

מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים: עקרונות לתכנון ולמשק חקלאי

אורית סקוטלסקי, אוניברסיטת תל אביב.



מוגש לקרן נקודת ח"ן
נובמבר, 2009

תוכן עניינים

הקדמה – המחקר בעולם ובישראל, ומטרות העבודה

חלק ראשון: סקירת הספרות המדעית

פרק 1: חקלאות ושימור המגוון הביולוגי – רקע כללי

- 1.1 יחסי הגומלין המורכבים בין מערכות אקולוגיות למערכות חקלאיות
- 1.2 גישות אלטרנטיביות לשמירת טבע באזורים חקלאיים
- 1.3 הגדלת אספקת השירותים האקולוגיים במערכות חקלאיות
- 1.4 חשיבות המגוון הביולוגי למערכות החקלאיות

תיבת מידע 1: מה הקשר בין מגוון ביולוגי גבוה לבין אספקת שירותי מערכות אקולוגיות במערכות חקלאיות?

פרק 2: עקרונות מרחביים לשמירת טבע בנופים חקלאיים

- 2.1 כתמיות וקיטוע בנופים אנתרופוגניים
- 2.2 מאפיינים אקולוגיים של התווך החקלאי
- 2.3 עקרונות לתכנון מרחבי של שמורות טבע ואזורים שמורים
- 2.4 "איים יבשתיים" בתווך חקלאי

תיבת מידע 2: מה מאפיין מינים הרגישים לקיטוע של בתי גידול?

פרק 3: מסדרונות אקולוגיים ככלי לשמירת טבע

- 3.1 מה בין "שדרות ירוקות" לבין "מסדרונות אקולוגיים"?
- 3.2 התפקוד הפונקציונאלי של מסדרונות אקולוגיים
- 3.3 תכנון מסדרונות לתהליכים אקולוגיים ארוכי טווח

פרק 4: ההקשר הנופי של שימור מגוון ביולוגי באזורים חקלאיים

- 4.1 הקשר בין מורכבות הנוף לבין תגובת המערכת האקולוגית לשינויים במדיניות חקלאית
- 4.2 עקרונות להתחשבות ברמת המורכבות של הנוף החקלאי
- 4.3 מקרי בוחן – הצלחתן של תוכניות לשימור מגוון ביולוגי בנופים חקלאיים שונים

פרק 5: החשיבות האקולוגית של כתמי צמחיה אורכיים בין השדות ובשוליהם

- 5.1 חשיבותם של משוכות השיחים בנוף החקלאי באירופה
- 5.2 כתמי צמחיה אורכיים בנוף החקלאי בישראל
- 5.3 שולי השדות – תפקוד אקולוגי ומבנה
- 5.4 מאפיינים אקולוגיים של שולי שדות - שולי השדות כאקוטון
- 5.5 חברת הצומח בשולי השדות – השפעות של הפרעות והעשרה בחומרי הזנה

- 5.6 הגדלת מגוון חסרי חוליות בשולי שדות חקלאיים
- 5.7 ממשק מכוון של הצומח בשולי השדות באירופה
- 5.8 שולי שדות כמסדרונות אקולוגיים

תיבת מידע 3: צמחי מעזבות וצמחי באשה המלווים את בתי גידול החקלאיים.

תיבת מידע 4: ממשק "בנק חיפושיות" בשדות חקלאיים ("Beetle banks").

- הפן הישראלי 1: תעלות ניקוז כגורם רב-מערכתי: ממשק אגרו-אקולוגי של תעלות הניקוז בעמק החולה.
- הפן הישראלי 2: פרפרים בשולי השדות בישראל.
- הפן הישראלי 3: אקופרש טבע – מדד לערכיות אקולוגית של שטחים חקלאיים בישראל

פרק 6: השדה המעובד - מסדרון מעבר, מחסום, או מלכודת אקולוגית?

6.1 מגוון ביולוגי בשדות המעובדים

- הפן הישראלי 4: השפעת הממשק החקלאי על חברת חיפושיות הקרקע בכרמים ובשדות הפלחה בשפלת יהודה
- הפן הישראלי 5: כרמי זיתים כבית גידול או מסדרון מעבר ליונקים גדולים

פרק 7: הגנה על בתי גידול לחים באגני היקוות חקלאיים

7.1 חיץ משמר סביב בתי גידול לחים (Conservation buffers)

7.2 תכנון חיץ משמר להגנה על דו-חיים וזוחלים

- הפן הישראלי 6: הגנה על בתי גידול לחים באזורים חקלאיים בישראל
- הפן הישראלי 7: "Dig or Dry" - תעלות ניקוז כמלכודות אקולוגיות או כאתרי רבייה?

פרק 8: חקלאות אורגנית ושימור מגוון ביולוגי

8.1 המגוון הביולוגי בחוות אורגניות באירופה

פרק 9: עיבוד משמר של קרקע חקלאית

- 9.1 עיבוד משמר של קרקע חקלאית (חקלאות ללא-חריש)
- 9.2 הקשר בין עיבוד משמר לבין שימור המגוון הביולוגי
- 9.3 הקשר בין ממשק הקרקע לבין תהליכי פירוק ומחזור של חומרים אורגניים

תיבת מידע 5: שימור הקרקע החקלאית בארה"ב

הפן הישראלי 8: עיבוד משמר של קרקע חקלאית בישראל

פרק 10: עקרונות לממשק אקולוגי של מזיקים במערכות חקלאיות

- 10.1 הדברה ביולוגית באמצעות אויבים טבעיים
- 10.2 עקרונות לתכנון נוף חקלאי העשוי לעודד הדברה ביולוגית טבעית
- 10.3 גישת "החוה השלמה" (Whole-farm approach)
- הפן הישראלי 9: עידוד אויבים טבעיים להדברה ביולוגית בישראל
- הפן הישראלי 10: תנשמות ומכרסמים בשדות חקלאיים

פרק 11: נזקי חקלאות - הקונפליקט בין חקלאות לחיות הבר בישראל

- 11.1 נזקי חקלאות בישראל
- 11.2 השפעות של חומרי הדברה על ציפורים בישראל – חזרה לאביב הדומם
- 11.3 ההשלכות של גידור על שמירת טבע באזורים חקלאיים בישראל
- 11.4 הקונפליקט בין בוקרים לזאבים והדילמה של חלקות המיגון
- 11.5 התפרצויות נברנים בשדות חקלאיים בישראל

חלק שני: המלצות יישומיות לתכנון מסדרונות משמרים בתווך החקלאי

הקדמה לחלק היישומי של המסמך

פרק 12: המלצות ברמת אגן ההיקוות

- 12.1 תכנון חיץ משמר סביב מקווי מים (Conservation buffers)
 - 12.1.1 מטרות, תפקידים, וארגון מרחבי של אזורי חיץ משמר
 - 12.1.2 תכנון רוחבו של אזור חיץ משמר
 - 12.1.3 תכנון וממשק של חברת הצומח באזור החיץ המשמר
 - 12.1.4 רוחב החיץ המשמר סביב בתי גידול רגישים
 - 12.1.5 ממשק משמר של תעלות ניקוז חקלאיות
 - 12.1.6 ממשק רעיה סביב ערוצים ובתי גידול לחים
- 12.2 אסטרטגיות משולבות לשמירה על מים, קרקע, ומגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים

פרק 13: המלצות ברמת הנוף הכפרי

- 13.1 שמירה על כתמים של צמחייה טבעית בין השדות החקלאיים
 - 13.1.1 קביעת סדר קדימויות לשימור כתמי צמחייה טבעית
 - 13.1.2 קביעת גודל כתם מינימאלי הדרוש לשימור מינים שונים
 - 13.1.3 עקרונות להגברת הקישוריות בנוף החקלאי
 - 13.1.4 תכנון "אזורים מקשרים" במקום מסדרונות צרים
 - 13.1.5 התמודדות עם פערים לאורך מסדרונות אורכיים
 - 13.1.6 מהו רוחב המסדרון המומלץ?

פרק 14: המלצות ברמת השדה החקלאי

- 14.1 עמודי טווח לשמירה על בריאות המערכת האגרו-אקולוגית

סיכום: כמה מילים על מחקר ומדיניות חקלאית

נספח 1: מסדרונות אקולוגיים לשימור קבוצות טקסונומיות שונות באזורים חקלאיים

- א. חרקים
- ב. יונקים קטנים
- ג. ציפורים
- ג(1) ציפורים באזורים חקלאיים
- ג(2) מסדרונות מעבר לציפורי שיר בין בתי גידול לחים
- ד. חולייתנים גדולים (מיני דגל)

רשימת איורים

- איור 1:** אחוז המינים ברשימות אדומות של IUCN המאויימים מפעילות חקלאית (Norris, 2008).
- איור 2:** תפקידים של מסדרונות אקולוגיים (Hellmund & Smith, 2006)
- איור 3:** נופים חקלאיים "פשוטים", "מרוקנים", "ומורכבים" (Tschardtke, 2005)
- איור 5:** הצעה לתכנון אזורי חיץ לשימור (a) מקווי מים; (b) נחלים (Semlitsch & Bodie, 2003).
- איור 6:** תכנון אזורי חיץ משמר המקיפים ערוצי ניקוז מסדרי גודל שונים (Bentrup, 2008).
- איור 7:** תכנון רוחב איזור החיץ בהתאם לתנאים טופוגרפיים ולעצמת זרימת הנגר העילי (Bentrup, 2008).
- איור 8:** שילוב תצורות צומח ליעילות מקסימאלית של החיץ המשמר (Bentrup, 2008).
- איור 9:** תהליכי סוקצסיה של חברת הצומח באזור החיץ המשמר (Bentrup, 2008).
- איור 10:** נקודות מפתח לתכנון רוחבו של אזור חיץ משמר (Bentrup, 2008).
- איור 11:** הנחיות לתכנון אזורי חיץ משמר סביב תעלות ניקוז חקלאיות (Bentrup, 2008).
- איור 12:** גידול חיץ משמר באזורי מרעה (Bentrup, 2008).
- איור 13:** תכנון מערכת אזורי חיץ באזורים חקלאיים (Bentrup, 2008).
- איור 14:** שילוב בין אזורי חיץ משמר לבין מסדרונות מעבר בין בתי גידול לחים (Bentrup, 2008).
- איור 15:** כתמי צמחייה בגדלים שונים (Bentrup, 2008).
- איור 16:** אפקט שולים בכתמים בגדלים שונים (Bentrup, 2008).
- איור 17:** הערך היחסי של כתמים שונים לשימור מגוון ביולוגי (Bentrup, 2008).
- איור 18:** החשיבות של מרחק בין כתמים וצורת הכתם לשימור הגוון הביולוגי (Bentrup, 2008)
- איור 19:** עקרונות להגדלת הקישוריות בין כתמים סמוכים באמצעות מסדרונות לינאריים (Bentrup, 2008).
- איור 20:** תכנון "אזורים מקשרים" (Bentrup, 2008).
- איור 21:** פערים קריטיים לאורך מסדרון (Bentrup, 2008).
- איור 22:** רוחב המסדרון המומלץ עבור אוכלוסיות של בעלי חיים מקבוצות טקסונומיות שונות (Bentrup, 2008).
- איור 23:** עמודי התווך לממשק אקולוגי של מזיקים במערכות חקלאיות (עובד מתוך Alrieri et al., 2005).
- טבלה 1:** שינויים באוכלוסיות של ציפורים באזורים חקלאיים באנגליה בין השנים 1968-1995
- טבלה 2:** הנחיות כלליות לקביעת גדלים מינימאליים הדרושים לשימור קבוצות טקסונומיות שונות (Bentrup, 2008).

הקדמה - המחקר בעולם ובישראל ומטרות העבודה

ההשלכות של קיטוע מערכות אקולוגיות על שימור המגוון הביולוגי; החשיבות של שמירה על קישוריות (connectivity) בין כתמים שמורים; והעקרונות ליצירת רשתות של שמורות טבע בעזרת מסדרונות לחיות בר בנופים מבוותרים, הם נושאים הנחקרים בעולם בערך 20 שנים (Hilty et al., 2006). לעומת זאת, נושא שימור המגוון הביולוגי בשטחים חקלאיים נמצא עדיין בחיתוליו, ומרבית המאמרים שעליהם מתבססת הסקירה הזו נכתבו אחרי שנת 2000.

בישראל, מאמרם של שקדי ושדות, שהתפרסם בשנת 2000, האיר את החשיבות של שמירה על רצף השטחים הפתוחים בין שמורות הטבע, כמסדרונות אקולוגיים פתוחים לאורכה ולרוחבה של הארץ. אולם, בשנים שעברו מאז שהמאמר התפרסם, נצבר מעט מאד ידע מקומי על העקרונות האקולוגיים לשימור מגוון ביולוגי בשטחים פתוחים הנמצאים מחוץ לשמורות הטבע. יתרה מכך, מרבית השטחים הפתוחים שאינם מנוהלים כשמורות טבע או כיערות בישראל הם שטחים חקלאיים מעובדים. שקדי ושדות (2000), התייחסו בעבודתם לסוגיית החקלאות במסדרונות אקולוגיים, וכתבו: "לא ברור עד כמה חשובים השטחים שאינם "טבעיים" לשמירת הטבע בארץ, וגם לא ברור מהי יעילותם כמסדרונות אקולוגיים. הבנת יחסי הגומלין שבין שמורות הטבע לשטחים שאינם "טבעיים" חיונית, לדעתנו, להבנת המערכות הטבעיות בישראל (עמודים 21-22)".

בשנים האחרונות נצבר בעולם ידע אמפירי רב על יחסי הגומלין בין כתמים חקלאיים לכתמים טבעיים, הן במסדרונות אקולוגיים המקשרים בין שמורות טבע, והן בנופים כפריים המנוהלים כ-"Wildlife Friendly Agriculture". לעבודה הזו שלש מטרות מרכזיות: האחת, לסקור את המידע הקיים בעולם, על עקרונות אקולוגיים לתכנון ולמשק של נופים חקלאיים התומכים בשימור המגוון הביולוגי; השנייה לסכם מתוך העקרונות סדרת הנחיות יישומיות לתכנון וממשק של מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים; והשלישית, לסכם חלק ממידע הקיים כיום על יחסי הגומלין בין חקלאות לשמירת טבע בישראל, ולהאיר את הפוטנציאל לקידום חקלאות התומכת בשימור מגוון ביולוגי בישראל.

עבודה זו מהווה המשך מתבקש למספר עבודות שנעשו לאחרונה ואשר מומנו על-ידי קרן נקודת ח"ן. עבודות אלה התחילו להאיר את הפן האקולוגי של חקלאות רב-תפקידית ואת חשיבותה לשימור המגוון הביולוגי. כך למשל, סקירת הספרות שערכתי על תמריצים לעידוד חקלאות סביבתית באירופה, התמקדה בתמריצים לשימור מגוון ביולוגי באזורים ערכיים לשמירת טבע (סקוטלסקי, 2006). באופן דומה, עבודתו של המתכנן מוטי קפלן (שהוצגה בכנס האחרון של הקרן), עוסקת בשטחי חקלאות כאזורי חיץ בשמורות ביוספריות. כהמשך ישיר לעבודות האלה, עבודה זו מתמקדת בהבנת הפן האקולוגי של חקלאות רב-תפקידית, ובשילוב של עקרונות אקולוגיים במדיניות לקידום ממשק חקלאי התומך בשימור מגוון ביולוגי באזורים ערכיים לשמירת טבע בישראל.

אני מקווה שהמידע המוצג בעבודה זו יהווה בסיס אקולוגי לתכנון מסדרונות אקולוגיים, ולמשק של אזורי חיץ חקלאיים סביב שמורות טבע ובין כתמים שמורים במרחבים ביוספריים. כמוכן, המידע צריך להתוות בסיס אקולוגי לתכנון מדיניות לתמרוץ חקלאות בת-קיימא באזורים ערכיים לשמירת טבע.

כיום, מרבית התוכניות לשימור שטחים פתוחים באזורים חקלאיים מסתמכות על עקרונות לשימור של חקלאות נופית. אני מקווה שהעבודה המוצעת להלן תוסיף למושג המתהווה של החקלאות הרב-תפקידית את העקרונות האקולוגיים כנדבך מרכזי בתכנון חקלאות בת-קיימא באזורים ערכיים לשמירת טבע.

חלק ראשון: סקירת הספרות המדעית

פרק 1: חקלאות ושמירת טבע – רקע כללי

"*Conservation biologists have mainly been concerned with biodiversity, and agroecologists mainly with its function.*"

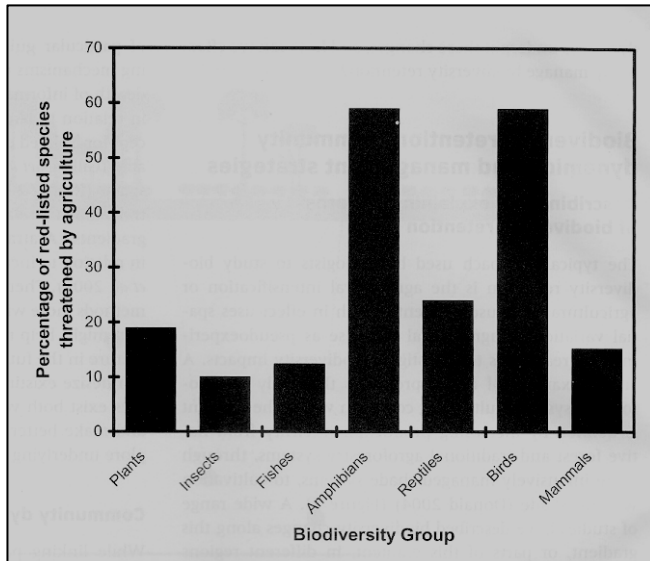
Vandermeer & Perfecto, 1997

1.1 יחסי הגומלין המורכבים בין מערכות אקולוגיות למערכות חקלאיות

השאלה החשובה ביותר לעתיד המגוון הביולוגי בעולם כיום היא: כיצד ניתן לאזן בין הדרישות הגדלות לתוצרת חקלאית ובין הצורך לשמור על בתי הגידול הטבעיים ועל החיוניות של המערכות האקולוגיות (Foley et al., 2005 ; MA, 2005).

תצלומי לוויין מראים שמערכות לייצור חקלאי שולטות כיום בשימושי קרקע היבשתיים בעולם. באופן כללי, כ- 80% מהשטח היבשתי בעולם מושפע בדרך זו או אחרת מחקלאות. כשליש מהחקלאות בעולם היא חקלאות אינטנסיבית, שבה מתקיים שימוש נרחב בתשומות חיצוניות כמו חומרי דישון, הדברה, והשקיה, המאפשרים עיבוד אינטנסיבי רצוף של הקרקע. בנוסף לכך, חקלאות אינטנסיבית בדרך כלל כרוכה בעיצוב מחדש של הנוף הטופוגרפי, חפירת ויישור מערכות ניקוז באגני ההיקוות, ופליחת הקרקע. שאר המרחב החקלאי מעובד תחת מערכות חקלאיות אקסטנסיביות המשתמשות בפחות תשומות חקלאיות חיצוניות, אך דורשות שטחי קרקע גדולים בהרבה לייצור כמויות קטנות יותר של תוצרת חקלאית.

חקלאות המודרנית, כפי שהיא מיושמת כיום בעולם, מהווה אחד מהאיזמים המרכזיים על שימור המגוון הביולוגי, ועל החיוניות של המערכות האקולוגיות הטבעיות לפי נתוני ה-IUCN, יש קשר הדוק בין פעילות חקלאית לבין סכנת ההכחדה המאיימת על מינים רבים (איור 1). גם באירופה, למרות ההיסטוריה הארוכה של פעילות חקלאית ברחבי היבשת, תהליך התיעוש של החקלאות במהלך המחצית השנייה של המאה ה-20 תרם באופן משמעותי לפגיעה במגוון הביולוגי (ראו גם סקירה מקיפה - סקוטלסקי, 2006).



איור 1: אחוז המינים הנמצאים ברשימות אדומות שמפרסם ארגון ה-IUCN (של מינים בסכנת הכחדה) המאוימים מפעילות חקלאית בקבוצות טקסונומיות שונות (Norris, 2008).

כמעט מחצית משטחי היערות בעולם, רחבי עלים, טרופיים, וסוב-טרופיים, הוסבו זה מכבר לחקלאות, ואינם מתפקדים כמערכות אקולוגיות טבעיות. אזורי ההסבה לחקלאות גבוהים במיוחד באירופה ובאסיה. בנוסף לכך, מרבית האזורים העשירים ביותר במגוון ביולוגי בעולם, מאוכלסים כיום בחברות אנושיות צפופות, שקיומן תלוי בגידולי שדה, בכריתת יערות, ברעיה, או בדיג. למרבית הדאגה, האוכלוסיות האנושיות במרבית האזורים האלה מוכות עוני ורעב, והמערכות האקולוגיות עליהן הקיום האנושי מבוסס, מנוצלות ברמה המסכנת את עצם הקיום האנושי בעתיד, ולא רק את שימור חיות הבר (MEA, 2005).

ממשק חקלאי מוטעה מוביל להתדרדרות ביכולת של המערכת האקולוגית לספק שירותים תומכי חיים. כך למשל, התדרדרות והעלמות של שכבת הקרקע העליונה (Topsoil) היא תופעה המכסה כ-16% משטח גידולי השדה, המרעה, והיערות בעולם (MEA, 2005). ממשק חקלאי נפוץ, כמו לחץ רעיה גבוה, פליחת הקרקע, והשקיה במים מליחים או בקולחים, גורם לפגיעה במגוון המיקרואורגניזמים בקרקע, מקדם תהליכי סחיפה והתדרדרות של קרקעות, וחותר תחת בסיס הפוריות הטבעי של הקרקע החקלאית. ניהול לקוי של חומרי דישון במערכות חקלאיות, וניקוז לא מבוקר של הפרשות של חיות משק המרוכזות במכלאות, גורמים לדליפה של חנקות ומזמהים לאגני היקוות, ולנזקים בלתי הפיכים לבתי גידול טבעיים ולמערכות מימיות.

אספקת כמויות הולכות וגדלות של מזון הדרוש לאוכלוסיית העולם הגדלה, עשוי להיות אתגר קשה מאד בעתיד. כבר כיום אנו עדים לירידה בחיוניות ובתפקוד של המערכות האקולוגיות התומכות בייצור החקלאי. אבדן של מגוון ביולוגי, כריתת יתר של יערות, שינויי אקלים, מחסור במים, סחיפה והתדרדרות של קרקעות, צפויים לפגוע ביכולתו של העולם להגדיל את ייצור המזון בעתיד. כיום, קרקעות חקלאיות רבות המעובדות באמצעות השקיה סובלות מהמלחה הפוגעת ביעילות העיבוד. ישנם אזורים בעולם שבהם הקרקעות החקלאיות מנוצלות במידה כזו שהן מתדרדרות ומאבדות את ערכן החקלאי, בעוד שאזורים חקלאיים אחרים נופלים קורבן

להתפשטות של אזורי מגורים ותשתיות, ולזיהומים תעשייתיים. באזורים האלה הקרקע החקלאית הופכת למשאב מגביל צמיחה.

1.2 גישות אלטרנטיביות לשמירת טבע באזורים חקלאיים

כיום, רק כ- 12% מהשטח היבשתי של כדור הארץ נמצא בתוך שמורות טבע או אזורים שמורים, ופחות מחצי מהאתרים המוגנים האלה מנוהלים אך ורק למטרות שימור המגוון הביולוגי (Hoekstra, 2005). בתוך 100,000 האתרים המוגדרים היום כאזורים שמורים, כ- 30% משטח הקרקע משמש לצורכי חקלאות. שאר האתרים, בעיקר שמורות הטבע הקטנות, נראות "כאיים" בתוך "ים" של חקלאות. אין מחלוקת על כך שהכרזה על אזורים שמורים היא טקטיקה מרכזית וחיונית לאסטרטגיית שימור הטבע העולמית (Magules and Pressey, 2000). למרות זאת, כיום מקובל להניח ששמורות הטבע לבדן לא יספיקו כדי לשמור על המגוון הביולוגי המתדרדר. שמורות הטבע הקיימות הן ספורות מידי, מבודדות מידי, הממשק בהן קשיח, ומרביתן סובלות מניצול יתר של משאבים ומהשפעות הרסניות של גורמים החודרים אליהן מבחוץ (Liu et al., 2001; Bengtsson et al, 2003). כיום, יותר אקולוגים מסכימים שיש להשלים את ההגנה על המגוון הביולוגי בשמורות הטבע, בפיתוח אסטרטגיות לשימור טבע באזורים הנמצאים מחוץ לשמורות – באזורים חקלאיים ומיוערים המשמשים לייצור מוצרים לשימוש האדם ; (Daily, 2001 ; Lindenmayer and Franklin, 2002 ; Fischer et al., 2008).

השטחים החקלאיים היבשתיים מאכלסים מינים רבים של צמחים ובעלי חיים. הנופים החקלאיים מספקים בתי גידול מתאימים יותר לחיות בר וציפורים, מאשר אזורים מיושבים, עירוניים או מפרורים, שבהם הפיתוח הסביבתי יותר אינטנסיבי והשטחים הפתוחים מאד מקוטעים. אזורים חקלאיים משמשים, למעשה, כחץ בין האזורים הטבעיים לבין האזורים הבנויים, המפותחים באינטנסיביות רבה יותר. אזורי חץ חקלאיים עשויים לספק מזון, מחסות, ובתי גידול מתאימים לרבייה, לנדידה, ולקישור בין אוכלוסיות של צמחים ובעלי חיים.

בספרות האקולוגית נידונות כיום שתי גישות אלטרנטיביות כאסטרטגיות לאיזון בין חקלאות לשמירת טבע. הגישה הראשונה, "Land Sparing", מציעה ליצור הפרדה מרחבית בין שטחים המיועדים לייצור מזון, ובין שטחים המיועדים לשמירת טבע. אקולוגים המצדדים בגישה זו, ממליצים לצמצם את השטחים הנדרשים לייצור מזון על-ידי אינטנסיפיקציה של הממשק החקלאי והגדלת יעילותו; ולשחרר שטחי חקלאות שוליים לשיקום אקולוגי ולשימור כשמורות טבע קבועות. מנקודת המבט של גישה זו שמורות הטבע באזורים כפריים מנוהלות כאיים בתוך (matrix) חקלאי הומוגני, ושטחי החקלאות נחשבים חסרי משמעות, או עוינים לשימור המגוון הביולוגי במרחב הכפרי (Green et al., 2005).

הגישה השנייה, "Wildlife Friendly Agriculture", מציעה לאזן בין ייצור מזון ובין שמירת טבע על-ידי תכנון נופים חקלאיים הטרוגניים, רבי-תפקידים. לפי גישה זו, שמקורה ככל הנראה באירופה, הנוף של אזורים כפריים מעוצב כפסיפס של כתמים טבעיים (אזורי גלעין שמורים), לצד כתמים של בתי גידול חקלאיים (אזורי חיץ אנטרופוגניים). המגוון הביולוגי, החיוני לתפקוד המערכת האקולוגית, מצוי בכל הפסיפס - הן בבתי הגידול הטבעיים והן בבתי הגידול החקלאיים.

אקולוגים המצדדים בגישה זו גורסים שהמפתח לקיימות ארוכת-טווח של המערכת האקולוגית במרחבים כפריים הוא הקטנת הפערים בין הכתמים הטבעיים והחקלאיים, ושמירה על שונות מרבית במרחב ובזמן. במילים אחרות, מדיניות לממשק שמירת טבע באזורים כפריים חייבת להתבסס על מחקרים אקולוגיים העוסקים בהבנת יחסי הגומלין בין כתמי הגלעין השמורים ובין כתמי החיץ החקלאיים לתכנון (Vandermeer and Perfecto, 2007; Fisher et al, 2006, 2008). בהתאם לכך, תוכניות חדשניות לתמרוץ ולעידוד חקלאות רב-תפקידית¹ באזורים ערכיים לשמירת טבע באירופה² מבוססות על מחקרים אקולוגיים שנועדו להבין את יחסי הגומלין בין בתי גידול טבעיים לבין בתי הגידול החקלאיים בנופים כפריים (סקוטלסקי, 2006).

1.3 הגדלת אספקת השירותים האקולוגיים במערכות חקלאיות

תעשיות ייצור, כמו חקלאות, ייעור, ודיג, מתבססות באופן ישיר על טווח רחב של שירותים שהמערכות האקולוגיות מספקות להם. מערכות אקולוגיות מספקות למערכות חקלאיות קרקעות בריאות; שירותי מחזור של חומרי הזנה; ושירותי פירוק חומרי פסולת (Daily, 1997). המגוון הביולוגי - הכולל את המגוון הגנטי, מגוון המינים, ומגוון התהליכים האקולוגיים, מתחזק את המערכות האקולוגיות, ותורם ליכולתן לספק שירותים תומכי חיים. כך למשל, מינים שונים מספקים לשטחים חקלאיים שירותי האבקה; הפצת זרעים; שליטה באוכלוסיות מזיקים; שירותי אחזקת קרקע (מניעת סחף); ושירותי פירוק ומחזור של חומרים אורגניים בקרקע. באופן כללי, מגוון ביולוגי גבוה משפר את היציבות ואת יכולת התגובה של המערכות האקולוגיות לשינויים סביבתיים. לכן, קידום מדיניות התומכת בשימור המגוון הביולוגי באזורים המשמשים לייצור חקלאי הוא בדרך כלל מהלך כדאי - הן מבחינת שמירת הטבע, והן מבחינה כלכלית לתעשיית הייצור החקלאי.

¹ תוכניות לעידוד מעבר לחקלאות ידידותית לסביבה - Agri-Environmental programs כדוגמה.

² אזורים ערכיים לשמירת טבע - כמו אתרי NATURA 2000, ואתרים שסומנו כ-High Nature Value Areas.

מונחים רבים הוצעו בספרות על-מנת לתאר טווח רחב של גישות אלטרנטיביות, סביבתיות, לחקלאות בת-קיימא³. הגישות הללו שונות זו מזו במידה שבה החזון שלהן מותאם לשמירה דווקא על המגוון הביולוגי המקומי, אולם כולן מצמצמות במידה זו או אחרת את ההשלכות ההרסניות של החקלאות על המערכות האקולוגיות.

כיום נדמה שהפערים בין הצורך לשמור על המגוון הביולוגי ועל תפקוד המערכות האקולוגיות, לבין הצורך לייצר מזון לאוכלוסיית העולם בלתי ניתנים לגישור. אולם, ניסיונות חדשניים במהלך שני העשורים האחרונים מראים שכאשר חקלאים משתכנעים שכדאי לאמץ אסטרטגיות חדשות לממשק חקלאי המבוסס על עקרונות אקולוגיים, צצות הזדמנויות מרתקות לרווחים הדדיים בין חקלאות לשמירת טבע.

1.4 חשיבות המגוון הביולוגי במערכות החקלאיות

למרות שהתפקיד הפונקציונאלי של מרבית המינים שתוארו במערכות אקולוגיות אינו ידוע, ישנה הסכמה בין מרבית האקולוגים שצמצום מגוון המינים משפיע לרעה על החיוניות ועל התפקוד של המערכות האקולוגיות. אין כיום ספק שתהליכי האינטנסיפיקציה של החקלאות, פוגעים באספקת שירותים אקולוגיים חיוניים למערכת החקלאית - כמו למשל, שירותי האבקה; הדברה ביולוגית; פירוק ומחזור של חומרים אורגניים בקרקע; ותמיכה בפוריות הקרקע ובגידולים החקלאיים (Daily 1997). אולם, המשמעות המלאה של המגוון הביולוגי עצמו לתפקוד של המערכות האקולוגיות עדיין לא ידועה (ראו תיבת מידע 1 - על הקשר בין המגוון הביולוגי לבין תפקוד המערכת האקולוגית).

בחקלאות המודרנית, הממשק החקלאי עושה שימוש מוגבל בשירותי המערכות האקולוגיות. במרבית המקרים, הממשק החקלאי מתרכז בתיפקוד של מינים ספורים בלבד מתוך מגוון המינים הפוטנציאלי המצוי במערכת האקולוגית. גישת "בעיה אחת - מין אחד" המאפיינת את השימוש שעושה החקלאות המודרנית במשאבי הטבע, מתאימה, במקרה הטוב, לפתרון בעיות ברמת השדה, כאשר המערכת פשוטה ותהליכי המפתח המתקיימים בה ידועים. אולם, הגישה הזו לממשק מערכות חקלאיות מוגבלת בכך שהיא מתעלמת מפוטנציאל השירותים האקולוגיים האחרים שמגוון מינים גבוה עשוי לספק למערכת החקלאית.

³ גישות שונות לחקלאות אקולוגית (Agro-ecology): למשל, "Eco-friendly agriculture"; "Sustainable agriculture"; "Permaculture"; "Organic agriculture"; "Conservation-based agriculture". ראו גם סקירה על חקלאות בת-קיימא, בסקוטלסקי, 2006.

להלן דוגמאות לבעייתיות של "גישת בעיה אחת - מין אחד" המאפיינת את הממשק החקלאי:

1. **האבקה:** בחקלאות המודרנית משמשות דבורי הדבש כמאביק כמעט בלעדי של מינים שונים של עצי פרי. אולם, מכיוון שבשנים האחרונות האבקות דבורי דבש בכל העולם נמצאת בסיכון מטפיל לא ידוע, מתבררת עתה חשיבותם של מגוון דבורי הבר עבור החקלאות. מסתבר, שאזורים כפריים שבהם מתקיים מגוון של דבורי-בר בכתמי צמחייה טבעיים בשולי השדות, נהנים משירותי האבקה טבעיים גם כאשר מתרחשת קריסה של דבורי הדבש.
 2. **פירוק חומרים אורגניים בקרקע:** ממחקרים עולה כי גם בשדות המעובדים בממשק חקלאי אינטנסיבי, רק כ- 50% מהחנקן שבו משתמשים הצמחים מקורו מהדשנים הסינטטיים החיצוניים למערכת החקלאית. שאר החנקן מגיע מפירוק טבעי של חומרים אורגניים בקרקע (Robertson & Swinton, 2005). יעילות תהליכי הפירוק והמיחזור של חומרים בקרקע תלוי לא רק בשלשולים, כפי שהחקלאים נוטים להניח, אלא במגוון קבוצות פונקציונאליות של יצורים מפרקים בקרקע.
 3. **הדברה ביולוגית:** שיטות להדברה ביולוגית המשמשות להתמודדות עם התפרצויות של מזיקים חקלאיים, מבוססות בדרך כלל, על מין אחד יעיל של טורף. אולם, במרבית המקרים, הדברה ביולוגית יעילה יותר כאשר היא אינה מתבססת על מין אחד בלבד, אלא כאשר מתקיים שיתוף פעולה בין מיני טורפים וטפילים שונים. יתרה מכך, מרבית המזיקים (הפוטנציאליים) במערכות חקלאיות אינם מדוכאים על-ידי חומרי הדברה אלא על-ידי מגוון של אויבים טבעיים המגיעים מחוץ למערכת החקלאית (Schmidt et al., 2003).
- ההשלכות של צמצום מגוון המינים על תפקוד המערכת האקולוגית לא נראות לעין באופן מיידי. אולם, מערכות אקולוגיות טבעיות שבהן הצטמצם המגוון הביולוגי באופן משמעותי מאבדות את יכולת התגובה שלהן לשינויים סביבתיים, ולכן נוטות להיות לא יציבות, ורגישות לשינויים והפרעות. באופן דומה, מערכות חקלאיות אינטנסיביות הן מערכות לא יציבות, הנשלטות על-ידי האדם, וחשופות להפרעות תדירות. לכן, במערכות של חקלאות-אקולוגית (Agro-ecology), ישנה חשיבות מרכזית לשימור מגוון ביולוגי מקסימאלי, שיאפשר למערכת להגיב בגמישות לשינויים בלתי צפויים (Tschardtke et al., 2005).

תיבת מידע 1

מה הקשר בין מגוון ביולוגי גבוה לבין אספקת שירותי מערכות אקולוגיות במערכות חקלאיות?

השאלה באיזה אופן המגוון הביולוגי במערכות אגרו-אקולוגיות תומך באספקת שירותי המערכת האקולוגית, נידונה במאמרם של Tschardt et al. (2005). החוקרים הצביעו במאמר על ארבעה מודלים המספקים עקרונות אפשריים להבנת הקשר המורכב בין מגוון המינים לבין תפקוד המערכת האקולוגית הטבעית או החקלאית:

השלמה בין מינים (Species complementarity): מינים שונים מוסיפים לתפקוד המערכת האקולוגית פעילויות ייחודיות המשלימות זו את זו, והמהוות חלק מתוך הגומחה האקולוגית השלמה. מינים שונים עשויים לחלק את המשאבים בניהם (resource partitioning), או ליצור יחסי גומלין חיוביים התומכים זה בזה, ותורמים במשותף לתפקוד האקולוגי של המערכת. חוקרים מונים דוגמאות מנטיעות משולבות (Intercropping) של מיני צומח שונים במערכות חקלאיות מסורתיות.

זהות המינים (Species identity): ישנם מינים שתרומתם לתפקוד המערכת האקולוגית גדולה יחסית למינים אחרים. מכיוון שאנו לא יודעים את מידת התרומה היחסית של מינים שונים לתפקוד המערכת כולה, שמירה על מגוון ביולוגי גבוה מעלה את הסיכויים שהמינים המרכזיים לתפקוד המערכת ישמרו.

