



החברה הלאומית לדרכים



קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה

מדריך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות



קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה

מדריך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות

אוגוסט 2012

החברה הלאומית לדרכים



עריכה, כתיבה ותרגום | ד"ר תמר אחירון-פרומקין

ליווי הפרויקט מטעם החברה הלאומית לדרכים | אינג' ולדימיר טיטוב, אינג' אדריאן קוטרש, אד' אבינועם אבנון

עריכת לשון | גל קוסטוריצה

עיצוב גרפי והבאה לדפוס | שרון אסיס

איורים | איורים ותמונות הלקוחים מתוך המדריך הכלל-אירופי מסומנים באותיות EU (איורים: Wendy von Gijssel), אלה מתוך המדריך הספרדי - SP (איורים: Pep Gaspar), אלה מתוך המדריך הצפון-אמריקני - US ואלה מהמדריך ההולנדי - NL (איורים: Wilfried Jansen / J.G. Oord). איורים נוספים: כרם פרומקין

צילום השער | דורון ניסים, רון פרומקין, דותן רותם, תמר אחירון-פרומקין

ציטוט מומלץ: אחירון-פרומקין, ת. (עורכת). 2012. קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה: מדריך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות. החברה הלאומית לדרכים.

גרסה אלקטרונית של המדריך נמצאת באתר האינטרנט של החברה הלאומית לדרכים: www.iroads.co.il

לבניית תשתיות תחבורה ולשימוש בהן יש השפעות מגוונות על השטחים הפתוחים ועל המערכות האקולוגיות השוכנות בהם; חלק מההשפעות גורמות לפגיעה ניכרת במערכות אקולוגיות ולהפרעה בתפקודן. משאבים טבעיים אלה הם חלק מהמורשת הטבעית והתרבותית בישראל ולשמירה עליהם יש חשיבות והשפעה גם על שירותים חיוניים שהם מספקים לרווחת האדם. על ההשפעות השליליות נמנים אבדן של בתי גידול וקיטועם, שהם בין האיומים העיקריים על הטבע בעולם ובישראל. אחד מהאתגרים המשותפים לאקולוגים, למתכנני תשתיות, לאדריכלים ולמהנדסים הוא לפתח כלים מספקים להערכה, למניעה, לצמצום ולמיתון של נזקי ההשפעות הללו.

בעשור האחרון עלתה מאוד המודעות בעולם לצורך בצמצום הקונפליקט בין פיתוח תשתיות תחבורה בכלל, וכבישים בפרט, לבין הצורך בשמירה על המערכות האקולוגיות, וההתמודדות עם הנושא באה לידי ביטוי באופנים אחדים. בדומה למצב במדינות רבות בעולם, ההתייחסות להשפעת כבישים על מערכות אקולוגיות בישראל הייתה במשך שנים רבות מוגבלת למדי, ובאה לידי ביטוי חלקי ביותר בתסקירי השפעה על הסביבה. מאז סוף המאה העשרים עלתה גם בישראל המודעות לנושא והתבטאה בתכנון פיזי משופר מבחינת השפעותיו האקולוגיות. בשל קצב הפיתוח הגובר במדינת ישראל הגורם לכרסום מואץ בשטחים הפתוחים, לקיטועם ולפגיעה במערכות האקולוגיות יש חשיבות רבה לקידום תפיסה תכנונית וכלי תכנון שיכולים לסייע בהגנה עליהם. גישה זו באה לידי ביטוי גם במדיניות ממשלת ישראל באמצעות משרד התחבורה, שלאחרונה, במסגרת מדיניות המתבססת על עקרונות של פיתוח בר-קיימא, ומשלבת שיקולים של שמירה על הסביבה וחיסכון בקרקע עם שיקולי תכנון תחבורתיים, פרסם עבודה על "תבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות".

מדיניות החברה הלאומית לדרכים בנושא פיתוח בר-קיימא שואפת לקדם פיתוח המצמצם את הפגיעה במשאבי הטבע ובתפקודם כדי שגם הדורות הבאים יוכלו ליהנות מהם. לפי מדיניות זו, שיקולי סביבה מוצאים ביטוי לאורך כל חיי הפרויקט החל משלב התכנון הראשוני ועד לניהולו לאחר הסלילה, בהתאם לעקרונות הסביבתיים שלאורם פועלת החברה. עקרונות אלה כוללים הפחתה משמעותית של נזקים אקולוגיים והשפעות שליליות של הדרך על הסביבה הטבעית והבנויה באמצעות תכנון נופי, שימור ושיקום הקיים, מניעה של מפגעים סביבתיים וצמצומם.

המדריך שלפניכם עוסק בקיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה, והוא מיועד לספק למתכננים ולכל יתר העוסקים בתחום נקודת מוצא משותפת וכלים מגוונים כדי לטפל באחת הסוגיות הסביבתיות הסבוכות בישראל. המדריך נכתב לקהל יעד מגוון של אנשי מקצוע ובעלי עניין בגישה הפונה למציאת פתרונות, בהסתמך על הידע ועל הניסיון שהצטברו בקרב מומחים רבים ממדינות שונות. החברה הלאומית לדרכים ראתה צורך במדריך כזה והובילה מהלך להכנתו בישראל. הוצאתו לאור היא אבן דרך חשובה כיוון שזו הפעם הראשונה שמדריך כזה נעשה בתיאום מלא עם הגישה העדכנית והסטנדרטים הנהוגים בעולם בתחום זה.

אנו מקווים שמדריך זה יביא להגברת המודעות לנושא בקרב העוסקים בתחום ויסייע בידם לשפר את מצב הסביבה.

בברכה,

אינג' אדריאן קוטרוש

מנהל אגף מו"פ וסטנדרטיזציה

החברה הלאומית לדרכים

להוצאתו של המדריך שלפניכם תרמו אנשים רבים.

ברצוני להודות ל-Hans Bekker ממשרד התחבורה ההולנדי ול-Alex Levy מחברת Arcadis בארצות הברית על העידוד והסיוע להתחלת הפרויקט ובשלביו השונים. תודות לאנשי החברה הלאומית לדרכים – לאבינועם אבנון על החזון, הליווי והסיוע בהתאמה למציאות הישראלית, ולולדימיר טיטוב ואדריאן קוטרוש על הליווי הסבלני.

תודות לעמיתים בהולנד, בספרד, בארצות הברית ובקנדה על העצה והסיוע, המידע והתמונות (ראו פירוט באנגלית למטה). תודה לאנשי IENE ולמשרד להגנת הסביבה הספרדי על האישור להשתמש באיורים ובתמונות מתוך המדריכים שפרסמו. תודות לאתי רוזנטל על הסיוע בתרגום מהולנדית ולמרק סרביה על הסיוע בתרגום מספרדית. תודות לרון פרומקין על הסיוע, הייעוץ והתמונות הרבות שתרם. תודות לדותן רותם ואנשי רט"ג – על המידע, התמונות, ההערות והסיוע.

Many thanks to all our colleagues that supported and helped with advice, information, and permission to use sketches and photographs.

Thanks to Hans Bekker and IENE secretariat for the permission to use images from the European handbook (marked in this handbook as EU) and from the Dutch handbook (marked as NL).

Thanks to Carme Rossell and Ferran Navàs from MINUARTIA for their help. Images from the book: Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales / Technical prescriptions for the design of wildlife passages and fences, edited by the Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino / Ministry of the Environment and Rural and Marine Affairs, are reproduced with the permission of this ministry (marked as SP).

Thanks to Tony Clevenger for help, advise and permission to use photographs from the North-American handbook (marked as US).

Special thanks to Alex Levy and Anna-Martina Kruidering for their help and support.

11	1. מבוא
17	2. אופן השימוש במדריך
21	3. הצגת הבעיה: השפעת תשתיות תחבורה על מערכות אקולוגיות
23	3.1 קישוריות וקיטוע
24	3.2 ההשפעות האקולוגיות של תשתיות תחבורה
24	3.3 השפעות אקולוגיות ראשיות ושירות
24	3.3.1 אבדן בתי גידול
25	3.3.2 אפקט חיץ
29	3.3.3 פגיעה פיזית ישירה בבעלי חיים
31	3.3.4 הפרעות וזיהום
32	3.3.5 תפקודים אקולוגיים של שולי כבישים
35	3.4 השפעות אקולוגיות עקיפות
36	3.5 אקולוגיה של הנוף
37	4. הגישה: פיתוח פתרונות משולבים
39	4.1 הגישה להתמודדות עם איום הקיטוע
40	4.1.1 שלב התכנון המקדמי: תהליך לזיהוי אזורים רגישים לקיטוע
41	4.1.2 הימנעות מקיטוע
42	4.1.3 מיתון ההשפעות השליליות
42	4.1.4 פיצוי אקולוגי
43	4.1.5 ניטור
43	4.2 החשיבות בראייה תכנונית מוקדמת למניעת הקיטוע של בתי גידול
43	4.3 פתרונות משולבים
44	4.4 החשיבות בראייה תכנונית מערכתית
44	4.4.1 רמת הפרויקט
45	4.4.2 הרמה המערכתית או הנופית
46	4.5 החשיבות בראייה תכנונית לטווח ארוך
49	5. מבעיה לפתרון: כלי תכנון
51	5.1 תכנון למניעת קיטוע ולצמצומו
52	5.2 ההליך התסקירי ככלי תכנון
52	5.2.1 שלביות ההליך התסקירי
53	5.2.2 ההנחיות לתסקיר ההשפעה על הסביבה
53	5.2.3 בחינת חלופות
55	5.2.4 הליך תסקירי לאורך כל חיי הפרויקט
55	5.2.5 שיתוף הציבור ושקיפות

56	פרמטרים הנבחנים בתסקיר ההשפעה על הסביבה	5.2.6
56	הערכה של השפעת הקיטוע הנגרם מתשתית תחבורה חדשה	5.3
57	הגדרת מרחב הבדיקה	5.3.1
57	סקירת המצאי	5.3.2
59	תהליך ההערכה האקולוגית	5.3.3
60	שיקולים בבחינת החלופות	5.3.4
61	תכנון לשלב הביצוע ולשלב ההפעלה	5.3.5
61	קיטוע על ידי תשתיות תחבורה קיימות	5.4
61	המטרה: מיפוי החיץ לצורך שיפור הביצועים האקולוגיים ופתרון קונפליקטים	5.4.1
62	זיהוי של נקודות קונפליקט ומיפויין	5.4.2
62	סקר של נקודות הקונפליקט ותיאורן	5.4.3
63	אמצעים מומלצים וסדרי עדיפות	5.4.4
64	השקטת התנועה (traffic calming)	5.4.5
64	פירוק תשתית	5.4.6
64	שדרוג תשתיות תחבורה	5.5
65	עלות ותועלת	5.6
65	תיאור העלויות	5.6.1
65	תיאור התועלת	5.6.2
66	השקעות קטנות בתשתית קיימת	5.6.3
66	אורך החיים של הפתרונות	5.6.4
66	פיצוי אקולוגי	5.7
66	התפיסה של פיצוי אקולוגי	5.7.1
66	פיצוי אקולוגי כחלק מתפיסה של שמירת הטבע	5.7.2
69	6. כלים נוספים לתכנון ולהערכה אקולוגית	
71	שילוב של תשתיות תחבורה בנוף	6.1
71	ההשפעה הפוטנציאלית של פיתוח תשתיות על תצורות הנוף	6.1.1
71	הגישה הרב-תחומית	6.1.2
71	עקרונות למיתון ההשפעות השליליות	6.1.3
72	גיבוש התוואי	6.1.4
76	עבודות עפר	6.1.5
78	מנהרות	6.1.6
79	השימוש בצומח	6.1.7
81	פתרונות תכנון נוספים	6.1.8
82	משאבים וכלים הזמינים להערכה אקולוגית בשלבי התכנון	6.2
82	מיפוי ומידע	6.2.1
84	שכבות ממ"ג	6.2.2
85	נתוני סקרים ומחקרים בשטח	6.2.3
86	בהיעדר נתונים	6.2.4

89	7. מעברים לבעלי חיים ופתרונות טכניים אחרים
91	7.1. הגישה הכללית
91	7.1.1. איך להשתמש בפרק זה
91	7.1.2. טיפוסים אמצעים ותפקודם העיקרי
93	7.1.3. מעברים לבעלי חיים כחלק מתפיסה כללית של חדירות הנוף
94	7.1.4. בחירת האמצעי המתאים
101	7.1.5. צפיפות המעברים לבעלי חיים ומיקומם
103	7.1.6. התאמה של מבנים הנדסיים לשימוש על ידי בעלי חיים
104	7.1.7. פתרון בעיות בתשתיות קיימות
104	7.1.8. תחזוקה וניטור של אמצעי המיתון
105	7.2. צמצום אפקט החיץ: מעברים עיליים
106	7.2.1. מעבר רצף
120	7.2.2. מעבר עילי לבעלי חיים
130	7.2.3. מעבר עילי רב-שימושי
136	7.2.4. מעבר בין צמרות
139	7.3. צמצום אפקט החיץ: מעברים תחתיים
140	7.3.1. גשר (ויאדוקט)
148	7.3.2. מעבר תחתי ליונקים גדולים
156	7.3.3. מעבר תחתי רב-שימושי
164	7.3.4. מעבר תחתי עם זרימת מים
170	7.3.5. מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים
176	7.3.6. מעבירי מים מותאמים למעבר בעלי חיים
186	7.3.7. מנהרות לדו-חיים ולזוחלים
195	7.4. מניעה וצמצום של תמותת בעלי חיים ושל אפקט החיץ
195	7.4.1. גידור
202	7.4.2. אמצעי הרתעה ואזהרה
203	7.4.3. התאמת בית הגידול לצדי הדרך והכניסות למעברים
205	7.4.4. התאמת התשתית
209	7.5. צמצום אפקט החיץ ותמותת בעלי חיים: פתרונות נוספים
209	7.5.1. אמצעים לשיכוך תנועה
210	7.5.2. פירוק תשתיות תחבורה
210	7.5.3. תשומת לב נפרדת
213	8. דגשים בביצוע, בניהול ובתחזוקה
215	8.1. שלב הביצוע
216	8.1.1. עיתוי העבודות
216	8.1.2. צמצום מידת הפרעה הכרוכה בעבודות
217	8.2. ניהול ותחזוקה

221	9. ניטור והערכה
223	9.1. עקרונות כלליים של ניטור
223	9.1.1. הצורך בניטור ומטרותיו
224	9.1.2. הגדרת טיפוס הניטור
225	9.1.3. שיקולים מעשיים
227	9.2. תכנון של מערך ניטור
227	9.2.1. מערך הניטור - מתכנון ליישום
228	9.2.2. שלבים בגיבוש מערך הניטור
229	9.3. בקרת איכות במהלך שלב הביצוע
229	9.4. שיטות לניטור פגיעות של בעלי חיים והשימוש במעברים לבעלי חיים
230	9.4.1. תיעוד בעלי חיים שנפגעו
230	9.4.2. תיעוד השיעור של בעלי החיים שהצליחו לחצות את קו התשתית
231	9.4.3. ניטור השימוש במעברים לבעלי חיים באמצעות תיעוד עקבות - 1
233	9.4.4. ניטור השימוש במעברים לבעלי חיים באמצעות תיעוד עקבות - 2
234	9.4.5. ניטור השימוש במעברים לבעלי חיים באמצעות מצלמות
235	9.4.6. שיטות אחרות לניטור השימוש במעברים לבעלי חיים
237	10. נספחים
238	10.1. מילון מונחים
245	10.2. מידע - מדריכים
246	10.3. מקורות נוספים
255	10.4. פיצוי אקולוגי
255	10.4.1. ההיקף של אמצעי הפיצוי
255	10.4.2. מגבלות חוקיות
255	10.4.3. פיצוי אקולוגי בפרויקטים של תשתיות
257	10.4.4. חשבונאות של מיתון ההשפעות
258	10.5. שמות מדעיים של מיני חולייתנים יבשתיים

1. מבוא

לבניית תשתיות תחבורה ושימוש בהן יש השפעות מגוונות על מערכות אקולוגיות; חלקן גורמות לפגיעה ניכרת במערכות אלה ולהפרעה בתפקודן. מלבד אבדן מידי של שטחים בבתי גידול שונים בשל בניית התשתית, השפעות אלה כוללות גם פגיעה ישירה במרכיבי המערכות האקולוגיות, במיוחד בשל תמותה של בעלי החיים המהווים חלק מהמערכות הללו, וכן זיהום ושינויים במיקרו-אקלים ובתנאים ההידרולוגיים. בנוסף, גדלים הסיכויים להידרדרות נוספת במצבם של בתי הגידול שנתרנו, ולכך תורמת גם פעילות אדם מוגברת בשטחים הפתוחים שתשתיות אלה חוצות אותם ובאזורים סמוכים להם.

אבדן בתי גידול וקייטום הוא מונח המתאר הן את **התמעטות** השטחים הפתוחים שבהם שוכנים בתי הגידול והמערכות האקולוגיות והן את **פיצולם** לכתמים קטנים יותר ומבודדים זה מזה. אבדן של בתי גידול וקייטום הם בין האיומים העיקריים על המגוון הביולוגי בעולם ובישראל, והם נובעים ברובם משינויים בשימושי הקרקע. לבנייתן של תשתיות תחבורה ושימוש בהן יש חלק מרכזי בשינויים אלה בשימושי הקרקע. בנוסף לכך, כבישים ומסילות ברזל מהווים חץ בין כתמי בית הגידול שנתרנו ומכשול לתנועתם של בעלי חיים רבים: תשתיות אלה והפעלתן הן מחסומים שעלולים לבודד אוכלוסיות אלה מאלה, להוביל עם הזמן להתמעטות אוכלוסייה, לעתים עד להכחדתה, ולפגוע במערכת האקולוגית שהאוכלוסייה האמורה היא חלק ממנה.

עם השנים, ההתפתחות של מערכות התחבורה והגידול בהיקפן הפכו את השפעתן על ממדי הקייטום, על אוכלוסיות טבעיות ועל מערכות אקולוגיות לבעיה ניכרת ההולכת וגוברת בעולם כולו. מחקרים רבים שנערכו מאז שנות ה-90 של המאה ה-20 ב"אקולוגיה של כבישים" (road ecology) – תחום חדש יחסית המתפתח במהירות – עסקו בהשפעות שיש לכבישים על מערכות אקולוגיות ועל אוכלוסיות בעלי החיים והצמחים שבהן. הגידול המתמיד בכמות בעלי החיים הנפגעים בכבישים ובמסילות רכבת מתועד היטב באירופה ובצפון אמריקה ובהדרגה אף במקומות רבים אחרים בעולם, ויכול להצביע על ממדי הבעיה. אולם חשוב להבין כי לצד התיעוד של הנזקים הישירים שנובעים מדריסה, לחץ היוצר קייטום יש השפעות ארוכות טווח, שלא תמיד קל לעמוד על טיבן.

האופי הקווי של מערכות התחבורה ופריסתן המרחבית מעלים הן בפני העוסקים במינהל תחבורה והן בפני העוסקים בשמירת הטבע והמגוון הביולוגי רצף של סוגיות לטיפול משותף. כדי להשיג תשתיות תחבורה בנות-קיימא מבחינה אקולוגית יש למזער ככל האפשר את השפעותיהן השליליות על המערכות האקולוגיות, ובמיוחד על בעלי החיים שבהן, באמצעות שימוש בגישה כוללת (הוליסטית) ומערכתית שתחבר בין הגורמים האנושיים-חברתיים לבין הגורמים האקולוגיים הפועלים בנוף. לפיכך, אחד מהאתגרים המשותפים לאקולוגים, למתכנני תשתיות, לאדריכלים ולמהנדסים הוא לפתח כלים מספקים להערכה, למניעה, לצמצום ולמיתון של נזקי ההשפעות הללו.

הפרויקט האירופי COST 341 Action (ראו במסגרת) התמקד בתחום הנוגע לקייטום בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה ובניסיון לצמצם את השפעות הקייטום. אחד מתוצריו היה מדריך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות.

COST 341 Action

נציגים מכ-20 מדינות באירופה, החברים בארגון העוסק בתחבורה ובאקולוגיה (Infra Eco Network Europe (IENE), מצאו צורך בסוף שנות ה-90 של המאה ה-20 בשיתוף פעולה ברמה כלל-אירופית ובחילופי מידע בכל הקשור לקייטום בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה. ארגון IENE פנה לתמיכה ברמה ממשלתית-אירופית במסגרת COST (Cost - European Co-operation in the Field of Scientific and Technical Research), והדבר הוביל לפרויקט COST 341 Action שהתנהל בשנים 1998-2003.

בפרויקט השתתפו 16 מדינות אירופיות ונציגי של ארגון לא-ממשלתי אחד, והיו לו ארבעה תוצרים עיקריים, כולם נוגעים לקייטום בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה:

- דוחות לאומיים המביאים תמונת מצב עדכנית
- סקירה מסכמת כלל-אירופית
- מאגר מידע הכולל ספרות ופרויקטים רלוונטיים
- מדריך לזיהוי קונפליקטים ולתכנון פתרונות

הסקירה הכלל-אירופית מציגה מידע על היקפה של בעיית הקייטום של שטחים פתוחים ובתי גידול טבעיים על ידי כבישים, רכבות ונתיבי מים באירופה ועל משמעותה האקולוגית, והיא בוחנת את הפתרונות שיושמו בפועל. הסקירה מבוססת על הדוחות הלאומיים מהמדינות המשתתפות.

מאגר המידע מציג מידע אינטרנטי על הניסיון האירופי, מידע על ספרות עדכנית, מידע על פרויקטים ועל תוצאותיהם, ומילון מונחים המשמש בתחום של תשתיות וקייטום בתי גידול.

לארגון IENE יש אתר אינטרנט (www.iene.info) ובו בכתובת (<http://www.iene.info/cost-341>) ניתן למצוא את הגרסה הדיגיטלית של כל התוצרים הללו וכן מידע נוסף, קישורים ופורומים לחבריו.

בשנים האחרונות מעודד הארגון הכנה של מדריכים לאומיים מקומיים שיתאימו לבעיות, לתנאים ולנהלים המיוחדים לכל מדינה ומדינה. רשימה של מקורות אלה תוכלו למצוא בנספח 10.2.

גרסה עברית של מדריך זה, מעודכנת ומותאמת למצב במדינת ישראל, מובאת בזאת לפניכם. יש לקוות שבשנים הבאות יתרחב בסיס המידע המקומי שבידינו כך שנוכל להשתמש בו כדי לעדכן את הגרסאות הבאות של המדריך ולשפרן.

חשוב לציין שמטרתו של המדריך שלפניכם היא להציג סוגיה מורכבת זאת על היבטיה השונים, להתוות את העקרונות המומלצים להתמודדות איתה, ולפרוש את מלוא הקווים המנחים וההמלצות שיכולים לשמש להתמודדות. מדריך זה אינו מתיימר להתוות הנחיות תכנון מדוקדקות, ולכן בשימוש בו יש להפעיל שיקול דעת ולבחון את ישימות ההמלצות ואת מידת התאמתן לכל פרויקט ופרויקט.

המדריך

הנושא שבו עוסק המדריך שלפניכם הוא מזעור של השפעות הקיטוע והחיץ האקולוגי הנגרמים על ידי תשתיות תחבורה. **המדריך נכתב לקהל יעד מגוון של אנשי מקצוע ובעלי עניין** – כל המעורבים בתכנון מתארי ומפורט, בבנייה ובתחזוקה של תשתיות תחבורה (כבישים ומסילות רכבת), העוסקים בשמירת הטבע, וכן מקבלי החלטות ברמה הלאומית, האזורית והמקומית – כיוון שסוגיית הקיטוע היא מורכבת ודורשת התייחסות מערכתית ורב-תחומית.

המדריך נכתב בגישה הפונה **למציאת פתרונות (solution-based)**, בהסתמך על הידע ועל הניסיון שהצטברו בקרב מומחים רבים ממדינות שונות. בפרקי המדריך מוצגים לקוראים שלבים שונים בטיפול בתשתית: החל בשלבים הראשונים של התכנון, בחינת החלופות, אינטגרציה של הכביש בנוף והשימוש באמצעים שונים כגון מעברים עיליים ותחתיים למיתון ההשפעות השליליות של תשתית התחבורה על המערכות האקולוגיות שהיא חוצה, דרך טיפול בתחום פחות מוכר הנוגע לאמצעי פיצוי סביבתי, וכלה בשימוש בשיטות שונות לניטור ולהערכה של הפתרונות שנבחרו ובטיפול בעניינים הנוגעים לתחזוקה ולממשק.

תיאור קצר של הנושאים המטופלים במדריך ושל אופן השימוש בו תוכלו למצוא בפרק 2 למדריך זה.

כבישים ומסילות ברזל

הכתיבה במדריך זה נוגעת בעיקר לכבישים, אך הפתרונות ומרבית האמצעים המתוארים בו מתאימים גם למיתון השפעות הקיטוע של מסילות ברזל. הדבר חשוב משום שלמסילות ברזל יכולות להיות השפעות ניכרות על הטבע בשטחים הפתוחים: הן עלולות ליצור חיץ וקיטוע אף אם רשת המסילות מצומצמת בהיקפה מרשת הכבישים, ואף אם תדירות תנועת הרכבות פחותה מתנועת כלי הרכב. כמו כן לנוכח המגמה הנהוגה כיום – לאחד ברמה מסוימת את תכנון תשתיות התחבורה, חשוב שההסתכלות המרחבית ומהלכי התכנון והממשק יוכלו לכלול את המידע, את התבוננות ואת השימוש באמצעים למיתון ההשפעות הייחודיות והמצטברות גם יחד של כבישים ושל מסילות ברזל. נציין כי באירופה יש מדינות שקיימים בהן גם נתיבי מים, והנאמר במדריך לגבי נתיבי תחבורה קווים תקף גם לגביהם.

האמצעים המתוארים במדריך

צמצום ומיתון (mitigation) של קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה הוא תחום ידע חדש יחסית, והוא משלב בין הנדסה לבין אקולוגיה. אמצעים שונים משמשים לצמצום ולמיתון הקיטוע והשפעותיו השליליות על המערכות האקולוגיות. לשיפור הקריאות והבהירות, אמצעים אלה יאוזכרו במדריך בקצרה גם כ"אמצעים למיתון השפעות הקיטוע", "אמצעים למיתון ההשפעות" או "אמצעי מיתון" (mitigation measures). לאופן שבו תשתיות התחבורה ממוקמות בנוף יכולה להיות השפעה גדולה על המערכות האקולוגיות, ובמיוחד על בעלי החיים שבהן. לפיכך חשוב לציין כי השימוש שיעשה מעתה ואילך במילה "נוף" לא ייגע רק להיבט החזותי, אלא בעיקר ליחידה המרחבית-תפקודית המהווה גם תחום מחקר באקולוגיה – "אקולוגיה של הנוף" (Landscape ecology).

המדריך נוקט גישה משולבת (אינטגרטיבית). מתוארים בו גורמים שונים שיש להתחשב בהם בתכנון מסדרונות תנועה ובתכנון שילוב של תשתיות התחבורה בנוף. תשומת לב מופנית לבנייה של מעברים היכולים לשרת מינים שונים של בעלי חיים – מעברים עיליים, מעברים תחתיים, מעברי מים מותאמים, צינורות וגשרים.

המתודולוגיה להערכה של מידת היעילות של האמצעים למיתון הקיטוע נמצאת עדיין בשלבי מחקר ופיתוח. אף על פי שנעשו הערכות שונות לגבי מידת יעילותם במצבים מסוימים, יש צורך במחקר נוסף, מקומי, שיבחן את השפעות האמצעים למיתון הקיטוע ברמת האוכלוסייה של מינים ספציפיים של בעלי חיים, ובהקשר של התנאים והעקות הסביבתיות המסוימים שבהם נתונה האוכלוסייה הנבחנת.

התבססות על הניסיון הקיים ועל הערכה של חלופות מבניות שונות מאפשרת לכל מדינה ומדינה להמשיך לשפר את התכנון ולגבש סטנדרטים חדשים המתאימים לצרכיה. חילופי מידע מתמשכים החיוניים לפיתוח סטנדרטים אלה ולשכלול מתנהלים כיום ברמה בין-לאומית, בעיקר בין העוסקים בתחום בשני מרכזים המקושרים ביניהם היטב – האירופי והצפון-אמריקני.



איור 1.1: דוגמה לאמצעים שאפשר להשתמש בהם למזעור ולמיתון השפעות שליליות של הקיטוע על מערכות אקולוגיות: שילוב בין מנהרה העוברת בגבעת מצפה נפתוח (במרכז התמונה) לבין גשר (משמאל) מעל נחל שורק בכביש 9 העובר בעמק הארזים למרגלות הכניסה לירושלים.

מדיניות משרד התחבורה בדבר מגמת פיתוח הכבישים בעתיד

על בסיס החלטות ועידת ריו משנת 1992, התקבלה במאי 2003 בממשלת ישראל החלטה מס' 246 שלפיה: "מדינת ישראל תתבסס על עקרונות של התנהלות פיתוח בר-קיימא המשלבים: כלכלה דינמית, שימוש מושכל במשאבי טבע, הגנה על מערכות אקולוגיות ומתן שוויון הזדמנויות לכול. ברוח 'תכנית היישום' יכין כל משרד ממשלתי אסטרטגיה לפיתוח בר-קיימא שתכלול, בין היתר, תכנית פעולה משרדית, דרכי יישום, מקורות מימון מתקציב המשרדים, יעדים בני-מדידה ותאריכי יעד להשגתם".

התפיסה העומדת בבסיס הנחיות אלה היא חלק מפיתוח מדיניות משרד התחבורה לסוגיית התכנון בר-הקיימא. מלבד השמירה על הסביבה, מדגישות הנחיות אלה גם התייחסות לשמירה על משאב הקרקע, כפי שהיא מתבטאת למשל גם בהנחיות העדכניות לתבחיני תכן למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בתכנון דרכים בין-עירוניות.

(מתוך אתר האינטרנט של משרד התחבורה)

תשתיות קיימות וחדשות

בישראל הולכת וגוברת כיום המודעות לקיטוע בתי גידול הנגרם מבנייה של תשתיות תחבורה חדשות, ונעשה ניסיון מסוים לצמצמו במהלך התכנון המתארי. אולם חשוב לזכור שעלינו ליישם אמצעים למיתון השפעות הקיטוע הקיים גם בשל אלפי קילומטרים של כבישים ומסילות רכבת שנבנו זה מכבר. מעבר לכך חשוב לזכור עוד שהשפעות של תשתית תחבורה קיימת יכולות להשתנות עם שדרוגה של התשתית או עם הקמתה של תשתית תחבורה חדשה ונוספת במרחב, ולהגביר את הצורך באמצעי מיתון כאלה.

לפיכך, בבואנו לתכנן אמצעים למיתון השפעותיו השליליות של הקיטוע יש להתמקד בבחינת ההשפעות של רשת תשתיות התחבורה בכללותה, כלומר, של כל הכבישים ומסילות הרכבת במרחב האמור. מאחר שעל פי מדיניות משרד התחבורה מגמת פיתוח הכבישים בעתיד תתמקד בשדרוג כבישים קיימים, בהפחתה בסלילת כבישים חדשים ובשאפה לתכנון בר-קיימא (ראו מסגרת), הרי שהתייחסות לקיטוע בתי גידול ונקיטת אמצעים למיתונו במהלך שדרוג התשתיות רלוונטית במיוחד לענייננו.

הגישה בעולם

חשוב לציין כי ניכרים הבדלים בין מדינות בנוגע להקשר התרבותי, הפוליטי והמדעי של פיתוח תשתיות תחבורה ברמה המקומית, האזורית והלאומית. גם התכנון המפורט של מעברים לבעלי חיים שונה בין מדינות, בחלקו בגלל שוני במסורת או בהיסטוריה, ובחלקו בגלל השוני בתנאים הפיזיים ובמצאי האקולוגי. באירופה, למשל, קיימים כמה וכמה סטנדרטים פורמליים לתכנון, לבנייה ולתחזוקה של אמצעים למיתון הקיטוע והשפעותיו השליליות. בארצות הברית ובמדינות אחרות בעולם שאבו במידה רבה מהניסיון האירופי, ואף בין מדינות מחוץ לאירופה ניכרים לצד ההבדלים בתנאים הפיזיים

והאקולוגיים גם הבדלים בגישות לתכנון, לממשק ולתחזוקה, ובאופי ההתנהלות הציבורית הקשורה לעניין. לכן פתרון שנמצא טוב ומתאים במדינה אחת או באזור גאוגרפי מסוים יכול להתאים פחות או להיות יעיל פחות במדינה אחרת או באזור גאוגרפי אחר.

במדריך זה נעשה ניסיון לפרוש יריעה רחבה ככל האפשר של פתרונות מוכרים, ולאזן בין הצורך להציג פתרונות כלליים ורחבים ככל האפשר מצד אחד לבין הרצון לראות פרטים רבים ככל האפשר בהקשר המקומי או האזורי מהצד האחר. (הפניה למבחר מדריכים ממדינות שונות ראו בנספח 10.2 ובאתר האינטרנט של IENE).

המדריך שלפניכם תורגם ועובד בעיקרו מהמדריך הכלל-אירופי משתי סיבות עיקריות:

(א) הנעשה באירופה הוביל עד כה את הגישה התכנונית ואת העשייה בתחום זה בעולם, וממנו נלמדים לקחים שמיושמים בצפון אמריקה, באוסטרליה ובאסיה.

(ב) צירוף הנסיבות התכנוניות והאקולוגיות המוכר לנו ממדינות שונות באירופה דומה לנעשה בישראל יותר מאשר צירוף הנסיבות שמוכר לנו מצפון אמריקה.

לצד הטקסט והנתונים המציגים מצבים שונים שתועדו במרחבי אירופה שולב מידע נוסף – הן ממדריך שראה אור בארצות הברית באפריל 2011 ומרכז את הניסיון העדכני בצפון אמריקה בנושא זה, הן מהניסיון שמתועד במדריכים המקומיים של ספרד והולנד, והן מהניסיון המקומי שלנו – כל זאת כדי להציג גרסה מעודכנת המותאמת למצב במדינת ישראל.

חשוב להדגיש כי לא קיימים פתרונות נכונים במאה אחוזים. ההמלצות במדריך זה מבוססות, כאמור, על ניסיון בארצות שונות ועל הניסיון שהצטבר עד כה בישראל. עם זאת, חשוב להמשיך לעדכן ולרכז במדריך את הניסיון שימשיך להצטבר בארץ, ואחת לכמה שנים להפיץ גרסה משופרת ומעודכנת שלו. יש להדגיש עוד כי השימוש במדריך אינו תחליף להתייעצות במומחים או לעבודת צוות משותפת של אקולוגים, מתכננים ומהנדסים.



איור 1.2: גשר המשמר קישוריות בערוץ נחל: כביש 90 עובר בגשר מעל ערוץ נחל דישון. (צילום: דותן רותם)

2. אופן השימוש במדרין

השפעות הקיטוע והחיץ שיוצרת תשתית תחבורה ניתנות לצמצום או למיתון בדרכים שונות ובמהלך שלבים שונים של פיתוח התשתית ושל השימוש בה. לעתים אפשר להימנע מבעיות קיטוע אם מתקבלת ההחלטה הנכונה בשלבים המוקדמים של התכנון. את השפעות החיץ אפשר לצמצם במידה ניכרת על ידי שילוב (אינטגרציה) של התשתית בנוף הסובב או על ידי בניית אתרי מעבר בטוחים לבעלי חיים. המטרות שאותן מציבים לצורך צמצום השפעות החיץ של תשתיות תחבורה קיימות צריכות להתמקד בשיפור החדירות (permeability) של תשתיות התחבורה לתנועתם של מרכיבי המערכת האקולוגית, בעיקר של בעלי חיים, ובהפחתת קיטוע קיים (דה-פרגמנטציה) של הנוף.

השלבים השונים ב"מהלך חייה" של תשתית הם לרוב נפרדים זה מזה: תכנון, ביצוע, הפעלה ופירוק, ונדרשים במהלכם מידע ומומחיות של אנשי מקצוע מתחומים שונים. חלקיו של מדריך זה נבנו כדי להקל על מציאת המידע הרלוונטי לשלבים השונים הללו, ובפרקיו כללנו תיאור של הבעיות והמלצות לתכנון ולממשק בתחומים שונים. כדי להקל על הקריאות, מידע נוסף והרחבות מובאים הן במסגרות צבעוניות לצד הטקסט והן בנספחים, שם אפשר למצוא גם רשימה של המקורות לפרק מסוים ורשימה של השמות המדעיים של בעלי החיים המוזכרים בגוף המדריך.

איור 2.1 מציג את סדר הפרקים במדריך.

10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
נספחים	ניטור והערכה	ביצוע, ניהול ותחזוקה	מעברים לבע"ח ואמצעים נוספים	כלים נוספים לתכנון והערכה	כלי תכנון	פיתוח פתרונות משולבים	השפעות אקולוגיות	מדריך למשתמש	מבוא

איור 2.1: פרקי המדריך המותאמים לסדר השלבים השונים ב"מהלך חייה" של התשתית

פרקים 1-3 מרכזים את הרקע האקולוגי ואת הגישה התכנונית העקרונית: **פרק 3** מתאר בקצרה את ההשפעות האקולוגיות השונות של תשתיות תחבורה: אבדן בתי גידול, אפקט חיץ, פגיעות בבעלי חיים, זיהום והפרעות, המכונים במונח הכולל – קיטוע של בתי גידול – הנושא המרכזי של מדריך זה; **פרק 4** מסביר איך אפשר לפתח פתרונות אינטגרטיביים ולהימנע מקיטוע, ומדגיש את חשיבות הבחינה המוקדמת של היבט הקיטוע בפרויקטים של בניית תשתיות תחבורה.

פרקים 5-9 מציגים קשת של המלצות ופתרונות אפשריים לצמצום הקיטוע באופן ספציפי לשלבי התכנון השונים, לבנייה ולהפעלה של תשתית תחבורה: **בפרקים 5-7** מובא "ארגז כלים" לשלבי התכנון השונים, כלים המקשרים גם לתכנון ממוקד-מטרה של הביצוע, של התחזוקה ושל הניטור. מתוך המלצות המוצגות בפרקים אלה אפשר לגזור הנחיות תכנון על פי צורך. **בפרק 8** מתוארים השלבים החשובים שלאחר התכנון. כדי להימנע מפגיעה מיותרת בשטחים טבעיים ובערכי טבע יש להקפיד על ביצוע נאות בשטח בהתאם להנחיות התכנון. הקפדה על השיקום הנופי הנדרש ועל עיתוי הפעילות מסייעת אף היא למזער את הנזקים האקולוגיים ולצמצם את הפגיעה החזותית בנוף. תכנון טוב ככל שיהיה לא יספק את הפתרונות הנחוצים ללא הקפדה על ביצועו הנאות, על בקרה על איכות הביצוע ועל תחזוקה שוטפת לאיתור ליקויים או בלאי ולתיקונם.

בהתוויית אמצעים למיתון השפעות הקיטוע בשלב התכנון והביצוע אין די. בנוסף יש לנטר את תפקודן של השיטות השונות שמשמשות בפועל למזעור הקיטוע כדי לבחון אם האמצעים שגובשו אכן ממלאים את תפקידם וכדי לזהות מתוך השיטות שיושמו דוגמאות של התנהלות טובה ולספק הנחיות יישום טובות לעתיד. **פרק 9** מביא הנחיות כלליות לניטור תפקודם של האמצעים למיתון ההשפעות.

הנספחים בפרק 10 כוללים: (1) מילון מונחים; (2) הפניה לאתרי אינטרנט ולמדריכים נבחרים; (3) רשימת מקורות; (4) הרחבה על נושא הפיצוי האקולוגי; (5) רשימת השמות המדעיים של בעלי החיים המוזכרים במדריך.

מבוא הנושא המרכזי במדריך	1
מדריך למשתמש מבנה המדריך והאופן שמומלץ להשתמש בו	2
הצגת הבעיה: השפעת תשתיות תחבורה על מערכות אקולוגיות הגדרות של קיטוע בתי גידול, ההשפעות האקולוגיות של תשתיות תחבורה והשלכותיהן הישירות והעקיפות	3
הגישה: פיתוח פתרונות משולבים תכנון תשתיות תחבורה חדשות, שדרוג תשתיות קיימות וסקירת הנושאים הכרוכים בכך מבחינת בעלי חיים ומערכות אקולוגיות. הצגת הגישה למיתון ההשפעות של קיטוע בתי גידול	4
מבעיה לפתרון: כלי תכנון מיתון ההשפעות של קיטוע בתי גידול בשלב התכנון של תשתיות חדשות וקיימות, השימוש בבחינה סביבתית מקדמית ובתסקירי השפעה על הסביבה. פירוק תשתיות; עלויות ותועלות; פיצוי אקולוגי – הצגת הגישה	5
כלים נוספים לתכנון ולהערכה אקולוגית נושאי מפתח לשילוב מוצלח של התשתית בנוף בדגש על מרכיבים הנוגעים למיתון השפעות הקיטוע של בתי גידול; מקורות מידע וכלים אפשריים להערכה האקולוגית	6
מעברים לבעלי חיים ופתרונות טכניים אחרים אפשרויות הבחירה באמצעים למיתון השפעות הקיטוע ובמיקומם לפי מיני היעד ובתי הגידול; מעברים עיליים, מעברים תחתיים, מעברים לשימוש משולב ומבנים משודרגים; אמצעים לצמצום או למניעה של תמותת בעלי חיים	7
דגשים בביצוע, בניהול ובתחזוקה החשיבות בהבנת העקרונות שהנחו את התכנון, הקפדה על יישומם בשלב הביצוע וכן בניהול ותחזוקה של התשתית כדי שמטרות התכנון יתבטאו במלואן	8
ניטור והערכה קווים מנחים לתכנון תכנית ניטור ולהערכה של יעילות האמצעים; תיאור של שיטות ניטור שונות; בקרת איכות	9
נספחים מילון מונחים; מקורות ברשת האינטרנט ומדריכים אחרים; רשימת מקורות; פיצוי אקולוגי; רשימת שמות מדעיים	10

3. הצגת הבעיה: השפעת תשתיות תחבורה על מערכות אקולוגיות

- 3.1 קישוריות וקיטוע
- 3.2 ההשפעות האקולוגיות של תשתיות תחבורה
- 3.3 השפעות אקולוגיות ראשיות וישירות
- 3.4 השפעות אקולוגיות עקיפות
- 3.5 אקולוגיה של הנוף

פרק זה מציג את הסוגיה האקולוגית והסביבתית העומדת במרכזו של מדריך זה. הוא פותח בהצגת התפיסה המרחבית של קישוריות ושל קיטוע בתי גידול ובמערכות אקולוגיות, ומעלה מכלול של השלכות הנובעות מבנייתן של תשתיות תחבורה ומהפעלתן ומשפיעות באופן ישיר ובאופן עקיף על מערכות אקולוגיות. קנה המידה המרחבי הנדרש להבנת הסוגיה גדול משטח מרחב התכנון האופייני לפרויקט מסוים. היבטים של קישוריות וקיטוע דורשים, לפי העניין, בחינה בראייה אגנית, אזורית, לאומית ולעתים אף בין-לאומית.

3.1 קישוריות וקיטוע

3

נופים הם פסיפס של כתמים טבעיים הנמצאים בתוך "רקע" של שימוש הקרקע השולט בשטחים הפתוחים. בכתמים הללו מצויים בתי הגידול הטבעיים השונים. רבים מכתמי בתי הגידול מקוטעים על ידי מגוון של שימושי קרקע שהם תוצר פעילות האדם, בעיקר על ידי שטחים בנויים ותשתיות. **קישוריות אקולוגית** (connectivity) תוגדר להלן כיכולת של פרטים (יצורים חיים) לנוע בין כתמי בתי הגידול המתאימים להם ולקיים בהם את מגוון הפעילויות השונות הנדרשות לקיומם, לרבייתם ולהישרדות אוכלוסיותיהם לאורך זמן. הקישוריות בין כתמים היא מרכיב חשוב לעמידותם וליכולתם של מינים ושל בתי גידול טבעיים להמשיך להתקיים במרחב, ועל כך נרחיב בהמשך.

בין הכתמים של בתי הגידול הטבעיים יכולים לחבר **מסדרונות אקולוגיים** שאותם נגדיר כמרכיבים בנוף, בעלי מגוון ממדים, צורות וכיסוי צומח, המסייעים לשמר ולקיים קישוריות בנוף בין כתמים של בתי גידול טבעיים. מסדרון אקולוגי יכול להיות: (א) שטח קרקע שהוא כשלעצמו בית גידול למינים מסוימים; (ב) שטח קרקע המשמש פרטים רק כנתיב מעבר בין כתמים נפרדים של בית הגידול המתאים לצורכיהם; (ג) מסדרון תפקודי המורכב מסדרה של כתמים הנקראים "אבני קפיצה" (stepping stones) – פרגמנטים קטנים של בית הגידול המצויים בטווח התנועה האפשרי של המין, ומתאימים לשהייה קצרה ותנועה לכתם הבא אך לא בהכרח להתבססות ממושכת (ראו איור 3.3 בהמשך). **חדירות התשתית** (permeability) היא המידה שבה התשתית מאפשרת את הקישוריות בנוף.

בעיה מרכזית הכרוכה בפיתוח בשטחים פתוחים היא השילוב בין צמצום שטחם של בתי הגידול השונים (habitat loss) לבין קיטועם וניתוק חלקיהם זה מזה (פרגמנטציה habitat fragmentation). שילוב זה בין צמצום השטח לבין הניתוק מקטין את רצף השטחים הפתוחים ומגביל את הקישוריות החיונית.

רשתות תחבורה מפצלות מערכות אקולוגיות ובתי גידול טבעיים לכתמים קטנים ומבודדים זה מזה ויוצרות מחסומים בין הכתמים שנתרו. אמנם פעילות האדם החלה ליצור קיטוע בטבע לפני מאות ואלפי שנים, אולם העלייה המהירה בצפיפות של רשתות תחבורה מהמאה ה-20 ואילך, ובשל כך נגישותו הגוברת של האדם לשטחים הפתוחים ופעילותו הגוברת שם, האיצו את ההשפעות השליליות האמורות. הגבלת הקישוריות היא כיום בעיה חמורה בשימור שטחים פתוחים, ויש לה השפעה שלילית על המגוון הביולוגי ועל חיוניות המערכות האקולוגיות עד כדי כך שקיטוע בתי גידול על ידי רשתות תחבורה, והפיתוח המשני הנלווה אליהן, הפכו ברמה העולמית לאחד האיומים העיקריים על המגוון הביולוגי.

רשת הכבישים ותחום השפעתם

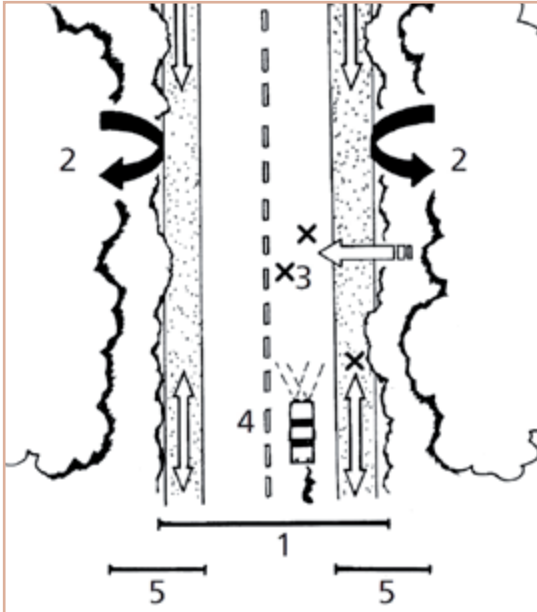
לפי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, בשנת 2010 היו בישראל 8,136 ק"מ של דרכים לא עירוניות ודרכי גישה ששטחן הכולל הוא 76.8 קמ"ר ועליהן נעו כ-2.6 מיליון כלי רכב, ובסך הכול כ-0.4% משטח המדינה. לשם השוואה, כבישים ושוליהם מכסים כ-0.3% משטחה של נורבגיה, ועד למעלה מ-5% משטחה של הולנד.

חישוב אחר, מבוסס ממ"ג, אמד ב-2011 את השטח הכולל של כבישים ושוליהם, וכלל אומדן של השטח המופר בשולי הכביש ובסביבתו הקרובה. החישוב נערך במסגרת הכנת "דוח מצב הטבע", והביא בחשבון קיום רצועות חיץ (buffer) לאורך שני צדיו של הציר המרכזי של כביש בנוי. רוחב רצועת החיץ שהוגדרה היה 30 מטר לכבישים בין-עירוניים, 15 מטר לדרכים מסוגים אחרים. לפי חישוב זה אומדן שטחם הכולל של הכבישים, המחלפים וסביבתם המופרת היה גבוה פי שישה – כ-481 קמ"ר, כ-2% משטחה של ישראל.

ניתוחים נוספים ב"דוח מצב הטבע 2010" שבחנו פיזור מרחבי של שטחים פתוחים ואת אפשרויות התנועה בין הכתמים כללו שימוש בנתונים על שטחים בנויים, על תשתיות התחבורה ועל מקטעי נחלים שיש בהם זרימה קבועה והם מהווים חיץ לבעלי חיים יבשתיים, וכן מיפוי תאורטי של תחום ההשפעה האפשרי של כבישים על סביבתם. ניתוחים אלה מצביעים על כך שלרשת הכבישים השפעה אפשרית על מערכות אקולוגיות בשטחים נרחבים בישראל, ועל כך שבאזורים מסוימים השפעתה גבוהה במיוחד.

3.2 ההשפעות האקולוגיות של תשתיות תחבורה

לפיתוח קווי תשתיות לינאריים ולתפעולם - במיוחד כבישים ומסילות ברזל המשתרעים לאורך שטחים נרחבים - יש מגוון השפעות על בתי הגידול ועל המערכות האקולוגיות הסובבות את התשתית, חלקן השפעות ראשיות וישירות, חלקן איור 3.1) שיש להן השפעה שלילית על המגוון הביולוגי:



איור 3.1: הצגה סכמטית של ההשפעות האקולוגיות הראשיות של תשתיות תחבורה: המספרים שבאיור מייצגים את המספר הסידורי של הקטגוריה ברשימה מימין (EU)

(1) אבדן בתי גידול

(2) אפקט חיץ

(3) פגיעות פיזיות ישירות בבעלי חיים (בשל התנגשויות בין כלי תחבורה לבין בעלי חיים)

(4) הפרעות זיהום

(5) התפקוד האקולוגי של שוליים (שולי תחומי פיתוח התשתית) - כבית גידול ייחודי וכמסדרון אקולוגי לאורך ציר הכביש

למעשה, השפעות אלה קשורות לרוב זו בזו ויכולות להגביר זו את השפעתה של זו באופן סינרגיסטי. לפיכך את ההשלכות הכוללות שעמן נמנים אבדן בתי גידול והידרדרות מצבם, קיום חיץ ופגיעה פיזית, בידוד והפרעות נכנה להלן במונח הכולל **קיטוע בתי גידול**.

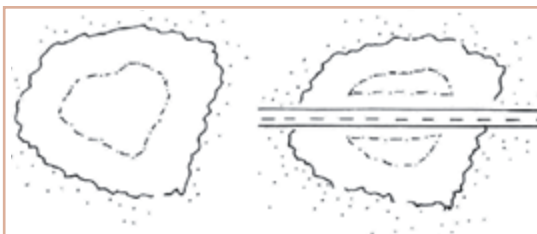
מלבד ההשפעות הישירות אפשר להבחין בקבוצה של השפעות משניות (ראו סעיף 3.4).

3

3.3 השפעות אקולוגיות ראשיות וישירות

3.3.1 אבדן בתי גידול

ההשפעה הישירה והמידית של בניית כביש ושל שדרוג כביש היא השינוי הפיזי בתכסית הקרקע לאורך נתיבו, כלומר מצב שבו תשתית התחבורה מחליפה או משנה את בתי הגידול הטבעיים. השפעה זו של "אבדן נקי" של שטחי בית גידול טבעי הופכת חמורה אף יותר עקב השפעות של בידוד ושל הפרעות (ראו סעיפים 3.3.2-3.3.5 להלן) המובילות לשינוי הבלתי נמנע בפריסה המרחבית של מינים. לפי אופני חישוב שונים, כבישים ושוליהם מהווים בין 0.4% לכ-2% משטח התכסית בישראל (ראו במסגרת בעמוד הקודם). לפיכך, בקנה מידה אזורי או לאומי השטח הישיר המוקצה לתשתיות נראה לכאורה עניין זניח, אבל ברמה המקומית, לעומת זאת, הקצאת שטח לתשתיות תוביל באופן בלתי-נמנע לקונפליקטים עם שימושי קרקע אחרים, בהם שמירת הטבע, נופש, חקלאות ובינוי.



איור 3.2: השפעת פיתוח התשתית על שטחי ליבה פנימיים של בתי גידול: לשטחי הליבה יש לעתים קרובות חשיבות בשל היותם מופרעים פחות על ידי פעילות האדם ובשל נוכחותם של מינים מיוחדים של צמחים ובעלי חיים בתחומם.

באזור הליבה שבאיור ניתן לראות שהשטח שאבד גדול יותר מהשטח שמשמש בפועל את התשתית. הסיבה לכך היא ההשפעות המוגברות של אפקט השוליים לאורך נתיב הכביש. (EU)

מינים מסוימים של בעלי חיים רגישים לאבדן שטחים מבית גידולם יותר מאשר מינים אחרים. המינים הרגישים יותר הם בדרך כלל אלה שתחום המחיה שלהם נרחב, שחיים בצפיפויות נמוכות, ושקצב הרבייה שלהם נמוך. מחקרים מצאו שמיני טורפים ודו-חיים הם קבוצות פגיעות במיוחד המגיבות לעלייה בצפיפות כבישים בירידה בגודל אוכלוסיותיהם.

כמו כן, מאחר שכבישים מגבירים את מידת הקיטוע בנוף, בנייתם יכולה להגדיל את חלקם היחסי של בתי הגידול של השוליים (איור 3.2, וכן ראו סעיף 3.3.5 על תפקודים אקולוגיים של שולי כביש).

מבין כל ההשפעות האקולוגיות הישירות של כבישים ומסילות רכבת, אפקט החיץ הוא כנראה החמור ביותר והמשפיע המשמעותי ביותר על הקיטוע הכולל של בתי גידול. קיטוע של שטחים פתוחים הוא אחד הגורמים המרכזיים לפגיעה ביכולת התפקוד של פרטים ושל אוכלוסיות של מינים שונים ולפגיעה בתפקוד של מערכות אקולוגיות בגלל הפרדה בין בתי גידול שאופיים דומה ובגלל בידודם זה מזה של חלקי אוכלוסיות (ראו מסגרת בעמוד הבא).

מין כלשהו (של חי או צומח) מאכלס בית גידול אם התנאים בו מתאימים לקיומו של המין. מינים שונים של חי וצומח מגיבים לפיכך גם באופן שונה לקיטוע. יש מינים שלקיומם נדרשים בתי גידול נרחבים ולא מקוטעים המרוחקים יחסית מהשפעתן של הפרעות האדם, ולעומתם יש מינים המסתגלים בקלות לשינויים ולהפרעות בסביבתם. חשוב לציין שלא רק בעלי חיים אלא גם צמחים זקוקים לקישוריות בין כתמים של בית גידול. צמחים זקוקים לקישוריות זו כדי להפיץ את גרגרי האבקה והזרעים החיוניים לרבייתם, והם נעזרים לשם כך בנשאים שונים (רוח, מים, בעלי חיים וכן גוף האדם או ציודו).

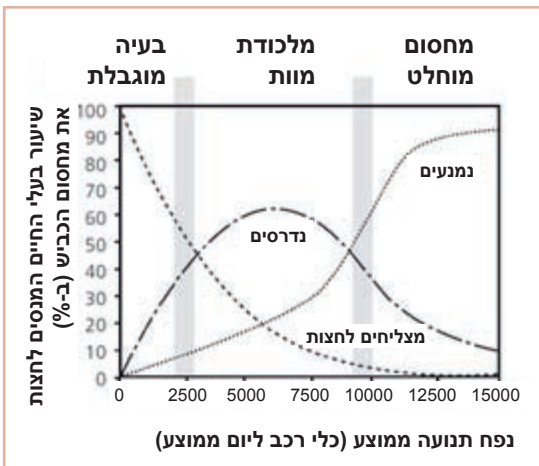
3



איור 3.3: ההשפעה של מסדרונות אקולוגיים ושל רשת הכבישים על תנועה של מינים בנוף:

(א) כתמים שאין ביניהם מסדרונות אקולוגיים: תיתכן חוסר יכולת של פרטים לנוע בין בתי גידול מתאימים; (ב) כתמים קטנים של בית גידול מתאים יכולים לשמש "אבני קפיצה" המקשרות בין כתמים של בתי גידול מרוחקים; (ג) מסדרונות אקולוגיים המוליכים לכביש עלולים להיות מלכודת מוות; (ד) מעברים לבעלי חיים יכולים לסייע בחיבור מחדש של מסדרונות אקולוגיים. (EU)

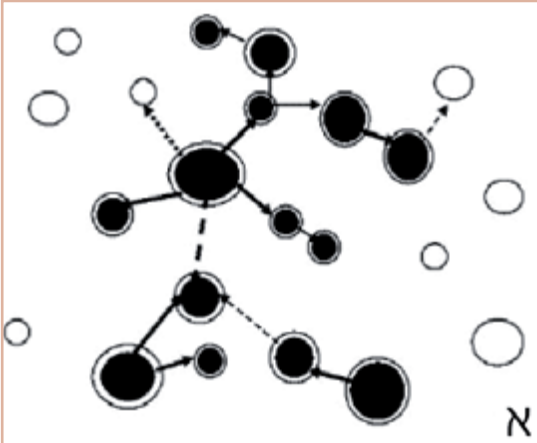
איור 3.3 מדגים את ההשפעות המשולבות של קיטוע בתי גידול לכתמים נפרדים במרחב בכמה מצבים: (א) במצב שבו אין בשטחים הפתוחים מסדרונות אקולוגיים המקשרים בין הכתמים מינים מסוימים עלולים לאבד את היכולת לנוע בין כתמי בית הגידול המתאים להם; (ב) מצב שבו "אבני קפיצה" משמשות מסדרון אקולוגי המסייע בתנועה של פרטים בין שני כתמים גדולים של בתי גידול המתאימים לצורכיהם; (ג) מצב שבו כבישים הסמוכים למסדרון אקולוגי או חוצים אותו עלולים לפגוע ביכולת התנועה של פרטים או להביא ישירות למוותם: המסדרונות עלולים לנתב בעלי חיים אל הכביש, שם הם עלולים להידרס בנסותם לחצותו; (ד) מצב שבו קיימים מעברים לבעלי חיים יכול לצמצם תמותה כזו המתוארת בסעיף ג' ולחדש את הקישוריות במרחב לאורך המסדרון האקולוגי.



