**דוח סופי**

**חשיבות עטלפי חרקים לשיפור ופיתוח חקלאות בת-קיימא**

מוגש על ידי ד"ר כרמי קורין

לקרן נקודת ח"ן

21.7.2013

ד"ר כרמי קורין

המחלקה לאקולוגיה מדברית ע"ש מרקו ולואיז מיטרני

המכונים לחקר המדבר ע"ש יעקב בלואשטיין

אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

הקריה בשדה בוקר, מדרשת בן-גוריון 84990

תקופת המחקר: אפריל 2012 יולי 2013

**תוכן העניינים עמוד**

**1**. **סיכום המחקר 3**

**2 מבוא** **4**

2.1 עטלפי חרקים כספקי שירותים אקולוגיים במערכות חקלאיות 4

2.2 עטלפים באזורים חקלאיים 5

2.3 מטרות המחקר 5

2.4 הנחות המחקר 5

**3. שיטות המחקר 5**

3.1 אזור המחקר 5

3.2 דיגום 6

3.3 דיגום העטלפים 7

3.4 ניתוח התוצאות 7

**4. תוצאות 7**

4.1 תיאור כללי 7

4.2 המודל המרחבי לעוצמת הפעילות הכללית של העטלפים

והמשתנים הסביבתיים בשטח המחקר 9

4.3 המודל המרחבי לעושר מיני העטלפים והמשתנים הסביבתיים

בשטח המחקר 10

**5. דיון 11**

**6. רשימת ספרות 11**

מראה מקום

מפה 1 6

איור 1 8

איור 2 9

טבלה 1 8

טבלה 2 10

טבלה 3 10

1. **סיכום המחקר**

מספר מחקרים הולך וגדל מורה כי לעטלפים הניזונים מחרקים חשיבות רבה בבקרה של אוכלוסיות חרקים מזיקים במערכות חקלאיות מגוונות הכוללות מטעים ושדות גידול שונים. אומדנים שונים מצביעים כי תרומת העטלפים כמוסתי גודל אוכלוסיות חרקים מזיקים עשויה לנוע בין 3.7 ל-53 ביליון דולרים לשנה. סדרת העטלפים, שהיא מבין הסדרות הגדולות ביותר במחלקת היונקים, מיוצגת בישראל על ידי כ-32 מינים שונים הנפוצים בכל אזוריה. עטלפים בישראל משחרים במגוון גדול ביותר של בתי גידול טבעיים וחקלאיים. עם זאת, מספר מועט למדי של מחקרים בחנו את תרומת העטלפים כספקי שירותים אקולוגיים למערכות חקלאיות. במחקר זה הערכנו את עושר מיני העטלפים ופעילותם באמצעות ניטור קולי בשפלת יהודה וצפון הנגב, אזור המשלב בין שטחים טבעיים לשטחים חקלאיים. בחרנו 58 חלקות דיגום אשר כללו חלקות טבעיות, מטעי הדרים, כרמי זיתים, מטעי אפרסקים, תפוחים, שקדים, כרמים וגידולי שדה של סלק ואבטיחים. בנוסף אספנו מידע מרחבי כגון המרחק למקור מים, המרחק לישוב ורמת הריסוס בחלקות השונות. הנחנו כי פעילות העטלפים ועושר המינים יגדלו ככל שהטרוגניות בנקודת הדיגום תהייה גבוהה יותר וסביבתם של נקודות תכלול כתמי נוף חקלאי וכתמי נוף טבעי בהשוואה לנוף חקלאי חד-גוני. כמו כן, הנחנו כי פעילות עטלפים ועושר המינים יעלו כאשר בקרבת השטחים החקלאיים יהיו אלמנטים נופיים כגון אתרי לינה או מקורות מים (שעשויים לספק לעטלפים מי שתיה) ותרד עם הקרבה לישובים. בין עשרה לאחד עשר מינים של עטלפי חרקים שיחרו בשטח המחקר כאשר תשעה מהם מוגדרים כמינים בסכנת הכחדה בדרגות שונות. ממצא זה הינו בעל חשיבות להכרה כי גם שטחים חקלאיים חשובים בשמירה על אוכלוסיות עטלפים מוגנים. תוצאות המחקר מורות כי למידת ההטרוגניות כמו גם למרחק מגוף המים ואיכות המים השפעה חיובית על עצמת פעילות העטלפים ועל עושר המינים. מאידך, לקרבה לישוב ולרמת הריסוס השפעה שלילית על עצמת פעילות העטלפים ועל עושר המינים.

לכן המחקר הנוכחי מצביע על מספר אלמנטים נופיים פוטנציאלים אשר באמצעות מניפולציה שלהם ניתן יהיה להגביר את עוצמת פעילות העטלפים ואולי גם את עושר המינים בשטח החקלאי ואגב כך לקדם את הממשק החקלאי לכיווני חקלאות בת-קיימא.