מינים מיותרים או כפילות (Species redundancy): קיים קשר חיובי בין מגוון המינים לבין תפקוד המערכת האקולוגית רק עבור מספר מסוים של מינים. עם העלייה במגוון המינים, מגיעים לרמת ה"רוויה" של המגוון הדרוש לתפקוד המערכת האקולוגית, ושמירה על מינים נוספים מעבר לרמה הזו תורם תרומה שולית בלבד לתפקוד המערכת. למשל, קיימת כפילות בתפקוד של קבוצות פונקציונאליות של אורגניזמים מפרקים בקרקע. לכן, מחקרים רבים מראים שירידה במורכבות חברת המפרקים בקרקע לא מתבטא בהכרח בירידה בקצב פירוק החומרים האורגניים.

מערכות יחסים ייחודיות בין מינים (Idiosyncrasy): קיימים קשרים ייחודיים בין הפעילות של מינים שונים, התומכים בפעילות של מינים אחרים. למשל, פעילות של מושיות הטורפות כנימות בשדה, מפילה לקרקע כנימות, המהוות מזון עבור חיפושיות קרקע טורפות ומעודדות את כניסתן לשדה.

פרק 2: עקרונות מרחביים לשמירת טבע

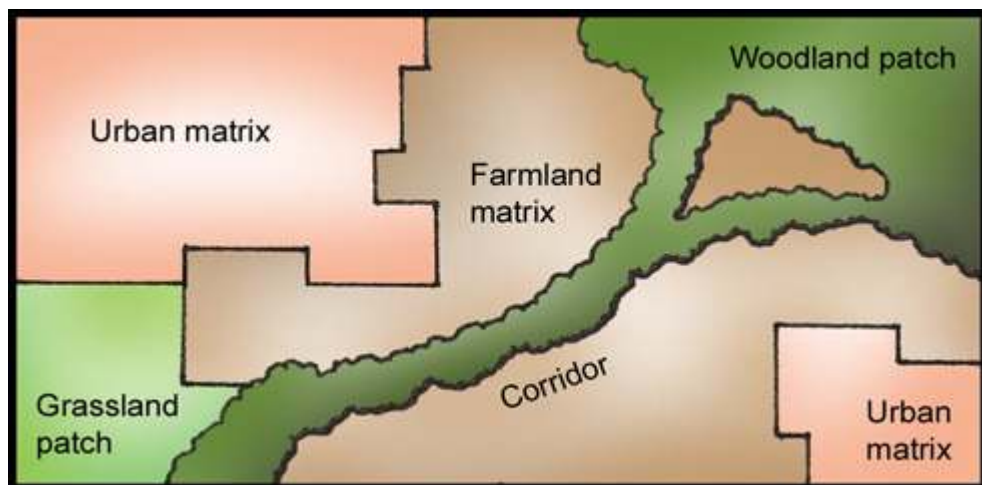
"Habitat fragmentation is the most serious threat to biological diversity, and is the primary cause of the present extinction crisis."

(Wilcox and Murphy, 1985)

2.1 כתמיות וקיטוע בנופים אנתרופוגניים

הדגם הנופי הנפוץ, בדרך כלל, בנופים המנוצלים על-ידי האדם, הוא פסיפס של כתמים טבעיים ששרדו בתוך תווך של שימושי קרקע אנתרופוגניים - חקלאיים, מיוערים, מתועשים, או מיושבים. איים אלה של בתי גידול טבעיים (habitat islands) סובלים מאבדן של המגוון הביולוגי המצוי בהם, ומתהליכי התדרדרות של החיוניות והיציבות של המערכת האקולוגית. **מחקרים אקולוגיים מראים שתהליכי קיטוע במערכות אקולוגיות מובילים לשינויים פיזיים בבתי גידול הטבעיים; לבידוד והכחדה של אוכלוסיות שרידיות קטנות; ולהשפעות הרסניות של התווך האנתרופוגני על המגוון הביולוגי בכתמים הטבעיים** (Saunders et al., 1991).

Janzen (1986), טען ששמורות טבע נמצאות תמיד תחת איומים מצד גורמים הרסניים - כמו חומרי הדברה, מינים פולשים, ואש, החודרים אליהן מהתווך האנתרופוגני הסובב אותן. Jansen קרא לתופעה זו "The eternal external threat", והראה שככל שהכתם השמור קטן יותר, אפקט השוליים חזק יותר, ואבדן המגוון הביולוגי בו עשוי להיות מהיר יותר.



כתמי יער טבעי, מסדרון אקולוגי, והתווך האנתרופוגני המקיף אותם (Bentrup, 2008)

2.2 מאפיינים אקולוגיים של התווך החקלאי

בנופים המושפעים מפעילות האדם, התווך (Matrix) בין כתמי בתי הגידול הטבעיים מתאפיין בבתי גידול וחברות אקולוגיות שנוצרו על-ידי פעילות אנושית או שהושפעו ממנה. התווך האנתרופוגני יכול לכלול שדות חקלאיים, אזורי יער שנשרפו או נכרתו, שדות בור עשבוניים המשמשים לרעיית חיות משק, או אזורים בנויים. בתי הגידול האנתרופוגניים בתווך יוצרים קיטוע של בתי הגידול הטבעיים ושל אוכלוסיות של מינים מקומיים. התווך האנתרופוגני מכיל חסמים שונים לתנועה של אורגניזמים במרחב – כמו, כבישים, גדרות, תעלות, מחצבות, שדות מעובדים, ויישובים. בנופים אנתרופוגניים (מקוטעים) רבים, ככל שהאינטנסיביות של הפיתוח ושל ניצול המשאבים הטבעיים עולה, הבידוד של אוכלוסיות עולה, מפני שמיינים רבים אינם מוכנים או אינם מסוגלים לנדוד מכתם טבעי אחד למשנהו.

התווך האנתרופוגני נוטה להיות מאד דינמי במרחב ובזמן. התווך החקלאי, למשל, מתאפיין בהפרעות ושינויים תדירים, החל משינויים פיזיים הנגרמים מפעילות האדם (כמו שריפות, טיפולים חקלאיים, הסתת ערוצי זרימה של מים, ובניה), ועד לשינויים הקשורים לתהליכי סוקצסיה של חברת הצומח בבתי גידול מופרים. באופן כללי, אורגניזמים החיים בכתמים הטבעיים המקוטעים מושפעים מהגודל ומהאיכות של התווך האנתרופוגני אליו הם חשופים.



קו המגע בין חקלאות לחורש טבעי בשפלת יהודה (צילום אורית סקוטלסקי)

2.3 המסגרת התיאורטית לתכנון מרחבי של מסדרונות אקולוגיים

החל מאמצע שנות השבעים של המאה ה-20, אקולוגים העוסקים בשמירת טבע הציעו להשתמש במסדרונות למעבר של חיות בר, ככלי לשימור המגוון הביולוגי בשמורות טבע. במהלך שנות השמונים והתשעים, התכנון המרחבי והיעילות של מסדרונות למעבר של מינים בין בתי גידול טבעיים היוו נושאים מרכזיים למחקר באקולוגיה של שמירת טבע. באותן שנים, העקרונות המרחביים שהוצעו לשימור המגוון הביולוגי בשמורות טבע גובשו על בסיס התיאוריה של **ביוגיאוגרפיה של איים**⁴. התיאוריה חוזה שקצב הכחדת המינים באיים קטנים ומבודדים (או בשמורות טבע קטנות המזכירות "איים" בנוף אנתרופוגני), יהיה גבוה יותר מקצב הכחדת המינים באיים גדולים הקרובים לבתי גידול שיכולים להוות מקור למהגרים. בהתאם למסקנות המחקר התיאורטי, אקולוגים של שמירת טבע הציעו לתכנן מסדרונות מעבר בין שמורות טבע, כדי להגביר את ההגירה של פרטים בין שמורות שונות, ולשמור על עושר מינים גבוה בבתי הגידול הטבעיים (Diamond, 1975, 1976; May, 1975).

העקרונות לתכנון מרחבי של שמורות טבע ומסדרונות, שפותחו באותן השנים, מתבססים במידה רבה על גישה לשמירת טבע המפרידה בין שמורות הטבע לבין שטחים הנמצאים בשימוש האדם. לפי הגישה הזו, שמורות טבע נתפסות "כאיים" המוקפים בתווך אנתרופוגני, המתפקד "כים" הומוגני, שאין לו משמעות לשימור המגוון הביולוגי המצוי בשמורות בטבע.

⁴ **ביוגיאוגרפיה של איים (Island Biogeography)**: תיאוריה המציעה מודל לפיו עושר ומגוון המינים שהתפתח באיים שונים במהלך הזמן קשור למאפיינים מרחביים כמו גודל האי; המרחק של האי מהיבשת (המבטא פוטנציאל לאכלוס מחדש); ואורך הזמן שעבר מאז ההתנתקות מהיבשת (MacArthur and Wilson, 1967).

העקרונות התיאורטיים תורגמו למסגרת יישומית לתכנון מרחבי של שמורות טבע, למשל:

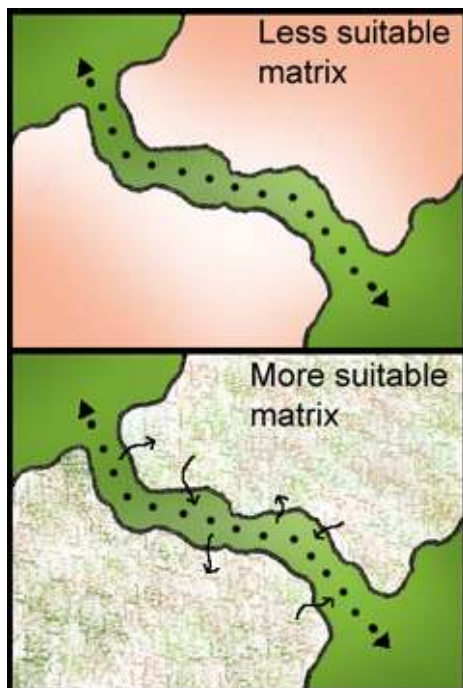
- ☒ **עקרון הגדלת הכתם השמור**: ככל ששטח שמורת הטבע (או הכתם השמור) גדול יותר, היא עשויה להכיל מגוון רחב יותר של בתי גידול ולתמוך במספר רב יותר של מינים. כמוכן, שמורות גדולות יכולות לתמוך במינים הזקוקים למרחבי מחייה גדולים.
- ☒ **עקרון שמירה על הטרוגניות במרחב ובזמן**: ככל שמספר בתי הגידול המיוצגים בשמורת הטבע מגוון יותר, השמורה תתמוך במגוון מינים גבוה יותר. כמוכן, יש לשמר את הדינמיות של תהליכי סוקצסיה והפרעות טבעיות בבתי הגידול בשמורה, גם על-ידי ממשק אקטיבי של הפרעות באמצעות רעיה, שריפות, ודילול צומח טבעי.
- ☒ **עקרון הגדלת היחס בין שטח הכתם להיקפו**: על-מנת לצמצם את האיומים מצד שימושי אנתרופוגניים הסובבים את הכתם השמור, מומלץ לתכנן את הכתמים השמורים באופן שיצמצם את קו המגע בין התווך האנתרופוגני לבתי גידול הטבעיים. ככל שהיחס בין גודל השטח להיקפו נמוך יותר, אז המרחק הממוצע בין מרכז הכתם לבין גבולותיו קטן יותר, והשפעת אפקט השוליים על נקודות במרכז הכתם גדלה.
- ☒ **שמירה על קישוריות (Connectivity) בתוך הכתם השמור**: בתוך השמורה יש לשמור על קישוריות מרבית בין כתמי בתי גידול דומים, כדי לאפשר תנועה של פרטים השייכים לאותה אוכלוסייה-על, ועל היכולת של אורגניזמים לעבור בין בתי גידול בהתאם לצרכיהם בשלבים שונים של מחזור החיים שלהם.

עם השנים, הצטברו מחקרים אמפיריים שהראו שבניגוד לתחזיות המודלים התיאורטיים, שמורות טבע בנופים חקלאיים אינן מתנהגות "כאיים" המוקפים בתווך מימי הומוגני חסר משמעות אקולוגית. הסתבר שלמבנה ולמאפיינים של התווך האנתרופוגני המקיף את שמורות הטבע יש השלכות על הרכב המינים המאכלסים את שמורות, ועל הרכב המינים המהגרים משמורה לשמורה. כמוכן, התגלה שהתווך החקלאי המקיף את שמורות הטבע מהווה מקור למינים זרים ולמזהמים, החודרים לבתי הגידול הטבעיים ומדרדרים את המגוון הביולוגי המקומי.

2.4 "איים יבשתיים" בתווך חקלאי

בשנים האחרונות מתקיימים יותר מחקרים המתמקדים בפוטנציאל לשימור המגוון הביולוגי בנופים החקלאיים. המחקרים האלה, המדגישים את יחסי הגומלין המרחביים בין שימושי קרקע שונים בנוף, נשענים על רקע תיאורטי שפותח בתת-דסיפלינה של **האקולוגיה של הנוף (Landscape Ecology)**. מרבית המחקר באקולוגיה של הנוף עוסק ביחסי הגומלין בין כתמים טבעיים שמורים, מסדרונות טבעיים (או משוקמים) המחברים בניהם, והתווך החקלאי והמיושב המקיף אותם ("Patch-Corridor-Matrix paradigm").

מחקרים באקולוגיה של הנוף עוסקים, למשל, במידת הקישוריות (Connectivity) שמאפשרים המסדרונות הטבעיים והחקלאיים בין כתמי בתי גידול טבעיים ששרדו בנוף; בהשפעות של שימושי קרקע שונים על דינאמיקה של אוכלוסיות של מיני מטרה; בהשפעות של אפקט השוליים על מגוון המינים בכתמים הטבעיים; בהשפעות של התווך האנתרופוגני על פלישה של מינים זרים לכתמים הטבעיים; ובהתפשטות של מזיקי חקלאות מהכתמים טבעיים אל השטחים המעובדים.



השלכות של קיטוע הרצף בבתי גידול יבשתיים קשורות לא רק לגודל הכתמים ששרדו ולמרחק בניהם, אלא גם להבדלים המבניים בין בתי הגידול הטבעיים לבין שימושי הקרקע האנתרופוגניים המקיפים אותם.

מסתבר, שככל שהנוף המקיף את כתמי בתי הגידול הטבעיים שונה במבנהו מהטבע המקומי, הבידוד התפקודי של הכתמים הטבעיים גדול יותר, ואפקט הקיטוע חזק יותר.

יתרה מכך, ככל שההבדלים המבניים בין בתי הגידול הטבעיים לבין בתי הגידול האנתרופוגניים גדולים יותר, אפקט השוליים על המגוון הביולוגי בכתמים הטבעיים יהיה אינטנסיבי יותר.

כך למשל, התדירות של הרס קינים וטרופת גוזלים בכתמי יער הסמוכים לאזורים מיושבים, גבוהה יותר מאשר בכתמי יער הגובלים בשטחים חקלאיים. זאת מכיוון שטורפים קטנים (כמו חתולים, שועלים, דביבונים) נוטים לחיות בצפיפויות גבוהות יותר בשולי אזורים מיושבים ומזבלות, מאשר בשדות מעובדים (Stephens et al., 2003).

חלק מתוכניות המחקר עוסקות ביכולתו של התווך החקלאי לשמש כבית גידול למינים מקומיים. שדות חקלאיים מסוימים יכולים לשמש כבית גידול חלופי עבור חלק מהמינים המאכלסים את כתמי הגלעין, או לאפשר מעבר והפצה בין כתמים טבעיים. צמחים, למשל, נוטים להגיב יותר לגרדיינטים של תנאים א-ביוטיים בנוף, מאשר לכתמיות. לכן, צמחים עשויים למצוא אתרים מתאימים להתאקלמות וצמיחה גם בין ובתוך השדות המעובדים ולא רק בכתמים הטבעיים השמורים (Murphy and Lovett-Doust, 2004). עם זאת, אוכלוסיות מקור של מינים רבים עשויות להיות תלויות בכתמים גדולים ויציבים של בתי גידול טבעיים, לכן חשוב לשמור על כתמים טבעיים גדולים ככל הניתן.

תיבת מידע 2

מה מאפיין מינים הרגישים לקיטוע של בתי גידול?

- **בעלי חיים הנעים על פני מרחקים גדולים:** בעלי חיים גדולים, הנוטים לחפש מזון או לנדוד על פני מרחקים ארוכים, חודרים לתווך האנתרופוגני ועלולים להיפגע ממפגעים שונים הקשורים לפעילות האדם – כמו ציד, דריסות, גדרות, פעילות חקלאית, או תשתיות.
- **מינים בעלי יכולת תפוצה מוגבלת:** מינים ישיבים, שאינם נוטים לנדוד למרחקים גדולים, עשויים להירתע ממעבר מהכתמים הטבעיים לתוך התווך האנתרופוגני, ולהיעצר על-ידי מחסומים שנדמים לא משמעותיים בנוף - כמו כבישים ודרכים חקלאיות; שדות חקלאיים; או קרחות יער ופסי אש.
- **מינים בעלי צרכים מיוחדים (או נישה אקולוגית צרה):** מינים בעלי צרכי בית גידול ייחודיים נוטים להיות רגישים להכחדה, במיוחד כאשר זמינות המשאבים אינה ניתנת לחיזוי בזמן או במרחב. תהליכי קיטוע של בתי גידול מסכנים את שרידות של המינים האלה בשתי דרכים: על-ידי צמצום מספר האתרים המכילים את המשאבים הדרושים לקיומו של המין; ועל ידי בידוד האתרים המתאימים ויצירת קושי באיתור האתרים ובהגעה אליהם.
- **מינים הנוטים לחיות בכתמים טבעיים גדולים ויציבים:** מינים הנוטים להיות רגישים לאפקט השוליים (הפרעות) ולחוסר היציבות של המערכת האקולוגית, נוטים להופיע רק בליבם של כתמים גדולים של בתי גידול טבעיים, ונעלמים מכתמים טבעיים שרידיים בתווך האנתרופוגני.
- **מינים בעלי כושר רבייה נמוך:** מינים בעלי כושר רבייה נמוך מתקשים לבנות מחדש את אוכלוסיותיהם לאחר פגיעה בגודל האוכלוסיות, ולכן נוטים להיפגע מתהליכי קיטוע של מערכות אקולוגיות טבעיות.
- **מינים הסובלים מניצול יתר או איסוף של בני אדם:** מינים הנאספים על-ידי בני אדם כמשאבים (ציד, מזון, פרוות, חיות מחמד) או נפגעים מהרג מכוון (כמו נחשים), נוטים לסבול מקיטוע רצף מערכות טבעיות.

פרק 3: מסדרונות אקולוגיים ככלי לשמירת טבע

מסדרון אקולוגי (Ecological Corridor) הוא מרחב, בדרך כלל לינארי בצורתו, השונה במבנהו מפסיפס שימושי הקרקע (התווד) שבתוכו הוא ממוקם.

3.1 מה בין "שדרות ירוקות" לבין "מסדרונות אקולוגיים"?

בספרות האקולוגית ניתן למצוא סדרה מרשימה של מונחים המתייחסים למסדרונות מרחביים שתפקידם המרכזי שימור טבע⁵ (Hess & Fischer, 2001). כדי למנוע בלבול, החלטתי לכלול את כל המונחים הלועזיים תחת שם אחד – **"מסדרון אקולוגי"**. מכיוון שסקירת הספרות הזו מתמקדת בעיקר בעקרונות לתכנון וניהול מסדרונות אקולוגיים באזורים חקלאיים, המושג **"מסדרון חקלאי"** מתאר מסדרון אקולוגי באזור כפרי או חקלאי.

Hess & Fischer (2001), זיהו בלבול הקיים בשימוש במונח "מסדרון" בהקשרים סביבתיים ותכנוניים שונים. החוקרים הצביעו על כך שהמונח "מסדרון" משמש לתיאור היבטים מבניים, והיבטים תפקודיים של אלמנטים לינאריים בנוף, ושהמינוחים הרופפים מובילים לבלבול בדבר המטרות והתפקידים של מסדרונות. הן התכנון המרחבי, והן הממשק של מסדרונות, תלויים בהגדרה ברורה ובהירה של המטרות והתפקידים שהמסדרון אמור למלא. **ההמלצה המרכזית העולה ממאמר הסקירה של Hess and Fisher, היא שעל-מנת למנוע חילוקי דעות בין אקולוגים של שמירת טבע לבין מתכנני נוף, יש להקפיד להגדיר באופן מדויק את כל התפקידים האקולוגיים והחברתיים שהמסדרון מיועד לספק, לקראת תהליך תכנון של מרחב המסדרון ושל עקרונות הממשק שלו.**

⁵ מונחים המשמשים לתיאור מסדרונות אקולוגיים: Dispersal corridor ;Habitat corridor ;Conservation corridor ;Riparian corridor ;Wildlife corridor ;Ecological corridor.

הדגשת ההבדל בין "מסדרונות אקולוגיים" לבין "שדרות ירוקות"

חשוב להדגיש כי בספרות העוסקת במסדרונות באזורים מיושבים או בשדרות ירוקות (Greenways), המונח "מסדרון" מתייחס לשורה של תפקידים חברתיים שאינם קשורים, בהכרח, לשמירת טבע. שדרות ירוקות מיועדות, בדרך כלל, לשמש כחיץ סביב אזורים מיושבים בכדי למנוע פרוור או כדי להפריד בין רשויות מוניציפאליות; הן מתוכננות כאזורי נופש ופנאי; וכן מאפשרות שימור נופי תרבות וחיזוק קשרים קהילתיים. ישנן שדרות ירוקות המתוכננות לאורך תוואי של נחל או נהר (Riparian corridor). במקרים כאלה אחד מתפקידי השדרה הירוקה הוא ליצור חיץ (buffer) המגן על מקווי המים מפני זיהומים המתנקזים אליו מהתווך החקלאי המקיף אותו.

אני מציעה לערוך הפרדה בין סוגי מסדרונות שונים, ולהבדיל בין "שדרות ירוקות", לבין "מסדרונות אקולוגיים" (או מסדרונות לשימור מגוון ביולוגי). "שדרות ירוקות" יוגדרו כמסדרונות שנועדו לספק אזורי חיץ ירוקים סביב ישובים, לקליטת מזהמים, למטרות נופש ופנאי, ולחיזוק קשרים קהילתיים. מסדרונות המיועדים להוות שדרות ירוקות יתוכננו בהתאם לקריטריונים נופיים ותרבותיים. "מסדרונות אקולוגיים", לעומת זאת, יוגדרו כמסדרונות שנשמרים ומנוהלים במטרה לתמוך בשימור המגוון הביולוגי ובשימור שירותי המערכת האקולוגית. **על-מנת שמסדרונות אקולוגיים יתמכו בשימור חיות בר ובבתי גידול חיוניים, הם חייבים להיות מתוכננים בהתאם לקריטריונים ועקרונות אקולוגיים, ותוך שילוב אקולוגיים בתהליך התכנון.**

בתוכניות של שדרות ירוקות, נושא שמירת הטבע מוזכר, בדרך כלל, כאחד מהתפקידים המרכזיים של המסדרון הירוק המתוכנן. אולם, למרות ששדרות ירוקות המנוהלות באזורים מיושבים מאופיינות ברצף של שטחים פתוחים, ונדמות כמסדרונות פונקציונאליים, הן בדרך כלל צרות, ועשירות במינים זרים (אקזוטיים), ולכן אינן מהוות בית גידול התומך בתנועה או בהתבססות של צמחים וחיות בר מקומיות (Simberloff et al., 1992).

תכנון מסדרונות ירוקים – המלצות כלליות להגדרת מטרות המסדרון המתוכנן

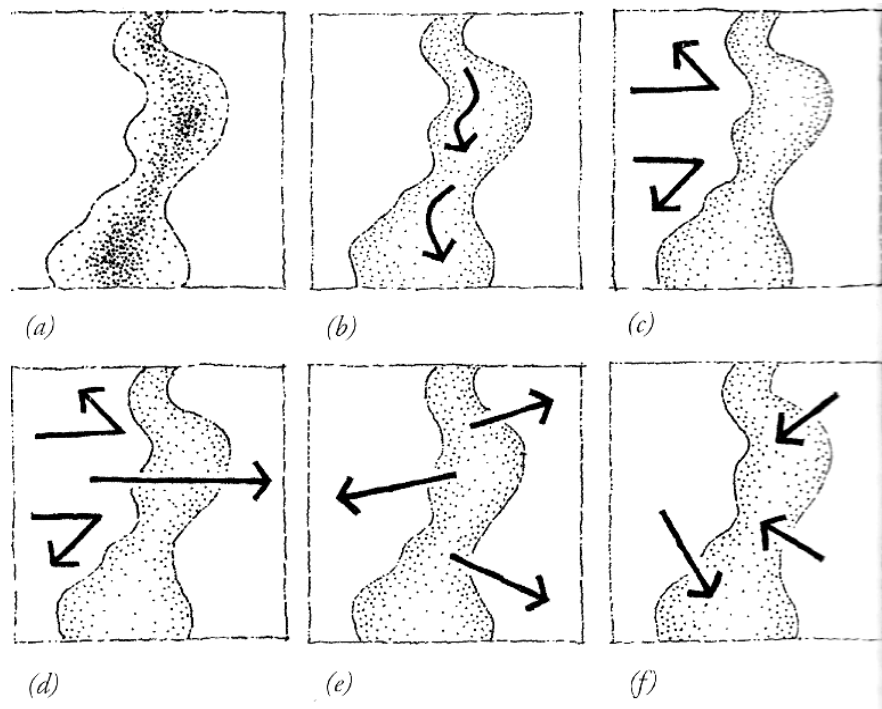
- חשוב להגדיר באופן מדויק את התפקידים האקולוגיים והחברתיים שהמסדרון הירוק מיועד לספק – לפני תחילת התכנון, ובמהלך תהליך התכנון.
- מומלץ להבדיל בין שדרות ירוקות המיועדות לספק שירותים סביבתיים וקהילתיים בעיקר לאזורים מיושבים, לבין מסדרונות אקולוגיים המיועדים לתמוך בשימור המגוון הביולוגי ובתפקוד המערכות האקולוגיות.
- מסדרון אקולוגי שאינו מתוכנן ומנוהל על-פי עקרונות אקולוגיים, ככל הנראה לא יתאים למילוי התפקידים האקולוגיים המיועדים לו.

3.2 התפקוד הפונקציונאלי של מסדרונות אקולוגיים

מרבית המחקרים האקולוגיים מתייחסים לשתי פונקציות מרכזיות של מסדרונות אקולוגיים: **מסדרונות מעבר** (Conduit or Dispersal corridors), ו**מסדרונות בית גידול** (Habitat corridors).

תפקידם המרכזי של **מסדרונות מעבר**, הוא לאפשר תפוצה או תנועה של אורגניזמים המשתמשים במסדרון כציר לתנועה בין מקום אחד למשנהו. בעלי חיים עשויים להשתמש במסדרונות לצרכים שונים - למשל לצורך נדידה עונתית, חיפוש מזון, הפצה, או חיפוש בני זוג ורבייה. **מסדרונות בית גידול** הם אזורים שבהם קיים שילוב משאבים הדרוש לשרידה ורבייה של המין, ואשר יכולים לתמוך בכל שלבי מחזור החיים שלו.

אולם, מסדרונות יכולים לתפקד גם **כחסמים** (Barriers) למינים מסוימים שאינם חודרים או חוצים אותם; **כמסננים** (Filters) למינים או לחומרים במערכת האקולוגית; **להוות מקור** (Source) למינים המתרבים בו ונפוצים לתוך המקיף אותו; או לתפקד **כמלכודת אקולוגית או אזור מבלע** (Sink) למינים החודרים לתוכו ונפגעים (איור 2).



איור 2: תפקידים של מסדרונות אקולוגיים: (a) בית גידול; (b) מעבר; (c) חסם; (d) מסנן; (e) מקור; (f) מלכודת אקולוגית או מבלע. (Hellmund & Smith, 2006).

3.3 תכנון מסדרונות לתהליכים אקולוגיים ארוכי טווח

ישנם מסדרונות בסדרי גודל אזוריים או לאומיים, המתוכננים לטווחי זמן ארוכים (עשרות או מאות שנים), והמיועדים לתמוך בתהליכים אקולוגיים ואבולוציוניים ארוכי טווח - כמו הפצה של מינים הנעים לאט; זרימת גנים; ושינויים בתחומי תפוצה כתגובה לשינויי אקלים. מסדרונות אזוריים כאלה צריכים להיות רחבים במיוחד.

חשוב להדגיש, כי במדינות צפופות כמו ישראל, מסדרונות לאומיים המיועדים לתמוך בתהליכים ארוכי טווח, לא יכולים להיות מבוססים רק על כתמי צמחייה טבעית בנוף, ואין ברירה אלא לכלול בהם גם את השטחים החקלאיים כחלק אינטגרלי מהמסדרון (שקדי ושדות, 2000).

תכנון מסדרונות רחבים באזורים חקלאיים מצריך פיתוח אסטרטגיה משולבת לשימור מגוון ביולוגי בנוף החקלאי. תכנון וניהול מסדרונות אקולוגיים בנופים חקלאיים חייב לשלב שימור כתמי צמחייה טבעית עם ממשק אקולוגי של אזורי חיץ בין השדות ובשוליהם, ועם שינוי הממשק החקלאי בשדות המעובדים עצמם.

פרק 4: ההקשר הנופי של שימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים

"As the theory states and the empirical work confirms, regional extinctions will occur if there is no interfragment migration to balance the inevitable local extinctions.

A focus on the matrix, through which these migrations must occur, is thus required if we are serious about solving the extinction crisis, and that matrix is usually an agro-ecosystem of some sort.

(Vandermeer and Perfecto, 2007)

באופן כללי, כל האסטרטגיות העולות מהספרות המדעית לשימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים, מציבות עקרון מנחה מרכזי: **הגדלת המורכבות המבנית של הנוף החקלאי**. הטענה היא שככל שהנוף החקלאי הטרוגני יותר, הוא עשוי לתמוך במגוון ביולוגי גבוה יותר (Fischer et al., 2006, 2008; Kareiva et al., 2007; Norris, 2008).

ישנן מספר הנחיות כלליות לתכנון נוף חקלאי התומך בשימור מגוון ביולוגי:

- לקבץ אזורי פיתוח, ולהגן על **רצפים של שטחים פתוחים** – טבעיים או מעובדים;
- לשמור על **כתמי צמחייה טבעיים**, ולמזער את ההפרעות בהם;
- **לצמצם חדירה והתפשטות** של צמחים לא-מקומיים;
- לתכנן ממשק משמר **בשולי השדות** החקלאיים (בהתאם למטרות חקלאיות ואקולוגיות);
- לנהל את **הממשק החקלאי בתוך השדות** (פילוח הקרקע, קציר, ריסוסים) באופן שממזער את ההשפעות השליליות שלהן על המגוון הביולוגי ועל היציבות של המערכת האגרו-אקולוגית.

4.1 הקשר בין מורכבות הנוף לבין תגובת המערכת האקולוגית לשינוי במדיניות החקלאית

Tscharntke et al. (2005), העלו את השאלה, מה האסטרטגיה האפקטיבית ביותר להגדלת המגוון הביולוגי באזורים כפריים? האם להעדיף מדיניות המכוונת לשינוי הממשק החקלאי בשדה (רמת השדה), או מדיניות המכוונת לשינוי הנוף החקלאי (רמז הנוף החקלאי)?

החוקרים בחנו את מידת ההצלחה של תוכניות Agri-environmental schemes⁶ שונות, שמטרתן הייתה הגדלת המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים שונים. מסקירתם עולה כי ככל שהנוף החקלאי אינטנסיבי והומוגני יותר, שינויים בממשק החקלאי ברמת השדה הם פחות יעילים להגברת המגוון הביולוגי. הסיבה לכך היא שאוכלוסיות המקור (source pool) באזורים הטבעיים המקיפים את השדות נוטות להיות מדולדלות מאד, ואינן יכולות להוות מקור להגירה של פרטים לתוך השדות החקלאיים. בנופים חקלאיים "פשוטים" או "מרוקנים" כאלה, שינויים ברמת הנוף – כמו שיקום ושימור של כתמים אורכיים של צמחייה טבעית ששרדו בין השדות, הם כלי ממשק חיוניים לשיקום המגוון הביולוגי ולשיפור שירותי המערכת האקולוגית.

לעומת זאת, בנופים חקלאיים מעורבים, שבהם קיים עדיין פסיפס של כתמי צמחייה טבעית לצד השדות החקלאיים, שינויים ברמת הממשק החקלאי בשדה עשויים להיות יעילים ביותר להגדלת המגוון החקלאי בשדות החקלאיים ובנוף כולו. בנופים חקלאיים האלה מצוי עדיין מגוון ביולוגי רב בכתמי הצמחייה הטבעית בין השדות, ומינים החיים בכתמי הצמחייה הטבעית עשויים להגר משולי השדה אל האזורים המעובדים.

⁶ תוכניות Agri-environment: תמריצים כלכליים הניתנים לחקלאים במדינות האיחוד האירופי, תמורת שינוי הממשק החקלאי (ברמת השדות, וברמת הנוף החקלאי). מטרת התוכניות היא לצמצם את המחירים הסביבתיים של החקלאות, ולעודד שימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים (ראו סקירה – סקוטלסקי, 2006).

4.2 עקרונות להתחשבות ברמת המורכבות של הנוף החקלאי

בהמשך לתוצאות המחקר, הדגישו החוקרים שתהליך התכנון של מדיניות לשימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים, חייב להתייחס לרמת המורכבות של הנוף החקלאי בכל אזור.

החוקרים הציעו להתייחס באופן שונה לשלושה סוגים של נוף חקלאי (ראו איור 3):

☒ **נופים חקלאיים "מרוקנים" (Cleared landscapes):** נופים חקלאיים אינטנסיביים ביותר, שבהם הנוף כולו מעובד, ונותרו פחות מ- 1% של כתמים או רצועות לא מעובדות של צמחיה טבעית (מגוון מינימלי).

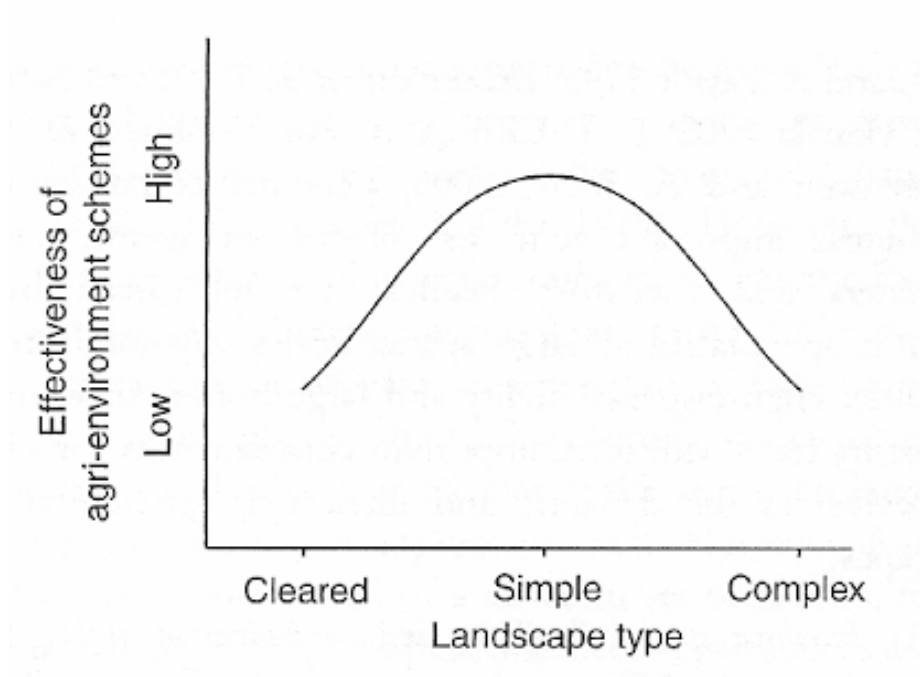
☒ **נופים חקלאיים "פשוטים" (Simple landscapes):** נופים חקלאיים אינטנסיביים, שבהם נותרו בין 1% ל- 20% כתמים לא מעובדים או רצועות של צמחיה טבעית (מגוון בינוני).

☒ **נופים חקלאיים "מורכבים" (Complex landscapes):** נופים חקלאיים המורכבים מפסיפס מגוון של שטחים טבעיים ושטחים מעובדים, שבהם למעלה מ- 20% מהנוף אינו מעובד (מגוון גבוה).

בנופים חקלאיים "מרוקנים", מאגר המינים המצוי בנוף החקלאי מדולדל ביותר, ולכן, תוכניות לשימור המגוון הביולוגי באמצעות שינוי הממשק החקלאי בשדה בלבד, בדרך כלל לא יצליחו להגדיל את המגוון הביולוגי בשדות. בנופים חקלאיים כאלה מומלץ להעדיף תוכניות להגדלת המגוון הביולוגי ברמת הנוף, באמצעות שיקום ושימור של כתמים ורצועות של צמחיה טבעית בין השדות ובשוליהן, והגדלת המורכבות הנופית.

בנופים חקלאיים "פשוטים", עדיין קיימים בין השדות ובשוליהם בתי גידול טבעיים, התומכים במגוון ביולוגי. בנופים אלה שינויים בממשק החקלאי בשדות עשויים להיות אפקטיביים ביותר לשימור והגברה של המגוון הביולוגי, ולעידוד אספקת שירותים אקולוגיים. כתמים ורצועות של צמחיה טבעית בין השדות החקלאיים מספקים בית גידול למגוון מינים (של אויבים טבעיים, מאביקים, מפרקים, וגם אוכלי עשב ומזיקים) המהגרים בקלות יחסית לתוך השדות, ועשויים לספק שירותים אקולוגיים חיוניים.

