	70.2

*Failed emergence אבקועים שהשלימו את תהליך הבקיעה מהביצה, אך נמצאו מתים בתוך תא ההטלה ולא השלימו את ההגחה אל פני הקרקע

ממצאים גנטיים

מבנה האוכלוסיות והשונות הגנטית בקנה מידה אזורי

מדדי המרחק הגנטי F_{ST} ו-Φ_{PT} הראו דיפרנציאציה גנטית בינונית עד גבוהה בין קבוצות הדיגום השונות ($P<0.001$, טבלה 2). אוכלוסיית נחל תנינים הייתה הקרובה ביותר גנטית לאוכלוסיית נחל אלכסנדר ($F_{ST}=0.084$), בעוד שהמרחק הגנטי בין אלכסנדר לבין אוכלוסיות טורקיה ($F_{ST}=0.170$) ושמורת החולה ($F_{ST}=0.187$) היה רב יותר. ניתוח רכיבים עיקריים (PCA) הראה הפרדה ברורה בין קבוצות הדיגום (איור 4), כאשר דגימות שנאספו מהאבקועים משמורות החולה יצרו קלסטר (צביר) מצומצם ומובחן היטב משאר הקבוצות. לעומת זאת, אוכלוסיות אלכסנדר ותנינים הציגו קלסטרים נפרדים אך בעלי חפיפה חלקית. ניתוח השונות המולקולרית (AMOVA) הראה ש-68% מהשונות הגנטית מיוחסת להבדלים בין הפרטים, 14% להבדלים בין פרטים בתוך האוכלוסיות, ו-18% להבדלים בין האוכלוסיות השונות.

אפיון גנטי, קשרי קרבה ודפוסי רבייה

מתוך 131 קינים שתועדו בנחל אלכסנדר בשנים 2017–2021, נדגמו גנטית 51 קינים (כ-38%). הצלבת רצפי ה-mtDNA ופרופילי ה-SNPs במדד Normalized-IBS אפשרה לזהות השתתפות של לפחות 44 נקבות ו-36 זכרים ברבייה. מספר ההורים שזוהו מייצג הערכת מינימום, שכן דגימות גנטיות נאספו רק מחלק מהקינים שתועדו לאורך שנות המחקר, והאנליזה יכולה לזהות רק הורים שצאצאיהם נדגמו בפועל. ערך ה-IBS הממוצע באוכלוסייה עמד על 0.49±0.05 בין אחים מלאים ו-0.30±0.05 בין אחים למחצה.

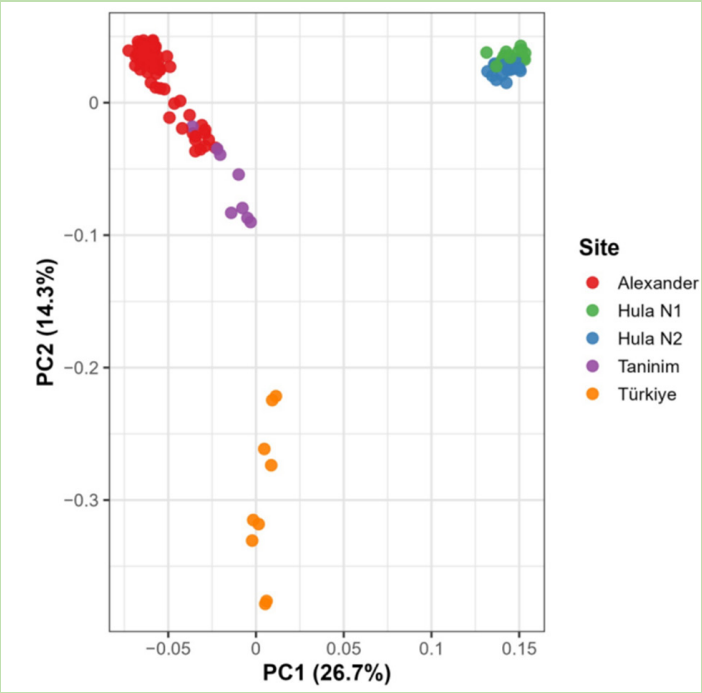
האנליזה הגנומית חשפה רב-אבהיות והטלות חוזרות של נקבות באותה עונה. יתרה מכך, בקינים נפרדים שהוטלו על ידי אותה הנקבה לאורך העונה, זוהו אבקועים שהם אחים מלאים. בהינתן מספרם הרב של הזכרים הפעילים המשתתפים בהפריות באוכלוסייה בכל עונת רבייה, ההסתברות הסטטיסטית מעידה כי מדובר במנגנון של אגירת זרע, ולא בהפריה חוזרת מאותו זכר. כמו כן, זוהו שושלות אימהיות חוזרות באותם אתרי הטלה לאורך השנים; ממצא זה מעיד על נאמנות מרחבית גבוהה של הנקבות לאתרי ההטלה (Nesting philopatry).