איור 3.4: הקשר בין נפחי תנועה לבין היכולת של בעלי חיים לחצות כביש: מודל עקרוני המתאר את ההשפעה של נפח התנועה על חלקם היחסי מכלל הפרטים הנמצאים בסביבת הכביש של אלה אשר: (א) חוצים את הכביש בבטחה, (ב) נמנעים מלחצותו (ג) נדרסים למוות בעת ניסיון החצייה. (האיור לפי EU: Andreas Seiler)

אפקט החיץ נובע מצירוף של כמה גורמים: מידת הדחיה וההימנעות הפיזית של בעלי החיים מהכביש ומקרבנות, מידת הפרעה הנגרמת על ידי הכביש והתנועה שבו, ומידת התמותה של בעלי החיים. יש מינים שכמעט אינם רואים בכבישים מחסום, ומינים אחרים שאינם מתקרבים כלל למסדרון הכביש ואינם מנסים לחצותו. מידת הרתיעה מהכביש וההימנעות מחצייתו עשויות להשתנות גם בתוך המין בהתאם לזווית הפרטים (זכר או נקבה), גילם וניסיונם. הימנעות של מינים שונים מהתקרבות לכביש או מניסיון לחצותו נובעת גם מגורמים כמו נפח התנועה, רוחב הכביש או שינויים נרחבים שבניית הכביש גרמה לבית הגידול. כבישים מהירים ורחבים בעלי נפח תנועה גדול נוטים להיות המחסומים הגדולים ביותר המפריעים לתנועת בעלי החיים ולרענון האוכלוסיות.

יש להבין כי חציות מוצלחות של התוואי הן רק חלק מבין ניסיונות רבים יותר של חצייה. המידה שבה הכביש והתנועה שבו משפיעים על אוכלוסיית בעלי חיים באמצעות תמותה או צמצום אפשרויות התנועה של הפרטים באוכלוסייה תלויה בנפח התנועה.

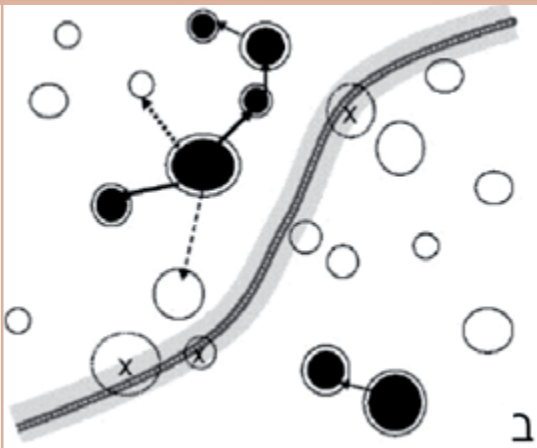


התאוריה האקולוגית מתארת ארגון של אוכלוסיות של מין כלשהו באופן המכונה מטה-אוכלוסיות (meta-populations): זהו מבנה-על מרחבי מרושת המורכב מתת-אוכלוסיות מקומיות של מין זה.

התת-אוכלוסיות שוכנות ב"כתמי ליבה", שהם כתמים של בית גידול טבעי המתאים לצורכי המין המצויים בתוך "שטחי רקע" (matrix = שטחים פתוחים שבית הגידול בהם מתאים פחות לצורכי המין, למשל בגלל שימושי הקרקע והשפעות הפעילות האינטנסיביות של האדם). התת-אוכלוסיות שונות זו מזו בגודלן ובדינמיקה שלהן, והן מקיימות ביניהן קשרים באמצעות תפוצה והגירה של פרטים בין כתמי הליבה דרך שטחי הרקע (איור א'). חלק מהתת-אוכלוסיות יציבות יותר מאחרות ויכולות לשמש מקור (source) להגירה של פרטים לכתמים אחרים; חלקן מכונות מבלע (sink), והן יציבות פחות, ויכולות לשרוד תלויה באספקת פרטים מבחוץ, מאוכלוסיות המקור.

לשילוב בין אבדן בתי גידול לבין הגברת הפיצול בשטחם של כתמי בית הגידול שנתרו יכולות להיות שתי השפעות עיקריות על מיני צמחים ובעלי חיים: ראשית, גודלם של כתמי בית הגידול שנתרו יכול להצטמצם עד כדי כך שהם לא יוכלו לתמוך עוד בקיומן של אוכלוסיות חיוניות (viable populations) של מינים שיש חשיבות בשמירתם; ושנית, הכתמים שנתרו עלולים להיות מבודדים זה מזה עד כדי כך שלפרטים באוכלוסיות אלה יהיה סיכוי נמוך ביותר לתנועה ביניהם.

הקישוריות בנוף חשובה כיוון שיכולת התנועה והפיזור של פרטים במרחב היא אחד ממרכיבי המפתח החשובים להישרדותם של מינים. בעלי חיים רבים נעים בנוף בין בתי גידול שונים כדי לענות על מגוון צורכיהם היומיים והעונתיים. הדבר מתבטא בשהייה באזורים שונים במרחב בשעות שונות של היום ובמועדים שונים במהלך השנה. הקישוריות בנוף מאפשרת תפקודים ושטפים אקולוגיים מגוונים הכוללים תפוצה במרחב, אכלוס מחדש של שטחים וקיום של מטה-אוכלוסיות ומתוך כך צמצום הסכנה שבהזדווגות שארים בתוך אוכלוסייה. רמה גבוהה של קישוריות מתקיימת כששטח הרקע מכיל אף הוא טיפוסית בית



גידול "ידידותיים" למין המסוים של בעלי החיים ואין בו מחסומים לתנועה, וכך מאפשר לבעלי החיים לנוע בחופשיות בין שטחי הליבה ולמלא את צורכיהם הביולוגיים. מחסומים המבודדים בתי גידול מקטינים את היכולת של פרטים לנוע בנוף בחיפוש אחר מזון, אחר מקום מחסה או אחר בן זוג. היעדר היכולת לנוע בין כתמים של בית גידול מתאים הופך מינים לפגיעים יותר לסכנות הכחדה מקומית או אזורית (על ידי הצטברות הכחדות מקומיות של האוכלוסיות הקטנות והמבודדות).

בניית כבישים גורמת להפרעה ולאבדן תת-אוכלוסיות מקומיות ברשת של המטה-אוכלוסייה, ובנוסף יוצרת חיץ לתפוצה, דבר המונע אכלוס מחדש ומבודד תת-אוכלוסיות מקומיות משאר הקבוצות ברשת (איור ב'). אם תת-אוכלוסיות מקור מרכזיות נגרעות מיתר תת-אוכלוסיות המבלע, כל המטה-אוכלוסייה עלולה להימצא בסכנת הכחדה.

מודל עקרוני (איור 3.4) מתאר את ההשפעה של נפח תנועת כלי הרכב על: (1) מידת ההימנעות של בעלי חיים מהתקרבות לכביש או מניסיון לחצותו; (2) הסבירות שהם ייהרגו בניסיונם לחצות את הכביש; (3) שיעור ניסיונות החצייה שהסתיימו בהצלחה.

על פי המודל, בנפח תנועה נמוך (פחות מ-2,500 כלי רכב ליום) שיעור נמוך של בעלי חיים הנפגעים מהכביש ושיעור נמוך של בעלי חיים הנרתעים מהכביש ומההפרעה שגורמת תנועת כלי הרכב בו מביאים להשפעה מעטה בלבד של הכביש על האוכלוסייה. בנפח תנועה בינוני (2,500-10,000 כלי רכב ביום) כמות הנפגעים היא גדולה, מספר בעלי החיים הנמנעים מהכביש עולה, ושיעור החציות המוצלחות יורד באופן ניכר. בנפחי תנועה גבוהים (מעל 10,000 כלי רכב ליום) רק שיעור קטן ביותר מבין הניסיונות לחצות את הכביש מסתיים בהצלחה: שיעור ניכר מבעלי החיים נרתעים ונמנעים מהכביש, ולכן שיעור בעלי החיים שנפגעים נמוך יותר אף הוא. המודל מבהיר למעשה כיצד חציית כביש ותמותה עקב חציית כביש משתנות בהתאם לרמות שונות של נפחי תנועה. לפיו, שיעורים נמוכים של תמותה בכביש עמוס אפשר אמנם לפרש כעדות לכך שהשפעות התנועה הסואנת על בעלי החיים הן מזעריות וזניחות, אך למעשה הם יכולים להעיד על כך שמינים בשטח הסמוך לכביש הוכחדו מקומית או שההפרעה מתנועת כלי הרכב מרחיקה אותם בעילות משטח הכביש המהיר.

ערכי הסף לנפחי תנועה שנקבעו במודל (המייצגים גם נפחי תנועה שמצריכים התערבות ממשקית) וצורת העקומה במודל עשויים להשתנות בהתאם למין, כיוון שהם תלויים גם בשפעה של מינים ספציפיים, בהתנהגותם ובצורכיהם הביולוגיים. עם זאת, המודל מספק בסיס לבחינה נוספת של הנושא. רצוי לבדוק גם באיזו מידה משקף המודל את

המציאות בישראל ומה הם הגורמים המשפיעים כאן על אפקט החיץ לגבי המינים השונים: נפח התנועה (בכל שעות היממה גם יחד או בעיקר בשעות הלילה), ההיבט המבני (כמו רוחב הכביש שגדל עם הפיכת כביש לדו-מסלולי ועם הוספת מפרדות) הנלווה לנפח תנועה גדול יותר, או שני המרכיבים גם יחד.



איור 3.5: כביש יכול להוות מחסום פיזי והתנהגותי שונה עבור מינים שונים: לפעמים בעלי חיים מוצאים פתרון יצירתי לחיץ שיוצרים הכביש או המבנים הנלווים אליו. ועדיין – מכשולים אלה מעמידים אותם בסכנת דריסה גבוהה יותר. (צילום: דורון ניסים)

3

מחסום פיזי: למרבית מיני היונקים הגדולים תשתיות תחבורה הן מחסום מוחלט רק אם הן מגודרות או אם נפח התנועה בהן הוא גבוה (ראו טבלה 3.1 ואיור 3.5). למיני בעלי חיים קטנים יותר, במיוחד חסרי חוליות, שטח הפנים של הכביש עצמו ושולי הכביש מהווים מחסום גדול אם מפני שהמצע נתפס על ידיהם כ"עוין" ואם מפני שהפרעה שבנוכחות הפיזית של הכביש (לעומת ממדי גופם ושטח תחום המחיה שלהם) היא גדולה מדי.

טבלה 3.1: הקשר בין נפחי התנועה בכביש לבין השפעות אפקט החיץ על יונקים	
נפח התנועה	חדירות הכביש
כביש עם נפח תנועה נמוך מ-1,000 כלי רכב ליום (תנועה דלילה)	חדיר למרבית המינים
כביש עם 1,000-4,000 כלי רכב ליום	חדיר למינים אחדים אך מינים יותר רגישים נמנעים מקרבתו או מחצייתו
כבישים עם 4,000-10,000 כלי רכב ליום	חיץ חזק יותר, הרעש והתנועה ידחו פרטים רבים. רבים מאלה המנסים לחצות את הכביש ייפגעו
כבישים מהירים עם נפח תנועה גבוה, מעל 10,000 כלי רכב ליום	בלתי חדיר למרבית המינים

הערה: גידור לאורך תשתיות מתווסף להשפעה שיש לנפח התנועה ומגביר את אפקט החיץ של תחבורה. עם זאת, גדרות ליד מעברים לבעלי חיים יכולות להוביל בעלי חיים בבטחה למעברים הייעודיים.

מחסום התנהגותי: ידוע כי מינים רבים של יונקים גדולים נמנעים משהות בשטחים הסמוכים לכביש ולמסילות רכבת ככל שגדלה בהם מידת הפרעה של פעילות האדם (עוצמת התנועה, פיתוח משני). בעלי חיים אחרים, בהם יונקים קטנים וכמה מינים של ציפורי יער, הפגינו התנהגות של הימנעות בעיקר לחצייה של שטח פתוח נרחב.

ההשפעות שיש למחסום הפיזי ולמחסום ההתנהגותי על פרטים משפיעות על דינמיקה של אוכלוסיות, ולעתים קרובות אף מאיימות על קיומו של המין. הדרך היחידה להימנע מאפקט החיץ היא להפוך את התשתית לחדירה יותר לבעלי חיים, וזאת על ידי בניית מעברים מיוחדים בעבורם, על ידי התאמה של מבנים הנדסיים לתפקד כמעברים או על ידי ממשק ובקרה על נפחי התנועה. בחירה זהירה של נתיבו של הכביש בנוף יכולה לצמצם את בעיית החיץ.

כשתשתיות מקבילות אינן ממוקמות במסדרון אחד, לעתים קרובות ניכרת בשטחים שביניהן ירידה מקומית או אזורית במגוון הביולוגי. לכן האחדה של שני סוגים ומעלה של תשתיות תחבורה לאורך אותו מסדרון תשתיות – שניים או יותר נתיבים מקבילים, קרובים ככל האפשר זה לזה, במיוחד במקרה של מסדרונות תחבורה רב-שימושיים (כבישים ורכבות) – האחדה כזאת יכולה להועיל למינים מסוימים. לעומת זאת, מסדרונות כאלה עלולים להיות רחבים למדי ודווקא להגביר את עוצמת החיץ למינים מסוימים שאינם מסוגלים לחצות מסדרון תשתיות רחב כל כך (ראו איור 3.6). באירופה תועדו מקרים שבהם האחדה של תשתיות תחבורה פועלת כמחסום משמעותי למינים מסוימים.



איור 3.6: מפגש תשתיות תחבורה המהווה חיץ בנוף: במרחב של מחלף ענבה נפגשים שלושה כבישים ראשיים ושלוש מסילות רכבת (שתיים מהן בתכנון). אף על פי שנעשה מאמץ לשמור על קישוריות במרחב על ידי גשרים רבים מעל ערוצי הנחלים, הרי שמפגש תשתיות זה משתרע על שטח גדול ביותר ומהווה חיץ לא מבוטל בנוף.



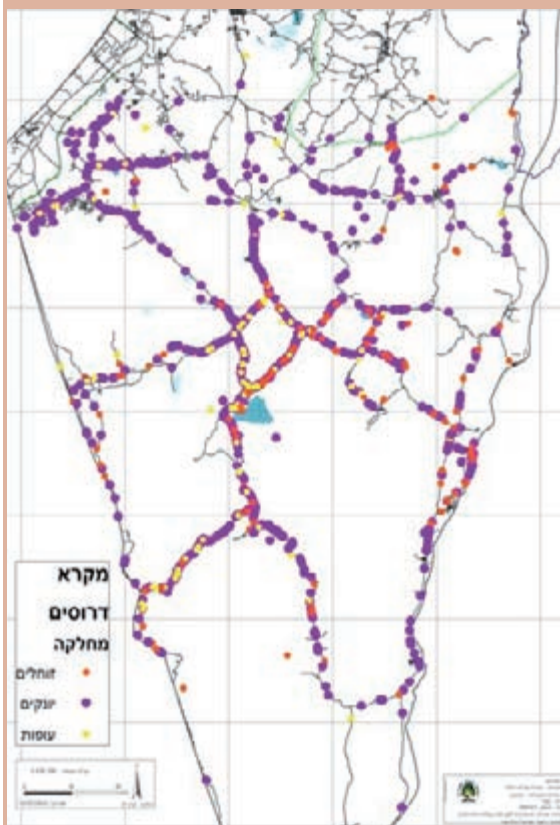
איור 3.7: הדריסה בכבישים פוגעת בקשת גדולה של בעלי חיים: הולכים על ארבע, זוחלים ואף מינים מעופפים. דריסה עלולה לפגוע במיוחד בפלחים מסוימים מהאוכלוסייה, למשל בפרטים צעירים. (צילומים: יהל פורת, דותן רותם, רון פרומקין)

תמותה היא כנראה ההשפעה המוכרת ביותר של תשתיות תחבורה על בעלי חיים. מיליוני פרטים של בעלי חיים מקשת רחבה ביותר של מינים נהרגים מדי שנה מדריסה או מהתנגשות בכלי רכב בכבישים ובמסילות רכבת, ורבים נוספים נפגעים פגיעות חמורות (איור 3.7). יש לזכור כי תמותה ואפקט חיץ אינם משפיעים באופן זהה על אוכלוסיות בעלי חיים. לעתים השפעות התמותה ניכרות כבר בטווח הקצר, כעבור דור או שניים, ואילו השפעותיהם של החיץ ושל אבדן הקישוריות מתבטאות רק כעבור כמה דורות.

מספר גדול של בעלי חיים פגועים ממין כלשהו משמעו אינו בהכרח איום על קיומן של האוכלוסיות. הדבר יכול להצביע על כך שהמינים הפגועים הם שכיחים ושתפוצתם המקומית נרחבת. באירופה, תמותה מפגיעת כלי רכב היא ככל הנראה סיבה לשיעור קטן בלבד (1%-4%) מכלל התמותה של מינים נפוצים (כמו מכרסמים, ארנבות, שועלים, דרורים, שחרורים וכו'). עם זאת, למינים רגישים יותר, פגיעה של כלי רכב עלולה להיות סיבה מרכזית לתמותה, ומעבר לכך, היא עלולה להשפיע באופן נכבד על סיכויי ההישרדות של אוכלוסייה מקומית. כך למשל, בפלנדרס, בלגיה, נמצא שלמעלה מ-40% מאוכלוסיית הגירית המצויה נדרסה למוות בכבישים מדי שנה. אבדן בסדר גודל כזה מהווה איום ניכר על יכולת הישרדות הגיריות לטווח הארוך ברמה האזורית.

דריסות בכבישי ישראל

גם בישראל נדרסים בכבישים בעלי חיים רבים. ברחבי הארץ תועדה כמות רבה של דריסות, אם כי לרוב המידע אינו נאסף באופן סדיר ושיטתי. להלן כמה דוגמאות מתוך סיכומים אחדים שניתחו את המידע שנאסף:



בין אפריל 2009 לינואר 2011 תועדו בכבישי דרום הארץ על ידי פקחי רט"ג 695 פרטים דרוסים: מין אחד של דו-חיים, 30 מיני זוחלים (163 פרטים), 31 מיני יונקים (479 פרטים, כולל עטלף אחד), 23 מיני עופות וכן מינים מלווי אדם (גמל, חתול וכלב), חלקם מינים מוגנים ואף מינים בסכנת הכחדה (מינים "אדומים").

ניתוח מרחבי נפרד שבדק את דריסות בעלי החיים בנגב בשנים 2006-2008 הצביע על ריכוז דריסות של מינים אדומים ליד שמורות טבע וליד שטחים פתוחים המרוחקים ממרכזי פעילות אדם, ועל ריכוז דריסות של מינים מתפרצים (כמו שועלים ותנים) סמוך לשטחי חקלאות, יישובים ומזבלות (האיור משמאל מציג ניתוח מרחבי של נתונים מהנגב מהשנים 2006-2010).

בעמק חרוד תועדו בשנים 2000-2008 כ-1,180 פרטים דרוסים מ-67 מינים של בעלי חיים ובהם דו-חיים, זוחלים, עופות ויונקים, חלקם מוגנים וחלקם בסכנת הכחדה. אף על פי שהנדרסים הרבים ביותר היו תנים, הרי שיש לשים לב במיוחד לתיעוד הדריסות של פרטים ממינים מוגנים וממינים בסכנת הכחדה, שבהם כל פגיעה, תהיה מעטה ככל שתהיה, עלולה להשפיע לרעה על אוכלוסיות קטנות ומבודדות זו מזו. במקרים אחדים נמצא ריכוז דריסות ליד בתי גידול לחים וליד ברכות דגים, וכן קרוב למעברי מים, שכן מעברי מים ממוקמים לרוב על ערוץ זרימה או סמוך לו, וערוץ כזה משמש במקרים רבים גם נתיב תנועה טבעי וגם מקור משיכה לבעלי חיים, חלקם מינים בסכנת הכחדה.

בישראל המידע על דריסות אינו נאסף לרוב באופן שיטתי (ראו מסגרת לעיל). יש עדויות על פגיעה במינים בסכנת הכחדה כגון סלמנדרה או לוטרה (ראו מסגרת בעמוד הבא), אבל הן השיעור המדויק של תמותה מדריסות מבין כלל הסיבות לתמותה של מין כלשהו והן החלק היחסי שנפגע מכלל האוכלוסייה של המין אינם ידועים.

חשוב לציין כי גם מספר הציפורים הנפגעות עלול להיות גדול. כבישים ראשיים הסמוכים לבתי גידול לחים או חוצים אותם יכולים לגרום למצב שבו פרטים רבים של עופות מגוון מינים נאלצים לחצות כבישים במעוף נמוך, וכך מגבירים את סכנת התמותה עקב התנגשות בכלי רכב. עופות גדולים כמו דורסי יום ודורסי לילה נמשכים לשולי כבישים שבהם גדל צומח עשבוני כדי לצוד יונקים קטנים וציפורי שיר הנמצאים שם. מספר גדול של דורסי יום ודורסי לילה נפגעים כשהם עפים בתעופה נמוכה מעל כביש בשעת ציד. לתמותה בכבישים של כמה מינים אלה, כגון תנשמת, עלולה להיות השפעה חמורה על אוכלוסיות מקומיות. על מידת ההשפעה של תמותה בכבישים על אוכלוסיות של חסרי חוליות אין בידינו די מידע, וזאת מאחר שתמותה של פרטים אלה קשה לאיתור ולכימות יותר מאשר תמותה של חולייתנים.

סלמנדרה כתומה היא מין בסכנת הכחדה הנמצא בארץ בקצה הדרומי של גבול תפוצתו ואוכלוסיותיו קטנות ומבודדות זו מזו. הפרטים נעים בתחום גאוגרפי מצומצם ביותר בין אזורי המחיה לבין אתרי הרבייה ההולכים ומצטמצמים – ברכות מעין, ברכות חורף וזרימות נחל איטיות. בלילות גשומים בחורף ובתחילת האביב יוצאות הסלמנדרות ממחבואי הקיץ ונעות אל אתרי הרבייה להזדווגות ולהשרצה. הסלמנדרה היא יצור שתנועתו איטית, ולכן בתהליך ההתקבצות אל אתרי הרבייה ואחר כך בתהליך עזיבתם נדרסות סלמנדרות רבות לצד מינים אחרים של דו-חיים.

בתקופה שבין דצמבר 2010 לאפריל 2011 תועדו כל הסלמנדרות שנדרסו בארבעה אתרי רבייה באזור מרומ הגליל (נתונים חלקיים נרשמו גם בשני אתרים נוספים): לאורך כ-15 ק"מ של כביש הצפון וסעיפיו נרשמו 81 סלמנדרות נדרסות וכן 18 דו-חיים נדרסות אחרים (ראו איור 3.8). אתר הרבייה הגדול ביותר נמצא בנחל דישון עליון (לצד כביש 899), שבו מעיינות קטנים הנובעים חודשים אחדים בשנה. ריכוז של סלמנדרות נדרסות תועד לאורך קטע של 2.5 ק"מ בכביש העובר במקביל לערוץ. שלושת האתרים הנוספים הם ברכות חורף (סאסא, אלקוש, פסוטה) שהן שמורות טבע, ובהם הדריסה מתמקדת במקטעי כביש שאורכם 300-500 מטר.



איור 3.8: תיעוד דריסת סלמנדרות בכביש הצפון בחורף 2010/11: במפה מימין למעלה: ריכוז הדריסות לאורך 2.5 ק"מ בנחל דישון עליון, כביש 899. (צילומים ומפה: טליה אורון, רשות הטבע והגנים)

מינים רגישים במיוחד למחסומים מכבישים ולתמותה מדריסה הם:

- מינים נדירים שלהם אוכלוסיות מקומיות קטנות ותחומי מחייה אינדיבידואליים גדולים, כמו מיני טורפים גדולים.
- מינים שלהם דפוסי נדידה יומיים או עונתיים בין בתי גידול מקומיים. דו-חיים רגישים במיוחד לתמותה בכבישים כשמסלול תנועתם העונתית אל וממקווי המים שהם מתרבים בהם חוצה כבישים. מיני פרסתנים מסוימים משתמשים בבתי גידול שונים בשעות שונות של היום, ולעתים קרובות חוצים כבישים או מסילות רכבת כדי לספק את צורכיהם.
- מיני פרסתנים הנודדים נדידה עונתית ארוכת טווח בין המקומות שהם ניזונים בהם בעונות החורף והקיץ (למשל בצפון אירופה ובצפון אמריקה).

הן כמות בעלי החיים הנפגעים בכבישים ובמסילות רכבת והן הפיזור המרחבי של הפגיעות משתנים כתוצאה מגורמים כמו טמפרטורה, משקעים, עונות השנה והשעה ביום, ומושפעים מהתנודתיות היומית בתנועת כלי הרכב ובפעילות בעלי החיים. שינויים עונתיים במספר הנפגעים מושפעים מפעילות כמו רבייה, תפוצה (dispersal), דפוסי נדידה עונתיים

והפרעות עונתיות כמו ציד. התוואי שבו כבישים ומסילות עוברים בנוף משפיע אף הוא על שכוחות הדריסה והתמוחה של בעלי חיים. כך למשל, כבישים המשתרעים במקביל לשוליים של יער ואחו או חוצים בין שטחי האחו לבין שטחי היער מסוכנים במיוחד לבעלי חיים שנעים באופן סדיר בין מחסה ביער לבין בתי גידול פתוחים יותר, שהם ניזונים בהם.

בצפון אמריקה ובאירופה מרובות ההתנגשויות בין בעלי חיים גדולים, בעיקר פרסתנים, לבין כלי רכב. התנגשות כזו עלולה להיות דרמטית, להוות סיכון בטיחותי העולה אף בחיי אדם, ולגרום גם נזק כספי רב. לפיכך מרבית האמצעים שננקטים שם להקטנת מספר בעלי החיים הנפגעים בכבישים נעשים בראש ובראשונה מטעמי בטיחות התנועה. מאחר שמטרתם העיקרית של אמצעים אלה היא למנוע את גישת בעלי החיים לכביש, לעתים נזנח או נשכח הצורך לנתב אותם לנקודות חצייה שיהיו בטוחות בעבורם וימזערו את הקיטוע.

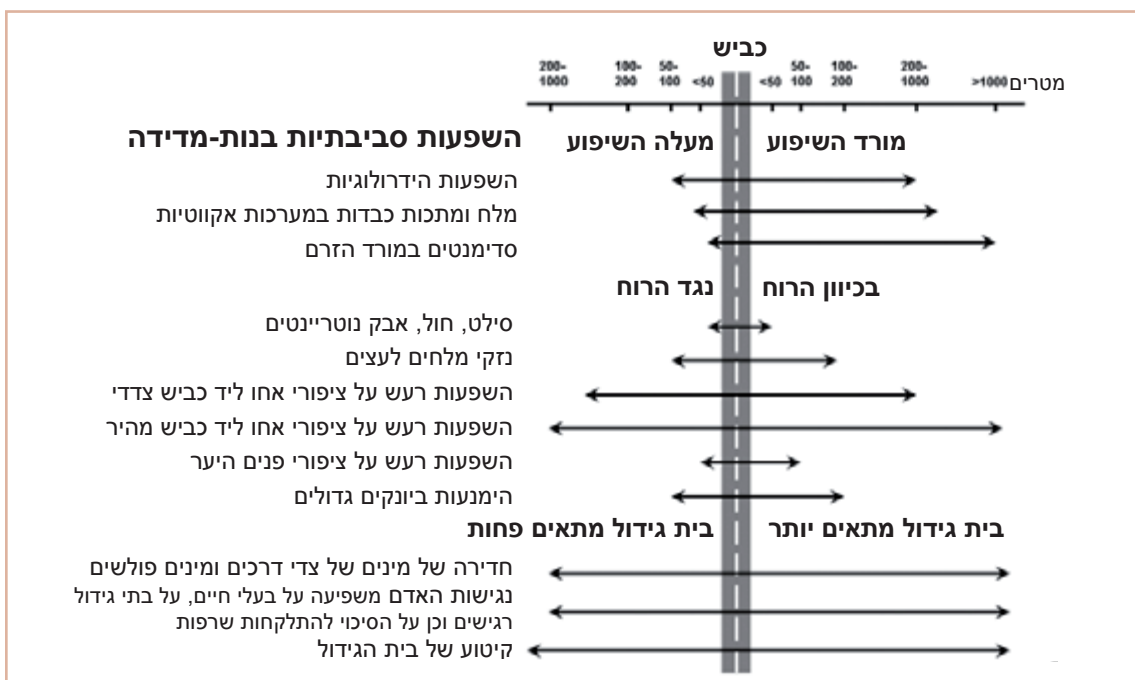
בישראל על פי רוב המצב שונה: אך מעט מההתנגשויות בין כלי רכב לבעלי חיים מהוות איום על חיי אדם או מסבות נזק כלכלי כבד. עיקר ההתנגשויות הדרמטיות בישראל הן עם בעלי חיים מבויתים שבעליהם התרשלו בהחזקתם (פרות, סוסים, חמורים וגמלים), והטיפול בעניין כרוך בדיאלוג עם הבעלים, ביישום אמצעי פיקוח ובהטלת קנסות. עם זאת, מדי פעם בפעם מדווח על התנגשויות של חזירי בר בוגרים בכלי רכב. באזור הכרמל למשל, שבו התגלעה בעיה חוזרת ונשנית, התקינה לאחרונה המועצה האזורית חוף הכרמל שילוט אזהרה המתריע מפני נוכחות של חזירי בר בקרבת כביש 4.

3.3.4 הפרעות זיהום

אמנם עיקר העיסוק במדריך זה הוא בשלוש ההשפעות שצוינו בסעיפים הקודמים – אבדן בתי גידול, יצירת חיץ ותמוחה של בעלי חיים, אבל חשוב להבין שפיתוח כבישים ומסילות רכבת ותפעולם משנה את המאפיינים האקולוגיים של בתי גידול סמוכים, ועלול לשנות גם את הדרך שבה בעלי החיים פועלים ומשתמשים בהם. רבים משינויים אלה יכולים להשפיע גם על נוף שנמצא במרחק ניכר מהתשתית האמורה. שני הסעיפים שלהלן עוסקים בהשפעות הישירות הנוספות של פיתוח נתיבי התחבורה. במרבית המקרים השפעות אלה באות באינטראקציה עם ההשפעות העיקריות שכבר צוינו, וגורמות ליצורים החיים בסביבת תשתית התחבורה **צירוף מצטבר של עקות**. ניסיון לאמוד את טווח המרחק של השפעות שונות מוצג באיור 3.9. להלן הטיפוסים העיקריים של ההפרעות הקשורות לתשתיות תחבורה:

שינויים הידרולוגיים: חפירה, מילוי ובניית סוללות משנים את הטופוגרפיה בנוף ומביאים לעתים קרובות לשינויים גדולים בהידרולוגיה. חפירה יכולה להגביר סחף קרקע ולרוקן אקוויפרים. מילוי ובניית סוללות יכולים לשנות את משטר המים – ליצור תנאים יבשים או לחים יותר. שינויים אלה ישפיעו על הצומח, במיוחד בבתי גידול לחים ובבתי גידול צחיחים. כבישים המשנים דפוסי זרימה בבתי גידול צחיחים יכולים לייבש כליל מדרונות.

זיהום כימי: טווח רחב של מזהמים מגיעים לסביבה מכלי הרכב בכבישים ומשטח פני הכביש. גזי הפליטה של מכוניות כוללים למשל פחמן חד-חמצני, תחמוצות חנקן (NOx), תחמוצות גפרית, פחממנים ובהם גם פחממנים ארומטיים טבעתיים (PAH), דיאוקסינים וחלקיקים זעירים. כלי רכב פולטים גם מתכות כבדות כמו עופרת, אבץ, נחושת וקדמיום. במקומות שבהם מפזרים מלחים למניעת הצטברות קרח נגרם לסביבה גם זיהום מנתרן וכלוריד. הכימיקלים מזהמים



איור 3.9: הצעה לאומדן ראשוני של טווח ההשפעה המרחבי של הפרעות שונות (עיבוד מחברי COST 341 בעקבות Forman ועמיתיו 1997)

את האוויר, את הקרקע ואת הצמחים לצדי הדרכים ואת מי התהום. תרכובות המכילות חנקן וגפרית תורמות לעלייה בחומציות ולאטרופיקציה (העשרה לא רצויה בנוטרייטיים). מזהמים יכולים לגרום נזק או הפרעה לתפקודים ביולוגיים בכמה רמות ארגון – רמת התא, רמת הפרטים, האוכלוסיות ואפילו רמת המערכת האקולוגית.

בין סוגי הזיהום המוכרים פחות נכללים זיהום אור וזיהום רעש, המשפיעים על דפוסי פעילות תקופתיים ועל מאפייני התנהגות הקשורים באכילה, ברבייה ובריתמוסים ביולוגיים אצל בעלי חיים ואצל צמחים.

רעש וויברציות: רעש הנגרם על ידי תחבורה הוא לעתים קרובות רעש רצוף ומתמשך, אך משתנה בהתאם לטיפוסי כביש ולשעה ביממה. מפלסי הרעש הנגרמים על ידי כלי הרכב מושפעים בעיקר מכמה גורמים: מאפייני התנועה (נפח התנועה, הרכב התנועה=סוג כלי הרכב, מהירות התנועה, אופי הזרימה), מאפייני הכביש (תכונות שטח הפנים של הכביש ופרופיל הדרך הקשור בטופוגרפיה) ואופי הצומח הסמוך לכביש. מאפיינים של מסלע וקרקע משפיעים על מידת התפשטות הוויברציות ועל אופן ההתפשטות שלהן. רעשים מכביש מהיר יכולים להתפשט למרחק מאות מטרים ולהשפיע במיוחד על בעלי חיים המקיימים תקשורת קולית. כלי רכב העוברים על תפרי התפשטות בגשרים יכולים להשמיע קול רעש חזק ופתאומי. יש מינים של בעלי חיים שנמנעים מאזורים שיש בהם הפרעות רעש (בהולנד, למשל, תועדה ירידה בצפיפות ציפורים באזורים שבהם הרעש מהתנועה עלה על 50 דציבל (dBA), בעוד ציפורי יער היו רגישות אף לרמות רעש של 40 דציבל). קיימים מינים שצפיפותם אינה משתנה באזורים שיש בהם הפרעות רעש, אבל הצלחת הרבייה שלהם נמוכה יותר.

בישראל נוסחו אמנם הנחיות בדבר הקריטריונים לרעש שיחולו על כבישים בינעירוניים, בדבר השיטות למדידות ולחיזוי רעש מתנועת כלי רכב, ובדבר תכנון האמצעים להפחתת רעש בהתאם לשלבי התכנון, אך קריטריונים אלה נוגעים לרוב לפגיעת מפלסי הרעש באוכלוסייה האנושית החיה בסמוך לכביש. אחד האמצעים המתאימים להפחתת רעש בשטחים פתוחים רגילים הוא שימוש ב"אספלט שקט". לעומת זאת, הקמת מיגונים אקוסטיים עלולה להחמיר ולהחריף את בעיית הקיטוע (עוד על כך ראו בסעיף 7.4.4).

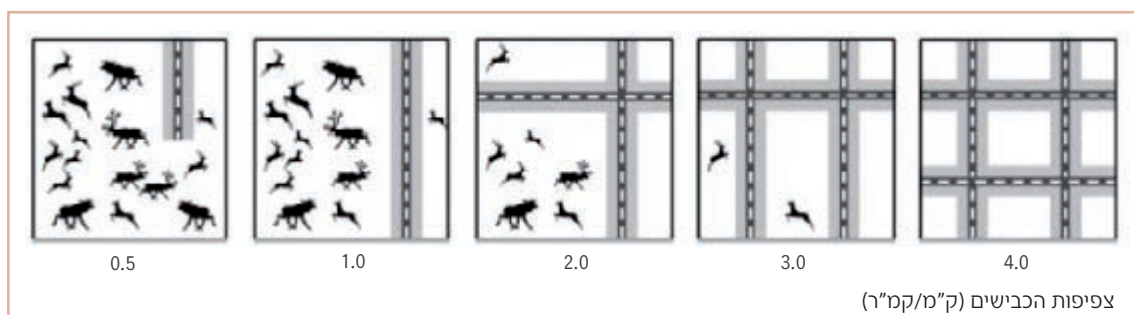
הפרעות מתאורה והפרעות ויזואליות אחרות: תאורה מלאכותית עלולה להשפיע על בקרת הצמיחה בצמחים ועל התנהגותם של דו-חיים ליליים, ולהפריע לרבייה ולהתנהגות שיחור מזון בעופות. תאורה יכולה גם למשוך חרקים ומתוך כך להגביר את הצפיפות המקומית של עטלפי חרקים לאורך כבישים ולהגביר את תמותת העטלפים. תנועת כלי רכב נחשבת כגורם המפריע לפעילות של מיני בעלי חיים רגילים (על מחסום התנהגותי ראו בסעיף 3.3.2).

ההפרעות מהכביש יכולות להשפיע על בעלי החיים באופן התנהגותי ו/או כמותי.

תגובות התנהגותיות של בעלי החיים כוללות: (א) הימנעות קבועה הקשורה בהפרעות הסדירות והקבועות מהתחבורה בכביש; (ב) הימנעות המושפעת באופן ישיר מהפרעות בדידות, לא סדירות ובלתי צפויות. ההשפעה הכמותית יכולה להיות ירידה בגודל האוכלוסייה או בצפיפות הפרטים המתרבים בבתי הגידול הסמוכים לכביש. אם די בשינוי בדפוס פיזור מרחבי זה כדי להגביל תנועה של פרטים החוצים כבישים אזי אוכלוסיות יכולות להפוך מבודדות, וסכייהן לשרוד לאורך זמן פוחתים.

3.3.5 תפקודים אקולוגיים של שולי כבישים

ערכם האקולוגי של שולי תשתיות התחבורה הוא עניין שנוי במחלוקת: שוליים יכולים להיות בתי גידול חשובים למינים מסוימים של בעלי חיים, אך יכולים גם להוביל בעלי חיים למקומות שבהם סכנת התמותה גבוהה או לסייע בתפוצתם של מינים פולשים (בעיקר מיני צמחים פולשים). שוליים יכולים גם לשמש רשת של מסדרונות אקולוגיים המסייעים לתנועה של מינים מסוימים, במיוחד בנופים חקלאיים. תפקוד שולי הכבישים תלוי במיקומם הגאוגרפי, בצומח שבהם ובסביבתם, בבתי הגידול הסמוכים, בממשק ובאופי התשתית. באירופה, למשל, תפקודים של שולי דרכים שנחשבו חיוביים דווחו יותר בצפון אירופה, ותפקודים שנחשבו בעייתיים דווחו יותר בדרומה.



צפיפות הכבישים (ק"מ/קמ"ר)

איור 3.10: שינויים בחלק היחסי של שולי כבישים במרחב: עלייה בצפיפות הכבישים ליחידת שטח מגדילה הן את החלק היחסי של שולי בתי גידול והן את שטח שולי הכבישים (הקווים האפורים) באותו המרחב. הכתמים הנותרים יהפכו קטנים ומבודדים מדי מכדי לאפשר לאוכלוסיות להתקיים. הסף הקריטי להישרדות אוכלוסייה הוא תלוי-מין, אך תלוי גם במאפייני הנוף והתשתית. (EU)

בניית כבישים נוספים יכולה להגדיל במרחב את החלק היחסי של שולי בתי גידול ושל שולי כבישים (דוגמה סכמטית ראו באיור 3.10): אזורי השוליים הם אזורי מגע בין שטחים ששוררים בהם תנאים שונים, והם גם התחום שנתון להפרעה הגדולה יותר בכל בית גידול שהוא. ממצב זה יכולים להפיק תועלת מינים המעדיפים את אזורי השוליים של בית הגידול, אך הדבר יכול לפגוע במינים המעדיפים את אזורי הליבה המופרעים פחות, למשל בבית גידול של חורש או יער (ראו גם באיור 3.2 למעלה). מינים מסוימים שמצלים את קרבת האדם לצרכים כמו אספקת מזון ורבייה מוגברת (בעיקר מינים מתפרצים כדוגמת עורבים, תנים או שועלים) עשויים להפיק תועלת מבעלי חיים דרוסים ומשיירי מזון מזדמנים בכביש ובשוליו, ומהם אף יכולים לקנן באתרים כעמודי תאורה ולהרחיב את תפוצתם (ראו גם בסעיף 7.5.3).

מבחינת הדינמיקה של אוכלוסיות, מסדרונות הכבישים יכולים להיות: (א) **בית גידול** לאוכלוסיות של מיני צמחים ובעלי חיים שיש חשיבות בשמירתם, וחשיבותם גדולה במיוחד אם הם כוללים כתמים אחרונים שנתרו מבית גידול ייחודי; (ב) **מקור** (source) להתפשטות לשטחים אחרים אם האוכלוסיות שלאורכם חיוניות ומשגשגות; (ג) **מבלע** (sink) אם האוכלוסיות שלאורכם חוות שיעורי תמותה גבוהים במיוחד מאלה של סביבתם; (ד) **חיץ** המפריע לתנועת בעלי חיים וחוסם מסדרונות אקולוגיים, (ה) **מסדרון תנועה** אורכי המקשר בין אוכלוסיות בכתמים מרוחקים ומבודדים.

בנוסף, בארצות הים-תיכוניות שולי דרכים יכולים להיות גם מקור עיקרי לשרפות יער. בספרד, למשל, כרבע משרפות היער בשנת 2000 יוחסו לשרפות שהחלו בצדי דרכים (לעתים מבדלי סיגרות), ורק מעט פחות לשרפות שהחלו בשולי מסילות ברזל. התחזיות לגבי שינויי האקלים העולמי צופות עלייה בהסתברות להופעת תנאי קיצון של יובש ושל טמפרטורות גבוהות ומתוך כך עלייה בהסתברות שריפות גדולות שהשפעתן על בתי הגידול דרמטית. הנתונים בישראל תואמים את המגמה העולמית המצביעה על עלייה במספר שרפות היער, בעוצמתן, בתדירותן ובהיקף השטחים הפגועים.

תפקוד שולי דרכים כבית גידול: רשימות המינים שתועדו בשולי דרכים במדינות שרמת העיור בהן גבוהה מצביעות על הפוטנציאל שבשולי דרכים לשמש בית גידול למגוון מינים של צמחים ושל בעלי חיים. באמצעות ממשק זהיר ומוקפד יכולים שולי התשתיות להשלים ולהעשיר נופים שבהם מרבית הצומח הטבעי נעלם (ראו מסגרת). מצב כזה ייתכן, למשל, בסביבה שמתקיימת בה חקלאות אינטנסיבית או בשולי אזורים מיושבים, לעתים דווקא מפני שנמנעה גישה של בני אדם אל שולי הדרך או מפני שפעילות אינטנסיבית אחרת של האדם במרחק מה מהם הופסקה. הדבר יכול להתבטא בעושר גדול יותר של מיני צמחים עשבוניים, של מיני חסרי חוליות ושל חרקים לצד הכביש. לעתים גם דפוס הנוכחות של מיני ציפורים ומכרסמים שם יהיה שונה מזה שבשטחים הסמוכים, ובשל כל אלה – ייתכנו גם הבדלים בתהליכים האקולוגיים המתקיימים בשולי הדרכים.

אם מינים מצליחים לשרוד בשולי דרכים יותר מאשר בבתי גידול סמוכים, בתי גידול אלה יכולים להיות **מקור להפצתם בשטחים נוספים**. יש מיני בעלי חיים (למשל מיני נחשים) שבשל מגוון סיבות נמשכים לצדי דרכים (כמסדרונות תנועה) ואפילו לפני השטח של הכביש, אך לעתים קרובות סיבת המשיכה היא תנאים בבתי הגידול הסמוכים לכביש (שטחי מחיה או קינון) או מזון שנמצא בשוליו.

עם זאת, יש לזכור כי שוליים אינם יכולים להחליף במלואם בתי גידול טבעיים בשל השפעות הזיהום והפרעות אחרות. לכן הרכב המינים בחברות הצומח לצדי דרכים מוטה לעתים קרובות לטובת שיעור גבוה של מינים רודרליים או לא מקומיים, ומהווה ערוץ מרכזי בהתפשטות של מיני צומח פולשים (איור 3.11). שוליים רחבים שאינם דומים באופיים לבית הגידול הסובב (כמו צומח עשבוני בשוליים לעומת צומח מעוצה בנוף מיוער) יכולים **להגביר את אפקט החיץ** של הכבישים ואת הבידוד של בתי הגידול אלה מאלה.

שולי דרכים כשטחים המסייעים לטיפוח המגוון הביולוגי

במדינות או באזורים שבהם מרובים השטחים העירוניים, שולי דרכים יכולים להיות בית גידול חשוב. בהולנד תועדו לצדי דרכים 796 מיני צמחים (למעלה ממחצית המינים שתועדו במדינה). נמנו עמם לא רק מינים שכיחים אלא גם מינים נפוצים פחות ואף נדירים. 160 מינים נדירים (המייצגים 10% מכלל המינים בהולנד) נמצאים בעיקר בשולי דרכים. שטחים עשבוניים שפוריותם בינונית או נמוכה נדירים למדי בהולנד בגלל הייצור החקלאי האינטנסיבי, ושולי הדרכים הם מקום מפלט למינים שזקוקים לבית גידול כזה. הממשק של שולי דרכים במדינה זו שונה – מממשק של מדשאות שהיה נהוג בה בשנות ה-50 וה-60 של המאה ה-20 לממשק של כיסוח צומח רק פעם או פעמיים בשנה. התוצאה שהתקבלה היא שוליים צבעוניים ומגוונים יותר מההווים בית גידול גם לכמחצית מיני הפרפרים במדינה (כ-80 מינים). מוערך שאף כמה מיני הפרפרים המצויים בסכנת הכחדה בהולנד יכולים לשרוד ולהתקיים בשולי הדרכים.

תהליך השיקום הנופי בפרויקטים של כבישים כולל כיום במקרים רבים שמירה של שכבת הקרקע העליונה ובה מאגר מייצג של צמחיית האזור כזרעים וכניאופיטים, ופיזורם בשלב השיקום הנופי כאדמת חיפוי על פני הטופוגרפיה החדשה ובשולי הכביש. במרבית המקרים אין הדבר כרוך בליווי ממשקי נוסף התומך לאחר מכן במגוון הצומח המקומי.

תהליך השיקום הנופי בקטע 18 של כביש חוצה ישראל ברמת מנשה כלל במקטעים מסוימים בשולי הכביש שילוב בין שני מרכיבים: (א) פיזור אדמת חיפוי ושתילת מקבצים של עשבוניים רב-שנתיים ושיחים להאצת תהליך השיקום בתחום מגודר לצדי הכביש ו-(ב) ליווי ממשקי מוקפד שכלל מניעת הפרעה, הסרת צמחים פולשניים ורודרליים והימנעות מריסוסים. המטרה הייתה ליצור מעין "שמורות טבע" אורכיות, כיוון שלתחומן נמנעה גישה של אדם ושל בקר הרועה בשטחים הסמוכים. ניטור צומח מתמשך הצביע על התבססות מגוון עשיר של צמחים בשטחים המשוקמים, לרבות צמחים אטרקטיביים. כמו כן, באדמת החיפוי שפוזרה גדלו מינים חד-שנתיים רבים שאינם נפוצים בשטח הטבעי, דבר שתרום להגדלת המגוון הביולוגי במרחב.



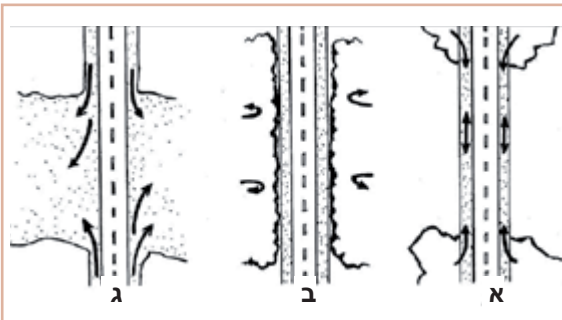
איור 3.11: שולי הדרכים כנתיב התפשטות של מינים פולשים:
שולי הדרכים הם אזור מופר שלאורכו מואצת לעתים קרובות התפשטות של מיני צמחים פולשים גם אם לא ניטעו שם במכוון. בישראל מתפשטים לאורך מסדרונות תחבורה מיני צמחים פולשים אחדים (כגון שיטה כחלחלה, טיונית החולות, אילנתה בלוטית, פרקינסוניה שיכנית, אזדרכת מצויה, טבק השיח ומיני קייצת). בתמונה - שיטה כחלחלה בפריחה בשולי כביש 1 בעלייה לירושלים משער הגיא. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

במשך תקופת הרבייה והבשלת הזרעים; וצמצום השימוש בכימיקלים לבקרה של מינים עשבוניים ומיני חרקים. ממשק אקולוגי של צדי דרכים יכול להגדיל באופן מקומי את המגוון הביולוגי, אך ללא תכנון זהיר הוא עלול להגביר את התאונות עם כלי רכב או להוות מלכודת למינים מסוימים, ולכן על התכנון להיות רגיש לנסיבות המקומיות.

תפקוד שולי דרכים כמסדרון אקולוגי: שולי כבישים ושולי מסילות ברזל יכולים לתפקד כמסדרונות תנועה לבעלי חיים כאשר הם מגבירים את תנועת בעלי החיים לאורך ציר התשתית. לתפקוד זה של השוליים יש השפעות חיוביות ושליליות (איור 3.12).

ההיבט החיובי הובחן בעיקר עבור יונקים קטנים ועבור חרקים ושולי דרכים נחשבים מרכיבים חשובים ברשתות הקישוריות האקולוגית באירופה, אולם מסדרונות מובילים בעלי חיים (כמו שועלים, דרבנים וזוחלים) גם לאזורים עירוניים. בשטחים מיוערים יכולים שוליים רחבים ובהם צומח נמוך שנגזם לצמצם את כמות התאונות בין יונקים גדולים לבין כלי רכב, שכן הם מגבירים את טווח הראות הן של בעלי החיים והן של הנהגים.

ההיבט השלילי של השוליים כמסדרון אקולוגי נוגע למיני צמחים פולשים או עשבים רעים (מינים מקומיים שנחשבים מפגע) שיכולים להתפשט לאורך מסדרונות תחבורה בשל תנועת האוויר שיוצרים כלי הרכב או בשל הפצת הזרעים על פני כלי הרכב ובתוכם. הדוגמאות של מיני צמחים פולשים כמו טיונית החולות ושיטה כחלחלה בישראל, מין רודודנדרון



איור 3.12: תפקוד שולי דרכים כמסדרונות אקולוגיים בנופים שונים:
(א) בבתי גידול חקלאיים, פתוחים, הצומח בצדי דרכים יכול לספק מסדרון תנועה חשוב ובית גידול לבעלי חיים, בעיקר לבעלי חיים קטנים; (ב) בבתי גידול טבעיים יותר שולי דרכים פתוחים או בעלי צומח עשבוני מהווים שוליים נוספים בנוף, ויכולים להגביר את אפקט החיץ של כבישים למינים של חורש יער, אבל הם יכולים גם להגדיל את המסדרון האקולוגי או לספק בית גידול נוסף למינים אחרים; (ג) שולי דרכים יכולים לשמש מקור של מינים המתפשטים לבתי גידול חדשים או מיישבים מחדש בתי גידול סמוכים (למשל לאחר שרפה), אבל הם יכולים לסייע גם להתפשטותם של מינים פולשים לא רצויים החודרים לבתי גידול טבעיים או להתפשטות של טורפים לבתי גידול שלא היו בהם קודם לכן. (EU)

כאמור, לאופי הממשק בשולי הדרכים יש השפעה גדולה על ערכם של השוליים כבתי גידול. פעולות ממשק המשפיעות על המגוון הביולוגי בשולי הדרכים כוללות ריסוס במעכבי צמיחה או בחומרי הדברה, גיזום עצים ושיחים, כיסוח צומח עשבוני, ניקוי תעלות הניקוז וממשק מעבירי המים, המנהרות, הגדרות, המעברים לבעלי החיים ואמצעים אחרים.

העקרונות של ממשק אקולוגי של שולי דרכים, המעודד שימור של מגוון המינים המקומי הטבעי והתבססות, כוללים: הקפדה על מועדי גיזום וכיסוח צומח עשבוני כדי לחקות מהלך טבעי באזורי אחר ובתה עשבוניים; נטיעה של צומח מעוצה מקומי (שיחים ועצים) והימנעות משתילה של מינים זרים או פולשים; הסרה של מיני צומח האופייניים לבתי גידול מופרים (כמו ברקנים וגדילנים, מיני חלמיתיים וחרדלים) ומינים פולשים כדי לאפשר ליתר מיני הצומח האופייניים לאזור להתבסס בשולי הדרכים; מזעור הפרעה למיני צומח אחרים

במשך תקופת הרבייה והבשלת הזרעים; וצמצום השימוש בכימיקלים לבקרה של מינים עשבוניים ומיני חרקים. ממשק אקולוגי של צדי דרכים יכול להגדיל באופן מקומי את המגוון הביולוגי, אך ללא תכנון זהיר הוא עלול להגביר את התאונות עם כלי רכב או להוות מלכודת למינים מסוימים, ולכן על התכנון להיות רגיש לנסיבות המקומיות.

תפקוד שולי דרכים כמסדרון אקולוגי: שולי כבישים ושולי מסילות ברזל יכולים לתפקד כמסדרונות תנועה לבעלי חיים כאשר הם מגבירים את תנועת בעלי החיים לאורך ציר התשתית. לתפקוד זה של השוליים יש השפעות חיוביות ושליליות (איור 3.12).

ההיבט החיובי הובחן בעיקר עבור יונקים קטנים ועבור חרקים ושולי דרכים נחשבים מרכיבים חשובים ברשתות הקישוריות האקולוגית באירופה, אולם מסדרונות מובילים בעלי חיים (כמו שועלים, דרבנים וזוחלים) גם לאזורים עירוניים. בשטחים מיוערים יכולים שוליים רחבים ובהם צומח נמוך שנגזם לצמצם את כמות התאונות בין יונקים גדולים לבין כלי רכב, שכן הם מגבירים את טווח הראות הן של בעלי החיים והן של הנהגים.

ההיבט השלילי של השוליים כמסדרון אקולוגי נוגע למיני צמחים פולשים או עשבים רעים (מינים מקומיים שנחשבים מפגע) שיכולים להתפשט לאורך מסדרונות תחבורה בשל תנועת האוויר שיוצרים כלי הרכב או בשל הפצת הזרעים על פני כלי הרכב ובתוכם. הדוגמאות של מיני צמחים פולשים כמו טיונית החולות ושיטה כחלחלה בישראל, מין רודודנדרון

בבריטניה או מין סביון בספרד (המפריש חומרים הרעילים לבקר), וכן של מיני עופות פולשים כמו מאיינה הודית (המקננת על עמודים) - כל אלה מספקים עדויות לדרכים שבהן יכולים מינים פולשים להתפשט במהירות על פני שטחים גאוגרפיים נרחבים בעזרת תשתיות תחבורה. בסקירה על מיני צמחים פולשים בישראל נמצא כי הגורמים העיקריים שהביאו לפלישת הצמחים הזרים הם שניים: פעילויות אדם שתרמו להגעת המינים לישראל ודפוסי פיתוח של המרחב שיצרו הזדמנויות למינים הזרים לפלוש ולהתבסס בשטחים טבעיים

ובעיקר בשטחים מופרעים (בין הפעילויות המשמעותיות ניתן למנות קיטוע בשטחים פתוחים, ריבוי תשתיות ודרכים שיוצרות בקרבן בתי גידול מופרים ועשירים בלחות ובחנקן, ועבודות עפר ופיתוח המפרות את פני הקרקע והצומח הטבעי). תהליך התבססותם של מינים פולשים והתפשטותם נחשב כיום לאחת הסכנות החמורות ביותר האורבות למגוון הביולוגי והוא מהסיבות העיקריות להכחדת מינים בעולם.

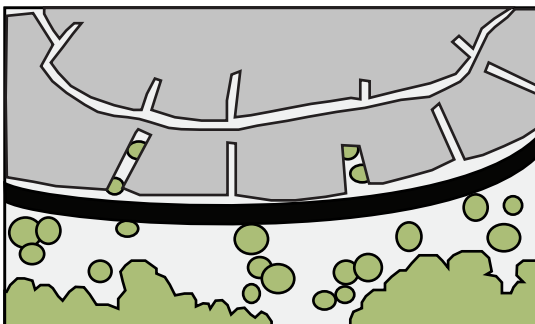
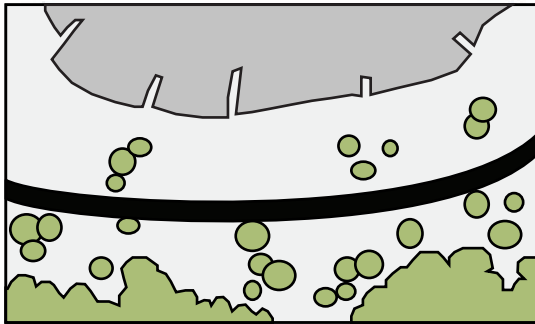
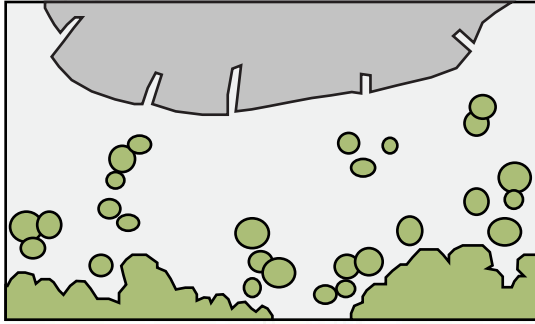
שולי כבישים ושולי מסילות ברזל יכולים לתפקד גם כמסדרונות אקולוגיים המגבירים תנועה של מינים לא

רצויים של בעלי חיים בנוף (למשל טורפים) למקומות שהם היו פחות נפוצים בהם קודם לכן או למקומות שהנגישות אליהם הייתה קשה יותר עבורם קודם לכן. במקרה כזה גוברת הסכנה למיני הטרף שלהם.

יש לזכור כי לשולי דרכים אין ערך זהה לזה של מסדרונות אקולוגיים של שטחים פתוחים טבעיים, כיוון שתנאי בית הגידול בשולי הדרכים לרוב אינם אחידים לאורך מרחקים גדולים, ואיכותם יכולה להשתנות במידה רבה (כבית גידול קווי שיש לו "אפקטי שוליים" רבים משלו). כמו כן, כבישים חוצים לעתים קרובות תשתיות אחרות ותנועה לאורכם עלולה להוביל בעלי חיים למחלפים שבהם סכנת ההיפגעות גבוהה ביותר.

3.4 השפעות אקולוגיות עקיפות

3



השפעות אקולוגיות עקיפות של תשתיות התחבורה כוללות שינויים בנוף וכן דפוסים של פיתוח עירוני או תעשייתי שנגרמו בשל פיתוח תשתיות אלה. לעתים קרובות סלילתו של כביש אזורי גוררת בעקבותיה פיתוח נוסף, כרסום נוסף בשטחים פתוחים והגברת קיטועם - בנייה של יישובים חדשים, של שכונות חדשות ושל כבישי גישה מקומיים ("פרבור זוחל", ראו איור 3.13). השפעות משניות אלה אינן בתחום אחריותו הישירה של מגזר התחבורה, אך חשוב שיובאו בחשבון כחלק מהשיקולים של רשויות התכנון הן במהלך התכנון המתארי והן בהכנת תסקירי ההשפעה על הסביבה.