1. **מבוא**

עטלפי חרקים, בשל היותם טורפי הלילה העיקריים של חרקים פעילי לילה, הם גם מווסתי גודל אוכלוסיות חרקים החשובים ביותר (Kunz et al., 2011). מספר מחקרים הולך וגדל מורה כי לעטלפי חרקים חשיבות רבה בבקרה של אוכלוסיות חרקים מזיקים במערכות חקלאיות מגוונות, הכוללות מטעים ושדות גידולים שונים (ראה 2011Boyles et al., ).

**2.1 עטלפי חרקים כספקי שירותים אקולוגיים במערכות חקלאיות**

העדויות לגבי תפקידם החשוב של העטלפים בוויסות גודלi של אוכלוסיות חרקים ליליים, הן במערכות חקלאיות ובעיקר במערכות טבעיות הולכות ומצטברות (Boyles et al. 2011). עטלפים ניזונים ממספר רב של פרוקי-רגלים ביממה ויכולים לאכול כ-4 ג' חרקים ללילה (כ- 50% ממסת הגוף של עטלף שלא ברבייה) ועד ליותר מ-7 ג' חרקים ללילה (כ- 100% ממסת גופם בתקופת ההנקה, (Kurta et al. 1989. Federico et al (2008) העריכו את חשיבות נקבות עטלפים מניקות מהמין אשף מקסיקני,Tadarida brasiliensis, אשר מזונן מכיל חרקים מזיקים לחקלאות כגוןHelicoverpa zea, כמדבירים ביולוגים בשדות הכותנה בדרום ארצות הברית וחישבו כי תרומתם עשויה להיות שוות ערך ל-741,000 $ לשנה. באזורים בהם העטלף פעיל מושקעים בין 121,000 ל- 1,725,000 $ מידי שנה בקוטלי חרקים בהשוואה ל- 4.6 ועד ל-6.4 מיליוני $ לשנה במקומות בהם האשף אינו פעיל (Federico et al., 2008).

כמויות החרקים הרבות הנאכלות ע"י עטלפים הובילו להנחה כי עטלפים יכולים להוות מרכיב חשוב בהדברת חרקים בחקלאות (Boyles et al., 2011). למרות העובדה שהשימוש בעטלפים בקנה מידה גדול להדברה ביולוגית הוא קטן, קיימים מספר מחקרים מצביעים על התרומה הישירה של עטלפים לוויסות אוכלוסיות חרקים ובהם חרקים מזיקים. לדוגמא, Williams-Guillén et al. (2006) הראו כי הרחקה של עטלפים באופן מבוקר ממטעי קפה במקסיקו גרמה לעלייה מובהקת של חרקים מזיקים בהשוואה לחלקות ביקורת. ממצאים דומים נמצאו כאשר הרחיקו עטלפים באופן מבוקר מחלקות מעקב של אלונים בגרמניה (Siemers et al., 2010). ישנו גם מידע על מגוון של משפחות חרקים מהן ניזונים העטלפים, אשר כוללות גם חרקים מזיקים, בהם מזיקי כותנה כמו ההלקטית הוורודה (Pectinophora gossypiella) אשר גודלה יכול לנוע מ-5 - 7 מ"מ ופרודניה (Spodoptera littoralis) שגודלה 19 מ"מ ואף חרקים גדולים מאלו.

**2.2 עטלפים באזורים חקלאיים**

בדומה למינים רבים אחרים של בעלי-חיים, גם עטלפי חרקים מאכלסים בתי גידול בתוך מערכות אקולוגיות-חקלאיות, סמוך להן, או כחלק מאזור המחייה שלהם. עטלפי חרקים נוטים להשתמש באזורים חקלאים לצורך שיחור מזון, או לצורך מעבר לאזורי שיחור אחרים (Lumsden et al., 1995; Boyles et al., 2011; Cleveland et al., 2006 ). אחת השאלות העולות מהמחקרים השונים היא כיצד עטלפים מושפעים מהמערכת האקולוגית החקלאית ומממשק החקלאי הנעשה בהן? נראה כי גורמים המשפיעים על בעלי-חיים שונים במערכות אקולוגיות חקלאיות משפיעים באופן דומה גם על עטלפי חרקים. באותו האופן, התרחבות השטחים המעובדים והומוגנציה שלהם מביאים לפגיעה בבתי הגידול של העטלפים ובאתרי הלינה שלהם ובכך גם פוגעות באוכלוסיותיהם )2011 (Kunz et al.,. בנוסף, עולה כי הירידה בעושר מיני העטלפים ובמספרם של העטלפים באירופה בשנים האחרונות קשורה למעבר לשיטות חקלאיות יותר אינטנסיביות (Wickramasinghe et al., 2003; Pocock and Jennings 2008). נראה כי הגורמים המרכזיים באותו תהליך אינטנסיפיקציה חקלאי הם שינוי תצורת הנוף וכן שינויים בחברות פרוקי-רגליים המהווים את מזונם של העטלפים (Wickramasinghe et al., 2003). אולם, מספר המחקרים שנערכו בתחום זה מצומצם והמידע האקולוגי הבסיסי לגבי דגמי שיחור המזון של מיני עטלפי חרקים והמזון אותם הם צורכים בשדות חקלאיים אינו שלם (Kunz et al., 2011). לכן, גם קשה להגיע להבנה ברורה של המנגנונים המשפיעים על רמת פעילות העטלפים ודגמי שיחור המזון במערכות אקולוגיות-חקלאיות.