דפוסי רבייה בשמורת החולה

באנליזה ממוקדת של דגימות שנאספו מפרטים שמקורם בשני קינים שהוטלו בשמורת החולה, נמצאה עדות ישירה לקיום רב-אבהיות (איור 4). בעוד שבקן אחד כל הצאצאים זוהו כאחים מלאים מאב ואם יחידים, בקן השני זוהו אבקועים שהם אחים למחצה, החולקים אם משותפת אך הופרו על ידי שני זכרים שונים. כמו כן, רמת הדמיון הגנטי בין פרטי שני הקינים הייתה גבוהה משמעותית מרמת הרקע שנמדדה באוכלוסיות החוף; ממצא זה המעיד על קרבה גנטית גבוהה בין הפרטים המייסדים של אוכלוסיית שמורת החולה.

טבלה 2: מטריצת ערכי F_{ST} (מתחת לאלכסון ראשי) ו-Φ_{PT} (מעל לאלכסון ראשי) בין אוכלוסיות הצב הרך

Population	Alexander (n = 89)	Taninim–Ada (n = 8)	Hula (n = 34)	Turkey (n = 8)
Alexander	–	0.131	0.288	0.251
Taninim-Ada	0.084	–	0.395	0.202
Hula	0.187	0.242	–	0.462
Turkey	0.170	0.144	0.302	–



איור 4: ניתוח רכיבים עיקריים (PCA) של אוכלוסיות הצב הרך בישראל ובטורקיה, המבוסס על סמני SNP שהופקו בריצוף RAD-seq

דיון, סיכום ומסקנות

אינטגרציה של מדדי ניטור וכלים גנומיים

המחקר הנוכחי משלב לראשונה בישראל נתוני ניטור ארוך-טווח של אתרי הקינון של הצב הרך עם מדדים של הצלחת רבייה וניתוחים גנטיים, ובכך מאפשר להעריך לא רק את דפוסי הקינון במרחב ובזמן, אלא גם את תרומתם היחסית של אתרי ההטלה לפוטנציאל הגיוס ולשימור השונות הגנטית. ממצאי המחקר מראים שמספר הקינים לבדו אינו משקף באופן מלא את תרומתו של אתר מסוים לפוטנציאל הגיוס, וכי שילוב נתוני טריפה, הצלחת בקיעה, מספר הביצים לקן ומידע גנטי מספק תמונה מקיפה יותר של תרומתם היחסית של אתרי ההטלה לשימור אוכלוסיית הצב הרך בישראל.