באזורים שבהם פיתוח לינארי נוסף לאורך צירי תחבורה הוא איום עיקרי לבתי גידול ולאסטרטגיות לשמירה על מינים בסכנה, ייתכן שיש צורך לנקוט אמצעים ל"השקטת התנועה" (traffic calming) ואף לביטול כבישים (road decommissioning) (עוד בעניין זה ראו בסעיף 7.5).

חשוב להזכיר כאן שוב כי ההשפעות של פעילות האדם אינן בדידות, אלא מצטרפות למערך שלם שהשפעתו הכוללת יכולה להיות מרובה מההשפעה הנפרדת של כל אחד ממרכיביו. אחד האיומים המשניים העיקריים הקשורים בפיתוח תשתיות הוא הגברת הנגישות של האדם לבתי גידול שלא היו נגישים כל כך אלמלא כן, וההפרעות שנגרמות בשל כך לאותם בתי גידול מפעילויותיו, בעיקר פעילויות פנאי, ציד וליקוט. מפרטים מסוימים של תכנון מפורט אינם כוללים במכוון אזורי חנייה, אזורי עצירה או נקודות תצפית, וזאת כדי למזער את ההפרעות לבתי גידול רגישים כמו בתי גידול לחים חופיים החשובים לעופות מים. לאחר שפיתוח התשתיות נעשה, קשה מאוד להגביל את הגישה לשטחים סמוכים גם אם הם בעלי חשיבות גבוהה לשימור, ולכן עוד בשלב התכנון חשוב לבדוק תכניות לממשק הגישה, וליישמן במקביל לפיתוח התשתית. חשוב לציין כי בהקשר זה רצוי לבחון את מכלול ההשפעות והעקות הנובעות מפעילות האדם בטבע, ולא להתייחס רק להשפעות הכבישים.

איור 3.13: תהליך של "פרבור זוחל": ממצב של שטח פתוח שבשוליו יש שטח בנוי (הכתם האפור באיור למעלה), בנייה של כביש במרחק מסוים מהשטח הבנוי (באמצע) עלולה להוליך לבינוי נוסף בשטח הפתוח שנכלא על ידי הכביש ולאבדן נוסף של שטחים פתוחים (למטה).

המחקר שבוחן השפעה של רשתות כבישים ברמת הנוף וברמה האזורית נמצא עדיין בראשיתו. מחקר של תהליכים אקולוגיים בקנה מידה גדול שייך לתחום אקולוגיה של נוף (Landscape ecology), תחום צעיר יחסית שלו שיטות, טכניקות ויישומים חדשים המתפתחים במהירות.

בבחינת תכניות לתשתיות פרטניות חשוב שלא להתמקד רק בהשפעות התכנית בתחומי "הקו הכחול" וסביבותיו (גבולות תחום התכנון), אלא להביא בחשבון את ההקשר המרחבי הגדול יותר, כיוון שלתהליכים מרחביים אלה צפויות להיות השפעות ניכרות על הטבע. עם זאת, אם נדרש מידע אמפירי שעניינו השפעות של קיטוע שנגרם על ידי תשתיות תחבורה, איסוף מידע זה בקנה מידה גדול ולאורך זמן הוא קשה ומצריך משאבים כספיים מרובים. כדי לבדוק את הקונפליקטים בין האינטרסים של שמירת הטבע לבין פיתוח תשתיות תחבורה נעשה כיום שימוש גובר בכלים חדשים כמו סימולציות מחשב ומודלים מרחביים, ואלה יכולים לסייע בשיפור הקריטריונים לפיתוח ולתכנון תשתיות. מידע נופי מאמצעי חישה מרחוק (הדמיות לוויין) המשולב בניתוח במערכת מידע גאוגרפי (ממ"ג GIS) הם כלים חשובים המסייעים למקם כבישים בנוף ולמצער את ההשפעות השליליות של קיטוע בתי גידול. האתגר העומד בפני המחקרים האקולוגיים הוא לשכלל ולשפר את יכולת החיזוי של ההשפעות של תשתיות תחבורה על פרטים ועל אוכלוסיות ברמת האתר, ברמה המקומית וברמה האזורית.



צילום: תמר אחירון-פרומקין

4. הגישה: פיתוח פתרונות משולבים

- 4.1 הגישה להתמודדות עם איום הקיטוע
- 4.2 החשיבות בראייה תכנונית מוקדמת למניעת הקיטוע של בתי גידול
- 4.3 פתרונות משולבים
- 4.4 החשיבות בראייה תכנונית מערכתית
- 4.5 החשיבות בראייה תכנונית לטווח ארוך

בפרק זה מוצגת בקווים כלליים הגישה המשולבת (אינטגרטיבית) שמטרתה למזער קיטוע בתי גידול שנגרם על ידי תשתיות תחבורה ולמתן את השפעותיו. עוד על הגישה בפרקים הבאים.

תחילה מוצג סדר העדיפות לטיפול בסוגיית הקיטוע – הימנעות, מיתון השפעות ופיצוי אקולוגי. בהמשך הפרק מודגשת חשיבותם של שלושה עקרונות: (א) התייחסות להיבטים של קיטוע מוקדם ככל האפשר בתהליך התכנון; (ב) אפשרות השימוש בתסקיר ההשפעה על הסביבה ככלי מרכזי בתכנון; (ג) התייחסות מערכתית להיבטים של הקיטוע, הכוללת גם ראייה תכנונית בקנה מידה נרחב ולטווח זמן ארוך.

4.1 הגישה להתמודדות עם איום הקיטוע

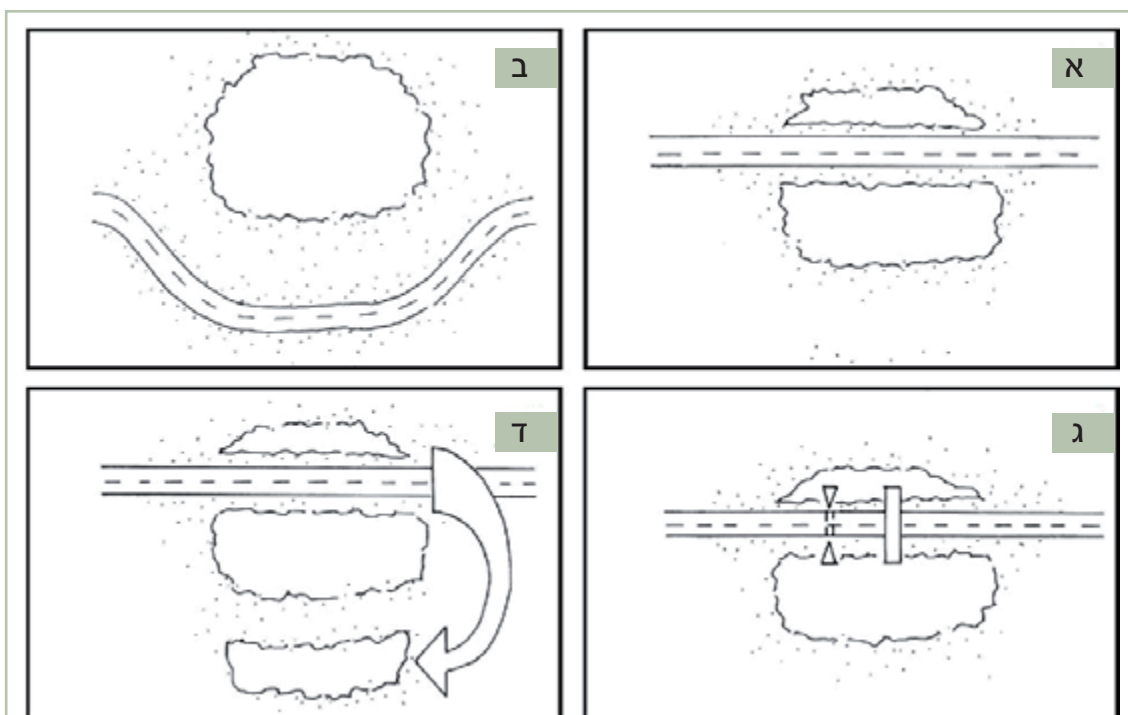
הגישה המוצגת במדריך זה מתארת התנהלות מיטבית (אופטימלית) בתכנון תשתיות תחבורה חדשות או בשדרוג תשתיות קיימות בנוגע לקיטוע בתי גידול. לפי גישה זו, כדי להתמודד בצורה טובה עם איום הקיטוע יש לאמץ את העקרונות הללו, בסדר העדיפות שלהלן:

פיצוי אקולוגי

מיתון השפעות

הימנעות

הגישה מבוססת על העיקרון שלפיו מניעת הנזק טובה יותר מהניסיון לתקנו, ולכן היא מעודדת לתת עדיפות ראשונית להימנעות מההשפעות השליליות של הקיטוע (ראו פירוט בפרק 3). כשאי אפשר להימנע מקיטוע, יש לתכנן אמצעים למיתון השפעותיו השליליות כחלק בלתי נפרד ממהלך התכנון הכולל. לבסוף, אם לא די באמצעים למיתון ההשפעות או אם נותרו השפעות לוואי ניכרות, רק במקרים כאלה יש לשקול כמוצא אחרון שימוש באמצעים לפיצוי אקולוגי.



איור 4.1: עקרונות להתמודדות עם קיטוע בתי גידול: (א) קיטוע, (ב) הימנעות, (ג) מיתון השפעות, (ד) פיצוי אקולוגי. (EU)

עקרונות אלה, המפורטים להלן בסעיפים 4.1.4-4.1.1, אמנם מתייחסים בעיקר למהלך התכנון של כבישים חדשים, אך חשוב ליישם גם בבואנו לבחון תחזוקה, שיפוץ ושדרוג של כבישים קיימים, במיוחד אם נבדקת האפשרות להתוויה שונה של מקטעים מסוימים בכביש, וכן בבואנו לבחון את השימוש במבנים ההנדסיים ואת הקשר שבין הקיטוע הנגרם מתשתית התחבורה לבין זה הנגרם ממקורות אחרים. איור 4.1 מציג בקווים כלליים קיטוע כתם של בית גידול על ידי כביש (איור 4א'), הימנעות מקיטוע הכתם על ידי שינוי התוואי (איור 4ב'), שימוש באמצעים למיתון ההשפעות השליליות של הקיטוע (איור 4ג') ושימוש באמצעים לפיצוי אקולוגי (איור 4ד').

מערכת זו של בדיקה וקבלת החלטות, שתיים משאלות המפתח שעלינו לשאול הן: (א) מתי נדרשים אמצעים למיתון ההשפעות של הקיטוע, ו(ב) מהם הקריטריונים להצלחתם. כדי להשיב על השאלות על מתכנני התשתית להתבונן אל

מעבר לגבולותיו הרגילים של מסדרון התחבורה שהוגדר לפרויקט ולבחון הן את הפיתוח של כלל רשת התשתיות והן את עניין שימושי הקרקע בקנה מידה מרחבי גדול יותר, לרבות אסטרטגיות של תכנון אזורי ולאומי. במהלך תכנון האמצעים בתוך מסדרון התחבורה חשוב לכלול בדיקה של שימושי הקרקע הסמוכים לתשתית ושל הפיתוח המתוכנן לעתיד במרחב כולו ולא רק בסמיכות לתוואי עצמו, כיוון ששימושים אלה יכולים לצמצם במידה רבה את יעילות האמצעים למיתון או לפיצוי.

4.1.1 שלב התכנון המקדמי: תהליך לזיהוי אזורי רגישים לקיטוע

בשלב התכנון הראשוני בחינה סביבתית הבודקת גם היבטים אקולוגיים של קיטוע בתי גידול מסייעת:
(א) לזהות אינטרסים ומגבלות סביבתיים במרחב התכנון כדי שיהיה ניתן לקבוע מה הן סוגיות שמירת הטבע הרלוונטיות לפרויקט; (ב) לזהות שטחים חשובים לשימור שיש להימנע מלחצותם על ידי תוואי התשתית, ו(ג) מתוך אלה בחינה כזו

המסגרת הסטטוטורית והגנה על המגוון הביולוגי

מדיניות התכנון של דרכים

בישראל יש מסגרות סטטוטוריות ארציות שבאמצעותן מתוכננות דרכים בין-עירוניות (תמ"א 3, תכנית המתאר הארצית לדרכים, משנת 1976) ומסילות ברזל (תמ"א 23, תכנית המתאר הארצית למסילות ברזל, משנת 1986). בשתי תכניות המתאר הללו הוכנסו מאז אישורן ההתחלתי שינויים רבים המתייחסים לקטעים במקום גאוגרפי מסוים, וכן הוכנסו בהן בהדרגה התייחסויות בתחום הסביבתי, הנוגעות למניעת מפגעים ולנקיטת אמצעים להפחתתם, ובהם דרישה לתסקיר השפעה על הסביבה.

שינויים מוצעים לתמ"א 3 או לתמ"א 23 מוגשים לוועדת ההיגוי של התמ"א ולאחר מכן לאישור המועצה הארצית לתכנון ולבנייה. בין ועדות המשנה של המועצה הארצית נכללת הוועדה המשותפת לתחבורה לתכניות המתאר הארציות לדרכים ולמסילות, שתפקידה ליצור אינטגרציה בין מערכות התחבורה היבשתיות. בכל הגופים הללו יש נציגות של המשרד להגנת הסביבה, המקיים בקרה סביבתית על השינויים המוצעים. בקרתו כוללת בדיקה הנוגעת למידת ההגנה על שטחים פתוחים ועל מרכיבי המגוון הביולוגי – מערכות אקולוגיות, בתי גידול ומיני צמחים ובעלי חיים.

מדיניות משרד התחבורה כיום מכוונת לצמצום מרבי של הקמת כבישים חדשים ולשדרוג הישנים תוך הותרת שטחים פתוחים תפקודיים. הדגש מכוון ליצירת אינטגרציה בתכנון ובביצוע בין כל מערכות התכנון התחבורתי והפיזי, ובמיוחד לאיחוד תכנון תחבורתי של הכבישים ושל מסילות הברזל. דגש זה בא לידי ביטוי בתכנית האב הארצית המשולבת לתחבורה יבשתית – מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית בישראל (עדכון משנת 2008) ובתכנית "נתיבי ישראל" שאושרה על ידי הממשלה בפברואר 2010.

ההליך התסקירי בישראל נקבע במסגרת חוק התכנון והבנייה על תיקוניו, ונכללו בו, בהתייחסות נפרדת, כללים ברורים והוראות מיוחדות לסוגי תכניות מסוימים, בהם תכניות לדרכים ותכניות לתשתיות לאומיות. תיקון מס' 37 לחוק התכנון והבנייה (משנת 1994), שמטרתו העיקרית היא לקצר את הליכי אישור התכניות לכבישים ולמסילות ברזל, מפנים היבטים סביבתיים בתכנון תחבורה, משתף כבר בתחילת תהליך התכנון גורמים של הגנת הסביבה, ומאפשר בכך חיסכון בזמן. בתיקון 37 לחוק התכנון והבנייה וכן בהוראות תמ"א 3 נקבעו הוראות מיוחדות להליכי תכנון של דרכים ומסילות ברזל, הנוגעים להליך התסקירי ולמסגרת הזמנים שמוקצבת הן להכנת הנחיות להכנת תסקיר והן לבדיקתו. ההליך התסקירי אמנם שונה בפרויקטים המוכרזים כתכניות לתשתית לאומית (ובהם פרויקטים לא מעטים של כבישים ומסילות ברזל) או מוגשים כתכנית מתאר ארצית מפורטת, אך גם במסגרת זו נדרשת הכנת תסקיר או חוות דעת סביבתית.

לעומת הגישה הנהוגה בצפון אמריקה ובארצות אחדות באירופה, שבה התסקיר הוא כלי ניהול סביבתי לכל אורך חיי הפרויקט, הרי שההליך התסקירי הנהוג בישראל נוגע בעיקר לשלב גיבוש התכנית והכנתה עד לאישורה על ידי מוסד התכנון. עם זאת, במקרים מסוימים – כגון בתוכנית תמ"א 31/א לכביש 6 (כביש חוצה ישראל) – ממשיך ההליך התסקירי גם בשלב התכנון המפורט באמצעות צוות מלווה שאמון על ליווי התכנון המפורט, על השלמת כל פרקי התסקיר ועל בקרת הביצוע בזמן ההקמה והתפעול. בתכניות הנדונות בוועדה לתשתיות לאומיות (ות"ל) ההליך התסקירי מתנהל עד לאישור הסטטוטורי. לאחריו צוות מקצועי מטפל בליווי ובאישור התכנון המפורט לביצוע. מצב כזה קיים לעתים גם בפרויקטים רגילים הנדונים בוועדה מחוזית. חשוב לציין כי במסגרת הרפורמה צפויים שינויים בהגדרת המבנה וההליך התסקירי של פרויקטי תשתית.

הגנה על מרכיבי המגוון הביולוגי

הגנה סטטוטורית על שטחים פתוחים, על ערכי טבע, על מערכות אקולוגיות ועל המגוון הביולוגי שבהם נעשית באמצעות תכניות מתאר ארציות והוראותיהן בשמורות טבע, בגנים לאומיים ובשמורות נוף (תמ"א 8), בשמורות יער ובשטחי יער ויעור הנכללים בתמ"א 22, ובנחלים (תמ"א 34/ב/3). מסגרות סטטוטוריות נוספות עוסקות הן באופן ישיר והן באופן עקיף בהגנה על שטחים פתוחים ועל ערכי טבע שבהם, כך למשל תמ"א 12 (תיירות), כוללת הגנה על נופים של מרחבים פתוחים חשובים לפעילות תיירותית), תמ"א 13 (חופים), כוללת התייחסות לשימור שטחים פתוחים לאורך החוף) וכן הגדרת המרקמים המעוגנת בבסיסה של תמ"א 35 (גישה כללית למרקמים).

בנוסף, הגנה בחוק ניתנת גם למינים ולקבוצות של בעלי חיים וצמחים שהוכרזו כערכי טבע מוגנים. המינים השונים הם המרכיב העיקרי של המגוון הביולוגי. מבין המינים המוגנים, המינים הנדירים הם הראשונים המועדים להכחדה בשל נדירותם. ההגנה הרלוונטית לעניין הקיטוע ניתנת למיני צמחים ובעלי חיים באמצעות חוק גנים לאומיים ושמורות טבע, פקודת היערות ותיקון 89 לחוק התכנון והבנייה.

מלבד אלה חתומה מדינת ישראל על מספר אמנות בין-לאומיות, שהמחויבות להן יכולה להביא להגנה נוספת על מינים ועל בתי גידול: אמנת המגוון הביולוגי (CBD), אמנת בון להגנה על מינים נודדים (CMS), האמנה להגנה על בתי גידול לחים (RAMSAR), אמנת המורשת העולמית, האמנה למלחמה במדבור (UNCCD), ואמנת ברצלונה להגנה על הים התיכון, שקשורה גם להגנה על אזורי חוף.

מסייעת להתוויה ראשונית טובה יותר של חלופות התכנון. בשלב התחלתי ביותר בתכנון יש להגדיר את אופי הבחינה הסביבתית, את אופי ההליך התסקירי ושלביותו, ואת ההנחיות לתסקיר (Scoping).

הקריטריונים המשמשים לצורך בחינה כזו הם, לדוגמה, מגוון בתי הגידול במרחב התכנון, נדירות בית הגידול, מרכיבי נופ חשובים, נוכחות של שטחים מוגנים סטטוטורית בשמורות טבע, בגנים לאומיים ובשטחי יער ויעור ופיזורם המרחבי, מגוון המינים וסטטוס שמירת הטבע שלהם, ונוכחות של מינים בסכנת הכחדה (מינים "אדומים"), מינים אנדמיים או מוגנים. עוד על כלי תכנון וההליך התסקירי ראו פרק 5, והרחבה נוספת בנוגע לכלי תכנון ולמשאבים וכלים שיכולים לסייע בהערכה האקולוגית ובאפיון ובאיתור מרחבי של חלופות ראו בפרק 6. הקריטריונים לשמירת הטבע בשלב תכנון זה הם בסיס לזיהוי מאפייני השטח ולהגדרת מידת הרגישות שלו, לזיהוי נקודות קונפליקט בין מאפיינים טבעיים חשובים לבין החלופות המוצעות לתוואי, ולהשוואת החלופות מבחינת מידת פגיעתן בשטחים שיש חשיבות בשימורם. גורמים אקולוגיים שיש לשקול בהערכה זו הם, למשל, מידת הרגישות של מיני בעלי חיים וצמחים הנמצאים במרחב לקיטוע של בתי גידול ושל אוכלוסיות, מידת ניידותם, גודל תחום המחיה שלהם ורגישותם להפרעות.

חשוב לעשות כל מאמץ כדי לקיים מבנים אקולוגיים המרשתים ומקשרים בין בתי גידול ואוכלוסיות במרחב התכנון ובסביבותיו (כמו למשל מסדרונות אקולוגיים בקנה מידה אזורי ומקומי). תשומת לב מיוחדת יש להעניק לנחלים ולבתי גידול לחים אחרים, למסדרונות מיוערים, למבנים קווים של צומח כמו משוכות או שורות עצים, ולכתמי צומח טבעי ותעלות מים בתוך נופ חקלאי מעובד שיכולים לעתים להיות מקום המקלט האחרון של מינים רבים בנוף ששימושי הקרקע בו הם אינטנסיביים.

4.1.2 הימנעות מקיטוע

הימנעות מההשפעות האקולוגיות של קיטוע – על ידי דחיית ההצעה להעביר תשתית תחבורה בתוואי חדש (המייצר קיטוע נוסף בשטח פתוח שאין בו כיום תשתית כזו), על ידי בחירת תוואי אחר שאינו מייצר קיטוע משמעותי או על ידי שדרוג תוואי קיים – הימנעות כזו יכולה לעתים להיות הפתרון היחיד למניעת קיטוע של בתי גידול רגישים או מאוימים, במיוחד לנוכח מצב הקיטוע והאיומים המצטברים הקיימים במערכות אקולוגיות באזורים שונים בישראל.

הימנעות מהשפעות הקיטוע או שאיפה למזערן צריכות להיות בין השיקולים החשובים במהלך תכנון של תשתית תחבורה חדשה, בשדרוג של נתיבי תחבורה קיימים ובמהלך הטיפול בבעיות הכרוכות בהפעלתם. לפיכך חשוב שהעבודות ההנדסיות של תשתיות התחבורה יתואמו אף הן בכל שלבי התכנון, כך שהתכניות יפנימו את צורכי בית הגידול והמינים האמורים. גם ברמת התכנון המפורט שבהמשך התהליך התכנוני יכולים שינויים קטנים במפרט ההנדסי או בתכנון המפורט להניב תועלות ניכרות לשיפור הקישוריות (ראו פרק 7).



איור 4.2: התוויה הנמנעת מקיטוע בתי גידול לחים: הדרך המהירה A1 בשוויץ תוכננה על תוואי החוף הדרומי של אגם נוישטל. תוואי זה היה קוטע את האזור הנרחב ביותר של בתי הגידול הלחים במדינה. כדי להימנע מכך, נבחר תוואי חלופי, מרוחק מהאגם, המסומן באדום בתצלום האוויר. (הצילום מימין: V. Keller, EU)

במקרה של שדרוג תשתית קיימת **שכבר יצרה קיטוע**, גם אם הרחבה של כביש או הוספת אלמנטים הנדסיים בו עלולות להגביר את אפקט החיץ מסיבות שונות, הרי תהליך תכנון השדרוג יכול להביא גם לשיפור המצב הקיים בהוסיפו אמצעים חדשים למיתון השפעות הקיטוע. הימנעות מקיטוע יכולה אם כן להתבטא גם בכך שלא יותקן תוואי נוסף אלא ישודרג תוואי קיים שגם ייתן מענה לצורכי התחבורה וגם ימנע קיטוע נוסף.

התאמת התוואי של התשתית כך שתימנע חצייה של בתי גידול רגישים (איור 4.1 ב', איור 4.2), צמצום השטח הנלקח על ידי מסדרון הכביש או צמצום ההפרעה לבתי גידול סמוכים – כל אלה הם אמצעים שיכולים להפחית במידה ניכרת את השפעות הקיטוע, אך אינם מונעים קיטוע לחלוטין. ולכן הימנעות מקיטוע צריכה להיות העיקרון הראשון בסדר העדיפות המיושם במהלכם של:

- שלבי התכנון המתארי והתכנון המפורט, הבנייה והתחזוקה של תשתיות, ובכללם שדרוג כבישים ומסילות קיימים ואף ביטולם ופירוקם.
- תהליכי שיתוף של בעלי עניין ואיסוף מידע רלוונטי לצורך הערכה סביבתית ראשונית, הכנת מסמך נופי-אקולוגי או קביעת ההנחיות לתסקיר ההשפעה על הסביבה ובמהלך הכנת התסקיר.
- שיתוף פעולה בין רשויות, בין מוסדות ובין הארגונים הרלוונטיים המתקיים בשלבי התכנון, הביצוע, הניהול והממשק של התשתית והשטחים הפתוחים שבסביבתה.
- בחינה והערכה של תכניות פיתוח במסגרת תכנונית המחויבת לגישה משולבת רב-תחומית (אינטגרטיבית מולטי-דיסציפלינרית), שבהן מובאים בחשבון כל האינטרסים שעליהם משפיע התכנון.

4.1.3 מיתון ההשפעות השליליות

משהוחלט על חלופת התוואי מסוימת, אפשר למתן את אפקט החיץ של תשתיות תחבורה (ראו פרק 3) על ידי שימוש באמצעים שונים שמכוונים להגדיל את חדירות התשתית ומסייעים לשמר מידה מסוימת של קישוריות בנוף. כך למשל, הוספת מבנים ייעודיים למעבר בעלי חיים או התאמה של מבנים הנדסיים קיימים לצורך תפקוד זה. למגוון האמצעים שאפשר ורצוי לשלב ביניהם ראו להלן פרק 7.

בבואנו לתכנן שימוש באמצעים מסוימים או להעריך את יעילותם, חשוב לזכור כי לכל תכנית המיועדת למיתון השפעות הקיטוע יש מערך ייחודי, והוא מורכב ממיני בעלי החיים והצמחים ואופן פיזורם במרחב הספציפי, משיקולי הקישוריות של אוכלוסיותיהם, מיעדי תחבורה ומסדרי העדיפות בממשק השטחים הסובבים. לפיכך תכניות שונות זו מזו וקשה לגזור גזירה שווה או להשוות בין תכניות הנוגעות לנופים, למחוזות או לאזורים שונים ואף בין תכניות עבור שני אגני ניקוז סמוכים.

להלן שאלות מפתח שעלינו לשאול בבואנו לבחון אמצעים למיתון ההשפעות השליליות של הקיטוע:

- 1) מהי הבעיה? היכן היא ממוקמת? היכן יש למקם מעברים לבעלי חיים?
 - 2) אילו אמצעים מתאימים לפתרון בעיה זו?
 - 3) איזה תכנון מפורט מתאים למטרה זו? איך על המעברים להיראות?
 - 4) איך הם יתפקדו, איך יהיו ביצועיהם?
- לשלוש השאלות שבסעיף (1) נתייחס בפרקים 4-6; לשאלות שבסעיפים (2) ו-(3) נתייחס בעיקר בפרק 7, ואילו בפרק 9 נעסוק בשאלה שבסעיף האחרון.

4.1.4 פיצוי אקולוגי

כשאין באפשרותנו למנוע קיטוע ואין ביכולתם של האמצעים למיתון ההשפעות השליליות לפצות על אבדן בתי הגידול, על הנזק למערכת האקולוגית או על ההידרדרות האיכותית והתפקודית שנגרמה להם, אזי התגובה המתאימה יכולה להיות פיצוי אקולוגי על ידי יצירה של בית גידול דומה כדי להשיג "מינימום אבדן". מטרת התכנית ליצירת בית גידול חלופי היא לספק בית גידול אחר, מאותו הסוג ובאיכות הולמת, כדי לפצות על זה שאבד או ניזוק בשל פיתוח התשתית.

גישת הפיצוי האקולוגי מיושמת במקרים רבים בעולם עבור בתי גידול לחים, שהם, כאמור, מהרגישים ומהמאוימים ביותר, אבל בה בעת בהינתן התנאים המתאימים יכולת השיקום שלהם היא גבוהה יחסית. קיימים ספקות אם אפשר להתאים גישה זו למציאות התכנונית בארץ. להרחבה בנושא ראו סעיף 5.9.

בכל אחד מכיווני הפעולה שהזכרו – הימנעות, מיתון השפעות ופיצוי, שייתכן שכולם מיושמים במקטעים שונים של אותו הפרויקט – יש לבדוק את תפקוד האמצעים שנקטו אל מול המטרות והיעדים שאותם הם באו לשרת. בדיקה זו חשובה כדי לוודא שהאמצעים שישמשו אכן מתאימים לסטנדרטים של התכנון והאיכות שהוגדרו, וכדי לבחון אם הם אכן מתפקדים באופן הרצוי או אם יש צורך ואפשרות לשפרם. ניטור הוא הדרך היחידה שבאמצעותה אפשר לבדוק אם התכנון אכן ענה לצרכים שהוגדרו. זאת ועוד, ללא שימוש בו אין אפשרות לשכלל את מטרות התכנון בנוגע למזעור הקיטוע ולא לדייקן עבור פרויקטים נוספים בעתיד. בעניין הניטור, מטרותיו, בחינת הצורך בו ומגבלותיו ראו הרחבה בפרק 9, וכן התייחסויות בפרקים 5-8.

4.2 החשיבות בראייה תכנונית מוקדמת למניעת הקיטוע של בתי גידול

כפי שצוין, בפיתוח תשתיות חדשות מציאת התוואי האופטימלי של כבישים בנוף יכולה למזער הן קונפליקטים בין צרכים שונים והן את הצורך באמצעים למיתון ההשפעות, למשל מעברים לבעלי חיים. הדבר מצריך מעורבות של מומחיות אקולוגית החל בשלבים המוקדמים של התכנון ובמהלכו.

במקומות שבהם נדרש למתן את ההשפעות השליליות של הקיטוע, מיתון ההשפעות צריך להיות חלק בלתי נפרד מהתהליך הכולל של התכנון המתארי והמפורט שבו מובאים בחשבון כל ההיבטים האחרים החשובים לתכנון הכביש. לפיכך, את השפעות הקיטוע על הטבע ואת הצורך לפותרן יש לבחון מנקודת מבט רחבה שמביאה בחשבון אילוצים הנדסיים, עלויות, נוף, מסורת תרבותית, נופש ופנאי, חקלאות וייעור.

מעורבות מוקדמת של תושבי האזור, מודעות ציבורית לפרויקט וכן שיתוף פעולה עם טווח של ארגונים המייצגים אינטרסים של השטחים הפתוחים ושל המרחב הכפרי הם פעולות חשובות בתכנון תוואים חדשים. ואמנם, הניסיון בעולם ובארץ הראה ששיתוף פעולה כן בשלב מוקדם של התהליך מסייע להידברות, והידברות הופכת לעתים חיונית במהלך התכנון: היא מגשרת בין בעלי עניין שונים כשמתגלעים קונפליקטים וניגוד אינטרסים לגבי חלופות הקשורות לקיטוע ולמזעורו, ומאפשרת לצדדים להגיע לא רק לפתרונות מוסכמים, אלא לפתרונות הטובים ביותר האפשריים. שיתוף פעולה מסייע אף להשגת מידע מקומי עדכני שאינו זמין למתכננים ולאקולוגים.

כאשר מעריכים בשלב מוקדם מאוד בתהליך התכנון את מידת הקיטוע או את אפקט החיץ הצפויים, הדבר יכול אף לחסוך עלויות באופן ניכר. אמצעים למיתון ההשפעות השליליות יהיו קרוב לוודאי לא רק יעילים יותר אם ישולבו בשלב מוקדם של התכנון אלא אף זולים יותר מאמצעים שייבנו לאחר פיתוח התשתית. אמצעים מיוחדים יכולים להידרש במרחבים עירוניים ברובם, שבהם רמת האיומים המצטברים על המערכות האקולוגיות שנתרו היא גבוהה מלכתחילה ושטחי הטבע שנתרו בהם מקוטעים באופן חמור.

4.3 פתרונות משולבים

אחד האתגרים החשובים שלפנינו הוא פיתוח פתרונות משולבים (אינטגרטיביים) לתכנון כבישים. הדבר מחייב ידע על האופן שבו יש לתכנן נתיבי תחבורה כדי למזער השפעות שונות שלהם בתוך מסגרת האילוצים הכספיים וההנדסיים. חשוב שתהליך הגיבוש וההערכה של תשתית חדשה יתמקד יותר ויותר בפתרונות משולבים ושייעשה ניסיון למצוא תוואי ותכנון מפורט שיחדיו יניבו את מכלול ההשפעות השליליות הנמוך ביותר ואת התועלת הגדולה ביותר למספר הגדול ביותר של אינטרסים; באינטרסים אלה חשוב לכלול גם ראייה סביבתית רחבה של רשת התחבורה החותרת לקיימות בתחום מבחינה כלכלית, חברתית ואקולוגית. הדבר דורש מאיתנו גם חשיבה פתוחה ויצירתית תוך שיתוף פעולה בין-תחומי, שיניבו רעיונות שהם מעל לרמת הפתרון הטכני: נראה שרק כך אפשר להתמודד עם הבעיות הסביבתיות הסבוכות כיום ובעתיד.

פתרונות משולבים כאלה עשויים לכלול צירופים מגוונים של הימנעות, מיתון השפעות ואמצעי פיצוי אקולוגי. תהליך האינטגרציה קשה במיוחד באזורים גאוגרפיים שהלחצים והביקושים לקרקע ולשימושיה גבוהים בהם מאוד, כמו במישור החוף ובעמקים אחדים. אזורים אלה (שכבר כיום הם כפופים ללחצי פיתוח, לבנייה, לחקלאות ולניקוז טבעי) מקוטעים לרצועות ולמשבצות על ידי כבישים ומסילות ברזל, ולקיטוע זה השפעות שליליות על מרבית האינטרסים.

אפשר להתבונן בפתרונות המשולבים לתכנון תשתיות בקני-מידה אחדים – ברמת האזור, ברמת הנוף וברמת האתר. במהלך הערכה סביבתית ראשונית או במהלך תסקיר השפעה על הסביבה חשוב לבחון את האמצעים למיתון ההשפעות השליליות בכל אחת מהרמות הללו.

- **ברמת האזור** – החלופות לתוואי מגובשות באופן ראשוני בהתאם לטופוגרפיה, לגאולוגיה, לפני הקרקע ולניקוז, וכן בהתאם לתשתיות שכבר קיימות ולדפוסי ההתיישבות במרחב. ברמה זו נבדקת, לצד השפעתו של פרויקט מסוים, גם ההשפעה הכוללת של רשת תשתיות התחבורה על המערכות האקולוגיות במרחב ועל מרכיביהן.
- **ברמת הנוף** – התוואי של מקטעים מסוימים מתשתית תחבורה אמורה מתוכנן כדי להימנע מקונפליקטים חמורים. ברמה זו מובאים בחשבון זה לצד זה שימושי הקרקע, הנוף, הטבע, התרבות ואינטרסים אחרים. מבנה הנוף ובתי הגידול הקיימים בו יקבעו את מידת ההשפעה של פיתוח התשתית על בתי הגידול ועל המערכות האקולוגיות.
- **ברמת האתר** – פתרונות הנדסיים ספציפיים מתוכננים כדי לענות על הדרישות להתאים את הכביש לפני השטח ולמזער את ההשפעות האפשריות. את הפרמטרים לתכנון המפורט מגדירים אילוצים פיזיים והנדסיים.

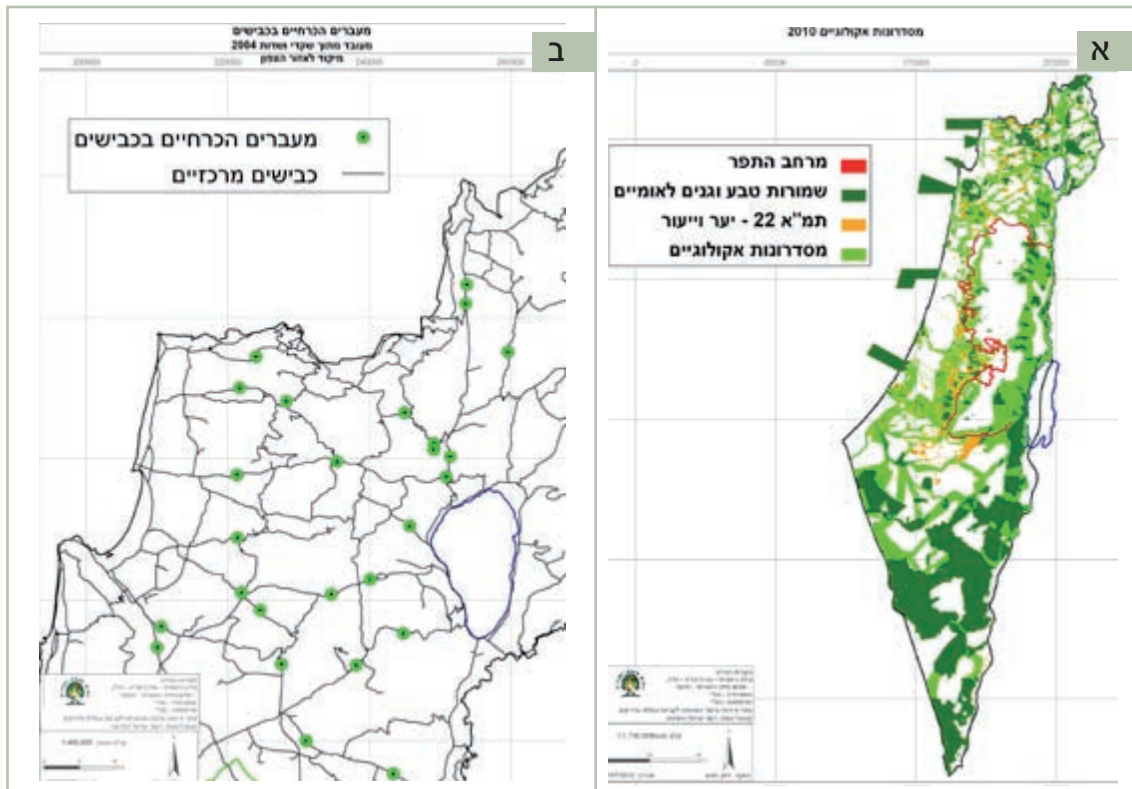
4.4 החשיבות בראייה תכנונית מערכתית

שתי גישות כלליות משמשות להתייחסות לסוגיות הקישוריות: גישה הנוגעת לרמת הפרויקט (project-level) וגישה הנוגעת לרמה המערכתית (system/landscape-level approach). גישות אלה מאמצות שני קני מידה שונים של תכנון קישוריות בתי גידול, והן כוללות דרכים שונות לשלב אמצעים לצמצום השפעות הכביש על אוכלוסיות בעלי חיים, על בתי גידול ועל המערכות האקולוגיות. רמת הפרויקט היא לרוב הגישה השכיחה יותר, אם כי במדינות שונות מתפתחות בשנים האחרונות גישות מערכתיות הבוחנות את הנושא בקנה מידה תכנוני אזורי, לאומי ואף בין-לאומי.

4.4.1 רמת הפרויקט

פעילות למזעור השפעות כבישים למטרות שמירת טבע היא כלכלית ביותר כשהיא נעשית במהלך בניית כבישים או שדרוגם. המימון להתקנת מעברים לבעלי חיים, למשל, יבוא לרוב מתוך התקציב המוקצה לפרויקט ספציפי, הבא לענות על יעדי תחבורה שונים.

הגישה לשיפור הקישוריות ברמת הפרויקט עוסקת בגורמים ישירים – אלה שבתחום מסדרון התנועה ולעתים גם בתחום השטחים הסובבים אותו. אולם יש חשש שמיקוד ההתבוננות ברמת הפרויקט עלול שלא להתחשב באופן שבו מעברים לבעלי חיים ומעברי רצף אקולוגיים משתלבים בתמונה המרחבית הגדולה יותר, ברשת מסדרונות התנועה האזורית של בעלי החיים ובדפוסי שימושי הקרקע ופעילות האדם במרחב. יש להקפיד שמעברים אלה לא יובילו ל"דרך ללא מוצא" אקולוגית, שבה אין לבעלי החיים לאן לנוע, אלא יתחברו לרשת קישוריות ולפסיפס המורכב של בתי הגידול ברמת הנוף והאזור ויאפשרו:



איור 4.3: מסדרונות אקולוגיים ו"צווארי בקבוק" שהוגדרו וזוהו על ידי רשות הטבע והגנים ברמה הארצית: (א) מסדרונות אקולוגיים, גרסה מעודכנת משנת 2010 הכוללת את מכשול מרחב התפר; (ב) "צווארי בקבוק" למעבר כבישים (מיקוד לאזור הצפון). (מקור: דותן רותם, רט"ג)

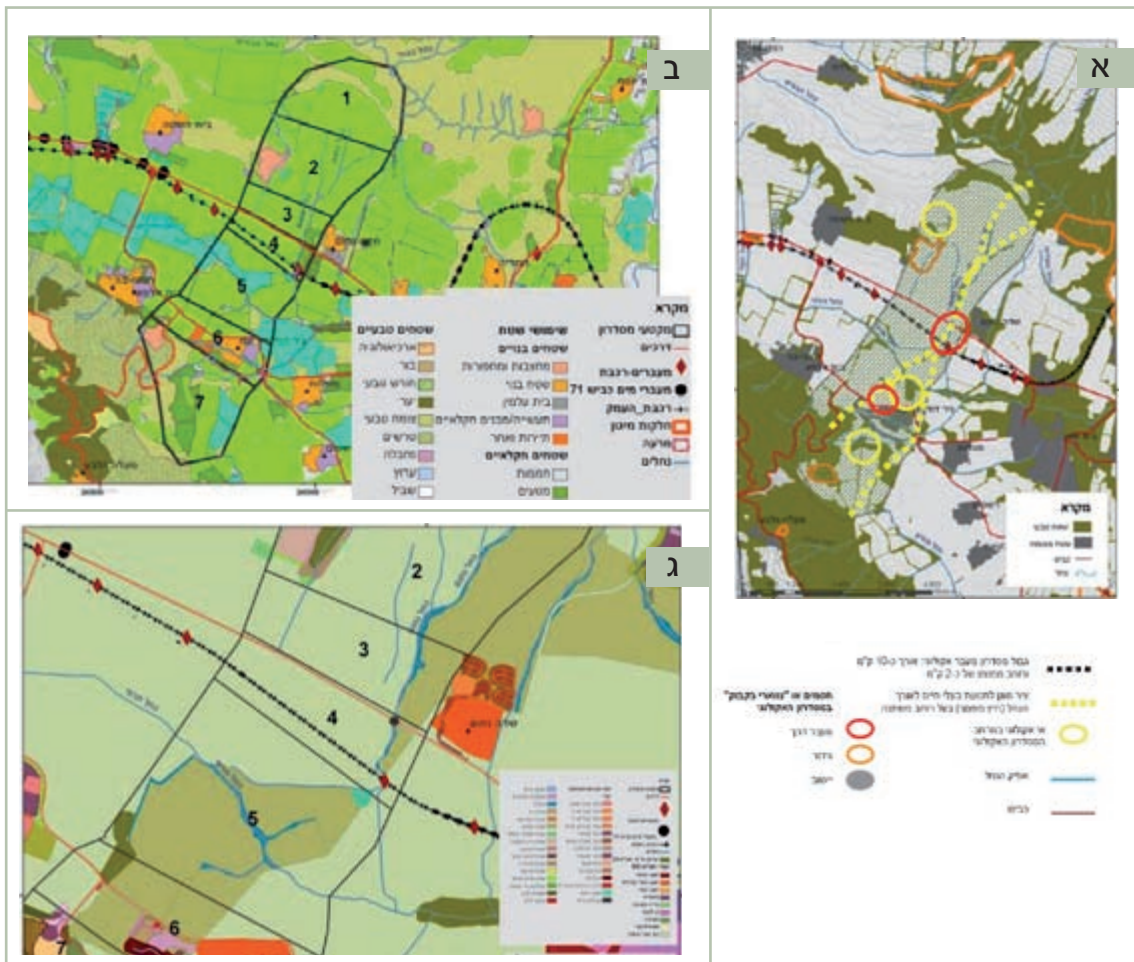
- (א) תנועה של בעלי החיים המאפשרת לקיים הן תפוצה והתפזרות של צעירים והן תנועה עונתית ספציפית, ובכך מספקת את צורכיהם היומיים ואת צורכיהם לאורך תקופת חייהם;
- (ב) תנועה משופרת והפצה של צמחים במרחב, המסתייעת בעיקר בקיום רצף והמשכיות של קרקע;
- (ג) זרימה של חומרים ושל אנרגיה במערכת האקולוגית לצורך תפקודה הנאות.
- הדבר מצריך לכלול בתהליך התכנון הן שיקולים בקנה מידה מרחבי גדול יותר והן צפי לעתיד באשר לשינויים בשימוש הקרקע (ראו בסעיף 4.5).

4.4.2 הרמה המערכתית או הנופית

הצורך במעברי רצף ובמעברים לבעלי חיים יכול להיגזר מתהליך ניתוח ברמה מערכתית של ממשק תחבורה, למשל מהגדרה מרחבית של מסדרונות אקולוגיים ושל "צווארי בקבוק" אפשריים או מאפיון סדרי עדיפות אף על פני שטח נרחב יותר, ברמה אזונית או ארצית. במקום לזהות מיקום ראוי למעברים (מתוך נתונים על דריסות או על תנועת בעלי חיים ביחידת שטח קטנה), הגישה המערכתית מזהה אילו מקטעים של כבישים מהירים ושל דרכים ראשיות מצריכים אמצעים למיתון השפעותיהם כיוון שהם ב"צווארי בקבוק" בנקודות קיטוע של מסדרונות אקולוגיים ראשיים. בהתבסס הן על מידע כללי ברמה העקרונית והן על מידע שהוא ספציפי למקום ונאסף בשטח הגישה מעריכה גם עד כמה אינטנסיביים אמצעים אלה צריכים להיות (כגון את מגוון האמצעים הנדרשים ואת צפיפותם).

בישראל ערכה רשות הטבע והגנים מיפוי ארצי של מסדרונות אקולוגיים ברמה הארצית העקרונית. המיפוי הוא תאורטי, והוא מתבסס בעיקר על מיקום של שטחי שמורות טבע גדולות ויערות וניסיון לקשר ביניהם (איור 4.3א). מהשוואה של תפרוסת המסדרונות הללו לתפרוסת הכבישים אופיינו "צווארי בקבוק" למעבר כבישים (איור 4.3ב), והוחלט על סדר עדיפות לטיפול בהם. עבודה זו דורשת עדיין עידון ושכלול ברמה האזורית והמקומית ואימות ואישוש באמצעות מידע אמפירי רב יותר שייאסף מהשטח.

4



איור 4.4: חלופות ליצירת מסדרון אקולוגי בין רמת צבאים לגלבע:

(א) פירוט מרכיבי מסדרון המעבר באזור החלופה המוצעת; (ב) תיאור מקטעי מסדרון המעבר האקולוגי. בחינת יעודי קרקע במקטעים 4-5 של החלופה המוצעת; (ג) מצב מתוכנן. (מקור: קפלן וויטמן 2010)

מתוך מידע מתאים ובאמצעות הערכה נופית של צורכי קישוריות הנעשית ברמה האזורית אפשר לזהות אזורי מפתח לקישוריות של בתי הגידול או אזורים חשובים לקישוריות הנחצים על ידי מסדרונות תחבורה. גישה זו עשויה להיראות כהיפוכה של הגישה ממוקדת הפרויקט או מסדרון התנועה. היא מאפשרת לקבוע קישורים ומיקומים פוטנציאליים למעברים לבעלי חיים וסדרי עדיפות לתכנונם ולביצועם בהסתמך על צפי ותכנון תחבורה לעתיד ועל קריטריונים אקולוגיים, ואף להכין תכניות אסטרטגיות למיתון השפעות התחבורה ברמה האזורית או ברמת המערכות האקולוגיות. חשוב לכלול בקריטריונים האקולוגיים גם שיקולים הנוגעים לשינויים שיכולים לחול בעתיד, למשל בגלל שינויים במשטר האקלים (ראו גם בסעיף 4.5).

דוגמה לעבודה ברמה האזורית שנעשתה לאחרונה בישראל עבור רשות הטבע והגנים (איור 4.4) היא קומפילציה של מידע לגבי אזור רמת צבאים-עמק חרוד-גלבוע, וההמלצה למקם באזור מסדרון מעבר. בעבודה האמורה נאסף מידע מורפולוגי וסטטוטורי, מידע על שימושי שטח, על חקלאות ועל מרחבים טבעיים, מופו מחסומים כמו גדרות ותשתיות, ונאסף מידע על צמחים ובעלי חיים, על דריסות בעלי חיים בכביש ועל תנועתם באזור (למשל, שימוש בנחל נחום כמסדרון טבעי והמידה שבה מתקרבים בעלי החיים לאזור המיועד למעבר). כן נבחנו חלופות אחדות למיקום מסדרון מעבר אקולוגי.

יש יתרונות רבים לעריכת ניתוח ברמה המערכתית. קיום תהליך תכנוני פורמאלי בקנה מידה נרחב מאפשר להתייחס לסוגיות שמעסיקות בעלי עניין שונים, לקבוע סדרי עדיפות לפעילותם של גופים ממשלתיים שונים, להגדיר את פעילותם המשולבת ואת תחומי אחריותם, ולכלול בתהליך שיקולים בדבר דפוסים ותהליכים ברמת הנוף ושיקולים של שינויי אקלים. מהלך כזה יכול גם לסייע לוודא שתכנון ברמת פרויקט יביא בחשבון את צורכי הרשת האקולוגית הנרחבת יותר, ברמה האזורית. גישה זו יושמה באירופה, והיא חוזרת בהדרגה גם לצפון אמריקה (למשל התכנית Eco-Logical בארצות הברית, שאימצה גישה תכנונית בקנה מידה נרחב, ברמה הפדראלית, או אפיון אזורים החשובים לקישוריות במדינת אריזונה - ראו במסגרת).

בארצות הברית ובחלק ממדינות אירופה מקובל לערוך הערכה סביבתית אסטרטגית (SEA - Strategic Environmental Assessment) בשלב ראשוני של תכנון תכניות מחוזיות ופרוגרמות. תהליך זה מאופיין בנוהלי תכנון ומטרתו בין היתר היא לוודא ששיקולים סביבתיים מובאים בחשבון בפיתוח מדיניות תכנון בקנה מידה נרחב. בישראל מקובל לבצע ברמות תכנון כאלה הערכה סביבתית שהגדרותיה אינן פורמאליות. יש מקום לקדם גם בישראל הכנת תסקירים אסטרטגיים: אלה מאפשרים להרחיב את המסגרת התסקירית על מנת שיהיה אפשר להתייחס לאתגרים ברמה הלאומית והאזורית, ולשלב בהתייחסות זו עניינים שטרם זכו לתשומת לב מספקת, כמו צפי לשינויים בטווח הארוך.

4.5 החשיבות בראייה תכנונית לטווח ארוך

אורך החיים של הפתרונות המסייעים להימנעות מקיטוע ושל אמצעים למיתון ההשפעות ולפיצוי אקולוגי הוא קריטי, ומשיקולי עלות-תועלת יש לתכנן אמצעי מיתון ולבצעם כך שישדרו לזמן רב כמו התשתית עצמה (ראו גם בסעיף 5.7.4). בשיקולים לטווח הארוך יש לכלול שיקולים ארוכי-טווח של תכנון מרחבי ומידע רב ככל האפשר על ייעודי הקרקע ושימושי הקרקע, ולעגן את התכנון במידת האפשר בהסכמות ובממשק המתאימים, כך שבפועל תתאפשר התנהלות התואמת לתכנון.

כל אופני ההתנהלות האלה לטווח הארוך משקפים את הידע והתכנון העכשוויים שלנו לגבי הצפוי בעתיד. בנוסף להם, חשוב ביותר להביא בחשבון גם תחזיות סביבתיות נוספות הנוגעות למצבם בעתיד של מינים, של בתי גידול ושל מערכות אקולוגיות כדוגמת השינויים הצפויים באזורנו בעקבות שינויי האקלים. מטבען תחזיות אלה אינן מדויקות ונחרצות כמו יעדי תכנון מוסדיים: הן מגדירות לרוב כיוונים כלליים בלבד, וקיים בהן מרכיב גדול של חוסר ודאות. אף על פי כן חשוב ביותר לכלול גם אותן במערך השיקולים: השינויים הצפויים בעתיד כוללים שינויים באזורי התפוצה של מינים ובפיזורם המרחבי לצד שינויים בשימושי הקרקע בגלל שינויי האקלים ולצד קיטוע גובר והולך החובר לפעילות אנושית אחרת בעוצמה גדולה יותר בשטחים שנתרו. שילוב זה צפוי לצמצם את אפשרויות התגובה של מיני צמחים ובעלי חיים בהקטינו את האפשרויות לפיזור ותפוצה.

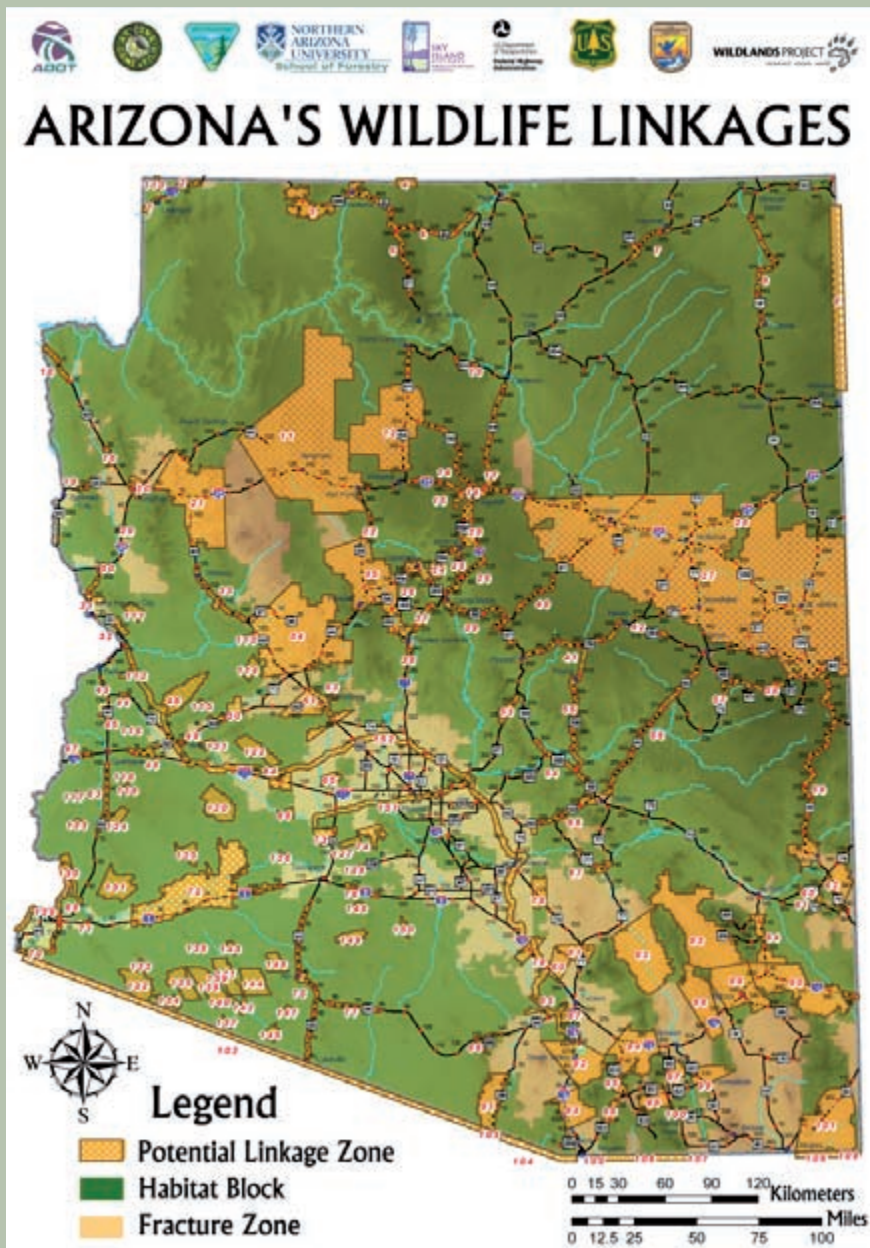
מכל האמור עולה תחזית לשינויים בעומס המצטבר של עקות שחווים אוכלוסיות ומינים ולכן גם שינויים ברגישותם לעקות נוספות, ומתוך כך ייתכנו שינויים במערך יחסי הגומלין ובמערך התפקודי של המערכות האקולוגיות. לכן חשוב ביותר שתכנון שמירת הטבע והמגוון הביולוגי יוכל להרחיב את טווח האפשרויות העומד בפני מינים ואוכלוסיות המושפעים משינויי אקלים ומקיטוע ויקל עליהם להגיב לשינויים, להרחיב את תחומי תפוצתם ולשנותם, ולהתאים את עצמם לתנאים המשתנים. מעברים לבעלי חיים הם דוגמה לאמצעים ישימים שגופים ממשלתיים יכולים לשלב בתכנון הארצי או האזורי ובתסריטים של תכנון מערכתית כחלק מההיערכות ומההתאמות הנדרשות לעתיד.

במדינת אריזונה רשויות ממשלתיות חברו לארגונים מהמגזר הפרטי לצורך תהליך של מיפוי אזורים החשובים לקישוריות וקביעת סדרי עדיפות בתכנון ובטיפול בהם. בתהליך שכלל ארבע סדנאות מרובות משתתפים, איסוף מידע רב ומגוון ותהליכי ניתוח ממ"ג היו שותפים ביולוגים, מהנדסים, אנשי ממשק מרשויות לאומיות ופדרליות, חוקרים מאוניברסיטאות, אנשי מקצוע מחברות מייעצות ונציגים מארגוני שמירת הטבע (מהמגזר הפרטי).

צוותי עבודה שהורכבו מנציגי כל הקבוצות הללו התייחסו לאזורים גאוגרפיים ספציפיים וזיהו בהם בתי גידול, מינים ייחודיים, דפוסי התנהגות וצרכים של בעלי חיים, אזורים פוטנציאליים לקישור, איזמים על מרכיבי המגוון הביולוגי או על הקישוריות בהווה או בעתיד והזדמנויות לשמירת הטבע.

בתהליך זוהו למעלה מ-150 אזורים פוטנציאליים לקישור (Potential Linkage Zone), ולגבי כל אחד מהם תועדו הן הבעלויות על הקרקע והן האיזמים הצפויים על הקישוריות במרחב.