בנופים חקלאיים "מורכבים", קיים מאגר מינים גדול בכתמים הטבעיים הגובלים בשדות ומקיפים אותם. אוכלוסיות אלה משמשות באופן קבוע כמקור לאכלוס מחדש של הכתמים החקלאיים. לכן, תוכניות להגדלת המגוון הביולוגי באמצעות שינויים בממשק החקלאי, לא יובילו לשינויים משמעותיים במגוון הביולוגי בכתמים המעובדים.



איור 3: נופים חקלאיים "פשוטים", "מרוקנים", "ומורכבים" (Tschardtke, 2005)
נופים חקלאיים "פשוטים", (שבהם בין 1 ל-20% מהנוף לא מעובד), הם הנופים שבהם שינויים בממשק החקלאי בשדות יניבו תוצאות משמעותיות בהגדלת המגוון הביולוגי בנוף החקלאי, מכיוון שבאזורים האלה קיים מאגר מינים פוטנציאלי בכתמים טבעיים ששרדו בנוף, ומינים אלה יכולים לחדור לשדה החקלאי במידה והממשק החקלאי יאפשר זאת.
 לעומת זאת, **בנופים חקלאיים "מרוקנים"** (שבהם פחות מ-1% מהנוף לא מעובד), שינוי הממשק החקלאי בשדה לא יוביל להגדלת המגוון הביולוגי מפני שמאגר המינים בנוף מדולדל ביותר. לכן, באזורים האלה יש להשקיע בתוכניות להגדלת המורכבות של הנוף החקלאי.
בנופים החקלאיים "המורכבים", (שבהם יותר מ-20% מהנוף לא מעובד), המגוון הביולוגי המצוי בפסיפס שימושי בקרקע הטבעי והחקלאי גבוה. לכן, השקעה בתוכניות לשינוי הממשק החקלאי בשדות, אינה מתבטאת בעליה משמעותית במגוון הביולוגי (מתוך Tschardtke et al., 2005).

4.3 מקרי בוחן – הצלחתן של תוכניות לשימור מגוון ביולוגי בנופים חקלאיים שונים

- יצירת רצועות של שוליים עשבוניים לא חרושים לצד שדות אינטנסיביים לגידול לפתית לשמן קנולה (Oilseed rape), מאפשר לטפיל של חיפושית מזיקה לעבור את החורף באדמה לצד השדות. עם הופעת החיפושיות בשדות הגידול, מתחילה הגירה של טפילים מאוכלוסיות המקור בשולי השדות, אל תוך השדות החקלאיים. אולם, מדיניות לעידוד הוספת שוליים עשבוניים לשדות, תרמה לעלייה משמעותית בצפיפות האויבים הטבעיים בשדות רק בנופים חקלאיים "פשוטים" או "מרוקנים". בנופים חקלאיים "מורכבים", שבהם שרדו כתמי צומח טבעי בין השדות, רמת האויבים הטבעיים גבוהה בשדות - עם או בלי הוספת שוליים עשבוניים (Tschardtke et al., 2002; Schmidt et al., 2004).

2. בחוות מבודדות, מאגר המינים הקיים בנוף החקלאי יכול להיות חשוב יותר למגוון הביולוגי מאשר ההבדלים בין ממשק חקלאי אורגני לממשק קונוונציונלי. כך למשל נמצא שמגוון מיני העכבישים המצוי באזורים חקלאיים שונים בצרפת, גבוה יותר ככל שהנוף החקלאי מורכב יותר. אולם, בנופים חקלאיים פשוטים, הסבה של חוות בודדות מממשק חקלאי קונוונציונלי לממשק אורגני לא העלתה את מגוון מיני העכבישים בשדות (Schmidt et al., 2005).

פרק 5: חשיבות וממשק של כתמי צמחייה אורכיים בין השדות ובשוליהם

5.1 חשיבותם של משוכות השיחים בנוף החקלאי

באופן כללי, בנופים חקלאיים מסורתיים באזורים רבים בעולם, כתמי צמחייה אורכיים, כמו משוכות שיחים או רצועות צמחיה קבועות שניטעו או נשמרו בין שדות חקלאיים, סיפקו יתרונות סביבתיים רבים למערכת החקלאית. היסטורית, מרבית משוכות השיחים באזורים הכפריים נטעו במטרה להגדיר את הגבולות של יחידות חקלאיות. אולם, רצועות שיחים או עצים בין יחידות חקלאיות מילאו תפקידים נוספים, כמו שיפור התנאים האקלימיים בשדות על-ידי עצירת רוחות או שלגים בחורף, הצללה וקירור המרחב בקיץ; מניעת חדירה של עדרים לשדות מעובדים; שמירה על הקרקע מפני סחיפה על-ידי מים ורוח; וצמצום דליפה של חנקות וחומרי הדברה מהשדות החקלאיים אל בתי גידול סמוכים.

במרכז אירופה, המונח "Hedgerows" (שתורגם במסמך הזה "כמשוכות שיחים"), מתייחס לגבולות שדות המורכבים מצמחייה שיחנית נטועה בצפיפות. לכן, משוכות השיחים בנויות ככתמי צמחיה אורכיים, ומתוארות: "כקו או רצועה צרה של שיחים הנטועים זה לצד זה, שנשמרו או המנוהלים במטרה ליצור חיץ או גבול חוצץ המשכי בנוף" (Clements and Tofts, 1992). עם האינטנסיפיקציה של החקלאות באירופה, למעלה מ-50% ממשוכות השיחים החוצצות האלה נעלמו מהנופים הכפריים (Clements and Tofts, 1992).

Robinson & Sutherland (2002), למשל, כימתו את השינויים שעברו על החקלאות ועל המגוון הביולוגי באנגליה, מתקופת מלחמת העולם השנייה, ועד תחילת המאה ה-21. הם הראו שתהליכי האינטנסיפיקציה של החקלאות באנגליה, שהובילו לצמיחה עצומה (פי ארבע) בכמות התוצרת החקלאית השנתית, גרמו לירידה של 65% במספר החוות החקלאיות. האינטנסיפיקציה של הממשק החקלאי הובילה לשינויים נרחבים בנוף החקלאי. הגדלת יחידות הייצור החקלאי התבטאה בהגדלה של שטח השדות החקלאיים, שהוביל להסרה של משוכות שיחים (Hedgerows), להעלמות של כתמים מיוערים (Woodlots), ולהרחבת השדות על חשבון אזורים של אחו עשבוני טבעי (Natural meadows). ההתפתחות הזו אחראית להצטמצמות משמעותית במורכבות המבנית של בתי הגידול בנופים הכפריים, ולצמצום ניכר במגוון הביולוגי - ובעיקר בתפוצה של קבוצות אורגניזמים הידועים כספציפיים לבתי גידול מסוימים.

חשיבותם של כתמי הצמחייה האורכיים לשמירת המגוון הביולוגי באזורים כפריים נחקרה רבות באירופה (למשל, Hinsley and Bellamy, 2000 על ציפורים; Haddad et al, 2003 על טקסונים שונים; Tattersall et al, 2002 על יונקים קטנים; Millan de la Pena et al, 2003 על חיפושיות קרקע). מהמחקרים עולה שמינים רבים של חיות בר, האופייניים לאזורים הכפריים באירופה, מוגבלים כיום לבתי הגידול הצרים שנותרו בשולי השדות החקלאיים. כך למשל, נמצא שיונקים קטנים

(מכרסמים וחדפים) אינם חיים בשדות המרעה האינטנסיבי (pastoral fields) הנפוצים באירופה, ולכן בית גידולם של מינים רבים מוגבל לכתמי היערות ששרדו בנוף, ולמשוכות השיחים בין שדות המרעה (Hinsley and Bellamy, 2000).

עם זאת, ידוע שמשוכות השיחים מהוות בית גידול נחות בהשוואה לכתמים המיוערים. לכן נשאלת השאלה, באיזו מידה משוכות השיחים בשולי השדות אכן תורמות לשרידות ולרבייה של אוכלוסיות יונקים קטנים המאכלסים אותם, והאם בתי הגידול הצרים והמופרים האלה אינם מהווים מלכודות אקולוגיות עבור חלק מהמינים.

5.2 כתמי צמחייה אורכיים בנוף החקלאי בישראל

בנופי חקלאות מסורתיים באזורים ים-תיכוניים יובשניים נטיעת וטיפוח של משוכות שיחים לא הייתה נפוצה כמו באזורי האקלים הממוזג. ההפרדה בין יחידות חקלאיות נעשתה באמצעות גודדות של אבני סיקול, גדרות אבן, ומשוכות צבר. עם זאת, ניתן להצביע על מספר סוגים של כתמי צמחייה, או בתי גידול אורכיים, היכולים להוות בסיס לתכנון מסדרונות אקולוגיים בנוף החקלאי. באזורים שבהם נשמר התוואי של החקלאות המסורתית, האקסטנסיבית, ניתן לראות שרידים של גדרות המורכבות מסלעים ואבנים שסוקלו מהשדות, לעיתים גדרות האבן מלוות במשוכות שיחי צבר שנטעו לאורך גבול השדה. נופים של חקלאות מתועשת נעלמות גדרות האבן ומשוכות השיחים. נופי חקלאות אינטנסיבית מאופיינים בכתמי צמחייה טבעית בעיקר לאורך ערוצי הנחלים, לצדי תעלות הניקוז, ובשולי הדרכים החקלאיות. לעיתים קיימים בשולי השדות גודדות סלעים אבנים שסוקלו מהשדות המעובדים. אזורי בור נטושים נפוצים בין השדות ולאורך דרכים חקלאיות. באזורים רבים מתקיימת רעיית בקר או צאן לאורך הנחלים ובשדות הבור ששרדו בין השדות. לעיתים ניטעים עצים לאורך ערוצי הנחלים. ניתן למצוא כתמים אורכיים של צמחייה טבעית גם לאורך הדרכים החקלאיות.⁷

למרות שמשוכות השיחים הנטועות של מרכז אירופה, אינן מתאימות במדויק למודל החקלאי המאפיין את הנופים הים-תיכוניים היובשניים בישראל, עדיין ישנם עקרונות אקולוגיים שעולים מהמחקרים באירופה, שעשויים להיות רלוונטיים גם לממשק של כתמי צמחייה אורכיים בעלי פוטנציאל לתפקד כמסדרונות אקולוגיים בנופים חקלאיים בישראל.

⁷ **Roadside hedge**: משוכות שיחים הנטועות לאורך כבישים או דרכים חקלאיות.

הפן הישראלי 1

תעלות ניקוז כגורם רב-מערכתי: ממשק אגרו-אקולוגי של תעלות הניקוז בעמק החולה
מתוך: שביט וחובי, 2006.

תעלות הניקוז בעמק החולה אמורות לספק לשדות החקלאיים בעמק הגנה משיטפונות. בו בזמן, תעלות אלה ייצרו בתי גידול מימיים ייחודיים, הראויים לשימור – הן ברמה המקומית והן ברמה הלאומית. מחקר על ממשק תעלות הניקוז בעמק החולה התבצע בידי שביט וחובי, בשנת 2006. מטרת המחקר הייתה לגבש המלצות לגבי דרכים אגרו-אקולוגיות מיטביות לתפעול התעלות.

חלקו ההידרולי של המחקר בחן את הזרימה בתעלות כפונקציה של מצבי צומח שונים בעזרת ניסויי זרימה. נבחן הקשר בין שיטת התפעול של תעלות הניקוז, לבין יכולתן להתמודד עם אירועי גשם שונים. התוצאות של ניסויי הזרימה הראו ערכי מנינג נמוכים ודומים זה לזה בכל מצבי הצומח שנבדקו, כולל מצבים של סבך קנה וגומא. עם זאת, קצב הצטברות המים בתעלה עלה ככל שהצומח היה צפוף יותר. החוקרים התקשו לכמת באופן חד-משמעי את הקשר בין גובה וצפיפות הצומח, לבין סכנת ההצפה בתעלה. עם זאת, החוקרים הציעו שעל-מנת להימנע מכיסוח קיצוני של התעלות, לשמור על התכונות האקולוגיות שלהן, ולחסוך בעלויות אחזקה, ניתן להכניס את אחוז אובדן הקיבול השטפוני אל תוך תהליך התכנון. המשמעות היא שכדאי לשקול לתכנן חפירה של תעלות מעט יותר רחבות. אמנם להמלצה הזו מצמצמת מעט את השטח החקלאי, אולם הרווח הנופי, האקולוגי, והכספי יהיה משמעותי.

חלקו האקולוגי של המחקר בדק את השפעת אופן תחזוקת התעלות על המגוון הביולוגי בחמש קבוצות סיסטמטיות: צמחים, חסרי חוליות, עופות, יונקים יבשתיים. התוצאות של הבדיקות האקולוגיות הראו שמשטר התפעול של התעלה הוא אחד הגורמים המשפיעים ביותר על הפרמטרים האקולוגיים שלה, והגורם החשוב ביותר בקביעת הרכב מיני הצומח ומיני העופות. המגוון הביולוגי הגבוה ביותר נמצא בתעלות המטופלות על-ידי רשות הניקוז באופן קבוע, אך כוללות את כל מערכת אקולוגית יציבה יחסית שבה מיוצגות תצורות צומח שונות – עצים, קנים, וצמחייה עשבונית. מסקנות חלקו האקולוגי של המחקר היו שלא ניתן להגדיר "משטר תפעול מיטבי" מבחינה אקולוגית. לכן, החוקרים המליצו לתכנן בעמק החולה משטר תפעול הטרוגני של תעלות הניקוז - בהתאם למטרות אקולוגיות ומטרות חקלאיות שיוגדרו מראש לכל אזור במרחב.

(לגבי תפעול תעלות ניקוז עם חיץ משמר – ראו גם המלצות בפרק 12.1; התמונות מתוך שביט וחובי, 2006).



5.3 שולי שדות באירופה – מבנה ותפקוד

המונח **שולי השדה (Field margin)** מתאר את אזור המעבר שבין שני סוגים של שימושי קרקע (חקלאיים, או חקלאי וטבעי). מאמר של Marshall & Moonen (2002), מספק סקירה רחבה על תפקידים של שולי שדות באירופה, ועל היחסי גומלין בין החקלאות לבין אזורי שולי השדות. **שולי שדות שרדו בנופים חקלאיים מכיוון שהם מלאו בעבר תפקידים חקלאיים משמעותיים.**

☒ **תפקידים חקלאיים:** לשולי שדות היו בעבר תפקידים חקלאיים מרכזיים, כמו – הגדרת גבול הבעלות על יחידות חקלאיות; גידור נגד חדירת חיות משק; וויסות אקלימי על-ידי הצללה בקיץ וחסמת רוחות ושלגים בחורף; מקומות למיקום כוורות דבורים.

☒ **תפקידים סביבתיים:** שולי שדות יכולים לתפקד כאזורי חיץ המונעים מעבר של זיהום מהשדות החקלאיים לבתי הגידול הסמוכים להם (ראו פרק 7 על אזורי חיץ משמר). ניקוז דרך שולי השדות משפיע על זרימת חומרי הזנה ותפוצה של מינים בנופים חקלאיים.

☒ **תפקידים הקשורים לנוף ונופש:** שולי שדות קשורים לנופי המורשת של אזורים לחקלאיים. שולי שדות משמשים כאזורים לשבילי הליכה וטיול; אזורי פריחה; משוכות שיחים באנגליה שימשו לקפיצות של סוסים במרוצי ציד מסורתיים. בישראל, ניתן עדיין לזהות בנוף את משוכות שיחי הצבר וגדרות אבנים שהיו אופייניות לנוף הכפרי המקומי.

☒ **תפקידים הקשורים לשמירת טבע:** שולי השדות יכולים לאכלס חברת צמחים מגוונת ולספק בית גידול מגוון רחב של צמחים ובעלי חיים (סקירת מאמרים בנושא אצל Marshall & Moonen, 2002). שולי השדות יכולים לשמש גם כמסדרונות מעבר לתנועה של בעלי חיים, ואולי אף לתפוצה של מינים של צמחים בנוף.

שולי שדות כמסדרונות אקולוגיים

עדויות לתנועה של בעלי חיים לאורך שולי שדות נמצאו עבור חיפושיות קרקע המאפיינות חורשים ויערות בצרפת (Burel, 1998). עטלפי חרקים, העפים לאורך שולי השדות בעת חיפוש מזון (Verboom & Huitema, 1997). שולי שדות מהווים בית גידול חשוב לרבייה של ציפורים הדוגרות על הקרקע, כמו חוגלות (Ford and Thompson, 2006). הם משמשים כאזורי חריפה לחרקים מועילים (Thomas et al., 2001). עם זאת, שולי השדות יכולים להוות מסדרון להפצה של אוכלוסיות של מינים המזיקים לחקלאות.

בסקירת הספרות נרחבת שכתבו Marshall & Moonen (2002), על ממשק שולי שדות באירופה, הגיעו החוקרים למסקנה שלמרות מחקרים רבים שנערכו על המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים, אין כמעט מידע על קבוצות שלמות – כמו דו-חיים, זוחלים, שבלולים ורכיכות אחרות בשולי השדות. במאמר הודגש שלמרות שקיימות הנחיות לממשק שולי שדות העונה על מטרות שונות, עדיין לא פותחו המלצות לממשק המאזן בין מטרות סותרות, כמו שמירת טבע לצד פנאי ונופש, שימור קרקע לצד משיכת מאביקים וכדומה.

המבנה של אזורי שוליים – מרכיבים נופיים

- ☒ **גבול השדה (Field boundry):** מבנה בנוף המגדיר את הגבול בין שני שימושי קרקע, יכול לכלול משוכת שיחים, גדר, קיר אבנים או טרסה, נחל או תעלת ניקוז, משוכת צבר (בישראל).
- ☒ **רצועת שולי השדה (Field margin strip):** רצועה בתוך השדה או בשוליו (בין הגידול לבין גבול השדה), העשויה לכלול דרך חקלאית, שביל גישה או טיול, פסי אש, רצועת צמחיה עשבונית, אזורי צמחיה טבעית או אזורים הנשמרים סטריליים (בעזרת חריש או שימוש בקוטלי עשבים), או רצועות צומח המנוהלות לפי עקרונות שונים לשימור מגוון ביולוגי, כאזורי חיץ משמר (conservation buffer).
- ☒ **שולי הגידול החקלאי (Crop edge):** הרצועה הקיצונית של הגידול החקלאי, שרוחבה מספר מטרים (בדרך כלל בין 2 ל- 6 מטרים). לעיתים, בממשק חקלאי המשמר מגוון ביולוגי, רצועה זו מנוהלת כרצועה משמרת ללא ריסוסים (conservation strip, conservation headland⁸). באנגליה, למשל, קיימת המלצה גורפת על ניהול 6 מטרים בשולי השדה כשולי שדה לשימור.

⁸ **Conservation headland:** אזור בין קצה הגידול החקלאי לבין קו העיבוד הראשון (first tramline), המעובד באופן פחות אינטנסיבי, במטרה לאפשר מרחב מחיה למגוון רחב יותר של צמחים ופרוקי רגליים בשולי השדה.

5.4 מאפיינים אקולוגיים של שולי שדות – שולי השדות כאקוטון

ניתן להתייחס לשולי שדות חקלאיים, כאל אקוטון⁹ (Ecotone) ייחודי המופיע באזורי המעבר בין הכתמים הטבעיים לכתמים החקלאיים. אולם, מכיוון שיש סוגים שונים של שולי שדות, לא ניתן לאפיין חברת צומח ייחודית לאקוטון של שולי שדות. חברת הצומח בשולי השדות מייצגת בדרך כלל תערובת של מיני צומח מקומיים שמקורם מהכתמים הטבעיים, עם מיני צומח רודורליים שמקורם מהכתמים החקלאיים המופרים. התוצאה היא **ששולי השדות יכולים להתאפיין במגוון מינים גבוה יחסית לבתי הגידול הטבעיים והחקלאים**. בבריטניה, למשל, זיהו את רצועות הצמחייה הלינאריות ששרדו בין השדות החקלאיים, כבתי הגידול המגוונים ביותר בנופים כפריים. לכן הוצע ששולי השדות מהווים מפתח לשימור מגוון הצומח באזורים חקלאיים אינטנסיביים בבריטניה, במדינות אחרות באירופה, ובארה"ב (רשימה מפורטת במאמר של (Marshall & Moonen, 2002). אולם, סקרים עדכניים מראים שעם השנים חלה התדרדרות משמעותית במגוון מיני הצומח המאפיין את שולי השדות החקלאיים (Bunce, 1994).

ישנם מינים של חרקים הנוטים להרוויח מבית הגידול המופר המאפיין את שולי השדות החקלאיים. כך למשל, נמצא שמינים אגרסיביים של נמלים חיים בצפיפויות גבוהות בשוליים המופרים של בתי גידול חקלאיים. למינים האלה עלולה להיות השפעה שלילית חזקה על החדירות של שולי השדה עבור מינים שוכני קרקע המהגרים מהמערכת הטבעית אל תוך השדה החקלאי (Dauber and Wolters, 2004). כמוכן, ישנם מינים של מזיקים חקלאיים החיים בצפיפויות גבוהות בשולי השדות, וחודרים לתוך הגידול החקלאי, כמו חשופיות (חלזונות ללא קונכייה) באירופה, החודרות אל השדות מהשוליים העשבוניים, ומזיקות לתוצרת החקלאית (Frank, 1998).

5.5 השפעות של הפרעות והעשרה בחומרי הזנה על חברת הצומח בשולי השדות

בשולי שדה המופרים באופן תדיר על ידי ממשק חקלאי (פליחת קרקע; זיהום חקלאי), חברת הצומח תהיה מורכבת בעיקר ממיני צומח סגטליים (מיני באשה או מינים מלווי שדות), וממיני צומח רודורליים (צמחי מעזבות) העלולים לפלוש לתוך השדה החקלאי (ראו תיבת מידע מספר 3, על צמחי שדות וצמחי מעזבות) העלייה בשפע צמחי המעזבות בשולי שדות חקלאיים, עשויה להעיד על תהליכי העשרה בחומרי הזנה (eutrophication) המתרחשים בשולי השדות. תוספות של דשנים כימיים ואורגניים לשדות מוסיפים חומרי הזנה לשולי השדות, ומשפיעים על חברת הצומח המאפיינת אותם. גבול שדה שיש בו שורת שיחים או סלעים, יכול להוות מחסום העוצר

⁹ **אקוטון (Ecotone):** אזור של שינוי אקולוגי משמעותי בין שתי סביבות חיים, המשקף אזור מעבר בין שני בתי גידול ושני אזורי תפוצה נפרדים. מיני הצומח באקוטונים סמוכים, שונים משקפים תערובות של מינים משני בתי הגידול.

ומרכז את חומרי הדשן המפוזרים בשדה. לכן, בשולי שדות רבים ישנם ריכוזים גבוהים של חומרי הזנה (חנקות וזרחן), היכולים להגיע לרמות דומות לריכוזים הנמדדים בשדות החקלאיים עצמם. באזורים חקלאיים רבים, שולי השדות מהווים מקור למינים של עשבוניים רעים החודרים לשדה החקלאי. אולם, דווקא ההפרעות מהפיכת הקרקע, והסרת הצמחייה הרב שנתית בשולי השדות, מעודדים התבססות של חברת צמחי הבאשה בשולי השדות החקלאיים, והתפשטות שלהם מהשוליים לתוך השדות.

ניתן לצמצם פלישת צמחי שדות וצמחי מעזבות מזיקים (weeds) משולי השדה אל תוך הגידול החקלאי, על-ידי צמצום ההפרעות וייצוב המערכת האקולוגית בשולי השדה, ועל-ידי עידוד צמיחת חברת צומח מגוונת ויציבה המורכבת ממינים מקומיים רב-שנתיים.

תיבת מידע 3

צמחי מעזבות וצמחי באשה המלווים את בתי הגידול החקלאיים

ישנם מינים של צמחי בר הגדלים בבתי גידול משניים, שנוצרו בהשפעת האדם. צמחי השדות (צמחים סגטליים), וצומח המעזבות (צמחים רודורליים), הן שתי קבוצות של צמחים הנוטים לצמוח בבתי גידול מופרים – כגון, בשדות חקלאיים, בשולי שדות, באזורים הנמצאים תחת לחץ רעיה כבד, ולאורך כבישים ודרכים חקלאיות.

הצומח הסגטלי (צומח השדות או צמחי באשה)

צמחי בר שתחום תפוצתם העיקרי הוא השדות מעובדים, או בשטחים המוברים באורח ארעי. צומח השדות נחלק לצומח של שדות בעל (קסרוסגטליים), וצומח של שדות שלחין (הידרוסגטליים). רוב המינים עשבוניים – חד שנתיים או רב שנתיים. חלקם הם מינים יכולים לצמוח גם באזורים טבעיים וגם בשדות מעובדים (צמחי באשה מותנים); וחלקם מופיעים בשדות מעובדים בלבד, ואינם מתקיימים בבתי גידול טבעיים (צמחי באשה מוחלטים). לצמחי שדות תכונות אקולוגיות התורמות להפצתם והסתגלותם בתנאי עיבוד חקלאי, כמו: זרעים הדומים לזרעים של צמחי תרבות, כושר ריבוי רב וקצב צמיחה גבוה, מנגנונים להפצת הזרעים ביחד עם זרעים של צמחי התרבות, פיזור הנביטה על פני שנים והצטברות של בנק זרעים גדול בקרקע. ישנם מינים בעלי יכולת להגיע להבשלת הזרעים גם אם צמח האם ניתק מן הקרקע בטרם עת. תכונה זו מקנה לצמחים עמידות בפני טיפולים אגרוטכניים. צמחי הבאשה פוגעים בגידול החקלאי כאשר הם מתחרים עם צמחי התרבות על משאבי מים, מינרלים, ואור. ישנם מינים בעלי תכונות אללופטיות, המפרישים חומרים מעכבי נביטה וצמיחה הפוגעים בגידולים. ישנם מינים של צמחי באשה המשמשים כפונדקאים של גורמי מחלות או למזיקים חקלאיים.

חברת הצומח הסגטלי בחקלאות המסורתית בישראל תוארה במאמר מעניין שכתב מיכאל זוהרי בשנת 1950, בתחילת תהליך ההעלמות של החקלאות המסורתית מנופי ארצנו (Zohary, 1950).

הצומח הרודורלי (צומח שפכי קרקע ומעזבות)

צמחי בר הגדלים בחברות חלוץ בבתי גידול משובשים, כגון שפכי קרקע, מעזבות, וצידי דרכים. אלה בתי גידול שהקרקעות בהם עשירות בתרכובות אורגניות וחנקניות, והתחרות על המרחב מועטה. לפי ויזל (1984), בעבר סברו שאלה צמחים האוהבים חנקות, המעדיפים לקלוט חנקה כמקור של חנקן. אולם, כיום נראה שרוב הצמחים הרודורליים הם מינים העמידים בפני ריכוזים גבוהים של חנקות. מבחינה פיטוגיאוגרפית, מינים רבים של צמחים רודורליים וסגטליים הם בעלי תפוצה עולמית רחבה. רוב הצמחים האופייניים לשדות השלחין, ומספר רב של צמחים רודורליים הם "צמחים גרים" בישראל (צמחים לא מקומיים).

הדברת צמחי הבאשה

תנאי העיבוד ושיטות ההדברה הם שקובעים את הרכב חברת הצמחים המלווה את הגידולים החקלאיים ומופיעה בשולי השדות. הדרכים הנפוצות להדברת צמחי באשה הן הדברה אגרוטכנית, והדברה בעזרת קוטלי עשבים כימיים. הפסקת העיבוד גורמת לשינוי בתנאי בית הגידול, ולחדירה של מיני צומח מבתי גידול שכנים. אלה האחרונים הם בדרך כלל מינים בעלי כושר תחרות חזק יותר בבתי גידול יציבים. **לכן, בשדות נטושים או בשולי שדות מיוצבים, חברת הצומח הסגטלי תתנוון עם הזמן, ותוחלף בחברת צומח מקומי מגוונת ויציבה יותר.**

(מתוך, ויזל י., אנציקלופדיית החי והצומח של א"י, כרך 8, עמודים 97 – 102)

5.6 הגדלת מגוון חסרי חוליות בשולי שדות חקלאיים

אולם, למרות שקיימות עדויות על השפעות שליליות של שולי השדות על הגידולים החקלאיים, ישנן דוגמאות רבות של מינים מועילים של חסרי חוליות החיים בשולי השדות מיוצבים. הדברה ביולוגית טבעית מבוססת על אויבים טבעיים החיים בשולי השדות החקלאיים, והעשויים לווסת התפרצויות של מזיקים חקלאיים בתוך השדות (ראו הרחבה בפרק 11; וסקירה במאמרם של (Marshall & Moonen, 2002). באירופה, מחקרים על תפקידם המשמעותי של אוכלוסיות טורפים בשולי שדות מיוצבים הובילו לפיתוח ממשק אזורים המשמשים "כבנק חיפושיות" ("Beetle banks"), לחריפה של מיני חיפושיות טורפות בשוליים ובמרכז של שדות חקלאיים (ראו תיבת מידע מספר 4). צמחים בעלי פרחים בשולי שדות תורמים למשיכת אוכלוסיות של חרקים מאביקים החשובים להאבקת קטניות ועצי פרי (Cobert, 1995).

באופן כללי מסתבר, שחברת חסרי החוליות נוטה להגיב במהירות להשתנות של חברת הצומח, ולכן תכנון שולי שדות המאכלסים מגוון גבוה של מיני צומח, נוטה לתמוך בהתפתחות של חברת חסרי חוליות מגוונת בשולי השדה, ובהגברת המגוון הביולוגי בנוף החקלאי כולו (Meek et al., 2002).

במחקר שערכו Smith et al. (2008), נבדק כיצד ממשק הצומח בשולי השדות משפיע על חברת חסרי החוליות התוך-קרקעית המתפתחת בשולי השדה, ועל התפקוד של שולי השדות כמערכת המספקת ערכים אקולוגיים לשטח המעובד. נבחנה ההשפעה של טיפולים שונים על קבוצות פונקציונאליות של חסרי חוליות שגודלם מעל 2 מ"מ, כמו שלשולים, טרמיטים, חיפושיות, ואיזופודים, החיים בתוך הקרקע. ממשק הצומח שנבחר כלל טיפולים שונים: כיסוח הצמחייה בשולי השדה; הפיכת הקרקע על ידי חריש או גירוד; שימוש בקוטלי עשבים סלקטיביים; ושזרוע בתערובות זרעים¹⁰. באופן כללי, נמצא שולי השדות תומכים במגוון מיני חסרי חוליות גבוה יותר

¹⁰ יש לקחת בחשבון שמרבית המחקרים שנערכו על ממשק אקולוגי של שולי שדות, נערכו באנגליה או במדינות אירופאיות המאופיינות באקלים ממוזג. לכן, לא כל הידע האקולוגי שנצבר על הנושא יהיה רלוונטי למערכות אגרו-אקולוגיות באקלים יובשני בישראל.

מאשר השדות המעובדים. מבחינת ערכי המגוון הביולוגי, המחקר הראה כי בשולי השדות שעברו טיפול בגירוד (scarification) של שכבת הקרקע העליונה, חברת חסרי החוליות הייתה דלה במינים, ודמתה בהרכבה לחברת חסרי החוליות המאפיינת את השדות המעובדים. ההשלכות השליליות של פילוח הקרקע והפרת מבנה הקרקע על ידי חריש או גירוד כוללות תמותה ישירה מפגיעת המכונות, חשיפת האורגניזמים התת-קרקעיים לגורמים חיצוניים, והפחתת כמות החומר האורגני העומד לרשות המפרקים בקרקע. החוקרים הסיקו שעל מנת להגדיל את מגוון חסרי החוליות בקרקע בשולי השדות החקלאיים, יש להימנע מפליחת הקרקע (על-ידי חריש או על-ידי דיסקוס), וליצור שכבת חיפוי מחומר אורגני על ידי כיסוח הצמחייה וחיפוי הקרקע. ככל שיש יותר חומר אורגני בקרקע ומבנה הקרקע פחות מופר, מתפתחת בקרקע חברת חסרי חוליות מגוונת יותר, עשירה יותר, ויציבה יותר.

תיבת מידע 4

"בנק חיפושיות" (Beetle Banks)

"בנקי חיפושיות" הם רצועות צומח עשבוני זרועות במיני עשבוניים מקומיים, הממוקמות במרכז שדות חקלאיים גדולים. רצועות הצומח אינן מעובדות, ומיועדות לספק מקומות מסתור וחריפה עבור מינים של חרקים מועילים (בעיקר חיפושיות טורפות). מיקום רצועות הצומח העשבוני במרכז השדות מאפשר הפצה ואכלוס של שדות הומוגניים גדולים בחרקי מועילים הבוקעים באביב ונודדים לתוך השדות. מחקרים על תפוצה של חיפושיות קרקע ממשפחת הרצניתיים (Carabidae), שרובם מינים טורפים, הראו שחיפושיות הבוקעות מהגלמים באביב יכולות לנדוד למרחקים של לפחות 60 מטרים ממקום בקיעתן. באנגליה, למשל, מחקרים אלה סיפקו בסיס להנחיות מפורטות לגבי ממשק "בנק חיפושיות" בשדות גדולים. כך למשל מומלץ לתכנן את הרצועות המרחק שלא יעלה על 100 מטרים אחת מהשנייה, ולקשר את הרצועות לכתמי צמחייה טבעית בשולי השדות על-מנת לעודד נדידה של חיפושיות מהשוליים הטבעיים של השדות אל תוך התווך החקלאי. ממשק להגברת הדברה ביולוגית טבעית באמצעות "בנק חיפושיות" נחשב לאמצעי זול, קל לתכנון ותפעול, שאינו מפריע לפעילות החקלאית בשדות. (מחקר מוביל בתחום: Thomas et al., 1991).

הפן הישראלי 2

פרפרים בשולי שדות בישראל

פאר וחובי (2006), חקרו את מגוון מיני הפרפרים הנעים באזורים חקלאיים (שדות חיטה ומטעי זיתים) בישראל. מהמחקר עולה שמגוון מיני הפרפרים הגבוה ביותר נמצא בשולי השדות החקלאיים; המגוון הבינוני בשטחים הטבעיים; והמגוון הנמוך ביותר בשדות החיטה. תצפיות על מסלולי התעופה של הפרפרים הראו שמרבית המינים נמנעים מתעופה מעל לשדות החיטה. פרפרים שנכנסו לשדה חיטה נטו לחצות אותו בתעופה ישירה ומהירה. המחקר מצביע על החשיבות הגבוהה של שולי השדות החקלאיים כבית גידול מיטבי לשימור מגוון מיני הפרפרים בישראל, ומעיד על הפוטנציאל של שולי השדות לשמש כאזור התורם בית גידול מתאים למינים ייחודיים של פרפרים.

5.7 ממשק מכוון של הצומח בשולי שדות באירופה

שולי שדות מספקים שלושה תפקידי מפתח אקולוגיים במערכות אגרו-אקולוגיות: הראשון, הגדלת מגוון המינים במערכת (ערך המגוון הביולוגי); השני, אספקת בתי גידול עבור מינים נדירים או מינים בסכנת הכחדה (ערך שמירת הטבע); והשלישי, אספקת שירותים אקולוגיים התומכים במערכת החקלאית (ערך תפקודי), כמו שירותי הדברת מזיקים, שירותי פירוק חומרים אורגניים, ומניעת סחיפת הקרקע. **ישנם מחקרים שבחנו את השאלה, איזה ממשק של שולי שדות עשוי לשפר את אספקת הערכים האקולוגיים האלה בנופים חקלאיים שונים** (Thomas & Marshall, 1999; Woodcock et al., 2005; Smith et al., 2008).

באירופה פותחו גישות שונות לממשק שולי שדות חקלאיים, בהתאם למטרות החקלאיות והאקולוגיות אותן רוצים להשיג. למרבית הטכניקות לממשק שולי שדות, יש יותר ממטרה ממשקית אחת: החל מתגבור הדברה ביולוגית טבעית; משיכת מאביקים; חיזוק אוכלוסיות ציפורים דוגרות קרקע למטרות ציד; שליטה בעשבים רעים (weeds); יצירת חיץ משמר בין השדה לבין בתי גידול טבעיים; מסדרונות לחיות בר; ותמיכה במגוון ביולוגי (תת-קרקעי ועל קרקעי).

שיטות לממשק הצומח בשולי השדות מתחלקות לשתי קבוצות: רצועות צמחייה קבועות (Permanent strips), ורצועות צמחייה זמניות (Temporary strips). **רצועות צמחייה קבועות חשובות במיוחד למטרות שמירת טבע בנוף החקלאי, מכיוון ששיקום התפקוד של מערכות אקולוגיות דורש ייצוב של בתי הגידול.** רצועות צמחייה קבועות משמשות כמסדרונות מעבר לחיות בר; כמסדרונות בית גידול לצמחים וחסרי חוליות; כבנק חיפושיות ומקומות מחייה לאויבים טבעיים; וכרצועות חיץ משמר.