השפעת עוצמת הממשק ותדירות הניטור על שיעורי הטריפה

ההבדלים בין האתרים בשיעור הקינים שנטרפו טרם איתורם מדגישים את חשיבותה של אינטנסיביות הממשק המיושם באתרי ההטלה. באתרים שבהם יושם ממשק אינטנסיבי יותר, שכלל ניטור יומי ומיגון של קינים ואזורי הטלה באמצעות גדרות, כדוגמת נחל אלכסנדר ושמורת עין אפק, אותרו לאחר טריפה כ-17% וכ-31% מהקינים בלבד, בהתאמה. לעומת זאת, בנחל נעמן, שבו בוצע ניטור שבועי, אותרו לאחר טריפה כ-67% מהקינים. שיעור הטריפה הנמוך בנחל אלכסנדר מוסבר בכך שקיימות בו שתי חוות הטלה קבועות, מצומצמות ומגודרות, שבתחומן מתרחשת מרבית ההטלה, ולכן חלק גדול מהקינים מוגן מראש בזכות המיגון המרחבי. לעומת זאת, ברוב הנחלים האחרים אתרי ההטלה מפוזרים לאורך מקטעי נחל רחבים יותר, כך שגם כאשר מוקמות גדרות הן מגנות בדרך כלל על חלק בלבד מאזורי ההטלה. בנסיבות אלו, לתדירות הניטור חשיבות רבה, שכן היא מאפשרת זיהוי מוקדם של קינים ומיגונם לפני טריפה.

חשיבותו של ממשק זה בולטת במיוחד בהשוואה לנתוני העבר; תקופות בהן הקינים לא מוגנו כלל, שיעורי הטריפה באתרי הרבייה בישראל עלו במקרים רבים על 80% ואף הגיעו באתרים מסוימים לכמעט 100% (נתן, 2018; נתן ומילשטיין, 2020, 2021). בהתאם לכך, ממצאים אלו מצביעים על כך שעוצמת הממשק, הכוללת את תדירות הניטור לצד ההגנה על קינים ואזורי הטלה באמצעות גדרות, תורמת להפחתת שיעורי הטריפה ומובילה להגדלת מספר האבקועים התורמים בפועל לגיוס האוכלוסייה.

דפוסים דומים תוארו גם באוכלוסיות אחרות של הצב הרך באזור הים התיכון. בנהר הסייהאן בטורקיה דווח על טריפה מלאה של קינים שלא זכו להגנה (McGovern et al., 2025). באופן דומה, באגם Kükürtlü, שבו חלק מהקינים הוגנו באמצעות רשתות מתכת, הייתה טריפת קינים אחד הגורמים המרכזיים להפחתת הצלחת הרבייה הכוללת. הצלחת הבקיעה של הביצים עמדה על 69% כאשר כלל הקינים נכללו בחישוב, אך עלתה ל-90.8% לאחר החרגת הקינים שנטרפו (Gidiş & Kaska, 2004).

נאמנות מרחבית (Philopatry) מול מאפייני בית הגידול

במחקר הנוכחי נמצאה חזרתיות בשימוש באזורי הטלה מסוימים וריכוז של חלק גדול מהקינים במספר מצומצם של מוקדי הטלה. בנחל אלכסנדר, כאמור, מרבית הקינים תועדו בתחומן של שתי חוות הטלה קבועות. דפוס דומה תואר גם באוכלוסיות אחרות של המין, ובהן נהר הסייהאן בטורקיה, שם 94% מהקינים נמצאו לאורך דיונת חול באורך של כ-50 מ׳ בלבד (McGovern et al., 2025). ריכוזיות זו מדגישה את חשיבותם של מוקדי ההטלה לשימור האוכלוסייה, שכן פגיעה במספר מצומצם של אתרים עלולה להשפיע באופן לא פרופורציונלי על פוטנציאל הגיוס של האוכלוסייה.