ישנם מספר גורמים שנחקרו רבות וידועים כבעלי השפעה על אופן פיזור אוכלוסיות עטלפים בבתי גידול טבעיים. ניתן להניח אפוא, כי מדדים אלו חשובים גם במערכות חקלאיות. העיקרים שבהם הם: (1) קיומם וזמינותם של אתרי משכן כמו מערות ומצוקים, שלהם חשיבות מכרעת בקיום אוכלוסיות עטלפים (Barbour and Davis, 1969; Lewis, 1995; Mickleburgh et al., 2002; Struebig et al., 2009), (2) קיומם של גופי מים ואיכות המים שבהם (Glendell and Vaughan 2002; Smith and Racey 2008; Vaughan , et al., 1996), ו- (3) קיומם של אלמנטים נופיים כגון שולי יער ברורים (Verboom and Huitema 1997) אשר יכולים לשמש כתוואי דרך עבור עטלפי חרקים והמסייעים במרחב התעופה בין אם לשיחור ובין אם מעבר ממקום למקום.

בארץ, סדרת העטלפים היא הגדולה ביותר מבין סדרות היונקים ומונה 32 מינים שונים הנפוצים בכל אזוריה (Mendelssohn and Yom-Tov 1999). כל מיני עטלפי החרקים מוגנים בחוק "חוק להגנת חיית הבר, תשט"ו 1955" ומרביתם נמצאים בסכנות הכחדה בדרגות שונות (Dolev and Perevolotsky 2004). עטלפים בישראל משחרים במגוון גדול ביותר של אזורים חקלאיים שונים, כולל מטעים ושדות עם גידולי שלחין שונים. שילובם של עטלפי החרקים כמדבירים ביולוגיים בממשק החקלאי הינו בעל חשיבות למאמצי השימור שלהם שכן הוא עשוי לאחד גורמים נוספים בעלי אינטרסים חקלאיים-כלכליים סביב המאמצים לשמירה על מינים אלו והגנה על אוכלוסיותיהם. לפיכך הצבנו את מטרות המחקר הבאות:

 **2.3 מטרות והנחות המחקר** לאפיין את דגם פיזור מרחבי של עטלפי חרקים במערכות חקלאיות מגוונות המצויות בשפלת יהודה וצפון הנגב ולאמוד את פעילות עטלפי החרקים באזורי חקלאות עם ממשק שונה.

**2.3.1 הנחות המחקר**

1. פעילות העטלפים ועושר המינים יגדלו ככל שהטרוגניות בנוף החקלאי תהייה גבוהה יותר (לדוגמא, שילוב של כתמי נוף חקלאי וכתמי נוף טבעי בהשוואה לנוף חקלאי חד-גוני של מונוקולטורה).
2. פעילות העטלפים תעלה ככל שהממשק יתבסס על שיטות הנהוגות בחקלאות אורגנית.
3. פעילות עטלפים ועושר המינים יעלה כאשר בקרבת השטחים החקלאיים יהיו אלמנטים נופיים כגון אתרי לינה או מקורות מים.

**3. שיטות המחקר**

**3.1 אזור המחקר**

המחקר החל באפריל 2012 בשפלת יהודה וצפון הנגב, אזור המשלב מעבר בין שטחים טבעיים לבין שטחים חקלאיים. על בסיס מפות לווין וצילומי אוויר שקיימים ביחידה לחישה מרחוק במכונים לחקר המדבר של אוניברסיטת בן- גוריון בנגב (אב"ג), צילומי אויר אשר מצויים ברשת, שיחות עם חקלאיים, מדריכים חקלאיים, יערנים וסקר שטח מדוקדק שביצענו בתחילת 2012 בחרנו 58 חלקות דיגום אשר כללו: חלקות טבעיות (n=5), מטעי הדרים (n=10), כרמי זיתים(n=10) , מטעים נשירים (n=10), (מטעי אפרסקים, תפוחים ושקדים (n=12, כרמים (n=10), גידולי שדה (סלק ואבטיחים, n=10) (מפה 1).