לעומת זאת, רצועות צמחייה זמניות (מתחלפות) משמשות למטרות אגרו-אקולוגיות מקומיות, כמו, משיכת מאביקים ואויבים טבעיים אל השדה בעונה מועדפת. רצועות צמחייה זמניות בשולי השדות נזרעות בתערובות זרעים של פרחי בר המושכים חרקים מועילים לשדה בעונת הגידול החקלאי. רצועות צמחייה זמניות מאכלסות בעיקר מינים המותאמים לתנאים הדינאמיים המאפיינים בתי גידול חקלאיים. אלה אורגניזמים הנפוצים למרחקים גדולים, מסוגלים לחצות מחסומים בנוף החקלאי, ומותאמים לניצול של בתי גידול לא יציבים.

באנגליה למשל, האזור בין קצה הגידול החקלאי לבין קו העיבוד הראשון מעובד באופן פחות אינטנסיבי, במטרה לאפשר מרחב מחיה למגוון רחב יותר של צמחים ופרוקי רגליים בשולי השדה. הרצועות העשבוניות האלה, הנקראות "**Conservation headlands**". רוחבן של "רצועות השימור" נע בין 4 ל-6 מטרים – כרוחב כנף אחת של מכשיר לריסוס חומרי הדברה. רוחב זה מאפשר להימנע מריסוס בחומרי הדברה באזור זה של השדה, ולעודד התפתחות של המגוון הביולוגי. באזורים שבהם בנק הזרעים הטבעי ששרד בקרקע דל מכדי לייצר מגוון גבוה של מיני

צומח, החקלאים יכולים לרכוש תערובות של זרעים מקומיים, או לערבב זרעים של פרחי בר עם זרעים מהגידול החקלאי, ולזרוע ברצועת ה- Conservation headland.

הפן הישראלי 3

אקופרש טבע – תוכנית ממשק לעידוד ערכי טבע ונוף בשטחים חקלאיים
(פרלמן ודולב, 2006)

אקופרש טבע הוא פרויקט משותף לחברת אגרסק"י ליצוא תוצרת חקלאית לאירופה, לחברה להגנת הטבע. הפרויקט נועד לפיתוח תוכנית ממשק משולבת לשימור ועידוד ערכי טבע ונוף בשטח החקלאי ובסביבתו. במסגרת הפרויקט נבנו שמונה תוכניות אזוריות, שנועדו לאפשר לחקלאים לעמוד בתקנים אירופאים לחקלאות מיטבית (GAP), על-מנת שיוכלו לעמוד בדרישות הסביבתיות המוכתבות על-ידי התקן ליצוא תוצרת חקלאית של EUREPGAP, בנושא שימור ועידוד ערכי טבע ונוף.

מטרות הפרויקט היו לפתח מדד לערכיות של שטחים חקלאיים באזורים שונים בישראל; ולתת לחקלאים הנחיות להערכת הערכיות האקולוגית של השטחים החקלאים, והנחיות להעלאת הערכיות האקולוגית של השטח החקלאי באמצעות פעולות ממשק שונות. התוכנית מאפשרת לחקלאי לאמוד את הקף המטלות הנדרש ממנו כדי לעמוד בתקן האירופאי הדרוש ליצוא. תהליך בניית ההמלצות נערך בהתאם להנחיות של מפרטים של רשתות אירופאיות שונות (כמו Waitrose , Tesco – Natures Choice ועוד).

פרק 6: השדה החקלאי – מסדרון, מחסום, או מלכודת אקולוגית?

6.1 מגוון ביולוגי בשדות המעובדים

באיזו מידה השדות החקלאיים עצמם יכולים לשמש כמסדרונות מעבר, או כמסדרונות בית גידול עבור מגוון יצורים מקומיים? ואילו שינויים בממשק החקלאי בשדות עשויים להפוך את השדות המעובדים עצמם לבתי גידול התומכים במגוון מינים מקומיים?

מקריאת הספרות המדעית עולה, שאין כמעט מחקרים אמפיריים העוסקים בנושא הזה. ההנחה הרווחת היא, שמרבית השדות המעובדים באופן אינטנסיבי אינם מתאימים לשמש כבית גידול למינים מקומיים. לכן, מרבית המחקר מתמקד בשימור המגוון הביולוגי בכתמים הטבעיים ששרדו בנוף, או בשינוי הנוף החקלאי על-מנת לעודד מגוון ביולוגי בין השדות ובשוליהם. מרבית המחקרים מתעלמים מהפוטנציאל של השדות המעובדים עצמם לשמש כבית גידול, ואינם עוסקים כמעט בשינוי הממשק החקלאי בתוך השדה. ישנם מספר מחקרים (בעיקר באזורים טרופיים - אזורי חקלאות מסורתית), שבחנו דגמים ביוגיאוגרפיים לרוחב אזורים כפריים, שבהם מתקיים פסיפס של כתמים טבעיים (יערות, חורשים) וכתמים חקלאיים (מטעים שונים, שדות מעובדים, אזורי מרעה, יערות נטועים, גינות פרטיות), וקטלגו את שימושי הקרקע החקלאיים השונים לפי איכותם והתאמתם לקבוצות שונות של אורגניזמים (למשל Ricketts et al., 2001).

באופן כללי, כאשר מבנה הצמחייה בתווך החקלאי דומה למבנה הצומח בכתמים הטבעיים, השדות החקלאיים עצמם עשויים לתפקד כבית גידול התומך בשימור מגוון ביולוגי. השדות עשויים לשמש כמסדרונות מעבר עבור חלק מהמינים המקומיים, או להוות חיץ משמר סביב כתמים טבעיים ולצמצם את אפקט השוליים של התווך החקלאי על הכתמים השמורים. אולם, הממשק החקלאי נוטה ליצור בתי גידול דינאמיים, המופרים באופן פתאומי כאשר הגידולים נאספים או האדמה נחרשת. שדות מעובדים המספקים בתי גידול מפתים למגוון של יצורים מקומיים, עלולים להפוך למלכודות אקולוגיות עבור בעלי חיים המשתקעים בהם ואינם מספיקים להימלט מההפרעה (ראו גם פרק "הפן הישראלי 7: על דו-חיים בפרדסים בישראל").

כאשר מתכננים מסדרונות אקולוגיים במדינות צפופות כמו ישראל, כדאי לאמץ גישה הבוחנת גם את הפוטנציאל של הכתמים החקלאיים עצמם לשמש כמסדרונות מקשרים לקבוצות שונות של אורגניזמים.

הפן הישראלי 4

השפעת הממשק החקלאי על חברת חיפושיות הקרקע בכרמים ובשדות הפלחה באזור שפלת יהודה
 אורית סקוטלסקי (עבודת דוקטורט בכתיבה)

בעבודת הדוקטורט שלי חקרתי את הרכב חברת חיפושיות הקרקע המאכלסת כרמים (חקלאות אינטנסיבית) ושדות פלחה (חקלאות אקסטנסיבית) באזור שפלת יהודה.

בבדיקת הרכב חברת חיפושיות הקרקע בכרמים, נמצא שיש השפעה מובהקת של ממשק הקרקע החקלאית על חברת החיפושיות החוצה את הכרמים או שוהה בהם. בכרמים שבהם הקרקע רוססה בקוטלי עשבים, נצפתה חברת חיפושיות המאופיינת במינים בעלי גוף קטן המאפיינים גידולים חקלאיים. בכרמים האלה לא נמצאו כמעט מיני חיפושיות הנפוצות בכתמים טבעיים של בתה (עשבונית ושיחנית) הגובלת בשטחים המעובדים. לעומת זאת, בכרמים שבהם נהוג עיבוד משמר של הקרקע בתוך המטע (ללא פילוח, ללא שימוש בקוטלי עשבים בין שורות הגפנים), נמצאה חברת חיפושיות מגוונת, הדומה בהרכבה לחברת החיפושיות המאפיינת את שטחי הבתה הטבעיים באזור.

שדות חיטה בשפלת יהודה אופיינו בעושר נמוך יחסית של מיני חיפושיות. רב מיני החיפושיות שנמצאו בשדות הם מינים בעלי גוף קטן, המאפיינים גידולים חקלאיים. **ממצא זה מראה ששדות החיטה מהווים מחסום בנוף עבור מינים של חיפושיות הנפוצים בבתה היס תיכונית בשפלת יהודה.** עם זאת, מסתבר ששדות הפלחה בשפלת יהודה מעובדים במחזור זרעים (רוטציה של גידולים) – אחרי שנתיים שבהם מגדלים בשדה חיטה או דגן אחר, מחליפים את הגידול בקטניות למספוא (אספסת, תלתן, או בקיה), אבטיחים, חמניות, או חימצה. בבדיקת הרכב חברת החיפושיות בשדות תלתן נמצא עושר מינים גבוה מאד, וניכר שמינים רבים של חיפושיות, המאכלסים את אזורי הבתה הטבעיים, חודרים אל שדות התלתן וחוצים אותם במהלך העונה החקלאית. **המסקנה היא שבאזור שפלת יהודה, עיבוד שדות הפלחה במחזור זרעים מספק הטרוגניות בזמן המתגברת את המגוון הביולוגי בשדות. הרוטציה בגידולים החקלאיים "פותחת את המחסומים" שיוצרים שדות החיטה, ומגבירה את הקישוריות בנוף עבור חיפושיות קרקע הנעות במרחב.**

ממצאי המחקר תומכים בטענתם של Tscharntke et al. (2005), שבנופים חקלאיים מורכבים (המאופיינים באחוז גבוה של שטחים טבעיים בין השדות המעובדים), שינויים במדיניות החקלאית עשויים להפוך חקלאות היוצרת מחסומים בנוף החקלאי לחקלאות התורמת לשימור המגוון הביולוגי. **מדיניות המעודדת חקלאים לאמץ שיטות לעיבוד משמר של קרקע במטעים ובכרמים, עשויה להפוך את השטחים המעובדים למסדרונות מעבר התומכים במגוון הביולוגי, לצמצם את המחסומים בנוף, ולהעלות את מידת הקישוריות של הנוף החקלאי עבור חיפושיות הקרקע (העלאת ההטרוגניות במרחב).** כמוכן, **מדיניות המעודדת שמירה על שיטות חקלאיות (מסורתיות יחסית), המסתמכות על רוטציה של גידולים חקלאיים להעשרת הקרקע, עשויה לשמר את רמת הקישוריות הגבוהה בנוף החקלאי באמצעות פתיחה של מסדרונות זמניים דרך השדות (העלאת ההטרוגניות של הנוף בזמן ובמרחב).**

הפן הישראלי 5

מטעי זיתים כמסדרונות מעבר ליונקים גדולים

נעלי, ע. 2009

עדי נעלי בדק את תפקודם של כרמי זיתים בשפלת יהודה כבית גידול ומסדרונות מעבר עבור שלושה מינים של יונקים גדולים: התן, הצבי, והדרבן. במהלך המחקר נערכה השוואה של השהות של בעלי החיים בכרמי הזיתים, בשדות חקלאות אינטנסיבית, בשדות פלחה (גידולי שדה ללא השקיה), וביערות וחרשים סמוכים. הערכת רמת הפעילות נעשתה באמצעות השוואת כמויות גללים.

נמצא שצבאים ודרבנים נוטים להימנע ממעבר בשדות גידולי שדה עונתיים ובשדות חקלאות אינטנסיבית, ומעדיפים להיות פעילים ביערות ובחרשים. בכרמי הזיתים נרשמה רמת פעילות המתקרבת לרמת הפעילות בחרשים, ונראה שהצבאים והדרבנים מתייחסים אל כרמי הזיתים כאל בית גידול מתאים למעבר ושהות. התנים, לעומת זאת, העדיפו לשהות בשטחי החורש הטבעיים ובשטחי הגד"ש הפתוחים, והמעייטו במעבר ושהות בכרמי הזיתים.

מסקנות המחקר היו שעבור הדרבנים והצבאים, הקישוריות הנופית של האזור עולה ככל שגדלה כמות כרמי הזיתים; ואילו עבור התנים, הקישוריות הנופית של האזור יורדת ככל שכמות כרמי הזיתים עולה.

פרק 7: הגנה על בתי גידול לחים באגני היקוות חקלאיים

7.1 תכנון חיץ משמר סביב בתי גידול לחים (Conservation Buffers)

בתי הגידול היבשתיים, המקיפים נחלים וגופי מים, הם קריטיים לאיכות משאבי המים ולשימור המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית המימית. רצועות חיץ משמר סביב בתי גידול לחים ומקווי מים נקראות Conservation Buffers (או Buffer strips או Riparian buffer). רצועות חיץ משמר, המפרידות בין שטחים חקלאיים לבין כתמים טבעיים ערכיים, יכולות להגן על המערכת המימית מהצטברות של סחף ומחדירה של זיהומים סביבתיים שמקורם במערכת החקלאית (כמו חנקות, עודפי זרחן, חומרי הדברה, מינים פולשים).

בספרות העוסקת באזורי חיץ סביב מקווי מים מוסכם שעל מנת לשמור על איכות המים, יש לשמר או לטפח אזור חיץ המורכב מצמחיה טבעית שרוחבו נע בין 30 ל-60 מטרים מקו המים. ככל שהמורכבות המבנית של הצומח באזור החיץ גבוהה יותר - עם עצים, שיחים, ושוליים עשבוניים, האפקטיביות של החיץ המשמר בעצירת סחף וקליטת חנקות גדולה יותר (Haycock & Pinchot, 1993).

7.2 תכנון חיץ משמר לשימור דו-חיים וזוחלים מימיים

במערכות מימיות טבעיות יש מינים של בעלי חיים חצי-יבשתיים, התלויים הן בבתי הגידול המימיים והן בבתי הגידול היבשתיים להשלמת מחזור החיים שלהם. כך למשל, דו חיים, כמו סלמנדרות, צפרדעים, וקרפדות מטילים ביצים בתוך המים. לכן הם נמצאים בתוך מקווי המים למשך תקופות קצרות, ונפוצים במשך שאר ימי השנה בבתי גידול יבשתיים סמוכים. לעומת זאת, זוחלים החיים במים (צבי מים, נחשי מים) מחפשים מזון בתוך המים במשך רב חודשי השנה, אך נודדים לבתי הגידול היבשתיים לרבייה או לחריפה.

Semlitsch & Bodie (2003), סקרו את המחקרים העוסקים במרחקי נדידה ובהתנהגות של דו-חיים וזוחלים מימיים בבתי גידול יבשתיים המקיפים את מקווי המים, בעונות שונות במהלך מחזור חייהם. עיבוד המידע העלה הנחיות לתכנון וממשק של חיץ משמר שתפקידו לתמוך בשימור מחזור החיים המלא של דו-חיים וזוחלים מימיים. צפרדעים, סלמנדרות, וצבי מים קשורים, בדרך כלל, למקווי מים קבועים, ונודדים בין בתי גידול מימיים ויבשתיים במחזוריות שנתית קבועה לצורכי מזון, רבייה, וחריפה. **לכן, על מנת לשמור על אוכלוסייה החיה במקווה מים מסוים, יש להגדיר את כל השטח היבשתי הנמצא בשימוש בעונות השנה השונות כאזור הגלעין לשימור.**

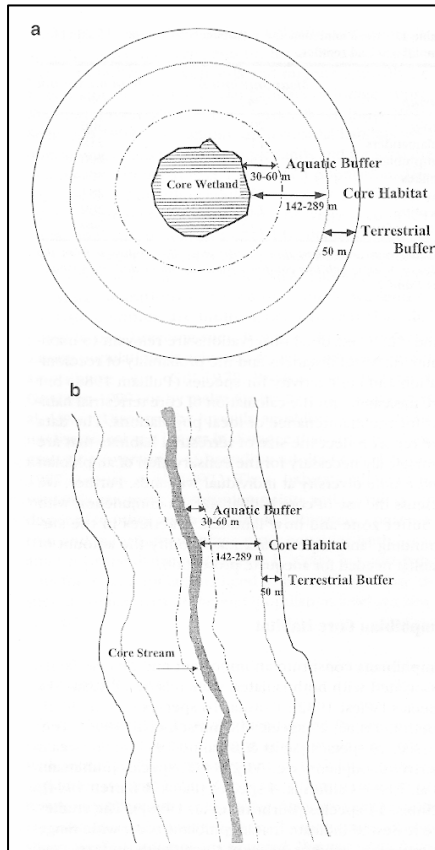
נדידה מחזורית סביב מקווה מים בודד שונה במהותה מהגירה בין מקווי מים לחיפוש אתרי רבייה חדשים. אוכלוסיות מקומיות המקושרות בניהן בקשרי הפצה (דרך מסדרונות מעבר), מהוות אוכלוסיות-על גדולות (Marsh and Trenham, 2001). אצל דו-חיים, בעיקר הפרטים הצעירים מהגרים בין אוכלוסיות שונות, ותנועת ההגירה שלהם נוטה להיות חד-כיוונית ולמרחקים גדולים.

לכן, בתכנון אזורים חקלאיים התורמים לשימור דו חיים וזוחלים מימיים חשוב לקחת בחשבון הן את הדינאמיקה של הנדידה המחזורית המקומית סביב בית הגידול הלח, והן את ההגירה בין אוכלוסיות ומקווי מים שונים באמצעות מסדרונות מעבר.

מתוך המאמרים שנסקרו אצל Semlitsch & Bodie (2003), עלו נתונים על דגמי תנועה של מינים שונים של דו חיים. סלמנדרות החיות בנחלים, למשל, נשארות במרחקים של 20 – 30 מטרים מבתי הגידול המימיים (למעט בתקופת ההגירה). לעומת זאת, מינים של צפרדעים וקרפדות נעים בין 1,000 ל- 1600 מטרים מגופי המים. החוקרים טענו, שלמרות שמקווי המים שונים זה מזה במאפיינים פיזיים רבים, עדיין ניתן להשתמש במפתח כללי לתכנון וממשק של אזורי גלעין לשימור דו-חיים וזוחלים מימיים. גודל השטח המומלץ לשימור יקבע לפי הקבוצה הטקסונומית הזקוקה לשטח מרבי להשלמת מחזור החיים (ראו בהקשר הזה פרק על פרדסים כמסדרונות לקרפדה הירוקה בישראל – הפן הישראלי 7).

לאור מסקנות המחקר, מוצעות במאמר הנחיות לתכנון ולממשק של השטח היבשתי סביב נחלים ומקווי מים (ראו איור 5):

1. **אזור חיץ מימי (Aquatic buffer):** אזור היבשתי הקרוב ביותר לבית הגידול המימי. אזור המיועד להוות כחיץ משמר, ולהגן על איכות משאבי המים. רוחב החיץ 30 – 60 מטרים, והממשק המומלץ – חברת צומח מגוונת, יציבה, מקומית.
2. **אזור הגלעין השמור (Core habitat):** האזור שבין קו המים ועד לרדיוס הדרוש להשלמת מחזור החיים של מיני מטרה שונים (למשל אזורי רביית דו-חיים, או אזורי חריפה לזוחלים). לדוגמה, המרחב המומלץ מקו המים ועד לקצה הגלעין השמור המיועד לשימור דו-חיים הוא 160 – 290 מטרים.
3. **אזור חיץ יבשתי (Terrestrial buffer):** אזור חיץ נוסף, הנמצא מחוץ לשני אזורי הגלעין השונים. זהו אזור שנועד לשמש כחיץ בין אזורי הגלעין לבין שימושי קרקע חקלאיים המקיפים את מקווה המים. מטרתו למתן את אפקט השוליים של שימושי הקרקע האנתרופוגניים על אזור הגלעין. הרוחב המומלץ לאזור החיץ היבשתי הוא 50 מטרים.



בנוסף להגנה כללית על אזור הגלעין השמור, יש להקפיד להגן באופן מיוחד על בתי גידול ספציפיים הדרושים להשלמת מחזור החיים של מיני מטרה שונים (כמו למשל, בורות מים, ומערות לחות המשמשים כמסתור מאקלים קיצוני).

איור 5: הצעה לתכנון אזורי חיץ לשימור (a) מקווי מים; (b) נחלים (Semlitsch & Bodie, 2003). שני סוגים של אזורי חיץ מוכלים בתחום שבין קו המים עד למרחק של 289 מטרים מקו המים: "Aquatic buffer" שמטרתו שמירה על איכות המים; ואזור "Core habitat" שאמור לספק בתי גידול לשלבים שונים במחזור החיים של דו-חיים חצי-יבשתיים וזוחלים מימיים. אזור החיץ היבשתי מספק מעטפת נוספת של הגנה על אזור הגלעין השמור מפני השפעות שוליים.

הפן הישראלי 6

חיץ משמר סביב מקווי מים באזורים חקלאיים בישראל

בישראל, מיעוט מקווי מים ונחלים זורמים, יוצר לחץ משתמשים גדול מאד על כל גופי המים הטבעיים במדינה, ומגביר את האינטרס לפיתוח תיירותי של גדות מקווי המים ושל נחלים לצורכי נופש ופנאי. בנוסף לכך, נחלים הזורמים בערוצים טבעיים מחוץ לשמורות הטבע, משמשים "מסדרון" מועדף עבור רעיית פרות, ועבור מטיילים רגליים וממונעים, וסובלים מהפרעות תדירות.

מכיוון שנחלים, בריכות חורף, תעלות ניקוז, וגופי מים רבים אינם נמצאים בתחומי שמורות הטבע, אלא חוצים ומנקזים אזורים חקלאיים, נשאלות שתי שאלות: האחת, כיצד לתכנן ולנהל חיץ משמר שיגן על מקווי המים מזיהומים שמקורם בשדות? והשנייה, כיצד ניתן להפוך את האזורים החקלאיים עצמם לאזור "חיץ יבשתי" התומך בשימור מגוון היצורים המסתמכים הן על בית הגידול המימי ועל בית הגידול היבשתי המקיף אותו?



בתמונה: רעיית פרות בשולי שלולית סאסא. הכמות הגבוהה של גללי הפרות מעשירה את מי השלולית בריכוזים גבוהים של חומרי אורגניים. ניכרת התדרדרות בבית הגידול - ירידה בעושר מיני חסרי החוליות, ובשפע דו-חיים. נדרש גידור שירחיק את הפרות משלולית החורף, וחיץ משמר לקליטת עודפי חנקות ומזהמים חקלאיים לפני הגעתם לשלולית. צילמה טליה אורון.

הפן הישראלי 7

"Dig-or-Dry" - מקווי מים זמניים בחקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל

א. גזית וש. פילוסוף, נקודת ח"ן, 2007 ; אביטל גזית בע"פ.

אביטל גזית ושי פילוסוף בחנו היבטים של פעילות של דו-חיים באזורים חקלאיים באזור השרון. בחלקו הראשון של המחקר, נבדקה התאמתם של מקווי מים זמניים הנקווים בתעלות ניקוז ובשדות מעובדים, כבתי גידול חלופיים להתפתחות של דו-חיים. נמצא כי שני מינים של דו-חיים ג'נרליסטים – אילנית מצויה וקרפדה ירוקה, חיים בשטחים החקלאיים ומנצלים את גופי המים הזמניים לרבייה. אולם, מסתבר שדו-חיים המתרבים בגופי המים הנקווים בשטחים החקלאיים, אינם מבחינים בין בתי גידול מיטביים שבהם ניתן להשלים את מחזור הרבייה והגלגול, לבין בתי גידול בלתי-מיטביים, המתייבשים בטרם הושלם הגלגול. גופי מים בלתי-מיטביים מתפקדים כבריכות מבלע (Sink pools), המהוות מלכודות אקולוגיות לדו-חיים באזורים חקלאיים. להערכת החוקרים, בריכות המבלע הרדודות הנפוצות באזורים חקלאיים, תורמות לדעיכה של אוכלוסיות דו-חיים בישראל.

כפתרון לבעיה, הציעו החוקרים הגביר את מודעות החקלאים לסוגיה, ולעודד ממשק Dig-or-dry לגופי מים רדודים בשטחים חקלאיים. אסטרטגיית הממשק כוללת העמקה של מקווי מים רדודים בשולי מטעים ולאורך תעלות ניקוז על-מנת להאריך את משך תקופת ההצפה ולאפשר לקרפדות צעירות להשלים את הגלגול; לצד מילוי ויישור של מקווי מים זמניים המהווים מלכודות אקולוגיות. עם זאת, יש להדגיש כי ממצאי המחקר ראשוניים בלבד, ויש לערוך מעקב של מספר שנים אחרי חברת דו-חיים וחסרי חוליות מימיים בגופי מים זמניים שעברו העמקה, לפני שמגבשים המלצות יישומיות לאזורים חקלאיים.

פרדסים כמסדרונות אקולוגיים לקרפדות

אחד הממצאים המעניינים שגילה פרופ' גזית במחקרו, הוא תפקידם של פרדסים כמסדרונות אקולוגיים לתפוצת הקרפדה הירוקה. במהלך המחקר, נצפו פרטים צעירים של קרפדה ירוקה במרחקים של עד שני ק"מ ממקווי מים המשמשים לרבייה. להערכתו של גזית, הפרדסים, המושקים מידי יומיים במשך הקיץ, מתפקדים כמסדרונות אקולוגיים לחים המאפשרים מעבר של קרפדות בין גופי מים באזורים חקלאיים. החוקרים מעריכים, שהרחבת הפרדסים בישראל בשנים שאחרי הקמת המדינה, תרמה להרחבת אזור התפוצה של הקרפדה הירוקה במרכז הארץ. יתרה מכך, יתכן שדעיכת אוכלוסיית הקרפדות בשנים האחרונות קשורה למשבר שהחל בשנות השמונים בענף הפרדסנות. אולי תהליכי ההתחדשות של הפרדסים והמטעים המושקים, לצד תוכנית אסטרטגית לשימור ועידוד רבייה של דו-חיים באזורים חקלאיים, יחזירו את קרקור הקרפדות למושבים במישור החוף ובשפלה.

פרק 8: חקלאות אורגנית ושימור מגוון ביולוגי

8.1 המגוון הביולוגי בחוות אורגניות באירופה

אחת הדרכים שבהן מומלץ להעלות את ההטרונגניות של הנוף החקלאי היא על-ידי עידוד המעבר של חקלאים לחקלאות אורגנית¹¹. למרות שמטרתה העיקרית של החקלאות האורגנית היא ייצור מזון, חקלאות בגישה האורגנית מתאפיינת בתוואי נוף חקלאיים שהפכו נדירים באזורי חקלאות קונוונציונאליים אינטנסיביים. חוות אורגניות מתאפיינות בממשק חקלאי המתבסס (במידה רבה) על מיחזור חומרים טבעיים ותהליכים אקולוגיים. חקלאים אורגניים רבים מקיימים רוטציה של גידולים חקלאיים בשדות (מחזור זרעים); כיסוח הצמחייה ושימוש בצמחיית חיפוי כתחליף לשימוש בקוטלי עשבים; החלפת השימוש בדשנים כימיים והחלפתם בזבל מחיות משק; ועידוד אוכלוסיות של אויבים טבעיים כתחליף לחומרי הדברה כימיקלים.

מחקרים מראים שישנם יתרונות סביבתיים לחקלאות האורגנית על-פני החקלאות הקונוונציונלית, בעיקר בתחום שמירה על פוריות הקרקעות ויציבות של המערכת האגרו-אקולוגית. הסיבה לכך היא כנראה רמות גבוהות של חומרים אורגניים בשדות, המובילות לפעילות ביוטית מוגברת (Reganold et al., 2001).

Mader et al. (2002), סיכמו נתונים של מחקר ארוך טווח שהשווה גורמים פיזיים וביוטיים במערכות חקלאיות אורגניות וקונוונציונאליות בשוויץ. החוקרים הראו שהמגוון המיקרוביאלי בקרקע היה גבוה באופן משמעותי במערכת האורגנית, מאשר במערכת הקונוונציונאלית, וכן שקצב פירוק החומרים האורגניים בקרקע שנאספה בשדות אורגניים גבוה יחסית לקצב פירוק החומרים בקרקע שנאספה בשדות קונוונציונאליים. החוקרים הסיקו שתברת חיידקי הקרקע במערכות האורגניות מגוונת יותר ויעילה יותר בהפיכה של פחמן משאריות צמחים לביומסה (במחיר אנרגטי נמוך). לכן, חברת החיידקים המגוונת משפרת את פוריות הקרקע, ומהווה בסיס יציב יותר להתפתחות מגוון גבוה ברמות טרופיות גבוהות יותר של המערכת האגרו-אקולוגית.

מחקרים מראים שהחוות האורגניות מספקות יתרונות למגוון רחב של צמחים ובעלי חיים (סקירת המחקרים במאמר של Hole et al., 2005). מחקרים אחרים התמקדו בהשוואה של המגוון הביולוגי בחוות אורגניות למגוון הביולוגי בחוות קונוונציונאליות, תוך התייחסות לקבוצות טקסונומיות שונות, כמו, ציפורים (Chamberlain et al., 1999); חברת הצומח צמחים בשולי השדות (Aude et al., 2003); צמחים וחסרי חוליות (Fuller et al., 2005); ועטלפים (Wickramasinghe et al., 2005).

¹¹ הכוונה לחקלאות אורגנית בשדות פתוחים, ולא לגידולים אורגניים בהממות ובבתי רשת סגורים.

Wickramasinghe et al. (2003), ערכו מחקר על עושר ומגוון מיני עטלפים בחוות אורגניות בהשוואה לחוות קונוונציונאליות. למרות שלא נמצא הבדל מובהק בין עושר מיני העטלפים בין שני סוגי החוות, פעילות של עטלפי חרקים הייתה גבוהה בחוות האורגניות מאשר בחוות הקונוונציונאליות. לטענת החוקרים, החקלאות האורגנית מספקת יתרונות לעטלפים על-ידי אספקת בתי גידול מורכבים יותר, ושפע גבוה יותר של חרקים. מעניין לשים לב, ששני מינים של עטלפי חרקים: פרספ גדול (*Rhinolophus ferrumequinum*), ופרספ גמדי (*F. hipposideros*) נצפו רק בשדות האורגניים, ונעדרו לחלוטין מהחוות הקונוונציונאליות. שני מיני העטלפים האלה הם מינים הנמצאים ברשימות מינים בסכנת הכחדה בעולם ובישראל (דולב ופרבולוצקי, 2000).

8.2 ההסבה מחקלאות קונוונציונאלית לחקלאות אורגנית

חוות אורגניות רבות מהוות יחידות מבודדות בתוך מרחב חקלאי אינטנסיבי, המאופיין בשימוש נרחב בחומרי הדברה ונוף הומוגני. לכן, במקרים רבים הנוף החקלאי האינטנסיבי סביב החווה אינו יכול לספק מקורות להתחדשות המגוון הביולוגי.

Fuller et al. (2005), מצאו שעוצמת התגובה למעבר מחקלאות קונוונציונאלית לחקלאות אורגנית הייתה גבוהה במיוחד בצמחים. החוקרים הציעו שישנם הבדלים בין תכונות הפצה והתבססות של מינים שונים ושל קבוצות טקסונומיות שונות. מהמחקר עולה שלמרות שצמחים מושפעים באופן ישיר מהוספת קוטלי עשבים ודשנים למערכת החקלאית, חברת הצומח הטבעית מתאוששת במהירות רבה יחסית במידה ונותר בנק זרעים טבעי בקרקע. לעומת זאת, בעלי חיים מקבוצות טקסונומיות קרקעיות אחרות זקוקים לאוכלוסיות מקור קרובות כדי להתבסס מחדש אחרי הכחדה מקומית. לכן, בחוות מבודדות, ההסבה לחקלאות אורגנית לא הובילה לעליה דרמטית במגוון הביולוגי.

פרק 9: עיבוד משמר של קרקע חקלאית

9.1 עיבוד משמר של קרקע חקלאית (חקלאות ללא-חריש)

מרבית החקלאים בעולם חורשים את הקרקע במהלך הכנתה לזריעה. פילוח הקרקע והפיכת שכבת הקרקע העליונה הן פעולות המשמשות להטמנת שאריות הצומח מגידולים קודמים לתוך הקרקע. חריש משמש גם כאמצעי אגרו-טכני למלחמה בצמחי באשה עשבוניים ("עשבים רעים"), ולאווורור הקרקע. אולם, למרות שחריש הוא פעילות חקלאית המקובלת ברב האזורים המעובדים בעולם, כיום גוברת המודעות לכך שפילוח הקרקע הוא הגורם המרכזי להתדרדרות של הקרקע החקלאית בעולם.

פעולות החריש, המקובלות בחקלאות קונוונציונאלית, גורמות להסרת הצומח מעל לפני הקרקע לערעור מבנה הקרקע, ולחשיפת שכבת הקרקע העליונה לתהליכי בלייה מואצים של מים ורוח. התדרדרות במצבן של הקרקעות החקלאיות היא אחת מהבעיות הסביבתיות הגלובליות החמורות ביותר. בלייה של קרקעות חקלאיות וירידה בפוריותן הם תהליכים המאיימים על ייצור המזון ועל רווחת האדם, בעיקר במדינות צפופות ועניות. יתרה מכך, פעולות חריש מגבירות את עצמת הנגר העילי, ומגבירות ניקוז של סחף, חנקות, וחומרי הדברה מהשדות לתוך מקווי המים.

שיטות המתפתחות כיום בעולם, **לעיבוד משמר (Conservation Agriculture)** של הקרקע החקלאית, מיועדות למניעה של הסחיפה וההתדלדלות של קרקעות על-ידי צמצום הפגיעה במבנה הקרקע, ושמירה על צמחיית חיפוי המחזיקה את שכבת הקרקע העליונה ומעשירה אותה בחומרים אורגניים. חקלאים המעבדים את הקרקע **בשיטות של חקלאות ללא-חריש (No-till agriculture)**, למשל, משאירים את שאריות הצמחים בשדות לאחר הקציר. שורשי הצמחים מחזיקים את הקרקע ומשמרים את היציבות של השכבה העליונה (הפורייה) של הקרקע, ושאריות צמחי הגידול מהווים חיפוי המגן על הקרקע מפני סחיפה והסעה ברוחות. זריעת הגידולים נעשית ישירות לתוך הקרקע המיוצבת, באמצעות מזרעות מיוחדות החורצות תלמים רדודים בקרקע, ומטמינות את הזרעים מתחת לצמחיית החיפוי.

המעבר מחקלאות קונוונציונאלית לעיבוד משמר לא פשוט הן מהבחינה הכלכלית, והן מהבחינה האגרונומית. השינוי בתנאים החקלאיים בשדה עלול ליצור תנאים המטיבים עם מיני מזיקים חקלאיים או עם גורמי מחלות. יתרה מכך, בשנים הראשונות למעבר נדרשות כמויות גבוהות יחסית של דשנים עבור חלק מהגידולים, ושל קוטלי עשבים למלחמה בצמחי באשה ומזיקים. התלות הגדלה בכימיקלים חקלאיים בשנים הראשונות עלולה לפגוע במגוון הביולוגי, ולהגביר את הזיהום הסביבתי.

בעשורים האחרונים, פותחו מזרעות חדשניות, וחומרים ממוקדים להדברת עשבים. באופן עקרוני, ההתפתחויות הטכנולוגיות האלה מאפשרות לחקלאים לערוך הסבה לעיבוד משמר מבלי להתפשר על רווחיות כלכלית לטווח הארוך. אולם, עלות רכישת המזרעות ומחיר חומרי הדברת העשבים אינו מאפשר לחקלאים "קטנים" לעבור מחקלאות קונוונציונאלית לחקלאות משמרת. לכן, דווקא באזורים המאופיינים בחקלאות בקנה מידה קטן, שבהם הרווח הפוטנציאלי מאימוץ אסטרטגיות של עיבוד משמר עשוי להיות משמעותי מאד לרווחת התושבים ולקיימות, מספר החקלאים העוברים הסבה לחקלאות משמרת כמעט אפסי.

תיבת מידע 5

שימור קרקע בארה"ב

התנועה לשימור הקרקע נולדה בארה"ב בשנות הארבעים של המאה העשרים, בעקבות תקופת "קערת האבק" ("Dust bowl" era, 1935-1939) שבמהלכה הסיעו רוחות הבצורת כמויות עצומות של קרקע פורייה מהערבות המערביות של דרום ארה"ב, והותירו משבר חקלאי עמוק וחווות מרוששות. כתבה מעוררת מחלוקת שפרסם האגרונום Edward Faulkner, על "האיולת של המחרשה"¹², זרעה ספקות בדבר נחיצותה של המחרשה לעיבוד החקלאי. אולם, פיתוח שיטות לעיבוד ללא-חריש התאפשר רק בשנות השישים, אחרי מלחמת העולם השנייה ובעקבות פיתוח קוטלי העשבים הסינטיים.

כיום, עיבוד משמר (Conservation tillage) היא חלק מגישה אסטרטגית כוללת לשימור הקרקע, המקודמת על-ידי משרד החקלאות האמריקני (USDA) באמצעות תמריצים והטבות. לפי גישת משרד החקלאות האמריקני, עיבוד משמר כולל כל גישה חקלאית המשמרת בקרקע שאריות מהגידולים, באופן שמשאיר לפחות 30% מפני הקרקע

מחופה לאחר הזריעה. נתוני המשרד לשימור משאבי טבע האמריקני מראים כי תהליכי סחיפה של קרקעות בארה"ב פחתו ב- 43% בין השנים 1982 – 2003. השיפור הדרמטי נובע ממעבר של חקלאים רבים מחקלאות קונוונציונאלית לעיבוד משמר (Huggins & Regnold, 2008).



מקור התמונות: US National Archives

9.2 הקשר בין עיבוד משמר לבין שימור מגוון ביולוגי

שמירה על הקרקע החקלאית אינה הרווח הסביבתי היחיד ממעבר לעיבוד משמר. חריש עמוק פוגע בפוריות קרקעות חקלאיות, הן על-ידי פגיעה באוכלוסיות מאקרואורגניזמים (שלשולים וטרמיטים) החשובים להנעה של תהליכי פירוק של חומרים אורגניים בקרקע (Lavelle, 1997); והן על-ידי זירוז תהליכי שטיפה הגורמים לקרקע לאבד חומרי הזנה אורגניים חיוניים בקצב מהיר (Holland, 2004).