הנתונים הגנטיים שנאספו במחקר הנוכחי מספקים הסבר אפשרי לדפוסי החזרתיות שנצפו באתרי ההטלה. באוכלוסיית נחל אלכסנדר זוהו שושלות אימהיות חוזרות באותם אזורי הטלה, ממצא התומך בקיומה של נאמנות נקבות לאתרי ההטלה (Philopatry). דפוסים דומים של Philopatry הוצעו גם באוכלוסיות אחרות של הצב הרך באזור הים התיכון (Güçlü et al., 2009). במקביל, מחקרים אחרים הצביעו על כך שגם מאפייני בית הגידול דוגמת סוג מצע, מבנה ושיפוע הגדה, או הרכב הצמחייה וצפיפותה עשויים להשפיע על בחירת אתרי ההטלה (McGovern et al., 2025). עם זאת, באזורים מסוימים בישראל, כגון נחל נעמן ומערכת עדה-תנינים, אתרי ההטלה ממוקמים לאורך מקטעי נחלים שהונדסו ומתוחזקים על ידי רשויות ניקוז, ושמתאפיינים במבנה פיזי אחיד יחסית לאורך מרחקים ניכרים. לפיכך, לפחות באוכלוסיות אלו, לא נראה כי העדפה למאפייני בית גידול בלבד או היותם של אלו גורם מגביל מסבירה את ריכוז ההטלות, וייתכן ול-Philopatry תפקיד משמעותי בעיצוב דפוסי החזרתיות והריכוז שנצפו. עם זאת, עדיין לא ניתן לשלול את תרומתם של גורמים סביבתיים נוספים שלא נבחנו במחקר זה.

שונות בגודל התטולה והשפעות סביבתיות

במחקר הנוכחי נמצאה שונות גבוהה בגודל התטולה בין קינים באותו אתר. לצד שונות זו, נמצאו גם הבדלים במספר הביצים הממוצע בין אתרי ההטלה בישראל, שנע בין 9.4 ביצים בנחל עדה ל-30.2 ביצים בנחל אלכסנדר. הספרות מצביעה על כך שגודל התטולה מושפע בעיקר מגודל הנקבה, כאשר נקבות גדולות נוטות להטיל מספר רב יותר של ביצים, אך גם זמינות משאבים ותנאי בית הגידול עשויים להשפיע על ההשקעה הרבייתית (McGovern et al., 2025). במחקר הנוכחי לא נאספו נתונים על גודל הנקבות, זמינות המשאבים או איכות בית הגידול, ולכן לא ניתן לקבוע מה מקור ההבדלים שנמצאו בין האתרים. בנוסף, מספר הביצים חושב רק עבור קינים שנמצאו פעילים בתחילת עונה, ולכן המדגם כלל מספר קטן יחסית של קינים בכל אתר. בהתאם, יש לנקוט זהירות בפרשנות של הבדלים בממוצע גודל התטולה בין אתרים או בין שנים כמאפיין קבוע של אוכלוסייה מסוימת.

זהירות זו נתמכת גם בנתוני הניטור ארוכי-הטווח של רשות הטבע והגנים (למשל, מילשטיין ונתן, 2022) המראים שבנחל אלכסנדר תועד לאורך השנים באופן עקבי טווח רחב של גדלי תטולה, מקינים שהכילו פחות מ-10 ביצים ועד כ-60 ביצים (McGovern et al. 2025). למרות שונות זו, הערכים שנמצאו במחקר הנוכחי משתלבים בטווח שתואר גם באוכלוסיות אחרות של המין, שבהן דווחו ממוצעי תטולה שנעו בין כ-23 ביצים ב-Dalyan ל-40.8 ביצים בנהר Seyhan ול-47 ב-Anamur (McGovern et al., 2025).

ההבדלים בהצלחת הבקיעה בין האתרים מצביעים על חשיבותם האפשרית של תנאי בית הגידול. מחקרים שונים הראו שטמפרטורת הקן ולחות הקרקע משפיעות באופן משמעותי על התפתחות העוברים ועל הצלחת הבקיעה בצב הרך (Leshem & Dmi'el 1986; Leshem et al., 1991). במחקר הנוכחי נמצאו הבדלים בשיעורי הבקיעה בין שמורת עין אפק לנחל נעמן, אף ששני האתרים סמוכים גיאוגרפית ופועלים בתנאי אקלים דומים. הבדלים אלה עשויים לנבוע מהבדלים במיקרו-בית הגידול של אתרי ההטלה, ובהם טמפרטורת הקן ולחות הקרקע, המושפעים בין היתר מסוג הקרקע, כיסוי הצומח, טופוגרפית הגדה ואופי ועצימות התחזוקה של אזורי ההטלה. כדי לבחון השערה זו החל בשנת 2026 בשמורת עין אפק ולאורך נחל הנעמן מחקר המשך, הבוחן לאורך עונת ההטלה את תנאי הסביבה בקינים באמצעות מדידות של טמפרטורה ולחות יחסית.