מפה 1: נקודות דיגום על פי חלקות ומאפיינים נופיים בשטח המחקר



**3.1 דיגום**

שטח המחקר מופה כולו באמצעות מערכות מידע גיאוגרפי (GIS) וחולק לתת-יחידות (חלקות) אשר הוגדרו על פי סוגי הצומח החלקה (בתה, גריגה או יער) וסוג הגידול שבהן. מתוך 2094 חלקות שהוגדרו נבחרו כאמור 58 חלקות כשהמרחק בין חלקה לחלקה הוא 400 מ' לפחות. בכל חלקה הוגדרה נקודת דיגום אחת על בסיס נקודת המרכז של החלקה. עבור כל נקודת דיגום חישבנו את המאפיינים הבאים: המרחק לישוב הקרוב ביותר (למרחק מישוב יש חשיבות רבה כיון שחלק ממיני העטלפים מלווים את האדם ולנים באתרי לינה מלאכותיים) ומדד משוקלל לקרבה למקורות מים ואיכותם (מיני עטלפים ששותים שותים רק תוך כדי תעופה) (מפה 1). מדד זה חושב באופן הבא: כל מקורות המים חולקו ל-3 קטגוריות נומריות של איכות שדורגו על בסיס רמת החומר האורגני במים והנגישות הפיזית אליהם מהאוויר. כדי לקבל את ערך המדד הוכפלו ערכי דירוג האיכות בפונקציית הInverse- של המרחק למקור המים הקרוב ביותר. ככל שערך המדד גבוה יותר כך עולה הקרבה ואיכות מקור המים. בנוסף, כל נקודת דיגום בחלקה אופיינה גם על פי אינדקס הטרוגניות המבוסס על יחס בין שטח להיקף החלקה, המרחק לחלקה שכנה ומספר השכבות הצומח - עשבים, שיחים ועצים גבוהים, גבול השדה (אזור השוליים) והשטח הפתוח טבעי שמחוץ או בתוך החלקה (בתה, גריגה או יער). על מנת להעריך את רמת השימוש בחומרי הדברה בחלקה השתמשנו במדד כללי של ההשקעה הכספית בחומרי הדברה בסוג הגידול שבחלקה (בש"ח לחודש לדונם). הנתונים התבססו על תחשיבי השקעה כלכליים שהופקו ע"י שירות ההדרכה והמקצוע במשרד החקלאות, על עוצמת הריסוס ועל מספר ימי הריסוס.

**3.2 דיגום עטלפים**

בכל חלקה הקלטנו את קולות העטלפים באמצעות בגלאי ANABAT II מתוצרת Titley Electronics**,** אוסטרליה. כל גלאי הונח בכל חלקה למשך לילה מלא (30 ד' לפני שקיעת השמש ועד 30 ד' לפנות בוקר). מיני העטלפים נבדלים בתדרי הקולות אותם הם משדרים, כך שעל ידי הקלטת הקולות בעזרת הגלאים וניתוח תדרי הקולות ומאפייניהם בעזרת תוכנת מחשב (AnalookW 3.8v, Corben 2012), זהינו אילו מיני עטלפים שיחרו באותה חלקה. מכיוון שמרבית מיני העטלפים בחלקות שנדגמו שידרו קולות בתדרים שאינם חופפים, ניתן היה להבדיל בין מיני העטלפים בעת ניתוח תוצאות. באמצעות ניתוח הקולות חישבנו את עושר מיני העטלפים, את עצמת פעילות העטלפים על פי המינים השונים המשחרים למזון ואת עצמת פעילות העטלפים הכללית. בנוסף בכל חלקה מדדנו את טמפ' הסביבה באופן רציף באמצעות חיישן (iButton® data loggers, Dallas Semiconductor Dallas, USA). טמפרטורת הסביבה היא מדד עקיף לפעילות של חרקים אשר עשוי להשפיע על אופן ותדירות השיחור של עטלפי חרקים.

**3.3 ניתוח הנתונים**

בחנו את השפעת סוג החלקה על עושר מיני העטלפים ועל פעילותם. בדקנו האם יש קורלציה בין המשתנים הסביבתיים על מנת לוודא שאין תלות לינארית ביניהם. כמו כן בדקנו האם התפלגות הנתונים היא נורמאלית. על מנת לבחור את המודל שמסביר את התלות בין עצמת הפעילות הכללית ועושר המינים לבין המשתנים הסביבתיים נעזרנו בבחירת מודל המבוססת על מדד ה- Akaike Information Criteria (AIC) לבחירת הגורמים שיכללו במודל, כאשר פונקציית stepAIC סורקת את המודלים עד למציאת המודל עם ה AIC המינימלי: ההשפעה של סוג החלקה והמשתנים הסביבתיים על עושר מיני העטלפים ועצמת פעילותם נבחנה באמצעות מודל לינארי מוכלל (רגרסיה רב-גורמית, (Generalized Linear Model-GLM על בסיס התפלגות–פואסון עם קשר לוגריתמי (Poisson distribution). המבחנים הסטטיסטיים בוצעו באמצעות התוכנות R 3.0.1 ו-Statistica 11.