הסבה לעיבוד משמר, תומכת במגוון היצורים החיים בתוך הקרקע על ידי ייצוב של בתי הגידול התת-קרקעיים, והעשרת הקרקע בחומרים אורגניים. בנוסף לכך, השארת שורשי הצמחים בתוך שכבת הקרקע העליונה וחיפוי הקרקע בחומר צמחי, מגביר את חלחול המים לתוך הקרקע, ומצמצם את כמות הנגר העילי המתנקז מהשדה אל מקווי המים הסמוכים.

9.3 השפעת ממשק הקרקע החקלאית על תהליכי פירוק ומחזור של חומרים אורגניים

האופי והקצב של תהליכי הפירוק והמחזור של חומרים אורגניים בקרקע, מושפע מאופן הטיפול בקרקע. במערכות חקלאיות קונוונציונאליות, המבוססות על הפיכת הקרקע (על-ידי חריש או גירוד של שכבת הקרקע העליונה), פילוח הקרקע מצניע את החומר הצמחי בתוך הקרקע, ומביא אותו למגע ישיר עם החנקן המינרלי המצוי בה. ממשק חקלאי כזה מוביל לתהליכי פירוק המבוססים על פעילות של חיידקים. אלה תהליכי פירוק מהירים יחסית, המתאפיינים באבדן רב של חומרי הזנה מהקרקע.

לעומת זאת, במערכות חקלאיות המבוססות על עיבוד משמר, שבהן מכסחים את העשבים ויוצרים חיפוי מחומר צמחי, החיפוי עובר פירוק ראשוני על-ידי יצורים על-קרקעיים המצניעים אותו בקרקע לקראת המשך הפירוק על-ידי אורגניזמים תת-קרקעיים כמו שלשולים, וחיידקים. במערכות המבוססות על עיבוד משמר נשמרת הפרדה בין חיפוי מחומר צמחי על פני הקרקע, לבין חנקן שמקורו מינרלי המצוי בתוך הקרקע. הפרדה זו מובילה לתהליכי פירוק איטיים, המבוססים על פטריות המפרקות חומרים אורגניים (fungal-based soil systems). תהליכי פירוק איטיים מלווים באבדן מצומצם יחסית של חומרי הזנה מהקרקע.

הפן הישראלי 13

עיבוד משמר של קרקע חקלאית בישראל

בשנת 2007 יצא משרד החקלאות ופיתוח הכפר בהודעה על מתן תמיכות לחקלאים המעבדים קרקעות בסיכון סחיפה גבוה. התמיכה הניתנת לחקלאים, מיועדת לעזרה ברכישת מיכון וציוד הכרחי לקיום משטר עיבודים משמרי קרקע. מטרת התמיכה הן "קידום חקלאות משמרת, המשלבת שימור קרקע ומים, שיפור התשתית החקלאית והסביבתית על-ידי השהייה וחדור מי-גשם, וניקוז עודפי רטיבות." התוכנית נמצאת תחת האחריות המנהלית של האגף לשימור קרקע וניקוז של משרד החקלאות.

עוד במסגרת התוכנית לשימור קרקע, קיימת בישראל בשנים האחרונות מגמה של אימוץ השימוש בכיסוי צמחי בין שורות העצים במטעים. ניתן לזהות שני ממשקים עיקריים של שימוש בכיסוי צמחי: הראשון, זריעה של צמחי תרבות בין השורות במטע (בעיקר בזרעי שיבולת שועל ולעיתים אספסת); והשני, תחזוקה בכיסוח של העשבייה הטבעית בין השורות כחיפוי צמחי. עד כה, התצפיות בהשלכות המגמות הללו מראות שכסוי צמחי מפחית את סחיפת הקרקע מהמטעים (לא קיימות מדידות כמותיות).

המחקר על השימוש בצמחי כיסוי וחיפוי צמחי במטעים ובשדות גד"ש בישראל נמצא בחיתוליו. התועלת בגידול צמחי כיסוי במטעים נבחנה מחקרים בכמה היבטים חקלאיים, כמו שיבולת שועל כאמצעי לקליטת חנקות מהקרקע (אברהמס וחובי, 2003), ושימוש בצמחי כיסוי למלחמה בעשבים רעים, ויסות רמת חנקן, ושימור מים (רובין וחובי, 2008). **ראוי לעודד מחקרים בין-תחומיים שיבחנו מגוון תועלות – הן מבחינת שימור מגוון ביולוגי ואספקת שירותים אקולוגיים, שעשויות לעלות משימוש בצמחייה מקומית טבעית כצמחי כיסוי וחיפוי במטעים.**



**כרם עם צמחיית כיסוי טבעית בשפלת יהודה
(צילום אורית סקוטלסקי)**

פרק 10: עקרונות לממשק אקולוגי של מזיקים במערכות חקלאיות

"It's a subtle effect, but over time the advantage increases. Your system moves slowly towards a natural balance, and your pest problems decrease."

Zach Berkowitz, Californian vineyard consultant

מתוך: Altieri et al., 2005

10.1 הדברה ביולוגית באמצעות אויבים טבעיים

עבור חרק המזיק לחקלאות, שדה הומוגני של גידול מושקה ומדושן מהווה ריכוז טהור של המזון האהוב עליו. מינים רבים של חרקים פיתחו התאמות למערכות החקלאיות הפשוטות האלה, ומתרבים בהן במהירות. האויבים הטבעיים של מזיקי החקלאות, לעומת זאת, לא מצליחים באותה המידה בשדות החקלאים, מכיוון שהם מותאמים למערכות טבעיות ומחזור החיים שלהם דורש יותר מאשר מזון או פונדקאים. אויבים טבעיים - כמו צרעות טפיליות, חרקים טורפים (חיפושיות ופשפשים), נדלים, עכבישים, ועקרבים, זקוקים לבתי גידול המתאימים לחריפה; למקומות מחסה ומחילות יציבות; ולמקורות מזון אלטרנטיביים כמו אבקה או צוף לשלבים שונים במחזור החיים.

הדברה ביולוגית של מזיקים (Biological control) היא גישה המבוססת על אסטרטגיות למניעה של התפרצות המזיקים באמצעות בנייה ועידוד אוכלוסיות של אויבים טבעיים בשדה, כדרך לצמצם את הצורך בתגובה להתפרצות המזיקים עצמה. תכנון הממשק החקלאי מתמקד בבניית ההגנות הטבעיות של השדה החקלאי, על-ידי "עטיפת" המערכת החקלאית במערכת אקולוגית המקיימת מגוון של אויבים טבעיים, או הוספה מלאכותית של אויבים טבעיים לשטח המעובד. אמצעים כימיקלים לתגובה על התפרצויות של מזיקים נשמרים למקרי חירום בלבד, לפתרון בעיות שלא נבלמו באמצעות האויבים הטבעיים.

אולם, מרבית הפיתוח של אמצעים להדברה ביולוגית מתמקד ביחסי גומלין בין מין אחד של מזיק חקלאי לבין מין אחד של אויב טבעי, ובהבנת יחסי הגומלין ברמת השדה הבודד. בשנים האחרונות מתנהלים מחקרים "בהדברה ביולוגית משמרת" (Conservation biological control). מחקרים אלה מראים כי עליה בקנה המידה המרחבי - ממחקר ברמת השדה הבודד, למחקרים ברמת הנוף החקלאי מניבה תובנות חדשות על הדברה ביולוגית טבעית (Schmidt et al., 2004).

10.2 ההקשר הנופי של הדברה ביולוגית טבעית

במחקרים אגרו-אקולוגיים שנערכים בשנים האחרונות נמצאו השפעות חזקות של מבנה הנוף החקלאי על יחסי הגומלין הדינאמיים בין מזיקי חקלאות לבין האויבים הטבעיים שלהם (Schmidt et al., 2004; Altieri, 2005). באופן כללי, מחקרים אקולוגיים מראים שככל שקיים בנוף החקלאי אחוז גבוה יותר של בתי גידול טבעיים, רמת הטפילים והטורפים של מזיקי חקלאות עולה. **מסתבר, שככל שהנוף החקלאי מגוון יותר, הוא מספק לאויבים טבעיים מגוון רחב יותר של בתי גידול אלטרנטיביים הדרושים לשלבים שונים במחזור חייהם.**

כתמים של צמחייה טבעית ששרדו בין ובשולי השדות, יכולים להפוך למקור של אויבים טבעיים, רק במידה והם מנוהלים בממשק המכוון לייצוב המערכת האקולוגית, ולאספקת המשאבים הדרושים לחרקים המועילים שאותם מעוניינים לטפח. מסתבר שמינים רבים של אויבים טבעיים זקוקים, בשלב כלשהו במחזור החיים שלהם, למשאבים שאינם נמצאים בשדות מעובדים. לכן המינים האלה נעדרים או נדירים בנופים המעובדים באינטנסיביות. כך למשל, אזורים שבהם מרבית השטח מעובד והקרע נחרשת מידי שנה אינם יכולים לספק מקורות צוף ואבקה עבור בוגרים של צרעות טפיליות, או קרקע יציבה וכיסוי צמחי רב-שנתי הדרושים להשלמת מחזור החיים של חרקים ועכבישניים טורפים (ראו סקירת מחקרים במאמר של Schmidt et al., 2004).

אחת הבעיות המרכזיות ביישום של הדברה ביולוגית טבעית, היא שהמגוון הביולוגי בנופים חקלאיים אינטנסיביים (פשוטים) נוטה להיות מדולדל (Benton et al., 2003).

נשאלת השאלה, מהו המרחק המקסימאלי בין בתי גידול טבעיים, שעשויים להיות מקור לאויבים טבעיים, לבין השדות שאותם הם עשויים לאכלס?

מחקרים שונים בדקו מרחקי תפוצה של אויבים טבעיים מכתמים טבעיים עד מקורות מזון ופונדקאים שהוצבו בשדות מעובדים. מרחקי התפוצה האלה מייצגים מרחקי חיפוש של קבוצות פונקציונאליות שונות של אויבים טבעיים. מסתבר, שמזיקים אוכלי צמחים וצרעות טפיליות נוטים להגיב לסמנים במרחק של עד 1.5 ק"מ; טפילים של כנימות הניזונות מדגנים הגיבו בסקאלות מרחביות קטנות יותר – עד 0.5 ק"מ; ואילו עכבישי רשת (ממשפחת Linyphiidae), הידועים כטורפים חשובים במערכות חקלאיות הראו מרחקי חיפוש בסקאלות מרחביות גדולות יחסית, של עד 2 ק"מ (Schmidt et al., 2004).

10.3 מהם העקרונות לתכנון נוף חקלאי העשוי לעודד הדברה ביולוגית טבעית?

באופן כללי, נופים חקלאיים בעלי מבנה מורכב ורמת קישוריות גבוהה הם הנופים שבהם הסיכוי לשליטה במזיקים באמצעות אויבים טבעיים (Tschamtket et al, 2008; Schmidt and Tschamtket, 2004).

Tschamtket et al. (2008), כתבו מאמר סקירה רחב היקף על הדברה ביולוגית טבעית של מזיקים, ושאלו כיצד ניתן לשמר לאורך זמן חברות מגוונות של חרקים מועילים, ואת שירותי

ההדברה שהן מספקות? החוקרים סיכמו שמבחינה אגרו-אקולוגית נופים מורכבים, המאופיינים בפסיפס מקושר היטב של כתמים טבעיים וכתמים מעובדים, עשויים להיות המתאימים ביותר להדברה ביולוגית טבעית במסגרת מעבר מחקלאות קונוונציונאלית לחקלאות בת-קיימא. החוקרים הוסיפו שעדיין אין מספיק מידע אמפירי כדי לבסס המלצות מפורטות לתכנון התצורה האופטימלית לנוף חקלאי שיתחזק מגוון גבוה של אויבים טבעיים, שחלקם טורפים ג'נרליסטים, שתפקידם להחזיק רמה כללית נמוכה של טפילים במרחב, וחלקם טורפים ספציאליסטים, שתפקידם למנוע או למתן התפרצויות של טפיל מסוים הפוגע בגידולים.

לפי Altieri et al (2005), המאפיינים של נוף חקלאי המאכלס מגוון של אויבים טבעיים הם:

- השדות קטנים מוקפים בכתמים או ברצועות של צמחייה טבעית.
- הגידולים מגוונים, וחברת הצומח בתוך השדות ומסביבם כוללת צמחים רב-שנתיים, וצמחים חד-שנתיים בעלי פרחים.
- הגידולים מנוהלים כגידולים אורגניים, תוך צמצום למינימום השימוש בכימיקלים חקלאיים.
- הקרקעות מכילות כמויות גבוהות של חומרים אורגניים המעודדים פעילות ביולוגית, ובעונת השנה שבה אין גידולים חקלאיים הקרקע מכוסה בחיפוי צומח או בצמחייה.

הפן הישראלי 9

עידוד אויבים טבעיים להדברה ביולוגית

בישראל נערכו עד היום עבודות מעטות בלבד על וויסות מזיקים באמצעות אויבים טבעיים החודרים מהסביבה הטבעית אל השדה החקלאי. Shaltiel & Coll (2004), הראו שצפיפות כנימות מזיקות במטעי אגסים נמוכות יותר בשולי מטעים הקרובים לחורש ים-תיכוני, מאשר במרכז המטעים. החוקרים זיהו מין של פשפש החי על עצי אשחר בחורש הים תיכוני, המהווה טורף טבעי של הכנימות. מסתבר שאוכלוסיית הפשפשים נבנית במהלך חודש מרץ על עצי האשחר הסמוכים למטע, והפשפשים מופיעים בתוך המטעים בחודש מאי. אולם, מכיוון שהפשפשים חודרים למטעים בשלב יחסית מאוחר בעונת גידול הפירות, הם אינם יכולים לווסת את אוכלוסיית המזיקים ולמנוע את הנזק הכלכלי. כפתרון, הוצע לטעת עצי אשחר ליד השדות, בכדי לייצל את וויסות המזיקים על-ידי פשפשים טורפים.

Palevsky et al. (2007), הראו שתוספת של אבקת פרחים מעודדת אקריות טורפות, ומגבירה הדברה של אקריות מזיקות במטעי מנגו ואבוקדו. החוקרים הציעו שהארכת משך התקופה שבה יש אבקת פרחים במטע, על-ידי עידוד של צמחיית חיפוי בין עצי המטע, עשויה למשוך אקריות טורפות למטעים, ולתרום למניעת התפרצויות של כנימות מזיקות.

Gavish-Regev et al. (2008), חקרו הגירה של עכבישים בין שטחים טבעיים לבין שדות חיטה בנגב. נמצא שיותר מ-50% מהעכבישים שנאספו בתוך השדות סווגו כמהגרים מהשדות אל השדה מהשוליים המדבריים הטבעיים המקיפים אותו. מסקנות המחקר הן שמיינים המהגרים מהכתמים הטבעיים אל תוך השדה בשלב מוקדם במהלך עונת הצמיחה עשויים להיות בעלי חשיבות עליונה לויסות התפרצויות של מזיקים, מכיוון שהם מספיקים להגיע לצפיפויות גבוהות בתוך השדה במהלך עונת הגידול. המחקר מדגיש את החשיבות של שמירה על בתי גידול טבעיים לצד השדות החקלאיים, גם באזורים מדבריים שבהם יש פער גדול בין מאפייני בתי הגידול הטבעיים והחקלאיים.

הפן הישראלי 10

תנשמות ומכרסמים בשדות חקלאיים

מתוך : סקר מכרסמים ארצי, פברואר – מרץ 2008 / יואב מוטר

הדברה ביולוגית של מכרסמים בעזרת תנשמות היא שיטה ידידותית לסביבה, המהווה תחליף לפיזור רעלים בשדות, ומתבססת על יכולת הצייד והריבוי הטבעי של הטורפים. פיזור תיבות קינון לתנשמות ובזים בשולי השדות המעובדים, תורם להגברת קצב הרבייה של טורפי-העל, ומספריהם גדלים בהדרגה בשטחים החקלאיים, תוך כדי שהם ניזונים ממכרסמים הנעים סביב הקן (מוטרו, 2008).

סקר מכרסמים ארצי השדות חקלאיים נערך במרץ 2008 בחמישה אזורים חקלאיים שונים בישראל. במלכודות הונחו במרכז השדות החקלאיים (כולל שדות חיטה ומטעים), במטרה לאמוד את שפע המכרסמים בשדות; להעריך באיזו מידה הדברה ביולוגית בעזרת תנשמות ובזים עשויה להקטין את נזקי החקלאות בכל אזור; ולתכנן את פריסת תיבות הקינון.

כמעט כל המכרסמים שנלכדו בשדות שייכים לשלושה מינים הידועים כמוזיקים עיקריים לחקלאות בישראל – **עכבר הבית, נברן השדה, ומריון מצוי**. אוכלוסיות המכרסמים (מוזיקי חקלאות) בשדות הן בגדלי ביניים (באופן יחסי בעמק החולה האוכלוסיות הצפופות ביותר, ובצפון הנגב הדלילות ביותר) במרבית סוגי הגידולים החקלאיים. אוכלוסיות צפופות של נברנים נמצאו בשדות אספסת או אפונה, מכיוון שאלו גידולים מושקים, רב-קצריים, שבהם מתקיים גידול ירוק רציף במשך מספר שנים. מסקנת הסקר היא שבמרבית האזורים, ובמרבית סוגי הגידולים (מלבד אספסת) הדברה באמצעות תנשמות צפויה להספיק כדי להחזיק את אוכלוסיות המכרסמים ברמה נמוכה ויציבה, ולמנוע את הצורך בפיזור חומרי הדברה רעילים.

נקודה זו חשובה לתכנון מדיניות מניעת נזקי חקלאות במסדרונות אקולוגיים:

אין ספק שיש חשיבות גדולה לשימוש בפתרונות ביולוגיים כתחליף לשימוש בחומרי הדברה. אולם, במידה ומגבירים את צפיפות טורפי-על (כמו תנשמות או בזים) באזורים חקלאיים ערכיים לשמירת טבע, חשוב לנטר את ההשפעה של אוכלוסיית הדורסים הגדלה על מגוון מיני החולייתנים הקטנים החיים בשטחים הטבעיים הגובלים בשדות. מוטר (מידע בע"פ) בדק כמויות גדולות מאד של צניפות של תנשמות מאזורים חקלאיים בישראל, ולא מצא עדויות לכך שהתנשמות ניזונות ממיני חולייתנים שאינם מזיקי חקלאות. אולם, מכיוון שחקלאים "השתכעו", ונוטים לפזר מספרים נדיבים של תיבות קינון סביב השדות, חשוב להמשיך ולנטר את ההשפעה ארוכת הטווח של הוספת תיבות הקינון: על מגוון מיני המכרסמים ויונקים קטנים החיים באזורים חקלאיים; על מינים אחרים של דורסים; ועל מינים "מתפרצים" של ציפורים המשתמשים בתיבות הקינון לרבייה.

10.4 שילוב אסטרטגיות - גישת החווה השלמה

ניהול הנוף החקלאי באופן המעודד אויבים טבעיים אינו דורש בהכרח שינויים קיצוניים בממשק החקלאי, או ויתור על שטחים יצרניים נרחבים. מדובר בעיקר על שינוי האופן שבו מנוהל הנוף החקלאי, למשל: ניהול שולי השדות ללא ריסוסים וצמצום ההפרעות; ממשק רצועות צומח כבנק חיפושיות בתוך השדות ובשוליהם; עידוד צמחיית כיסוי וחיפוי צומח בין העצים במטעים ובכרמים.

גישת החווה השלמה ("Whole farm approach") היא גישה הוליסטית לתכנון מערכות חקלאיות המשלבות את ניהול המזיקים החקלאיים לתוך אספקטים של ניהול הקרקע ושל ניהול הגידולים החקלאיים. לפי התפיסה הזו, כל החלטה ממשקית הקשורה לניהול המזיקים החקלאיים, צריכה לקחת בחשבון את ההשלכות של המהלך על המגוון הביולוגי התת-קרקעי (מפרקים), ועל המגוון הביולוגי העל-קרקעי (מאביקים ואויבים טבעיים).

סיכום מקיף על גישת החווה השלמה לניהול אקולוגי של מזיקים נמצא בחוברת שכתבו Altieri et al. (2005). החוברת מכילה גם דוגמאות רבות לממשק מזיקים אקולוגי המופעל בחוות אגרו-אקולוגיות שונות בארה"ב. (ראו גם המלצות יישומיות, ומודל בפרק 14).

פרק 11: נזקי חקלאות – הקונפליקט בין החקלאים לבין חיות הבר בישראל

11.1 נזקי חקלאות בישראל

ישראל מדינה צפופה ביותר, ולכן קיים חיכוך מתמיד בין חיות בר לבין בני האדם – במיוחד באזורים הכפריים. אזורים טבעיים בישראל מהווים מקור להפצת מחלות כמו כלבת, לשמניה (שושנת יריחו), וקדחת הנילוס המערבי.

Nemtzov (2002), מונה סדרה של קונפליקטים הנוצרים על קו המגע בין חקלאים לחיות הבר בישראל: עופות מים כמו שקנאים, קורמורנים, ואנפות לילה גורמים נזקים בבריכות דגים; עגורים אפורים ניזונים בשדות גד"ש; זאבים ותנים טורפים טלאים ועגלים באזורי מרעה; חולייתנים שונים מחוררים צינורות וגורמים לנזקים במערכות השקיה; חזירי-בר, דרבנים, וצבאים מזיקים למטעים צעירים ולשדות מעובדים; עטלפי פירות מזיקים למטעי ליצי; ונמיות טורפות אפרוחי יענים. Moran and Keidar (1993), ערכו רשימה של מיני בעלי חיים המזיקים לחקלאות בישראל.

הטיפול בנזקי חקלאות כולל אמצעי הסברה לחקלאים (נמצוב, 2009); אמצעים לצמצום החדירה של חיות בר לאזורים חקלאיים באמצעות גידור ואמצעי הרתעה פירוטכניים, כמו כלבים, אמצעי דחייה, ורעשים; וממשק אקטיבי של אוכלוסיות של חיות בר – עד כדי אמצעים שנויים במחלוקת של דילול של חולייתנים.

חקלאים הנפגעים מנזקים של חיות בר פונים לפקחי רשות הטבע והגנים, ומסתייעים בעזרה של ציידים מורשים. אולם, לעיתים קרובות חקלאים "לוקחים את החוק לידיים", יורים או מרעילים חיות בר הנמצאות בשטחים המעובדים. בשנים האחרונות החקלאים נוטים לגדר מטעים בכדי למנוע כניסה של חיות בר לשטחים המעובדים. אולם, גדרות צפופות, המיועדות למנוע כניסה של תנים וחזירים למטעים, יוצרות חסימות בנוף החקלאי הפתוח, ומקשות על המעבר והמנוסה של צבאים וחיות בר אחרות מטורפים וציידים (Nemtzov, 2002; נמצוב 2009).

11.2 השפעות של חומרי הדברה על ציפורים בישראל – חזרה לאביב הדומם

בישראל, חלק ניכר מפעילות ההגנה על חיות בר מתמקדת בהתמודדות עם פגיעה של חומרי הדברה בציפורים. למרות שישראל נחשבת למדינה מפותחת בתחומים רבים, נושא אישור השימוש בחומרי הדברה נמצא הרבה מתחת לסטנדרטים הנהוגים במרבית מדינות המפותחות - הן מבחינת מידת ההתחשבות בסיכון שחומרים שונים מהווים לחיות בר; הן מבחינת השליטה באופן השימוש של החקלאים בחומרי הדברה; והן מבחינת הניטור של השפעת החומרים השונים המאושרים לשימוש, על ציפורים וחיות בר. כיום, חסר בישראל גוף מרכזי, הממומן על-ידי הממשלה, שיקדם תוכנית לניטור ומדיניות ארוכת טווח לצמצום הפגיעה הסביבתית של חומרי

הדברה. בחוברת שנערכה על-ידי Shlosberg & Bahat (2000), פורסמה סקירה מקיפה על סוגים שונים של חומרי הדברה הנמצאים בשימוש בישראל, ועל הסיכון היחסי שלהם לחיות הבר. שתי קבוצות של חומרי הדברה נגד חרקים – זרחנים אורגניים (OP), וקרבמטים, המשפיעים על מערכת העצבים בחרקים ובחולייתנים, מהווים את הגורם למרבית התמותה של חיות בר מחומרי הדברה.

Mineau & Duffe (2000, באותו קובץ), מזהירים מפני פגיעה משמעותית של חומרי ההדברה באוכלוסיות של ציפורים הנוודות מעל הארץ, ועוצרות לתדלוק או לחריפה בשדות מעובדים. החוקרים מציינים שציפורים הנוודות מעל ישראל מגיעות לאזור תשושות, וניזונות בשדות החקלאיים. הודגש, שבשונה מהחקלאות באזורים ממוזגים, עונת הגידול בישראל מתפרסת לאורך חודשים רבים. לכן חומרי ההדברה נמצאים בסביבה החקלאית במשך רוב חודשי השנה, דבר המקשה על גיבוש מדיניות המצמצמת את השימוש בחומרי הדברה בתקופות הנדידה של הציפורים. באזורים צחיחים הבעיה חמורה במיוחד, מכיוון שהשדות המושקים מהווים גורם משיכה לציפורים.

11.3 ההשלכות של גידור על שמירת טבע באזורים חקלאיים בישראל¹³

גידור לסוגיו, בשטחים פתוחים עלול לחסום את האפשרות של בעלי החיים להגיע למשאבים הדרושים להם (מים, מזון, מחסות); להשפיע על יכולת התנועה של יונקים גדולים ובינוניים ולגרום לקיטוע של אוכלוסיות בעלי חיים; להשפיע על שרידותם של מינים קטנים - כמו עופות זוחלים ומכרסמים, הנחשפים לטריפה מצד דורסים העומדים על הגדר או טורפים הנעים לאורכה. לכן, באזורים חקלאיים יש לגידור השפעה קריטית על תפקוד השטח כמסדרון אקולוגי. כך למשל, בשטחי מטעים בצפון הארץ, קיים תהליך בו מוצבת גדר משותפת סביב שטחי חקלאות של משקים שכנים. מההיבט הכלכלי יש כאן חיסכון באורך הגדר ובהשקעה שבהקמתה ותחזוקתה, אולם, מההיבט האקולוגי מדובר על חסם ההולך וגדל ככל שהשטחים המוקפים נרחבים יותר.

¹³ הקטע עובד מתוך מסמך מדיניות בנושא "השפעת גידור על שטחים פתוחים והמלצות לפעולה", הנמצא כעת (2009) בכתביה על-ידי **דו"תן רותם** (רט"ג). ניתן יהיה לאתר את המסמך בין מסמכי המדיניות באתר רשות הטבע והגנים הלאומיים.

הצבתה של כל גדר מכל סוג בשטח פתוח עשויה להוות מלכודת לבעלי חיים ניצודים. במקרים שונים, בצפון ישראל, נצפו כלבים וזאבים כאשר הם מצמידים צבאים או בע"ח אחרים לגדרות ולמעשה משתמשים בגדר כמתקן המסייע לצייד (ריכמן 2007, סיני וחוב' 2007).



בתמונה: טריפת צבי ארצישראלי על-על ידי כלב בסמוך לגדר (צילום: דורון ניסים).

כמוכן, גדר המוצבת בשטח פתוח יכולה לגרום לפגיעה ולפציעה של בעל חיים המנסה לחצותה (רשימת מאמרים בנושא אצל רותם, 2009). כך למשל, לגדר תלתלית המונחת על פני הקרקע פוטנציאל הנזק הגבוה ביותר. אולם גם גדרות בקר עם ארבעה וחמישה גידים מהוות מלכודת לבעלי חיים צעירים, ואף לעופות דורסים, לציפורי-שיר, לעטלפים, וליונקים שונים הנתקעים בקוצי התיל או בחורי הגדר.



בתמונה: צבי ארצישראלי שנלכד בגדר תלתלית (מקור הצילום - רטי"ג)

במסמך מדיניות בנושא גידור, הנכתב בימים אלה (2009) על-ידי דותן רותם מרשות הטבע והגנים, ניתן יהיה למצוא הנחיות מפורטות לגידור חקלאי באופן הממזער את הפגיעה בחיות בר בשטחים החקלאיים.

11.4 הקונפליקט בין בוקרים לזאבים והדילמה של חלקות המיגון¹⁴

אוכלוסיית הזאבים בגולן ובגליל נתונה לחץ של ציד מצד בוקרים, החוששים מטריפת עגלים. בחלק מאזורי רעיית הבקר נוצר מפלט (אזור ללא קונפליקט) עבור הזאבים בתקופות שבהן אין רעיית בקר בשטח הפתוח. אולם, באזורים שבהם מתקיימת רעיית בקר בחלקות שונות לאורך כל השנה, קיים לחץ רב של בוקרים על אוכלוסיית הזאבים.

יתרה מכך, ישנם אזורים המוגדרים כאזורי קונפליקט, בהם מותר לבוקרים לירות בזאבים גם בתחומי שמורות הטבע. כך למשל, באזור נחל תבור ובאזור רמות יששכר מתקיימת רעיית בקר קבועה גם בתחומי שמורות הטבע. רעיית הבקר באזור רמות יששכר קיימת מזה שנים רבות, הרבה לפני שהוכרזה שמורת טבע במרחב. לכן, קשה לקיים כיום ממשק שונה בשטח השמורה מאשר בשטחי המרעה, ומתקיים ירי של בוקרים בזאבים בכל המרחב.

כלבי רועים כאמצעי הרתעה - בעבר, גידלו הבוקרים גם להקות של כלבים שליוו את העדרים והרחיקו את הזאבים. ללא טיפול והאכלה, הכלבים היוו סכנה לתושבים באזור, והחלו לצוד צבאים וחיות בר אחרות.

הדילמה של חלקות מיגון נגד טורפים - חלקות המיגון נגד טורפים הינן פתרון שהחלו ליישמו בשנת 2000, במטרה להגן על עדרי ההמלטה מפני טריפות בעונת ההמלטות. חלקות מיגון נבנו תחילה ברמת הגולן, ועם הזמן החלו בקשות לבנות חלקות כאלה גם באזור הגליל התחתון. למרות שחלקות המיגון אכן מקטינות את רמת הקונפליקט בין החקלאים לזאבים, חלקות המיגון המגודרות יוצרות חסימות בנוף החקלאי הפתוח ופוגעות בשימור חולייתנים גדולים באזורים חקלאיים. בשנים האחרונות מתברר כי החלקות המגודרות האלה מהוות גורם הקוטע את בית הגידול של יונקים גדולים כמו (צבאים, גיריות, דרבנים) - מאטות את מנוסתם של צבאים (ובעלי חיים אחרים) במרחב, ומקלות על לכידתם על-ידי ציידים וטורפים.

באופן עקרוני ישנה התנגדות של רשות הטבע והגנים להקמת חלקות מיגון מגודרות, משום שהנזק הנגרם לאוכלוסיות של חיות בר עולה על התועלת בשימור אוכלוסיית הזאבים. לכן, הוחלט לבחון באופן פרטני כל בקשה להקמת חלקת מיגון. בשנת 2004 גובשו ברשות הטבע והגנים עקרונות מנחים לתכנון וממשק של חלקות מיגון באזורים חקלאיים.

¹⁴ חקטע עובד מתוך "דו"ח זאבי צפון ישראל, ניטור וממשק 2003 / אלון רייכמן"; וכן מתוך הדו"ח "חלקות מיגון נגד זאבים במרחב גליל תחתון (ניתוח שטח) / יפתח סיני וחובי, (2005, רט"ג)".

11.5 התפרצויות נברנים בשדות חקלאיים בישראל¹⁵

(מתוך דולב וחובי, הצעה למחקר – ראו הפניה למטה)

נברן שדות (*Microtus socialis guentheri*) הינו מכרסם הנפוץ בארץ בכל האזור היס-תיכוני, בעיקר בעמקי הצפון ובגולן, בגיאיות שבהן אדמה עמוקה וכבדה. הנברנים ניזונים מחומר צמחי ירוק וזרעים, משורשים, ומקמל עשבוני. הנברנים חיים במשפחות גדולות, והם בעלי כושר ריבוי גבוה מאוד. נקבה ממליטה בממוצע 9 גורים בהמלטה, ועשויה להגיע ל-7 מחזורי המלטה בשנה. טווחי התנועה של הנברנים במרחב מוגבלים עד עשרות מטרים ספורים, ולכן אוכלוסיותיהם עשויות להגיע לצפיפויות גבוהות מאוד של מאות פרטים לדונם. בצפיפות גבוהות הנברנים גורמים לנזקים כבדים לגידולי שדה ולשטחי מרעה (Mendelsohn & Yom-Tov 1999).

דרכי התמודדות עם המזיק בעבר ובהווה

במהלכה של "התפרצות נברנים" גדולה בתחילת שנות ה-50 נעשה שימוש נרחב בגרעינים מורעלים בתאליים בכדי להדביר את הנברנים. הרעל גרם לפגיעה קשה באוכלוסיות גדולות של אויבים טבעיים – עופות דורסים וטורפים ממחלקת היונקים והזוחלים (מנדלסון 1964); (Mendelsohn 1973). עבודות מאוחרות של האגף להגנת הצומח במשרד החקלאות בחנו דרכי הדברה שונות של אוכלוסיות הנברנים (Moran & Keidar 1994), והמלצותיהם המיושמות כיום, תומכות בתכשירים כדוגמת "רוש 80" (סודיום פלואורואצטט 1080) המפוזרים באופן ממוקד להדברת נברנים. גישה זו הינה המקובלת כיום, אולם לא אחת נעשה שימוש במינון יתר של חומר זה, ו/או בחומרים אסורים הגורמים להרעלות משנה של טורפים טבעיים (שכולם הם מינים מוגנים).

בעשורים האחרונים נעשים מאמצים לחיפוש אחר גישות המשלבות עידוד פעילותם של אויבים טבעיים כאמצעי להפחית נזקי מכרסמים. בעמק בית שאן התבססו עבודות אלה על הקמת בתי קינון מלאכותיים לתנשמות (*Tyto alba*) ובזים מצויים (*Falco tinnunculus*) שהם חלק מן הטורפים הפוטנציאליים של נברן שדות (כחילה 1992, ארם 1999, טורס 2002, אביאל וחוברי 2003). בתי הקינון ממוקמים בתוך שטחים חקלאיים בצפיפות של תיבה לכל כ-50 דונם. שיטות אלה הראו הצלחה רבה בהפחתת פעילות הנברנים, בעיקר בשטחי חקלאות אורגנית, ובטיפולים ארוכי טווח. אולם בשטחים שכללו הדברה קונבנציונאלית, אירעו הרעלות משנה של תנשמות ודורסים אחרים (אביאל וחוברי, 2003), ולא התאפשרה הצלחת פעילותם בהפחתת אוכלוסיות הנברנים. כמוכן, ההדברה הביולוגית אינה נותנת מענה לעלייה מהירה של אוכלוסיות הנברנים בחלקות ספציפיות, דבר שעלול להוביל לשימוש מוגבר בחומרי הדברה בתקופות מסוימות.

¹⁵ הקטע עובד מתוך: "תוכנית להפחתת נזקי נברנים בעמק החולה / דולב, ע., נתנון, ט., פלוד, נ., גרף, ש., שאלתיאל, ל., רבינוביץ, א., וחקלאי גד"ש יפתח-חולתה. "

דינאמיקה מרחבית של אוכלוסיות

מעקב אחר אירועים של התפרצויות נברנים בשטחי מרעה (Noy-Meir 1988), הראה קשר ישיר בין גובה הצמחייה לעוצמת נוכחות הנברנים. במקומות בהם הייתה רעייה חזקה והצמחייה הייתה נמוכה, לא נצפתה פעילות רבה של נברנים. לעומת זאת בחלקות בהם הצומח היה גבוה כתוצאה מרעייה קלה או היעדר רעייה, נצפתה עוצמת פעילות של כ-1000-2000 חורים פעילים לדונם. קשר זה מרמז על חשיבותם של האזורים בעלי צומח גבוה כבסיס להתפתחות אוכלוסיות גדולות. אזורים כאלה כוללים משאבי מזון חיוניים ומחסות מטורפים פוטנציאליים (בעיקר מעופפים).

עבודה אחרת הבוחנת את הדינאמיקה של התפרצות אוכלוסיות נברנים ודרכי הממשק המתאימות (דולב וחובריו, 2008) בחנה את הדינאמיקה של התפשטות אוכלוסיות הנברנים בשטחי מרעה. תוצאות עבודה זו הראו שנוכחותם של חסמים במרחב (כמו כבישים או שטחי מרעה המצויים ברעייה חזקה) משפיע על דפוס התפשטותם של הנברנים במרחב. משמעות הדבר, ששימוש בחסמים פיזיים עשוי לתעל את הנברנים לאזורים מסוימים, ולהקטין את הסתברות חזרתם לחלקות חקלאיות.