אתרים פוטנציאליים אלה סודרו בסדר עדיפות שנבנה על פי הקריטריונים: איזמים שיש להם חשיבות ביולוגית (קיימים וצפויים) והזדמנויות לשמירת הטבע, אפשרויות לשיקום וציון מידת העוצמה של אפקט החיץ. לצורך קביעת החשיבות הביולוגית נבנה דירוג איכותי (ניקוד) שבו הובאו בחשבון הפרמטרים: גודל בית הגידול ואיכותו (בכתמי בתי גידול שהוגדרו), היכולת של אזורי הקישור לתמוך במינים בעלי חשיבות מיוחדת לשימור, נוכחות של בתי גידול לחים וקיומה של נדידה עונתית. ניקוד זה משקף גם את עוצמת החיץ של כבישים ומסילות ברזל, של תעלות ושל גושים עירוניים. אחד התוצרים הוא מיפוי ממ"ג המציג את כל המידע הרב-שכבתי שנאסף (ראו מפה).



דוגמה לתוצר בתהליך מיפוי רב-משתתפים מבוסס מידע והערכות מומחה שנערך באריזונה

מבעיה לפתרון: כלי תכנון

תכנון למניעת קיטוע ולצמצומו	5.1
ההליך התסקירי ככלי תכנון	5.2
הערכה של השפעת הקיטוע הנגרם מתשתית תחבורה חדשה	5.3
קיטוע על ידי תשתיות תחבורה קיימות	5.4
שדרוג תשתיות תחבורה	5.5
עלות ותועלת	5.6
פיצוי אקולוגי	5.7

פרק זה עוסק בדרכים שונות שבהן ניתן למנוע קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה ולמזערן, בהתאם לשלבים השונים של תהליך התכנון. כמו כן נידונים בפרק הקריטריונים המשמשים לזהות נקודות קונפליקט קיימות ואפשרויות בין פיתוח תשתיות תחבורה והפעלתן לבין היכולת להגן על מערכות אקולוגיות.

5.1 תכנון למניעת קיטוע ולצמצומו

תכנון סביבתי ראוי מבוסס על ראייה משולבת ורב-תחומית של נושאים סביבתיים שונים. נושאים אלה באים לידי ביטוי בתכנון של שימושי הקרקע בוועדות התכנון והבנייה ברמות השונות, וכן בהטמעת תפיסות סביבתיות במדיניות הממשלה וברשויות המקומיות. בפרק 4 הצגנו דרכים להתמודדות עם סוגיית הקיטוע ברמה מערכתית (system/landscape-level approaches) וברמת הפרויקט. פרק זה מתמקד בעיקר ברמת הפרויקט.

כשמתכננים למזער קיטוע, יש להתחשב בקווים המנחים שלהלן:

- הכללה מלאה של סוגיות הקיטוע בבחינה מקדימה ובתסקיר השפעה על הסביבה מניבה את הבסיס האפקטיבי ביותר לקבלת החלטות, לבחינת חלופות התואי ולפרטי התכנון.
- לתכנון מיטבי של מזעור הקיטוע הנגרם על ידי תשתיות חדשות וקיימות כאחת נדרש מידע סביבתי ואקולוגי מקיף.
- בתהליך שדרוג כבישים קיימים רצוי לערוך תסקיר השפעה על הסביבה בדומה לזה המשמש בתכנון כבישים חדשים ובהתאמות המתבקשות מהעובדה שכבר קיים תוואי פעיל.
- את ניתוחי העלות-תועלת המתבססים על חישובים כספיים אפשר להשלים בעזרת ניתוח של תועלות לא-כספיות, זאת לשם הערכה יסודית של ההשקעות ושל השלכותיהן.

5

טבלה 5.1: הפעילות שאפשר ושחשוב לנקוט בשלבים שונים של פרויקט למניעה ולמזעור של השפעות שליליות של תשתיות תחבורה על מערכות אקולוגיות, ובמיוחד על בעלי חיים ובתי גידולם

שלב הפרויקט	אפיון הפעולות שחשוב לנקוט למזעור ההשפעות השליליות
תכנון מקדמי/ראשוני	<p>הערכה סביבתית מקדמית</p> <ul style="list-style-type: none"> • בחינה של חלופות תואי אחדות, שונות מהותית זו מזו, לרבות "חלופת האפס" (= אי-ביצוע הפרויקט) • בחירת החלופה של התוואי שיש לו ההשפעה הסביבתית השלילית הפחותה ביותר
שלב התכנון לקראת אישור במוסד התכנון	<p>תסקיר השפעה על סביבה</p> <ul style="list-style-type: none"> • בחינה מעמיקה של החלופה הנבחרת • הגדרת טיפולוגיה של סוגי המעברים הנדרשים ומיקומם • הגדרת אמצעים אחרים להגנה על בעלי חיים ועל בתי גידולם • התוויית הנחיות תכנון לפיקוח על הביצוע, לתחזוקה של האמצעים ולניטור סביבתי הכולל מעקב והערכה של יעילות האמצעים
תכנון מפורט	<ul style="list-style-type: none"> • איסוף מידע נוסף לצורך תכנון מפורט לביצוע האמצעים למיתון השפעות הקיטוע
ביצוע	<p>תכנית מעקב סביבתי</p> <ul style="list-style-type: none"> • בקרה שמטרתה לוודא שהאמצעים למיתון השפעות הקיטוע מבוצעים בהתאם להנחיות התכנון, ובמקרה הצורך כדי ליזום שינוי בתכנון לצורך התאמה טובה יותר לתנאי השטח ולאילוצים במהלך הביצוע • יישום אמצעים למניעת השפעות סביבתיות שליליות הכרוכות בעבודות הביצוע
תפעול	<p>(1) תחזוקה של האמצעים</p> <ul style="list-style-type: none"> • תכנית למעקב ולהערכה של יעילות האמצעים <p>(2) תכנון של אמצעי תיקון וביצועם</p> <ul style="list-style-type: none"> • כדי לוודא תפקוד של האמצעים או לשפר את יעילותם

טבלה 5.1 מציגה את הפעולות שאפשר לנקוט במהלך כל שלבי החיים של פרויקט תשתית כלשהו למניעת ההשפעות השליליות של הקיטוע ולמזעורן.

פרק זה פותח באפשרות להשתמש בהליך התסקירי ככלי תכנון. שימוש בהליך כזה או בהליך דומה, לפי הנחיות היועץ הסביבתי, החל בשלבים הראשוניים של הפרויקט מבטיח ששיקולים סביבתיים ובכללם סוגיית הקיטוע יובאו בחשבון כבר בשלב מוקדם של התהליך (סעיף 5.2). במדינות אחדות נערכים גם תסקירי השפעה על הסביבה אסטרטגיים בתהליכי הכנת פרוגרמות ותכניות אב (ראו סעיף 4.4).

חשוב למזער קיטוע של בתי גידול הן בתכנון תשתיות תחבורה חדשות (סעיף 5.3), הן בהתמודדות עם המצב שיוצרת תשתית תחבורה קיימת (סעיף 5.4), והן בשדרוג תשתיות קיימות (סעיף 5.5). לעומת קיטוע בבניית תשתיות חדשות, ענייני קיטוע הנוגעים לתשתיות תחבורה קיימות שונים במידה מסוימת, שכן בשלב התכנון המתארי והמפורט של מרביתן לא הובאו בחשבון אמצעים למיתון ההשפעות השליליות. במקרים כאלה ייתכן שהקיטוע שנגרם על ידי התשתית הקיימת השפיע זה מכבר על האזור, ומעבר לכך, ייתכן שכבר הופיעו גורמי קיטוע נוספים שאולי לא נחזו בתקופת התכנון, ולכן הערכה מחדשת עשויה להידרש אם ההערכות שנעשו במקור אינן רלוונטיות עוד (סעיף 5.5).

בבניית תוואי חדש מידה מסוימת של קיטוע היא בלתי נמנעת. לכן יש לשלב בתכנון אמצעים למיתון ההשפעות השליליות של הקיטוע ולהתחשב בהם כדי להבטיח את חדירות התשתית במיוחד במסדרונות תפוצה (dispersal corridors) ובשטחים של בתי גידול בעלי עדיפות לשימור. במצבים שבהם התשתית חוצה שטחים רגישים במיוחד או שהאמצעים למיתון ההשפעות אינם מספקים או אינם אפשריים, במדינות אחדות נשקל שימוש באמצעים לפיצוי אקולוגי (ראו סעיף 5.7 ונספח 10.4). על שיקולי עלות-תועלת הנערכים במסגרת הפרויקט לכלול גם תועלות ועלויות ציבוריות שקשה לכמתן, ועליהם להתחשב גם באורך החיים של הפתרונות המוצעים לעומת אורך החיים הכולל שמתוכנן לפרויקט (סעיף 5.6). כלים נוספים לתכנון ולביצוע מובאים בפרקים 6 ו-7.

5.2 ההליך התסקירי ככלי תכנון

תסקיר ההשפעה על הסביבה משמש מסמך בסיסי במהלך שלב התכנון המוקדם עד לאישור התכנית. המלצותיו המוטמעות בהוראות התכנית מהוות בסיס לתכנון המפורט, וממשות גם נקודת התייחסות משותפת לניהול תקשורת. הליך התסקירי תפקידים אחדים: מטרתו העיקרית היא לזהות השפעות סביבתיות אפשריות, למזער השפעות שליליות ככל הניתן, ולתכנן את האמצעים הנדרשים למיתון השפעות אלה לפני שמתקבלת ההחלטה על יישום התכנית. הליך התסקירי יכול להניב תועלת בהיבטים מרובים ולהוות הן כלי תכנון והן אמצעי לבקרה, לשקיפות ותקשורת, ולקבלת החלטות. המונח **הליך תסקירי** מדגיש בחינה מתמשכת התואמת את שלבי התכנון. התהליך מוודא שתיעשה הערכה מפורטת של השפעות סביבתיות שליליות וחיוניות הקשורות לטווח של פתרונות חלופיים, והערכה זאת מלווה בהמלצות לאמצעים הנדרשים למזעור ההשפעות הסביבתיות הנלוות או לפיצוי עליהן.

מטרה נוספת של ההליך התסקירי היא לאפשר בחינה ציבורית של פרויקט והתייעצות לגביו לפני אישורו ולפני תחילת כל תהליך בנייה. בשלב זה – לפני שמתקבלת החלטה סופית על יישום – יכולים גורמים שונים, בהם הרשויות הרלוונטיות, בעלי עניין, ארגונים לא ממשלתיים והציבור הרחב להעיר על התכניות ולהשפיע על הפרויקט. התייעצות לא רשמית עם הגופים הירוקים בתהליך התכנון יכולה לתרום רבות למזעור קונפליקטים, ליעול תהליך התכנון ולקיצורו.

במרוצת השנים הפך ההליך התסקירי גם בישראל להליך ולכלי של תכנון סביבתי. בעקבות תיקון 37 לחוק התכנון והבנייה כולל התהליך התכנוני של מרבית הפרויקטים להקמת תשתיות גם הכנה של תסקיר השפעה על הסביבה הבוחן את התכנית הספציפית.

5.2.1 שלביות ההליך התסקירי

הן העיתוי והן שלבי ההכנה של התסקיר חשובים מאוד להפקת תוצר תכנוני טוב יותר המאפשר להתחשב במלוא השיקולים הסביבתיים ובכללם גם בבעיית הקיטוע של בתי גידול. בישראל אין כללים ברורים ואחידים לעריכת בחינה סביבתית מקדמית (או בחינה סביבתית בלתי פורמלית בשלב הטרם-תסקיר) לפני השלב הרשמי של הכנת ההנחיות לתסקיר במוסד התכנון. עם זאת, בארגונים גדולים (כמו החברה הלאומית לדרכים וחברת החשמל, חברת כביש חוצה ישראל או רכבת ישראל) משולבת בחינה סביבתית בשלבים ראשוניים של התהליך, והיא כוללת, עוד בטרם ההליך הסטטוטורי, גם בחינה ראשונית של חלופות הנערכת בגישה מרחיבה ככלי תכנוני (שלב שיפוט 1 בחברה הלאומית לדרכים) בהתאם להנחיות ולמגדירי משימות שפותחו על ידי הארגון. בתום שלב זה מגובשת התכנית המוגשת לוועדת התכנון.

במקרים מסוימים מתרחב השימוש בתסקיר ככלי לבחינת חלופות למיקומו של הפרויקט הנדון, ואז נדרש פיצול התסקיר לשני שלבים – השלב הראשון, הכולל את פרקים א' ו'ב' של התסקיר, מתאר את המצב הקיים, בוחן חלופות ומניב

החלטה לגבי החלופה הנבחרת; השלב השני כולל את פרקים ג'-ה', הבוחנים ביתר פירוט את החלופה שנבחרה בשלב הראשון, מעריכים את ההשפעות החזיות של התכנית, ומציעים אמצעים למניעת השפעות שליליות הנובעות מהתכנית או למזעורן ולמיתונן, לעתים תוך עדכון ההנחיות והתאמתן למידע על הקונפליקטים הסביבתיים הצפויים.

5.2.2 ההנחיות לתסקיר ההשפעה על הסביבה

למעט הוראות כלליות לגבי מבנה התסקיר ותוכנו אין כיום כללים פורמליים המפרטים את הנושאים שיש לכלול בהנחיות לתסקיר בהתאם לסוג הפרויקט והיקפו. בפועל מתבססים עורכי ההנחיות על הנחיות שניתנו בעבר לפרויקטים דומים, וקיימים הבדלים בין הנחיות לפרויקטים דומים במחוזות שונים. גם קביעת התיחום הגאוגרפי של הסביבה והנושאים הרלוונטיים הם בידי היועץ הסביבתי לתכנית.

- רצוי לכלול בתסקיר תיאור מלא של המתודולוגיה ושל המידע ששימשו לצורך ההערכה, לרבות ציון של חלקים מההערכה שלגביהם חסר מידע. הדבר חשוב במיוחד בבחינת נושא הקיטוע, שלגביו אין מתודולוגיה מקובלת וסדורה.

5.2.3 בחינת חלופות

פרק ב' בתסקיר, הן בחלופות, הוא אחד החשובים שבו; מסקנתו מעצבת את שלד התכנית, והוא המייחד את התסקיר ממסמך סביבתי אחר.

ההנחיות לבחינת החלופות הכלולות בפרק ב' של התסקיר ניתנות על ידי היועץ הסביבתי של מוסד התכנון. הנחיות אלה יכולות לפרט את החלופות שייבחנו או להשאיר זאת לשיקול המתכנן או היזם. בחינת החלופות יכולה להידרש ברמת המקור (בחירה במסדרון תכנוני אחד מתוך כמה חלופות מוצעות) או ברמת המיקרו (חלופות בתוך אותו מסדרון תכנוני). ההנחיות שבפרקים ג'-ה' של התסקיר מתייחסות למעשה למסדרון תכנוני או לתשריט דרך מוגדר (שהתפיסה התכנונית שלהם זכתה להסכמה בלתי פורמלית של גורמי התכנון), ולרוב לחלופה שהציע היזם כחלופה מועדפת. יש לציין כי אין הכרח שבחינת חלופות בהיבטים סביבתיים תתבצע רק במסגרת הפורמלית של תסקיר ההשפעה. כמו כן יש לציין כי מחובתו של מוסד התכנון לבחון חלופות בראייה רחבה, הכוללת למשל גם היבטים כלכליים, הנדסיים, חברתיים וביטחוניים.

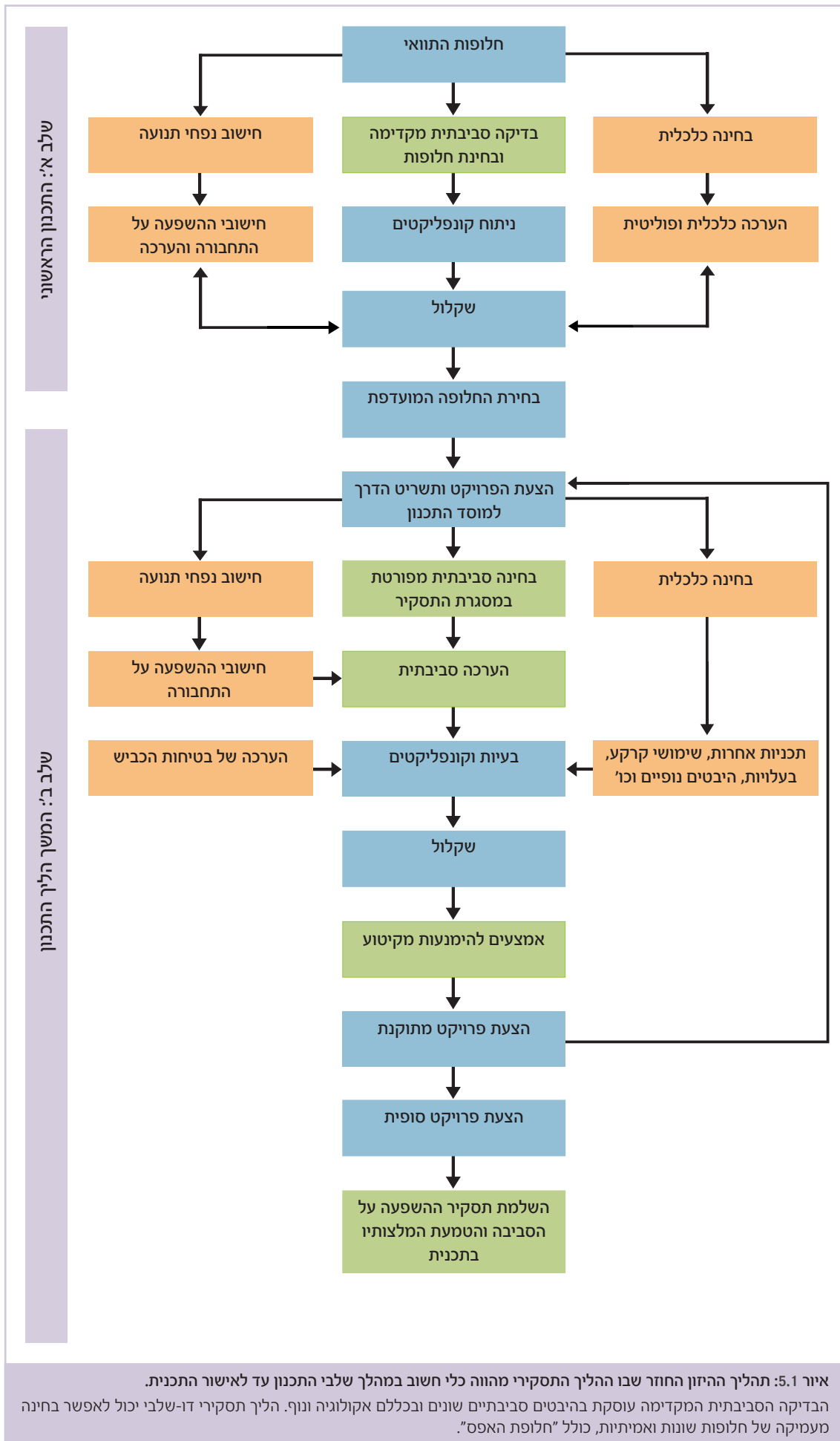
אין כיום מתודולוגיה מוסכמת לבחינת חלופות (כולל קריטריונים אחידים, אופן מתן ערך לכל אחד מהקריטריונים, שקלולם היחסי, האופן שבו נקבעת מידת החשיבות של כל אחד מהקריטריונים ואופן ההשוואה ביניהם, ראו עוד על כך בסעיף 5.3.4 להלן), ולא תמיד נדרשת בדיקה של תרחיש "חלופת האפס" - המצב הצפוי אלמלא יבוצע הפרויקט. בדיקה כזו חשובה במיוחד כשמדובר בהקמת תשתית חדשה הקוטעת כתמים של בתי גידול בקיטוע נוסף. לעתים המסקנות של בחינת החלופות עשויות להיות מושפעות מהמתודולוגיה שנבחרה.

לבדיקה סביבתית **מוקדמת ככל האפשר** של סוגיית הקיטוע נודעת חשיבות מרבית. בכל מרחב החלופות הנבדקות ייבחנו במסגרתה המערכות האקולוגיות, בתי הגידול והאוכלוסיות של המינים המצויים במרחב זה. בצוות הבחינה יש לשלב יועץ סביבתי, אדריכל נוף ואקולוג. מטרתה של בחינה כזו היא לבדוק את רגישותם הסביבתית של תאי שטח שבהם מתוכננות החלופות השונות, ולבחון בחינה מעמיקה יותר של התוואי המועדף עוד בשלב התכנון הפרוגרמטי, זאת כדי לאפשר הגמשת קריטריוני תָּכָן למזעור הפגיעה בסביבה ובקרקע בהתאם להנחיות התכן הגאומטרי של משרד התחבורה.

- חשוב ביותר לקיים **בחינה מלאה של חלופות** השונות זו מזו באופן מהותי כך שיתאפשר לשקול כיווני פעולה שונים ולהשוות ביניהם. בבחינה כזו חשוב מאוד לכלול גם בדיקה של תרחיש "חלופת האפס" כדי לאפשר הערכה יחסית של החלופות.

- רצוי לגבש עם היועץ הסביבתי של מוסד התכנון **מתודולוגיה מוסכמת לבחינת החלופות**, לרבות שיטות ניתוח ושקלול מוסכמות (ראו להלן גם סעיף 5.3.4), במיוחד בנוגע לנושא קיטוע בתי גידול והגנה על מרכיבי המגוון הביולוגי. לפני ההחלטה על החלופה הנבחרת מומלץ להכין לפחות מסמך רקע סביבתי ראשוני שיאפשר לזהות קונפליקטים ולסמן כיווני פתרון, ובהם הגמשת הקריטריונים והכללים לתכנון באזורים רגישים.

איור 5.1 מדגים את שלבי התכנון ואת התהליך המעגלי הרצוי של היזון חוזר (איטרטיבי *iterative*), שבו משמש ההליך התסקירי כלי חשוב בתכנון. תהליך איטרטיבי הוא אידיאלי אם מהנדסי כבישים, מתכננים, אדריכלים, אקולוגים והעוסקים בשימור אתרי מורשת יכולים לשלב בתהליך ההתוואה והתכנון של הפרויקט היבטים מתחומם. תהליך רב-תחומי יוביל לשינויים בתוואי, לתכנון אמצעים למיתון השפעות הקיטוע, ולטיפוסים אחרים של התאמות סביבתיות ונופיות. חשוב להציג ליזמים ולמתכנני הכביש את המסקנות מניתוח הקונפליקטים שהופקו בשלב ההערכה, השלב הבא של התהליך.



בדיקת התסקיר מניבה המלצות לגבי ההוראות והתשריטים שיש לכלול במסמכי התכנית הסטטוטורית כדי להטמיע בהם את המלצות התסקיר.

בארצות הברית ובאחדות ממדינות אירופה רואים בהליך התסקירי הליך מתמשך המלווה את הפרויקט לכל אורך חייו - החל בתכנון, דרך ההקמה וכלה בשלב ההפעלה (שלב הקבע), ואף פירוק לאחר סיום תפקידו. בהליך תסקירי כזה מובנים נהלים המשלבים מעקב וניטור וכן בקרה ודיווח על מידת ההטמעה של ההוראות הסביבתיות שבתסקיר בתכנית, על אופן היישום בפועל של הפתרונות הסביבתיים, על האמצעים הננקטים למניעת מפגעים ועל אופן תפקודם ויעילותם. המעקב, הניטור, הבקרה והדיווח מוקפדים. הם מעריכים את מידת ההתאמה של התוצאות בפועל לתוצאות שנחזו בתסקיר, ומאפשרים, על פי צורך, לנקוט צעדים לתיקון הנדרש. הנהלים גם מאפשרים לארגון היזם לדייק ולייעל את פעולותיו בפרויקט זה ובפרויקטים הבאים. הליכים כאלה מחייבים היערכות תקציבית, ארגונית ומקצועית שאינה אפשרית על פי רוב במציאות הקיימת בארץ, למעט מקרים יוצאי דופן שבהם תכנון הכביש, ביצועו ותפעולו לאורך זמן נעשים במסגרת מרכז זכייני (כמו בכביש 6 או בכביש 431). בישראל, לאחר אישורה הסטטוטורי של התכנית, ממונה במקרים מסוימים (למשל בתכניות לסלילת כביש 6) צוות מקצועי מלווה, שתפקידו לבקר ולפקח על הטמעת המלצות ויישומן במסגרת שלב התכנון המפורט וכן גם בשלבי הביצוע וההפעלה.

אחת הסוגיות הבעייתיות בהליך התסקירי בישראל היא שתסקיר שהוגש מבטא מידע וידע הנכונים ליום עריכתו, אך לעתים חולפות שנים ארוכות ממועד אישור התסקיר ועד לביצוע הפרויקט, ולכן חלק ממסקנות התסקיר והמלצותיו עלולות להתברר כלא רלוונטיות למציאות שנוצרה בשטח בחלוף השנים. לפיכך נודעת חשיבות מכרעת לכך שהוראות התכנית יכללו הנחיות לבחינת נושאים מסוימים בשלב התכנון המפורט לביצוע וכן בתום הביצוע. עם זאת, המצב בישראל מעורר שאלה שיש לשקול בכובד ראש: האם בכל פרויקט יש הצדק בבחינה תסקירית מקיפה ומעמיקה מאוד כבר בשלבי התכנון המוקדם והסטטוטורי.

להלן נקודות לתשומת לב כשמתמשים בהליך התסקירי במהלך פרויקט:

- יש לבדוק שלא תיווצר אי-התאמה בין המלצות התסקיר ובודקי התסקיר לבין ההוראות המופיעות במסמכי התכנית הסטטוטוריים הנוגעות למיתון ההשפעות השליליות של הקיטוע.
- יש להקפיד על: (א) יישום נכון ובמועד המתאים של אמצעי המיתון שנדרשו; (ב) ניטור ההשפעות ובחינה של יעילות הפתרונות שהוגדרו בתכנית (אם אמנם הוחלט שיש צורך בכך, ראו להלן פרק 9); (ג) בחינת הצורך בנקיטת אמצעים נוספים.
- אימוץ נוהל סביבתי מותאם לדרכים, הכולל תכנון, ניטור ומעקב יכול ליצור המשכיות של בקרה והתאמה ולאפשר: (א) **שיפור הבקרה** והמשך ההליך התסקירי לאחר אישור התכנית; (ב) **ליווי** על ידי "צוות מלווה" מקצועי המבנה לאופן הביצוע של הפתרונות הסביבתיים מנגנונים של פיקוח, של בקרה ושל דיווח. חשיבותו של הצוות המלווה את הפרויקט בשלבי חייו השונים יכולה להיות רבה להצלחת מיתון ההשפעות השליליות, במיוחד בסביבה שרגישותה לפיתוח ולקיטוע גבוהה; (ג) **למידה** של התפתחויות הנוגעות לקישוריות ולקיטוע שלא היו ידועות בעת התכנון והתאמה של אמצעי המיתון למצב בפועל. אימוץ נוהל סביבתי כזה יחייב שינוי באופן תקצוב הפרויקט.

5.2.5 שיתוף הציבור ושקיפות

הניסיון שהצטבר במדינות שונות (בצפון אמריקה ובאירופה) מראה כי היועצות עם נציגי הציבור בשלב הכנת ההנחיות מאפשרת זיהוי מוקדם של סוגיות העלולות לעורר מחלוקות, עשויה לתרום להקטנת קונפליקטים ואי-הסכמה, ומצמצמת את ההליכים המשפטיים הננקטים כנגד התכנית.

- אף אם אין דרישה סטטוטורית, שיתוף הציבור והיועצות עם רשויות מקומיות ונציגי ציבור כבר בשלבים מוקדמים יכול להניב יתרונות לטווח הארוך: קיום דיאלוג עם מחזיקי ידע מקומי ועם מייצגי אינטרסים שונים ויכולת להכין תכנית מקיפה וטובה יותר העונה על מכלול של אינטרסים ציבוריים.
- שיתוף הציבור אפשרי לא רק כחלק משלב התכנון, אלא גם בניטור ובמעקב המהווים חלק מהניהול הסביבתי של פרויקט, ומניבים קשרים עם הקהילה המושפעת מהפרויקט. בצפון אמריקה מפותחים בשנים האחרונות מתודולוגיה וכלים מתאימים לתחום של *citizen science*, המאפשר להיעזר בציבור להשגת מידע ובמקביל להגביר את מודעותו ומעורבותו בנושא הקיטוע ובשמירה על המערכות האקולוגיות.

כבסיס להכרעה בשאלה אם נדרשים הימנעות, מיתון השפעות שליליות, פיצוי או שילוב שלהם משמש מידע על הפרמטרים האלה:

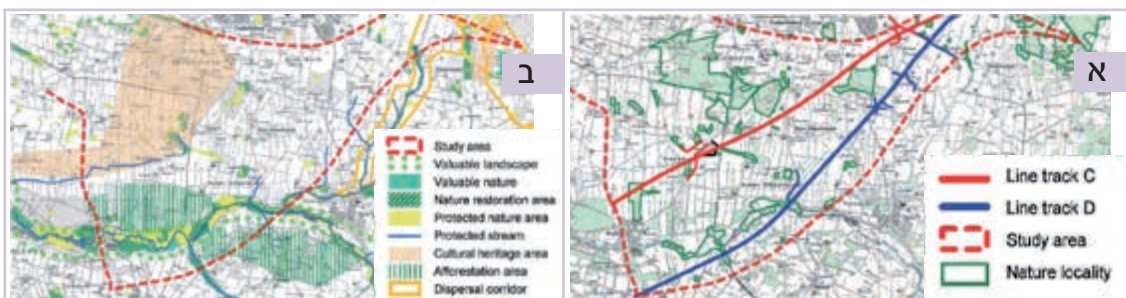
- אזורים מיוחדים לשימור (ברמה האזורית, הלאומית והבינלאומית, כמתחייב מאמנות שישראל חתומה עליהן).
 - נוכחות של מיני חי ומיני צומח נדירים או בסכנת הכחדה (מינים אדומים, כולל רמת הסיכון שלהם); חברות צומח, טיפוס צומח נדירים או בסכנה ועצים בוגרים. לעתים הציבור יכול לתרום ידע על התפוצה המקומית של מינים חשובים ושל בתי גידול.
 - אפיקי נחלים ובתי גידול לחים אחרים.
 - נופים שיש בהם ערכי טבע או מורשת בעלי חשיבות לשימור.
 - רשתות אקולוגיות (ecological networks) חשובות: הבנה של הדגם המרושת של אופני קישוריות הקיימים במרחב עבור קבוצות מינים בעלות יכולות תנועה שונות (זאת בשונה מהמסדרונות האקולוגיים שהוגדרו כפתרון או כאמצעי לקישור בין כתמים קיימים).
 - מסדרונות תנועה ותפוצה באזורים שכבר יש בהם קיטוע.
 - טיפוסים אחרים של בתי גידול חשובים.
- בתהליך קבלת ההחלטות לגבי הימנעות, מיתון ההשפעות ופיצוי אקולוגי יישקלו נושאים אלה לצד תכנון המפרט הטכני ובטיחות הנסיעה.

5.3 הערכה של השפעת הקיטוע הנגרם מתשתית תחבורה חדשה

להלן נרחיב על ההיבטים האקולוגיים הנוגעים להערכת השפעות הקיטוע ולתכנון אמצעים למיתון השפעותיו השליליות. חשוב לציין כי את ההערכה על השפעת הקיטוע צריכים לבצע אקולוגים מנוסים, ביולוגים העוסקים בשמירת הטבע ומומחים בתחום הנוף. על הגישה להיות אנליטית ולכלול מרכיב אמפירי משמעותי. אף על פי שיש מרכיבים דומים בגישה, נדון בנפרד בתשתית חדשה, בתשתית קיימת ובשדרוג תשתית.

באופן בסיסי, ההתייחסות הנוגעת לקישוריות ולהשפעות הקיטוע בתסקיר ההשפעה על הסביבה כוללת את השלבים האלה:

- הגדרת המרחב הנסקר.
- שלב של לימוד וסקירת המצאי: מיפוי, ריכוז מידע קיים והיסטורי, סקרי שטח של חי וצומח והערכה של המאפיינים הטבעיים והקישוריות האקולוגית המרחבית.
- הערכה של קונפליקטים אפשריים והערכה של סכנת הקיטוע.
- דיונים עם מתכנני כבישים, מתכננים, אדריכלים ואנשי סביבה.
- בחינה מיוחדת של ההתוויה ואיסוף מידע משלים.
- בחירת החלופות שייכללו ויבדקו בתסקיר ההשפעה על הסביבה.
- תכנון של אמצעים למיתון ההשפעות ולפיצוי אקולוגי, לפי הצורך.

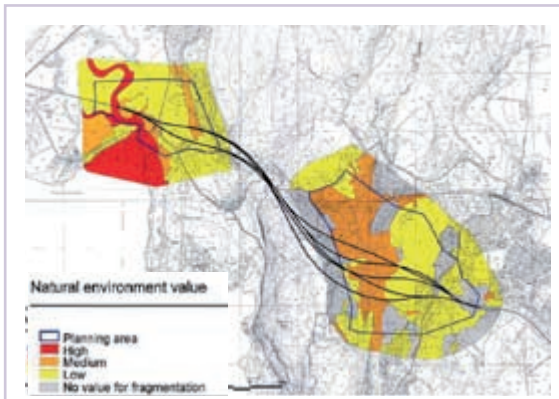


איור 5.2: הגדרת מרחב הבדיקה ומיפוי מידע בו: (א) ההגדרה של מרחב הבדיקה יכולה לנוע ממסדרון צר לאזורים שלמים כשנתיבים של נדידה ארוכת-טווח הם שיקול חשוב. האיור מדגים מרחב בדיקה שהורחב כך שיכלול שטחים שיש להם חשיבות לשמירת הטבע; (ב) דוגמה למיפוי מידע מרחבי באותו הליך תסקירי: יש למפות את המידע הרלוונטי כך שיתמוך בתהליך החזון החוזר של תכנון והערכת ההשפעות. השימוש בשכבות מידע ובסימנים משמעותיים מסייע לתקשורת בין המעורבים בתהליך (דירקטוריון הדרכים הדני EU, 2001)

הגדרה נכונה של מרחב הבדיקה, אפיון של המידע שאפשר לאסוף מבחינת סקירת המצאי וכן הדיון במתודולוגיה של ההערכה האקולוגית, של קביעת הקריטריונים, ערכיהם ושקלולם – כל אלה חשובים במיוחד בשלבי התכנון המקדמי/טרם תסקיר לשיפור הבסיס העובדתי המשרת את בחינת החלופות. בשלב התכנון המפורט, לצורך התכנון הסופי של האמצעים, יכול להידרש איסוף חומר משלים בשטח, זאת בכפוף להנחיות ולהגדרות שעליהן הוחלט בתסקיר.

5.3.1 הגדרת מרחב הבדיקה

הגדרה ברורה של מרחב הבדיקה (קביעת התיחום הגאוגרפי) עוד בשלב התכנון הראשוני לצורך סקר המצב הקיים הסביבתי והאקולוגי היא חיונית לבחינה משמעותית של סוגיות הקיטוע. באופן כללי, על מרחב הבדיקה העוסק בענייני קיטוע להיות גדול באופן ניכר בשטחו ממרחב המסדרון שבו אמורים למקם את התוואי המדויק לתשתית. זאת מאחר שבחינת סוגיית הקיטוע מצריכה ראייה מרחבית כוללת יותר מאשר תחום שנקבע על ידי "הקו הכחול" של פרויקט כלשהו בתוספת "טווח ביטחון" קטן ומוגדר מראש (איור 5.2א). על מרחב הבדיקה להיקבע לפי מבנה הנוף, נוכחות כתמי בתי גידול ומקורות אחרים לקיטוע במרחב. להגדרת מרחב הבדיקה יש להתחשב בקני מידה אחדים (איור 5.3):



איור 5.3: קנה המידה של המפה הוא מכריע: קני מידה שונים יכולים לשמש במקביל למטרות שונות. על המיפוי להיות מפורט דיו כדי לכלול את כל המידע הרלוונטי. האזור מדגים מפה מנוברגיה ובה סומנו שטחים טבעיים בעלי ארבע רמות ערכיות לעניין הקיטוע (גבוהה, בינונית, נמוכה, וחסרי ערך לעניין זה) ותחום התכנון (השטח התחום בפוליגונים השחורים). (מקור: מינהל הכבישים הנורווגי, 2001, EU)

- **קנה המידה הלאומי:** מאפשר בחינה של נתיבי נדידה ארוכת-טווח, של צווארי בקבוק מקומיים ואזוריים ושל הקישור בין אוכלוסיות מבודדות, אף אם מין היעד אינו שוכן באופן קבוע באזור. קנה מידה של 1:250,000 יכול להתאים לבדיקה ברמה זו.

- **קנה המידה האזורי:** מאפשר התמקדות בהשפעה של התשתית, בחינה של מחסומים אחרים המצויים באזור, בחינת הקישוריות מבחינה טופוגרפית, בחינה של שטחים מיוערים וכו'. אחת המטרות החשובות היא לתאר את התדירות ואת המיקום של אמצעים למיתון השפעות הקיטוע. קנה מידה של 1:50,000 יכול להתאים לבדיקה ברמה זו.

- **קנה המידה המקומי:** מאפשר בחינה מפורטת של השטח, כולל מיקומם של אוכלוסיות ובתי גידול. מידע שימושי כולל תצפיות ממומחים או מחובבים מקומיים, ממפקחים, מאנשי ייעור ואף מציידיים. אחת המטרות החשובות היא להגדיר את התדירות המדויקת, את המיקום ואת הממדים של האמצעים

למיתון ההשפעות. קנה מידה של 1:10,000-1:5,000 יכול להתאים לבדיקה ברמה זו.

גודלו של מרחב הבדיקה משתנה בהתאם לצפיפותם של שטחים בנויים ושל רשת התשתיות באזור: ככל שאזור מיושב בדלילות רבה יותר כך יבדק שטח גדול יותר וייעשה שימוש במפות בקני מידה אחדים: לניתוח ולהבנה של הקיטוע חיוני מבט כללי על האזור (למשל 1:25,000 או 1:100,000); קני מידה אחרים מאפשרים לאתר אזורים קריטיים לצורך קבלת החלטות (מפות או אורתופוטו בקנ"מ 1:25,000 או 1:10,000).

5.3.2 סקירת המצאי

בשלב זה מרוכזים מסמכי התכנון, רשימות המינים מסקרי השדה ונתוני המיפוי. המאפיינים שממופים הם אלה:

- **המסגרת החוקית והסטטוטורית:** מפות של שטחים מוגנים סטטוטורית: בתמ"א 8 (לגנים לאומיים, שמורות טבע ושמורות נוף), בתמ"א 22 (ליער ולייעור) בתמ"א 13 (חלקית לחופים: ים תיכון, ים המלח, כינרת, מפרץ אילת ותקנות להגנה על שטחי חוף), בתמ"א 3/ב/34 (חלקית לניקוז ונחלים) וכדומה.

- **מרכיבים בולטים בנוף או בשטחים הפתוחים:** ערוצי נחלים, מאפיינים לינאריים אחרים, כתמים גדולים של צומח אופייני, בתי גידול ייחודיים, רצפי שטחים פתוחים לא מופרים, שטחי חוף ושטחים פתוחים חשובים לשמירה כמו מפת המסדרונות האקולוגיים הארצית וייעודי שטחים פתוחים לשימור.

- אזורים שיש בהם **עניין מיוחד מבחינת צומח או חי**, לרבות מסדרונות תפוצה או תנועה, שטחים שיש חשיבות בהגנתם מתוקף מחויבות לאמנות בינלאומיות שישראל חתומה עליהן (כמו האמנה להגנה על מינים נודדים או האמנה להגנה על בתי גידול לחים (ראו מסגרת בסעיף 4.1).

• **מידע על מינים:** נוכחות של מינים מוגנים, אנדמיים, נדירים, בסכנה או ייחודיים לבית הגידול, ריכוזים של מינים או ריכוז של אתרי רבייה או חריפה ייחודיים של בעלי חיים. חשוב לשים לב למינים ולבתי גידול בסכנת הכחדה ול"אתרים חמים" (hotspots – שיש בהם ריכוז גבוה של מגוון מינים כולל או של מינים בסכנה) שאופיינו מרחבת על ידי הצלבה בין מידע אקולוגי לבין מיפוי מרחבי בקני מידה שונים של מידע גאוגרפי (ראו למשל בדוח מצב הטבע 2010).

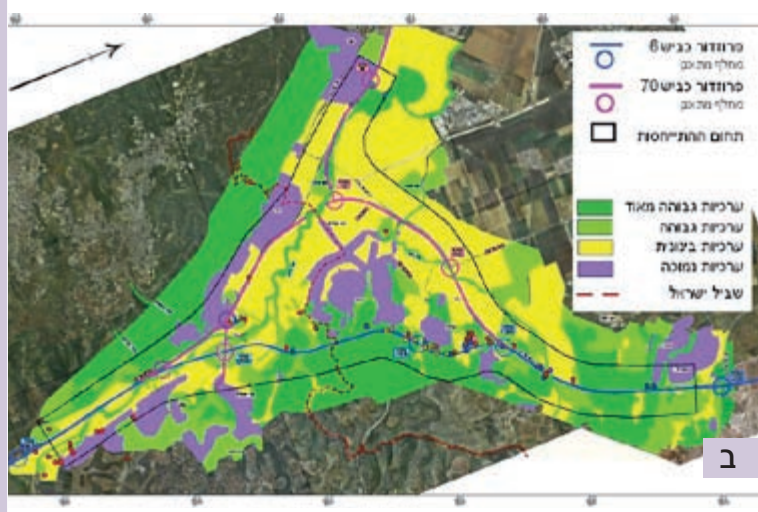
יש למפות את כל שכבות המידע המרחבי – מידע על משתני הסביבה המצוין לעיל ומידע על רשת התשתיות – רצוי באמצעות ממ"ג. על המיפוי לכלול נקודות קונפליקט של הפרויקט עם נתיבי תנועה ונדידה של בעלי חיים, אפשרות של השפעה שלילית על שטחים רגישים, קיטוע של בתי גידול ערכיים וכדומה (איור 5.2, איור 5.4). פירוט נוסף על שכבות המידע הזמינות להערכה האקולוגית ראו בסעיף 6.2.

חסר במידע מקומי מספק מחייב להגדיר מראש ולקבל החלטה מודעת אילו נתונים עובדתיים אפשר לאסוף במסגרת התסקיר ואיך לשלב בין מידע זה לבין הערכות מומחה ואיסוף מידע מהציבור. כיוון שבישראל המידע האקולוגי-זואולוגי המפורט הנדרש לצורך קבלת החלטות מקומיות או אזריות בנושא קישוריות וקיטוע (כגון מידע על אוכלוסיות בעלי חיים, גודלן, מצבן והאופן שבו בעלי החיים משתמשים בשטח) הוא לרוב מועט ביותר, חשוב מאוד להגדיר מהו המידע שיכול להיאסף בשטח, באיזה היקף, לגבי אילו מיני בעלי חיים ומה משך הזמן שיוקצה לכך.

נתונים והחלטות אלה צריכים להיות מוזנים כבר לשלב התכנון הראשוני כיוון שהם חיוניים לבחינה אמיתית של חלופות שונות. במהלך איסוף המידע בשטח יכול להתעורר צורך באיסוף נתונים נוספים שלא הוגדרו במפרט הראשוני. ידוע הציבור כבר בשלב זה יכול להניב, מלבד יתרונות השקיפות והחשיבות בדיאלוג עם בעלי עניין שונים, גם נגישות למקורות מידע מקומי שאלמלא כן לא יהיו זמינים לאנשי המקצוע.



איור 5.4: אינטגרציה של משתנים בתהליך הבדיקה: (א) מיפוי תצפיות על דריסות בעלי חיים בעמק חרוד בשנים 2000-2008 (נתוני רט"ג) על רקע מפת מסדרונות אקולוגיים, שמורות טבע, גנים לאומיים, יערות ונחלים. התסקיר בחן והגדיר מרחב למיקום אפשרי של מעבר עילי שימוקם ויתוכנן במהלך התכנון המפורט, והרחיב במרחב זה את תחומי "הקו הכחול" כדי לאפשר תכנון מיטבי של המעבר ושל רמפות הגישה אליו; (ב) מיפוי ערכיות אקולוגית של מרחב התכנית ושל מוקדי עצים ומינים אדומים חשובים לשימור במהלך בחינת חלופות לקטע 3 של כביש חוצה ישראל. (מקור: רון פרומקין)

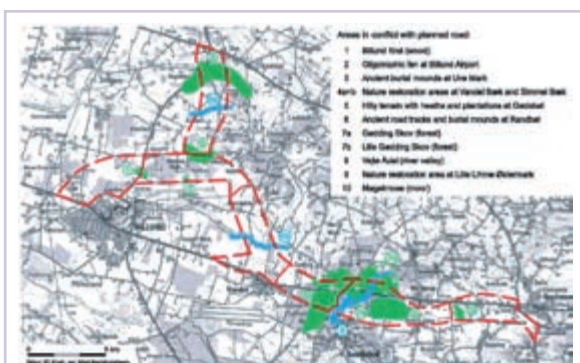


רכי הטבע במרחב הבדיקה מוערכים כדי לזהות סוגיות אקולוגיות שיש להתייחס אליהן. על תהליך ההערכה להתבסס על אומדן איכותי וכמותי, ככל שניתן, של:

- מגוון בתי גידול;
- גודל הכתם/שטחו של בית הגידול;
- רמת ההפרעה למערכת האקולוגית (בהווה וצפי לעתיד, פירוט גורמי ההפרעה השונים, כולל נוכחות מינים פולשים של צומח וחי ומינים מתפרצים);
- נדירות בתי הגידול;
- מצב שמירת הטבע/מצב סטטוטורי;
- מרכיבים חשובים בנוף;
- עושר המינים;
- נוכחותם של מינים אדומים, מוגנים, אנדמיים או מינים בקצה גבול תפוצתם (מינים פריפריאליים);
- אוכלוסיות של מינים הניצודים באזור או אוכלוסיות של מינים שיש להם חשיבות לשמירת הטבע מסיבות שונות (מינים סמנים, "מיני דגל", "מיני מטרייה"); נוכחות של עצים בוגרים (עצים בוגרים הם לרוב מיני מפתח במערכת האקולוגית ויש חשיבות למיקומם ולתפקודם גם מבחינת הקישוריות בנוף);
- החשיבות והפוטנציאל של המרחב לשימושי פנאי ונופש, וההפרעות לבעלי החיים הכרוכות בכך;

כל חלופה לתוואי מוצגת במפה המציגה את השפעת התוואי ואת רגישות האזור. על המפה להראות את:

- גודל בתי הגידול ומיקומם, לרבות כתמים קטנים ומבודדים הממוקמים בכל אחד מצדי התוואי;
- הגודל המשוער של אוכלוסיות משני צדי התוואי, ככל שהדבר ידוע (אוכלוסיות קטנות ומבודדות הן תמיד פגיעות יותר מאחרות);
- המיקום היחסי, הפריסה המרחבית והמרחק בין כתמים (פרגמנטים) של בית גידול מקוטע;
- מסדרונות התפוצה והנדידה, אם קיימים, וכן רישות תנועה של בעלי חיים וקישורים אקולוגיים ונופיים, רצפי שטחים פתוחים ושטחי שהייה ומנוחה שאינם בהכרח בית גידול טבעי אך יכולים לשמש מסדרון אקולוגי;
- פוטנציאל השיקום של בתי הגידול;
- אפקט החיץ של התשתית על בתי גידול קטנים כמו ברכות חורף או ברכות קבועות שבהן אוכלוסיות של דו-חיים;
- אפקט החיץ של התשתית לגבי שטחי פנאי ונופש ונגישות הציבור אליהם וביניהם.



איור 5.5: דוגמה למיפוי קונפליקטים במסדרון מוצע לתוואי: נוף ומורשת, פנאי ונופש וחיבים אקולוגיים. על האמצעים הגרפיים להבליט את הנושא: במקרה זה – כתמי בתי הגידול המקוטעים והשטחים הפתוחים המשמשים לפנאי ונופש לצד התוואי המוצע. (מקור: מינהל הדרכים הדני: EU)

המפות הן הבסיס לניתוח ההשפעות האפשריות של התוואי ולזיהוי קונפליקטים בין מאפיינים טבעיים לבין תוואי החלופות המוצעות (איור 5.5).

יש להשתדל לקיים מבנים מרחביים קווים המקשרים בין כתמים של בתי גידול ובין אוכלוסיות. תשומת לב מיוחדת יש להפנות לערוצי נחלים ולבתי גידול לחים אחרים, למסדרונות של שטחי חורש ויער, או לרשת כתמים של צומח טבעי יותר בתוך רצף שטח פתוח המעובד אינטנסיבית. אלה יכולים להיות המפלט האחרון של מיני חי וצומח מסוימים. בכל חלופה יש להעריך את האפשרויות לחציית התשתית על ידי מבנים שונים בהתחשב בטופוגרפיה: גשרים, מנהרות, מעבירי מים וכו'. את מידת הצפיפות של האמצעים למיתון ההשפעות יש לבסס על מחקרי רגישות, אם קיימים כאלה (על צפיפות האמצעים ראו להלן סעיף 7.1).

לאחר ששיקולי הקישוריות והקיטוע הופנמו לצד שיקולים אחרים בבחירת החלופות, יש להעמיק בחלופה הנבחרת ולפרט את האמצעים הנדרשים למיתון ההשפעות השליליות, לשיפור הקישוריות והקטנת אפקט החיץ ולמזעור התמותה. בשלב זה חשוב לבחור תחילה את מיני היעד לכל טיפוס אמצעי, ורק לאחר מכן להגדיר את מיקום האמצעים וצפיפותם.

כיוון שחלק מההחלטות מבוססות על הערכות מומחה בהיעדר נתונים וחלקן הן תחזיות, חשוב בשלב זה: (א) להגדיר את הנהלים שחשוב להקפיד עליהם בתקופת ההקמה כדי למזער את הפגיעה במינים, בבתי הגידול ובמערכות האקולוגיות; (ב) לציין אם יש צורך בתכנית ניטור, ואם כן, לציין את המשתנים שחשוב לבדוק בתכנית כזו: מה הם הקריטריונים להצלחה, מי המינים במוקד הניטור, מה הן הדרכים שבהן יהיה אפשר לשפר ולתקן את האמצעים למיתון אם יתברר שמסיבות שונות המצב בפועל שונה מהמצב החזוי (בשל שיקולים שגויים, נתונים לא מלאים, התנהגות שונה מהצפוי, אירועים ונסיונות שלא נחזו מראש וכו'). אם הוחלט על פתרונות שיש בהם שילוב בין שימוש של בני אדם לבין שימוש של בעלי חיים – יש לבחון אם להטיל סייגים מבחינת אופני השימוש האנושי, עיתוי ותנאים.

5.3.4 שיקולים בבחינת החלופות

אפיון הרגישות הסביבתית מבחינת הקיטוע לצורך השוואה בין חלופות מחייב מודעות לקושי המתודולוגי בגיבוש הקריטריונים ואמות המידה לבחינת חלופות, וכדי להימנע מתוצאות לוואי לא רצויות (artifacts) הנובעות משיקולי מתודולוגיה שרירותיים הוא מצריך לבחון טווח של אופני שקלול. כעיקרון, חשוב להיות מודעים לשילוב בין מרכיבים סובייקטיביים-ערכיים לבין שימוש במתודולוגיה ופרוצדורה אובייקטיבית לטיפול בקריטריונים משהתקבלה לגביהם החלטה. יש לבחון את המרכיב הסובייקטיבי/הערכי:

- בהגדרת הקריטריונים עצמם;
- בהחלטה על אופן מתן הערך לכל קריטריון – איכותי בסקלה יחסית, איכותי אבסולוטי או כמותי;
- במשקל היחסי שניתן לקריטריונים שונים בשקלול הכולל;
- בהבנה שמדרג של קריטריון אחד אינו בהכרח בר-שוואה באופן כמותי למדרג של קריטריון אחר, ולכן צירופם המספרי לשקלול כולל יכול להיות בעייתי;
- באפשרות (הספציפית לפרויקט ולמצב) לכלול טווח מלא של ערכי מדרג לקריטריון אחד ולא לקריטריון אחר, עובדה המקשה על השקלול ביניהם.

לעתים הניסיון להשתמש ב"כלים מדעיים" מביא לעירוב שגוי בין מדדים מטיפוסים שונים (משתנה איכותי סודר, משתנה איכותי מונה, משתנה כמותי) ולניסיון שגוי לא פחות לחבר ביניהם ולשקלל מספרית במצב שבו אין קשר ואין יחס בין הדירוג היחסי של קריטריונים שונים שהוגדרו באותה הבחינה (למשל השוואה בין שיקולים הנוגעים למידת הנגישות, להיקף תפיסת השטח, למידת הפגיעה בערכי טבע ונוף ומורשת לשימור, למידת הפגיעה במערכות אקולוגיות, למידת הפגיעה במים עיליים ומי תהום, למהירות תכן אפשרית ולעלויות). רצוי לבצע מבחני רגישות ולבחון טווח של אופני שקלול וכמה אפשרויות למתן ערכים כדי לבחון עד כמה ההחלטות לגבי המתודולוגיה עצמה יכולות להטות את התוצאה לכיוון חלופה מסוימת ואם חלופה אחת עדיפה על אחרת באופן מובהק.

את דירוגן של חלופות התוואי ואת הבחירה בחלופה המועדפת חשוב לבסס על הקווים המנחים שלהלן (פירוט נוסף ראו גם בפרק 6):

- יש להימנע מקיטוע במיוחד באזורים שהם בעלי חשיבות גבוהה לשימור ובאזורים שכיום אין בהם קיטוע.
- יש לשמר את התפקוד של מסדרונות התפוצה של בעלי החיים. התבליט (גבעות ועמקים) מאפשר לעתים קרובות לצמצם את אפקט החיץ של תשתיות. יש להתחשב בערוצי נחלים, בשורות עצים וברצפי צומח אחרים.
- רצוי למקם את התשתית במסדרונות פיתוח/תשתיות כדי להימנע מיצירת קיטוע נוסף בשטחים פתוחים שטרם נפגעו או בכאלה המופיעים ככתמים גדולים ופחות מופרים. עם זאת, יש לזכור כי לעתים עיבוי תשתיות מגדיל את אפקט החיץ – כביש רחב מאוד או כביש ומסילה הצמודים זה לזה יוצרים חיץ רחב ביותר שאינו עביר.
- יש להקפיד על שימור רצפים של שטחים פתוחים כמו עמקי נחלים או קווי חוף וקווי רכס או מצוק.
- יש לשקול רציפות שטחים פתוחים ומאפיינים ביולוגיים ואקולוגיים לצד שיקולים טכניים, אסתטיים וויזואליים: האם האתר בעל חשיבות אקולוגית גבוהה? האם אפשר לשנות את התוואי? האם תיירות פנאי ונופש חשובה באזור זה?
- חשוב לכלול בבחינת החלופות את הטווח המלא של האיומים על מערכות אקולוגיות במרחב הבדיקה, ולהעריך את ההשפעה הסביבתית הישירה, העקיפה, המצטברת, הסינרגיסטית, ולאורך זמן של כל חלופה על בעיית הקיטוע ועל יציבות האוכלוסיות של מינים. כמו כן רצוי לכלול בשיקולים לטווח הארוך גם התייחסות לסוגיות מרכזיות כגון שינויי אקלים וסכנת מינים פולשים.

החלטות נבונות בשלב זה יכולות לצמצם צורך באמצעים למיתון השפעת התשתית לאחר מכן.

כבר בשלב התכנון, במהלך בחירת החלופה המועדפת וסיום התסקיר יש להעניק תשומת לב גם להיבטים של ביצוע, ניטור והערכה:

- במפרטים הטכניים למכרז ובחוזים עם הקבלן יש לכלול שיקולים הנוגעים לקיטוע ולשמירה על שטחים מפגיעה, לרבות מיקום שטחי התארגנות, תקופות פעילות בשטחים הגישים במיוחד להפרעות עונתיות כמו אזורי קינון ורבייה, הגדרת עונתיות ותזמון מדויק של טיפול בצומח (איסוף גאופיטים, הכנת עצים להעתקה, איסוף צמחים וזרעים למשתלה כדי שיהיו זמינים לשיקום הנופי ולעיבוד הצומח במעברים בזמן שיירשו, הקצאת שטחים לעירום עפר ולשמירת עתודות של שכבת הקרקע העליונה לצורך השיקום הנופי-אקולוגי) כדי למזער את הנזק בזמן העבודות ולאפשר שיקום מיטבי לאחר מכן.
- יש לכלול בתכנית הנחיות לפיקוח על הביצוע הכוללות נקודות מיוחדות לתשומת לב שמטרתן הימנעות מפגיעה במרכיבים טבעיים ובתפקודם: הקפדה על המפורט בסעיף למעלה; קביעת אתרי התארגנות בשטחים מופרים; פיקוח על שפוקת; הימנעות מפגיעה בערוצי זרימה ותנועה; מזעור הפרעות רעש, תאורה וזיהומים שונים בזמן ההקמה; תכנון שלבי העבודה כך שבכל עת יתאפשר לבעלי חיים נתיב תנועה כלשהו החוצה את התוואי, ולא תיווצר חסימה מוחלטת לתקופה ארוכה; בחינת הצורך בגידור כבר בתקופת העבודות.
- יש לכלול בתכנית הנחיות לנקודות לבדיקה, לביקורת ולתיקון בשלב התפעול, לרבות הנחיות לגבי תדירות הבחינה הנדרשת (עוד על כך ראו להלן פרק 8) לפי בתי הגידול ומיני היעד שהוגדרו.
- יש להגדיר ולתאר מטרות ברורות לפתרונות שנבחרו וקריטריונים ברורים להערכה של מידת הצלחתם. יש לקבוע אם נדרשת תכנית ניטור, ולכלול את המטרות ואת הקריטריונים הללו כהנחיות לתכנית זו: השאלות בבסיסה, מיני היעד, מועד התחלתה, משך הניטור והתדירות שבה יישנה ניטור זה עם הזמן, האמצעים המומלצים לניטור והקריטריונים להערכת הצלחה. יש לזכור כי אם מתאפשר, תכנית ניטור טובה מתחילה עוד לפני ההקמה. רצוי לאסוף נתונים על המצב לפני ההקמה לפחות לאורך שנה אחת, זאת לצורך השוואה עם הניטור לאחר מכן (רצוי 3 שנים), ולשלב תזמון זה במהלך הכולל של שלבי העבודה (ראו להלן פרק 9). חשוב ביותר לדאוג לתקצוב מוסדר של מהלך ניטור, כיוון שחלקו, אם לא כולו, ייעשה לאחר סיום הביצוע.

5.4 קיטוע על ידי תשתיות תחבורה קיימות

אמצעים סטטוטוריים כמו הליך תסקירי, שנגקטו כדי להתחשב בהשלכות של קיטוע בתי גידול, מופעלים במקרים של שינוי המצב הקיים – הקמתן של תשתיות חדשות (סעיף 5.3), ובחלק מהמקרים של שדרוג תשתית קיימת (סעיף 5.5 להלן). בניגוד לכך, אין אמצעים סטטוטוריים שמטרתם לוודא מציאת פתרון לבעיות החיץ ולשפר את הביצועים האקולוגיים הקשורים לתפקוד תשתיות קיימות. בנושא זה עוסק סעיף 5.4 שלפניכם: באפשרויות לשיפור בלא תהליך סטטוטורי, עם ובלי שדרוג הנדסי.