**4. תוצאות**

**4.1 תיאור כללי**

במהלך התצפיות הוקלטו 4799 יעפים (קולות) של כ-11מיני עטלפים. עוצמת הפעילות המרבית הייתה של המין עטלפון לבן שוליים ואחריה של המין אשף (טבלה 1). מינים אחרים ששיחרו למזון בשטח המחקר היו אודנן, אוזנן, פרסף גדול ופרסף גמדי, אשמן גדול ומינים מהסוג נשפון (בהם לא ניתן להבדיל באמצעות הקולות, טבלה 1). כמו כן בשטח המחקר תועדו עטלפון אירופאי (Pipistrellus pipistrellus) ואפלול מצוי (Eptesicus serotinus).

**טבלה 1:** ממוצע עוצמת פעילות העטלפים ± וסטיית התקן בשטח המחקר. הנתונים מובאים עבור כל המינים ועבור המינים עם עוצמת הפעילות העיקרית.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Percent of total activity (%) | Average ± SD(calls/night) | שם העטלף | Bat species |
| 89 | 73.5 ± 99.2  | עטלפון לבן שוליים | Pipistrellus kuhlii |
|  8 |  6.8 ± 6.1 | אשף | Tadarida teniotis |
|  1.2 |  1.1 ± 2.2 | אודנן/ אוזנן | Plecotus christii,Otonycteris hemprichii |
|  0.8 |  0.7 ± 2.1 | פרסף גדול וגמדי | Rhinolophus hipposideros, R. ferrumequinum |
|  0.6 |  0.4 ± 1.1 | אשמן גדול | Taphozous nudiventris |
|  0.4 |  0.3 ± 0.1 | נשפון | Myotis sp. |

בכל סוגי חלקות המחקר הייתה פעילות של עטלפי חרקים אשר נעה בין 4 יעפים ל-623 יעפים ללילה. עוצמת הפעילות המרבית של העטלפים נצפתה בשטחים הטבעיים. לא נמצא הבדל מובהק בעוצמת הפעילות של העטלפים בין חלקות המחקר האחרות (One Way ANOVA, F1.5 = 2.6, p<0.03 , איור 1).



**איור 1**:עוצמת הפעילות הכללית בכל אחד מחלקות המחקר. אותיות מעל העמודה מציינות מובהקות סטטיסטית ומספרים בסוגריים מציינים את גודל המדגם של סוג חלקת המחקר.

נמצא הבדל מובהק בעושר מיני עטלפים בין חלקות המחקר השונות (One Way ANOVA, F1.5 = 2.3, p< 0.05 , איור 2). עושר המינים של העטלפים היה גבוה באופן מובהק במטעי זיתים בהשוואה למטעי נשירים וירקות. בנוסף עושר המינים היה גבוה בשטחים הטבעיים ושטחים ללא ריסוס בהשוואה למטעי נשירים והירקות (איור 2). 

**איור 2** :עושר מיני העטלפים בכל אחד מחלקות המחקר. אותיות מעל העמודה מצינות מובהקות סטטיסטית.

**4.2 המודל המרחבי בין עוצמת הפעילות הכללית של העטלפים והמשתנים הסביבתיים בשטח המחקר**

על בסיס מדד ה-AIC נבחרו שלושה מודלים מתוך 141 מודלים אפשריים המתארים את השונות בעוצמת הפעילות הכללית. מודלים אלו כללו בתוכם את השילובים הבאים:

1. מרחק אל מקור המים ואיכותם, המרחק אל הישוב, מדד רמת הריסוסים וסוג הגידול.
2. מרחק אל מקור המים ואיכותם, המרחק אל הישוב, ההטרוגניות של נקודת הדיגום ומדד רמת הריסוסים.
3. מרחק אל מקור המים ואיכותם, המרחק אל הישוב, ומדד רמת הריסוסים

על בסיס מודלים אלו נבחן הקשר בין עוצמת הפעילות הכללית לבין המשתנים הסביבתיים באמצעות רגרסיה רב-גורמית (GLM) כאשר אנו מציגים את התוצאות של המודל הראשון בלבד. נמצא כי למרחק אל מקור המים ואיכותם הייתה השפעה חיובית על פעילות העטלפים וכי למרחק אל הישוב ולמדד רמת הריסוסים הייתה השפעה שלילית על פעילות העטלפים (טבלה 2). מגמה זו נשמרה גם במודלים האחרים אך מפאת מקום הם לא מצוינים בדוח. ראוי לציין כי להטרוגניות של נקודת הדיגום הייתה השפעה חיובית על עצמת פעילות העטלפים.