במחקר המתקיים בשנים האחרונות בעמק החולה, מנסים דולב וחוב' לפתח גישה משולבת למניעת התפרצויות נברנים בשדות. הגישה הנבחנת מתבססת על הבנת הדינאמיקה המרחבית של אוכלוסיות הנברנים, ומציעה לנצל את העובדה ששטח חקלאי אינו מהווה מרחב קיום יציב עבור אוכלוסיות המכרסמים. בתקופות השפל שבין עונות הגידול, שבהן אין אפשרות לקיום אוכלוסיות של המכרסמים בשטח החקלאי, נדרשת פעולה לדחיקתם המקסימאלית מהשדות. לעומת זאת, בתקופת שיא הגידול החקלאי, יש להתמקד במניעת ההגירה וההתפשטות של אוכלוסיות המכרסמים משולי השדות לתוכם. **המחקר של דולב וחוב' בוחן את האפשרות להתמקד בממשק אזור שולי השדות החקלאיים (edge), ולשלב בין יצירת חסימות פיזיות בשולי השדות החקלאיים (למניעת הגירת נברנים בין חלקות בעונת הגידול); לבין הגברת פעילות הטורפים הטבעיים המווסתים את האוכלוסיות בכתמי המקור בשולי השדות; ולבין הדברה נקודתית במקרים קיצוניים.**

חלק שני: המלצות לתכנון מסדרונות משמרים בתווך החקלאי

הקדמה לחלק היישומי של המסמך

בספרות המדעית קיימים ספרים ומאמרים רבים המציעים עקרונות מנחים לשימור המגוון הביולוגי בתוך אזורים שמורים ושמורות טבע (Diamond, 1975 ; Margules and Pressey, 2000). אולם, רק בשנים האחרונות החלו להופיע מאמרים המסכמים עקרונות לניהול אזורים חקלאיים באופן שיקדם את תפקוד המערכות האקולוגיות ואת שימור המגוון הביולוגי. לכן, ההמלצות היישומיות לשימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים הן ראשוניות למדי. יש להדגיש שמתקיימים כיום מחקרים רבים על הקשרים המורכבים בין חקלאות לשמירת טבע, והמאמרים העוסקים בנושא נמצאים בלב השיח האקולוגי המדעי.

מטרת החלק הזה של המסמך היא לרכז המלצות יישומיות לתכנון ולממשק של נופים חקלאיים התומכים בשימור מגוון ביולוגי, בעיקר באזורים חקלאיים ערכיים לשמירת טבע ובמסדרונות אקולוגיים. חלק מההמלצות היישומיות המובאות להלן מבוססות על מסקנות מסקירת ספרות המדעית המוצגת בחלקו הראשון של המסמך; וחלקן מבוססות על מדריכים לתכנון מסדרונות ואזורי חיץ (Hellmund & Smith, 2006; Hilty et al., 2006; Bentrup, 2008). מרבית האזורים המשולבים בטקסט הושאלו ממדריך לתכנון מסדרונות ואזורים חיץ משמרים שפורסם על-ידי משרד החקלאות והיעור בארה"ב (Bentrup, 2008).

כדי לארגן את המידע, חילקתי את ההמלצות לשלוש רמות מרחביות:

רמת אגן ההיקוות (Watershed): המלצות לתכנון אזור חיץ משמרים סביב ערוצים וסביב מקווי מים ובתי גידול לחים באגן ההיקוות (ראו רקע מדעי בפרק 7).

רמת הנוף הכפרי (Landscape):

- א. המלצות להגדלת הקישוריות של התווך החקלאי הן על-ידי שימור כתמים ומסדרונות של צמחיה טבעית בנוף (ראו רקע מדעי בפרק 4, 5, 8);
- ב. המלצות להגברת שירתי המערכת האקולוגית בנוף החקלאי, על-ידי שימור, שיקום, וייצוב של המערכת האקולוגית התת-קרקעית והעל-קרקעית בשולי השדות (ראו רקע מדעי בפרק 5, 6, 8, 10, 11).

רמת השדה החקלאי (Field management):

המלצות לשינוי הממשק החקלאי בשדות המעובדים, במטרה לצמצם את ההבדלים בין התווך החקלאי לבין כתמי הצמחייה הטבעיים הגובלים בו; להגדיל את מגוון בתי הגידול בשדות החקלאיים; ולהפוך את השדות עצמם למסדרונות מקשרים בין כתמים טבעיים (ראו רקע מדעי בפרק 6, 8, 10).

פרק 12: המלצות ברמת אגן ההיקוות

12.1 תכנון אזורי חיץ משמר סביב מקווי מים (Conservation Buffers)

אסטרטגיות לשימור המגוון הביולוגי ברמת אגן ההיקוות, מתמקדות בתכנון אזורי חיץ משמר סביב ערוצים ואזורי היקוות של מים (ראו גם פרק 7). המטרות של אזורי החיץ הן לשימור על איכות המים במקווי מים ובבתי גידול לחים; לצמצם את הנגר העילי ואת סחיפת הקרקע; ולשמור על היציבות והפוריות של שכבת הקרקע העליונה.

הפרק הזה מתמקד בהנחיות לתכנון וממשק של אזורי חיץ משמר. אולם, חשוב להדגיש, שעל-מנת לקדם גישה מערכתית לשימור המגוון הביולוגי ברמת אגן ההיקוות, יש לשלב את תכנון אזורי החיץ עם שינוי שיטות העיבוד בשדות. למשל, יש לקדם הסבה של הממשק החקלאי לעיבוד משמר של הקרקע (ראו פרק 10), ולצמצם את כמות המזהמים הניגרים מהשדות.

12.1.1 מטרות, תפקידים, וארגון מרחבי של החיץ המשמר

(לרקע המדעי - ראו פרק 7)

מטרות החיץ המשמר

- שמירה על איכות המים הנקווים, וצמצום כמות המזהמים המגיעים עם המים אל תוך המערכת האקולוגית המימית.
- צמצום הנגר העילי והפחתת סחיפת אדמה, חומרים אורגניים, ומזהמים לתוך ערוצים ומקווי המים.
- שמירה על המגוון הביולוגי בבתי הגידול הלחים; שמירה על מגוון המינים המשלימים את מחזור החיים שלהם בבתי הגידול היבשתיים בקרבת המים; ויצירת מסדרונות מקשרים בין בתי גידול לחים.

תפקידי החיץ המשמר

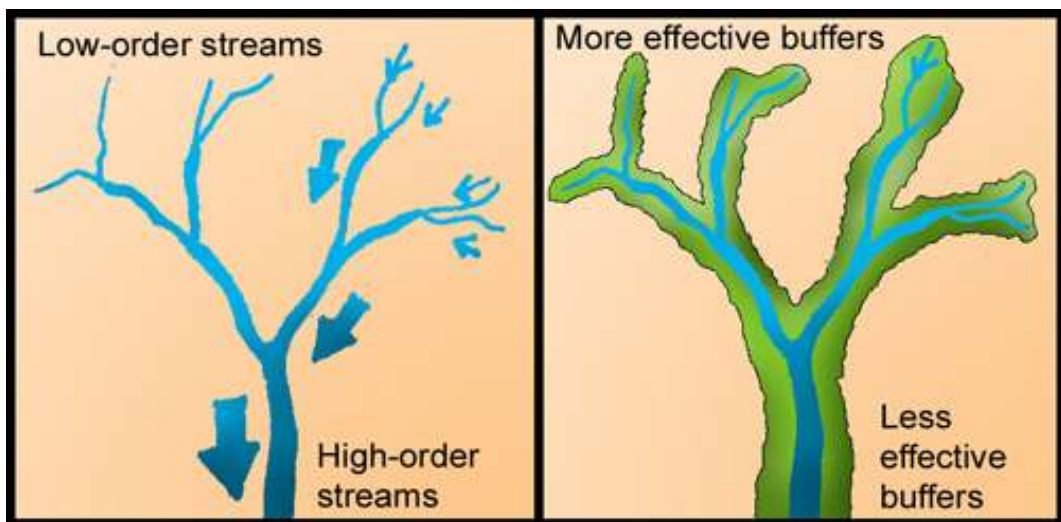
1. להאט את זרימת הנגר העילי, ולהגביר את חדירות הקרקע למים;
2. ללכוד ולסנן מזהמים מהנגר העילי לפני הגעתם למקווי המים;
3. לסנן מזהמים מזרימות מים תת-קרקעיות;
4. לייצב את הקרקע ולצמצם את סחיפת הקרקע בגדות;
5. להשתלב ברשת מסדרונות מעבר בתווך החקלאי, והגביר את הקישוריות עבור מגוון המינים החיים סביב בתי הגידול הלחים.

קביעת סדרי קדימויות בבחירת אזורים לתכנון חיץ משמר

1. כדאי להתמקד בתכנון אזורי חיץ משמר באזורים חקלאיים שדרכם נקווים מים רבים למאגרי מי תהום או למקווי מים מרכזיים ;
2. כדאי למקד את ההשקעה בחיץ משמר לאזורים חקלאיים שבהם התוואי הטופוגרפי תלול ועשוי לייצר נגר עילי רב, ובאזורים שבהם הקרקעות קלות (דקות גרגר) וסחיפת הקרקע מהירה יותר ;
3. כדאי להשקיע בחיץ משמר באזורים שבהם יש בתי גידול לחים ערכיים לשימור המוקפים בנוף חקלאי.

ארגון החיץ המשמר במרחב

אזורי חיץ משמר היעילים יותר הם אלה המקיפים ערוצים (ותעלות ניקוז) קטנים, מסדר גודל שני ושלישי, ולא אלה המקיפים ערוצים מרכזיים, מסדר ראשון (ראו איור 6). זאת משום שמרבית המים באגן ההיקוות מתנקזים אל הערוצים דרך תעלות ניקוז וערוצים קטנים הנקווים בין השדות.

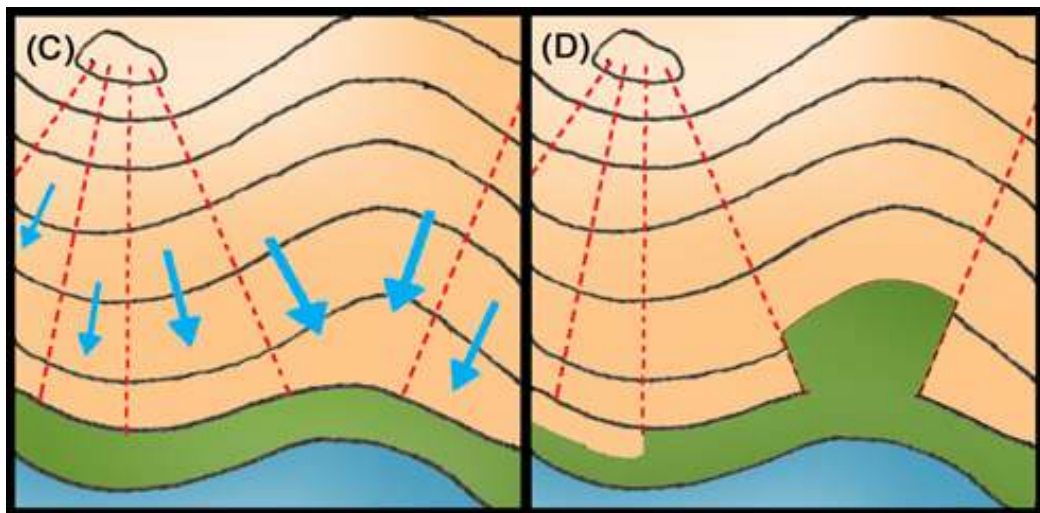


איור 6: אזורי חיץ משמר המקיפים ערוצי ניקוז קטנים יעילים יותר לשמירה על איכות המים מאשר אזורי חיץ סביב ערוצים מרכזיים (מתוך Bentrup, 2008).

12.1.2 תכנון רוחבו של החיץ המשמר

הרוחב המומלץ לחיץ משמר משתנה מאזור לאזור, בהתאם לתנאים טופוגרפיים וסביבתיים. לתוואי הטופוגרפי ולסוג הקרקע יש השלכות על היכולת של החיץ המשמר לסנן מזהמים מהנגר העילי המתנקז מהשדות אל מקווי המים. באזורים שבהם המדרונות תלולים, ובאזורים שבהם הקרקעות דקות גרגר, נוטה להיווצר נגר עילי רב. לכן אלה האזורים שבהם יש לייצר חיץ משמר רחב יותר. כמוכן, באזורים המאופיינים באדמות קלות, האדמה נוטה להיסחף בקלות. לכן, גם באזורים האלה מומלץ לתכנן חיץ משמר רחב יחסית. **באתר של משרד החקלאות וייעור האמריקאי (USDA), ניתנים כלים לחישוב רוחב החיץ המשמר המומלץ, בהתאם לתנאים הטופוגרפיים ולעומס המזהמים (ראו באתר: WWW.bufferguidelines.net).**

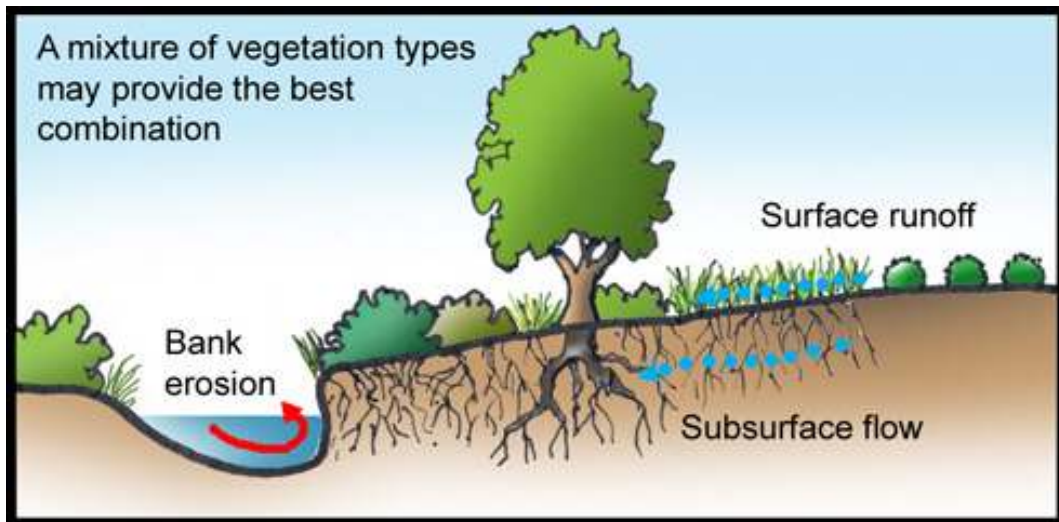
בנוסף לכך, ברמה המקומית, חיץ משמר שרוחבו קבוע יהיה פחות יעיל מחיץ שרוחבו משתנה בהתאם לתנאים הטופוגרפיים המקומיים; לעצמת הנגר העילי; לסוג הקרקע; ולאופי הממשק החקלאי באזור התורם את הנגר (איור 7).



איור 7: תכנון רוחב איזור החיץ בהתאם לתנאים טופוגרפיים ולעצמת זרימת הנגר העילי. האיור השמאלי מציג את ההבדלים בעצמת הנגר העילי בנקודות שונות לאורך שולי הערוץ, והאיור הימני מציג עקרונות להתאמת מקומית של רוחב החיץ המשמר לתנאים הטופוגרפיים (מתוך: Bentrup, 2008).

12.1.3 תכנון וממשק של חברת הצומח באזור החיץ המשמר

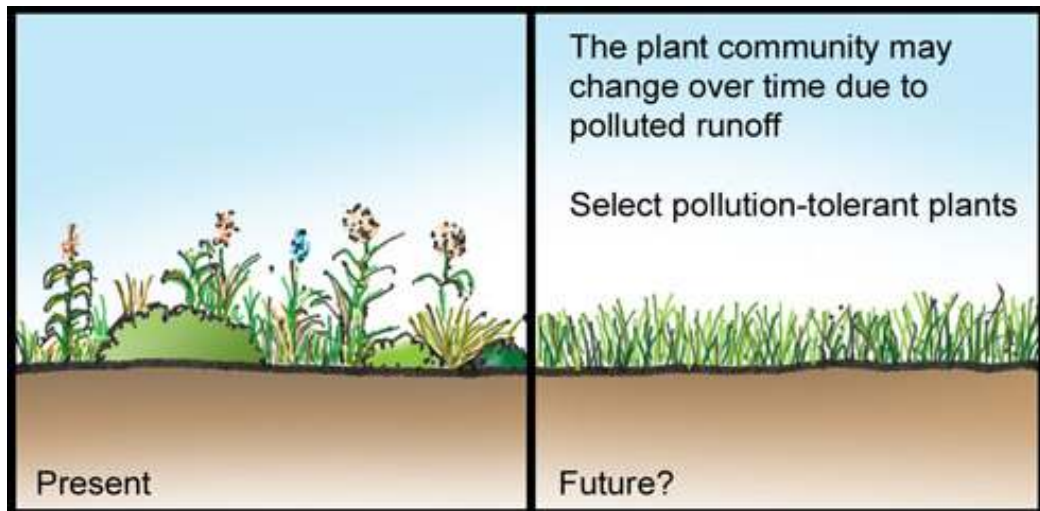
צומח טבעי ומשוקם באזורי חיץ מסייע להסרת מזהמים חקלאיים בכמה דרכים: האטת קצב הזרימה של הנגר העילי; הגברת שיקוע סחף הקרקע; הגברת חדירות הקרקע למים; וקליטה ומחזור של חומרי הזנה כמו חנקות וזרחן. באופן כללי סוגים רבים של צמחייה מתאימים לביצוע כל התפקידים האלה. אולם, מומלץ לתכנן חברת צומח מגוונת המורכבת משילוב של תצורות צומח שונות – עצים, שיחים, וצמחייה עשבונית. מומלץ לשאוף להגדיל את עושר המינים באזור החיץ. בכל מקרה מומלץ להשתמש רק במינים מקומיים המותאמים לתנאי האזור, ולהימנע מזריעה או שתילה של מינים זרים לאזור (ראו איור 8 המציג הנחיות כלליות לתכנון הצומח).



איור 8: שילוב תצורות צומח ליעילות מקסימאלית של החיץ המשמר.

תהליכי סוקצסיה של הצומח באזור החיץ

עם השנים, תהליכי סוקצסיה בצמחייה באזור החיץ המשמר עשויים להפוך את חברת הצומח לחברה הומוגנית, המאופיינת במגוון נמוך של מינים רב-שנתיים או מינים פולשים (ראו פרק על תהליכי אוטרופיקציה בשולי השדות – פרק 5). התהליכים אלה עדיין לא נחקרו לעומק באזורים ים-תיכוניים, ולכן אין המלצות וודאיות לממשק ארוך-טווח של חברת הצומח באזורי חיץ סביב בתי גידול לחים בישראל. באזורים הסובלים מעומסי חנקות ומזיהום חקלאי, חברת הצומח עלולה להיות מורכבת בעיקר מצמחי מעזבות ושולי שדות, וממינים פולשים.



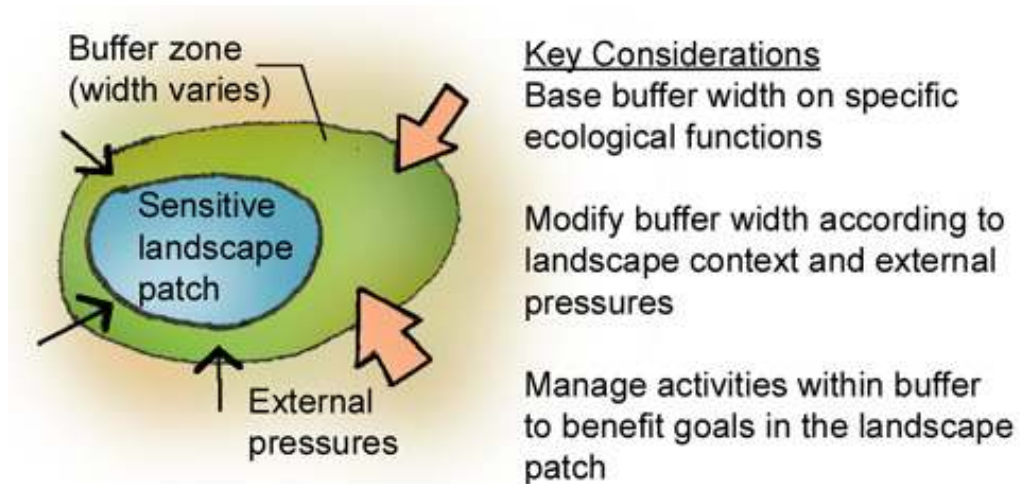
איור 9: תהליכי סוקצסיה של חברת הצומח באזור החיץ המשמר עלולים לשנות את תצורת הצומח, את מגוון המינים, ואת הרכב חברת הצומח..

באתר של משרד החקלאות והייעור האמריקאי ניתן למצוא הנחיות מפורטות לתכנון וממשק הצומח באזורי חיץ שונים. בניהם אזורי חיץ המיועדים לעצירת הקרקע הנסחפת משדות מעובדים; אזורי חיץ לקליטת עודפי חנקות או עודף זרחן; חיץ לקליטת חומרי הדברה; וחיץ לקליטת מזהמים הנקווים מהשדות במי תהום רדודים.
ראו באתר: WWW.bufferguidelines.net.

12.1.4 רוחב החיץ המשמר סביב בתי גידול רגישים

אסטרטגיה נוספת לצמצום אפקט השולים על המגוון הביולוגי היא יצירת אזור חיץ משמר (Conservation buffer) בין הכתמים הטבעיים לבין התווך החקלאי הגובל בהם. אזורי חיץ משמר יכולים לעזור לצמצם את ההשפעות הסביבתיות ההרסניות של התווך החקלאי על המגוון הביולוגי בכתם הטבעי. כך למשל, אזורי חיץ משמר (Riparian buffers) משמשים להגנה על נחלים או בתי גידול לחים באזורים חקלאיים רבים. באופן כללי, אזורי חיץ משמר חשובים במיוחד למקרים שבהם לתווך החקלאי יש השפעות שליליות חזקות על בתי גידול טבעיים - כמו למשל, שדה חקלאי המהווה מקור לחדירת מינים פולשים לשמורת טבע, או התנקזות של חנקות משטח חקלאי למקווה מים (ראו פרק 7 על אזורי חיץ משמר; Semlitsch and Bodie, 2003).

קביעת רוחב אזור החיץ המתוכנן צריכה להיות מבוססת על קביעת מטרות השימור, ועל אפיון הלחצים החיצוניים המופעלים על המערכת האקולוגית. כך למשל, להגנה על דו-חיים וצבים המאכלסים בתי גידול לחים, מומלץ לשמר חיץ יבשתי שרוחבו בין 100 ל-300 מטרים משולי המים (ראו פרק 7.2).



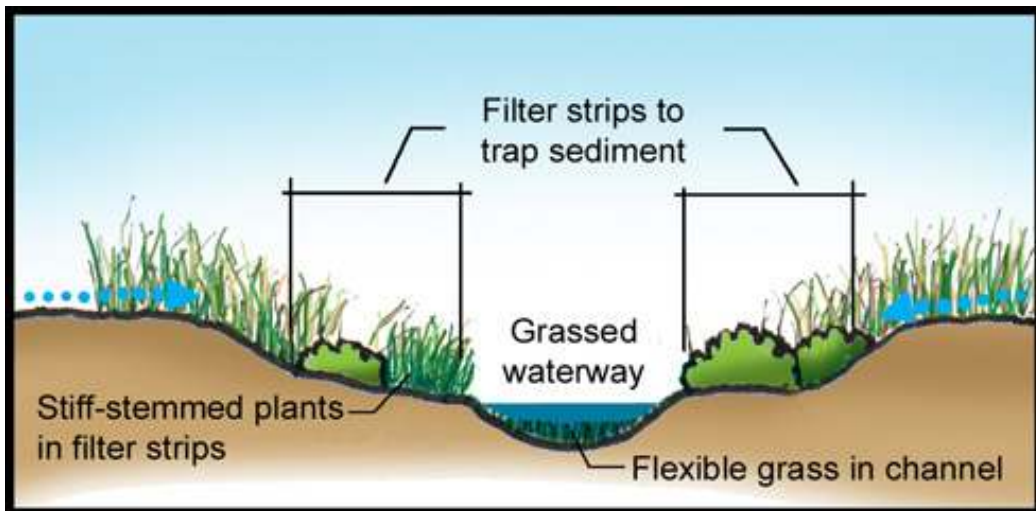
איור 10: נקודות מפתח לתכנון רוחבו של אזור חיץ משמר:

1. יש לבסס את רוחב אזור החיץ על השירותים האקולוגיים החשובים לשימור;
2. יש להתאים את רוחב החיץ המתוכנן ללחצים החיצוניים המופעלים על המערכת האקולוגית;
3. יש להתאים את הוראות הממשק של הפעילות באזור החיץ למטרות השימור של המערכת האקולוגית, ולעודד פעילות התורמת לשימור המגוון הביולוגי בכתם השמור.

12.1.5 ממשק משמר של תעלות ניקוז חקלאיות

ניתן לתכנן אזורי חיץ משמר גם סביב תעלות ניקוז של שדות חקלאיים (Grassed greenway management). ההמלצות הן לתכנן צמחייה עשבונית נמוכה (קצורה), בתוך התעלות, כדי לאפשר את זרימת המים. לעומת זאת, באזורים המסננים בשולי התעלות¹⁶ יש לתכנן צמחייה שיחנית גבוהה וקשיחה, שתעצור את הקרקע הנסחפת מהשדה המעובד, אך תאפשר התנקזות של נגר עילי לתעלה (ראו פרק 7; הפן הישראלי 1; ואיור 11).

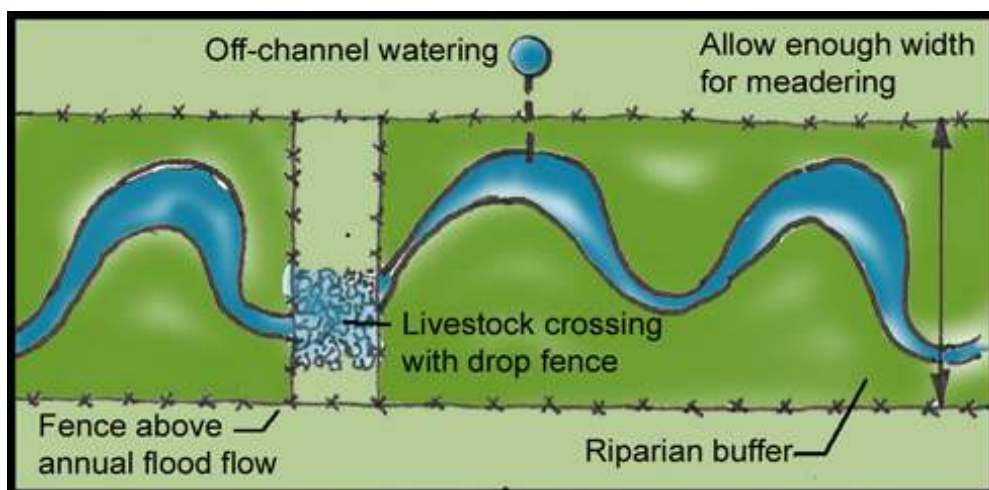
¹⁶ אזורי חיץ בשולי תעלות ניקוז - רצועות מסננות Filter strips.



איור 11: הנחיות לתכנון אזורי חיץ משמר סביב תעלות ניקוז חקלאיות (Benrtup, 2008).

12.1.6 ממשק רעיה סביב ערוצים ובתי גידול לחים

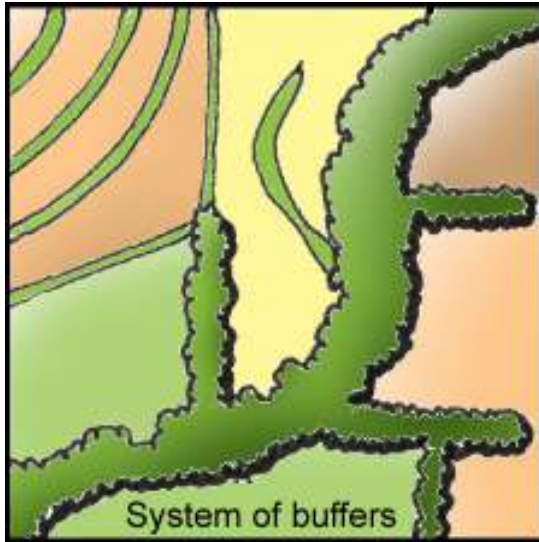
על מנת ליצור חיץ משמר יעיל סביב ערוצי נחלים ולשמור על איכות המים בבתי גידול לחים, יש להימנע מרעיה באזור החיץ המשמר. רעיית בקר וכבשים רומסת את הצמחייה באזור החיץ, מאיצה את הבליה של הקרקע, ופוגעת ביעילותו של החיץ המשמר. לחץ רעיה גבוה עשוי גם להגביר את עומס החומרים האורגניים במים, ולהאיץ תהליכי אאוטרופיקציה בבית הגידול הלח. לכן, באזורי מרעה מומלץ לגדר את אזור החיץ המשמר, על-מנת למנוע כניסת חיות משק אליו (ראו איור 12; הפן הישראלי 6). כמוכן, יש למנוע רעיה כאשר הקרקע רטובה, בתקופת הנביטה וההתבססות של הצמחייה, ובתקופות שבהן כיסוי הצומח מוגבל או סובל מתנאי יובש.



איור 12: גידול חיץ משמר באזורי מרעה (Benrtup, 2008).

12.2 אסטרטגיות משולבות לשמירה על מים, קרקע, ומגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים

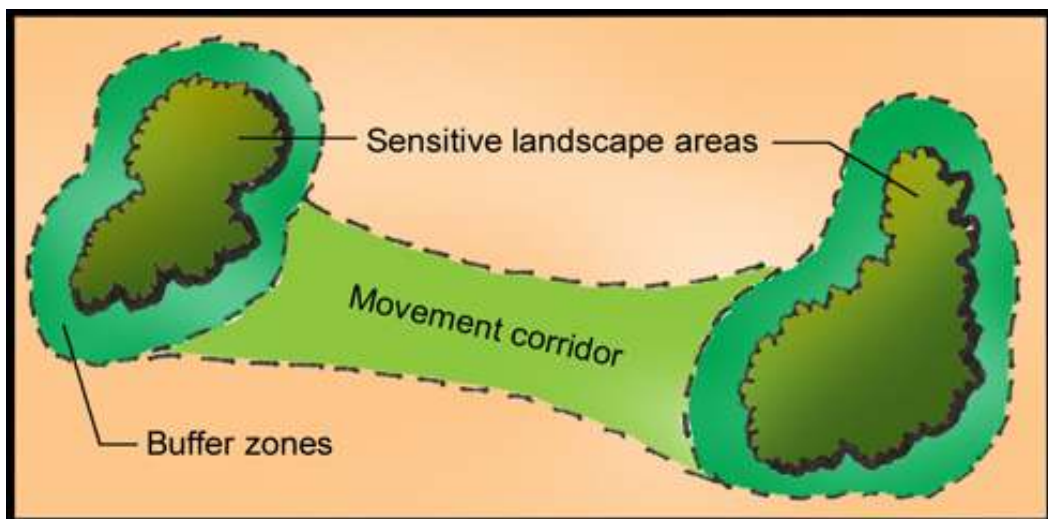
השמירה על איכות המים באזורים חקלאיים אינה יכולה להסתמך אך ורק על יצירת אזורי חיץ משמר סביב הערוצים ומקווי המים. גישה המערכתית לשמירה על איכות המים תלויה גם בממשק החקלאי באזורים התורמים את הנגר. לכן, יש לשאוף לשינוי שיטות העיבוד בשדות, ולהכיל מדיניות לעידוד הסבה לשיטות עיבוד סביבתיות. ניתן לראות בהקשר זה המלצות בתחום צמצום השימוש בכימיקלים חקלאיים והסבה להדברה באמצעות אויבים טבעיים **בפרק 11**; וכן, המלצות לצמצום פליחת הקרקע והסבה לעיבוד משמר **בפרק 10**.



בנוסף לכך, מומלץ למזער את פילוח הקרקע ואת השימוש בכימיקלים חקלאיים בתקופות שבהן קיים פוטנציאל ליצירת נגר עילי רב.

איור 13: מערכת אזורי חיץ באזורים חקלאיים – שימו לב לשילוב המוצע בין אזורי חיץ משמר (Conservation buffer) לבין רצועות צמחייה לאורך קווי רוחב בתוך השדות (Upland buffers). (מתוך Bentrup, 2008).

אזורי חיץ משמר (Conservation buffers) ומסדרונות אקולוגיים יכולים ליצור אסטרטגיה משולבת לשימור המגוון הביולוגי באגני היקוות חקלאיים. ניתן לנצל אזורי חיץ משמר סביב ערוצי זרימה של מים, כבסיס למסדרון אקולוגי, "ולעבות" את המסדרון בשולי השדות ליצירת רצועות צמחייה טבעיים המאפשרים הגירה בין בתי גידול לחים.



איור 14: שילוב בין אזורי חיץ משמר לבין מסדרונות מעבר בין בתי גידול לחים (Bentrup, 2008).

פרק 13: המלצות ברמת הנוף הכפרי

באופן כללי, כל האסטרטגיות העולות מהספרות המדעית לתכנון ולמשק של נופים חקלאיים התומכים בשימור מגוון ביולוגי מציבות עקרון מנחה מרכזי: הגדלת המורכבות המבנית של הנוף החקלאי. הטענה היא שככל שהנוף החקלאי הטרוגני יותר, הוא עשוי לתמוך במגוון ביולוגי גבוה יותר (ראו סקירת ספרות בפרק 4).

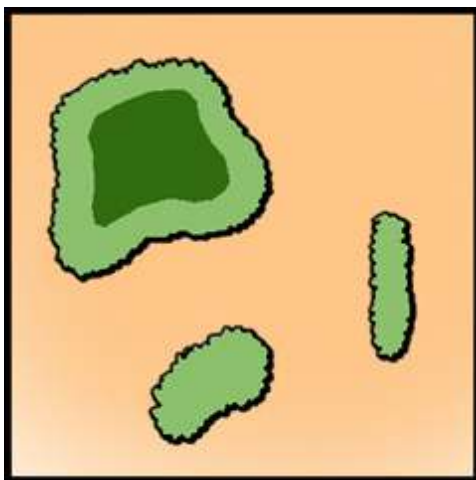
הנחיות מפתח כלליות לתכנון נוף חקלאי התומך בשימור מגוון ביולוגי:

- לקבץ אזורי פיתוח, ולהגן על רצפים של שטחים פתוחים – טבעיים או מעובדים;
- לשמור על כתמי צמחייה טבעיים, ולמזער את ההפרעות בהם;
- לצמצם חדירה והתפשטות של צמחים לא-מקומיים;
- לתכנן ממשק משמר בשולי השדות החקלאיים (בהתאם למטרות חקלאיות ואקולוגיות);
- לנהל את הממשק החקלאי בתוך השדות (פילוח הקרקע, קציר, ריסוסים) באופן שממזער את ההשפעות השליליות שלהן על המגוון הביולוגי והיציבות במערכת האגרו-אקולוגית.

13.1 שמירה על כתמים של צמחייה טבעית בין השדות החקלאיים

לכתמים קטנים של צמחייה טבעית ששרדו בתוך החקלאי, יש חשיבות עליונה עבור שימור המגוון הביולוגי, בעיקר באזורים חקלאיים שבהם יש מחסור במרחב טבעי לשימור.

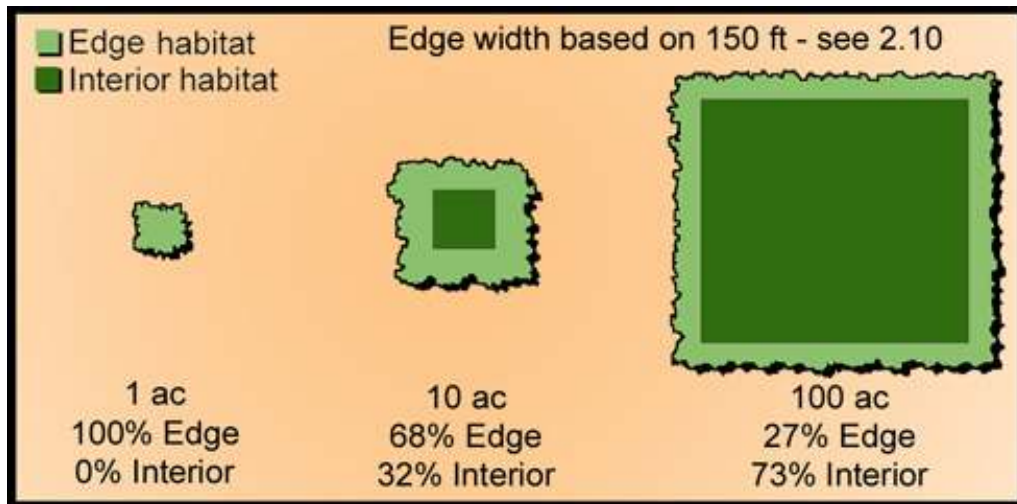
13.1.1 עקרונות לקביעת סדרי קדימויות בשימור כתמי צמחייה טבעית בנוף חקלאי



גודל הכתם: עקרון כללי באקולוגיה הוא שכתמים טבעיים גדולים, משמרים מגוון גבוה ואיכותי יותר של בתי גידול, ולכן הם מאכלסים מגוון ביולוגי גבוה יותר, ושפע גדול יותר של פרטים מכל מין (ראו גם פרק 4).

ישנה חשיבות גבוהה במיוחד להגנה על כתמים גדולים, המכילים חברת צומח מקומית, המאופיינת במבנה צומח מורכב.

איור 15: ככל שכתם טבעי גדול יותר, ישמר בו מגוון גדול יותר של בתי גידול טבעיים, ומגוון מינים גבוה (Bentrup, 2008).