בסיכומו של דבר, שילוב מספר הקינים, שיעורי הטריפה, גודל התטולה והצלחת הבקיעה הוביל להבדלים ניכרים בפוטנציאל הגיוס בין אתרי ההטלה. בעוד שבנחל אלכסנדר ובעין אפק הוערך פוטנציאל הגיוס בכ-345 ובכ-178 אבקועים לעונת הרבייה 2025, בהתאמה, בנחל עדה הוערך פוטנציאל הגיוס בכ-43 אבקועים בלבד. ממצא זה מדגיש כי תרומתו של אתר הטלה לאוכלוסייה אינה נקבעת על ידי מספר הקינים בלבד, אלא על ידי מכלול של גורמים המשפיעים על היקף הגיוס הפוטנציאלי כגון מבנה דמוגרפי (דוגמת גודל נקבות מתרבות המשפיע על גודל התטולה), מאפיינים גנטיים, מאפיינים מקומיים (המשפיעים על טריפה ובקיעה) ותנאים בבית גידול המשפיעים על איכותו (למשל על שיעור הבקיעה).

תובנות מולקולריות על המבנה הרבייתי ואסטרטגיות רבייה

מעבר למידע שסיפקו נתוני הניטור, הכלים הגנומיים שנכללו במחקר הנוכחי הרחיבו באופן משמעותי את ההבנה של מבנה האוכלוסייה ותהליכי הרבייה של הצב הרך בישראל. הניתוחים הגנומיים אפשרו לזהות כי באוכלוסיית נחל אלכסנדר השתתפו ברבייה לפחות 44 נקבות ו-36 זכרים. זוהי הערכת מינימום, מאחר שהדגימות נאספו רק מחלק מהקינים שתועדו לאורך שנות המחקר (Gaspar et al., 2025). ממצא זה ממחיש כי מספר הקינים לבדו אינו מאפשר להעריך את מספר הפרטים המשתתפים ברבייה, ומדגיש את תרומתם של הכלים הגנומיים להבנת המבנה הרביתי של האוכלוסייה.

האנליזות הגנומיות שבוצעו במסגרת המחקר הנוכחי חשפו גם דפוסי רבייה שלא ניתן היה לזהות באמצעות ניטור שדה בלבד. קינים שנמצאו במחקר הנוכחי ובהם זוהו אחים למחצה העידו על רב-אבהיות, כלומר הפריה של תטולה אחת על ידי יותר מזכר אחד. בנוסף, זוהו במחקר הנוכחי מקרים של שתיים ואף שלוש הטלות של אותה נקבה במהלך עונת רבייה אחת. בקינים שונים שיוחסו לאותה נקבה נמצאו גם אחים מלאים. בהינתן מספרם הרב של הזכרים שהשתתפו ברבייה בכל עונה, ממצא זה עשוי להעיד על שימוש בזרע שנשמר מהזדווגויות קודמות (Gaspar et al., 2025). תופעה של אגירת זרע תועדה גם במינים אחרים של צבי מים מתוקים (למשל *Chrysemys picta*, Pearse et al., 2001) בנוסף, זוהו שושלות אימהיות שחזרו והשתמשו באותם אזורי הטלה לאורך שנות המחקר, ממצא התומך בקיומה של נאמנות נקבות לאתרי ההטלה (Philopatry).

הפרטים שנבדקו באוכלוסיית נחל אלכסנדר הציגו שונות גנטית גבוהה יחסית. ייתכן כי דפוסי הרבייה שתועדו באוכלוסייה, ובהם רב-אבהיות, הטלות חוזרות ואגירת זרע, תורמים לשימור השונות הגנטית לאורך זמן; עם זאת, נדרש מחקר נוסף כדי לבחון השערה זו. לעומת זאת, אוכלוסיית החולה מקורה במספר מצומצם של פרטים מייסדים, ולכן השונות הגנטית הנמוכה שנמצאה בה עשויה לשקף, לפחות בחלקה, אפקט מייסדים משמעותי.