**טבלה 2**: ניתוח רב משתני של עוצמת הפעילות הכללית של מיני העטלפים והמשתנים סביבתיים שנאספו באזור המחקר.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| P | W | Intercept | Degree ofFreedom | Factor |
|  |  |  | 1 | Intercept |
| 0.0001 | 92.56 | 0.03 | 1 | Distance to a body of water and its quality  |
| 0.0001 | 496.15 | -0.0009 | 1 | Distance to a settlement (km) |
| 0.0001 | 378.23 | -0.006 | 1 | Spraying index |
| 0.0001 | 336.59 | -1.22 | 5 | Crop |

**4.3 המודל המרחבי בין עושר מיני העטלפים והמשתנים הסביבתיים בשטח המחקר**

על בסיס מדד ה-AIC נבחרו ארבעה מודלים המתארים את השונות בעושר מיני העטלפים. מודלים אלו כללו בתוכם את השילובים הבאים:

1. טמפרטורה סביבה מינימלית, והמרחק אל הישוב ומדד רמת הריסוסים
2. טמפרטורה סביבה מינימלית והמרחק אל הישוב
3. טמפרטורה סביבה מינימלית ומדד רמת הריסוסים
4. טמפרטורה סביבה מינימלית

נמצא כי למרחק אל הישוב, מדד רמת הריסוסים וטמפרטורת הסביבה המינימלית הייתה השפעה שלילית על עושר מיני העטלפים (טבלה 3). מגמה זו נשמרה גם במודלים האחרים אך מפאת מקום הם לא מצוינים בדוח.

**טבלה 3**: ניתוח רב משתני של עושר מיני העטלפים והמשתנים סביבתיים שנאספו באזור המחקר.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| P | W | Intercept | Degree ofFreedom | Factor |
|  |  |  | 1 | Intercept |
| 0.0001 | 71.23 | -0.00009 | 1 | Distance to a settlement (km) |
| 0.0001 | 412.11 | -0.04 | 1 | Spraying index |
| 0.0001 | 388.12 | -0.02 | 1 | Minimal ambient temperature (° C) |

**5. דיון**

במחקר זה הוקלטו בין עשרה לאחד עשר מיני עטלפי חרקים אשר מתוכם תשעה הם מינים שמוגדרים כמינים בסכנת הכחדה ברמות שונות. ממצא זה כשלעצמו חשוב במיוחד ומלמד על הפוטנציאל הרב שיש לשטחים חקלאיים בשמירתם ובהגנה על מקום חיותם של עטלפים מוגנים. מחקרים מלמדים אותנו כי עושר מיני העטלפים ופעילותם באתרי שיחור שונים מושפעים ממספר גורמים פנימיים הכוללים לדוגמא את מצבו הרבייתי של הפרט (נקבות בתקופת ההריון, נקבות מניקות), גילו ומצבו הפיסיולוגי. גורמים חיצוניים המשפעים על עושר המינים ופעילות העטלפים כוללים: צפיפות החרקים באזור שיחור המזון, הקרבה אל אתרי הלינה או אל גופי מים וכן גורמים חיצונים המושפעים מפעילות אדם כגון עוצמת האור והקרבה לישובים או כבישים (Altringham 2011).

במחקר הנוכחי בחנו את השפעתם של גורמים חיצוניים טבעיים וגורמים המושפעים מפעילות אנושית על עושר מיני עטלפים ופעילותם באזורים חקלאיים. תוצאות המחקר עד כה תומכות בהנחות המחקר שלנו. בדומה למחקרים אחרים, מצאנו כי הקרבה של שטחים חקלאיים לגופי מים (Glendell and Vaughan, 2002; Vaughan , et al., 1996) ועלייה באיכות המים (Vaughan et al., 1996) משפיעים באופן חיובי על עושר מיני העטלפים ופעילותם וזאת בשל הצורך של העטלפים בשתיה. יתר על כן, יתכן כי מינים כגון עטלפון לבן שוליים ונישפון צדים חרקים מעל המים באזור המחקר בדומה להתנהגות השיחור שלהם באזורים אחרים בארץ ובעולם (Korine and Pinshow 2004; Levin et al., 2006). על פי תוצאות המחקר, הקרבה של שטחים חקלאיים לישובים השפיעה באופן שלילי על עושר מיני העטלפים ופעילותם. ידוע כי מינים רבים של עטלפים מעדיפם לשחר הרחק מישובים בשל זיהומי אור, רעש וצפיפות הכבישים ומספר מינים קטן המלווה את האדם אינו מושפע באופן שלילי בגורמים אלו (Altringham 2011).