5.4.1 המטרה: מיפוי החיץ לצורך שיפור הביצועים האקולוגיים ופתרון קונפליקטים

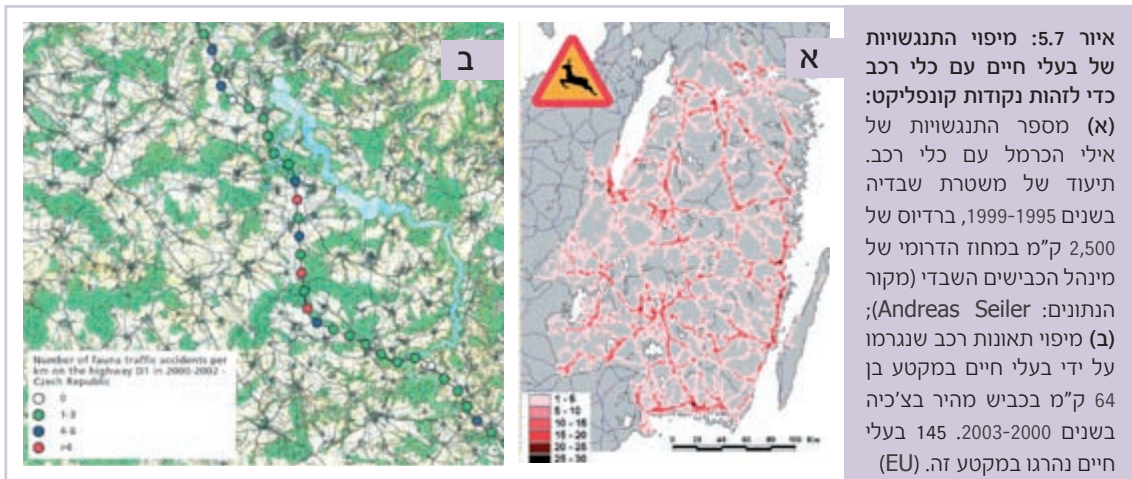
חשוב לזכור כי החוקים העוסקים בהגנה על חיות הבר, ובמיוחד על מינים הנתונים בסכנת הכחדה, מציבים בפני העוסקים בשמירתם על פי חוק אתגר מורכב הקשור גם לדריסות בכבישים ולסוגיית הקיטוע. יש הן ליזום והן לנקוט אמצעי זהירות נוספים להגנתם של מינים בסכנה, שעל פי הידע שבידינו הדריסה בכבישים היא מרכיב משמעותי בין גורמי התמותה שלהם. להלן נציג את השלבים לטיפול בסוגיה. מתודולוגיה פשוטה מאפשרת לערוך סקירה כללית של אפקט החיץ של תשתיות קיימות. על השיטה לכלול:

- זיהוי נקודות הקונפליקט ומיפויין
- סקר של נקודות הקונפליקט ותיאורן
- המלצות על אמצעים לצמצום אפקט החיץ
- קביעת סדר עדיפות למשימות

המטרה במיפוי המחסומים וביצירת תמונה מרחבית של כלל החיץ היא לזהות נקודות מוגדרות או מקטעים שבהם יש קונפליקט בין הכביש הקיים ואופי פעילות התחבורה בו לבין קישוריות בטבע: קישוריות במבנים שהם חלק מרשת התפוצה והתנועה הכללית – האזורית או הארצית (למשל נחלים ועמקי נחלים או כתמים ורצפים של חורש ויער) – או קישוריות בין כתמי בית גידול או אזורי תפוצה שחשיבותם מקומית.

מעבר לכך, המטרה היא לאבחן איפה אפשר לשפר את אמצעי המיתון הקיימים בכביש וכיצד, ואיפה יש צורך להוסיף

אמצעים כדי לפצות על ההשלכות השליליות הנובעות מהכביש ומאופי הפעילות של התנועה בו (דוגמאות למיפוי של כלל החיץ ברמה מערכתית וברמה מקומית ראו גם סעיף 4.4). המתודולוגיה לגישה זו מפורטת עוד להלן בסעיפים 5.4.2-5.4.4.



איור 5.7: מיפוי התנגשויות של בעלי חיים עם כלי רכב כדי לזהות נקודות קונפליקט: (א) מספר התנגשויות של אילי הכרמל עם כלי רכב. תיעוד של משטרת שבדיה בשנים 1995-1999, ברדיוס של 2,500 ק"מ במחוז הדרומי של מינהל הכבישים השבדי (מקור הנתונים: Andreas Seiler); (ב) מיפוי תאונות רכב שנגרמו על ידי בעלי חיים במקטע בן 64 ק"מ בכביש מהיר בצ'כיה בשנים 2000-2003. 145 בעלי חיים נהרגו במקטע זה. (EU)

5.4.2 זיהוי של נקודות קונפליקט ומיפוי

הקריטריונים לזיהוי נקודות הקונפליקט בין כביש קיים לבין מרכיבי המערכת האקולוגית זהים לאלה המפורטים בהערכה האקולוגית בסעיף 5.3.3. בנוסף יש להתחשב גם במידע על:

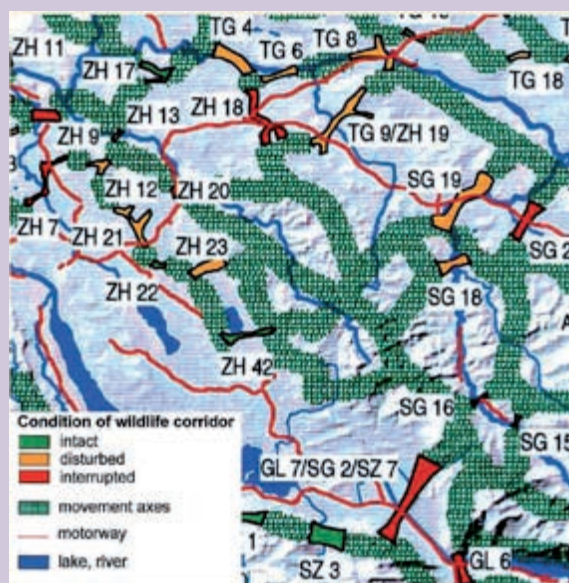
- מקטעי כביש שנמצא שיש בהם ריכוז גדול של פגיעות כלי רכב בבעלי חיים (איור 5.7, אך ראו גם סעיף 6.2.3).
- מיקום של מעברים קיימים, עיליים או תחתיים, המאפשרים לחצות את התוואי ומשמשים את האדם – לתנועה רגילה של כלי רכב, לדרכי נופש או לשימוש חקלאי.

5.4.3 סקר של נקודות הקונפליקט ותיאורן

את המיפוי של נקודות הקונפליקט יש ללוות בתיאור מפורט של כל האתרים שנסקרו, לרבות תיאור המבנים והמאפיינים הקיימים, מיקומם, הטיפוס שלהם ותפקודם.

כן יש לתעד את מצבם של המבנים הקיימים, של הגידור, של הצמתים, של השוליים ושל הצומח. חשוב לבצע גם הערכה ויזואלית של כל אתר כדי לסייע לאופטימיזציה של התכנון ליעדיו התפקודיים והאסתטיים כאחת.

דוגמה: זיהוי מסדרונות תנועה לבעלי חיים בשוויץ ושימורם



לתסקיר השפעה על הסביבה מוגדר על פי רוב מרחב בדיקה בטווח של מאות מטרים ספורים סביב התשתית המתוכננת. במרבית המקרים ברור למדי שאין די בתחום זה כדי להעיד על החשיבות היחסית של מיקום כלשהו לקישור בתי גידול בסקלה נרחבת יותר.

מטרתו של מחקר על מסדרונות של בעלי חיים בשוויץ הייתה לסקור את המצב על פני כלל שטחה של שוויץ, 41,285 קמ"ר. מידע ממומחים נאסף ושולב במודלים המבוססים על נוכחות בית גידול, וזוהו מסדרונות וצווארי בקבוק שהטופוגרפיה הטבעית, מבנים מעשה-אדם או שטחים בשימוש אינטנסיבי תחמו את גבולותיהם. עבור כל מסדרון המתאים לשמש כמסדרון אקולוגי לבעלי חיים זוהו האמצעים הנחוצים לשימור או לשחזור קישוריות בקנה מידה גדול (ראו גם סעיף 4.4).

באיור להלן תקריב מתוך מפת "צירי התנועה" שנעשתה בשוויץ בקנה מידה לאומי. "צירי התנועה" (בירוק מנוקד) מראים את הקישוריות ואת האזורים הפגיעים ביותר או אלה שכבר נפגעו של מסדרונות תנועה של בעלי חיים. מצבו של כל מסדרון תנועה של בעלי חיים אופיין באחת

משלוש קטגוריות: שמור, מופרע או קטוע. בעקבות מחקר זה החלה עבודה לשיקום מסדרונות תנועה מופרעים או קטועים, למשל על ידי בנייה של מעברים עיליים מעל כבשים מהירים קיימים. (EU)

לאחר זיהוי של נקודות קונפליקט, מיפוי ותיאורן המפורט, כולל תהליך ההערכה גיבוש המלצות הנוגעות לאתרים ולמקטעים שיש לטפל בהם ולשפר את חדירותם כדי לצמצם את אפקט החיץ. ההמלצות יכללו בדרך כלל שינויים במעבירי מים, במנהרות ובגשרים קיימים, התקנה של מעברים או של מנהרות חדשים או נוספים, שתילת צומח ושינויים בנוהלי התחזוקה.

ככלל, הקמת מעברים על פני מחסומים קיימים היא יקרה יותר מאשר בניית מעברים במהלך בנייה של כבישים חדשים. עם זאת, בחלק גדול מהתשתיות הקיימות אפשר להתאים מבנים קיימים כמו מעבירי מים וגשרים כדי לספק אמצעים למיתון ההשפעות השליליות. כמו כן, בעזרת שינויים קלים אפשר להתאים מעברים המיועדים לבני אדם כך שיוכלו לשמש גם בעלי חיים. ישראל היא מהמדינות צפופות-האוכלוסין בעולם המערבי ורמת הקיטוע של השטחים הפתוחים בה גבוהה (בעיקר מקו באר שבע צפונה). לפיכך יש לשקול לימוד מעמיק מהנעשה בהולנד, מדינה צפופה ביותר אף היא, שבה מוקדשים תשומת לב ומשאבים רבים להצלת בעלי החיים שנותרו בה ולשיקום הקישוריות, בין היתר על ידי הקמת מעברים עיליים ארוכים הנעשית לאחר איסוף מידע ותכנון מוקפדים ביותר.

על ההמלצות לצמצום אפקט החיץ לכלול:

- תיאור של הקריטריונים ששימשו לזיהוי נקודות קונפליקט וליתורן
- תיאור של המטרות והיעדים (אילו הם מיני היעד ואילו מינים נוספים צפויים להשתמש באמצעים האמורים)
- תיאור של ההתאמות ושל השינויים הנדרשים (במבנה, בממדים ובחומרים)
- אפשרויות חלופיות
- הערכה גסה של העלויות

מערכת להערכה של מידת חדירות המעבר (PAS) Passage Assessment System

מתודולוגיה חדשה להערכה של מידת החדירות של תשתיות תחבורה קיימות לבעלי חיים יבשתיים – מערכת להערכה של מידת חדירות המעבר (PAS) Passage Assessment System – פותחה בשנת 2011 במדינת וושינגטון בארצות הברית. המערכת הדינמית, שאפשר לשנותה בהתאם לעדכוני ממצאים מהשטח, מאפשרת להעריך את התנאים והמגבלות הסביבתיים לתנועה מזווית הראייה של קבוצות מינים של בעלי חיים, להבין את הצרכים, לערוך הכללות המסייעות לתהליכי התכנון, לפתח אסטרטגיות מיתון העונות על צרכים אלה, ולהגיע לפתרונות מיטביים מבחינת עלות-תועלת.

- בבסיס שיטת PAS עומדת מערכת המשלבת שני אופני סיווג: (א) סיווג ומיון של בעלי חיים לפי התנהגותם ולפי האופן שבו הם תופסים מעבר פוטנציאלי. מיני בעלי החיים (הרלוונטים לצפון ארה"ב וקנדה) חולקו ל-8 קטגוריות לפי אופי תנועתם ולפי האופן שבו הם משתמשים במבנים קיימים, לרבות מאפייני המעבר המועדפים עליהם (בעיקר מידת ה"פתחות" שנדרשת בתכנון) כפי שנלמד מניסיון העבר; (ב) יצירת מילון מונחים משותף לתיאור מגוון המבנים בכביש שיכולים לשמש למעבר בעלי חיים. המבנים בכביש חולקו לפי תפקודם ל-7 טיפוסים מעברים תחתיים ועיליים.
- כמו כן פותח קריטריון להערכת החדירות. הקריטריון מסתייע בתוצאות מחקרים לזיהוי ולאפיון הגורמים שעשויים להשפיע על מעבר בעלי החיים (למשל: ממדי המעבר, מצע הקרקעית במעבר, כיסוי הצומח, מאפייני הנוף והשימוש האנושי).
- מערכת כזו להערכה יכולה להוות אחד מכלי העבודה הזמינים בתכנון: לסייע באפיון אזורים חשובים לקישוריות, בהגדרת חדירות התשתית ברמה המקומית (רמת האתר), ובתכנון אמצעי מיתון מתאימים לשיפור החדירות. השימוש במערכת מחייב זיהוי מוקדם של מקטעים שבהם חשוב לטפל (בשל קטיעה של מסדרונות תנועה של בעלי חיים, מספר דריסות גדול או אזורים שמיועדים לפרויקטים בעתיד הקרוב) ושל מיני היעד שבית גידולם נקטע או שהוא שוכן בסמוך לכביש (מינים שנוטים להידרס יותר מאחרים, מינים בסכנת הכחדה או מינים שרגישים להפרעות ולאפקט החיץ של כבישים).
- שאלון ההערכה מנחה את המשתמש למפות את המבנים הקיימים בכביש ולסווג כל אחד מהם לפי הפוטנציאל שלו לתפקד כמעבר למיני היעד: מי מהם אפשר לשדרג כך שיתאימו למעבר, וערכת כלים המציעה איך לעשות זאת. גם אם מידת היעילות של אמצעי המיתון לא נחקרה עבור מין מסוים, שיבוצו לקטגוריה המתאימה לו יכולה להקל על האפשרות להתאים את פתרונות המיתון לצרכיו.
- בעבודה שולב מידע מחקרי שנאסף לפני כן על מידת השימוש של מינים במעברים מטיפוסים שונים עם מידע שנאסף במיוחד במהלך מחקר זה בכמה סטואציות גאוגרפיות ותחבורתיות (ב-7 אתרים במדינת וושינגטון המייצגים אזורים גאוגרפיים שונים, וכבישים שלהם גדלים שונים, נפחי תנועה שונים ומבנים שונים של מעברים). זאת כדי לאמת את ההשערות על מאפייני הסיווג של קבוצות מינים שונות, וכדי להבין טוב יותר את התנהגותם של בעלי החיים המקומיים ואילו טיפוסים מעברים אכן יעילים עבור טיפוסים שונים של בעלי חיים. בין היתר, תוצאות מחקר השדה הניבו ממצאים מפתיעים על מינים מקומיים אחדים בנסיבות ספציפיות, ואף הדגישו את הצורך בקיום מספר מעברים באותו אזור כדי לאפשר בו זמנית תנועה של מיני טורפים, של טרף או של מינים מתחרים מבלי שירתיעו זה את זה (בשל אינטראקציה בין מיני בעלי חיים).
- כדי להפעיל מערכת כזו בישראל נדרש איסוף מידע התחלתי מקיף יותר על אופי השימוש של בעלי החיים המקומיים במבנים הקיימים באזורים גאוגרפיים שונים ובצירופים שונים של מאפייני הכביש ושימושי הקרקע הסמוכים לו.

לפרטים נוספים על אפשרויות התכנון המפורט, על בניית מעברים לבעלי חיים ועל אמצעים נוספים למיתון השפעות הקיטוע ראו פרק 7.

קשה לשרטט קווים מנחים כלליים לקביעת סדר העדיפויות למשימות הנדרשות בשל השוני בתנאים האקולוגיים, במצב השטחים הפתוחים ושימושי הקרקע ובמצב התכנוני מאזור לאזור וממקרה למקרה. עם זאת, בטווח הארוך יש לקבוע סדרי עדיפות שיבטיחו אינטגרציה של רשת הקישוריות האקולוגית כולה. במקרים מסוימים יהיה צורך לשמר בית גידול מקומי עבור מין מסוים, ובמקרים אחרים לא יתאפשר לשפר את המצב באופן מעשי, למשל בגלל מיקומו הטופוגרפי של הכביש. יתרה מזו, במרבית המקומות נכון יותר לתת עדיפות לשינויים קטנים, ברורים וקלים לביצוע במעברים קיימים, או לחלופין, לשנות שגרות תחזוקה.

כקו מנחה בסיסי לטיפול במקטעי תשתית שבהם נדרש להוסיף אמצעים למיתון השפעות הקיטוע:

- יש לתת קדימות לטיפול באזורים שבהם מתקיימים קריטריונים אחדים לנקודות קונפליקט.
- התועלת לטווח הארוך הנובעת מהתקנת אמצעי המיתון צריכה להישקל מול העלויות.

5.4.5 השקטת התנועה (traffic calming)

השקטת התנועה על ידי הקטנת ממדי התשתית עשויה להיות אמצעי הולם להקטנת כמות הדריסות ולצמצום הקיטוע של בתי גידול. במצבים מסוימים סגירה עונתית או זמנית של כבישים היא הצעד המתאים אם הבעיה ממוקדת מאוד במקום ובזמן. כך למשל, סגירת זמנית של כבישים יכולה למנוע דריסות של דו-חיים נדירים בתקופת הנדידה שלהם (לפרטים נוספים על אמצעי זה ראו סעיף 7.5.1).

5.4.6 פירוק תשתית

כשתשתית חדשה נבנית יש לשקול פירוק של תשתית ישנה. האפשרות לצמצום אפקט החיץ על ידי צמצום ממדי כביש או פירוקו צריכה להיבחן מול הצורך בכביש הישן ומידת השימוש הצפויה שתיעשה בו.

במקרים אחדים באירופה פורקו מסילות ברזל במלואן או בחלקן, והתוואי שלהן משמש כיום מסדרון ירוק חיוני באזורים עירוניים או בשטחי חקלאות אינטנסיבית. במקרים אחרים תוואי רכבת ישנים משמשים שבילי נופש (ראו סעיף 7.5.2).

5.5 שדרוג תשתיות תחבורה

שדרוג של כבישים ומסילות ברזל כרוך על פי רוב בהרחבת התשתית, ומכאן בהגברת אפקט החיץ. השדרוג כרוך לעתים בבחינת הצורך בהתוויה מיוחדת ויעילה יותר של מקטעים מסוימים לאורך התשתית. אם התשתית הקיימת נבנתה בלי להביא בחשבון אמצעים למיתון ההשפעות השליליות, עבודות הבנייה מספקות הזדמנות מצוינת לשלב בה אמצעים חדשים. על פי רוב, הקמה של מעברים על פני מחסומי תשתית קיימים היא מורכבת ויקרה יותר מאשר בנייה של מעברים על פני כבישים חדשים.

מחקרים סביבתיים שנערכו לקראת שלב ההקמה המקורי עלולים להיות שלא בתוקף בעת תכנון השדרוג, ולעתים קרובות נדרשת הערכה מיוחדת. כך למשל, ייתכן שקיטוע שנגרם על ידי תשתית קיימת השפיע על האזור, ובמקרה כזה קרוב לוודאי שהשפעותיו מתקיימות לצד ההשפעה של גורמי קיטוע אחרים ולצד איומים אחרים על המערכות האקולוגיות שהופיעו אף שלא נחזו מראש בהערכה הסביבתית המקורית. בדרך כלל שדרוג של תשתיות קיימות מצריך הכנה של תסקיר השפעה על הסביבה המשלב את המרכיבים בתהליכים שתוארו בסעיפים 5.2-5.4. גם במקרה זה אפשר:

- לערוך ניתוח וזירוג של סדרי עדיפות לטיפול על ידי מיפוי התשתית שמיועדת לשדרוג והנחת שכבת המיפוי הזאת על שכבות של מאפיינים טבעיים וקיטוע קיים.
- לזהות אזורי קונפליקט בין מאפיינים טבעיים לבין התוואי.
- לדון בהשפעות האפשריות של התוואי. יש להתחשב ברגישות של בתי הגידול לקיטוע, בכושר הניידות של מיני בעלי החיים הרלוונטיים, בגודל תחום המחיה שלהם ובמידת היותם רגישים להפרעות. חשוב ביותר להתחשב גם בהנחה ששדרוג כביש יוביל להרחבתו, לנפחי תנועה גדולים יותר, למהירות נסיעה גבוהה יותר ולהוספת גדרות ומעקות בטיחות, ובכך יגדל אפקט החיץ.

המטרה של ניתוח זה היא לתאר אפשרויות להגביל את הקיטוע המוגבר שייגרם מהתשתית המורחבת או לשקול חלופות מתוך התחשבות בעובדות שלהלן:

- קשה להרחיב כבישים ישנים ומתפתלים במיוחד ולהתאים אותם לסטנדרטים עדכניים של איכות ובטיחות.
- הכביש המורחב יוצר חיץ גדול יותר והרחבתו מגדילה את אורכם של המעברים התחתיים החוצים אותו מצד לצד. מעבר ארוך וחשוך יותר מרתיע בעלי חיים מסוימים מלהשתמש בו. לפיכך, ייתכן שיידרשו גם מבנים בממדים גדולים יותר (רוחב וגובה) מאלה שהיו בכביש לפני שדרוגו.
- במקרים מסוימים, בנייה של תשתית חדשה המותאמת לנוף בעזרת גשרים ארוכים ומעברי רצף יכולה להיות יותר ידידותית לסביבה מאשר ניסיון למתן השפעות שליליות של המחסומים הנגרמים מהתשתית הישנה שהונחה בלי שיישקלו השפעות על קישוריות ועל בתי גידול.

5.6 עלות ותועלת

תהליך תכנון של תשתית חדשה או שיפור של תשתית קיימת כולל שיקולים כלכליים של עלויות ושל ההשפעות הכוללות הצפויות מהפיתוח, ובהן התועלת, שמניבה ההשקעה הכספית. על פי רוב קשה לכמת במונחים של ערכים כספיים פשוטים את התועלת של ההשפעות הסביבתיות הנובעות מהכללת אמצעים למיתון ההשפעות השליליות של התשתית, ולכן לעתים קרובות משמשים לצורך זה העיקרון של ניתוח עלות-תועלת או הגישה של "הנכונות לשלם". שיטות אלה מתבססות על חישובים כלכליים כספיים, וכדי להציג ניתוח מלא של ההשקעות והשלכותיהן יש להשלימן בעזרת תיאור של התועלת הלא-כספית.

במסגרת השיקולים של עלות-תועלת יש לכלול שיקולים שעניינם הגנה על מערכות אקולוגיות ומזעור השפעות קטוע. מטרתם של שיקולים אלה לשמור על אינטרס ציבורי-לאומי בדבר משאב הנמצא בהתמעטות מתמדת ולפיכך ערכו (גם אם אינו סחיר) הולך וגדל. יש לבחון שיקולי עלויות לטווח קצר לעומת העלויות לטווח הארוך, ובחישובים הכוללים השפעות אקולוגיות יש לכלול השפעות מצטברות ואפשרות להשפעות הקשורות לשינויי אקלים שקשה לחזותן או לאומדן מראש.

החישובים ותיאור העלויות והתועלות משתנים מאזור לאזור, ועליהם להתבסס על נתונים ומרכיבים מקומיים. פירוט נוסף של השיקולים הכלכליים מופיע בסקירה האירופית שהוכנה לפרויקט COST 341.

5.6.1 תיאור העלויות

לאורך תהליך התכנון נדונים בעת ובעונה אחת משתני תכנון רבים, והפתרון המוצע הוא לרוב תוצאה של כמה גורמים תפקודיים, כלכליים וסביבתיים. בידוד העלויות הקשורות לענייני קיטוע יכול להיות מאוד קשה. גישה משולבת ותהליך תכנון איטרטיבי יסייעו בפיתוח פתרונות יעילים בעלויות נמוכות ובתועלות מרובות. לעתים קרובות בחירת הפתרונות הנקבעת על ידי הטופוגרפיה יכולה להקטין במידה ניכרת עלויות של אמצעים למיתון ההשפעות. במקרים אחרים השימוש בחומרים עודפים, כגון עודפי חפירה לבנייה של מעברים עיליים, יכול להיות פתרון שעלותו נמוכה יחסית.

תיאור של סך העלויות הקשורות לענייני קיטוע צריך לכלול:

- עלויות הנובעות מהימנעות מקיטוע על ידי בחירה של תוואי ארוך או יקר יותר.
- עלויות הנובעות משימוש באמצעים למיתון ההשפעות השליליות ובגידור המתוספים לפרויקט למטרות של צמצום הקיטוע.
- עלויות הנובעות מהמגבלות על אופטימיזציה תפקודית או היבטים תפקודיים אחרים של התשתית.
- עלויות הנובעות משימוש באמצעים של פיצוי אקולוגי הנדרש בגלל קיטוע הנגרם מהכביש.

5.6.2 תיאור התועלת

תיאור של סך התועלת הקשורה לענייני קיטוע צריך לכלול:

- תועלת אקולוגית הנובעת משימור ארוך-טווח של הטבע ושל המגוון הביולוגי בכלל.
- תועלת נופית ותועלת אקולוגית הנובעות משמירה על הקישוריות בנוף.
- תועלת הנובעת משימור בתי הגידול למינים רגישים.
- תועלת הנובעת מהימנעות מתאונות הנגרמות בגלל בעלי חיים ומעורבים בהן כלי רכב.

בשקלול של העלויות והתועלות אפשר לבטא את הערך של הטבע ושל שימור המגוון הביולוגי גם באמצעות הגישה של "הנכונות לשלם", אם כי זו לרוב אינה מפנימה תועלת הנובעת מתפקוד אקולוגי. ניתוח התוצאות הנובעות משימוש בגישות אלה ופירושן צריך להתחשב בכך שהימנעות, מיתון או פיצוי על קיטוע בתי גידול מניבים תועלת לטווח ארוך, וכי

לעתים קרובות תועלת זו היא בלתי הפיכה או שאין לה תחליף. לעתים התועלת עשויה להתגבר עם הזמן כיוון שפיתוח תשתיות חדשות במרחב מביא בעקבותיו השפעות משניות של עיור ושינויים נוספים בשימושי הקרקע המגבירים את לחצי הקיטוע, ולכן ערכה של כל תועלת שהושגה עד שלב זה חשוב יותר. חישוב סך התועלת צריך לפיכך להביא בחשבון את היעילות ארוכת הטווח של הימנעות ושל אמצעים למיתון ההשפעות.

חשוב לציין שלפעמים, בהיעדר נתונים עובדתיים מספקים, ננקטת הגישה של "עקרון הזהירות המקדימה", ועולה הדרישה למספר גדול ביותר של מעברים בלא שיהיה גיבוי עובדתי מספק לנחיצותם מבחינת הכמות או הממדים שנדרשו. רצוי להניח תשתית עובדתית טובה ככל האפשר ומוצקה מדעית לדרישות אלה, ולהתמקד במיני יעד שאופיינו כחשובים ביותר לכל אזור ואזור ובפתרונות שנותנים מענה לקשת הגדולה ביותר של מינים מתוך הבנה שעל פי רוב קשה ליצור פתרונות שיענו על הצרכים של כלל המינים החיים במרחב נתון.

5.6.3 השקעות קטנות בתשתית קיימת

בעזרת שינויים או התאמות קטנים יחסית אפשר לעתים לשדרג מבנים קיימים על כבישים כך שיתפקדו כאמצעים למיתון השפעות שליליות. השקעות בשינויים כאלה לא יהיו בהכרח החיוניות ביותר להקלת אפקט החיץ, אבל הן יכולות לשפר את החדירות של התשתית ולשפר את הקישוריות בין השטחים הפתוחים הסובבים. במקרה כזה, גם השקעה בעלויות נמוכות יכולה להביא לתועלת ניכרת. גישת התכנון המומלצת מתוארת בסעיף 5.4.

5.6.4 אורך החיים של הפתרונות

אורך החיים של הימנעות, של אמצעים למיתון השפעות קיטוע ושל פיצוי אקולוגי הוא קריטי. מומלצים ביותר פתרונות יציבים ומאריכי ימים, ובכללם מבנים הנדסיים שיהיו עמידים לאורך שנים, זאת כיוון שבעלי חיים יכולים להיות מאוד רגישים להפרעות זמניות הנובעות מחידוש ומשיפוץ של אמצעים למיתון ההשפעות, והדבר יכול להגביר את אפקט הקיטוע. פתרונות שהם זולים בטווח הקצר עלולים להוביל לתחזוקה יקרה יותר ולאיים על היתרונות ארוכי-הטווח. מזווית ראייה של עלות-תועלת יש לתכנן ולבצע אמצעי מיתון שישרדו לזמן ממושך כמו התשתית עצמה.

5.7 פיצוי אקולוגי

5.7.1 התפיסה של פיצוי אקולוגי

על אף השימוש בתכנון טוב ובאמצעי מיתון המכוונים למניעה או לצמצום של השפעות שליליות על בתי גידול טבעיים, אי-אפשר להימנע לחלוטין מהשפעות שליליות של פיתוח תשתיות. במדינות רבות באירופה ובצפון אמריקה הביאה הבנה זו לפיתוח התפיסה של "פיצוי אקולוגי". פיצוי אקולוגי משמעו שיש לפתח ולטפח בתי גידול טבעיים מסוימים ואת איכויותיהם (כמו בתי גידול לחים, חולות, חורש טבעי, יער פארק, בתה או ערבות בני-שיח) אם הם מושפעים לרעה על ידי פרויקט שעבר הליכי אישור.

פיצוי אקולוגי מכוון להגברת חלקם של האינטרסים של שמירת הטבע בתכנון ובקבלת ההחלטות בפרויקט, והוא שואף לפתרון של "אפס אבדן נטו": כלומר, החלת הפיצוי תביא לכך שהאמצעים יאזנו את הנזק האקולוגי הצפוי לאחר שהפיתוח יאושר. אפשר להגדיר פיצוי אקולוגי כיצירה, כשחזור, כשיקום או כטיפול איכויות של בית גידול מסוים כדי לתת משקל-נגד לנזק האקולוגי שנגרם מפיתוח התשתיות. מתוך מטרת אלה עולה כי פיצוי אקולוגי הוא פתרון שיש לנקוט כמוצא אחרון – יש לשקול אותו כשאמצעי התכנון השונים, ובכללם האמצעים למיתון ההשפעות השליליות, אינם יכולים למנוע נזק. אין לשקול פיצוי אקולוגי כפעילות המאפשרת למפתחים להשיג אישורים על ידי תשלום כספי שיועד לבטל את ההתנגדויות הסביבתיות.

5.7.2 פיצוי אקולוגי כחלק מתפיסה של שמירת הטבע

האמצעים לפיצוי אקולוגי שונים בתכלית מאמצעים לשמירה או לטיפול של ערכי טבע קיימים (מדיניות שמירת הטבע). עם זאת, יש לנקוט אותם בהתאמה ליעדים של שמירת הטבע המקומית והלאומית. בניגוד לשיקום נופי ולאמצעים למיתון ההשפעות השליליות, הפיצוי האקולוגי מתבצע לרוב מוחץ לתחום הניהול של הכביש המהיר. כיוון שיזמי פרויקט נחשבים אחראים ליישום אמצעי הפיצוי, על חברות אלה להשקיע מאמץ נכבד להשגת קרקע בשכנות לפרויקט התשתית למטרות הפיצוי. על ידי איתור הולם של האתרים המיועדים לפיצוי, למשל אתרים המקושרים מרחבית לשמורות טבע או לשטחים פתוחים שיכולים להוות רשת תנועה אקולוגית, אפשר לשמר או לטפח את התפקוד ואת יחסי הגומלין האקולוגיים.

כיוון שהכלים הסטטוטוריים כמו הפקעות שטח, המאפשרים למפתחים להשיג קרקע מבעליה לצורך פיצוי אקולוגי, הם מעטים, פיצוי כזה נעשה על פי רוב על בסיס וולונטרי, והוא מעוגן בהסכמים בין מפתחי הפרויקט, רשויות או ארגונים לשמירת הטבע, בעלי הקרקע ובעלי עניין אחרים.

בישראל נושא הפיצוי האקולוגי אינו מוסדר באמצעות חקיקה, סמכויות או נוהל תכנוני-סטטוטורי, ולכן הוא קשה ביותר לביצוע: ליזמים המפתחים יש על פי רוב יכולת פעולה רק בתחומי "הקו הכחול" שהוגדר, וחסרה להם המסגרת המנהלית שתאפשר להפעילו. יש עדיין לבחון אם אפשר להתאים פתרון זה למציאות בארץ, ואם כן – כיצד. פירוט נוסף ראו בנספח 10.4.

הפיצוי האקולוגי בדרך

אף על פי שבישראל טרם הגענו למצב שבו פיצוי אקולוגי מעוגן בהליך סטטוטורי ומשקם שטח הן בהיקף של השטח שנפגע והן באיכותו, הרי שמתחילה לחלחל אצלנו התפיסה שאפשר לשקם או לשדרג בתי גידול או לשפר את הקישוריות לאחר פגיעה שנגרמה לבתי גידול טבעיים עקב פיתוח התשתית:

- בכביש 531 מתוכננת הקמה של ברכת חורף בשטח המושקע בתוך מחלף כאופן של פיצוי אקולוגי על גריעה ועל פגיעה בתפקודם של שטחי ברכות חורף מדרום, באזור הבאסה מצפון להרצליה, באופן וולונטרי על ידי החברה הלאומית לדרכים/מע"צ. כיום הדבר אפשרי רק בתוך תחומי פרויקט.
- במקביל להקמתו של קטע 18 בכביש חוצה ישראל העובר באזור רמת מנשה, ואף על פי שבקטע זה הוגדרו אמצעים רבים למזעור ההשפעות השליליות של הקיטוע על ציר מזרח-מערב (שני מעברים עיליים, גשרים ארוכים, מעבירי מים ומעברים תחתיים אחרים, גידור), מומנה על ידי היזם גם הקמה של מעבר עילי מעל כביש 70, ממזרח לבת שלמה: במקום לבנות ברמת מנשה מעבר רצף שרוחבו 200 מ', הוקם מעבר רצף שרוחבו 150 מ' בלבד, ומעבר עילי נוסף לבעלי חיים שרוחבו 50 מ' נבנה מעל כביש 70. אף שמבחינה "כמותית" אין הבדל בשטח הכולל של המעברים העיליים שנבנו, הרי מבחינת התפקוד האקולוגי מדובר בפיצוי שמאפשר לקיים מסדרון אקולוגי נוסף וחשוב, המגדיל את הקישוריות באזור גם על ציר צפון-דרום אל מעבר לכביש 70.

5



צילום: תמר אחרון-פרומקין

כלים נוספים לתכנון ולהערכה אקולוגית

שילוב של תשתיות תחבורה בנוף 6.1

משאבים וכלים הזמינים להערכה אקולוגית בשלבי התכנון 6.2

פרק זה מתאר בפירוט ובאופן מעמיק יותר שני היבטים בתכנון:
 א. העקרונות ונושאי המפתח לשילוב מוצלח של כבישים מהירים ושל תשתיות תחבורה אחרות בנוף, בשטחים הפתוחים ובבתי הגידול הסמוכים. בהיבט זה של תכנון מופנה הדגש לעניינים הרלוונטיים למזעור הקיטוע של בתי גידול.
 ב. משאבים וכלים שאפשר להשתמש בהם כדי לדייק הן את ההערכה האקולוגית בדבר השפעות הקיטוע והן את אפיון האמצעים הנדרשים למיתון השפעות אלה ומיקומם המרחבי.

6.1 שילוב של תשתיות תחבורה בנוף

6.1.1 ההשפעה הפוטנציאלית של פיתוח תשתיות על תצורות הנוף

בנייה של תשתית חדשה יכולה להשפיע על התבליט ועל תצורות הנוף (landform) בדרכים אחדות:

- 1) אבדן בתי גידול וקיטועם, גם בהיבט הנופי
- 2) שינויים במפלס מי התהום ושינויים במערכות ניקוז ודפוסיהן
- 3) יצירת מחסום פיזי והפרעה חזותית בגלל:
 - נוכחות התשתית עצמה
 - עבודות עפר נרחבות
 - סוללות עפר החוצות עמקים ונופים שטוחים או נמוכים וחוסמות אותם
 - חפירות הגורמות לקיטוע בבתי גידול ויוצרות צלקות בנוף גבעי או הררי
 - צמתים גדולים היוצרים מחסומים לתנועת בעלי החיים ומעמיקים את הפלישה לשטח הפתוח

6.1.2 הגישה הרב-תחומית

התוויה מוצלחת ותכנון נופי רגיש לסביבה יכולים לסייע למזעור ההשפעות השליליות שהוזכרו לעיל על תצורות הנוף, ולסייע לשילובן המיטבי של תשתיות התחבורה בנוף. במהלך פרויקט ניתן ליישם זאת על ידי עבודת צוות רב-תחומי של מהנדסים ואנשי סביבה. החלטות התכנון תחייבנה לאזן בין האילוצים הסביבתיים לבין העלויות, אך בסופו של דבר תהינה תלויות באפשרות היישום ההנדסי ובשיקולי הבטיחות (ראו גם סעיפים 4.3 ו-5.6). עם זאת, יש לשקול שינוי של הסטנדרטים ההנדסיים (כמו מהירות תֶּכֶן או שיפועים) כדי שיהיה קל יותר להתאימם למגבלות הסביבתיות.

המטרה העיקרית בתכנון היא ליצור קו תשתית הרמוני המשתלב בסביבה הטבעית, ובה בעת לשמור על מרב הקישוריות לחי ולצומח מתחת לתשתית ומעליה ולמזער את ההפרעה והפלישה של האלמנטים ההנדסיים לשטחים הפתוחים.

6.1.3 עקרונות למיתון ההשפעות השליליות

הדרך הטובה ביותר למתן השפעות שליליות כרוכה בבחירת תוואי שפגיעתו בנוף תהיה הפחותה ביותר וליישמה לצד תכנון מתחשב בסביבה. העקרונות הבסיסיים בתכנון כזה הם הימנעות מנזק או מהשפעות שליליות ישירות, ואם הדבר אינו אפשרי – מיתון השפעות אלה (ראו סעיפים 6.1.4, 6.1.6 ו-6.1.8). במקומות שבהם אי-אפשר למתן את ההשפעות במידה מספקת יש לשקול פיצוי אקולוגי (ראו פרקים 4 ו-5). להלן שיקולים ועקרונות נוספים בנוגע למיתון ההשפעות:

- חשוב להפנות תשומת לב מיוחדת לתכנון מפורט של עבודות העפר. אלה חיוניות למיתון מוצלח של השפעות התשתית, ויכולות לסייע בהתמזגות התשתית בנוף (ראו סעיף 6.1.5).
- כדי להתקין באופן המיטבי אמצעים למיתון ההשפעות יש להשתמש במלוא הכלים החוקיים להשגת שטחי קרקע או להשתמש בפרוצדורות ובאישורים הנוגעים לשימושי הקרקע.
- במקום שבו הכביש או המסילה משפיעים על שטח מוגן או על שטח שרגישותו האקולוגית או הנופית לפיתוח גבוהה, חשוב לבחון אפשרות סטטוטורית לשריין שטח נוסף על מנת לתמוך באמצעים לפיצוי אקולוגי, לפתח שטח זה ולתחזקו בהתאם. כן יש להגדיר מראש ובאופן ברור את תחומי האחריות של הרשויות והגופים השונים המעורבים בכך.
- יש לבחור בתכנון המפורט המאפשר תחזוקה יעילה לטווח ארוך ולהיות מודעים למגבלות הקשורות לתנאים באתר מסוים.

- יש להקפיד על שיקום הנוף והצומח. חשוב לוודא שתצורת הנוף החדשה ומבנה הקרקע שלה מאפשרים נטיעות יעילות או שיקום צומח באופן הולם. תכנון הנטיעות (דגם המינים והרכבם) שואף לשקף את הנוף הסמוך ונמנע מיצירה של מסדרון צומח ייחודי ושונה מסביבתו (ראו סעיף 6.1.7). לפיכך יש לשקם במידת האפשר את הדגם הקודם של גבולות שדות, חורשים, יערות וכו'.

על צוות הפרויקט להגדיר יעדי תכנון ונוהלי תחזוקה ברורים לכל אחד מהמרכיבים הנכללים בתכנית.

6.1.4 גיבוש התוואי

אימוץ תוואי המתאים לפני השטח הטבעיים הוא עיקרון חשוב. הוא מאפשר לשלב את הכביש בנוף, לצמצם את הצורך בעבודות עפר, ולמזער את ההפרעה לשימושי קרקע סמוכים. הקו המנחה בבחירת התוואי הוא להתאימו לטופוגרפיה, וכדי למזער את הפגיעה בבתי הגידול וקוטעם להיעזר באלמנטים הנדסיים לניצול מרבי של האפשרויות לקישוריות מעל ומתחת לתשתית. גיבוש התוואי ותכנון עבודות העפר צריכים להלום הן את קנה המידה הגדול של הטופוגרפיה והן את קנה המידה הקטן של תצורות הנוף. בהמשך סעיף זה נציג עוד עקרונות לגיבוש התוואי ולתכנון המפורט בנופים שונים. עקרונות אלה נוגעים להתוואי בנוף הררי או גבעי, בנופים שטוחים, בחציית נתיבי מים ולסוגיות הקשורות לצמתים ומחלפים.

ככלל, על צוות הפרויקט לפעול לבחירת תוואי אשר:

- ממזער אבדן של שטחים פתוחים ושל בתי הגידול שבהם;
- שואף לשמר קישוריות באמצעות שימוש במבנים המקיימים את הרצף הנופי מעל פני התשתית או מאפשרים לרצף הנופי להתקיים תחתיה;
- תואם לתבליט ולתצורות הנוף הקיימות;
- מצריך עבודות עפר בהיקף הקטן ביותר;
- נמנע מפגיעה באתרים החשובים לשמירת הטבע, ובמידת האפשר מגן על משאבים שאינם מתחדשים (כמו עצים קשישים או עצים בעלי מופע ייחודי).

על התכנון המתארי והמפורט של התכנית להתחשב במלוא טווח הסטנדרטים האפשריים להתוואי במישור האופקי והאנכי גם יחד. סטנדרטים אלה משתנים במידה רבה בהתאם לאופי התשתית. למשל, בכביש הררי חד-מסלולי בעל נתיב אחד או שניים שהתנועה בו מעטה יהיו רדיוסי סיבוב קטנים ושיפועים תלולים יותר מאשר בכביש מהיר דו-מסלולי בעל שלושה נתיבים שנפח התנועה בו רב ומהירות הנסיעה בו גבוהה יותר.

מיתון הסטנדרטים למהירות תכן, למשל, יכול לסייע במזעור השפעות על אזורים שיש להם חשיבות לשמירת הטבע וזאת בלי להתפשר על בטיחות הנסיעה. נוכחותם של מינים מוגנים, נדירים או אדומים ושל בתי גידול בסכנה יכולה להשפיע על בחירת התוואי ועל עבודות העפר הנלוות במציאת הפתרון התכנוני. הצורך להגביל חדירה של התוואי לבתי גידול ערכיים עשוי לדרוש פתרונות חדשניים בתכנון המפורט כגון שימוש במבנים שבהם הכביש עובר בחפירה או מתן עדיפות לשימוש בגשר ארוך ונמוך על פני שימוש בסוללת עפר.

להגיב לטופוגרפיה – לרכסים ולעמקים

בתכנון התוואי חשוב לפעול לגיבוש פרופיל תכנוני המשקף את הטופוגרפיה המקומית: דירוג הסוללות והחפירות כך שיתאימו לשיפועים בנוף הסובב ושימוש בהן כדי למזער הפרעות של רעש ושל תאורה הכרוכים בכביש. תכנון התוואי יכול להגיב לטופוגרפיה המקומית בכמה וכמה אופנים:

- תוואי כביש הממוקם למרגלותיו של רכס מרכזי אפשר לתשתית להישאר נסתרת מהעין. גם גבעות קטנות מאפשרות ליצור התוואי רגישה לסביבה ולנוף: הנמכת מפלס התשתית אף בחמישה מטרים יכולה להקנות מיסוך יעיל. בסוג פתרון כזה התועלת לבעלי החיים שבסביבה כוללת מפלסי רעש נמוכים יותר וצמצום הפרעות מאורות של כלי רכב.
- אף על פי שלרוב יש להימנע מהתוואי דרך על קו רקיע, למעבר תוואי על קו רכס יכול להיות גם יתרון סביבתי – הימנעות ממעבר בתחתית עמק,



איור 6.1: תכנון נופי שפעל להבטיח התאמה מרבית של תוואי הכביש המהיר לתבליט: במעקף A4/A46 ליד העיר באת' שבאנגליה נעשה שימוש רב בדירוג, בחפירות דמה ובסוללות נמוכות כדי למסך את התנועה ולמזג את השיפועים בעדינות בנוף הסובב. (צילום: EU: Highways Agency, UK)



ב



א

איור 6.2: שיפועים מתונים מסייעים להתמזגות הכביש בנוף: (א) מעקף A27 בבריטון, דרום אנגליה. למען שימור טבע ונוף, תוואי הכביש עובר בשולי גבעות באזור. דירוג החפירות והסוללות לשיפוע של 1:6 מאפשר להתאים את הכביש למאפייני הנוף. (צילום: הגבעות המקיפות את נחל בוקר. (צילום: תמר אחירון-פרומקין) (EU: Highways Agency, UK); (ב) כביש 40 בין רכס חלוקים לצומת טללים משתלב בטופוגרפיה ומטפס באופן מתון במעלה

שם יכולות להיות לו השפעות ניכרות, למשל על בתי גידול לחים. במקומות שבהם התשתית מטפסת כלפי מעלה או עוברת במדרונות לצד העמק, מידת החדירה שלה לשטח הפתוח הסובב יכולה להיות משמעותית. במקרים כאלה יש לתכנן בקפדנות את עבודות העפר ואת מיקומן. כדי להימנע מעבודות עפר בקנה מידה גדול אפשר לעקוב אחר קווי הגובה במעלה שיפולי העמק (איורים 6.1-6.3). דרכים מפוצלות ושחזור שיפועים על ידי דירוג קווי גובה הם פתרון תכנוני אפשרי נוסף. יש לשים לב שלא לדרג שיפועים שבהם יש בתי גידול ערכיים או מינים חשובים לשימור.

- אפשר לנצל הזדמנויות למיקום מקטעים קצרים של הכביש על גשרים נמוכים כדי לשמר מרכיב של קישוריות בנוף (ראו בהמשך).
- אפשר למקם את תוואי הכביש בתחתיתו של עמק אבל רק אם הדבר אינו פוגע בערוצי זרימה (או אם הפגיעה בהם ממוזערת), כיוון שערוצי הזרימה הם מרכיב לינארי מרכזי בקישוריות האקולוגית.

מיקום התוואי בנופים שטוחים

נופים שטוחים הם מגוונים מאוד באופיים. לצורך מיקום מוצלח של התוואי ותכנונו המפורט יש להתחשב בהקשר הנופי ובעקרונות אחדים:



איור 6.3: תוואי כביש העוקב אחר קו רכס ואינו נכנס לעמק הנהר: השוליים שוקמו כך שיצמח בהם צומח האופייני לאזור, קמבריה בצפון אנגליה. (צילום: EU: Highways Agency, UK)

- יש למזער קיטוע של בתי גידול על ידי הטמעה של נקודות החצייה המיועדות למיני היעד בתוך התכנית. כשיש סוללות נמוכות או כביש מוגבה אך במעט אפשר לעשות זאת על ידי שימוש במעברי מים שבהם דרגשים יבשים המתאימים למעבר בעלי חיים, או על ידי התקנה של מנהרות ייעודיות לקבוצות מסוימות של בעלי חיים (כגון דו-חיים או חולייתנים שגודלם בינוני ומטה כגיריות ודרבנים).

- יש למקם את תשתיות התחבורה נמוך ככל האפשר, אך עם זאת באופן שיאפשר למקם במקומות המתאימים מתחת לתוואי אלמנט קישוריות שגובהו מספק למעבר בעלי חיים, כגון מנהרה ייעודית או מעבר תחתי אחר.
- התוויה המתבססת על מאפיינים קיימים של טופוגרפיה, ניקוז וצומח היא לרוב הטובה ביותר.
- יש להשתלב בנוף ולעקוב אחר התוואי של דפוסים קוויים בולטים שקיימים בו, כגון תעלות או שורות עצים.
- נופים שטוחים, בעיקר בבתי גידול לחים, הם לעתים קרובות בעלי ערכיות גבוהה לשמירת הטבע, כך שיש למזער את הפרת הקרקע בהם. אם הדבר בלתי נמנע, השימוש בגשר ארוך (ויאדוקט) נמוך עשוי להיות הפתרון הטוב ביותר לחציית בתי גידול לחים.
- יש להימנע מסוללות תלולות הבולטות בנוף. גשר ארוך הוא פתרון עדיף אם הוא מצליח לשמר את הקישוריות עבור מיני היעד (איור 6.4).

חציית עמקים

בעמקים אפשר להעביר תשתית תחבורה על גבי סוללה או באמצעות גשר ארוך (איורים 6.4-6.5).

לגשר ארוך יתרונות סביבתיים הכפופים לבחירה של נקודת החצייה המתאימה. גשרים מתאימים לעמקים צרים שמדרונותיהם תלולים מכמה סיבות:



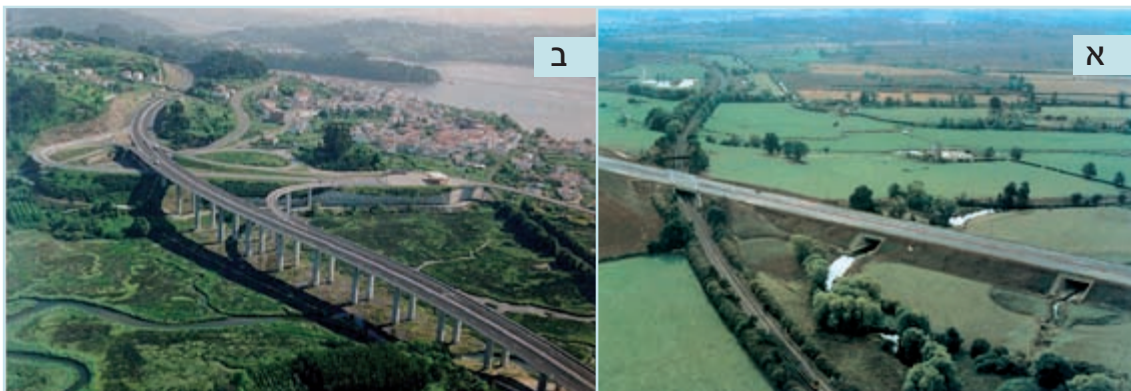
א



ב

איור 6.4: שני אופנים למעבר מסילת רכבת בעמק: (א) גשר במבנה פתוח במסילת הרכבת באזור מחלף ענבה מאפשר המשכיות הנוף על תפקודיו השונים משני צדי הגשר, כולל דרך חקלאית. מבעד למבנה הגשר נשמרת הנצפות, דבר שיכול להעניק לבעלי חיים המעדיפים נוף פתוח תחושת ביטחון ולעודדם לחצות תחת הגשר. (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ב) סוללה ועליה מסילת הרכבת בבקעת צין. הבקעה שטוחה ורחבה והסוללה יוצרת מחסום מסוים, ועם זאת דרך שירות העולה בשיפוע מתון יותר לראש המסילה יכולה לסייע לתנועת בעלי החיים ולאפשר להם לחצות את הסוללה ביתר קלות. (צילום: רון פרומקין)

- הם ממזערים תפיסת שטח וקוטעו בעמק כי הם מאפשרים למרכיבי טבע שיש עניין בשמירתם, כגון נתיבי זרימת מים, להתקיים באופן רציף תחת המבנה.
 - הם משמרים קישוריות לתנועה של מיני בעלי חיים.
 - הם משמרים נצפות במעלה העמק ובמורדו.
- לפירוט נוסף ראו סעיף 7.3.1.
- לעתים סוללות מתאימות יותר לעמקים רחבים ורדודים מסיבות אחדות:
- הן יכולות לשמר מידה מסוימת של קישוריות באמצעות מעברי מים ומעברים תחתיים במיקום הולם ובממדים מתאימים. במקרים מסוימים הנמכת התוואי ("הקו האדום") תאפשר בנייה של מעבר עילי.



א



ב

איור 6.5: שני אופנים לחציית עמק שזורם בו נהר: (א) הסוללה היא מבנה דומיננטי אך תשומת לב ניתנה לשימור המאפיינים והצורה של הנהר משני צדי הכביש. הכביש המהיר M40 במחוז אוקספורד, עמק נהר צ'רוול (צילום: UK, Highways Agency, EU); (ב) גשר ארוך (ויאדוקט) ממזער תפיסת שטח וקוטעו בעמק ומאפשר לנתיבי מים ולערכי טבע אחרים רצף תפקודי תחת המבנה. ויאדוקט זה נושא את הכביש המהיר A9 על פני בית גידול לח חשוב המקיף את הנהר מינו בגליסיה שבצפון ספרד. (צילום: AUDASA, ספרד: EU)

- ניתן לשלבן בתצורות הנוף הסמוכות על ידי שימוש נכון בעבודות עפר ובנטיעות.
- הן מאפשרות הזדמנויות רבות יותר לנטיעות וכך תורמות למיסוך הפרעות מהכביש לסביבה.

חציית נתיבי מים

חצייה של נתיבי מים או הטייתם היא לעתים קרובות בלתי נמנעת ודורשת תכנון מפורט ומוקפד כדי להבטיח מזעור של ההפרעות לערוץ הזרימה ולסביבתו הקרובה. זאת במיוחד כיוון שנתיב הזרימה וגדותיו הם לעתים קרובות גם נתיב תנועה מועדף לבעלי החיים במרחב. חשוב לציין כי:

- בחציית נחלים יש למזער את ההשפעות על מאפייני הזרימה ועל הצומח ולנצל במלואן את ההזדמנויות ליצירת בית גידול חדש.



איור 6.6: מזרן גביונים יכול להקשות על תנועת בעלי חיים: רשת לכל רוחב הערוץ בנחל נקרות במעברו תחת כביש 90. שימוש בפתרון חלופי לבעיית הסחיפה או כיסוי חלק משולי השטח במצע המקורי של ערוץ הנחל יסייעו לבעלי החיים לנוע לאורך הערוץ ולחצות את תוואי הכביש. (צילום: רון פרומקין)

- ככלל, אפיקי זרימה חדשים או אפיקים ששוננו צריכים להיות רחבים ובעלי שוליים מתונים כדי לאפשר התבססות של צומח גדות שניטע לצורך השיקום הנופי.

- על התכנון ההנדסי להשתדל לשמר את הזרימה הטבעית ואת מאפייני המצע של נתיב המים הקיים.

- טווח רחב של שיטות יכול לשמש ליצירת גדות עמידות לסחיפה התומכות בצומח גדות. השימוש במזרני גביונים (gabion mattress) לייצוב גדות ולמניעת סחיפה אינו מומלץ בישראל בגלל בעיות ביצוע ותחזוקה. מבנה זה גם יכול להקשות על תנועת בעלי חיים גדולים, שחלקם נמנעים לעתים מלחצות, בעוד שבעלי חיים קטנים עלולים להסתבך ברשת. בערוצי נחלים באזורים צחיחים שהותקנו בהם מזרני גביונים למניעת סחיפה חשוב לוודא שלפחות חלק

מפני השטח יכוסו במצע המאפשר תנועה בטוחה ונוחה של בעלי חיים על פניו (איור 6.6).

- יש להשתמש בחומרים מקומיים ולשלבם בתכנון מפורט המותאם למקום.

- חשוב לוודא שבעלי חיים יכולים לנוע בחופשיות לאורך ערוצי נחלים ואל מחוץ לערוצים או לתעלות, ויש להימנע מיצירת גדות תלולות או משילוב אלמנטים מבוטן. כשאין ברירה אלא להשתמש בהם, יש לספק מדרגות יציאה או מדרג של שיפועים מתונים מאוד.

- האפשרויות לשמירת הטבע ולטיפוח המאפיינים הטבעיים כוללות נטיעה של מיני צומח הקשורים לסביבה ספציפית זו, יצירה של מאפיינים מיוחדים כמו הזדמנויות קינון לציפורים או מיקום דרגשים יבשים ואלמנטים אחרים בגדות עבור יונקים קטנים.

צמתים ומחלפים

צמתים בכבישים מהירים עלולים להיות מלכודות לבעלי חיים או ליצור כתמי איים מבודדים. התכנון המפורט שלהם צריך לכוון למניעת קיטוע וליצירת קישורים מתפקדים בקרבת הצומת, מעל לכבישים המהירים או תחתם, בהתאם למינים המקומיים באזור זה.

השטח הכלוא בתוך הצומת או המחלף יכול להיות נרחב ביותר, ובמקרים רבים יכול להציע הזדמנויות ליצירת אזורים ייעודיים לשיקום ולשימור הטבע, כמו נטיעת מינים נדירים, הקמת ברכות חורף או טיפוח מיני צמחים התומכים במיני חסרי חוליות בסכנה, כגון מינים שאליהם קשורים פרפרים נדירים (ראו איור 6.7). עם זאת, אין לכלול שטחים אלה במסגרת השיקולים ליצירת בתי גידול כפיצוי אקולוגי. בתכנון המפורט מומלץ לשים לב לעקרונות שלהלן:

- יש להקפיד שהשטחים הכלואים במחלף מרכזי לא יהיו מבודדים מהשטחים הפתוחים הסובבים כדי שלא יהפכו למלכודת מסוכנת למיני בעלי החיים. הקישוריות בין אזורים אלה יכולה להיות חשובה לתנועת בעלי חיים, ואפשר להשיגה על ידי שימוש במעברי מים או במנהרות, אך יש לבחון אם לאפשר מעבר חד-כיווני בלבד (פתחי מילוט) בין השטחים הכלואים לבין השטחים הפתוחים סביב לצומת.

- גידור מהסוג הנכון יכול להידרש כדי למנוע מיונקים גדולים לחצות כבישים בנקודות עמוסות אלה. יש לבחון אם נדרשות יציאות (פתחי מילוט) מהאזורים המגודרים עבור יונקים גדולים.

- חשוב להיות מודעים לאופן שבו נפגשים מבנים שונים בצומת (כבישים החוצים זה את זה, מסילות רכבת וגידור), זאת כדי למנוע מצב המבלבל את בעלי החיים ומובילם שלא במתכוון אל תחום הכביש.