איור 16: ככל שהכתם הטבעי גדול יותר, הוא יכול אחוז גבוה יותר של "בתי גידול פנימיים", שאינם מושפעים מאפקט השוליים. בתי הגידול הפנימיים חשובים לשימור מינים הרגישים להפרעות ולקיטוע של בתי גידול טבעיים.

גדלי השטח בטבלה מופיעים ביחידת שטח אקר (acre). **המרה לדונמים: 1 acre = 4 Dunam**. (Bentrup, 2008).

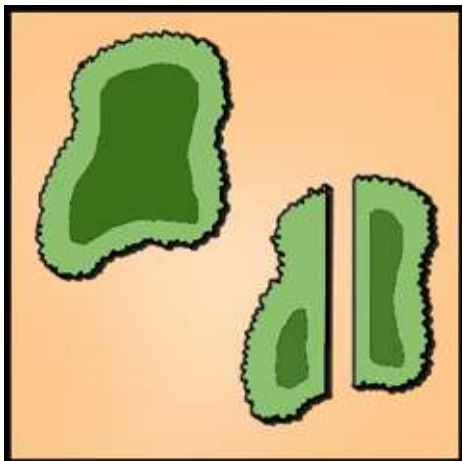
בנוסף להשפעת גודל הכתם, ישנה חשיבות למורכבות בית הגידול. כתם המאופיין במבנה צומח מורכב יותר, נוטה לתמוך במגוון ביולוגי גבוה יותר מאשר כתם המאופיין במבנה צומח פשוט או מדורדר. ישנם אלמנטים מבניים בנוף, שהם חשובים במיוחד מכיוון שמינים רבים, או תהליכים אקולוגיים מרכזיים, תלויים בקיומם. המרכיבים של אותם אלמנטים אופייניים, המכונים גם "מבני מפתח" ("Keystone-structures") משתנים במעבר בין מערכות אקולוגיות. לכן, יש לאפיין ולשמר את המורכבות המבנית ואת חברת הצומח המקומית, המספקת "מבני מפתח" שעשויים להוות בית גידול מתאים למגוון המינים המקומיים שאותו רוצים לשמר.

13.1.2 קביעת גודל כתם מינימאלי הדרוש לשימור מינים שונים

גודל הכתם הנדרש לשימור של כל מין תלוי בדרישות בית הגידול שלו ובאורח חייו, במאפיינים של בית הגידול; ובתווך הנופי שבו הכתם ממוקם (landscape context). באופן כללי ביותר, בעלי חיים גדולים זקוקים לכתמים גדולים יותר מאשר בעלי חיים קטנים. בחוברת ההנחיות שכתב Bentrup (2008), מופיעות הנחיות כלליות לקביעת טווח הכתמים המינימאליים הדרושים לשימור יצורים מקבוצות טקסונומיות שונות. ההנחיות שגיבש Bentrup, המופיעות בטבלה 2, עלו מסקירת מחקרים אקולוגיים שערך. אולם, יש לזכור שההנחיות המוצגות בטבלה הן הנחיות כלליות ביותר, ויש להתאים את תכנון הנוף לנתונים המקומיים, ולאורח החיים של מינים המהווים מטרה לשימור.

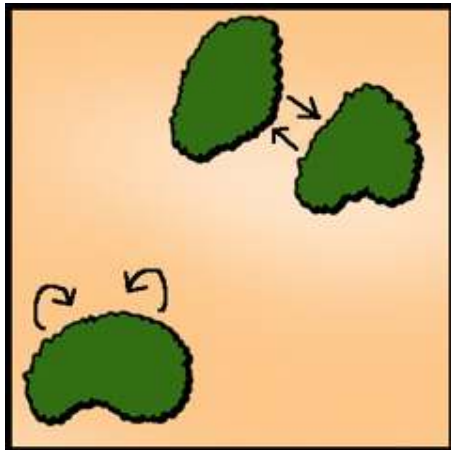
Example Ranges of Minimum Patch Area	
Taxa	Patch Area
 Plants	5 to \geq 250 ac
 Invertebrates	50 sq ft to \geq 2.5 ac
 Reptiles and Amphibians	3 to \geq 35 ac
 Grassland Birds	12 to \geq 135 ac
 Waterfowl	\geq 12 ac
 Forest Birds	5 to \geq 95 ac
 Small Mammals	2.5 to \geq 25 ac
 Large Mammals	40 ac to \geq 2 sq mi
 Large Predator Mammals	3.5 to \geq 850 sq mi

טבלה 2: הנחיות כלליות לקביעת טווח הכתמים המינימאליים הדרושים לשימור יצורים מקבוצות טקסונומיות שונות. גדלי השטח בטבלה מופיעים ביחידת שטח אקר (acre).
המרה לדונמים: 1 acre = 4 Dunam ; (הטבלה מתוך Bentrup, 2008).

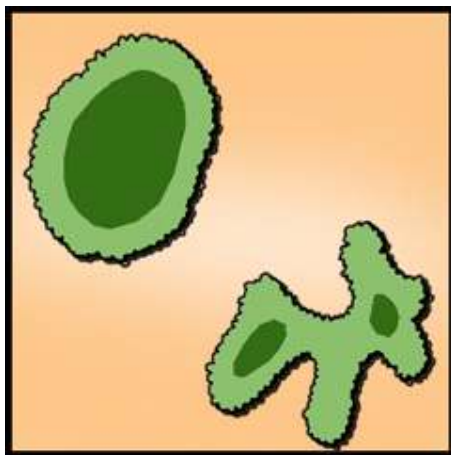


במצב שבו ישנם שני כתמים שגודלם דומה, אולם אחד מהם מבוטר והשני שלם, הכתם השלם הוא בעל ערך רב יותר לשימור המגוון הביולוגי, מאשר הכתם הקטוע. זאת מכיוון שבכתם השלם אפקט השוליים עשוי להיות נמוך יותר, ולכן המגוון הביולוגי שישרוד בכתם לאורך זמן צפוי להיות גבוה יותר.

איור 17: ערכו של כתם שלם לשימור מגוון ביולוגי גדול יותר מערכו של כתם מקוטע בגודל דומה (Bentrup, 2008).



המרחק בין כתמים סמוכים: ככל שהמרחק בין הכתמים קטן יותר, יש יותר סיכוי שיתקיימו קשרי גומלין בין פרטים ומינים החיים בכתמים סמוכים. יחסי הגומלין הפוטנציאליים האלה תלויים באורח החיים ובמרחקי התפוצה של מינים שונים. מומלץ לשמור על מרחקים קטנים ככל הניתן בין כתמים טבעיים בנוף (ראו גם פרק 4, ופרק 8).



צורת הכתם: כתם שצורתו אינה מפותלת יסבול פחות מאפקט השוליים, ויוכל לספק בתי גידול יציבים ("פנימיים") באחוז גבוה יותר משטחו. בתי הגידול הטבעיים היציבים, דרושים למינים "פנימיים" הנמצאים בדרך כלל בסיכון כתוצאה מהרס וקיטוע של בתי גידול טבעיים (ראו פרק ...).

איור 18: החשיבות של מרחק בין כתמים וצורת הכתם לשימור הגוון הביולוגי (Bentrup, 2008)

13.1.3 עקרונות להגברת הקישוריות בנוף חקלאי

ניתן להגביר את הקישוריות בין כתמים טבעיים בנופים חקלאיים על-ידי שמירה או שיקום של **רצועות צמחייה טבעית לאורך קווים אורכיים בין השדות ולאורך שולי השדות המעובדים** (פרק 5). מסדרונות אקולוגיים הבנויים ככתמים אורכיים של צמחיה טבעית, עשויים לעודד הפצה של אורגניזמים ממינים שונים בין כתמי צומח טבעי ששרדו בנוף החקלאי. בנוסף, כתמי צמחיה טבעיים קטנים הנשמרים בין שדות בתווך החקלאי, יכולים להוות מסדרונות הבנויים כאבני דריכה¹⁷, המאפשרים הפצה של מינים מכתם טבעי אחד למשנהו, דרך המרחב החקלאי ההומוגני.

מסדרונות משמרים בין השדות המעובדים יכולים להיות מורכבים מצמחיה מקומית ששרדה בנוף, או מצמחיה מקומית משוקמת (באמצעות נטיעות או שזרוע). השיקום והממשק של קווי צומח טבעי בין שדות חקלאיים צריך להתאים למטרות האקולוגיות והחקלאיות של שולי השדות.

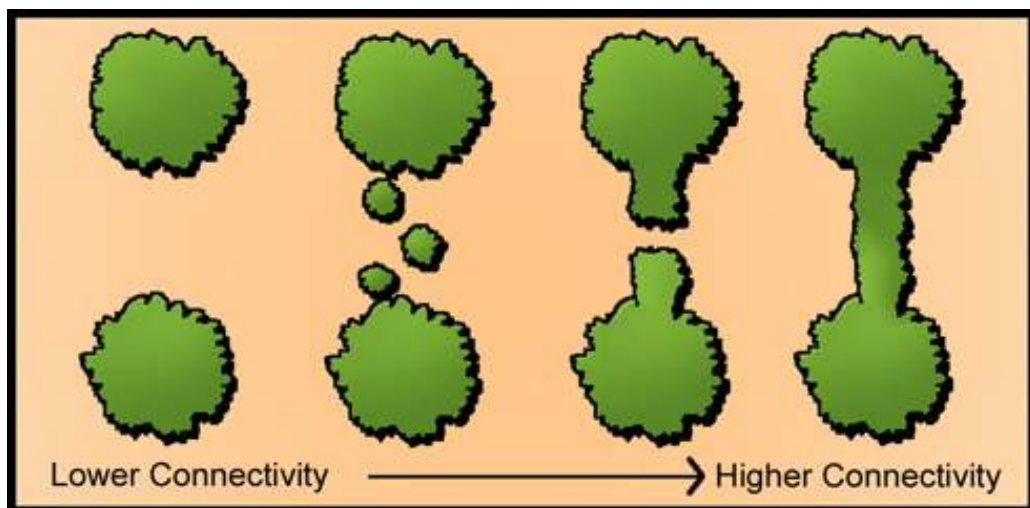
¹⁷ מסדרונות אבני דריכה – Stepping stone corridors

למרות המחקר הרב שנערך על מסדרונות משמרים, עדיין לא ידוע מספיק על תפקודם של שולי שדות כמסדרונות מעבר עבור קבוצות טקסונומיות שונות (ראו סקירת מחקרים בפרק 5.8; ובמאמר הסקירה של Marshall & Moonen, 2002).

במקרים מסוימים, הגדלת הקישוריות בין כתמים טבעיים בנוף החקלאי עלולה להוות בעיה. מסדרונות צרים עלולים להפוך לכתמים הנשלטים על-ידי מינים האופייניים לאזורי שוליים; מסדרונות עלולים להאיץ את ההתפשטות של טפילים, מחלות, או מינים פולשים בין הכתמים הטבעיים ולתוך השדות (ראו פרק 5). לעיתים המסדרונות המתוכננים בנוף אינם מתאימים למעבר של מינים שהוגדרו כמיני מטרה לשימור.

עקרונות כלליים לתכנון מסדרונות אקולוגיים אורכיים בנוף חקלאי

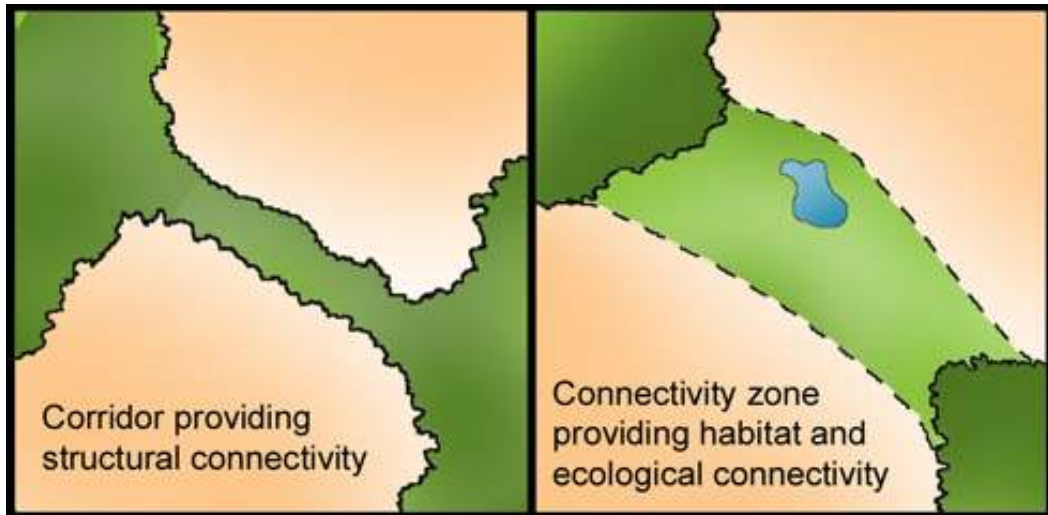
- לתכנן מסדרונות תוך התחשבות בסקאלות שונות במרחב ובזמן;
- לספק במסדרונות **בתי גידול יציבים** ואיכותיים ככל הניתן;
- לתת קדימות למסדרונות הנמצאים לאורך צירי נדידה או הפצה של מינים שונים;
- לשאוף לשמר או לשקם את חברת הצומח במסדרונות כך שתהיה דומה לצמחייה בכתמים הטבעיים אותם מבקשים לקשר;
- לשאוף לקשר מחדש בתי גידול שהיו מחוברים בעבר (שיקום קשרים היסטוריים).



איור 19: עקרונות להגדלת הקישוריות בין כתמים סמוכים באמצעות מסדרונות לינאריים -טבעיים או משוקמים (Bentrup, 2008).

13.1.4 תכנון "אזורים מקשרים" במקום מסדרונות צרים

כדאי להימנע מהגבלת המסדרונות המתוכננים לכתמי צמחייה אורכיים צרים בנוף הבנויים מסוג צמחייה אחד. עדיף לתכנן מסדרונות הבנויים "כאזורים מקשרים"¹⁸ רחבים, הבנויים ממספר תצורות צומח. גישה זו מאפשרת ליצור מסדרונות שיכולים להוות בית גידול למגוון מינים מקבוצות פונקציונאליות שונות, וכן לספק שירותים אקולוגיים לתווך החקלאי.



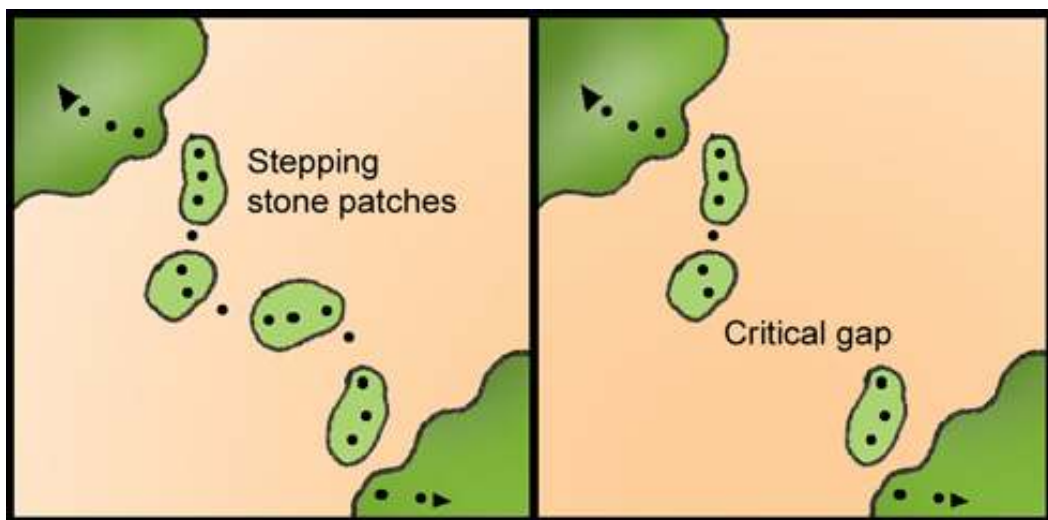
איור 20: עדיף לתכנן "אזורים מקשרים" (בריבוע הימני), במקום מסדרונות מבניים (בריבוע השמאלי) (Bentrup, 2008).

13.1.5 התמודדות עם פערים לאורך מסדרונות אקולוגיים אורכיים

כתמים אורכיים של צמחייה טבעית ששרדו בנוף החקלאי חשובים לשימור המגוון הביולוגי מכיוון שהם עשויים לשמש כמסדרונות או "כאבני דריכה", ולאפשר לפרטים ממינים שונים לנוע בין כתמים שמורים. אולם, במקרים רבים רצף הצמחייה הטבעית מופר בנקודות שונות, ונוצרים בנוף מסדרונות שאינם רציפים. פערים ברצף הצמחייה במסדרונות עלולים להוות גורם מבודד ומעכב לקשר בין אוכלוסיות בנוף החקלאי, או אפילו להפוך את קווי הצמחייה למלכודות אקולוגיות ליצורים החודרים למסדרונות ונפגעים מהפרעות שונות. לכן, בתכנון של מסדרונות אקולוגיים יש להקפיד לשקם ולסגור פערים קריטיים לאורך מסדרונות אורכיים (ראו גם פרק 8).

עקרונות מנחים לממשק פערים לאורך מסדרונות מעבר:

- ככל שההבדלים בין חברת הצומח במסדרון לבין חברת הצומח באזור הפער גדולים יותר, ישנה חשיבות גדולה יותר לשיקום או הצרה של הפער;
- למינים קטנים יש "ספי מעבר" צרים יותר לפערים במסדרונות;
- למינים הזקוקים לבתי גידול ייחודיים עשויים להיות בעלי "ספי מעבר" צרים יחסית למינים שאינם מתמחים.



איור 21: פערים קריטיים למיפוי ושיקום לאורך מסדרון הבנוי מכתמים של צמחייה טבעית ששרדו בין השדות (Bentrup, 2008).

13.1.6 מהו רוחב המסדרון המומלץ?

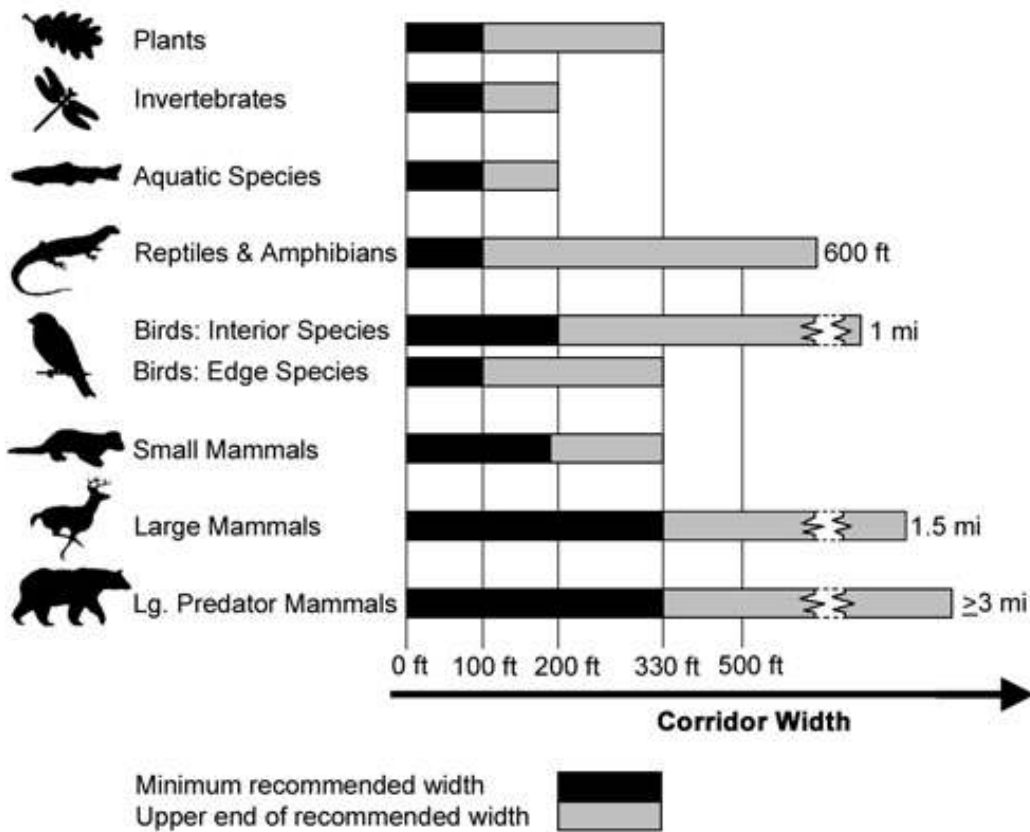
מחקרים רבים בחנו את נושא הרוחב הדרוש למסדרונות אקולוגיים עבור מינים שונים. אולם, לפי הסקירה שערך Bentrup (2008), מרבית המחקרים לא השוו באופן מתודי טווח רחב של מסדרונות, ולכן עדיין קשה לקבוע באופן מדעי את רוחב המסדרונות אופטימאלי לשימור קבוצות טקסונומיות שונות. בנוסף לכך, יש לזכור שהיעילות של מסדרונות אקולוגיים תלויה לא רק ברוחב המסדרון, אלא גם באורכו, ברציפות וביציבות של בית הגידול המאפיין אותו, ובתווך המקיף אותו. למרות כל המגבלות האלה, מציע Bentrup טבלה המסכמת את המסקנות ממחקרים שסקר, על רוחב המסדרונות האקולוגיים הדרושים לשימור קבוצות טקסונומיות שונות.

עקרונות כלליים לתכנון רוחב מסדרונות טבעיים

- ככל שמסדרון ארוך יותר, הוא צריך להיות רחב יותר;
- מסדרונות קצרים עשויים לספק קישוריות גבוהה יותר בנוף החקלאי;
- ככל שגודל הגוף של מיני המטרה גדול יותר, יש לספק להם מסדרונות רחבים יותר על מנת לעודד תנועה ולספק בתי גידול מתאימים לאורך המסדרון;
- ככל שהתווך החקלאי המקיף את המסדרון אינטנסיבי יותר, המסדרון צריך להיות רחב יותר.

מסדרונות המתוכננים לטווחי זמן ארוכים (עשרות או מאות שנים), האמורים לספק תפקידים שמצריכים טווחי זמן ארוכים - כמו הפצה של מינים הנעים לאט; זרימת גנים; שינויים בתחומי תפוצה כתגובה לשינויי אקלים, צריכים להיות רחבים יותר. במדינות צפופות (כמו ישראל), מסדרונות אלה לא יכולים להיות מבוססים רק על כתמי צמחייה טבעית בנוף, ואין ברירה אלא לכלול בהם גם את השטחים החקלאיים כחלק אינטגרלי מהמסדרון. **תכנון מסדרונות רחבים באזורים חקלאיים מצריך אסטרטגיה משולבת לשימור מגוון ביולוגי בכתמי הצמחייה הטבעית; באזורי חיץ בשולי השדות; ובשדות החקלאיים עצמם.**

Corridor Width Summary



איור 22: רוחב המסדרון המומלץ לקישור בין אוכלוסיות של בעלי חיים מקבוצות טקסונומיות שונות. הקווים השחורים מייצגים את רוחב המסדרון המינימאלי המומלץ. שימו לב שההמלצות ניתנות במידת אורך feet (כשליש מטר).

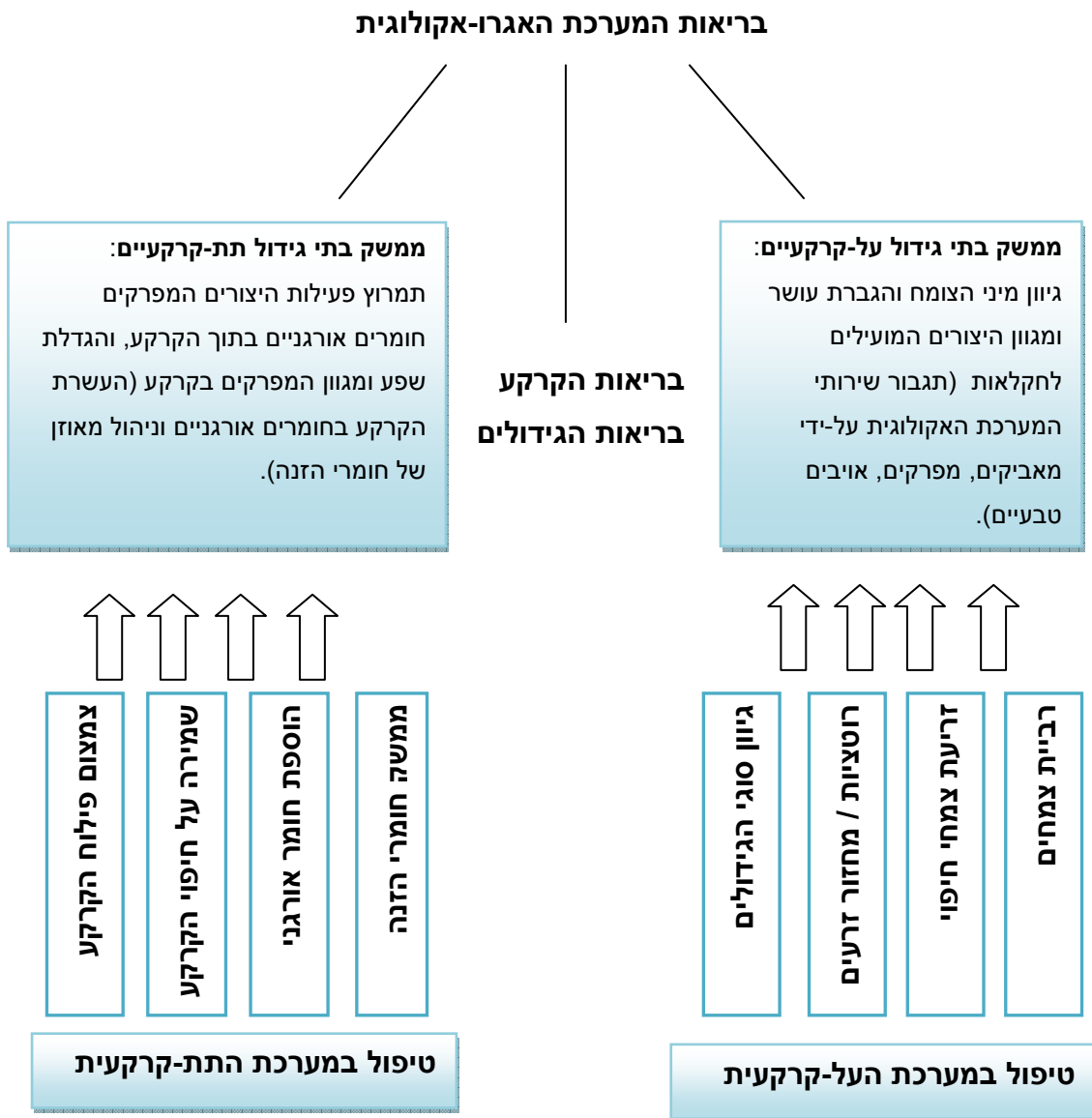
13.2 הנחיות לגידור ידידותי לחיות בר

13.2.1 גידור חקלאי במסדרונות אקולוגיים

מסמך מדיניות על "השפעת גידור על שטחים פתוחים והמלצות לפעולה" נמצא בכתיבה בימים אלה (2009) ברשות הטבע והגנים (רותם, מסמך בכתיבה). במסמך יופיעו הנחיות מפורטות לתכנון וממשק של סוגים שונים של גדרות חקלאיות. עם סיום עבודת הכתיבה יפורסם מסמך ההנחיות באתר של רשות הטבע והגנים (ראו גם "הפן הישראלי 11", פרק 8).

פרק 14: המלצות ברמת השדה החקלאי

ניהול הנוף החקלאי באופן המעודד מגוון ביולוגי אינו דורש בהכרח שינויים קיצוניים בממשק החקלאי, או ויתור על שטחים יצרניים נרחבים. האיור בעמוד הבא מסכם שמונה אסטרטגיות מהותיות לממשק חקלאי המגביר מגוון ביולוגי בשדות המעובדים, מעודד מגוון של מפרקים, ושל אויבים טבעיים, ותורם לבריאותה ויציבותה של המערכת האגרו-אקולוגית.



איור 23: עמודי התווך לממשק אקולוגי של מזיקים במערכות חקלאיות.

האיור מציג אסטרטגיות לממשק המעודד מגוון ביולוגי במערכת חקלאית. בסיס הדיאגרמה מציע שמונה "עמודי תווך" לבניית מערכת חקלאית המעודדת אספקת שירותים אקולוגיים, ומסתמכת עליהם לבריאותה. "עמודי התווך" העומדים בבסיס הממשק האקולוגי מתחלקים לאמצעים המתגברים את המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית התת-קרקעית (מפרקים), אמצעים המתגברים את המגוון הביולוגי במערכת האקולוגית העל-קרקעית (אויבים טבעיים ומאביקים). עובד מתוך Alrieri et al., 2005.

סיכום: כמה מילים על מחקר ומדיניות

החקלאות היא גורם מניע מרכזי בתהליך ההתדרדרות של המערכות האקולוגיות בעולם ובישראל. אם ברצוננו לעצור את אבדן המגוון הביולוגי, אנחנו צריכים ללמוד מטעויות העבר, ולפתח חזון מקיים יותר לחקלאות העתיד. נושא שימור המגוון הביולוגי במערכות החקלאיות צריך להיות מושרש בתפיסת עולם הוליסטית, הלוקחת בחשבון את ההשלכות של שינויים בשימושי קרקע על טווח רחב של שירותים אקולוגיים חיוניים לרווחת אדם ולקיומו.

אנו לא יוצאים למסע הזה רק במטרה להציל את הצבי, הזאב, או הקרפדה. מצבם של מינים כאלה בנופים החקלאיים הוא מדד למצבה המתדרדר של המערכת האקולוגית שעליה נסמכת המערכת החקלאית. היעלמותם של מיני הדגל האלה מהנופים החקלאיים מעיד על ההתדרדרות ביכולתה של המערכת האקולוגית לספק למערכות החקלאיות שירותים אקולוגיים חיוניים, העומדים בבסיס פוריותן.

למדענים העוסקים בשימור המגוון הביולוגי באזורים חקלאיים יש תפקיד מרכזי בהבנה והכוונה של מגמות השינוי הדרושות - הן ברמה העולמית, והן ברמה המקומית. אנו זקוקים למחקרים על דגמים ותהליכי שינוי במצב המגוון הביולוגי, לאור מגמות שינוי בשימושי קרקע שונים; אנחנו זקוקים לבסיס מידע שיעזור לנו לתכנן נופים חקלאיים התומכים במגוון הביולוגי, ולמדיניות לממשק חקלאי המעודד שימור מגוון ביולוגי; אנחנו צריכים מחקר שיעזור לנו להבין את הקשרים בין המגוון הביולוגי בנופים החקלאיים לבין אספקת שירותים אקולוגיים; ואנחנו צריכים להשכיל לשלב את תחומי המחקר האקולוגיים עם מחקרים העוסקים במדיניות וחברה.

פיתוח נוף חקלאי רב-תפקידי הוא אתגר לא פשוט. האתגר המרכזי הוא התגברות על ההסבה של המערכת החקלאית ממערכת ייצור חד-כיוונית הנסמכת על תשומות חיצוניות, למערכת בת-קיימא, המתגברת את המגוון הביולוגי ובה בעת נסמכת על שירותים אקולוגיים אינהרנטים. על-אף המורכבות של האתגר הזה, עלינו לעמוד בו אם ברצוננו לתחזק את יכולתה של המערכת החקלאית בעולם להאכיל את אוכלוסיית העולם, תוך שמירה על מקורות הקיום הטבעיים שלנו לתוך העתיד.

ביבליוגרפיה

- אביאל, ש., מוטרו, י., כחילה בר-גל, ג., וי. לשם, 2003. **התנשמת כמדביר ביולוגי של מכרסמים**.
- ארם, א., 1999. **דינאמיקת אוכלוסיות מכרסמים בשטחים חקלאיים**. עבודת גמר לתואר מוסמך. האוניברסיטה העברית, ירושלים.
- גזית, א., ו.ש. פילוסוף, 2007. **מקווי מים סמוכי חקלאות כבתי גידול חלופיים לדו-חיים בישראל (דו"ח סופי שנה ב')**. הוגש לקרן נקודת ח"ן בנובמבר, 2007. www.nekudat-hen.org.il.
- דולב, ע. וא. פרבולוצקי, 2002. **הספר האדום של החולייתנים בישראל: רשימת המינים בסיכון**. הוצאת רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
- דוידסון, י., 2004. **בדיקת מודל ממשקי עגורים – חקלאות בעמק החולה (עבודה לתואר מוסמך)**. אוניברסיטת תל-אביב.
- דולב, ע., יהודה, י., וז. הנקין, 2008. **התפרצויות נברנים בשטחי מרעה בגולן - "שנת נברן" או אירועים מקומיים?** ידיעות לבוקרים 120 : 18-25.
- טורס, ע. 2002. **האם התנשמת (*Tyto alba*) היא טורף שתגלגני או מתמחה**. עבודת גמר לתואר מוסמך, אוניברסיטת תל-אביב.
- כחילה, ג. 1992. **התנשמת כמדביר ביולוגי של אוכלוסיות מכרסמים בשטחים חקלאיים**. עבודת גמר לתואר מוסמך, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- מוטרו, י., לשם, י., וד. אלון (עורכים), 2009. **שימוש בתנשמות וזנים כמדבירים ביולוגיים בחקלאות (סיכום שנה ראשונה, יוני 2007 – דצמבר 2008)**. החברה להגנת הטבע.
- נמצוב, ס., 2009. **השועל והכרם: מניעת נזקים של יונקים ועופות לחקלאות (חוברת מידע לחקלאים)**. רשות הטבע והגנים, ינואר 2009.
- נעלי ע., 2009. **גידול זיתים כפתרון בר-קיימא לבעיית השטחים החקלאיים הנטושים בשפלת יהודה**. חיבור לקבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה.
- סקוטלסקי, א., 2006. **רפורמות במדיניות הסבסוד החקלאי באירופה: תוכניות לעידוד חקלאות משמרת סביבה**. **סקירת ספרות**. אתר נקודת ח"ן www.nekudat-hen.org.il
- סקוטלסקי, א., 2009. **שימוש בתמריצים לשימור המגוון הביולוגי בנופים חקלאיים**. (עבודת דוקטורט בכתובה)
- פאר, ג., קרק, ס., וד. בנימיני, 2006. **אזורים חקלאיים בשירות הפרפרים: שימור המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים לאורך הגרדיינט האקלימי בישראל**. דו"ח מסכם לקרן יד הנדיב "נקודת ח"ן". www.nekudat-hen.org.il
- פרלברג, א., וע. דולב, 2006. **אקופרש טבע: תוכנית ממשק משולבת לשימור ועידוד ערכי טבע ונוף בשטח החקלאי ובסביבתו (תוכנית I – VIII, שמונה תוכניות לאזורים שונים בישראל)**. פרויקט משותף לאגרסק"ו ולחברה להגנת הטבע.

שביט, א., להב, א., כרמל, י., וא. במברגר, 2006. **תעלות ניקוז כגורם רב-מטרחי: ניקוז עודפי נגר ובית גידול לחי ולצומח**. דיווח מדעי סופי לסיכום פרויקט, הוגש לאגף קרקע וניקוז של משרד החקלאות (מסמך פנימי).

שלוסברג, א., וע. בהט, 2000 (עורכים). **סיכונים לעופות דורסים בפרט ולחיות בר בכלל משימוש בחומרי הדברה בישראל – ניתוח המצב בהווה והמלצות לעתיד**. סיכום סדנה בהשתתפות מומחים שהתקיימה בגן חיות התנ"כי באפריל 2000.

שקדי י. וא. שדות, 2000. **מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים כלי לשמירת טבע**. פרסומי חטיבת המדע 01/2000, רשות הטבע והגנים.

Altieri, M.A., Nicholls C.I., & M.A. Fritz , 2005. **Manage insects on your farm: a guide to ecological strategies**. Sustainable Agriculture Network, Handbook series book 7. Beltsville MD.

Aude E., Tybirk, K., and M. Bruus Pedersen, 2003. **Vegetation diversity of conventional and organic hedgerows in Denmark**. Agriculture, Ecosystems, and Environment, 99: 135 – 147.

Baudry, J, Bunce, R.G.H., & F. Burel, 2000. **Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management**. Journal of Environmental Management, 60: 7 – 22.

Baum, K.A., Haynes, K.J., Dilleuth, F.P. & J.T. Cronin, 2004. **The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones**. Ecology, 85(10): 2671 – 2676.

Bengtsson, J., Angelstam, P., Elmqvist, T., Emanuelsson, U., Folke, C., Ihse, M., Moberg, F., & M.Nystrom, 2003. **Reserves, resilience, and dynamic landscapes**. Ambio, 32(6): 389 – 396.

Benton, T.G., Vickery, J.A., & J.D. Wilson, 2003. **Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?** TREE 18: 182 – 188.

Bentrup, G. 2008. **Conservation buffers: design guidelines for buffers, corridors, and greenways**. Gen. Tech. Rep. SRS-109. Asheville, NC: USDA, Forest Service, Southern Research Station.

Blann, K., 2006. **Habitat in agricultural landscapes: how much is enough? A state of the science literature review**. Defenders of Wildlife, West Linn., Oregon, Washington D.C.

Bosschieter, L., and P.W. Goedhart. 2005. **Gap crossing decisions by reed warblers (*Acrocephalus scirpaceus*) in agricultural landscapes**. Landscape Ecology, 20: 455 – 468.