מצאנו תמיכה להנחות שלנו כי פעילות העטלפים אך לא עושר המינים תגדל ככל שהטרוגניות בנוף החקלאי תהייה מורכבת יותר ותשלב כתמי נוף חקלאי וכתמי נוף טבעי בהשוואה לנוף חקלאי חד-גוני. ממצאים דומים התקבלו במחקרים אחרים ברחבי העולם 2012) (Smith et al., 2006; Threlfall et al.,. הטרוגניות גבוהה קשורה בצפיפות חרקים גבוהה וזה אחד ההסברים לכך שפעילות העטלפים הושפעה באופן חיובי ממדד זה. בנוסף, הטרוגניות גבוהה עשויה לספק יתרונות אחרים כגון הגנה מפני טורפים, הגנה מפני רוחות ותוואי דרך עבור העטלפים אשר מסתייעים באלמנטים מרחביים שונים לניווט והתמצאות במרחב. גורם חיצוני נוסף שהשפיע באופן שלילי על עושר מיני העטלפים ופעילותם היה מדד רמת הריסוסים בחלקות השונות, ממצא החוזר על עצמו במחקרים שונים העוסקים בפעילות בעלי חיים ועטלפים באזורים חקלאיים (Wickramasinghe et al., 2004). בתוצאות הדוח לא הפרדנו בין חלקות אורגניות לבין חלקות לא אורגניות כיון שמספר החלקות האורגניות בשטח המחקר לא עלה על חמישה ובנוסף בכל חלקה היה גידול אחר. למרות זאת, תוצאות המודל מורות כי לרמת הריסוסים יש השפעה שלילית על העטלפים ותומכות בהנחות מחקרנו. עם זאת חשוב לציין כי מבנה המחקר אינו מאפשר לנו להעריך האם קיימים חומרי הדברה מסויימים או משטרי הדברה שונים אשר הינם בעלי השפעה שלילית רבה יותר על פעילות העטלפים ועושר המינים שלהם. אולם מחקרים אחרים שנעשו בתחום זה מצאו כי חומרי הדברה מקבוצת האורגנו-כלורידים קשורים בתמותת עטלפים ויכולים להוות את אחד הגורמים לפגיעה באוכלוסיותיהם (Clark et al., 1983, 1978).

כל מיני העטלפים ששיחרו באזורים החקלאיים למעט עטלפון לבן-שולים ואשף הם מינים המוגדרים כמינים בסכנת הכחדה ועצם הימצאותם בשטחים חקלאיים מרמזת כי לשטחים אלו בנוסף לשטחים טבעיים פוטניצאל רב בשמירה על מקום חיותם של עטלפים מוגנים. תוצאות המחקר מורות כי למידת ההטרוגניות כמו גם למרחק מגוף המים ואיכות המים שבו ישנה השפעה חיובית על עצמת פעילות העטלפים ועל עושר המינים. מאידך, לקרבה לישוב ורמת השימוש בחומרי הדברה השפעה שלילית על עצמת פעילות העטלפים ועל עושר המינים. תוצאות המחקר הנוכחי מאפשרות למתכנני ומנהלי השטחים החקלאיים לבצע התאמות שונות במרחב החקלאי אשר עשויות להגביר את פעילות העטלפים ועל ידי כך גם לסייע בבקרה הטבעית של אוכלוסיות חרקים מזיקים.

1. **רשימת ספרות**

Altringham, J.D. (2011). Bats: from evolution to conservation. Oxford University Press,

Barbour, R.W. and Davis, W.H. (1969). Bats of America. University Press of Kentucky, Lexington, USA.

Boyles, J.G., Cryan, P.M. McCracken, G.F. and Kunz, T.H. (2011). Economic importance of bats in agriculture. Science, 332: 41-42.

Clark, D.R.J., Clawson, R.L., Stafford, C.J. (1983). Gray bats killed by dieldrin at two additional Missouri caves: Aquatic macroinvertebrates found dead. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology 30, 214–218.

Clark, D.R.J., Laval, R.K., Swineford, D.M. (1978). Dieldrin-induced mortality in an endangered species, the gray bat Myotis grisescens. Science 199, 1357–1359.

Cleveland, C.J., Betke, M. Federico, P. Frank, J.D. López J.D. McCracken, G.F. Medellín, R.A. Moreno-Valdez, A. Sansone, C.G. Westbrook, J.K. and Kunz, T.H. (2006). Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bats in south-central Texas. Frontiers in Ecology and the Environment, 4:238–243.