- יש לשמר את הצומח הטבעי בתוך מרחב הצומת במידת האפשר.



איור 6.7: הזדמנויות בשיקום הנופי של מחלף: השיקום הנופי במחלף תות בין כביש 6 לכביש 70 כלל בין היתר: (א) העשרת הצומח בשטחים הכלואים במחלף בקדד גדול-פרי, הגדל בר גם בשטחים טבעיים סמוכים. חשיבותו מיוחדת בשל היותו פונדקאי לפרפר הנדיר כחליל הקדד, שרמת מנשה היא כיום מרחב תפוצתו העיקרי. במהלך ניטור השתקמות הצומח כבר תועד הפרפר עומד על אחד משיחי הקדד השתולים במחלף (מימין); (ב) יצירת ברכה להשהיה של נגר עילי (מאצרה זמנית) מספקת הזדמנות ליצירת ברכת חורף – מאפיין נופי ובית גידול בסכנה שיש עניין לשמרו. (צילום: רון פרומקין);

(ג) תכנון המחלף בין כביש 1 לכביש 38 בשער הגיא כלל הן שימור של יער נטוע והן נטיעות של עצי בוסתן (בעיקר זית) המצמצמים את הקיטוע בין השטחים הכלואים בצומת לבין שטחי היער והחקלאות סביבה; (ד) נטיעות צפופות במחלף בכביש A73 בהולנד נועדו למזער את הקיטוע של היערות סביב הצומת. (צילום: Rijkswaterstaat, הולנד: EU)

צמתים יכולים להיתפס כ"פולשניים" לסביבה אלא אם כן תוכננו היטב ועוצבו בעבודות עפר בקנה מידה שמיועד למזער את ההשפעה של מבני הצומת ומתקניו: שילוט, עמודים, תאורה וגשרים עיליים. יחד עם זאת, יש לאזן את מזעור ההשפעה של מבני הצומת עם הצורך הבטיחותי של נראות אזורי הצמתים לנוהגים ברכב.

6.1.5 עבודות עפר

בתכנון החפירות ועבודות העפר יש לשאוף להצניע את התוואי, לצמצם הפרעות מפעילות הכביש כמו רעש ותאורה, לאפשר התבססות צומח ושיקום נופי טובים יותר ובה בעת למזער את הפגיעה בשטחים בעלי ערכיות אקולוגית גבוהה.

- חשוב להתאים את עבודות העפר אף לשינויים קלים במאפיינים הגאולוגיים החלים לאורך התוואי.
- חשוב לפעול להשגת שימוש בר-קיימא ככל האפשר בחומר חפירה, לאזן בין חפירה למילוי, ולמזער את הצורך להיפטר מחומר חפירה מחוץ לאתר.

מיקום

חפירה היא אחת מהדרכים המשמשות להצנעת תוואי של תשתית הפוגע בנוף. עם זאת, חפירות עלולות להותיר בנוף צלקת מכוערת ולקטוע בתי גידול. כך למשל, חפירות היוצרות מפער או חתך בקו רקיע, או כאלה המסירות קצה או חלק מצד אחד של גבעה. חשוב לציין כי:

- אפשר לצמצם את ההשפעה של חפירות על קווי הרקיע על ידי שימוש באחד או ביותר מהכלים הללו: תכנון תוואי מעוגל (curved alignment) לתשתית, מיקום התשתית במפלס גבוה יחסית, מיקום מוקפד של גשרים ותכנונם כך שיאפשרו תחתם "מסדרון ירוק" לחי ולצומח.

- חפירות קלות הן אמצעי להצניע תוואי כביש ולמסך הפרעות רעש ותאורה ממנו לסביבתו, במיוחד סמוך לאתרים חשובים לשמירת הטבע. די בעומק של 2 מטרים כדי להצניע מכונית. אמצעי זה מתאים במיוחד בנוף גלי מתון, והשפעתו מיטבית אם מחדשים את שימוש הקרקע הקודם בשיפוע הפונה לשטח הפתוח שלצד התשתית.

גיוון השיפועים



איור 6.8: דירוג מדרונות מספק הזדמנויות ליצירת בתי גידול: איור הברמות בקטע 18 של כביש חוצה ישראל וכיסויין באדמה מקומית מיתן את השפעת החפירה ואפשר התחדשות הצומח הטבעי המקומי במעין "איים מוגנים". (צילום: רון פרומקין)

חפירות מתוכננות לרוב לשיפוע אחיד (לרוב 1:2-1:4), והן מנוגדות לשיפועים הטבעיים בנוף, שהם מגוונים יותר ואינם אחידים באופיים. תכנון מפורט נבון יכול ליצור השתלבות טובה יותר בתבליט ובתצורות הקרקע, ולספק הזדמנויות ליצירה של מגוון בתי גידול. להלן אפשרויות אחדות:

- סוגי מסלע שונים מאפשרים שיפועים טבעיים שונים; חפירות יכולות לשקף הבדלים אלה.
- חפירות מינימליות, במיוחד באזורים הרריים, יכולות לייצר מחשופי סלע בעלי פוטנציאל לשמירת הטבע על ידי יצירת מיקרו-בתי גידול מצוקיים.
- לעתים חשוב מסיבות בטיחותיות לחשוף את פני הסלע כדי לייצר שיפוע מתון ויציב שלא מצריך שימוש בגדרות או באמצעי ייצוב שונים.
- באזורי יער ומרעה חפירות בעלות גימור משתנה ולא אחיד ישתלבו טוב יותר בשטחים הסמוכים. הן יכולות לספק מיקרו-בית גידול למינים מסוימים של צומח ולחסרי חוליות.
- יש יתרונות בעיגול החלק העליון של חפירות לפרופיל עדין ליצירת מעבר רך לתבליט הטבעי.

דירוג מדרונות וחפירות וגיוון

- אפשר להשתמש בטרסות/ברמות לדירוג ולמיתון של חפירות עמוקות דומיננטיות בנוף. הדבר יכול להעניק יציבות מבנית ואפשרות ליצירת מיקרו בתי גידול למגוון בעלי חיים וצמחים, ולהקל על התבססות הצומח (איור 6.8). על הטרסות להיות מותאמות לאופי סלע האם המקומי.
- יש להשאיר מרחק ביטחון בין המדרונות המדורגים לבין הכביש, לבדוק באופן תקופתי את מידת היציבות של מדרון סלעי (דרדרת) על הקרקע והצומח שבו, ולייצבו במידת הצורך.
- פיצול חפירה לכמה מדרגות יכול להשתלב טוב יותר בנוף. מיתון חפירות ודירוגן לשיפועים מתונים מ-1:2 מסייע להימנע מדחיסה של הקרקע, ומקל על צומח להתבסס.
- להעשרת האופי הוויזואלי של החפירה וכדי לאפשר לצומח להתבסס נדרש פרופיל משתנה.
- התחדשות טבעית של צומח עדיפה. למשל, כתמי קרקע הנותרים או מצטברים על קיר סלעי מצוקי שנוצר מחפירה



איור 6.9: התחדשות צומח מגוון לאחר חפירה: בכביש 1 ליד אבו גוש יצרה החפירה מצוק, ובו הצורה האופיינית של סלע הגיר נחשפת ומעניקה לכביש אופי ייחודי. עם השנים הצטברה במצוק קרקע, וצומח עשבוני ואף צומח מעוצה התחדשו באופן טבעי. בכמה נקודות במפנה הדרומי נובעים מים בחורף בין השכבות ומעשירים את טווח מיקרו-בתי הגידול לצד הכביש. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

מאפשרים עם הזמן התחדשות מסוימת של צומח. אפשר לעצב חציבה אנכית כך שיוכלו להצטבר עליה כתמי קרקע, ולעצבם כך שיספקו "תחושת מקום", עניין לנוסעים וערכים לשמירת הטבע. כתמי קרקע שבהם הצומח מתחדש בעצמו עדיפים לעתים על ניסיונות לביסוס צומח במדרונות תלולים מאוד (איור 6.9).

- בתחילת השיקום הנופי אפשר לבדוק אם כדאי להתיז על הקיר קרקע מקומית (תמיסה המכילה שכבת קרקע עליונה המעורבת בזרעים של צומח מקומי, מצע הנבטה, מייצבים ודשנים) כדי לסייע ביצירת כתמי קרקע. יש לציין כי פרקטיקה זו נוסתה ולא נחלה הצלחה בפרויקטים אחדים בארץ. אפשר לבחון שימוש בה כשמדובר במדרונות ארוכים מאוד ותלולים, כשמתעוררת בעיית נגישות לביצוע הזריעה ולייצוב המדרון.
- לעתים קרובות דירוג חפירות או סוללות בקנה מידה גדול אינו מתאים, אם משום שהיקף עבודות העפר הנדרשות אינו ישים ואם משום שהשטח הנדרש לדירוג המתון עלול לפלוש לשטחים שיש עניין לשמרם. במקרים כאלה יש להפנות תשומת לב יתרה לפרטים בקצה העליון של החפירה ובשולי הסוללה, לצורך יצירת מגוון של שיפועים וגימורים בפני השטח.

6.1.6 מנהרות

מנהרה יכולה להיות הפתרון התכנוני הטוב ביותר להגנה על שטחים ערכיים ולשמירה על קישוריות (ראו פרק 5). אף על פי שעלויות הבנייה עלולות להיות גבוהות, התועלת לסביבה הטבעית אינה ניתנת לכימות, ובמידה מסוימת היא תלויה בשיטה שבה נבנית המנהרה. חשוב לציין כי:

- מנהרות חפורות מסייעות למזער את ההפרעה ואת הנזק הסביבתי לאתרים בעלי ערכיות גבוהה לשמירת הטבע (איור 6.10).
- מנהרות שנבנות בשיטת cut-and-cover מתאימות בעיקר לאתרים שערכיותם נמוכה יותר, אך עדיין יש עניין בשימור הקישוריות בהם בין בתי הגידול משני צדי הכביש. לאחר סיום הבנייה אפשר להשתמש בשיטות לשיקום בתי גידול כדי לחדש את רצף הצומח ולספק מעבר בטוח למגוון גדול של מיני בעלי חיים.
- סוגיות התכנון הסביבתי העיקריות הנוגעות למנהרות הן: מיקום הפורטלים של המנהרות והטיפול הנופי בהם, התוויית הכביש בגישה אליהן ותכנון ומיקום פתחי אוורור ומבני בקרה. חשוב לוודא שפתרונות התכנון שייבחרו ימזערו הן פלישה לבית הגידול וכרסום בו והן הפרעה וזיהום מקומי למינים רגישים.



איור 6.10: מנהרות חפורות: (א) בנוף גבעי בבואריה, גרמניה. (צילום: EU: B. Georgii); (ב) בכביש 9 בעמק הארזים ליד ירושלים. המנהרה נחפרה בצדי גבעה במצפה נפתוח ולפני הכניסה אליה עובר הכביש בגשר מעל נחל שורק. (צילום: רון פרומקין)

מנהרות בשיטת cut-and-cover

טיפול בשיטה זו הוא חלופה רצויה לחפירות שנותרו פתוחות, שכן הוא מאפשר את שיקום הנוף מעל קו התשתית. להלן עקרונות אחדים לתכנון מיטבי של מנהרות אלו:

- על המבנה ההנדסי להיבנות כך שבמקרה הצורך יוכל לתמוך גם במשקלם של מיני עצים ולשאת אותם.
- יש להתאים את פרופיל הקרקע כך שיתאים לפרופיל הקרקע בשטחים הסמוכים כדי להשיג מאפיינים הידרולוגיים, פיזיים וכימיים דומים לאלה של הקרקע המקורית.
- יש להעדיף את השימוש בקרקע מקומית מקורית: להסיר ולערום את השכבה העליונה לפני תחילת העבודות באופן שימזער הן את דחיסת הקרקע והן את אבדן המבנה שלה, ויאפשר להשתמש בה לחיפוי העליון בתום העבודות (איור 6.11).

א



ב



איור 6.11: מנהרה בשיטת cut & cover: בקטע של 18 של כביש חוצה ישראל ברמת מנשה, מדרום לנחל דליה, בהמשך לגשר הארוך החוצה את הנחל. (א) מבט מהצד (מיקום המנהרה מסומן באדום); (ב) מבט מהכביש מכיוון הכניסה למנהרה מצפון.

המנהרה נחפרה בגבעה נמוכה שחלקה שדה חקלאי וחלקה גרינה. שיקום הצומח מעל המנהרה כוון לשחזר חלוקה זו בין השטח החקלאי לצומח הטבעי. שכבת הקרקע העליונה שנחשפה באזור העבודה פוזרה לאחר ההקמה על חומר המילוי והוספו לה נטיעות של מיני צומח מקומיים ומינים נבחרים נוספים. ניטור תפקודו של מעבר רצף זה לאחר ההקמה הצביע על כך שהמעבר משמש טווח רחב של בעלי חיים. (צילום: רון פרומקין)

- יש לתכנן את האלמנטים הנופיים המתאימים למיקום המסוים כך שיתמשכו ברציפות גם מעל למבנה ההנדסי.
 - כשמנהרה מטיפוס זה אמורה לשמש טווח נרחב של מיני בעלי חיים העוברים מעליה, יש לטעת את טיפוס הצומח הטבעי על גב המנהרה ובכניסות אליה.
- עוד על תכנון מנהרות ראו בסעיף 7.2.

6.1.7 השימוש בצומח

בשלב התכנון המפורט חשוב להגדיר את טיפוס הצומח ואת הרכב המינים המתאימים לרקע של התשתית החדשה. שיקולי מפתח לקביעתם הם מידת השתלבותם בנוף, מידת התועלת שבהם לשמירת הטבע ומידת העניין שימצאו בהם הנוסעים בכביש. עד כמה שהדבר אפשרי, על המינים הכלולים בתכנית הנטיעות להיות מקומיים ולהימצא באופן טבעי על טיפוס הקרקע הסמוך לתוואי. מינים אלה יכולים להתבסס בהצלחה ללא השקיה.

יש לשקול התחדשות טבעית כשיטה חלופית לצימוח נופים חדשים במקומות שבהם הדבר מתאים: כשמאפשרים לצומח להתחדש באופן טבעי, התהליך מייצר את בית הגידול המתאים ביותר לסביבה המקומית. עם זאת, יש להקפיד לסלק מינים רודרליים ומינים פולשים כדי להקל את ההתחדשות של הצומח האופייני למקום. באזורים שבהם יש נטייה לשרפות יער רצוי לשקול למנוע התחדשות של מינים דליקים, אורנים למשל, ולבחון אם יש צורך למנוע מגע בין צמרות של עצים ושיחים בשולי הכביש ובינם לבין עצים בשטחים הסמוכים לו.

שמירת הצומח הקיים וטיפוחו

חשיבות רבה נודעת לשמירה ולהגנה על הצומח הקיים:

- יש להותיר את הצומח הקיים במקומות שבהם יש לו סיכוי להישאר חיוני (viable) ובכך לתרום הן לשמירת הטבע והן להשתלבות התשתית בנוף.
- יש חשיבות מיוחדת בהגנה על צומח בוגר ומפותח (או בשלב מתקדם של סוקצסיה) כיוון שצומח כזה קשור לרוב במערכת יחסי גומלין אקולוגית מורכבת הכוללת חזיות וטחבים, חסרי חוליות, עופות, זוחלים ויונקים קטנים. הותרת עצים בוגרים על כנם מספקת בית גידול למינים רבים של חי וצומח הקשורים אליהם.
- כשתשתית חוצה יער או חורש קיימים, יש לגזום או לדלל את העצים שנחשפו בשולי הכתם החדש כדי ליצור שוליים אטרקטיביים וציבים יותר למינים הקשורים לשולי בית גידול מיוער. אפשר גם לטעת מינים של שולי בית גידול מיוער, בעיקר שיחים, כדי להגדיל את הערך האקולוגי של היער.

תפקוד המיסוך

קבוצות עצים או שיחים הנטועים בצפיפות יכולות לשמש מסך או מחיצה המפרידים בין תשתית התחבורה לבתי הגידול הסמוכים ומצמצמים את הפרעות הרעש והתאורה:

- למיסוך על ידי עצים נדרשת רצועה ברוחב מינימלי של 10 מטרים, ולמיסוך על ידי שיחים נדרשת רצועה ברוחב של 5 מטרים.
- על הצומח להיות בגובה של 4.5 מטרים לפחות כדי שיוכל למסך כלי רכב מסחריים ומשאיות; עצים המשמשים למיסוך יש למקם במרחק מתאים מהכביש לפי הנדרש כדי לא לסכן את בטיחות הנסיעה בכביש.
- תכנון מפורט מתאים יכול לספק מסך שעוביו וגובהו משתנים ועדיין לשמר נצפות למרחק גדול.
- בנופים שטוחים רצוי לעצב את הנטיעות סביב מאפיינים קיימים.
- מסכים ומחיצות הנטועים בצפיפות יכולים לשמש מחסום למינים מסוימים של עופות, תנשמת למשל, שיש עניין שלא לעודדם לצוד לצדי הכביש (תנשמת היא בין העופות הנדרסים יותר בכבישים, כנראה בגלל תעופת הציד הנמוכה שלה בלילה). מסך גבוה יגביה את מסלול התעופה מעל הכביש אל מעל אזור הטורבולציה שגורמת התנועה. יש להקפיד ולוודא שמיני הצמחים הניטעים למיסוך או בתווך האמצעי בין המסלולים אינם אטרקטיביים לציפורים כמקורות מזון.
- נטיעות שלא-באתר (כלומר על שטח קרקע שמחוץ למסדרון התנועה/לקו הכחול) יכולות לשמש לצורך מיסוך. לרוב נדרש הסכם עם בעלי הקרקע כדי ליצור נטיעות אלה ולתחזקן.

נטיעת יער

יערות הם לרוב תוצר של ממשק רב-שנים של מיני עצים ושיחים המתחדשים באופן טבעי או של נטיעות יזומות (במקרה כזה ייתכן שמינים מסוימים לא יופצו באופן טבעי). נטיעות חדשות הן הזדמנות ליצור בתי גידול נוספים של חורש או של יער שיעניקו אופי מיוחד לאזור ויהיו חשובים באופן מיוחד עבור בעלי החיים, וכדי שהן ייטיבו לשרת את מטרתן יש לשים לב לעקרונות הללו:

- המבנה ביער טבעי הוא פסיפס כתמי של קבוצות פרטים מאותו המין המגיבים לשינויים מקומיים בקרקע, בטופוגרפיה ובניקוז. מבנה היער הנטוע והרכב המינים בו צריכים להתאים לאלה שבשטחי יער סמוכים.
- יש להשתמש במינים טבעיים מקומיים (לאזור ולסביבת הפרויקט).
- יש לזכור שמרחקי נטיעה נכונים חיוניים להתבססות טובה.
- רצוי לבחון אם יש חשיבות להרחיב אתם נטיעות אל מעבר לגבולות מסדרון התנועה. לשם כך יידרשו הסדרים עם בעלי הקרקע או עם קק"ל.

קבוצות שיחים ועצים

חברות שיחים יכולות להיות מגוונות ביותר או לחלופין הן יכולות להכיל משטחים נרחבים שבהם יש בעיקר מין אחד דומיננטי, כמו למשל אלת המסטיק. לתכנון מיטבי של נטיעת מיני שיחים ועצים נדרשת הערכה זהירה של התנאים המקומיים, ויש להימנע מהכנסה שרירותית של מינים. כמו כן חשוב לציין כי:

- שיחים וקבוצות קטנות של עצים מהווים אמצעי יעיל ליצירת מעבר הדרגתי בבית הגידול בשולי יערות; הם מסייעים להשתלבות התשתית בנוף ומושכים אליהם בעלי חיים.
- נטיעות פזורות של שיחים ושל קבוצות עצים חשובות במיוחד בנופים של בתי גידול לחים או בעמקים שבהם נטיעות בקנה מידה גדול אינן מתאימות.

משוכות

אפשר ליצור משוכות של שיחים ושל עצים במקומות שבהם הן מאפיין של הנוף. משוכות חשובות לבעלי חיים כמסדרונות תנועה לאורך התשתית, למשל לקבוצות כמו עטלפים, עופות, זוחלים ויונקים קטנים (השימוש באלמנט זה מקובל מאוד באירופה). בתכנון משוכות יש לשים לב לעקרונות שלהלן:

- על הרכב המינים לשקף את הרכב המינים במשוכות סמוכות או את הרכב המינים בשולי כתמים סמוכים.
- עצים הם מרכיב חשוב להעשרת מגוון המינים והמגוון המבני של הצמחים במשוכה, ורצוי לכלול אותם בתכנון המפורט של הנטיעות.
- רצוי לטעת משוכה בשורה כפולה.
- את המשוכות יש למקם באופן שיאפשר לגשת אליהן לצורכי טיפול.
- לעתים, עד התבססות המשוכה, נדרש להגן עליה מרעייה ולגדרה באמצעות עמודי מתכת קלים ותיל.

משטחים עשבוניים

במקומות שבהם אין עניין ליצור מחיצות על ידי עצים, יצירת משטחי בתה של עשבוניים ובני-שיח לצד התשתית החדשה היא גישה עדיפה לשיקום צומח, ויכול להיות לה ערך לשמירת הטבע:

- אפשר ליצור בתות של בני-שיח במקומות שבהם התנאים מתאימים, ולהשתמש לשם כך בפרטים מקומיים או בזרעים מפרטים מקומיים.
 - מומלץ שהרכב המינים העשבוניים יכלול מינים בעלי דרישות תחזוקה נמוכות שייזרעו במגוון לא גדול בקרקע מתאימה (רצוי בעלת פוריות נמוכה). עשבוניים רב-שנתיים יסייעו לייצוב הקרקע ולצמצום הצורך בזריעה חוזרת.
 - בחירת זרעים של תערובת פרחי בר היא מורכבת, ויש לעשותה כך שתתאים לתנאים המקומיים ולזמינות הזרעים. יש להשתמש בזרעים שנאספו מאזור סמוך והם דומים בתכונותיהם הגנטיות לצמחייה המקומית.
 - ממשק ספציפי-לאחר חינוי כדי להבטיח התבססות של בית גידול בעל חשיבות לשמירת הטבע. יש לתאם עם אגרונום או אקולוג את תדירות הכיסוח והגיזום, את היקפם ואת עיתויים המדויק.
- חשוב לציין כי ממשק מתאים של כל טיפוס הצומח שהוצגו לעיל – יער, קבוצות עצים ושיחים, משוכות ומשטחים עשבוניים – הוא הכרחי להשגת יעדי התכנון והאופי הרצוי של הצומח הבוגר, ויש לכלול שיקול זה בשלב התכנון המפורט. על הנחיות התכנון להגדיר גם את בחירת גודל הצמחים, מרחקי הנטיעות, אופן הכנת הקרקע והדרישות לתחזוקה מוקפדת.

6.1.8 פתרונות תכנון נוספים

גידור, קירות ומאפייני גבולות

גדרות וקירות יכולים להוות מחסום חמור ובעל השפעות ניכרות על מראה הכביש בנוף, וחשוב להגביל את השימוש בהם למקומות שיש בהם צורך אמיתי. פרטים טכניים על מבנים אלה מובאים בפרק 7, אך להלן כמה עקרונות כלליים על שילובם בנוף:

- סגנון הגידור והקירות ומיקומם צריכים לסייע למיזוג המבנים בנוף. רצוי שחומרי הבנייה והסגנון יהלמו את החומרים ואת הסגנון המקומיים.
- יש להימנע, במידת האפשר, מגידור דומיננטי, ולא למקמו על קו הרקיע.
- גידור בבסיס גשר ובצמתים דורש תשומת לב מיוחדת כדי שלא ייווצרו פערים לא רצויים בנקודות החיבור.
- נטיעת משוכות משלימה לעתים גידור, ויכולה להיות בה גם תועלת גדולה לשמירת הטבע: היא מספקת גם בית גידול קווי, ותורמת מאפיין המסייע להגביר קישוריות למינים בעלי כושר ניידות.
- יש להימנע מלמקם גדרות רק בשל שיקולים כמו קווי גבול ובעלויות על קרקע. מיקומן צריך להביא בחשבון מכלול שיקולים של בטיחות ושל שיקום אקולוגי, לשרת את תוואי הכביש ואת צרכיו, להתאים לטופוגרפיה (ראו סעיף 7.4.1), ולהימנע ככל הניתן מכפל גידור.

מחסומים סביבתיים

מחסומים סביבתיים הם מבנים המכוונים למזער את השפעות הכביש על שטחים סמוכים, כמו סוללות עפר, גידור רצוף, קירות אקוסטיים, מחסומי בטון וכו'. במקומות שיש בהם מחסומים ארוכים כאלה חשוב לספק מעברים לבעלי חיים, שאלמלא כן המחסומים עצמם הופכים לגורם קיטוע מרכזי.

תאורה

במקרים שבהם נדרשת תאורה, יש לעצבה כך שתהיה זליגה מזערית של אור אל מעבר לכביש וכלפי מעלה, וזאת כדי למזער את השפעת התאורה על החי ועל הצומח בשטחים הסמוכים. עוד בנושא ראו סעיף 7.4.6.

ניקוז

מומלץ לשלב את ניקוז התשתית בניקוז של השטח הסובב, ולשם כך נדרש תכנון תעלות המותאם לאתר. רצוי להצניע אלמנטים של ניקוז על ידי שימוש ביריעות גאוטכניות וכיסוי בצומח ולא לחשוף אותם בגימור של בטון או בציפוי אבן. כשיש הכרח להשתמש בחומרים קשים אפשר לשקול שימוש בחומר גלם מקומי. במקומות



איור 6.12: ברכת השהיה כהזדמנות: ברכות השהיה מספקות הזדמנות ליצירת מאפייני נוף ובתי גידול ייחודיים שיש בהם עניין לבעלי החיים ולשמירת הטבע. בצילום ברכת השהיה לצד כביש בבריטניה (צילום: EU: Highways Agency, UK)

שבהם הדבר מתאים, אפשר לשדרג מרכיבי ניקוז כך שיתאימו לתועלת נופית או לשמירת הטבע. תעלות יכולות לשמש גם מרכיב שימושי החוצץ בין התשתית לבין אזורים סמוכים שחשובים לשמירת הטבע. בתכנון הניקוז חשוב לזכור כי:

- על התכנון להתחשב בראש ובראשונה בצורך להגן על נתיבי המים העיליים ועל מי התהום מזיהום, מהצפה ומסחיפה, ולכן במצבים מסוימים יכולים להידרש תאי שיקוע וברכות שיקוע והשהיה.
- ברכות השהיה הן הזדמנות ליצירת מאפייני נוף שיש בהם עניין לבעלי החיים, בתנאי שהפתרון התכנוני הוא ייחודי ומותאם לצורכי האתר. לברכות השהיה רצוי שיהיו קווי מתאר מעוגלים וטבעיים ושוליים רדודים, זאת כדי לאפשר התבססות של צומח ונגישות קלה לבעלי חיים, במיוחד לדו-חיים (ראו איור 6.12). בעלי חיים יתבססו בברכות אלה רק אם תישמר בהן איכות מים טובה לאורך זמן ממושך (מכאן שעל התכנון להתחשב בעניין טיהור המים). במקרה כזה חשוב להרחיק את בית הגידול שנוצר מהכביש ככל הניתן כדי למנוע מעבר דו-חיים ממנו לעבר הכביש.
- אפשר לשקול העמקה נוספת של שטחי השהיה טבעיים כדי לקיים בהם סביבה לחה במשך תקופה ארוכה יותר.
- נקזי פילטר, ערוצים ובורות שיקוע הם מלכודות פוטנציאליות לדו-חיים ולזוחלים. יש למזער סיכון זה במהלך התכנון והתחזוקה (ראו גם סעיף 7.4.6).
- יש לתכנן ולתזמן בקפידה עבודות תחזוקה בתעלות ובברכות כדי לוודא את תפקודן ההידרולוגי וכדי לאפשר לחי ולצומח שבהן להישאר בחלק לא מופרע של המערכת. לחלופין אפשר לבצע את עבודות התחזוקה לאחר שהחי הצומח האופייניים לבית הגידול הלח השלימו מחזור חיים עונתי.

6.2 משאבים וכלים הזמינים להערכה אקולוגית בשלבי התכנון

כדי להעריך את השפעות הקיטוע יש צורך, כאמור, בבחינה מעמיקה, ובעקבותיה – לקבל החלטה לגבי מיקום התוואי ולגבי מיקום מבנים המיועדים למעבר בעלי חיים. הבחינה וקבלת ההחלטה מצריכות כלים ומשאבים מספקים שסייעו לזהות את המיקום המרחבי המתאים ביותר ברמת הפרויקט וברמה מערכתית. סוגיה זו רלוונטית הן לתשתיות תחבורה חדשות, הן לתשתיות קיימות שיש עניין לשפר את חדירותן והן לתשתיות שעוברות שדרוג.

להלן כמה משאבים שיכולים לסייע לאפיין ולאתור מרחבי של: (א) נקודות, מקטעים ואזורים שחשוב לשמר בהם קישוריות לבעלי חיים על פני תוואי תשתיות תחבורה; (ב) אזורים רגישים שחשוב ליישם בהם אמצעים למיתון השפעות. חשוב להכיר משאבים ושיטות אלה, אף כי כיום בישראל יש עדיין חסר במידע זמין ובכוח אדם מקצועי ומיומן שיכול לאסוף מידע כזה, והיקף יישומם בהליך תסקירי מקובל אינו מאפשר להשיג הערכות הנשענות על מידע מדעי מקיף ומבוסס.

6.2.1 מיפוי ומידע

משאבים רבים הזמינים כיום יכולים לסייע לזיהוי קישורים חשובים לבעלי חיים ולמסדרונות תנועה. רבים ממקורות המידע הם מבוססי מ"ג (מערכת מידע גאוגרפי GIS – Geographic Information System). הם מצויים בידי גופים ממשלתיים ולא-ממשלתיים כאחת, ואת חלקם אפשר אף למצוא באתרי אינטרנט. מפות ומקורות מידע בסיסיים לתכנון קישוריות לבעלי חיים ואמצעים למיתון השפעות השליליות של התשתית כוללים:

- תצלום אוויר (אורתופוטו)
- מפת כיסוי צומח (תכסית או חברות צומח)
- מפה טופוגרפית
- מפות של בעלויות ושל שימושי קרקע
- מפות תפוצה כלליות של בעלי חיים
- מידע על תנועת בעלי חיים במרחב או מודל של תנועה זו
- מידע אקולוגי שנאסף בשטח
- נתוני דריסות
- מידע על רשת הכבישים

בטבלה 6.1 שלהלן מתוארים מקורות מידע שונים שיכולים לסייע בהערכה האקולוגית ובעת תכנון אמצעים למיתון ההשפעות ומוצע אופן לשימוש בהם. השימוש המשולב במשאבים אלה לצד השימוש בנתונים על רשת הכבישים ועל נפחי תנועה קיימים וצפויים יקנה דיוק גדול יותר בזיהוי קישוריות קיימת ואפשרית ובגיבוש סופי של בחירת האתרים למעברים. מרבית מקורות המידע המובאים בטבלה משמשים באופן טוב יותר ברמה הממוקדת של הפרויקט, אך חלקם יכולים לשמש גם להערכה מערכתית.

טבלה 6.1: שכבות מידע ומפות שאפשר להסתייע בהן לשיפור הקישוריות לבעלי חיים ולתכנון אמצעים למיתון ההשפעות

סוג מפה/מידע	השימוש במידע
תצלום אוויר	ברמת הפרויקט - יכול לשמש לזיהוי טיפוס צומח ופעילות אדם. יכול לסייע בהגדרת פוליגונים של כתמים מטיפוסים שונים, ולסייע בהבנת הפריסה המרחבית של בתי גידול שונים ובהבנת הקישוריות האפשרית הקיימת ביניהם. פורמט אורתופוטו הוא השימושי ביותר, אך קיימים גם אחרים. התצלומים זמינים ברזולוציות שונות (עד 2 מ'). בחלק מהמקרים יש תצלומים זמינים בגופים ממשלתיים (כמו משרד הפנים) ובחלקם יש להזמין תצלום באופן מיוחד. ברמת הנוף - מידת היעילות של השימוש בתצלום אוויר תלויה בקנה המידה המרחבי הנדון. בקנה מידה גדול השימוש במקור מידע זה עלול להיות לא-פרקטי. הדמיות לוויין או אמצעים אחרים של חישה מרחוק יכולים להיות תחליף טוב ולאפשר עיבודים ממוחשבים ברמה אזורית וארצית.
מפת כיסוי צומח	מסייעת לזהות טיפוס צומח עיקריים כמו יער וחורש, שטחי גריגה ובתה, שטחים עשבוניים. מסייעת באפיון כתמים של בית גידול ופזרום המרחבי ובהגדרת אפשרויות הקישוריות והרישות האקולוגי (ecological networking). שכבות תכסית כלליות זמינות במרכז למיפוי ישראל (מפ"י). במרכז המידע הגאוגרפי-אקולוגי של רשות הטבע והגנים (רט"ג) יש מיפוי חלקי של חברות צומח ים-תיכוני וכן מיפוי ליתולוגיה. מיפוי חברות קרקע מצוי במשרד החקלאות. חלוקה לאזורים גאואקלימיים מצויה בשירות המטאורולוגי ויכולה לסייע לבחינה ברמה מערכתית.
מפה טופוגרפית	מופיעה כחלק משכבות התכסית של מפ"י. מידע על שיפועים, קווי רכס, קרקעית עמקים, ניקוז ומאפיינים טופוגרפיים אחרים מסייעים לזיהוי מסדרונות תנועה ובתי גידול לבעלי חיים. במיפוי התכסית נכללים גם כבישים, קווי מתח ומאפייני פיתוח אחרים שחלקם מהווים מחסום לתנועת בעלי החיים. מידע זה משמש בעיקר ברמת הפרויקט. מיפוי התכסית במפ"י כולל גם נחלים, עצים בודדים וקבוצות עצים שמסייעים לאפיון ערוצי תנועה אפשריים של בעלי החיים.
בעלויות ושימושי קרקע	מידע כללי על שימושי קרקע, ובמיוחד שימושים חקלאיים, זמין בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס) ובמפ"י. מיפוי שטחי מרעה מבוסס כיום על נתונים חלקיים ולא בהכרח מעודכנים, ויש צורך להצליב בין הנתונים ממשרד החקלאות לבין אלה ממפ"י ולאמת נתונים מהמצב הדינמי בשטח. כדי לכלול את מלוא טיפוס ההפרעות הצפויות במרחב רצוי לבחון גם את מפת שטחי האימונים של צה"ל. מידע על בעלויות ועל ניהול השטחים בפועל הוא מפתח להצלחת האמצעים למיתון ההשפעות. רצוי לבדוק אם יש נתונים על שטחים פתוחים מגודרים - במשרד החקלאות, במשרד להגנת הסביבה או ברט"ג. מיפוי של יישובים ושל מבנים, כולל מבנים חקלאיים שיכולים להוות מחסומים לתנועה מצוי בלמ"ס, במפ"י ובמשרד להגנת הסביבה.
שטחים מוגנים ושטחים בעלי רגישות לפיתוח	שכבת שמורות טבע וגנים לאומיים, שכבת יערות קק"ל, שכבת רגישות שטחים פתוחים, שכבת רגישות חטיבות הנוף - אלה מצויות בידי המשרד להגנת הסביבה. הנתונים מסייעים לאתר שטחים שיש להימנע מלחצותם ושטחים שחשוב למקם בהם אמצעי מיתון המשפרים את הקישוריות.
נתונים סטטוטוריים בקני מידה שונים	תכניות מתאר ארציות ומחוזיות מסייעות לאפיון שימושי קרקע ומחסומים במרחב - כיום ובעתיד. מידע רב זמין באתר מינהל התכנון במשרד הפנים.
שכבת גופי מים ונחלים	שתי שכבות נפרדות בשכבת התכסית של מפ"י. מיפוי מעיינות מצוי בנציבות המים. מיפוי נחלים, מעיינות וגופי מים אחרים מצוי ברט"ג. בתי גידול לחים הם רגישים ובעלי עדיפות לשימור, וערוצי הנחלים מהווים ערוץ תנועה מועדף למינים רבים של בעלי חיים.
מפת בתי גידול לבעלי חיים	לא קיים מיפוי זמין של בתי גידול כיוון שאין הגדרות מוסכמות ואחידות של טיפוס בתי גידול. מיפוי כזה אפשר לייצר בעזרת צירוף של מיפוי תכסית (למשל מיפוי תכסית צומח) ופענוח אורתופוטו. שימוש במיפוי כזה לצד מודלים על התאמת בית גידול למינים או לקבוצות מינים מסוימים יכול לאפשר לזהות בתי גידול עיקריים של מיני יעד של בעלי החיים. מפות ספציפיות למיני בעלי חיים אחדים ומפות תפוצה של מינים זמינות גם בחברה להגנת הטבע ובפרויקט BIOGIS באוניברסיטה העברית.
מודל תנועה של בעלי חיים	לא קיים כיום. אפשר להכין מודל ממ"ג תאורטי כללי, הדומה למפת בתי גידול אך ספציפי יותר ומכוון למקומות במרחב שבהם בעלי החיים צפויים יותר לנוע. חוקי קבלת ההחלטות במודל כזה מבוססים על סקרי שטח, על ידע כללי קיים, על מידע מומחים או על מחקרים אמפיריים המשלבים מידע על אקולוגיה של המינים והתנהגותם עם מידע על מידת ההתאמה של כתמים בנוף לצורכי מין כלשהו. אם קיים מידע כזה, לרוב הוא יהיה זמין ברמה מקומית בלבד.

סוג מפה/מידע	השימוש במידע
נתונים אקולוגיים מהשטח	סקרי שטח ברזולוציה מקומית, מידע ממעקב טלמטרי, לכידות, מעקב אחר עקבות וסימונים אחרים - כל אלה יכולים לסייע באיתור מיקום מומלץ למעברים על סמך הפעילות של בעלי החיים בשטח נתון.
נתוני דריסות	לגבי רוב שטח הארץ לא קיימים נתונים שנאספו באופן סיסטמטי. לגבי מקטעי כביש מסוימים וספורים קיים מידע שנאסף בתקופות זמן מתמשכות אך שונות. אפשר להשתמש במידע לצרכים מקומיים. קשה עדיין להשוות בין נתונים ומקטעים בקנה מידה אזורי או ארצי. על הסקת מסקנות מנתוני דריסות ראו בהתייחסות למידע הפיזי בסעיף 6.2.3.
רשת הכבישים	מידע דיגיטלי מקומי ואזורי זמין במפ"י או בחברה הלאומית לדרכים. ברמת הנוף - מידע ארצי זמין דרך מפ"י או בחברה הלאומית לדרכים.

6.2.2 שכבות ממ"ג

ניתוח ממ"ג הוא כלי תכנון שנעשה בו שימוש גובר והולך בעולם ואף בישראל לתכנון תחבורה וממשק משאבי טבע. הניתוח יכול להיעשות בקני מידה מרחביים שונים החל ברמת הפרויקט והמשך ברמה אזורית או אף ארצית (ראו דוגמאות בפרקים 3 ו-4). רבים ממקורות המידע שפורטו לעיל זמינים כשכבות ממ"ג אצל גופים שונים. שכבות אלה אפשר להצליב באמצעות טכנולוגיית הממ"ג ולשלבן במודלים ובמערכת ניתוח וקבלת החלטות מבוססת-ממ"ג.

הערכות על מיקום מתאים למעברים שנעשו ברמה מערכתית אינן מתאימות לזיהוי ספציפי של מיקום ברמת הפרויקט בשל הבדלים בשיקולים, כגון דפוסי תנועה בקנה מידה מרחבי גדול לעומת שיקולים טופוגרפיים והנדסיים מקומיים. עם זאת, הערכת קישוריות הנעשית ברמה מערכתית יכולה לסייע לקבוע סדרי עדיפות ולמפות בשטח נרחב קונפליקטים בין מיקום כבישים לבין צורכי בעלי החיים. השלב שלאחר זיהוי הקונפליקטים, הוא נקודת התחלה טובה לדיאלוג בין אנשי התחבורה, אנשי התכנון המרחבי, אנשי שמירת הטבע וההגנה על הסביבה ובעלי עניין נוספים לצורך גיבוש תכניות משותפות למיתון ההשפעות לטווח הקצר ולטווח הארוך.

קביעת המיקום הספציפי של מעברים תיעשה לרוב ברמת הפרויקט או לאחר סקר שדה יסודי שנעשה לצורך הערכה מערכתית נרחבת יותר. בכל אחד מהמקרים השיקולים לקביעת מיקום למעבר כלשהו מתחילים בקביעת מיני היעד (ראו פירוט בפרק 7). בלא קשר לשיטות שמשמשות לזיהוי האתרים הפוטנציאליים, חשוב ביותר לערוך סיוורם בשטח באתרים אפשריים למיקום מעברים.

להלן שיטות שונות המשמשות לזיהוי המיקום המתאים למעברים:



איור 6.13: המידע המרחבי הזמין בישראל על מיני בעלי חיים שונים אינו רב ואינו אחיד באיכותו: אף היכולת לאסוף מידע על מינים שונים במרחב הרלוונטי לפרויקט אינה זהה והמסגרת המוקצה לאיסוף המידע בהליך תסקירי מקובל אינה מאפשרת להשיג הערכות הנשענות על מידע מדעי מקיף. לפיכך, כדי למקד את המאמץ לאיסוף הנתונים חיוני לאפיין מיני יעד. דוגמאות למיני יעד אפשריים: (א) חרדון-צב מצוי; (ב) קרקל. (צילום: דותן רותם)

מידע פיזי

מידע פיזי מאפשר לקבל תמונה מדויקת יותר על אופי התנועה של בעלי החיים במרחב, על אופי הקישוריות, על מקומות שחשוב לשמר בהם את הקישוריות ועל מקומות שיש לנקוט בהם אמצעים למיתון ההשפעות השליליות. השגת מידע זה מצריכה עבודת שדה לא מעטה, אך עם זאת הצלבה בין נתונים מאפשרת לדייק את כמות האמצעים הנדרשים ואת מיקומם. לעתים יסומן בתכנית מקטע המגדיר תחום חיפוש מתאים למיקום מעבר, ואילו מיקומו המדויק ותכנונו של המעבר ייקבעו בשלב התכנון המפורט, ואז ההכרח לדייק יחייב איסוף מידע נוסף ברמה נקודתית (איור 6.13). לקבלת מידע פיזי אפשר להשתמש במקורות מידע ובשיטות שלהלן:

(1) **נתונים על דריסות:** באופן אינטואיטיבי נראה שריבוי דריסות במקום מסוים מצביע על כך שראוי למקם בו מעבר, אך נתונים ממחקרים שונים מראים כי המקומות שבהם מרוכזות דריסות אינם בהכרח חופפים לנתיבי התנועה המועדפים של בעלי החיים או לאתרים שבהם בעלי החיים יכולים לחצות את הכביש בבטחה. מתברר כי גורמים רבים הקשורים בכבישים, בשימושי השטח ובפעילות אדם בשטחים סמוכים יכולים להביא לכמות דריסות גדולה. השימוש בנתוני דריסות בלבד נותן מבט מוגבל בלבד על אופי התנועה של בעלי החיים, ולכן יש להצליבו עם מיפוי קישוריות בתי גידול או מודלי תנועה. עם זאת, נתונים על דריסות יכולים להצביע על מקטעים שבהם ייתכן שיש צורך בגידור.

(2) **מידע ממעקב טלמטרי:** טלמטריה שימשה בעולם לתיאור מקומות שבהם הכביש נחצה בהצלחה. המידע נאסף באמצעות מעקב וניטור אינטנסיבי של תנועות פרטים ממושדרים. מידע מדויק יותר זמין כיום באמצעות שימוש במכשירי מעקב מבוססי GPS או מבוססי לוויין. שיטות מעקב לווייני מעניקות מידע איכון תכוף ומדויק יותר מאשר שיטות מבוססות משדרי רדיו. שילוב זה של פן מחקרי הוא חיוני לעתים, אך לרוב הוא מוגבל למעקב אחר מספר פרטים קטן במרחב, ויש לבחון אם תנועת הפרטים אמנם מייצגת את תנועת מרבית האוכלוסייה בנוף, עניין התלוי ביולוגיה ובהתנהגות של מין היעד.

(3) **לכידה-סימון-לכידה חוזרת:** באמצעות לכידה של פרטים ממין יעד, שחרור הפרטים באתר הלכידה או באתר שאליו הועתקו ולכידה חוזרת אפשר לזהות פיזור ודפוסי תנועה באוכלוסייה. בשיטה זו נעשה לרוב שימוש כשמתעורר הצורך לסקור בעלי חיים קטנים כמו מכרסמים. השימוש בשיטה פוחת עם פיתוח שיטות מחקר פולשניות פחות.

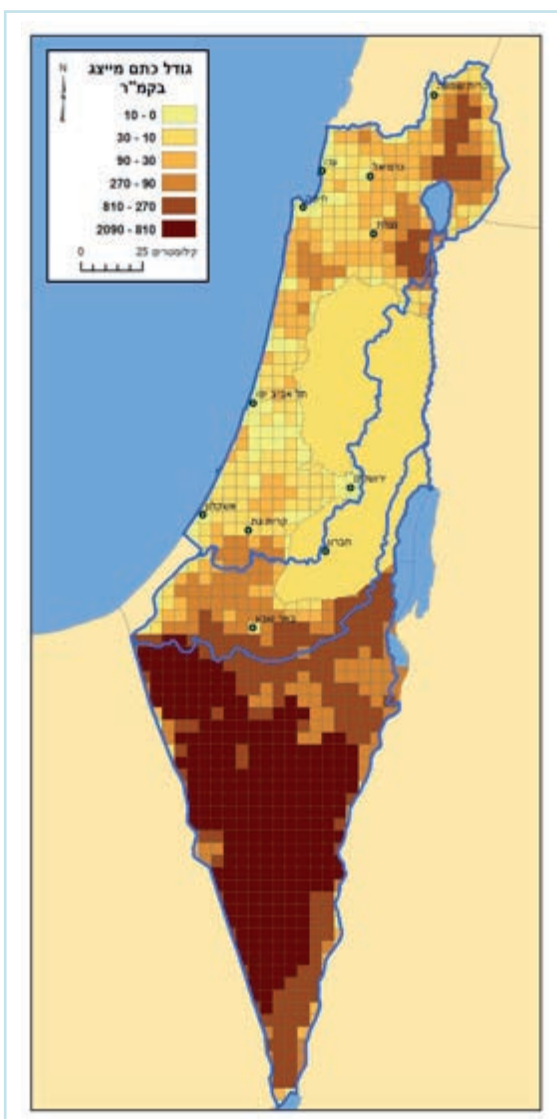
(4) **מעקב אחר עקבות לצד הכביש:** באזורים שבהם אפשר לראות בבירור ולמרחק מסוים עקבות על הקרקע בסביבת הכביש (כמו חולות לא מיוצבים/מיוצבים למחצה או במקומות שבהם הקרקע מעט בוצית או מכוסה זמנית בשלג), נסיעה אטית לאורך שולי הכביש תוך חיפוש עקבות מאפשרת לאתר נקודות שבהן בעלי חיים חוצים את הכביש. אפשר לשלב זאת עם יצירה מלאכותית של פסי טשטוש לאורך צדי הכביש כדי לאתר נקודות חצייה. נתונים מקדמיים שנאספים לפני התחלת פרויקט יכולים לשמש כדי לקבוע את משך הניטור הנדרש לאחר השלמת הפרויקט וכדי לזהות אם היה שינוי משמעותי בשיעורי החצייה לאחר ההקמה.

(5) **צילום:** למערכות מצלמות יש בעיות מובנות משלהן, ולא הוכח שהן מקור מהימן להשגת מידע על נקודות שבהן בעלי החיים חוצים למעשה את הכביש. בעיות אלה קשורות ליכולת הגילוי המוגבלת של המצלמות (טווח מוגבל, ותלות במהירות התנועה ובגודלו של בעל החיים). עם זאת, אפשר להשתמש במידע המצולם ב"פתיונות/מלכודות" מצלמה להבנת הפיזור המרחבי של מינים מסוימים של בעלי החיים והשפעה היחסית שלהם: נקודות דגימה שבהן מצלמות אפשר למקם במסדרון הכביש במבנה גריד קבוע (מצלמות הממוקמות במרחקים קבועים זו מזו במרחב ומטרתן לדגום נוכחות ותנועה של בעלי חיים במרחב זה), או להשתמש בגישת דיגום דומה שתניב מידע מרבי עבור מאמץ דגימה נתון (למשל מיקום מצלמות במקומות שיש בהם סימנים של נתיבי תנועה). אפשר למפות פיזור מרחבי על ידי ריכוז נתוני נוכחות בלבד שנאספו במצלמות שונות. כיוון שלרוב אי אפשר לזהות פרטים מסוימים שצולמו, קביעת השפע היחסי בשיטה זו היא בעייתית יותר.

(6) **מיפוי גנטי:** בדומה למלכודות מצלמה, שימוש בדגימה לא-פולשנית האוספת שיער פרווה לצורך אנליזת דנ"א תהיה פרקטית אם תיעשה במשבצות בגריד דגימה צפוף, או אם תמקד את המאמצים בקנה מידה קטן (למשל יונקים בגודל בינוני). טכניקה זו יכולה להניב רק מידע כללי על מיקומים אפשריים למעברים. שלא כמו נתונים ממצלמות מעקב, נתונים מניתוח דנ"א יכולים לתת הערכה על גודל אוכלוסייה מקומית ולזהות פרטים, את מינם ואת מידת קרבתם הגנטית.

מודל תנועה מבוסס-ממ"ג

מודלי ממ"ג בקנה מידה מערכתי משמשים לזיהוי אזורי מפתח לקישוריות בתי גידול, להערכת מידת הקיטוע של בתי גידול הנובעת מפעילות בני אדם ולזיהוי אזורים שבהם כבישים מהירים חדירים יותר לתנועת בעלי חיים. מודלים שמדמים תנועה של בעלי חיים נוטים להשתמש ב"פונקציות בחירה של משאבים" הממפות את איכות בית הגידול. המודלים מושתתים על חוקים לקבלת החלטות המאפשרים לבצע סימולציה של תנועת בעלי החיים בהתבסס על איכות בית



איור 6.14: מודל ממ"ג הממפה פריסה ארצית של רציפות שטחים פתוחים: מודל זה פותח בעקבות מודל הנקרא Effective Mesh Size והוא מתאר את גודל הכתם המייצג שבו יש לבעלי חיים אפשרות תנועה חופשית במרחב. צבע חום מלמד על רצף שטחים טבעיים וצבע צהוב – על קיטוע קיצוני (מקור: ג'ון וודקוק עבור דוח מצב הטבע 2010)

הגידול ועל האופן שבו בעלי חיים יכולים לנוע בתוך הנוף (ראו איור 6.14). הנתונים המשמשים לבניית "שכבת בית הגידול" במודלים כאלה מבוססים על כמה טיפוסים מידע שעוסקים בתפוצת בעלי חיים, בעיקר כאלה שהושגו במעקב טלמטרי, אך יכולים להישאב גם משיטות אחרות לחקר אוכלוסיות בעלי חיים, כמו דגימות גנטיות, מעקב עקבות, סקר אקוסטי או שימוש בכלבים לאיתור גללים. בלא קשר לשיטה שבה הושג המידע הבסיסי, יש לבחון את יכולת המודלים לנבא מיקומי חצייה ולהצליבם עם מידע אמפירי כמו נתוני דריסות, נתוני מעקב טלמטרי, תצפיות, סקר בחתכים מוגדרים וכו'.

6.2.4 בהיעדר נתונים

לעתים קרובות אין די מידע לצורך תכנון מיקום של מעבר. במקרים כאלה יש לשקול כמה אפשרויות:

1) מודל בתי גידול מבוסס-מומחה: אפשר להשתמש במידע ממומחים כדי לפתח בפרק זמן קצר יחסית מודל קישוריות פשוט בעל כושר חיזוי. מודל כזה יתבסס על ניסיונם של המומחים ועל המידע שבידיהם או על מיטב המידע הכמותי הזמין בספרות המקצועית באותה נקודת זמן, וקיימות שיטות אחדות לעשות זאת. מידע ממומחים שימש בהצלחה לזיהוי אזורי מפתח לקישוריות של בתי גידול ולמיקום מעברים ייעודיים.

היתרונות של השיטה הם: (א) מהירות הביצוע; (ב) מידת הלגיטימיות והמידה שבה יתקבלו ההחלטות בקרב ציבור רחב יכולות להיות גבוהות אם ההחלטות מבוססות-קונסנזוס; (ג) אפשר לבחון את השיטה סטטיסטית וביולוגית לצורך זיהוי מיקומים ולקביעת סדרי עדיפות; (ד) תוכנת ממ"ג המסייעת בזיהוי האתרים החשובים לקישוריות היא זמינה יחסית.

המגבלות העיקריות של השיטה הן: (א) הערכות המומחים הן במיטבן כשהן מתמקדות בקבוצות טקסונומיות מוגדרות; (ב) כמו במודלים אחרים, ההערכות הן במיטבן לאחר הצלבה עם נתונים מהשטח; (ג) זהות המומחים ושקיפות התהליך יכולה להשפיע על טיב התוצר.

2) הערכה מהירה: הערכה מהירה נעשית על ידי כינוס מומחים בתחום נתון וקבלת חוות דעתם. התהליך שונה ממודל בתי גידול מבוסס-מומחה בכך שבהערכה מהירה לא נעשה ניתוח כמותי של ההערכות או בנייה של מודל. בתהליך זה המומחים מגיעים לקונסנזוס בדבר החלטות על מיקום של מסדרונות, שלדעתם הם מסדרונות מפתח חשובים במקטע נתון של דרך. יתרונות השיטה דומים ליתרונות מודל בתי גידול מבוסס-מומחה, ויכול להיות להם מיקוד טקסונומי נרחב יותר.

החסרונות העיקריים של השיטה הם: (א) על פי רוב חסרים קריטריונים מוגדרים המסייעים לבחירת אזורי המפתח; (ב) על פי רוב חסרים גם חוקים להחלטה, לניקוד ולשקלול הגורמים שהתחשבו בהם, והדבר מקשה על זיהוי המיקומים הקריטיים ביותר לטיפול משיקולים ביולוגיים מוצקים ועל גיבוש סדרי העדיפות לטיפול בהם. בהיעדר קריטריונים וחוקים מוגדרים להחלטה אפשר למצוא שמקטעים רבים של הכביש יסווגו "קריטיים" בעוד שלמעשה היה ראוי לזהות את הקישורים החשובים ביותר מהבחינה האקולוגית, לסווגם לפי סדר עדיפות ולקדם את הטיפול בקבוצה קטנה ומובחנת מתוכם. בשיטה זו לרוב אין נוהגים להצליב הערכות עם נתונים שנאספו בשטח.

3) ידע מקומי: בנופים שבהם מספר מקומות החצייה מוגבל, מידע מקומי של תושבים המכירים את האזור זמן רב יכול לסייע בתכנון של מיקום מעברים. מעורבות הציבור בתהליך אינה רק חלק מיחסי ציבור טובים אלא גם מאפשרת לבעלי עניין להשתתף בתהליך ולתרום לו פן חיוני. בצפון אמריקה מגובשות כיום מבחינת המתודולוגיה המחקרית גישות המעודדות השתתפות ציבורית אקטיבית גם באיסוף מידע על תנועת בעלי חיים ודריסות בכבישים.

4) מידת ההתאמה של שימושי קרקע סמוכים: שימושי השטח הסמוכים לתשתית, כיום ובעתיד, ומידת התאמתם לנוכחות ולמעבר של בעלי חיים הם מהגורמים החשובים ביותר בקביעת מיקום מעברים. מעברים יתפקדו כהלכה רק אם אסטרטגיות הממשק הנוגעות לשטחים הסובבים יכללו את כל מרכיבי המפתח בנוף (אנושי, טופוגרפיה, משאבי טבע, תחבורה). כיוון שמעברים לבעלי חיים הם למעשה מסדרונות תנועה מאוד ממוקדים מרחבית, יש לבחון את האסטרטגיות למזעור ההשפעות בשני קני מידה: (א) השפעות ברמה נקודתית הנגרמות מפיתוח או מהפרעות שנובעות מפעילות אנושית הסמוכה למעברים ועלולה לחסום ולהגביל את השימוש של בעלי חיים בהם; (ב) שינוי במרכיבי הנוף בקנה מידה נרחב יותר, אפילו אזורי, יכול לשבש תנועה לכיוון המעברים ולמנוע מבעלי החיים שימוש בהם.

התיאום בין ממשק השטח והשימוש בו לבין אנשי תחבורה ואנשי שמירת הטבע יכול לפתור סוגיות אלה בשני קני המידה האמורים. אם אנשי התחבורה מספקים מעברים נאותים אך אנשי הממשק הסובב אינם מצליחים לייצר סביבה מתאימה לשימוש במעברים, ובדומה לכך – אם נעשה מאמץ להבטיח את השימוש המתאים בשטחים הסובבים אך אנשי התחבורה לא הצליחו לספק מבנה מתאים למעבר בעלי חיים – בין כך ובין כך, התוצאה היא בזבוז משאבים כספיים על אמצעים לא יעילים.

באיסוף המידע ובקבלת ההחלטות חיוני להתחשב בהקשרים של מרחב וזמן הנוגעים למערכות אקולוגיות. כמו מבנה גשר, תוחלת החיים של מבנה מעבר לבעלי חיים היא 75-80 שנה, לכן פיתוח אסטרטגיות סביב שימושי קרקע אינו מסתיים בתהליך ההקמה; הוא מצריך מעורבות ברמה המקומית והאזורית כדי לוודא שהמעברים ימשיכו לתפקד למשך זמן רב. כיוון שמיתון השפעות של כבישים הוא תהליך ארוך-טווח שייארך עשרות שנים וישפיע על פרטים ועל אוכלוסיות, יש לתכננו לטווח ארוך, תוך שילוב שיקולים הנוגעים לשמירת הטבע סביב תשתית הולכת ומתפתחת ונוף הנמצא בשינוי מתמיד (ראו גם סעיף 4.5).

6



צבי ישראלי. (צילום: דורון ניסים)

7. מעברים לבעלי חיים ופתרונות טכניים אחרים

הגישה הכללית	7.1
צמצום אפקט החיץ: מעברים עיליים	7.2
צמצום אפקט החיץ: מעברים תחתיים	7.3
מניעה וצמצום של תמותת בעלי חיים ושל אפקט החיץ	7.4
צמצום אפקט החיץ ותמותת בעלי חיים: פתרונות נוספים	7.5

בפרק זה מוצג "ארגז כלים" – מערך של אמצעים שיכולים לשמש למיתון השפעות הקיטוע של בתי גידול. מרבית האמצעים מיועדים לצמצום אפקט החיץ ולהגברת הקישוריות על ידי יצירת רצפים ומעברים לבעלי חיים מתחת מפלס הכביש ומעליו. אמצעים אחרים מיועדים למניעת תמותה של בעלי חיים ולצמצומה על ידי הכנסת שינויים בתשתית עצמה ובגבול שבינה לבין השטח הפתוח. על פי רוב בוחרים להשתמש במשולב בכמה אמצעים משלימים, בהתאם לצורך הנובע מההקשר המקומי.