Bunce, R.G.H., Ryszkowski, L. and M.G.Paoletti (Eds.). 1993. **Landscape ecology and agroecosystems**. Lewis Publishers, Ann Arbor, USA.

- Butet A., Paillat G., and Y. Delettre, 2006. **Factors driving small rodent assemblages from field boundaries in agricultural landscapes of western France.** *Landscape Ecology* 21: 449 – 461.
- Burel F., Baudry J., Butet A., Clergeau P., Delettre Y., Le Coeur D., Dubs F., Morvan N., Paillat G., Petit S., Thenail C., Brunel E., and Lefeuvre J.C., 1998. **Comparative biodiversity along a gradient of agricultural landscapes.** *Acta Oecol.* 19: 47 – 60.
- Chamberlain D.E., Wilson J.D., and R.J. Fuller, 1999. **A comparison of bird populations on organic and conventional farm systems in Southern Britain.** *Biological Conservation* 88: 307 – 320.
- Clements D.K., and R.J. Tofts, 1992. **Hedgerow evaluation and grading systems (HEGS). A methodology for the ecological survey, evaluation and grading of hedgerows.** Countryside Planning and Management, UK.
- Cobert, S.A., 1995. **Insects, plants, and succession: advantages of long term set-aside.** *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 53: 201 – 217.
- Daily, GC, 2001. **Ecological forecasts.** *Nature*, 411: 245
- Dauber J., & V. Wolters, 2004. **Edge effects on ant community structure and species richness in an agricultural landscape.** *Biodiversity and Conservation*, 13: 901 – 915.
- Diamond, J.M. 1975. **The island dilemma: lessons of modern biogeographic studies for the design of nature reserves.** *Biological Conservation* 7: 129 – 146.
- Dunn R.R., 2005. **Modern insect extinctions, the neglected majority.** *Conservation Biology* 19: 1030 – 1036.
- Fischer J., Lindenmayer DB., and AD. Manning, 2006. **Biodiversity, ecosystem function and resilience: ten guiding principles for off-reserve conservation.** *Front Ecol Environ* 4: 80 – 86.
- Fischer J., Brosi B., Daily, G., Ehrlich P.R., Goldman R., Goldstein, J., Lindenmayer, D.B., Manning, A., Mooney, H.A., Pejchar, L. and J.Ranganathan. 2008. **Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming?** *Front Ecol Environ* 6(&): 380 – 385.
- Foley J.A., DeFries R., Asner GP., et al., 2005. **Global consequences of land use.** *Science* 309: 570-774.
- Ford, G. & N. Thompson, 2006. **Birds on cotton farms: a guide to common species and habitat management.** Cotton Catchment Communities CRC., Narrabri NSW, Australia.

Fuller R.J., Norton L.R., Feber, R.E., Johnson, P.J., Chamberlain, D.E., Joys, A.C., Mathews, F., Stuert, R.C., Townsend, M.C., Manley, W.J., Wolfe, M.S., MacDonald D.W., and J.G. Firbank, 2005. **The scale of benefits to biodiversity from organic farming.** *Biology Letters*, 1: 431 – 434.

Freemark, K.E., Boutin, C. & C.J. Keddy, 2001. **Importance of farmland habitats for conservation of plant species.** *Conservation Biology*, 16(2): 399 – 412.

Gavish-Regev, E., Lubin, Y., & M. Coll, 2008. **Migration patterns and functional groups of spiders in a desert agroecosystem.** *Ecological Entomology*, 33: 202 – 212.

Green R.E., Cornell S.J., Scharlemann J.P.W., and A.Blamford, 2005. **Farming and the fate of wild nature.** *Science* 305: 550-555.

Haddad, N.M., Bowne, D.R., Cunningham, A., Danielson, B.J., Levey, D.J., Sargent, S., & Spira T., 2003. **Corridor use by diverse taxa.** *Ecology*, 84(3): 609 – 615.

Harvey, C.A., 2007. **Designing agricultural landscapes for biodiversity conservation.** Chapter 8 (pp. 146 – 165), *In: Farming with Nature: the science and practice of ecoagriculture.* Eds: Scherr, S.J., and J.A.McNeely. IslandPress, London.

Hellmund, P.C., & D.S. Smith, (Eds.), 2006. **Designing greenways: sustainable landscapes for nature and people.** Island Press, Washington DC.

Hess, G.R. and R.A. Fischer, 2001. **Communicating clearly about conservation corridors.** *Landscape and Urban Planning*, 55: 195 – 208.

Hilty, J.A. & A.M. Merenlender, 2004. **Use of riparian corridors and vineyards by mammalian predators in northern California.** *Conservation Biology* 18(1): 126 – 135.

Hilty J.A., Lidicker Jr. W.Z., and A. Merenlender. 2006. **Corridor Ecology: the science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation.** Island Press.

Hinsley, S.A. & P.E. Bellamy, 2000. **The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: A review.** *Journal of Environmental Management* 60: 33 – 49.

Hoekstra, J.M., Boucher, T.M., Ricketts, T.H., & C. Roberts, 2005. **Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection.** *Ecology Letters*, 8: 23 – 29.

Holland, J.M., 2004. **The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence (Review paper)**. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103: 1-25.

Huggins, D.R., & J.P. Regnold, 2008. **No-till: the quiet revolution**. *Scientific American*, July 2008, pp. 71 – 77.

Janzen, D.H. 1986. **The eternal external threat**. In: M.E.Soule (ed.), *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*, pp. 286 – 303. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Kareiva, P., Watts, S., McDonald, R., Boucher, T. 2007. **Domesticated nature: shaping landscapes and ecosystems for human welfare**. *Science*, 316: 1866 – 1869.

Landis, D.A., Wratten, S.D., & G.M.Gurr, 2000. **Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture**. *Annual Review of Entomology*, 45: 175 – 201.

Lavelle, P., Bignell, D, Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W., and S.Dhillion. 1997. **Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers**. *Eur. J. Soil. Biol.* 33(4): 159-193.

Liu, J., Linderman, M, Ouyang, Z., An, L., Yang, J., & H. Zhang, 2001. **Ecological degradation in protected areas: the case of Wolong Nature Reserve for Giant Pandas**. *Science*, 292: 98 – 101.

Lovell S.T., & W.C.Sullivan, 2006. **Environmental benefits of conservation buffers in the United States: evidence, promise, and open questions (Review)**. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 112: 249 – 260.

MA (Millennium Ecosystem Assessment), 2005. **Ecosystems and human well-being: synthesis report**. Washington, DC: Island Press.

MacDonald D.W., Tattersall, F.H., Service, K.M., Firbanks, L.G., and RE. Feber, 2007. **Mammals, agri-environmental schemes and set-aside – what are the putative benefits?** *Mammal Review*, 37: 259 – 277.

Mader,P., Fliessbach, A., Dubois,D., Gunst,L., Fried,P., and Niggli, U. 2002. **Soil fertility and biodiversity in organic farming**. *Science Vol.* 296 1694-1697.

Margules, C.R., & R.L. Pressey, 2000. **Systematic conservation planning**. *Nature* 405: 243 – 253.

Marsh, D.M., & P.C.Trenham. 2001. **Metapopulation dynamics and amphibian conservation**. *Conservation Biology*, 15: 40 – 49.

- Marshall, E.J.P., & A.C. Moonen, 2002. **Field margins in northern Europe: their functions and interactions with agriculture.** Agriculture, Ecosystems, and Environment, 89: 5 – 21.
- Meek, B., Loxton, D., Sparks, T., Pywell, R., Pickett, H., & M. Nowakowsky. **The effect of arable field margin composition on invertebrate biodiversity.** Biological Conservation, 106: 259 – 271.
- Mendelsohn, H. 1973. **Ecological effects of chemical control of rodents and jackals in Israel.** In: The Careless Technology: Ecology and International Development (ed, M.T. Farver & Milton). Natural History Press, Garden City, N.Y. pp 527-544.
- Mendelsohn, H. and Yom-Tov, Y. 1999. **Fauna Palaestina - Mammalia of Israel.** Keter Press, Israel.
- Milan de la Pena N., Butet A., Delettre Y., Paillat G., Morant P., and F. Burel, 2003. **Response of the small mammal community to changes in Western France agricultural landscapes.** Landscape Ecology 18: 265 – 278.
- Moran, S. & H. Keidar, 1993. **Checklist of vertebrate damage to agriculture in Israel.** Crop Protection, 12: 173 – 182.
- Murphy H.T., and J. Lovett-Doust, 2004. **Context and connectivity in plant metapopulations and landscape mosaics: does the matrix matter?** Oikos 105: 3-14.
- Nicholls, C.I., Parrella, M., & M.A. Altieri, 2001. **The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard.** Landscape Ecology, 16: 133 – 146.
- Nemtsov, S. 2002. **Management of wildlife-human conflicts in Israel: a wide variety of vertebrate pest problems in a difficult and compact environment.** Proceedings of the 20th vertebrate pest conference (pp. 348-353), University of California, Davis, USA.
- Norris, K., 2008. **Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks.** Conservation Letters 1(1): 2 – 11.
- Noy-Meir, I. 1988. **Dominant grasses replaced by ruderal forbs in a vole year in undergrazed Mediterranean grasslands in Israel.** Journal of Biogeography 15: 579-587.

Palevsky, E., Maoz, Y., Gal, S., Argov, Y., Berkeley, M., Zilberstein, M., Noy, M., Izhar, Y., Abrahams, J. & M. Coll, 2007. **Potential indigenous and exotic predators for the biological control of the newly introduced Persea mite, *Oligonychus perseae* in avocado orchards of Israel.** Proceedings VI World Avocado Congress, 2007.

Robertson, G.P., & S.M. Swinton, 2005. **Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture.** Frontiers in Ecology and Environment, 3: 38 – 46.

Robinson R.A., & W.J. Sutherland, 2002. **Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain.** J. of Applied Ecology, 39: 157 – 176.

Samways M.J., 2007. **Insect conservation: a synthetic management approach.** Annual Review of Entomology 52: 465 – 487.

Saunders, D.A., Hobbs, R.J., & C.R. Margules, 1991. **Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review.** Conservation Biology, 5(1): 18 – 31.

Schmidt, M.H., Thies, C., & T. Tschardtke, 2004. **Landscape context of arthropod biological control.** In: Ecological engineering for pest management: advances in habitat manipulation for arthropods chapter 4, pp. 55 – 63. Guff, G.M., Wratten, S.D., & M.A. Atieri (eds). CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria.

Schmidt, M.H., & T. Tschardtke, 2005. **Landscape context of sheetweb spider (Araneae: Linyphiidae) abundance in cereal fields.** Journal of biogeography, 32: 467 – 473.

Shaltiel L. & M. Coll, 2004. **Reduction of Pear Psylla damage by the predatory bug *Anthocoris nemoralis*: the importance of orchard colonization and neighboring vegetation.** Biocontrol Science and Technology 14: 811 – 821.

Semlitsch R.D., & J.R. Bodie, 2003. **Biological criteria for buffer zones around wetlands and riparian habitats for amphibians and reptiles.** Conservation Biology, 17: 1219 – 1228.

Shlosberg, A. & O. Bahat, (Eds.) 2000. **The risks of toxicoses from pesticides and pollutants in raptors and wildlife in Israel: The present situation and recommendations for the future.** Proceedings of an international workshop, Jerusalem, Israel, April 2000.

Simberloff, D. and J. Cox, 1987. **Consequences and costs of conservation corridors.** Conservation Biology, 1: 63 – 71.

- Simberloff, D., J.A.Farr, J.Cox and D.W. Mehlman. 1992. **Movement corridors: conservation bargains or poor investments?** Conservation Biology, 6: 493 – 504.
- Smith, J., Potts, S.G., Woodcock, B.A. and P.Eggleton, 2008. **Can arable field margins be managed to enhance their biodiversity, conservation, and functional value for soil macrofauna?** Journal of Applied Ecology, 45: 269 – 278.
- Stephens, S.E., Koons, D.N., Rotella, J.J., & D.W. Willey, 2003. **Effects of habitat fragmentation on avian nesting success: a review of the evidence at multiple spatial scales.** Biological Conservation 115: 101 – 110.
- Tattersall, F.H., Macdonald, D.W., Hart. B.J., Johnson, P., Manley, W., & R.Feber, 2002. **Is habitat linearity important for small farm mammal communities on farmland?** Journal of Applied Ecology, 39: 643 – 652.
- Tilman, D., 1999. **Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices.** Proc. Natl. Acad. Sci. USA 96: 5995-6000.
- Tilman, D., Fargione, J., Wolff, B., D'Antonio, C., Dobson, A., Howarth, R., Schindler, D., Schlesinger W.H., Simberloff, D., & Swackhamer, D., 2001. **Forecasting agriculturally driven global environmental change.** Science, 292, Issue 5515: 281-284.
- Thomas, M.B., Wratten, S.D., & N.W. Sotherton, 1991. **Creation of "island" habitats in farmland to manipulate populations of beneficial arthropods: predator densities and emigration.** Journal of Applied Ecology, 28: 906 – 917.
- Thomas, C.F.G., & E.J.P.Marshall, 1999. **Arthropod abundance and diversity in differently vegetated margins in arable fields.** Agriculture, Ecosystems, and Environment, 72: 131 – 144.
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., and C.Thies, 2005. **Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management.** Ecology Letters 8: 857 – 874.
- Tscharntke, T., Bommarco, R., Clough, Y., Crist, T.O., Kleijn, D., Rand, T.A., Tylianakis, J.M., Nouhuys, S., and S.Vidal. 2008. **Conservation biological control and enemy diversity on a landscape scale.** Biological Control 45: 238 – 253.
- Vandermeer J. & I. Perfecto, 2007. **The agricultural matrix and a future paradigm for conservation.** Conserv. Biol. 21: 274 – 277.

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

Wickramasinghe, L.P., Harris, S., Jones, G, and N.V. Jennings, 2003. **Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification.** Journal of Applied Ecology, 40: 984 – 993.

Wilcox B.A., and D.D. Murphy, 1985. **Conservation strategy: The effects of fragmentation on extinction.** Am, Nat. 125: 879 – 887.

Woodcock, B.A., Westbury, D.B., Potts, S.G., Harris, S.J. & V.K.Brown, 2005. **Establishing field margins to promote beetle conservation in arable farms.** Agriculture, Ecosystems and Environment, 107: 255 – 266.

Zohary, M., 1950. **The segetal plant communities of Palestine.** Hebrew University, Jerusalem.

נספח 1: מסדרונות לשימור קבוצות טקסונומיות שונות בנופים חקלאיים

א. חרקים

משבר המגוון הביולוגי העולמי הוא ללא ספק משבר במגוון הביולוגי של חרקים (McKinney, 1999 ; Dunn, 2005). מחקרים גיאולוגיים וביוגיאוגרפיים מראים שמגוון מיני החרקים בעולם היה בעליה עד לפני כ- 6,000 שנים, והחל להצטמצם כאשר בני האדם החלו לשנות את נוף כדור הארץ. כריתת עצים, החלפת חיות בר בחיות משק מבויתות, והסבת בתי גידול טבעיים למערכות חקלאיות, משנים את פני הנוף ומשפיעים על מגוון מיני החרקים בעולם.

ההערכות הכלליות של אקולוגים מדברות על כך שעד שנת 2050 ייעלמו 100,000 מינים מתוך כל מיליון מינים המאכלסים את כדה"א. חישובים גסים מציעים שאם כ- 57% מהמינים המאכלסים את כדה"א הם מינים של חרקים, אנחנו עשויים לאבד למעלה מ- 57,000 מינים של חרקים בתוך 50 השנים הקרובות (Dunn, 2005). כיום, האיומים האנתרופוגניים על מגוון מיני החרקים בעולם רבים, ומרביתם קשורים לפעולות חקלאיות שונות - החל מאבדן בתי גידול טבעיים; דרך דחיקה תחרותית והכחדה על-ידי מינים פולשים; זיהומים סביבתיים שונים; ואפילו השלכות של הדברה ביולוגית על מינים שאינם מיני המטרה.

למרות כל זאת, מרבית התוכניות לשימור מגוון ביולוגי מכוונות בעיקר לשימור חולייתנים, ומתקיים מעט מאד מחקר על הכחדות של חרקים. לפי Dunn (2005), במהלך העשורים האחרונים תועדו בספרות המדעית רק 70 אירועי הכחדה של מיני חרקים, למרות שניתן להעריך שקרו אלפי אירועים כאלה בעולם. יתרה מכך, מרבית ההכחדות של חרקים שתועדו הן של מינים "כריזמטיים", כמו פרפרים, והרשימות האדומות של חרקים בסיכון מצומצמות ביותר.

למה לשמור על חרקים?

ניתן להכליל שמרבית התהליכים האקולוגיים מתווכים, לפחות באופן חלקי, על-ידי חרקים. לכן, סביר להניח שצמצום מגוון המינים של חרקים עלול להשפיע במידה רבה על התפקוד של מערכות אקולוגיות, ועל שירותים אקולוגיים תומכי חיים (האבקה, פירוק ומיחזור של חומרים אורגניים, הדברת מזיקים).

איומים על מגוון ביולוגי של פרוקי הרגליים

ההתפשטות החקלאית לא צפויה להשפיע על כל המינים באותה המידה. מינים שיושפעו באופן שלילי במיוחד מהתפשטות חקלאית הם מינים מתמחים (ספציאליסטים) המאכלסים בתי גידול מצומצמים; ומינים הרגישים, בשלב כלשהו בחייהם, לחומרי הדברה חקלאיים.

השפעות של קיטוע בתי גידול על קישוריות ותפוצה של חרקים

חקלאות גורמת לקיטוע של מערכות טבעיות, וליצירה של פסיפס כתמים של שימושי קרקע שונים בנוף. פסיפס בתי הגידול הטבעיים והמופרים בנוף החקלאי עשוי להוות גורם מבודד לאוכלוסיות רבות של פרוקי רגליים, שעבורן שדה חקלאי מהווה מחסום בלתי עביר. לפי Samways (2006), מינים של פרוקי רגליים שאינם נוטים לנוע למרחקים גדולים, עשויים להיות יחסית עמידים לקיטוע בנוף החקלאי, במידה ופסיפס שימושי הקרקע משמר גם את בתי הגידול הטבעיים המתאימים להם. כמוכן, מינים שנוטים לנוע על-פני שטחים נרחבים, עשויים לחצות כתמי נוף חקלאיים יחסית בקלות, ולשמור על קשרים בין אוכלוסיות גם בנוף חקלאי מופר. לכן, מינים שעבורם הקיטוע בנוף החקלאי עשוי להוות איום משמעותי, הם בעיקר מינים הנעים בנוף למרחקים בינוניים ובקצבים מתונים. עבור חרקים כאלה השדות החקלאיים עלולים להפוך למחסום בלתי עביר, או למלכודות אקולוגיות לפרטים המהגרים לתוך השדה ונפגעים מהפעילות החקלאית.

השפעות של טיפולים חקלאיים על חברת החיפושיות

לריסוסים נגד חרקים יש השפעה קטלנית על חמש המשפחות של החיפושיות החשובות ביותר במזונן של אוכלוסיות ציפורים: החידקוניות (*Curculionidae*); חיפושיות קרקע (*Carabidae*); חיפושיות אוכלות-עלים (*Crysomelidae*); Click-beetles (*Elateridae*); קצרחפיתיים Rove-beetles (*Staphylinidae*). בנוסף, נמצא כי מינים ממשפחת חיפושיות הזבל סובלים מתמותה ועיכוב התפתחות בשלב הלווה כתוצאה משאריות של תרופות בזבל פרות המפוזר בשדות. ירידה בצפיפויות של חיפושיות נצפתה גם בעקבות התמחות של חוות חקלאיות מעורבות בגידולים מסוימים, הסרה של שולי שדות לא מעובדים, חריש בתדירות גבוהה. ריסוס בקוטלי עשבים הוריד צפיפות ומגוון של חיפושיות הקרקע. במחקר שנערך במערב-צרפת, נמצא שעליה באינטנסיביות של החקלאות אינה משפיעה על עושר המינים של חיפושיות קרקע, אולם גודל הגוף הממוצע יורד מכיוון שהמינים הגדולים האופייניים לבתי גידול יציבים נעלמים, ומוחלפים במינים בעלי גוף קטן יותר (Burel et al., 2004).

ב. יונקים קטנים (מכרסמים וחדפים) בנופים חקלאיים

במערכות אקולוגיות טבעיות, חברת היונקים הקטנים, הכוללת מכרסמים וחדפים, מהווה מרכיב חיוני בדינאמיקה של מארג המזון. יונקים קטנים מהווים טרף מועדף, ולכן נוכחותם באזורים טבעיים מעלה את צפיפות ואת מגוון הטורפים במרחב. באזורים חקלאיים, לעומת זאת, מכרסמים מהווים את אחת מקבוצות המזיקים היוצרות נזקים גדולים לגידולי שדה. חומרי הדברה המשמשים כיום למלחמה כנגד התפרצויות של מכרסמים הם יקרים, בעלי יעילות מוגבלת, ועלולים לגרום להרעלות משנה במערכת האקולוגית.

Burel et al. (1998), מצאו שחברות של יונקים קטנים נוטות להיות פחות מושפעות מתהליכי אינטנסיפיקציה של הנוף החקלאי, מאשר חברות של יונקים גדולים או של חסרי החוליות. החוקרים מצאו, שמרבית מיני המכרסמים לא נעלמו לחלוטין מהנוף הכפרי האינטנסיבי. רב המינים נכחו לכל אורך גרדיינט הנופים החקלאיים שנבדקו – מאזורי חקלאות אקסטנסיבית ועד לאזורי חקלאות אינטנסיבית. במחקר מאוחר יותר, Millan de la Pena et al. (2003), בחנו שינויים בחברת המכרסמים לאורך גרדיינט אינטנסיפיקציה של חקלאות במערב צרפת. מחקר הראה שלמרות שאכן כל מיני המכרסמים נכחו בנופים חקלאיים שונים, תהליכי אינטנסיפיקציה בנוף החקלאי פועלים לרעת מינים נדירים, ומינים ספציאליסטים הצמודים לבתי גידול ייחודיים (habitat specialists). מינים אלה נמצאו בעיקר בנופים חקלאיים אקסטנסיביים, המאופיינים בכתמים גבוהה (fine grained patchiness). בנופי חקלאות האינטנסיביים נמצאו בעיקר מיני מכרסמים גנרליסטים שאינם מעדיפים בית גידול מסוים (habitat generalists). חלק מהמינים הגנרליסטים הם אכן מינים בעלי יכולת רבייה גבוהה הנוטים להתפרץ ולהזיק ליבולים.

Alain et al. (2004), חקרו את חברת המכרסמים בכתמי צמחיה טבעית ובמשוכות שיחים באזורי חקלאות אינטנסיבית במערב צרפת. מטרת המחקר הייתה לאפיין את הגורמים המשפיעים על תפוצה ומגוון מיני המכרסמים באזורים חקלאיים. החוקרים הצביעו על מספר עקרונות כלליים המסבירים את מבנה חברת המכרסמים בכתמי צומח קבועים בנוף חקלאי:

1. **איכות הכתם הטבעי: ככל שמבנה הצומח בכתם הקבוע מורכב יותר, חברת המכרסמים מגוונת יותר.** נמצאו הבדלים מובהקים בין חברת המכרסמים המאכלסת משוכות שיחים או עצים; לבין חברת המכרסמים המאכלסת שוליים עשבוניים של ערוצי נחל או שדות חקלאיים. **בכתמי צומח קבועים, המכילים שילוב בין שיחים לבין אזורים עשבוניים, נמצא המגוון הגבוה ביותר של מיני מכרסמים.**

2. **ההטרוגניות של התווך החקלאי:**

ככל שהנוף החקלאי הסובב את כתמי הצומח הקבועים מגוון יותר, חברת המכרסמים מגוונת יותר. מיני המכרסמים באזורים חקלאיים נבררים גם בהתאם ליכולתם לנצל את המשאבים

בשדות המעובדים. באופן כללי, הנוף החקלאי בורר לטובת מינים ג'נרליסטים, בעלי כושר רביה ותפוצה גבוה, המסוגלים לנצל משאבים זמניים בתווך החקלאי. אולם, ככל שהמשאבים המסופקים על-ידי התווך החקלאי מגוונים יותר, מספר המינים שיכולים לנצל את משאבי השדות גבוה יותר.

3. המתח בין שפע הפרטים למגוון המינים בשולי השדות החקלאיים:

חברת היונקים הקטנים בכתמי הצמחייה האורכיים בשולי השדות (משוכות שיחים) נשלטת על-ידי מספר מצומצם של מינים בעלי כושר רבייה גבוה, האחראים לשפע גבוה של פרטים. בנוסף לכך, נמצא ששולי השדות מאופיינים במגוון יונקים קטנים נמוך יחסית לכתמי הצמחייה הטבעית הקבועים. ישנם מחקרים המראים שהתפרצויות מחזוריות של נברנים (*Microtus arvalis*), אופייניות לאזורים חקלאיים הומוגניים, שבהם חברת היונקים דלה במינים. עם זאת, חוקרים טוענים שהשפע הגבוה של הפרטים המצוי במשוכות השיחים בין השדות, חשוב לתחזוקה של חברת טורפים יציבה בשולי השדות, אשר יכולה לדכא התפרצויות של מזיקי חקלאות.

המלצות לממשק מסדרונות חקלאיים לשימור מגוון מיני יונקים קטנים:

- הגדלת ההטרונגניות של התווך החקלאי: ככל שהתווך החקלאי עצמו הטרונגי יותר במרחב ובזמן, חברת המכרסמים בכתמים הקבועים תהיה הטרונגנית יותר.
- איכות כתמי הצמחייה הטבעית: יש להגדיל את המורכבות המבנית של הצומח בכתמי הצמחייה הקבועים בין השדות החקלאיים, על-ידי שילוב בין כתמי צמחייה שיחנית, ובין כתמי צמחייה עשבונית.
- ייצוב המערכת האקולוגית: מומלץ לייצב את המערכת האקולוגית על-ידי צמצום ההפרעות בכתמי הצמחייה הטבעית ובשולי השדות.
- עידוד טורפים למיתון התפרצויות מזיקים בכתמי צמחייה אורכיים: כתמי הצמחייה האורכיים בשולי השדות (משוכות שיחים, ערוצי נחלים, שולי שדות) אמנם מאוכלסים על-ידי מינים הנוטים לקצב רבייה גבוה ועלולים להזיק לתוצרת החקלאית, אולם שפע הפרטים (ביומסה גבוהה) המתפתחת באזורים אלה עשויה לתחזק אוכלוסיית טורפים יציבה, החשובה למיתון ההתפרצויות של מזיקים.

ג. ציפורים

ג(1) ציפורים באזורים חקלאיים

כקבוצת אורגניזמים קלה ופופולרית למחקר וניטור, ציפורים הפכו לאינדיקטורים זמינים למדידת ההשפעה של אינטנסיפיקציה של חקלאות על מגוון ביולוגי. יתרה מכך, במחקרים על מגוון ביולוגי, נוטים להניח כי מגוון מיני הציפורים מהווה אינדיקטור כללי טוב למצב המגוון הביולוגי, מכיוון שציפורים נסמכות על מגוון סוגי מזון (צמחים ובעלי חיים), ועל צמחיה מגוונת מבנית לחיפוש מזון, רבייה, קינון, ומסתור מפני טורפים (Tucker and Heath, 1994).

באנגליה, שבה מתקיימת תוכנית ניטור ארוכת טווח אחר אוכלוסיות מיני ציפורים, הראו הצטמצמות מהירה, ומדאיגה באוכלוסיות ציפורי חוות, שהתחילה כנראה בשנות ה-80 של המאה ה-20. באופן כללי, כשני שלישי ממיני הציפורים באירופה הנמצאות בסכנת הכחדה חיים בעיקר באזורים כפריים (Tucker and Heath, 1994). Krebs וחובי (1999), סקרו מחקרים על מגמות באוכלוסיות של ציפורי חוות באירופה ובאנגליה בפרט. מסיכומם עולה, כי 116 מינים של מיני ציפורים החיים סביב חוות חקלאיות – כחמישית ממיני הציפורים באירופה, הם מינים שיש עתה דאגה לגבי שמירתם העתידית בטבע (ראו טבלה 1).

המין	Species	שינוי בגודל האוכלוסייה (%)
דרור הרים	<i>Passer montanus</i>	- 83
חוגלית אפורה	<i>Perdix perdix</i>	- 74
תור מצוי	<i>Streptopelia turtur</i>	- 65
גבתון עפרוני	<i>Miliaria calandra</i>	- 61
זרעית השדה	<i>Alauda arvensis</i>	- 60
תפוחית מצויה	<i>Carduelis cannabina</i>	- 41
זרזיר	<i>Sternus vulgaris</i>	- 40
סבכי קוצים	<i>Sylvia communis</i>	- 38
קיווית	<i>Vanellus vanellus</i>	- 38
גבתון צהוב	<i>Emberiza citronella</i>	- 26
חוחית	<i>Carduelis carduelis</i>	+ 59
יונת עצים	<i>Columba oenas</i>	+ 162

טבלה 1: שינויים באוכלוסיות של ציפורים החיות באזורים חקלאיים באנגליה בין השנים 1968-1995 (תורגם מתוך Donald וחובי, 2002)

חיזוקים להשערה שפעולות חקלאיות הן הגורם להיעלמות של מיני ציפורים באנגליה, ניתנו ממחקרים שהראו עלייה בגודל אוכלוסיות של ארבעה מינים בסכנת הכחדה באזורים שבהם שינו פרמטרים בפעילות חקלאית (Peach et al., 2001 ; Vickery et al., 2004).

Donald וחוב' (2002), הצביעו על שינויים בפעילות חקלאית באנגליה, המשפיעים לרעה על מצב ציפורי החוות :

- שימוש מוגבר בחומרי הדברה נגד חרקים, וצמצום במקורות המזון (Wilson et al., 1999).
- הרחבה של גידולים אחידים עם תשומות גבוהות, על חשבון שדות מרעה עשבוניים.
- צמצום מגוון בתי גידול, והגדלה של גודל השדה, כתוצאה ממיכון החקלאות.
- העלמות של משוכות-שיחים (hedgerows) ופיסות קרקע לא-יצרנית בשולי השדות.
- שינויים בזמני זריעה וקציר של גידולי דגנים, ושימוש נרחב בגידולים הנזרעים בסתיו ואינם משאירים שדות שלף במהלך החורף.
- הגדלה ביצרנות של שדות עשבוניים למרעה באמצעות הגדלת צפיפות בעלי החיים, ניקוז השדות, שיזרוע, והוספת דשנים כימיים.
- נטישת אזורים של חקלאות אקסטנסיבית המאכלסים מגוון ביולוגי גבוה.

ג(2) מסדרונות מעבר לציפורי שיר בין בתי גידול לחים

ביצות ובתי גידול לחים הם בתי גידול חשובים, המאכלסים מגוון מינים גבוה. אולם, באזורים רבים בעולם, ניקוז הביצות והפיכתם לשטחים חקלאיים הובילה להעלמות של בתי הגידול הלחים. כתמי בתי הגידול הלחים שנתרו קטנים יותר, מבודדים יותר, וסובלים מזיהומים ומירידה באיכות המים. תהליכי ההתדרדרות האלה אחראים, ככל הנראה, לירידה במגוון המינים בבתי גידול לחים בכל העולם. זוהי כנראה גם הסיבה לכך שמינים רבים של ציפורי ביצות נמצאות ברשימות אדומות של מינים בסכנת הכחדה.

בהולנד, למשל, נערך פרויקט ממשלתי שמטרתו הייתה לחבר בתי גידול לחים ששרדו באזורים חקלאיים, באמצעות רצועות וכתמים של צמחי קנה מצוי הצומחים לאורך נחלים ותעלות ניקוז. רצועות הקנים מהוות מערכת פוטנציאלית של מסדרונות מעבר בית בתי הגידול הלחים ששרדו בנוף. עבור ציפורי שיר החיות בבתי גידול לחים, כתמי הקנה המצוי הם בית הגידול החשוב ביותר לרבייה, וכנראה גם לתפוצה ממקום למקום. אולם, רצועות הקנה הגדלות לאורך הנחלים ותעלות הניקוז מקוטעות, ועלולות לחסום את המעבר של הציפורים בין בתי הגידול. ואכן, התגלה כי הצפיפות של הקנית הקטנה (Reed Warblers – *Acrocephalus scirpaceus*) נמוכה באזורים חקלאיים מקוטעים בהולנד, מאשר באזורים שבהם רצף בתי הגידול הטבעיים גבוהה. במחקר שערכו Bosschiet & Goedhart (2005), עקבו אחרי דפוסי התנועה של ציפורי קנית קטנה ברצועות של צמחי קנה מצוי, במטרה להבין מהם העקרונות המומלצים לתכנון של מסדרונות מעבר עבור ציפורי שיר החיות בין בתי גידול לחים בנופים חקלאיים מקוטעים. התגלה שהציפורים אכן מעדיפות לנוע בסבך הקנים, ולכן רצועות קנים לאורך ערוצים ותעלות ניקוז יכולות לשמש כמסדרונות מעבר לציפורי שיר בין בתי גידול לחים טבעיים. אולם, במקומות

שמסדרון הקנים מקוטע, הציפורים בחרו לחצות דרך הרווחים הקצרים ביותר בין כתמי קנים, ובכל מקרה השתדלו להימנע מחציית מרווחים שאורכם יותר מ- 50 מטרים חשופים מקנים.

מסקנות לממשק: רצועות קנים יכולות לשמש כמסדרונות מעבר לציפורי שיר בין בתי גידול לחים. כאשר רצועת הצמחייה לאורך נחלים או תעלות ניקוז רציפות, מסדרונות הקנים עשויות לשמש להכוונת הציפורים בין בתי הגידול הלחים, ולעידוד תפוצה של פרטים צעירים בין בתי גידול לחים וכתמים טבעיים. אולם, הציפורים עשויות להימנע מתעופה לאורך רצועת קנים מקוטעת - בעיקר כאשר הפערים לאורך מסדרון הקנים עולים על 50 מטרים (ראו גם המלצות בפרק 13.1).

ד. יונקים גדולים

אחת הבעיות המרכזיות בתכנון וממשק של מסדרונות אקולוגיים, היא שהמסדרונות נוטים לפעול כאזורים "מסננים", המעודדים מעבר של מינים ג'נרליסטים (כוללניים), ומעכבים או חוסמים מעבר של מינים ספציאליסטים (מתמחים) בנוף. אחת הסיבות לכך, היא שקיטוע בתי גידול טבעיים באזורים הקלאיים נוטה להוביל לעלייה יחסית במספר מיני הצומח העשבוניים המלווים אזורי שוליים (edge species), ולירידה יחסית במיני צומח רגישים יותר, האופייניים לבתי גידול יציבים (interior species) של חורש ויער. לכן, מסדרונות אקולוגיים צריכים לשלטים בדרך כלל על-ידי מיני צומח וחי ג'נרליסטים, המלווים לעיתים קרובות גם במינים פולשים. דווקא המינים הנדירים, הסובלים מהיעלמות של בתי גידול טבעיים ונוטים להיפגע מהקונפליקטים בין החקלאות לטבע, אינם חודרים למסדרונות אקולוגיים רבים, או שהמסדרונות מהווים עבורם אזורי מבלע (מלכודות אקולוגיות).

הנושא הזה נכון גם לגבי מיני חולייתנים גדולים המהווים מיני מטרה בתוכניות לשימור מינים בסכנת ההכחדה. מרבית המסדרונות המתוכננים אינם רחבים מספיק בכדי להכיל את צורכי בתי הגידול הספציפיים הדרושים למינים ספציאליסטים, כמו קרקע יציבה, תנאי מיקרו-אקלים המאפיינים את פנים החורש או היער, או סוגי מזון מסוימים. מחקרים באזורים שונים בעולם מראים שבמרבית המסדרונות החוצים אזורים קלאיים, קיימת תנועה של טורפים ג'נרליסטים הנוטים לחיות בסביבת יישובים (כמו תנים, קיוטים, דביבונים, אופוסום). אולם, המסדרונות בדרך כלל לא מצליחים לתמוך בהגירה של מיני מטרה של תוכניות לשימור – כמו דובים שחורים, דובי גריזלי, ואריות הרים (Hilty et al., 2006). מינים אלה עשויים להיות רגישי לפעילות אנושית והפרעות, כמו תאורה, רעש, וזיהומים.

Hilty & Merelender (2003), השוו בין תנועה של טורפים דרך כרמים לבין תנועת טורפים דרך אזורים טבעיים של חיץ משמר לאורך נחלים בקליפורניה. באופן כללי יונקים מקומיים נטו להימנע ממעבר דרך הכרמים, ונרשמו פי 11 יותר תצפיות בטורפים באזור המסדרונות הטבעיים מאשר בתוך הכרמים. יונקים מקומיים נטו להעדיף מסדרונות טבעיים רחבים מאשר מסדרונות צרים וחשופים מצמחייה. בחלקות כרמים הנמצאות קרוב לצמחייה טבעית נצפתה רמת פעילות גבוהה של יונקים יחסית לחלקות מרוחקות. מינים מקומיים כמו שועל אפור, בואש, דביבון, קיוט, וחתול בר נצפו יותר במסדרונות טבעיים רחבים מאשר במסדרונות צרים חשופים, ונטו להימנע מכניסה לכרמים, ונצפו רק בכרמים הקרובים למסדרונות טבעיים. לעומת זאת, חתולי בית וכלבים נטו לעבור במסדרונות הצרים והחשופים, ונצפו פעילים בעיקר בכרמים המרוחקים ממסדרונות טבעיים.