Corben, C. (2012). AnalookW 3.8v. [www.hoarybat.com](http://www.hoarybat.com).

Dolev, A. and Perevolotsky, A. (2004). The Red Book of Vertebrates in Israel. Israel Nature and National Parks Protection Authority and Society for Protection of Nature in Israel press, Jerusalem.

Federico, P. Hallam, T.G., Mccracken, G.F. Purucker, S.T. Grant, W.E. Correa-sandoval, A.L. Westbrook, J.K. Medelli´n, R.A. Cleveland, C.J. Sansone, C.G. Lo´pez, Jr. J.D. Betke, M. Moreno-Valdez, A. And Kunz, T.H. (2008). Brazilian free-tailed bats as insect pest regulators in transgenic and conventional cotton crops. Ecological Applications 18:826–837.

Smith R.M., Gaston, K.J. Warren, P.H. and Thompson, K. (2006) Urban domestic gardens (VIII): environmental correlates of invertebrate abundance. Biodiversity and Conservation 15: 2515–2515–2545

Gibbs, H. K., Ruesch, A. S. Achard, F. Clayton, M. K. Holmgren, P. Ramankutty, N. and Foley, J. A. (2010). Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 107: 16732-16737.

Glendell, M. and Vaughan, N. (2002). Foraging activity of bats in historic landscape parks in relation to habitat composition and park management. Animal Conservation, 5: 309–316.

Korine, C. and Pinshow, B. 2004. Guild structure, foraging space use, and distribution in a community of insectivorous bats in the Negev Desert. Journal of Zoology 262: 187-196.

Kunz, T.H., Torrez, E.B. de.Bauer, D. Lobova, T. and Fleming, T.H. (2011). Ecosystem services provided by bats. Annals of the New York Academy of Sciences, 1223:1-128.

Kurta, A., Bell, G. P. Nagy, K. A. and Kunz, T. H. (1989). Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little Brown Bats (*Myotis-lucifugus*). Physiological Zoology 62:804-818.

Lewis, S.E. (1995). Roost Fidelity of Bats: A Review. Journal of Mammalogy 76:481-496.

Levin, E., Barnea, A. Yovel, Y. and Yom-Tov, Y. (2006). Have introduced fish initiated piscivory among the long-fingered bat?. Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde 71: 139-143.

Lumsden, L.F. and Menkhorst, P.W. (1995). Yellow-bellied Sheathtail Bat *Saccolaimus flaviventris*. Pages 161-162 In: P.W., Menkhorst, editor. Mammals of Victoria. Distribution, Ecology and Conservation. Oxford University Press, Melbourne. Australia.

Mendelssohn, H. and Yom-Tov, Y. (1999). Fauna Palaestina - Mammalia of Israel. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Keter Press, Jerusalem.

Mickleburgh, S. P., Hutson, A. M. and Racey, P. A. (2002). A review of the global conservation status of bats. Oryx, 36: 18–34.

Pocock, M.J.O. and Jennings, N. (2008). Testing biotic indicator taxa: the sensitivity of insectivorous mammals and their prey to the intensification of lowland agriculture. Journal of Applied Ecology, 45: 151-160.

Siemers, B.M., Wells, K. and Kalko, E.K.V. (2010). Top-Down Control of Herbivory by Birds and Bats in the Canopy of Temperate Broad-Leaved Oaks (Quercus robur). PLos One 6:e17857.

Smith, P.G. and Racey, P.A. (2008). Natterer's bats prefer foraging in broad-leaved woodlands and river corridors. Journal of Zoology, London, 275: 314–322.

Struebig, M. J., Kingston, T., Zubaid, A., LeComber, S.C, Adnan, A., Turner, A., Kelly, J., Bozek, M. S. and Rossiter, S. J. (2009). Conservation importance of limestone karst outcrops to Palaeotropical bats in a fragmented landscape. Biological Conservation, 142: 2089-2096.

Threlfall, C.G., Law, B. and Banks, P.B. (2012) Sensitivity of insectivorous bats to urbanisation: Implications for suburban conservation planning Biological Conservation 146: 41–52.

Tscharntke, T. Klein, A. M. Kruess, A. Steffan-Dewenter, I. and Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management. Ecology Letters, 8: 857–874.

Vaughan, N., Jones, G. and Harris, S. (1996). Effects of sewage effluent on the activity of bats (Chiroptera: Vespertilionidae) foraging along rivers. Biological Conservation, 78: 337–343.

Verboom, B. and Huitema, H. (1997). The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. Landscape Ecology, 12: 117-125.

Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G. and Vaughan Jennings, N. (2004). Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging. Conservation Biology, 18: 1283–1292

Williams-Guillén, K., Perfecto, L. and Vandermeer, J. (2008). Bats limit insects in a Neotropical agroforestry system. Science 320:71.