7.1 הגישה הכללית

7.1.1 איך להשתמש בפרק זה

תיאור אמצעי המיתון

פרק זה מתאר אמצעים טכניים ספציפיים (mitigation measures) המיועדים למזער ולמתן את ההשפעות השליליות של קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות התחבורה (ראו פרק 3). כל אמצעי למיתון השפעות הקיטוע שמופיע בפרק זה כולל תיאור כללי של האמצעי ומידע לתכנון המפורט, המלצות להתאמות של מרכיבי התשתית שמיועדות להגביר את השימוש באמצעי המיתון על ידי בעלי חיים, ולבסוף נקודות לתשומת לב מיוחדת. פרטי תכנון נוספים מובאים אם יש להם חשיבות מיוחדת להבטחת התפקוד של אמצעי המיתון.

עם זאת, מדריך זה אינו מתיימר להציג הנחיות תכנון מפורטות למהנדס ולאדריכל הנוף (מהמידע שלהלן אפשר לגבש הנחיות תכנון או לגזור הנחיות מפרטיות. אין כאן ניסיון ליצירת פרטים עקרוניים מנחים מלווים במפרט טכני כיוון שלכל פרויקט דרושות התאמות ספציפיות). יש ארצות אחדות שפורסמו בהן מדריכים המציגים מידע מפורט יותר (ראו נספח 10.2).

מצב הידע הקיים

אמצעי מיתון מסוימים נבדקו היטב והצטבר לגביהם ידע לא מבוטל. אמצעים אחרים הם חדשים יותר ונתונים עדיין בשלבים של פיתוח וניסוי. כמות המידע המוצג לכל אמצעי משקפת פער זה, ומביאה את הידע והניסיון העדכני, לעתים בשונה מהמלצות שהופיעו במדריכים מוקדמים יותר, או מתוך שאיפה להתאימם לתנאים הייחודיים בישראל. כמה מהאמצעים שעדיין מצויים בשימוש נרחב בעולם נמצאו כלא-יעילים. לעתים הם מוזכרים בטקסט אך לא מוצגים לגביהם פרטי תכנון כיוון שהשימוש בהם אינו מומלץ עוד.

מבנה הפרק

פרק זה אינו מיועד לקריאה נפרדת. מיתון השפעות הקיטוע של בתי גידול מתחיל בתכנון כללי של תשתיות, שבו להימנעות מקיטוע ניתנת עדיפות ראשונה. חשוב שהשימוש באמצעי מיתון מסוים יהיה חלק קטן מפתרון אינטגרטיבי (משולב וכוללני). לכן, לפני שניגשים לתיאור המפורט של אמצעי מיתון כלשהו, רצוי לעיין בפרקים 4-6 ולהכיר היטב את הגישה הכללית לתכנון המכוון למזעור הקיטוע והשפעותיו.

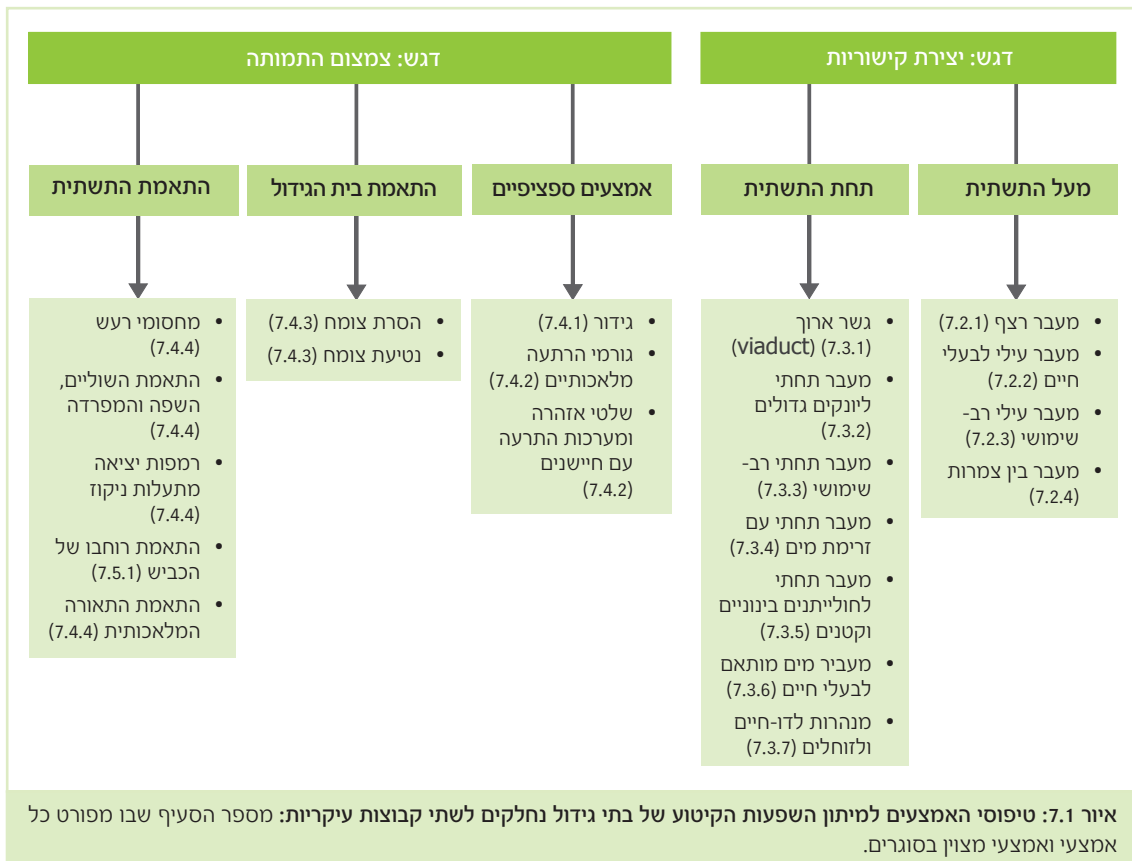
בסעיפים 7.1.2-7.1.8 מוצג מידע בסיסי על טיפוסים האמצעים, על תפקידם, על הקשר בין השימוש באמצעי מיתון שונים ועל האופן שבו יש לבחור את המתאימים ביותר מביניהם. אמצעים שונים אמנם מתוארים בנפרד לשם הבהירות, אך פעמים רבות נדרש לצרף ביניהם. בסעיפים 7.2-7.3 מתוארים טיפוסים המעברים השונים: סעיפים אלה מתמקדים במעברי רצף ובמעברים לבעלי חיים מכיוון שהם האמצעים הייעודיים לצמצום אפקט החיץ של התשתית ולהגברת חדירותה (infrastructure permeability). סעיפים 7.4-7.5 מציגים טווח של אמצעים משלימים נוספים המיועדים למיתון השפעות הקיטוע ולצמצום התמותה.

7.1.2 טיפוסים אמצעים ותפקודם העיקרי

יצירת קישוריות לעומת צמצום התמותה

האמצעים לצמצום קיטוע בתי גידול ולהגנה על בעלי חיים לאורך תשתיות תחבורה נחלקים לשתי קבוצות ראשיות לפי תפקודם העיקרי (איור 7.1):

- **יצירת קישוריות:** אמצעים אלה מצמצמים את הקיטוע במישורין ומגבירים את הקישוריות. הם כוללים מעברי רצף אקולוגיים ומעברים לבעלי חיים (עיליים ותחתיים) המספקים אפשרויות למעבר בין בתי גידול שנפגעו מפיתוח תשתיות תחבורה ומהפעלתן.
- **צמצום התמותה:** אמצעים אלה מצמצמים את התמותה הכרוכה בפעילות התחבורה, תוך שיפור בטיחות הנסיעה לנוסעים, וכך מקטינים את ההשפעה של תשתיות תחבורה על אוכלוסיות בעלי חיים.



יש לזכור כי תמותה ואפקט חיץ אינם משפיעים באופן זהה על אוכלוסיות בעלי חיים. לא פעם השפעות התמותה ניכרות כבר לאחר דור או שניים, ואילו השפעות החיץ ואבדן הקישוריות יתבטאו רק לאחר כמה וכמה דורות.

צמצום התמותה מסייע לרוב באופן ברור וגלוי יותר לשמור על אוכלוסייה ברמה המקומית. הדבר נכון במיוחד כשמדובר ביונקים גדולים או בינוניים, שצפיפותם במרחב נמוכה, שקצב רבייתם נמוך והם בעלי זמן דור ארוך יחסית. אמצעים המתוכננים לצמצם את תמותת בעלי החיים כוללים גם התאמה של מבנים הנדסיים שעלולים להיות מלכודת מוות לבעלי חיים, במיוחד לבעלי חיים קטנים, כמו מערכות ניקוז, תעלות וחפירות לאורך כבישים.

צמצום אפקט החיץ באמצעות תכנון והקמה של מבני מעבר לבעלי חיים יכול לעודד חילוף פרטים משני צדי הכביש בהיקף מספק, לאפשר לפרטים גישה למשאבים חשובים ולהגביר את חיוניות האוכלוסיות. עם זאת, שתי השאלות (א) באיזו מידה נדרשת תנועה בתוך אוכלוסייה (וב) מה מהווה מחסום לקישוריות הן שאלות שקשה לענות עליהן, במיוחד כשמדובר במינים נדירים שהתנהגותם בהקשר זה מוכרת פחות. אפקט החיץ יכול להיות קריטי גם לקיומה של אוכלוסייה מקומית קטנה ומבודדת הנתונה בסכנת הכחדה מחמת קטסטרופות שונות שאינן קשורות בהכרח לקיומה של התשתית או מחמת ההשפעה המשולבת של קטסטרופות כאלה ושל תמותה ישירה שנובעת מהיפגעות בכבישים התוחמים את תחום מחייתה של האוכלוסייה (ראו פרק 3). תכנון מפורט נכון של מעברים לבעלי חיים מאפשר לקיים בחלק מהמעברים גם תנועה של מרכיבים נוספים של המערכות האקולוגיות שמקיפות את התשתית, כמו מגוון רחב של מיני אורגניזמים, ובכללם חלקי צמחים ויחידות רבייה והפצה שלהם, מעבר של חומרים ושל אנרגיה. השימוש במעברים לבעלי חיים מצריך לרוב נקיטת אמצעים משלימים, אחד או יותר, למשל גידור או הוספה של פתחי מילוט. כמו כן, חשוב לזכור כי הפרעות הנוספות מכבישים וממסילות ברזל יכולות לתרום במידה ניכרת להשפעות של קיטוע בתי גידול על בעלי חיים וצמחים (ראו פרק 3), ומאחר שכך, רצוי לבחון את האפשרות לשימוש באמצעים לצמצום הפרעות (כגון רעש, תאורה וזיהום כימי, ראו סעיף 7.4) לצד שימוש באמצעים אחרים שנועדו לצמצם אופנים שונים של זיהום והפרעה מתחבורה.

לעתים ההבחנה בין אמצעים לצמצום התמותה לבין אמצעים לצמצום אפקט החיץ מטושטשת: אמצעי מיתון יכולים לשרת בעת ובעונה אחת את שני התפקודים, ולעומת זאת – לאמצעי מיתון המשרת תפקוד מסוים עלולה להיות השפעה שלילית נלווית על התפקוד האחר. כך למשל, גידור הוא אמצעי טוב לצמצום מספר ההתנגשויות בין יונקים גדולים לבין כלי רכב, אך בה בעת הוא מגביר את הקיטוע של בתי הגידול. מתוך כך אפשר לראות בגידור אמצעי למיתון השפעות הקיטוע רק כשהוא משמש לצד מעברים לבעלי חיים שמפצים במידת מה על אפקט החיץ השלילי שהוא יוצר. דוגמה אחרת היא מעברים תחתיים המתוכננים היטב לתנועת לוטרות אך הם גם מקשרים באופן כללי בין בתי הגידול שבין שני צדי הכביש וגם מצמצמים את מספר הפרטים שנדרסים למוות.



אמצעים ייעודיים לעומת מבנים רב-שימושיים

הבחנה נוספת בין טיפוסים אמצעים נוגעת למטרה שלשמה נועד אמצעי הנדסי מסוים. אפשר לתכנן באופן מיוחד מבנה ייעודי שימשך אך ורק למעבר של בעלי חיים ולא יורשו להיכנס אליו בני אדם. מהצד האחר, אפשר לשדרג גשרים, מעברי מים ומבנים הנדסיים אחרים הקשורים לתשתית התחבורה כדי להתאימם למעבר בעלי החיים. בדומה למתואר לעיל בדבר ההבחנה בין אמצעים לצמצום התמותה לבין אמצעים לצמצום אפקט החיץ, גם במקרה זה אין תמיד הבחנה ברורה בין אמצעים ייעודיים למעבר בעלי חיים לבין מבנים רב-שימושיים: מעבר עילי ייעודי לבעלי חיים יכול להשתלב עם שביל יער במקום שבו יערנים צריכים לחצות את התשתית לעתים קרובות או עם שביל למטיילים במקום שבו תנועת בני האדם אינה רבה, במיוחד בלילה.

חשוב לבחון גם את עניין ההקמה של מעברים חדשים לעומת התאמה של מבנים קיימים בהקשר המרחבי והפרויקטואלי: קל יותר מבחינת מסוימות, ובמיוחד מבחינת העלויות הכרוכות, למזער השפעות קיטוע מלכתחילה בעת התכנון והבנייה של תשתיות תחבורה חדשות. שילוב היבט זה כבר בשלבים הראשונים של התכנון ושל ההתוויה יכול להביא למציאת הפתרונות המיטביים להגברת הקישוריות. עם זאת, וכפי שכבר צוין, מרבית תשתיות התחבורה בישראל נבנו זה מכבר וחלקן ישודרגו בעתיד בדרך זו או אחרת. גם במצב זה אפשר למצוא פתרונות לא מעטים שיסייעו לצמצום הקיטוע והנזקים שכבר יצרו בניית התשתית והפעלתה, אף על פי שפתרונות בנסיבות אלה נאלצים להתחשב בהתוויה שאינה המיטבית מבחינת הקישוריות ובאילווצים תקציביים, ניהוליים ותחבורתיים הקשורים למצב הקיים.

איסוף מידע על הבעיות המסתמנות כיום וניתוחו יכולים להנחות את אנשי המקצוע היכן כדאי למקד את המאמצים ובאיזה אופן לסייע בקביעת סדרי עדיפות לטיפול בבעיית הקיטוע הקיים. התאמה של אלמנטים הנדסיים קיימים היא לעתים קרובות הדרך המתאימה והנוחה ביותר לצמצום אפקט החיץ של תשתיות קיימות. רבות מהתאמות אלה אינן יקרות, ויכולות לשפר את חדירות התשתית במידה ניכרת. עוד על כך ראו בסעיפים 7.1.6-7.1.7.

תכנית להפחתת קיטוע קיים בהולנד

צפיפות נתיבי התחבורה ורמת הקיטוע הגבוהה מאוד בהולנד הובילו לגיבוש מדיניות לחיזוק הרשת האקולוגית הלאומית (EHS), שתאריך היעד שלה הוא 2018. את הרשת האקולוגית הגדירו ואפיינו על ידי חיבור בין שטחים פתוחים שונים באיכותם, בהגדרתם הסטטוטורית ובשימושי הקרקע שלהם לבין ערוצי תנועה וזרימה המקשרים ביניהם ברמה הלאומית. מתוך ההגדרות ברמה הלאומית גובשו ברמת הפרובינציות מסדרונות ושטחים לשימור ולטיפוח. כדי להפוך את כיוונו של תהליך הקיטוע (לכיוון דפרגמנטציה) הוגדרו האזורים החשובים לקישוריות ואובחנו האתרים שבהם יש לשפר את הקישוריות, בדומה למתווה המסדרונות האקולוגיים וצווארי הבקבוק שאותרו ברמה הלאומית בישראל.

התכנית הלאומית ההולנדית מעוגנת מבחינה סטטוטורית, ונעשה בה שימוש כדי לייצר קישוריות בקנה מידה אזורי או לאומי בעת הכנת תכניות לתשתיות תחבורה חדשות ולשדרוג תשתיות קיימות. במקומות שבהם תשתיות תחבורה חוצות מסדרונות תנועה שאופיינו כחשובים, מעברים משפרים את הקישוריות ומקטינים את הסיכון לבעלי החיים.

תמונת המצב לשנת 2008 הראתה כי רבות מהבעיות הקשות נפתרו, וכי נותרו עוד 208 אתרים, נקודות מפגש, שבהם נדרש פתרון כפי שהתוותה התכנית. הפתרונות כללו מעל 200 מעברי מנהרה לבעלי חיים קטנים, 10 מעברי רצף שנבנו ועוד כ-25 בהליכי תכנון, ולמעלה מ-200 מבנים הנדסיים שהותאמו למעבר בעלי חיים. המהלך נעשה תוך קביעת סדרי עדיפות ובחינה קפדנית של התשובה לשאלה האם המשאבים הכספיים שהושקעו אכן הניבו את התוצאות המבוקשות. אחד ממעברי הרצף שהושלם ב-2006 ליד העיר Hilversum הוא הגדול בעולם, ורוחבו 800 מטרים.

הגישה שנקטה בהולנד כוללת שני שלבים עיקריים:

שלב 1: חיפוש פתרון המחבר בין הבעיה בממד האזורי לבין פרויקט ספציפי תוך ניהול תקשורת ושיתוף פעולה עם בעלי עניין שונים – מנהלים של שטחים פתוחים, רשויות שונות, ארגונים והציבור הרחב. בתהליך בניית כבישים חדשים נכללים מחקר אזורי וחיפוש פתרונות יצירתיים הכוללים הימנעות, מזעור נזקים ופיצוי אקולוגי.

שלב 2: תכנון מעברים ובנייתם: קבלת החלטה בדבר ממדי המעברים ומיקומם. תהליך התכנון קפדני מאוד, ונעשה בשיתוף פעולה עם בעלי העניין השונים. תקשורת זו מסייעת לצמצום חסמים, ולעתים אף מניבה יתרונות שנוגעים לשיתוף פעולה תקציבי וארגוני המזרז את התהליך ומאפשר פתרונות משולבים, הסכמים על סדרי עדיפות וחלוקת תחומי האחריות.

7.1.3 מעברים לבעלי חיים כחלק מתפיסה כללית של חדירות הנוף

מעברים לבעלי חיים הם מרכיב קטן אך חשוב לקישור בתי הגידול בכך שהם מגבירים את תנועת בעלי החיים על פני תשתיות תחבורה. ברמת הפרויקט – כביש או מסילת ברזל – אפשר לשפר את חדירות התשתית המסוימת על ידי שימוש באלמנטים מקשרים כמו מנהרות, גשרים או מעברים ייעודיים לבעלי חיים. עם זאת, חשוב ביותר שלא לדון בנפרד בעניין מעברים ייעודיים לבעלי חיים ולוודא שכל אלה יהוו חלק מתפיסת חדירות כוללת כיוון שהמטרה העיקרית היא להבטיח את הקישוריות בין בתי גידול בסקלה הרחבה יותר, בתוך אוכלוסיות וביניהן: ברמה האזורית, תפיסה זו מדגישה קישוריות בין בתי גידול ומתחשבת בפזורים המרחבי של בתי הגידול ובמחסומים אפשריים אחרים כמו שטחים בנויים.

אמצעי מיתון, ובמיוחד מעברים לבעלי חיים, הם **חיוניים** אם תשתית תחבורה חוצה כתמים חשובים של בית גידול, אם היא יוצרת מחסום לנתיבי נדידה, ואם אי אפשר להימנע מקיטוע על ידי שינוי התואי (ראו פרקים 3 ו-4). מעברים לבעלי חיים נחוצים במקרים שבהם:

- העברת התשתית גורמת **נזק משמעותי או אבדן** של בתי גידול מיוחדים, חברות או מינים של בעלי חיים.
- כביש או מסילת ברזל משפיעים על **מינים רגישים במיוחד** למחסומים ולהיפגעות מדריסה.
- **החזירות הכללית של הנוף** והקישוריות בין בתי גידול במרחב נפגעת במידה ניכרת בשל פיתוח תשתית התחבורה.
- מעברים לבעלי חיים הם פתרון מתאים **לצמצום אפקט החיץ ברמת המין**.
- אמצעי מיתון שעלותם פחותה **אינם צפויים להיות יעילים**.
- הכביש או מסילת הרכבת **מגודרים לאורכם**.

7.1.4 בחירת האמצעי המתאים

מעברים לבעלי חיים והתאמות לתשתית שמגבירות את האפשרות לתנועה בטוחה של בעלי חיים הם אמצעי המיתון החשובים ביותר ברמת הפרויקט. עקרונות רבים הנוגעים, למשל, למיקום מעברים ולמספר המעברים הנדרשים הם זהים עבור טיפוסים שונים של מעברים, ובסעיף זה נדון במאפיינים הכלליים יותר. בבואנו ללמוד מהניסיון המצטבר לגבי מעברים שכבר הוקמו ותופעלו השאלות שעלינו לשאול הן דומות: איך נראים מעברים? איפה הם נבנו? לאילו מיני יעד כווננו? לאילו טיפוסים כבישים הם נבנו? באילו מאפייני סביבה הם נבנו? האם הם הוכחו כמוצלחים? האם יש מידע על פרטי התכנון המפורט ועל העלויות? האם העיצוב היה מופרז (יקר מדי)? האם הוא לקה בחסר?

שלבי התהליך	
אופן תהליך החיפוש וההחלטה על הצורך במעבר, על טיפוס המעבר ומיקומו ועל הצורך באמצעים נוספים	
<p>(א) לימוד ההיבטים: מה הן המטרות האקולוגיות?</p>	<p>(ב) לימוד המשתנים ואינטגרציה:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ניתוח המידע שנאסף • חיפוש הפתרונות המתאימים ביותר בהתאם למטרות האקולוגיות (הקריטריונים הם מיני היעד וערכיות בית הגידול) ובהתאם לאילוצים הנובעים מהטופוגרפיה, מאופי הסביבה, ומהיבטים טכניים וכספיים • קביעת סדרי עדיפות • בחירה של "סל" פתרונות
<p>הבנת המערכות האקולוגיות במרחב</p> <ul style="list-style-type: none"> • אילו מערכות אקולוגיות ובתי גידול קיימים באזור? מה מצבם? • נוכחות מינים מוגנים או מינים בסכנה • באילו מבתי הגידול חשוב יותר לשפר קישוריות ולשמר תהליכים חרימה? • מהו המצב המרחבי המסוים ומה הן הבעיות הנובעות ממנו? מה אופי החיץ? • הבנת סוג המחסום (רוחב, גובה ועצמות התנועה בו) • האם השטחים הפתוחים מקוטעים לכתמים? מהו פיזור המרחבי? • האם יש מחסומים נוספים בין שטחי פעילות שונים של מין כלשהו (למשל אזורי לינה ואזורי שיחור מזון)? • האם נדרש ניתוח ברמת המערכת האקולוגית, ברמת המין או בשתי הרמות גם יחד? למי מיועדים הפתרונות? • מי הם מיני היעד או קבוצות היעד? • איך מיני היעד משתמשים במרחב (איפה הם חיים ואיך עוברים)? • אילו מינים נוספים יכולים להפיק תועלת מהפתרונות? 	<p>מידע מרחבי נוסף שנכלל בעת תכנון מפורט של "סל האמצעים":</p> <ul style="list-style-type: none"> • סוג התכנית ושימושי השטח בסביבה (בעיקר לגבי חקלאות ונופש) • אדמה, מים, גאומורפולוגיה וזיהום • תפקודים נוספים של כביש (כמו תיעול זרימת מים לכיוון אחר) • שטחים מוגנים וערכי נוף, ארכאולוגיה ומורשת • בעלות על השטח, בינוי, שטחים סגורים; תשתיות חשמל, גז וכו' • תכניות לעתיד • דרישות בטיחות ודרישות לגבי ההפרעה לתנועת בעלי חיים ו/או תנועת בני אדם
<p>שאלות המסייעות להחליט על טיפוס המעבר, עיצובו וממדיו :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) מי הם מיני היעד ומהו הרוחב המינימלי הדרוש להם לצורך מעבר? 2) לאילו בתי גידול זקוקים מיני היעד לצד המעבר, בתוכו (מעבר תחת) או עליו (מעבר עליו)? 3) האם אפשר לספק את בתי הגידול הדרושים ברוחב שנקבע קודם לכן? 4) האם יש שימוש נוסף למעבר (האם רצוי לשלבו עם שימוש אנושי, והאם צריך להתאים בשל כך את הרוחב)? מהו? 5) אילו מינים נוספים יכולים להפיק תועלת מטיפוס מעבר זה במיקום שנבחר? 	



בכל מקרה ומקרה, בחירת האמצעי המתאים כרוכה בלימוד ההיבטים השונים הספציפיים לפרויקט ולמקטע הנבדק בו, למשל הבנת אופי הבעיה עבור מינים שונים החיים באותו מרחב, הבנת אופי המחסום ובחינת קיומם של מחסומים נוספים בקרבת מקום להבנת המצב המרחבי בכללותו, אינטגרציה של מידע זה והגדרת המטרות האקולוגיות שהשימוש באמצעי המסוים אמור לשרת.

לאחר שנבחר טיפוס המעבר המתאים, בתכנונו יש חשיבות לשני מרכיבים: (א) **בחירת המיקום המתאים** למעבר; (ב) **עיצוב המעבר** כך שימלא בצורה המיטבית את יעדי הביצוע שהוגדרו. במהלך התכנון נשאלות שאלות לגבי ממדי המעברים ולגבי המידה שבה עיצובם בתכנון המפורט צריך להתחשב בהתנהגות שהיא ספציפית למין מסוים. לצד שאלות אלה נבחנים שיקולים כמו עלות, לוגיסטיקה, חומרים זמינים, ניסיון והמגבלות הפיזיות של האתר (למשל קרקע, מסלע, הידרולוגיה, שיפועים).

בבואנו לבצע הערכת ביצועים של אמצעי מיתון שנועדו לצמצום התמותה ולצמצום אפקט החיץ עלינו **לשקלל את הביצוע המשולב** של האמצעים הן בהשפעת צמצום התמותה והן בהשפעת צמצום החיץ, ולא רק בכל אחת מההשפעות בנפרד.

טיפוסי המעברים

בחירת טיפוס המעבר המתאים ביותר לבעלי החיים מחייב התחשבות באופי הנוף, בבתי הגידול שמושפעים ובמיני היעד. את החשיבות של בתי הגידול ושל המינים אפשר לאמוד בקנה מידה מקומי, אזורי, לאומי ואף בין-לאומי כחלק מתסקיר השפעה על הסביבה (ראו פרק 5). ככלל, ככל שקישוריות בתי הגידול חשובה יותר למין היעד, כך על אמצעי המיתון להיות יעודי ומורכב יותר (ראו איור 7.2). לכן, במקום שבו מסדרון אקולוגי החשוב ברמה הלאומית לתנועה של יונקים גדולים נקטע על ידי פיתוח תחבורה ואי-אפשר להימנע מכך, ייתכן שמעבר רצף גדול הוא האמצעי היחיד שיכול לסייע לשמר קישוריות מתפקדת. לעומת זאת, ייתכן שדי בכמה מעברי מים קטנים כדי לקיים מסדרון נדידה לאוכלוסייה של דו-חיים שחשיבותה מקומית. למעשה, רק לעתים רחוקות נדרש אמצעי אחד בלבד למיתון יעיל של קוטע בתי גידול. המצב השכיח מחייב לרוב "סל" של אמצעים משולבים העונים על בעיות באתרים מסוימים ובתשתית המסוימת בכללה, ולכן הפתרון המיטבי הוא כאמור **צירוף של מגוון אמצעים המתאימים לקבוצות שונות של בעלי חיים**.



אפשר ליצור מעברים לבעלי חיים במגוון צורות וגדלים לפי יעדיהם הספציפיים. בפרק זה, למען הסדר וההבחנה בין מטרותיהם האקולוגיות ואופן השימוש בהם, נחלק את המעברים ל-11 טיפוסים שונים: ארבעה טיפוסים של מעברים עיליים ושבעה טיפוסים של מעברים תחתיים.

מטרת המעבר: שניים מהמעברים האלה (מעבר רצף וגשר ארוך) מיועדים ליצור רצף של בית הגידול והאחרים מיועדים לתפקד בעיקר לצורך מעבר.

אופן השימוש במעבר: שישה מהמעברים האלה מיועדים לשימוש בלעדי של בעלי החיים, שניים מהמעברים הם רב-שימושיים - מתוכננים למעבר משותף של בני אדם ושל בעלי חיים, ושלושה האחרים מיועדים לשלב בין מילוי תפקוד אחר (זרימת מים) לבין מעבר בעלי חיים. ששת המעברים הייעודיים לבעלי חיים הם: מעבר רצף, מעבר עילי לבעלי חיים, מעבר בין צמרות, מעבר תחתי ליונקים גדולים, מעבר תחתי לחולייתנים קטנים ובינוניים ומנהרות שהותאמו במיוחד לתנועה של דו-חיים ושל זוחלים.

מעברים עיליים:

1) מעבר רצף - מומלץ ליעדו אך ורק לשימוש בעלי חיים. מעברים אלה משמשים את הטווח הנרחב ביותר של מיני בעלי חיים וצמחים בשל ממדיהם הגדולים, בשל האפשרות ליצור בהם טווח מגוון של מיקרו-בתי גידול ובשל יכולתם לקיים רצף בין בתי גידול הנמצאים משני צדי התשתית. אפשר להתאימם במיוחד גם למעבר דו-חיים וזוחלים, יונקים קטנים ותת-קרקעיים ומינים של חסרי חוליות.

2) מעבר עילי לבעלי חיים - קטן ממעבר רצף. גם מעברים אלה מיועדים לשימוש בלעדי של בעלי חיים גדולים וקטנים כאחד. הם יכולים לשרת טווח מינים נרחב, אך לרוב מתוכננים בהתאם לצורכיהם של מיני יעד ספורים.

3) מעברי עילי רב-שימושי - זהו בדרך כלל המעבר העילי שממדיו הם הקטנים ביותר. הוא מיועד לשימוש משולב של בני אדם ושל בעלי חיים. מעבר זה מתאים במיוחד לסביבה שבה רמת הפרעה האנושית גבוהה, והוא יועיל במיוחד למינים גנרליסטיים שיכולים להסתגל לרמה קבועה של נוכחות ושל הפרעה אנושית.

4) מעבר בין צמרות - מיועד במיוחד למינים שוכני עצים או למינים שזקוקים לעצים או לצמרותיהם לשם תנועה. מעבר כזה עונה על צורכיהם של מינים שאינם נעים למרחקים גדולים על הקרקע ויש להם קושי לחצות שטחים פתוחים שאינם מיוערים.

מעברים תחתיים:

5) גשר ארוך או ויאדוקט - המעבר התחתי הגדול ביותר בממדיו, שלרוב אינו נבנה במיוחד עבור בעלי חיים אך מאפשר את רציפות בתי הגידול השוכנים משני צדיו. המפתח הרחב והנצפות בעדו מאפשרים לטווח רחב של מינים להשתמש בו. אפשר להתאימו לשימוש דו-חיים וזוחלים, מינים הקשורים לבתי גידול לחים ומינים שוכני עצים.

6) מעבר תחתי ליונקים גדולים - אינו גדול כמו מרבית הוויאדוקטים, אך הוא הגדול במעברים התחתיים המתוכננים במיוחד לבעלי חיים. אמנם מעבר זה מיועד לתנועה של יונקים גדולים, אך יונקים שממדי גופם קטנים או בינוניים משתמשים בו אף הם, ובהתאמות נוספות אפשר להכשירו גם למעבר של דו-חיים וזוחלים.

7) מעבר תחתי רב-שימושי - תכנונו דומה לזה של מעבר תחתי לבעלי חיים גדולים, אולם הוא מיועד לשימוש משולב לבני אדם ולבעלי חיים (למשל כביש צדדי, דרך עפר, מעבר חקלאי או שביל טיול ייעודי). ממדיו לרוב קטנים מאלה של המעבר התחתי המיועד ליונקים גדולים, גם בגלל ההרכב של מיני בעלי החיים המשתמשים בו לצד האדם. מבנים אלה מתאימים לטווח קטן יותר של בעלי חיים, בעיקר מינים גנרליסטיים המצויים בסביבה המאופיינת בהפרעות אדם מרובות. התאמות של מבנה המעבר לצרכים של מיני יעד מסוימים יכולות להגדיל את טווח המינים המשתמשים במעבר ואת כמות הפרטים המשתמשים בו, במיוחד אם השימוש של בני האדם אינו תכוף (למשל מעבר חקלאי) ואינו רב בשעות הלילה, ואם נתיב תנועתם אינו סלול.

8) מעבר תחתי עם זרימת מים - גשר קצר שנועד לאפשר זרימת מים חופשית תחת תשתית התחבורה, אך בתכנון נכון יאפשר גם תנועה חופשית של בעלי חיים. המפתח שלו קטן מזה שיש לגשר ארוך, והוא גם נמוך יותר. לפי אופן תכנונו המפורט מעבר זה יכול לאפשר תנועת בעלי חיים אקוויטיים וחצי-אקוויטיים ו/או תנועת בעלי חיים המעדיפים בית גידול יבשתי יותר, ואפשר להתאימו גם לשימוש דו-חיים וזוחלים. תנועה של יונקים גדולים לאורך הגדות תתאפשר אם המפתח גדול למדי ואם תכנונו המפורט של המבנה יותאם לצורכיהם. יונקים בינוניים וקטנים ישתמשו בו אם ערוץ זרימת המים וגדותיו הושארו במצבם הטבעי ואם יש מחסה בשפע.

9) מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים - בין המעברים התחתיים הקטנים יותר המיועדים לבעלי חיים. מעבר זה מיועד בעיקר ליונקים בינוניים וקטנים, אולם השימוש בו על ידי המינים השונים תלוי במידה שבה המעבר וסביבותיו יותאמו לצורכיהם.

10) מעביר מים מותאם למעבר בעלי חיים - מבנה שתפקודו הראשי לצרכי ניקוז, והוא הותאם לתנועת חולייתנים בינוניים וקטנים, בעיקר אלה הנמצאים בסביבת בתי גידול אקוויטיים ותעלות ניקוז, כדי להגביר את מידת השימוש שלהם בו; מעבר זה יכול להיות בשימוש רב גם על ידי מינים נוספים, במיוחד שלא בעונת הגשמים. דרגשי הליכה מוגבהים ייתכנו במגוון גדלים ועיצובים, ולרוב הם ממוקמים בצד אחד או בשני הדפנות הפנימיים הצדדיים של המעביר, מעל גובה הזרימה הממוצעת.

11) מנהרה לדו-חיים ולזוחלים - מיועד במיוחד למעבר של דו-חיים ושל זוחלים, אם כי חולייתנים קטנים ובינוניים אחרים עשויים להשתמש בו אף הם. כיום מצויים בשימוש עיצובים רבים המיועדים לענות על הצרכים הייחודיים של מין או של קבוצת מינים ספציפית.

ההחלטה על התאמת טיפוס המעבר למיקום הספציפי תלויה בקריטריונים אחדים. ראשיתה בזיהוי הטיפוס הכללי של המעבר המתאים ביותר לפוטנציאל הקישוריות בין בתי הגידול, למיני היעד שהוגדרו ולטופוגרפיה של האתר שנבחר. איוורם 7.1 ו-7.2 יכולים לסייע בבחירת טיפוס המעבר בהסתמך על שני קריטריונים: אילוצי הטופוגרפיה ואיכות בית הגידול.

מעברים עיליים לעומת מעברים תחתיים

יש כמה עקרונות כלליים הנוגעים למידת התאמתו של מעבר עילי או מעבר תחתני למיקום, למין יעד ולמצב מסוים. הבחירה באחד או באחר נקבעת בחלקה על ידי הטופוגרפיה. כך לדוגמה, בשטח הררי או גבעי לעתים קל יותר לבנות הן מעברים עיליים והן תחתיים; בשטח מישורי שבו מפלס מי התהום אינו גבוה מדי לעתים קל יותר לבנות מעברים תחתיים. דוגמאות למעברים עיליים ותחתיים בתנאים טופוגרפיים שונים יובאו להלן בסעיפים המתאימים.

הבחירה בין סוגי המעברים תלויה גם בבתי הגידול הסמוכים שיש עניין לקשר ביניהם ובמיני היעד. למעברים עיליים יש יתרון בכך שקל יותר ליצור בהם תחושה של רצף ולספק מיקרו-בתי גידול המתאימים לצורכיהם של מינים שונים של בעלי חיים מפני שצומח גדל בהם ביתר קלות מאשר במעברים תחתיים. לפיכך טווח גדול יותר של מינים עשוי להשתמש במעברים העיליים. עם זאת, התנאים במעבר עילי הם לרוב יובשניים יותר, ולכן לבעלי חיים שמעדיפים לחות או רטיבות יכול להתאים יותר מעבר תחתני. לדוגמה, ניטור הראה שכאשר מעברים עיליים ותחתיים סמוכים זה לזה, בעלי חיים גדולים כמו איילים העדיפו להשתמש במעבר העילי, ואילו בעלי חיים שמתחפרים במחילות העדיפו את התחתיים.

טבלה 7.1: מינים וקבוצות מינים המוזכרים במדריך כמיני יעד	
פרסתנים	צבי ישראלי וצבי הנגב, יעל, מינים מושבים (אייל, יחמור, ראם, פרא), חזיר בר, מינים מבויתים
יונקים בינוניים	זאב, תן, מיני שועל, קרקל, מיני חתול, צבוע, מיני גירית, לוטרה, נמייה, סמור, דלק, דרבן, ארנבת, שפן סלע
יונקים קטנים	מיני קיפוד, חולד, מכרסמים וחדפים
יונקים מעופפים	עטלפים (32 מינים, רובם בסכנת הכחדה)
זוחלים	מיני צבי יבשה, צבי ביצה, לטאות, נחשים (35 מתוך 100 המינים בישראל נתונים בסכנה)
דו-חיים	6 מתוך 7 המינים שנותרו בישראל נתונים בסכנת הכחדה
דגי מים מתוקים	6 מתוך 26 המינים שנותרו בישראל נתונים בסכנה, חלקם שוכני נחלים שבית גידולם נחצה ונחסם על ידי תשתית תחבורה
חרקים	חיפושיות, נמלים, פרפרים, דבורים, זבובים
חסרי חוליות אחרים	מינים וקבוצות טקסונומיות של בתי גידול יבשתיים ובתי גידול לחים כמו עכבישים, עקרבים, סרטנים, חלזונות ורכיכות אחרות, שלשולים ומיני תולעים
הערה: שמות מדעיים של מיני חולייתנים יבשתיים המוזכרים במדריך מובאים בנספח 10.5	

מיני יעד

זיהוי מיני היעד הוא שלב חשוב בתהליך התכנון המפורט, שבו נקבעים במידה רבה מיקום המעברים ועיצובם על פי מיקומם של מיני היעד ודפוסי תנועתם במרחב התכנית ובסביבתו (דוגמאות למינים ולקבוצות מינים ראו בטבלה 7.1. עוד על תהליך התכנון ראו סעיף 5.3). זיהוי מיני היעד חשוב גם כבסיס לתכנון פרוצדורות הניטור שימשו בהמשך כדי להעריך את מידת ההצלחה של אמצעי המיתון (ראו סעיף 7.1.8 ופרק 9). כל מין מקומי באזור הנבחן יכול להיות מין יעד למעברים לבעלי חיים (איור 7.3). לעומת זאת, מינים זרים אינם צריכים להיות מיני יעד, כיוון שהם אינם חלק מהמערכת האקולוגית הטבעית, ולכן לא רצוי לעודד את התפשטותם. בפועל, העלות הכרוכה בבניית מעברים לבעלי חיים תכתוב מתן עדיפות למינים בעלי חשיבות מקומית או אזורית שפיתוח התשתית מאיים עליהם.

זיהוי מיני היעד אמנם חשוב בקביעה אם חיוני למקם מעברים לבעלי חיים והיכן, והניסיון הראה שעיצובים מסוימים טובים יותר למינים מסוימים מאשר לאחרים, אך בתכנון המפורט של המעבר רצוי להתחשב לא רק במין יעד מסוים אלא להגדיר אילו מינים נוספים יכולים להפיק תועלת מפתרון כלשהו, ולשפר את התכנון בהתאם לכך (איור 7.4).

בטבלה 7.2 מוצגים 11 טיפוסים המעברים וטווח הממדים המומלץ לכל אחד מהם. הטבלה מצביעה באופן כללי על טיפוסים המעבר שיכולים להתאים למין או לקבוצת מינים.

יש לשים לב לכך שממדי המעבר המומלצים במדריך מצוינים מזווית ראותו של בעל החיים המשתמש במעבר, מהכיוון שממנו בעל החיים יחצה את התשתית בקו הקצר ביותר, כלומר – בניצב לכיוון התנועה (ראו איור 7.10 בסעיף 7.2.1).

טבלה 7.2: 11 טיפוסים המעברים: השימוש, טווח הממדים המומלצים לכל אחד מהם ומידת התאמתם לבעלי חיים (מינים מייצגים או קבוצות מינים)

מעבר רצף (סעיף 7.2.1)	מעבר עילי לבעלי חיים (סעיף 7.2.2)	מעבר עילי רב-שימושי (סעיף 7.2.3)	מעבר בין צמרות (סעיף 7.2.4)	גשר ארוך (ויאדוקט) (סעיף 7.3.1)	
ממדי המעבר (במטרים)					
רוחב: 80-70	רוחב: 40-50	רוחב: 10	--	משתנה לפי המיקום	מינימלי
רוחב: מעל 100	רוחב: 50-70	רוחב: 15-50	--	תשומת לב לגובה העמודים	מומלץ
0	0	X	0	X	השימוש במעבר

פרסתנים					
					צבי
					חזיר
		?			יעל
					איילים
יונקים בינוניים (בעיקר טורפים)					
		?			זאב וצבוע
					תן ושועל
					גירית
					לוטרה
	?				סמור ודלק
					נמייה
		?			חתוליים
					דרבן
					ארנבת
					שפן סלע
יונקים קטנים					
					קיפוד
					חולד
	?				מכרסמים וחדפים
זוחלים					
					נחשים
					לטאות
					צבים
דו-חיים					
דגים					
חסרי חוליות (קרקעיים)					
					מינים של בתי גידול יבשים
					מינים של בתי גידול לחים
מינים מעופפים					
		?			עטלפים
					ציפורים
	?				חרקים מעופפים

■ פתרון אופטימלי ומומלץ
■ אפשרי, אם יותאם לתנאים המקומיים ולממדים לפי צורכי המין
■ לא מומלץ או לא רלוונטי
? לא ידוע, דרוש מידע וניסיון נוסף
 השימוש במעבר: 0=ייעודי לבעלי חיים; X=שימוש מעורב. המעברים המודגשים **ברקע צהוב** מיועדים גם ליצור רצף בתי גידול ויתר המעברים מיועדים לתפקד כמעבר בלבד



מנהרה לדו-חיים ולזוחלים (סעיף 7.3.7)	מעביר מים מותאם למעבר בעלי חיים (סעיף 7.3.6)	מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים (סעיף 7.3.5)	מעבר תחתי עם זרימת מים (סעיף 7.3.4)	מעבר תחתי רב-שימושי (סעיף 7.3.3)	מעבר תחתי ליונקים גדולים (סעיף 7.3.2)	
ממדי המעבר (במטרים)						
ממדים לפי אורך המנהרה	רוחב דרגש: 0.5 שיפוע: 30°	קוטר: 0.4	רוחב נתיב הליכה: 2 גובה: 3	רוחב: 5 גובה: 2.5	רוחב: 7 גובה: 3.5	מינימלי
	דרגש 0.7-0.5 חתך מרובע 2x2	קוטר: 1.5-0.4 חתך מרובע 2x2	רוחב: מעל 3 גובה: מעל 4	רוחב: מעל 7 גובה: מעל 3.5	רוחב: מעל 12 גובה: מעל 4.5	מומלץ
0	X	0	X	X	0	השימוש במעבר

פרסתנים						
			?		?	צבי
	?	?	?			חזיר
			?	?		יעל
						איילים
יונקים בינוניים (בעיקר טורפים)						
		?		?		זאב וצבוע
?						תן ושועל
?	?					גירית
?				?		לוטרה
?	?					סמור ודלק
?						נמייה
?	?	?		?		חתוליים
						דרבן
		?				ארנבת
	?					שפן סלע
יונקים קטנים						
						קיפוד
				?	?	חולד
						מכרסמים וחדפים
זוחלים						
?	?	?				נחשים
?	?	?				לטאות
?	?	?		?	?	צבים
דו-חיים						
דגים						
חסרי חוליות (קרקעיים)						
?	?					בתי גדול יבשים
?	?					בתי גדול לחים
מינים מעופפים						
			?			עטלפים
			?		?	ציפורים
			?		?	חרקים מעופפים

לא מומלץ או לא רלוונטי

לא ידוע, דרוש מידע וניסיון נוסף

פתרון אופטימלי ומומלץ

אפשרי, אם יותאם לתנאים המקומיים ולממדים לפי צורכי המין

השימוש במעבר: 0=ייעודי לבעלי חיים; X=שימוש מעורב. המעברים המודגשים ברקע צהוב מיועדים גם ליצור רצף בתי גדול ויתר המעברים מיועדים לתפקד כמעבר בלבד

מדד הפתיחות (Openness index) שימש בעשור האחרון לתיאור ולמידה של אופי הגירוי שמציב מעבר זה או אחר, בעיקר מעבר תחתי, בפני בעל החיים המתקרב אליו. המחשבה הייתה שבאופן עקרוני מעבר תחתי יכול להיות ארוך וצר מדי עד כדי כך שיתן תחושה של מנהרה, וכי בעלי חיים מסוימים כגון איילים יימנעו מלהשתמש בו כיוון שהם מעדיפים מעבר שאפשר לראות דרכו בבירור את קו האופק.

במדד זה נעשה שימוש רב בתכנונם המפורט של מעברים תחתיים, במחקר על יעילות תפקודם, וכן בהמלצות על יחס רוחב לאורך במעברים עיליים, אבל על אף הפופולריות שלו הוא לא נבדק אמפירית באופן ביקורתי. הצעות למדדי פתיחות מינימליים למיני איילים שונים נעו בין 0.6 ל-1.5. מהנדסים וביולוגים כאחד כיוונו אל "מספר הקסם" וציפו לביצועים יעילים בלי להתחשב די במרכיבים קריטיים אחרים (מבניים וסביבתיים).

מאז הוחל להשתמש במדד הפתיחות הועלו שאלות לגביו – האם זהו מדד, יחס, מצב או תפיסה רעיונית בלבד. הקשר בין הפתיחות לבין ביצועי המעבר יכול להיות ספציפי למין ותלוי-זמן. יתרה מזו, מעברים תחתיים אינם תמיד ישרים; הם יכולים להיות מקושטים או אליפטיים. בפועל, שלושת הממדים באים לרוב בקורלציה, ונמצא קשר קורלציה בין ערך המדד לבין אורך המעבר. כיום מוטל ספק בתקפותו של כלל זה ומתחיל להסתמן כי **התכנון לפי ערך מינימלי לפתיחות אינו מומלץ או מתאים במרבית המקרים**. לכן לא מומלץ כיום להשתמש במדד זה (ראו למשל Clevenger & Huijser 2011), אלא להשתמש בתכנון מבנה המעבר **בממדים** (אורך, רוחב, גובה) בצירוף **גורמים מבניים** (מפוצל או רציף) ו**סביבתיים** (איכות בית הגידול, מיני יעד).



איור 7.4: מינים רבים יכולים להיות מיני יעד למעברים לבעלי חיים המקשרים בין כתמים של בית גידולם: מינים רבים נוספים יכולים להשתמש במעבר, ובכללם חולייתנים קטנים וכן מיני חרקים שאינם מעופפים ומיני חסרי חוליות אחרים. בתצלום: שיירה של מאות ואף אלפי רבי-רגל נעים על הדופן ולצד נתיב זרימה לח במעבר חקלאי מתחת כביש 6. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)



איור 7.3: התנגשות בין חזירי בר לכלי רכב עלולה להסתיים בתוצאות קטלניות: באזורים מסוימים אספקת נתיבי מעבר חלופיים למעבר החזירים במשולב עם מניעת האפשרות לכניסתם לכביש יכולה לספק מענה לבעיה. בתצלום: חזיר בר חוצה מעבר רצף באזור רמת מנשה. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

למשל, מעבר עילי מעל כביש מהיר שנבנה כדי לשמר נתיב תנועה למיני פרסתנים יכול לקשר בתי גידול משני צדי התשתית גם עבור אוכלוסיות של חסרי חוליות כמו חרקים או עבור חולייתנים קטנים כמו לטאות ומכרסמים. כמו כן, אף על פי שזיהוי מיני היעד לפי מצב בסיס נתון הוא חיוני, חשוב לכלול בשיקולים גם אפשרות של שינויים בתפוצת בעלי החיים עם הזמן, אם בגלל גורמים הקשורים לשינויים בדינמיקה של האוכלוסייה, לשינויים בשימושי הקרקע או לשינויי אקלים, אם בגלל התקנה או שדרוג מעברים באזורים סמוכים או התבססות תפקודם.

עקרונות לתכנון המפורט

בבחירת העיצוב בתכנון המפורט יש לשקול שלושה קריטריונים עיקריים:
(א) התפקוד האקולוגי, (ב) האסתטיקה, (ג) ההשלכות הטכניות ומחירן.

מלבד עיצוב המעבר עצמו, עיצוב סביבת המעבר הוא חלק חשוב והכרחי לתפקודו היעיל, וההתאמות הנדרשות חורגות לעתים מתחומי "הקו הכחול", ויכולות לכלול גם נטיעות או דילול עצים בשטחים המוגנים סטטוטורית (איור 7.5).



איור 7.5: תכנון הצומח בכניסה למעבר הוא מרכיב חשוב בהקניית תחושת הביטחון לבעלי החיים המתקרבים למעבר: זאת במיוחד אם הצומח מספק גם מחסה ובמידת האפשר מעניק תחושה של המשכיות בית הגידול עד לפתח המעבר ולתוכו. (צילום: SP: Minuartia)

לעתים יש צורך להרחיב את תחומי "הקו הכחול" בנקודות מסוימות לאורך התוואי כדי לאפשר תכנון מיטבי של אמצעי כלשהו, כגון תכנון השיפועים או עיצוב נתיב הגישה למעבר. בכל תכנון מעבר, עילי או תחת, יש להשתדל לשמור במידת האפשר על רצף בכיסוי הקרקע: תרומתו של רצף כזה חשובה ביותר לשמירה על הקישוריות עבור בעלי חיים קטנים וזעירים צמודי-מצע שאינם יכולים לחלוף על פני התשתית או להינשא אל מעבר לה באמצעות הרוח.

7.1.5 צפיפות המעברים לבעלי חיים ומיקומם

צפיפות המעברים

צפיפות המעברים לבעלי חיים, הנדרשת כדי לקיים ביעילות את הקישוריות של בית הגידול, היא החלטה ראשונה במעלה בתכנון אמצעי המיתון. ההחלטה על מספר אמצעי המיתון הנדרשים ועל אופיים תלויה במיני היעד ובפריסה המרחבית של טיפוס בתי הגידול בשטח הנדון. במקרים מסוימים מיקום מעבר רחב אחד או שני מעברים במקטע כלשהו הוא פתרון מספק, בעוד שבמקרים אחרים מספר גדול של מעברים שממדיהם קטנים יותר ייתנו את התשובה ההולמת לבעיה. סיבה נוספת לבניית מעברים אחדים היא פיזור הסיכון למקרה שהשימוש במעבר מסוים יהיה נמוך מהצפוי.

ההתנהגות של מיני היעד יכולה לסייע כגורם מנחה בהחלטה כמה מעברים נדרשים. "אזור הניקוז" של מעברים לבעלי חיים – השטח הכולל שממנו מגיעים ומתנקזים בעלי החיים למעבר מסוים – הוא מוגבל. לגבי מרבית חסרי החוליות "אזור הניקוז" למעבר הוא לכל היותר בטווח של 200-300 מטרים, אם אין מגבלות גישה ויש אלמנטים מנתבים בנוף שסביב המעבר. בבעלי חיים גדולים יותר, גם אם הם מינים בעלי ניידות גבוהה, תחומי המחיה הפרטניים ויחסי הגומלין החברתיים בין הפרטים מגבילים בדרך כלל את הטווח שממנו יכולים בעלי חיים להגיע כדי להשתמש במעבר. כשמחליטים על תדירות המעברים יש לשקול את כלל האפשרויות הזמינות לבעלי חיים לחצות את התשתית (לרבות אלה שייתכן וכבר מתפקדות, למשל בעזרת מבנים קיימים).

אין שני נופים שהם זהים לחלוטין – אופי הטופוגרפיה, בתי הגידול הקיימים לאורך התוואי, רמת הפעילות וההפרעה האנושית ואף האקלים באזור – כל אלה יכולים להשפיע על תנועת בעלי החיים ועל השטף האקולוגי. ריווח המעברים על מקטע כביש וצפיפותם הכוללת תלויים במידת השונות והגיוון בנוף, בטופוגרפיה, באוכלוסיות בעלי החיים באזור, בנוכחותם ובקרבתם של אתרים חשובים לבעלי חיים הנחצים על ידי הכביש ובדרישות הקישוריות של מיני יעד שונים. באופן כללי, באזורים טבעיים יותר – כמו שטחי חורש ויער ובתי גידול לחים, ובאזורים של חקלאות מסורתית או אקסטנסיבית – צפיפות המעברים צריכה להיות גבוהה יותר מאשר באזורים של בינוי צפוף או של חקלאות אינטנסיבית. לפי אותו עיקרון, בנופים שנותרו בהם רק מעט שטחים פתוחים טבעיים אשר מקוטעים קטוע רב משני צדי הכביש מומלץ לרוב למקם פחות מעברים מאשר בנוף שעדיין אינו כה מקוטע ופגוע וערכיותו גבוהה יותר. עם זאת, מעברים לבעלי חיים יכולים להיות חיוניים כדי לקיים את החדירות הכללית של הנוף באזורים שבהם קיימים מחסומים מלאכותיים רבים בשל תשתיות תחבורה או שטחים בנויים. במקרים כאלה אפשר לשלב פתרונות שיחברו בין כל המסדרונות הפתוחים שנותרו.

צפיפות המעברים הנדרשת להשגת מטרת סביבתית אלה או אחרות לא נחקרה דיה, ונדרש מחקר נוסף בנושא. כמו כן, אין נוסחה פשוטה לקביעת המרחקים המומלצים בין מעברים, וכפי שהוזכר לעיל, כל אתר שונה ממשנהו, ולכן התכנון יהיה לרוב ספציפי לנוף ולמיני היעד. בישראל חשוב לציין ולבחון גם את הצרכים הייחודיים לנופים מדבריים שונים.

טווח המרחקים שיושמו בפרויקטים שונים או שימשו קווים מנחים במדינות שונות מובא בטבלה 7.3.

טבלה 7.3: צפיפויות מינימליות של מעברים לקבוצות שונות של בעלי חיים

צפיפות מינימלית של מעברים לקבוצות של בעלי חיים		טיפוס בית הגידול שמקוטע
מעברים המתאימים לחולייתנים קטנים	מעברים המתאימים ליונקים גדולים*	בתי גידול מיוערים, בתי גידול לחים וטיפוסים אחרים של בתי גידול שחשובים לשמירה על קישוריות אקולוגיות
1 מעבר / 500 מטרים**	1 מעבר / 1 ק"מ	
1 מעבר / 1 ק"מ	1 מעבר / 3 ק"מ	בתי גידול אחרים ששוננו על ידי פעילות האדם, לרבות שטחים פתוחים חקלאיים
* תלוי בגודל כתמי בית הגידול באזור		
** במקרה של נתיבי תנועה מצומצמים ומוגדרים היטב של דו-חיים יש לעתים צורך במרחק קטן מ-60 מטרים בין מעברים סמוכים (ראו סעיף 7.3.7)		

(בסקירה של פרויקטים אחדים בצפון אמריקה נמצא טווח של 1.5-6.0 ק"מ בין מעברים ליונקים גדולים, וריווח ממוצע של מעבר אחד ל-1.9 ק"מ. בין המעברים האלה מוקמו לעתים עוד מעברים לבעלי חיים קטנים יותר. צפיפות זו נראית קטנה מזו המומלצת בטבלה 7.3, אך יש לזכור כי מיני היעד בצפון אמריקה הם לעתים קרובות פרסתנים גדולים המקיימים נדידה עונתית או טורפים בעלי תחומי מחיה גדולים, כי בתי הגידול בצפון אמריקה מקוטעים פחות, וכי הכתמיות והגיוון שלהם על פני מקטע כביש קטנים לרוב מאלה שבישראל).

מיקום המעברים

את מיקום המעברים צריך לקבוע על סמך מידע אמין הן לגבי תנועת בעלי החיים והן לגבי פריסתם המרחבית של בתי גידול חשובים. השלב הראשון בהגדרת מיקום המעברים הוא לוודא שמעברים ייבנו בכל נקודות הקונפליקט (ראו פרק 5). אם תוצאת התהליך תהיה צפיפות נמוכה מדי של מעברים – יש לזהות מיקומים נוספים כדי ליצור את רמת החדירות הרצויה של התשתית באזור כולו או במקטע המסוים של התשתית (איור 7.6).

כשנתיבי התנועה של בעלי החיים מוכרים ומוגדרים היטב, יש למקם מעברים קרוב אליהם ככל האפשר. לעתים קרובות הטופוגרפיה ומבנה הנוף יכולים לסייע באיתור נתיבי תנועה או נדידה אפשריים (כגון תחתיות עמקים, תוואי נחלים, משוכות שיחים או גוש יער רציף). כשהמטרה העיקרית של מעבר היא לקשר טיפוסים מסוימים של בית גידול, התכנון צריך לוודא שתתקיים קישוריות לבית הגידול המתאים משני צדי התשתית המתוכננת. את המעברים יש למקם מתוך ראייה מרחבית כוללת המביאה בחשבון גם את קיומם של מחסומים אחרים המצויים בנוף הסובב.