מגמות דמוגרפיות, פערי ידע ומחקר עתיד

למרות שניטור אתרי ההטלה של הצב הרך בישראל מתבצע זה שנים רבות, עדיין מוקדם להסיק באופן מהימן על מגמות ארוכות טווח בגודל האוכלוסייה. אורך הדור של הצב הרך מוערך בכ-20 שנה (McGovern et al., 2025), ולכן גם תקופת הניטור הקיימת קצרה ביחס לפרק הזמן הנדרש לזיהוי שינויים דמוגרפיים באוכלוסייה. עם זאת, המחקר הנוכחי מדגים כי גם ללא הערכה ישירה של גודל האוכלוסייה ניתן להבין טוב יותר תהליכים משמעותיים המשפיעים על הצלחת הרבייה ועל תרומת אתרי ההטלה לגיוס האוכלוסייה, ובכך להרחיב את הבסיס המדעי לקבלת החלטות ממשק ושימור.

למרות הרחבת הבסיס המדעי, המחקר מעיד כי עדיין עומדים בפנינו אתגרים ממשקיים ופערי ידע משמעותיים, ובראשם הצורך לצמצם עוד את טריפת הקינים והאבקועים. אמנם בשנים האחרונות הצטבר ידע רב על תופעת הטריפה ביבשה, לרבות באמצעות שימוש במצלמות, אך עדיין חסר מידע על שרידות האבקועים ועל עוצמת הטריפה לאחר כניסתם למים. מחקר עתידי של גורמי התמותה בשלב חיים זה, לרבות טריפה אפשרית על ידי דגים טורפים כגון שפמנונים, עשוי להשלים את ההבנה של הגורמים המשפיעים על דינמיקת האוכלוסייה. בנוסף, עלו במחקר פערי ידע בתחום של השפעת תנאי מיקרו-אקלים (לרבות תנאי הטמפרטורה והלחות באזור הקן) על הצלחת הבקיעה. לנתונים אלו יתכנו השלכות משמעותיות על שיקום בתי גידול אקווטיים ותחזוקתם, שכן איכות בית הגידול מושפעת ישירות מפעולות של שיקום גדות, תחזוקת צמחייה, וכן משינויים במפלס המים שיכולים להשפיע על התפתחות הקינים. לצד אלו, קיימים אתגרים נוספים דוגמת הלחצים המתמשכים על הנחלים, ובהם פיתוח גדות נחלים והקמת תשתיות, לצד פעילות בגדות בעונת הרבייה כגון רעש ופסולת. כמו כן, יש לקחת בחשבון היבטים של קיטוע במרחב היבשתי, לצד מתקנים הגורמים לקיטוע לאורך אפיק הנחל ומגבילים את תנועת הפרטים.

סיכום

המחקר הנוכחי שילב כלים שונים שהעלו באופן משמעותי את הידע על אוכלוסיות הצב הרך בישראל. גישה אינטגרטיבית זו מאפשרת להבין טוב יותר את התהליכים המעצבים את הדינאמיקה של האוכלוסייה, ויכולה להביא לשיפור של החלטות הממשק, השיקום והשימור ולבססן על ראיות מדעיות מוצקות.

תודות

המחברים מבקשים להודות לכלל עובדי רשות הטבע והגנים, הפקחים, האקולוגים, המתנדבים והשותפים שלקחו חלק בתוכנית הניטור הארצית של הצב הרך בישראל. מאגר הנתונים ארוך-הטווח, וכן המידע והתובנות שעליהם מתבסס המחקר הנוכחי, הם פרי עבודתם המצטברת של אנשי מקצוע רבים לאורך השנים.

מקורות

מילשטיין, ד. ונתן, מ. (2022). סיכום ממצאי ניטור קיני הצבים הרכים ***Trionyx triunguis*** וממשק צבים רכים בנחלי החוף בשנת 2022. חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

נתן, מ. (2018). דו"ח ניטור קיני צבים רכים בשמונה מנחלי מישור החוף. חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

נתן, מ. ומילשטיין, ד. (2020). סיכום ממצאי ניטור קיני צבים רכים וממשק צבים רכים בנחלי החוף (2019). חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

נתן, מ. ומילשטיין, ד. (2021). סיכום ממצאי ניטור קיני צבים רכים וממשק צבים רכים בנחלי החוף (2020). חטיבת מדע, רשות הטבע והגנים.

פדרמן, ר. ומילשטיין, ד. (2026). דו"ח ניטור קיני צב רך בישראל לשנת 2025. רשות הטבע והגנים.

שרמייסטר, ב., פולק, ט., לידר, נ. ומאירי, ש. (2025). הספר האדום של הזוחלים בישראל. אוניברסיטת תל אביב ורשות הטבע והגנים.

Gaspar, A., Arantes, L. S., Ohana, T., Bodenheimer, Y. E., Tikochinski, G., Levy, O., Mor, B. J., Vainberg, M., Gat, T., Mbedi, S., Sparmann, S., Türkozan, O., Levy, Y., Leader, N., Milstein, D., Mazzoni, C. J., & Tikochinski, Y. (2025). The Mediterranean habitat of the Nile soft-shelled turtle (*Trionyx triunguis*): Genomic and reproductive insights into an endangered population. *International Journal of Molecular Sciences*, 26, 8822. https://doi.org/10.3390/ijms26188822

Gidiş, M., & Kaska, Y. (2004). Population size, reproductive ecology and heavy metal levels in eggshells of the Nile soft-shell turtle (*Trionyx triunguis*) around thermal Lake Kükürtlü (Sulphurous), Muğla-Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(5), 405–412.

Güçlü, Ö., Ulger, C., Türkozan, O., Gemel, R., Reimann, M., Levy, Y., Ergene, S., Uçar, A. H., & Aymak, C. (2009). First assessment of mitochondrial DNA diversity in the endangered Nile softshell turtle, *Trionyx triunguis*, in the Mediterranean. *Chelonian Conservation and Biology*, 8(2), 222–226.

Leshem, A. (1989). *The effect of temperature and soil water content on embryonic development of Nile soft-shelled turtles* (*Trionyx triunguis*). Ph.D. Dissertation, Tel Aviv University, Israel.

Leshem, A., & Dmi'el, R. (1986). Water loss from *Trionyx triunguis* eggs incubating in natural nests. *Herpetological Journal*, 1, 115–117.

Leshem, A., Ar, A., & Ackerman, R. A. (1991). Growth, water, and energy metabolism of the soft-shelled turtle (*Trionyx triunguis*) embryo: Effects of temperature. *Physiological Zoology*, 64(2), 568–594.

McGovern, P., Taskavak, E., Meylan, P. A., Luiselli, L., DeMaya, G. S., Segniagbeto, G. H., Behangana, M., Petrozzi, F., Eniang, E. A., Tikochinski, Y., & Atatür, M. K. (2025). *Trionyx triunguis* (Forskål 1775) – African softshell turtle, Nile softshell turtle. *Chelonian Research Monographs, 5(19), 129.1–129.21.* https://doi.org/10.3854/crm.5.129.triunguis.v1.2025

Ohana, T., Arantes, L. S., Tikochinski, G., Cohen, R., Rybak, O., Gaspar, A., Sparmann, S., Mbedi, S., Levy, Y., Mazzoni, C. J., & Tikochinski, Y. (2025). Green Turtle Conservation in the Genomic Era: Monitoring an Endangered Mediterranean Population and Its Breeding Habits. Ecology and Evolution, 15(4), e71124. https://doi.org/10.1002/ece3.71124

Pearse DE, Janzen FJ, Avise JC. Genetic markers substantiate long-term storage and utilization of sperm by female painted turtles. Heredity (Edinb). 2001 Mar;86(Pt 3):378-84. doi: 10.1046/j.1365-2540.2001.00841.x. PMID: 11488975.