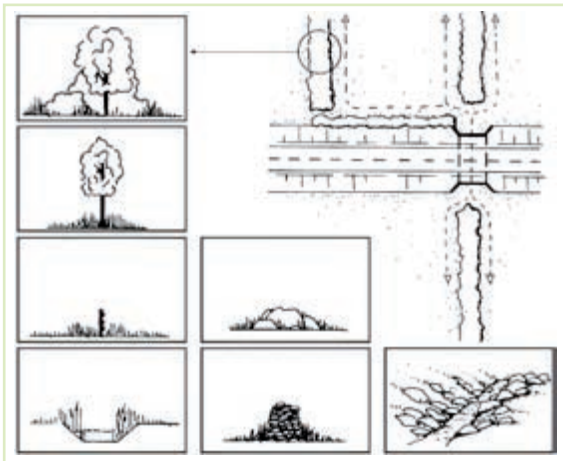
בעת התכנון יש לוודא במידת האפשר שתובטח נגישות אל המעבר גם בעתיד. מעברים לבעלי חיים הם מבנים קבועים



איור 7.6: תדירות גבוהה של מעברים מונעת את בידודם של בתי הגידול: כביש מהיר בן 3 נתיבים בגרמניה החוצה אזור ליד אגם קונסטנץ. המעברים כוללים מעברי רצף רחבים עיליים וכן מעברים צרים יותר שבהם מעברים חקלאיים ושבילי יער. (צילום: EU: V. Keller)

המוטמעים בנוף ובתשתית, אולם שינוי סביבתי הוא בלתי נמנע וצפוי להתרחש במהלך טווח החיים של המבנה. עם "תוחלת חיים" צפויה של כ-70-80 שנה, במיקומם של המעברים ובתכנונם המפורט נדרש להתחשב בתחזיות לשינויים הדינמיים של בתי הגידול על אוכלוסיותיהם. רצוי לבחון תחזיות הנוגעות גם לשינויי האקלים הצפויים. איך אפשר, אם כן, לתווך בין האופי הדינמי של התהליכים הטבעיים לבין האופי הפיזי הסטטי של המבנים בכבישים? כמה מהעקרונות הבסיסיים שיש לשקול הם:

- **מאפיינים טופוגרפיים:** יש למקם מעברים במקומות שבהם מסדרונות התנועה למיני היעד צמודים למאפיינים טופוגרפיים בולטים כמו קווי רכס או ערוצי נחלים. אפשר להתעלם ממקטעי כביש שבהם הטופוגרפיה או התכסית (שטח בנוי) אינם מתאימים לתנועת בעלי חיים.
- **מינים מרובים:** יש לתכנן מעברים כך שיתאימו לטווח של מינים ולטווח גדלים של תחומי מחיה של מינים שונים, ולוודא שגם הממשק של המעברים וסביבתם ייעשה בהתאם. יש לספק טווח של טיפוסים מעברים וגדלים במרווחים תכופים לצד מרכיבים שמנתיבים ומגבירים את תנועת בעלי החיים, כגון מחסה מתחת ערמות ענפים. שלא כמו המבנים הפיזיים של המעברים, מרכיבים של מיקרו-בתי גידול אפשר להזיז ולשנות עם הזמן בהתאם לשינויים בתפוצת מינים, בהתאם לצורכיהם או על פי הניסיון שהופק מהפעלת אמצעי המיתון.
- **ניהול השטח הסמוך:** אופן התפקוד של מעברים לבעלי חיים קשור קשר הדוק לשימושי השטח הסמוכים למעבר ולאופן ניהול השטחים האלה. כדי להגיע למצב שבו כתמים של בתי גידול מתאימים הסמוכים למעברים יוכלו לסייע לתנועה של בעלי החיים לכיוון המעברים יש צורך בתיאום – הן לטווח הקצר והן לטווח הארוך – בין גופים ובהם החברה הלאומית לדרכים, רכבת ישראל, רשות הטבע והגנים, משרד החקלאות, קק"ל וכן מועצות אזוריות



איור 7.7: ניתוב מתאים לפתח המעבר מגדיל את ההסתברות שבעל החיים אכן יגיע למעבר ומעודד את השימוש בו: מבנים ליניאריים (מעשה אדם) המספקים מחסה משפרים ניתוב זה. דוגמאות אחדות למבנים או לקווים מנתבים הם משוכת שיחים, שורת עצים, גדר בקר, תעלה, ערמות אבנים או פלג קטן. (EU)

וגופים אחרים העוסקים בניהול ובממשק של שטחים פתוחים, זאת לצד מעורבות של מינהל התכנון.

- **רשת מסדרונות גדולה יותר:** מעברים לבעלי חיים צריכים להתחבר לרשת תנועה אקולוגית אזורית גדולה יותר, ולהיות חלק אינטגרלי ממנה. יש לוודא שהמעברים אינם מובילים אל "מבוי סתום" אקולוגי. קיומה של רשת מסדרונות התנועה האלה ואיכותה אינן באחריות רשויות התחבורה אלא באחריותם של הגופים האחרים המנהלים שטחים פתוחים.

העקרונות הבסיסיים שצוינו יסייעו להנחות את צוותי התכנון בקביעה כמה מעברים נדרשים ואיך למקמם כדי להפיק את התועלת המרבית מבחינת שמירת הטבע לטווח הארוך.

שילוב בנוף הסובב

יש לדאוג לחיבור מיטבי בין המעברים לבעלי חיים לבין סביבתם, זאת על ידי מסדרונות גישה המובילים לכיוון המעברים (לבעלי חיים קטנים) או בעזרת קווים ומבנים

בנוף להנחיה ולניתוב (לבעלי חיים גדולים יותר). קווים מנתבים כאלה מסייעים להגדיל במידה ניכרת את ההסתברות שבעל החיים אכן יגיע למעבר (איור 7.7). בה בעת יש לסלק או למזער השפעה של מחסומים המונעים מבעלי חיים מלהגיע למעברים או מעכבים אותם בדרכם. כשמבני תשתית אחרים מצויים בשכנות, חשוב ביותר שצוותי התכנון ינקטו גישה אינטגרטיבית לקיטוע; גישה שתבחן את המרחב כולו ולא כל פרויקט באופן פרטני.

7.1.6 התאמה של מבנים הנדסיים לשימוש של בעלי חיים

צמתים הנדסיים מתוכננים ונבנים כך שיפגישו בין שני סוגים של זרימות: שתי זרימות של תחבורה (כמו בהפרדה מפלסית בין שני כבישים או בין כביש למסילת ברזל החוצים זה את זה), זרימת תחבורה הפוגשת זרימת מים (כמו במעברי מים המוליכים מים מתחת לכביש), ולאחרונה – גם בין זרימת תחבורה לבין תנועת בעלי חיים. לעתים קרובות גשרים או מעברי מים אינם משמשים בעלי חיים לחציית כביש או מסילת ברזל מכיוון שאינם עונים על הצרכים הספציפיים של המינים. אבל אם מביאים בחשבון את צורכי בעלי החיים, אפשר לא אחת להתאים מבנים אלה גם לשימוש כמעברים לבעלי חיים. מעברים אלה, המשלבים זרימה של תחבורה ושל בעלי חיים או של בעלי חיים ומים, נקראים **מעברים של שימוש משולב** (joint-use passages).

ההנחיות הקיימות לתכנון כבישים, מעברים עיליים ותחתיים ומעברי מים מתמקדות בעיקר בנושאים כמו ניקוז ובטיחות התנועה. במקרים רבים אפשר לשלב התאמות שיעודדו מעבר בעלי חיים במבנים אלה בלי להתפשר על ענייני בטיחות. תכנון המבנים יכול להיעשות במשותף על ידי אקולוגים ומהנדסים. לגשרים ארוכים (ויאדוקטים) ולמבנים גדולים אחרים נדרשות לרוב רק התאמות מועטות כדי שיהיו חלופה אמיתית למעברים לבעלי חיים. באתרים שהוגדרו כחשובים ביותר לקישוריות, מעברים עיליים או תחתיים המתוכננים לשימוש משולב יכולים לסייע להגברת חדירות התשתית בעלות שולית נמוכה יחסית אם כי אינם חלופה אמיתית למעברים ייעודיים לבעלי חיים.

התחשבות בצורכי בעלי החיים ושילובם בזמן התכנון של פיתוח התשתית מייצרים, כאמור, את הפתרונות הטובים והפשוטים ביותר מבחינת עלות-תועלת, אולם התאמות אפשר לבצע גם במבנים קיימים (ראו סעיף 7.1.7). אפשר ליישם עקרונות תכנון רבים הנוגעים למעברים ייעודיים לבעלי חיים גם במעברים מותאמים או במעברים של שימוש משולב. להלן שיקולים כלליים שיכולים לשפר את תכנון השימוש המשולב של בעלי חיים ושל בני אדם:

- יש להכיר היטב את הדרישות האקולוגיות וההנדסיות ולזהות קונפליקטים אפשריים.
- יש לזכור שממדים גדולים יותר של המבנה יסייעו לשימוש המשולב.
- יש להפריד ככל האפשר בין שני סוגי הזרימה – בין פעילויות האדם (כלי רכב, הולכי רגל ורוכבים) לבין תנועת בעלי החיים.
- יש לזכור שאספקת מקומות מחסה לבעלי החיים יכולה לצמצם בעבורם את מידת הפרעה של בני האדם ולהגביר את השימוש שהם יעשו במעבר.
- צמצום כמות התנועה של בני אדם באופן קבוע או בזמנים מסוימים (למשל בלילה) יכול להגביר את השימוש במעבר על ידי בעלי החיים.

בישראל נבנו אלפי ק"מ של כבישים ותשתיות אחרות לפני שעלתה המודעות לבעיות האפשריות שהם עלולים לגרום לבעלי החיים ולמערכות האקולוגיות. כיום גוברת המודעות לכך ועולה הצורך להתאים ולשפר תשתיות קיימות גם בהיבט של קישוריות וקישוריות, בעיקר באתרים שבהם בעלי חיים רבים נדרסים למוות על ידי כלי רכב או באתרים שיש צורך לחדש בהם מסדרונות תנועה. במקרים כאלה נדרשים אמצעי מיתון כשהתשתיות מצויות כבר בשימוש.

בתכנון אמצעי התאמה לתשתית קיימת יש להיעזר בעקרונות הכלליים שתוארו במדריך ולא להתייחס רק לסיטואציה המקומית. הדבר נכון במיוחד כשמגדירים תוואי למניעת התנגשויות בין בעלי חיים לבין כלי רכב, כיוון שגדרות מגבירות את אפקט החיץ ואין להתקיין בלא שימוש באמצעים נלווים (ראו גם סעיף 7.4.1). מרבית האמצעים המתוארים בפרק זה מתאימים ליישום גם בתשתיות קיימות או שניתן לשדרגן בהתאם (ראו במיוחד סעיף 7.1.6).

את העקרונות לשדרוג תשתיות קיימות אפשר לסכם כלהלן:

- בנייה של מבנים הנדסיים חדשים (כמו מעברים) מעל כבישים קיימים או תחתם יכולה להניב את התוצאות הטובות ביותר למיתון השפעות הקיטוע, אך היא לרוב יקרה יותר.
- התאמה של מבנים הנדסיים קיימים שתוכננו לצרכים אחרים (מים, דרכי גישה) היא לעתים קרובות פתרון לא אופטימלי אך לרוב עלותו נמוכה יותר. מספר רב של מבנים קיימים המותאמים לתפקד כמעברים יכול, במקרים רבים, להניב תוצאות טובות יותר מאשר בנייה של מעבר ייחודי אחד באותה עלות.
- התאמה של נוהלי תחזוקה (למשל טיפול בצומח וסילוק מפגעים ופסולת) יכולה אף היא לשפר את המצב.

7.1.8 תחזוקה וניטור של אמצעי המיתון

יש לבדוק ולתחזק תקופתית את כל האמצעים למיתון ההשפעות השליליות כדי לוודא שהם מתפקדים לאורך זמן. חשוב לכלול שיקולי תחזוקה, ובהם עלויות, בשלב מוקדם ככל האפשר – כלומר כבר בזמן התכנון. על התכנון להגדיר את אופיים של נוהלי התחזוקה הנדרשים, את תדירותם ואת הגוף שאחראי לכך. במרבית המקרים תחזוקה תבוצע על ידי צוותי תחזוקה של הכבישים המועסקים על ידי קבלני משנה. באירופה נמצא כי מתן הרשאה לארגוני שמירת הטבע ולחקלאים לתחזק אמצעי מיתון מסוימים הוא חלופה טובה.

תחזוקה של אמצעי מיתון וניטורם כרוכים זה בזה. נוהלי ניטור מתוכננים בעיקר לבדוק אם אמצעי מיתון מסוים ממלא את תפקידו, אך בה בעת באפשרותם לזהות חוסרים וצרכים של תחזוקה. היבטי תחזוקה של אמצעים שונים נדונים בהמשך הפרק וכן בפרק 8. מהלך הניטור דורש שהמטרות שלהן נועדו אמצעי המיתון יוגדרו במדויק. יש לתכנן את מערכי הניטור במקביל לתכנון אמצעי המיתון עצמם. תכנון הניטור יידון בהרחבה בפרק 9.

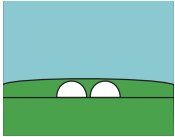


קיפוד חולות (גור). (צילום: דותן רותם)

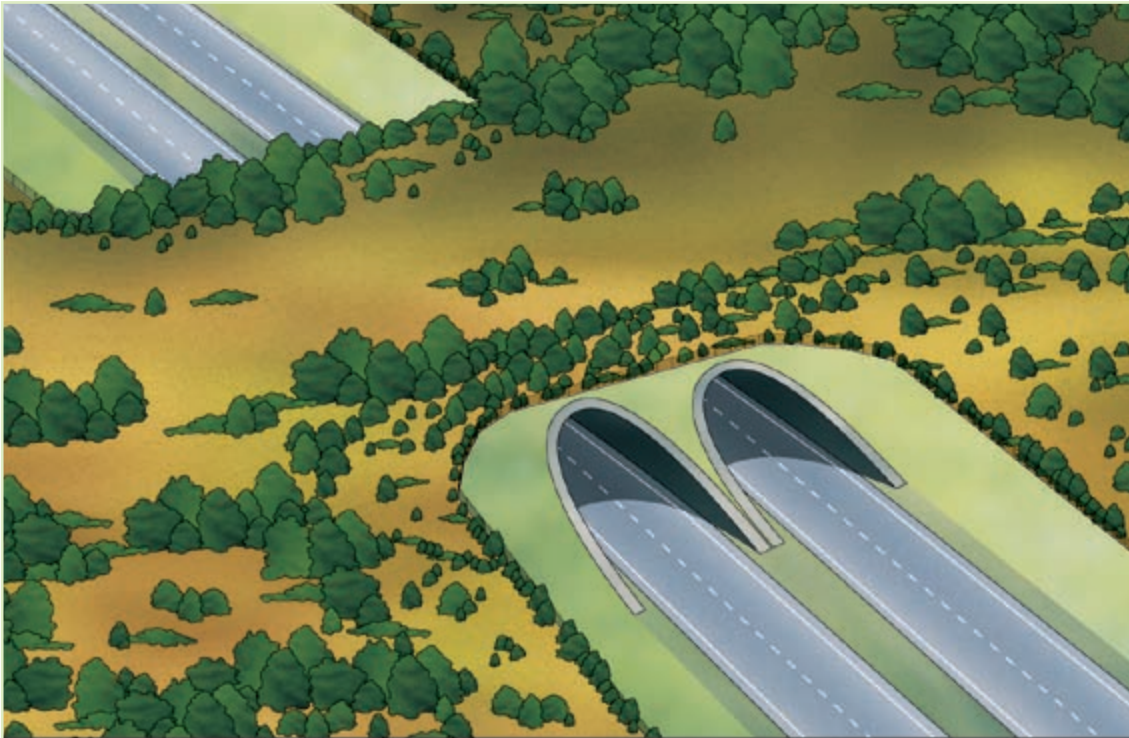
מעברים עיליים כוללים את כל המעברים לבעלי חיים שחוצים תשתיות תחבורה מעל מפלס התנועה. במדריך זה בחרנו לכלול 4 טיפוסים של מעברים עיליים המובחנים זה מזה במאפייניהם ובמטרותיהם: מעבר רצף - המיועד הן כדי ליצור רצף של בתי גידול והן כדי לאפשר מעבר בעלי חיים, ושלושה מעברים המיועדים בעיקר כדי לאפשר מעבר בעלי חיים - מעבר עילי לבעלי חיים, מעבר עילי רב-שימושי ומעבר בין צמרות.



צבי הנגב. (צילום: דורון ניסים)



7.2.1 מעבר רצף



איור: P. Gaspar SP:

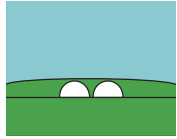
תיאור כללי ומטרות

מעבר רצף הוא מעבר עילי המיועד הן כדי לשמר ולייצר קישוריות בין בתי גידול במרחב והן כדי לענות על צורכי התנועה של טווח נרחב של בעלי חיים - מיונקים גדולים ועד חולייתנים קטנים ואף חסרי חוליות. תכנונו מאפשר אינטגרציה מיטבית של המעבר בסביבתו וכן רציפות של הקרקע, של הכיסוי הצמחי ושל בתי גידול הממוקמים משני צדי הכביש.

מעבר רצף הוא טיפוס המבנה הייעודי הגדול ביותר לצורך מעבר לבעלי חיים. מעבר זה נבנה לרוב מעל כביש מהיר בן נתיבים אחדים שצפיפות התנועה ומהירות הנסיעה בו גבוהות. לעתים מאריכים מעבר כזה כך שיעבור גם מעל מסילת רכבת סמוכה. אמצעי זה יקר אך יעיל, לפחות באופן מקומי, למיתון השפעות הקיטוע של תשתיות תחבורה עבור כל הקבוצות של בעלי חיים יבשתיים. טכניקות אחדות לבניית מעבר רצף כבר יושמו, והן מפורטות להלן. רוחב המעבר, עיצובו, הרכב הצומח וכיסוי הצומח תלויים במידה רבה במיני היעד שאופיינו למעבר מסוים.

חשוב להבהיר כבר כאן את ההגדרות שאימצנו במדריך זה: באופן כללי, המונח "מעבר רצף" (=גשר אקולוגי/נופי; יש כמה וכמה מונחים לועזיים המתארים מעבר כזה, למשל landscape bridge, ecoduct, ecopass) מתייחס לקישור ברמת המערכת האקולוגית או הנוף ומיועד לייצר רצף ממשי בין כתמים של בית הגידול ולאפשר לטווח הרחב ביותר של בעלי חיים וצמחים לשהות בו ולנוע על פניו. מעבר כזה יכול להוות גם כתם של בית גידול בפני עצמו.

המונח "מעבר עילי לבעלי חיים" (המעבר המוצג בסעיף 7.2.2) מתייחס לקישור ברמת אוכלוסייה או מטה-אוכלוסייה. הגדרת תפקודו מתמקדת פחות בעניין הרצף של בית הגידול ויותר בעניין מעבר בעלי חיים. אף כי יש רציפות בין רמת המערכת האקולוגית לרמת האוכלוסייה, המינוח השונה מסייע להבחין ביניהן. ההבדל העיקרי בין שני הטיפוסים של המעברים העיליים הללו נגזר מהרוחב המומלץ, כיוון שככל שמעבר עילי רחב יותר אפשר לתכננו כך שיוכל למלא תפקודים רבים יותר, להכיל יותר מיקרו-בתי גידול ולענות על צורכיהם של יותר מינים. אף על פי שההבחנה ברוחב ("קו החיתוך") בין שני טיפוסים המעברים המשמשת במדריך היא מלאכותית ושרירותית במידה מסוימת (ההבחנה בין שתי קטגוריות במשתנה רציף כמעט תמיד תהיה שרירותית), היא מבוססת על ניסיון שהצטבר בעולם ועל כן סטיות



איור 7.8: מעבר רצף: (א) מעבר רצף בקטע 18 של כביש חוצה ישראל בגבעת נילי. המנהרה אפשרה להותיר את הגבעה על מורכבותה הטופוגרפית ועל הצומח שבה - אלוני תבור מפותחים בחלקה המרכזי והצפוני ושיפולים דרומיים עם צומח עשבוני ברובו - הממשיכים לתפקד כבית גידול כשלעצמם וכמרכיב מקשר בנוף. (צילום: רון פרומקין); (ב) המעבר בגבעת נילי, מבט מלמעלה.

מעל או מתחת לרוחב המומלץ צריכות להיות מוצדקות. מעבר עילי רב-שימושי (מוצג בסעיף 7.2.3) שונה בממדיו ובאופן השימוש בו ממעבר רצף וממעבר עילי לבעלי חיים, וישמש על פי רוב טווח קטן יותר של בעלי חיים.

מיני יעד

מעבר רצף הוא האמצעי האופטימלי והמומלץ ביותר לשימור קישוריות ולייצור קישוריות לטווח הרחב ביותר של מינים. המינים שעבורם הוא מיועד הם על פי רוב פרסתנים וטורפים גדולים. גם חסרי חוליות, זוחלים ודו-חיים הם מיני יעד אפשריים.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: אם יסופקו תנאי בית גידול המתאימים לצורכיהם על המעבר עצמו, ייתכן שישתמשו במעבר גם יתר היונקים (לרבות יונקים בעלי יכולת תנועה מוגבלת, מינים שוכני עצים ומינים של בתי גידול לחים), זוחלים וחסרי חוליות וכן עופות ועטלפים. התאמות ספציפיות למינים ראו בהמשך.

השימוש במבנה

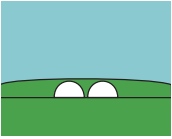
מעברי רצף מיועדים רק לשימוש בעלי חיים (ומיני צומח שנלווים לתנועתם, על גופם או בתוכו). מומלץ לאסור על שימוש של בני אדם במבנה, ובמידת האפשר לצמצם סמוך לו פעילויות הקשורות בבני אדם.

הנחיות כלליות ומיקום

מעברי רצף הם מבנים יקרים ולא רצוי לבנותם רק עבור מין יעד אחד או שניים. במרבית המקרים המטרה צריכה להיות חיבור בין בתי גידול ברמת המערכת האקולוגית. אם לא מדובר במנהרה חפורה, חיבור כזה בין בתי גידול מחייב לשחזר על המעבר עצמו את בתי הגידול המצויים משני צדי התשתית, בהתחשב בצומח ובמאפייני סביבה כמו סוג הקרקע, מידת הלחות, הטמפרטורה והתאורה. כך למשל, ליצירת קישור בין אזורי יער או חורש נדרשת על המעבר נוכחות של מרכיבים דומים מבית גידול זה. על המעבר להיות רחב דיו בחלקו הצר ביותר כדי שיוכל לשמש מסדרון לבעלי חיים. לבעלי החיים הגדולים יותר רוחב המעבר ומיקומו חשובים יותר מאופן עיצובו ומאופי המצע והצומח.

חשוב שמיקומו של מעבר הרצף ייקבע בהתאם לנוכחות מיני היעד ולהתנהגותם (ראו גם סעיף 7.1.5):

- כדי להבטיח את תפקודו של מעבר הרצף ואת יעילותו, יש למקמו בשטחים שידוע שהם מסדרונות תנועה של בעלי החיים ושהפרעת האדם בהם היא מזערית, ולהימנע מלמקמו באזורים שפעילות האדם בהם גורמת להפרעה. כמו כן, יש לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש למזער במרחב במידת האפשר נוכחות של גידור החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה.
- בבחירת מיקום המעבר יש להתייחס גם לאפשרויות חצייה אחרות הזמינות לבעלי החיים ולהתחשב באמצעים האחרים שנקטו במרחב למזעור הקיטוע (איור 7.9).
- מעבר רצף המיועד ליונקים גדולים יש למקם לאורך נתיבים שידוע שמשמשים אותם. ניתן לקבוע את הנתיבים בעזרת סקר שדה (למשל מיפוי שבילים, עקבות, ספירות לילה בסיוע זרקורים, סקר דריסות או שאלונים ייעודיים שימלאו תושבי המקום).



איור 7.9: מעבר רצף במנהרה חצובה ומעבר רצף בנוי: מנהרה חצובה מאפשרת לשמר את רציפות הקרקע ואת הצומח הטבעי הקיים. כאן – דוגמה מעמק הארזים שליד ירושלים. (א) מבט מהצד; (ב) מבט לכיוון הפורטל. לצד הגבעה עובר כביש נוסף, צדדי. מצב זה אינו מומלץ, גם אם חלק מבעלי החיים יכולים לחצות כביש זה. (צילום: רון פרומקין); (ג) מעבר רצף שנבנה בשיטת cut & cover בכביש 6 מדרום לנחל דליה. מצדו הצפוני ממשיך תוואי הכביש ב-3 גשרים ארוכים (ויאדוקטים) על פני עמקי הנחלים דליה, שלף ומנשה. צירוף האמצעים הללו ונוכחות מעברים נוספים תחת תוואי הכביש מאפשרים חדירות מרבית של התוואי במקטע זה.



- כשמיני היעד נסמכים על טיפוס בית גידול מסוים, יש לוודא כי הן מעבר הרצף והן בית הגידול משני צדי המעבר נמצאים בטווח התנועה האפשרי של מינים אלה.
- רצוי להימנע מלמקם מעבר רצף במקטעי התשתית שבהם יש הבדלי מפלס גדולים בין שני צדיה. מיקום מיטבי למעברי רצף הוא באזורים שתחומים על ידי קרקע הגבוהה ממפלס הכביש, כך שהן שיפועי הגישה למעבר והן המבנה עצמו נמצאים במפלס קרוב לזה של השטחים הסמוכים. באזור הררי אפשר גם למקם מעבר בשיפוע המתמשך באופן רצוף משני צדי התשתית.
- ממדים גדולים של המבנה מאפשרים שיקום של בתי גידול, במיוחד אם המבנה מתוכנן כך שנוצרת המשכיות של בית הגידול מצדו האחד לאחר ונעשה שימוש נכון בקרקע ובצומח.
- יש לצמצם ככל האפשר את הנזק הנגרם לסביבה במהלך עבודות ההקמה. כן חשוב לתכנן בקפידה את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים, ולפקח על הביצוע בהתאם.
- יש לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה וכן מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על הכביש. לשם כך יש ליצור חיץ או מיסוך בשולי המעבר (לאורכו, בשני צדיו הפונים לכביש) על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי צירוף של כל אלה.



מעבר רצף מחייב ראייה תכנונית רחבה לטווח ארוך

בישראל קיימים כבר מעברי רצף אחדים ומעבר עילי אחד לבעלי חיים. עם זאת, טרם נמצאה דרך לעגן באופן מסודר, בתהליך התכנוני או במסגרת הסכמים, שמירה על השטחים הסמוכים למעבר מפני פיתוח נוסף ואף לא נמצאה דרך למזער את הפרעות בשטחים אלה על ידי ממשק מתאים. להלן דוגמאות אחדות לצורך בתיאום ובתכנון לטווח ארוך של הנעשה בשטחים הסמוכים למעבר:

תכניות פיתוח תלויות ועומדות לגבי מצפה נפתוח, הגבעה הסמוכה למנהרה בכביש 9 בעמק הארזים שליד ירושלים (איור 7.9 א'-ב') ופיתוח נוסף בשטחים סמוכים כרוך בהעברת קו הרכבת לירושלים (בגשר) בעמק ופיתוח פארק שחלקו יופעל כפארק אינטנסיבי במקום בית הגידול הקיים.

המנהרה בגבעת נילי ומעבר הרצף שמצפון לה בכביש 6 מתפקדים בהצלחה לא מבוטלת, אולם לא נעשו הסכמים או תיאומים מחייבים לגבי שימושי הקרקע הסמוכים, ואלה אינם עולים תמיד בקנה אחד עם מטרות המעבר.

גם המעבר העילי לבעלי חיים על כביש 70 גובל בשטחים שהפעילות החקלאית בהם מתנגשת לעתים עם מטרות המעבר.

שני מעברי רצף נוספים המתוכננים בכביש 1 ובכביש 443 גובלים בשטחים המנוהלים על ידי קק"ל ורט"ג, עובדה שיכולה להקל על שמירתם לטווח הארוך, על ממשק צומח בקרבת המעבר (למשל דילול) ועל האפשרות השימוש הקרקע ופעילויות האדם סמוך למעבר ועליו יימצאו בבקרה ויותאמו באופן טוב יותר למטרות שהמעבר נועד להן. גם במקרים אלה חשוב שמנהלי השטחים יגבשו תכנית לממשק השטחים הסמוכים - ממשק דינמי שתואם את מטרות המעבר לטווח ארוך. ממשק כזה מאפשר ללמוד מתוצאות ניטור או מעקב אחר לאחר ההקמה ולהתאים את אופן ההתערבות או את שימושי הקרקע כדי לשפר את תפקוד המעבר במידת האפשר, ומאפשר אף להגיב לשינויים החלים במרוצת הזמן.

- יש לבדוק שפיתוח קיים או מתוכנן בשטחים קרובים יימצא במרחק שלא יפריע לתפקוד המעבר לטווח הארוך. נדרש תכנון ארוך טווח כדי לוודא, באמצעות תכנון מרחבי או באופן אחר, שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים לא יפחתו ושרשת מסדרונות התנועה של בעלי חיים תוכל לתפקד. לשם כך אפשר להשיג שטחים, לנהלם או להגיע להסכמות על ניהול השטחים השכנים למעבר כשטח שמור באופן רצוף ולזמן רב. רצוי ששטחים אלה לא יהיו שטחים פרטיים שאין ודאות לגבי אופן ניהולם לטווח ארוך.

ממדים מומלצים

רוחב המעבר: לפחות 70-80 מ'.

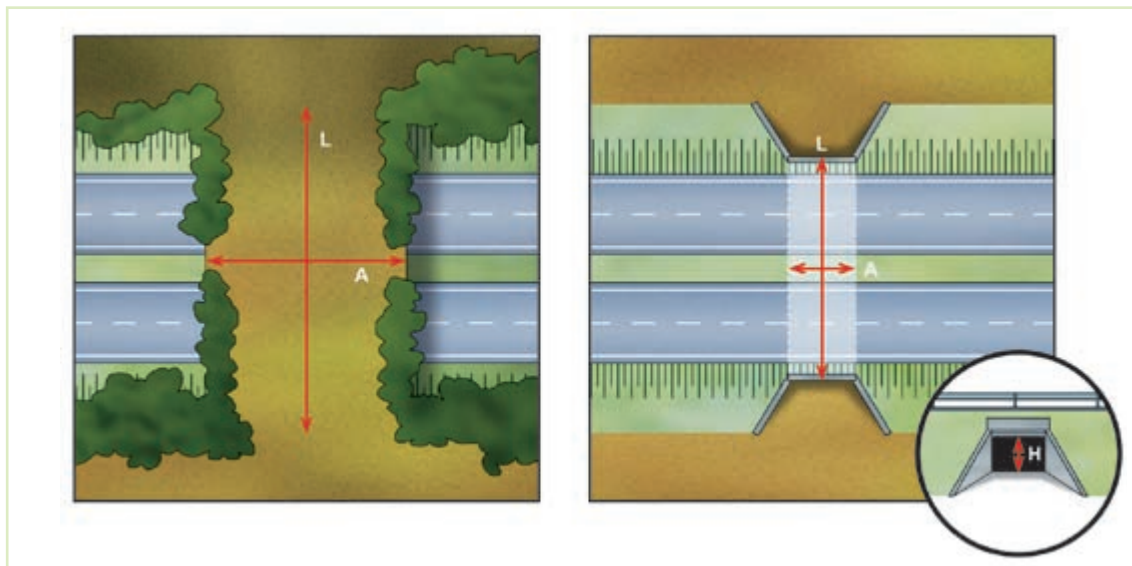
הרוחב המומלץ למעברי רצף הוא **למעלה מ-100 מ'.**

נציין שוב כי רוחבו של מעבר עילי מובא כאן **מנקודת המבט של בעל החיים המשתמש במעבר** (ראו איור 7.10; מתכנני כבישים קוראים לכך לרוב אורך קטע הכביש שמכוסה על ידי המעבר).

רוחב זה מאפשר לשחזר מיקרו-בתי גידול שונים כדי ליצור קישוריות ברמת בית הגידול. הרוחב המיטיב תלוי במגוון של בתי הגידול המקושרים ובחשיבותם לשימור. באזורים שחשיבותם גבוהה רוחב של מעבר רצף יכול להיות כמה מאות מטרים כדי לשמר את קישוריות הנוף. כך למשל, מעבר רצף ייחודי בהולנד המגשר על פני שני כבישים ומסילת רכבת (ליד Hilversum) נבנה ברוחב 800 מ'.

גובה הגדר או סוללת העפר בשולי המבנה: לפחות 1 מ'. הגובה המומלץ – מעל 2 מ'.

עומק הקרקע: 1.5-2.0 מ' (עומק קרקע מינימלי המומלץ לנטיעת צומח עשבוני – 0.3 מ', לשיחים – 0.6 מ' לעצים – 1.5 מ').



איור 7.10: ממדי המעברים כפי שמוצגים במדריך זה: מעבר עילי (משמאל) ומעבר תחתי (מימין). הממדים נבחנו מנקודת הראות של בעל החיים המשתמש בהם: L=אורך המעבר, A=רוחב המעבר, H=גובה המעבר. לרוב אורך המעבר קבוע מראש בשל ממדי התשתית, אך את רוחב המעבר (ואת גובהו במקרה של מעבר תחתי) אפשר לשנות בהתאם לצרכי בעלי החיים (איור: SP: P. Gaspar)

טיפוסי קונסטרוקציה

האמור בסעיף זה מתייחס הן למעבר רצף והן למעבר עילי לבעלי חיים. הדוגמאות שיובאו להלן נבחרו כדי לתת למהנדס הקונסטרוקציה רעיונות. אין הן מיועדות לספק את כל הפרטים הטכניים אלא להאיר מאפיינים המסייעים לוודא את יעילות המעבר.

מעבר עילי אפשר לבנות בכמה אופנים. הבחירה תלויה בעיקר בטופוגרפיה, ביציבות השכבות השונות של הקרקע ושל המסלע, בעלויות, באסתטיקה ובמסורות תכנון ועיצוב מקומיות, אך קיימים שלושה אופני בנייה עיקריים:

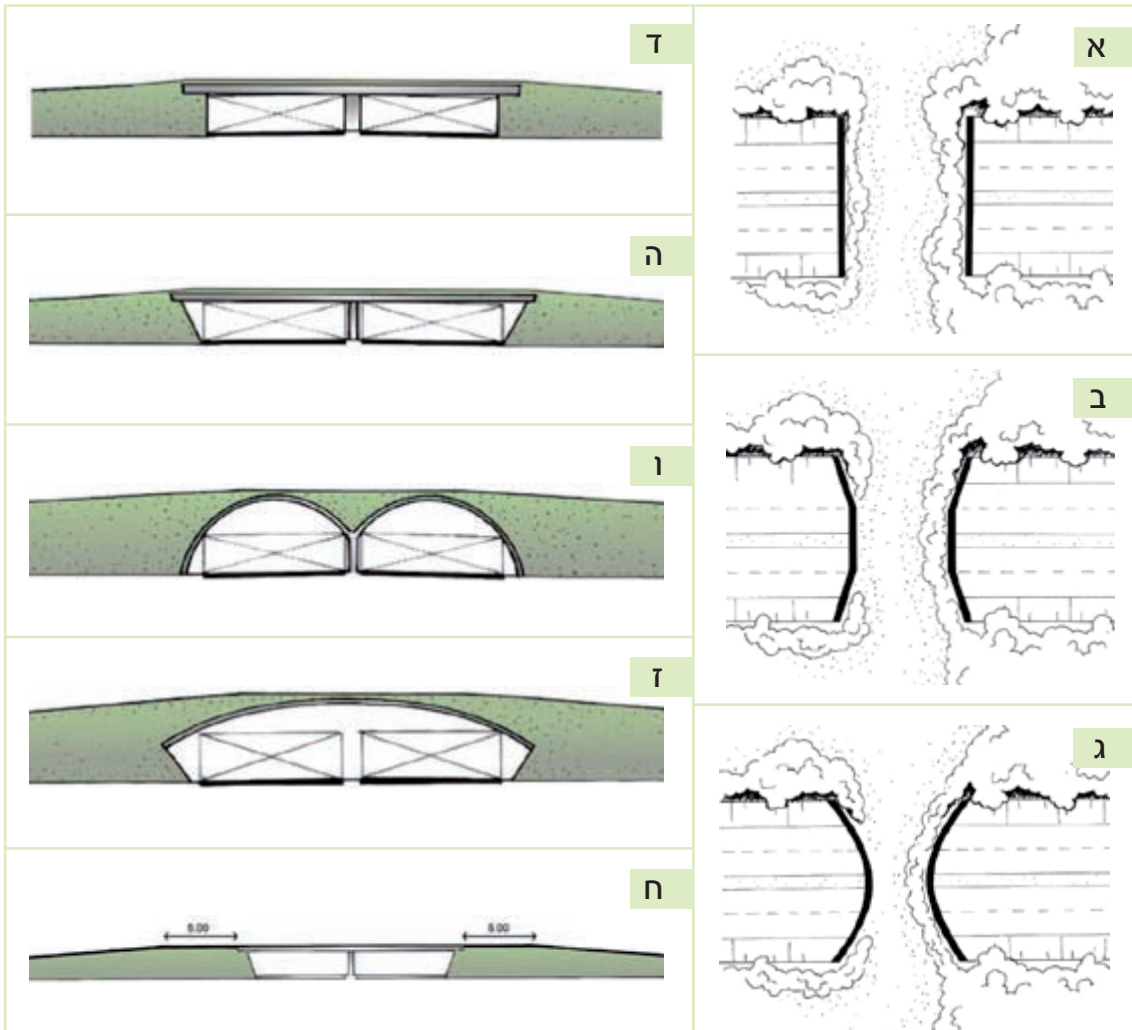
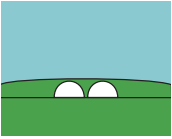
(א) תוואי התשתית עובר במנהרה חפורה

(ב) תוואי התשתית עובר במנהרה חפורה מסוג cut & cover

(ג) המעבר נבנה כגשר מעל התשתית

קונסטרוקציה אפשר להשתמש באחד משני טיפוסים אלה:

- גשר קורות תומכות מפלדה או מבטון (span)
- קשת – קשתות בטון מוכנות מראש (pre-fabricated cast-in-place) או קשתות מפלדה גלית (corrugated steel)



איור 7.11: עיצובים שונים למעברים עיליים: בטור מימין – מבט מלמעלה (EU), בטור משמאל – מבט מהצד (NL). מבט מלמעלה: מבנה ישר (א) הוא הקל ביותר לביצוע; צורה דמוית משפך (ב) או פרבולית/ בצורת שעון חול (ג) נבחרת לעתים להפחתת עלויות, שעולות עם העלייה בשטחו הכולל של המעבר העילי. הבנייה של צורה פרבולית קשה לביצוע ויקרה יותר מאשר צורה דמוית-משפך בעלת קווים ישרים. מבט מהצד: (ד) קונסטרוקציה ישרה עם תמיכה באמצע; (ה) קונסטרוקציה ישרה עם תמיכה באמצע ושיפוע בצד; (ו) קונסטרוקציה של קשת כפולה (prefab); (ז) קונסטרוקציה של קשת אחת; (ח) שטח מישורי בכניסה למעבר לפני התחלת השיפוע.

7



איור 7.12: דוגמה לתכנון מעברים עיליים: הפרדה בין תפקודים המיועדים לבעלי חיים ולבני אדם (המעבר הצר מימין) ויצירת שטח פתוח ומגוון בתי גידול בכניסה למעבר רצף. (NL)

עקרונות הקונסטרוקציה הרלוונטיים לבעלי חיים הם אלה:

- המיקום הנוח ביותר לבניית מעבר הוא המקום שבו הכביש עובר בין שני הרים, כך שגובה מפלס הכניסה למעבר הוא כגובה מפלס הסביבה. הולכת התשתית לתוך מפער חפירה טבעי או מלאכותי מאפשרת לבנות את המעבר העילי במפלס הנוף (ראו גם בפרק 6).
- כשהמפלס של המעבר העילי גבוה מזה של השטחים הסמוכים, חשב ששיפוע הכניסה (רמפת הגישה) לא יהיה תלול מדי ויהיה מקושר היטב לנוף הסובב. פירוט על כך ראו בהמשך (תכנון מפורט והתאמה – התאמת הכניסות וניתוב למעבר).
- חשוב שצורת המעבר והחומרים שמהם הוא בנוי יאפשרו להשיג את המאפיינים החיוניים כמו כיסוי הקרקע והצומח ואת הקישוריות לשטחים סמוכים.
- בבניית מעבר עילי על כבישים קיימים השימוש בקשתות מוכנות מראש מקטין את זמן הבנייה באתר. מומלץ לעצב את המעבר בצורת שעון חול (ראו איור 7.11 ג'). צורה זו מעלה את הסיכוי שבעלי החיים יאתרו את הכניסה למעבר, אף כי עלויות הבנייה גבוהות מאשר בנייה בעלת קווים ישרים. דוגמאות עיצוב נוספות אפשר לראות באיורים 7.11-7.13).

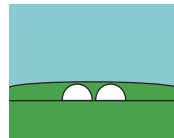
אף על פי שהעלויות הכרוכות בבניית מעברים עיליים לבעלי חיים מהוות לרוב רק חלק זעום מהעלות הכוללת של פרויקט פיתוח כביש או מסילת ברזל, אלה הם מהאמצעים היקרים יותר לשמירת הטבע המיושמים בתהליך התכנון. לפיכך יש לעודד פיתוח של פתרונות חלופיים שעלותם נמוכה יותר. למשל, עד כה מעברים עיליים הבנויים מעץ נבנו רק לעתים רחוקות. באחד המעברים הבנויים מעץ בצרפת התעוררו בעיות בשל עלויות תחזוקה גבוהות, אך בשווייץ בוחנים מתווה למעבר עילי שלו קונסטרוקציה מודרנית מעץ. בארצות הברית התקיימה בשנת 2010 תחרות תכנון למעבר עילי שכללה העלאת פתרונות חדשניים בתכנון, בעיצוב ובשימוש בחומרים להוזלת עלויות הבנייה. הצעות אלה טרם יושמו.



איור 7.13: מגוון עיצובים למעברי רצף בנויים: שימוש באלמנטים מוכנים שהונחו על כביש מהיר קיים – מעבר במהלך בנייה (א) ומעבר מתפקד (ב) – אזור Banff, הכביש המהיר החוצה את קנדה; (ג) מבנה שעון חול למעבר צר וקצר הבנוי בשיפוע, בנוף הררי על כביש כפרי, שווייץ; (ד) מעבר מעל כביש מהיר שלצדו כביש כפרי, מצפון לברן, שווייץ. במעבר זה הוקפד לשמר את הקישויות גם לשטח הכלוא בין הכביש המהיר לבין מסילת רכבת העוברת במקביל אליו ולשטחים שמעבר למסילה; (ה) מעבר רצף שנבנה בשיפוע, עם מסלולים במפלסים שונים, שווייץ (צילומים: תמר אחירון-פרומקין); (ו) מבנה בטון ישר המוצב על עמודים, מצפון לארנהם, הולנד. הכביש הונמך כדי לאפשר למעבר להיות במפלס אחד עם השטחים הסובבים. (צילום: EU: V. Keller)

תכנון מפורט והתאמה

- מעבר הרצף צריך להיות סביבה הטרוגנית המשלבת שטח פתוח, שיחים ולעתים אף עצים. על העיצוב הנופי לחקת את בתי הגידול הסמוכים שהמעבר מיועד לקשר ביניהם.
 - מנהרה חצובה בגבעה או בצלע הר מאפשרת לקיים בצורה הטובה ביותר את רציפות הנוף ובתי הגידול משני צדי התשתית (איורים 7.8, 7.9 א'-ב'). יש להשתדל להפחית את הפגיעה של הפורטל בבית הגידול הטבעי.
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.



- קרקע היא מרכיב הכרחי כדי לאפשר כיסוי צומח. יש להשתמש בקרקע מקומית ולהימנע מייבוא קרקע מחוץ לשטח הפרויקט. יש להקפיד על רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך למעבר ועליו. אפשר להשתמש בשכבה העליונה של קרקע מקומית שהוסרה במהלך העבודות ונשמרה במיוחד, או בתרכובות קרקע מיוחדות.
- הקרקע המשמשת לשכבה העליונה צריכה להתאים לצומח שמעוניינים בו. אפשר ליצור גם שילובי קרקעות בהתאם לפוריות הקרקע וליכולתה להכיל לחות. אם קיימות דרישות מיוחדות לצומח מסוים אפשר להעתיק צומח ולהעבירו יחד עם האדמה שבה הוא גדל.
- עומק הקרקע הנדרש תלוי בטיפוס בית הגידול, ועל הקרקע להיות עמוקה דיה כך שתחזיק מים בכמות המספיקה לקיום הצומח שגדל בה. אם ההתאמה לבתי הגידול הסמוכים מצריכה נטיעת עצים, עומק הקרקע צריך להיות כזה שיתמוך בעצים שגובהם 2.5-3.5 מ' גם בתנאים שאינם כוללים השקיה (העומקים המומלצים לכיסוי הקרקע הובאו לעיל בסעיף הממדים המומלצים). אפשר לגוון את עומק הקרקע לפי טיפוס הצומח המועדף, כך שיווצר מגוון של מיקרו-עומקים ובעלויות נמוכות יותר.
- אפשר להפחית את כובד כיסוי הקרקע שעל המעבר. למשל במקרה של מנהרת cut & cover אפשר להניח כשכבה אמצעית חומר מילוי חלופי (סינתטי וקל), וכשכבה עליונה להניח אדמה מקומית.
- יש ליצור שיפוע מתון לצורכי ניקוז. אפשר לגוון את הטופוגרפיה ואת הניקוז המקומיים על ידי יצירה של שקעים ותלוליות של חומר המילוי ואף ליצור כך ברכות חורף.
- בסביבה יובשנית אפשר ליצור שקעים בתחתית המבנה שאליהם יתנקזו המשקעים (מעין אגני ניקוז מקומיים שיגדילו את היצע המים לעצים ולשיחים). חשוב להקפיד על סוגיות הניקוז והאיטום כך שמים אלה לא יחלחלו לתחתית הגשר ולמערכות חשמל ותאורה המצויות בו ובסביבתו.

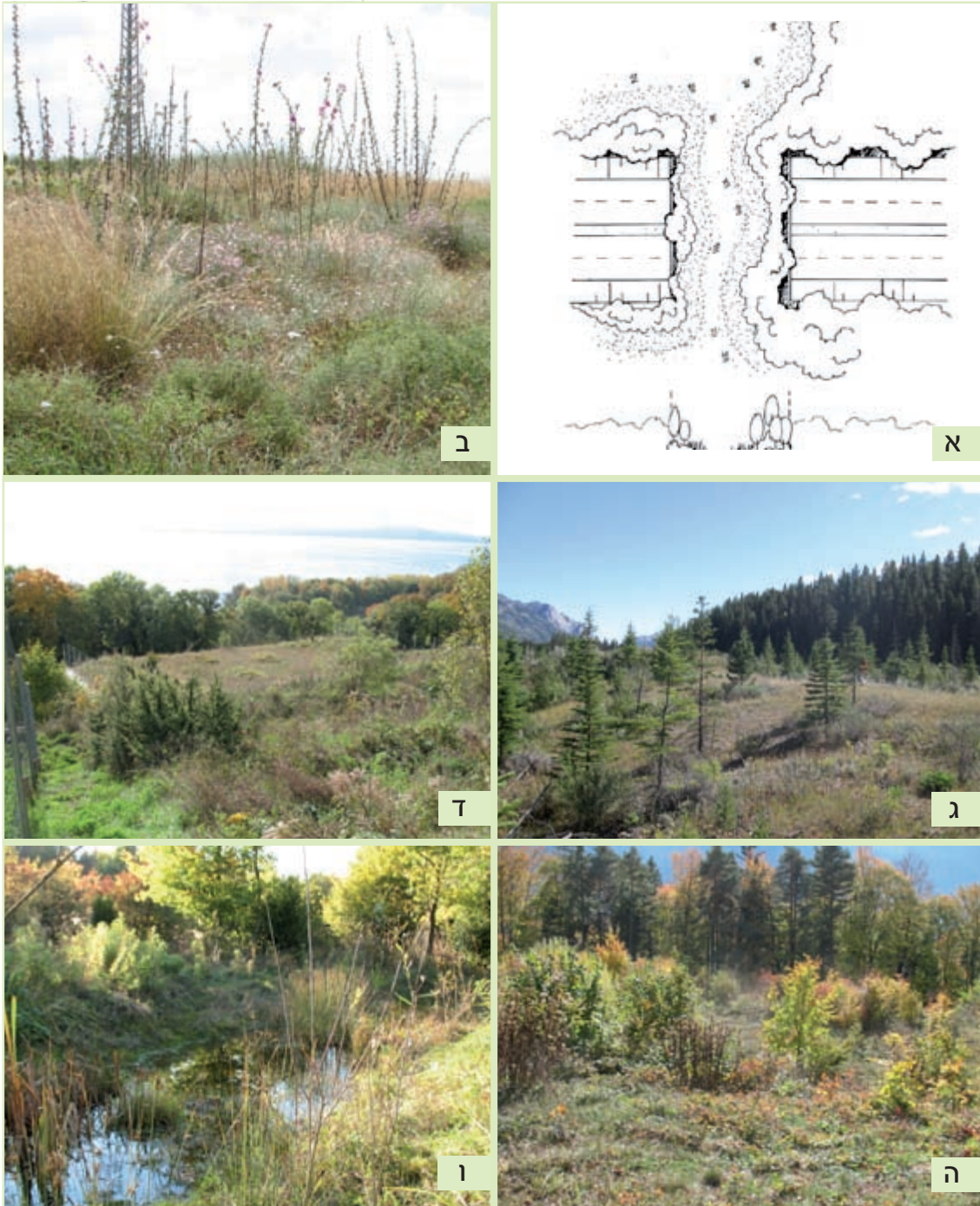
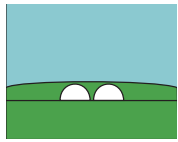
צומח

- תכנון הנטיעות צריך לייצר בית גידול מגוון ודומה ככל האפשר לבתי גידול סמוכים (איור 7.14). שיהווה מסדרון תנועה מתאים עבור מספר מרבי של מיני בעלי חיים: חשוב שהחלק המרכזי של המעבר ייותר פתוח ולא מוצל, והצומח שבו יהיה עשבוני נמוך. בשוליים לאורך המעבר יש לטעת בצפיפות גדלה והולכת לכיוון הקצה שיחים ולעתים אף עצים, זאת כדי לספק מחסה ומקלט למיני בעלי חיים קטנים ובינוניים, ולסייע במיסוך הפרעות.
- אם רוחב המעבר מאפשר זאת ובתי הגידול הסמוכים כוללים גריגה, חורש או יער, אפשר לשלב במרכז המעבר גם כתמי שיחים ועצים נמוכים בצפיפות שאינה עולה על צפיפותם בסביבה, זאת כל עוד נשמרת תחושת הפתיחות והנצפות הכללית במידה הנדרשת למיני היעד (ראו איור 7.14).
- יש להשתמש במיני צומח מקומיים ומאפיינים המצויים בבתי הגידול הסמוכים למעבר משני צדי התשתית - כאלה שלטווח הארוך יכולים להתקיים בלי השקיה, ומתאימים לסוג הקרקע שעל המעבר. ייתכן כי האתר ותנאי האקלים במקום יחייבו שימוש במינים העמידים לתנאים יובשניים.
- זריעת מיני דגניים וצומח עשבוני אינה הכרחית תמיד. נביטה ספונטנית יכולה להניב תוצאות טובות. חלופה לשימוש בתערובות זרעים יקרות היא העברה של מאגר זרעים מקומי מאזורים סמוכים (השכבה העליונה של הקרקע המקומית), או הסרה זהירה של שכבת קרקע כזו מהאתר עצמו במהלך העבודות לסלילת הכביש, שמירתה בצד בערמות ייחודיות, ושימוש בה לצורך השיקום הנופי.
- מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולים לשמש למשיכת מינים צמחוניים למעבר הרצף.
- שורשי עצים יכולים ליצור בעיות תחזוקה על מעבר הרצף. מאחר שכך, בחירת העצים המתאימים ומיקומם צריכה להתחשב הן בשיקולים של תחזוקה והן בשיקולים של בטיחות הנוסעים בכביש.
- חשוב שהצומח על המעבר יתמזג בזה שבכניסות למעבר, לרבות הצומח בשיפועי הכניסה.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

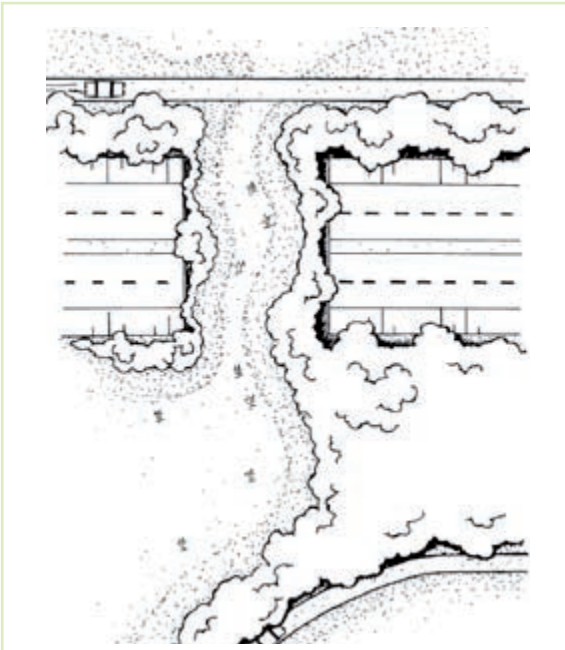
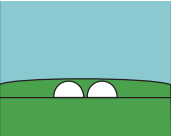
- כשמפלס המעבר גבוה מזה של השטחים הסמוכים, חשוב ששיפוע הכניסה (רמפת הגישה) יהיה מקושר היטב לנוף שסביב ולא יהיה תלול מדי. לשם כך ייתכן שיהיה צורך להרחיב את תחום התכנון המוגדר ב"קו הכחול"; הדבר יאפשר חופש תכנון מיטבי. השיפוע מתפקד באזור המוביל את בעל החיים למעבר, ולכן חשוב שיתאים לצורת המעבר. עד כה יש מעט ידע על השיפוע המרבי שמתאים לבעלי חיים שונים.
- בנופים שטוחים ומישוריים שיפוע הכניסה יכול להגיע עד 15%, ובנופים גבעיים או הרריים אפשר ליצור גם שיפועים תלולים יותר: אחד מכיווני הגישה או שניהם יכולים להגיע עד 25%, במיוחד אם המעבר נבנה על מדרון ולא בתחתית עמק. אם מתעורר ספק אפשר לחשב את השיפוע הממוצע של המדרונות הסמוכים למעבר המיועד שבהם נצפתה בפועל פעילות של מיני היעד.





איור 7.14: תכנון הצומח על מעבר בנוי: (א) למעבר משני צדיו מקושרים טיפוסים בית גידול המתאימים לקבוצות שונות של מיני בעלי חיים (EU); (ב) שיקום הצומח על מעבר הרצף שמדרום לנחל דליה כלל שילוב בין זריעת דגניים בחציו הדרומי, בהמשך לשדות חקלאיים שבהם מגדלים דגניים, לבין שתילת מגוון צמחים בחלקו הצפוני. בין הצמחים היו מיני שיחים, בני שיח ועצים אחדים המצויים בגרינה הגובלת במעבר או באזור. כן נעשה שימוש בקרקע מקומית ובה מאגר זרעים של צומח חד-שנתי; (ג) עצים נמוכים, ערמות ענפים וכתמים פתוחים עם צומח עשבוני במעבר המקשר בין שני אזורים יער, Banff, קנדה; (ד-ה) כתמים פתוחים ומגוון עצים קטנים, שיחים וצומח עשבוני במעברים המחברים אזורי יער, שוויץ; (ו) ברכת חורף טבעית על מעבר, שוויץ. (צילומים: תמר אחרון-פרומקין)

- אפשר לייצר שיפועי כניסה עם שינויי גובה לא רציפים (בקפיצות) או עם תעלות, בתנאי שאלה לא יתפרסו על כל רוחב השיפוע. עדיף להתחיל את השיפוע כ-5 מ' מקצה המעבר (איור 7.11 ח'), מצב שבו בעלי החיים יכולים להגיע לנקודה הגבוהה ביותר ולראות שיש אפשרות לחצייה עוד לפני תחילת המעבר. הקרקע בשיפועים אלה צריכה להתאים לצומח שמעוניינים למקם שם.
- האפשרות למתן את שיפוע הכניסה באה לעתים על חשבון האפשרות להותיר כיסוי צומח מקורי בסביבה הקרובה למעבר, ולכן יש למצוא את האיזון המיטבי בכל מקרה ומקרה. שיפוע תלול יותר את מרב מבנה הצומח הטבעי המקורי בשטח, סמוך למעבר עצמו. שיפוע מתון מחייב מילוי עפר רב יותר, וזה מגדיל את השטח של רמפת הגישה



איור 7.15: מיקום כבישים הסמוכים למעבר העילי: כבישים המקבילים לדרך המהירה מונעים מבעלי חיים גישה למעבר (הכביש בחלק העליון של האיור). יש למקום במרחק מה המעבר כך שייותר מסדרון גישה אליו, כמו בחלקו התחתון של האיור (EU).



איור 7.16: חסימת כניסה למעבר בפני כלי רכב: בולדרים הוצבו בכניסה למעבר עילי בצרפת (צילום: H. Bekker (EU).

וקובר תחתיה יותר מהצומח המקומי המקורי, לרבות עצים. אפשר לשקול הסרה של שכבת הקרקע העליונה הזו, המחזיקה שיחים וצומח עשבוני, והעתקת העצים המקוריים כך שימוקמו שוב מעל שכבת המילוי, אולם פעולה כזו אינה מצליחה תמיד: קליטת הצומח אינה מובטחת, בין היתר כיוון שתנאי הטופוגרפיה וההידרולוגיה יהיו שונים מאלה של מקום גידולם המקורי.

יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים מקומיים (ואף דרכים חקלאיות או דרכי יער אחרות הנמתחות במקביל לתשתית האמורה) לפני הכניסה למעבר או סמוך אליו, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים ואפילו למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו (איור 7.15). יש להתוות דרכים אלה כך שלא יחסמו את הגישה למעבר לבעלי חיים קטנים, במיוחד לחסרי חוליות.

בכניסה למעבר אפשר למקם סלעים גדולים כדי למנוע כניסת כלי רכב. שילוב בין בולדרים לבין נטיעות יכול לסייע לתחושת הביטחון של בעלי החיים עד שהצומח יגדל (איור 7.16).

חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות. אפשר לשלב בין אמצעים למשיכת בעלי חיים ולניתובם למעבר, כמו שילוב בין ברכת מים לצד אחת הכניסות, לבין גידור ובהמשכו מיסוך.

גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות או קירות עפר מיוצבים (Mechanically Stabilized Walls, ראו איור 7.46 ג'), אם הם גבוהים דיים, יכולים לשמש במקום גידור.

נטיעת עצים ושיחים בשולי הכניסה למעבר תסייע לניתוב בעלי החיים לכניסות למעבר. צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להתאים לאלה הנמצאים על המעבר, בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. בכניסה למעבר יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם.

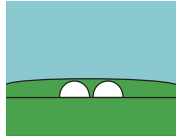
מיסוך וצמצום הפרעות

מיסוך מיועד לצמצם באמצעות מחיצות או הפרדות אחרות הפרעות של תאורה או של רעש מהכביש הנגרמות לבעלי החיים המשתמשים במעבר.

התקנת מיסוך חשובה במעברים העיליים הצרים יותר ובאזורים שמקור התאורה היחידי בהם מגיע מהתשתית שהמעבר חוצה יותר מאשר באזורים שיש בהם מקורות תאורה סמוכים אחרים.

יש להתקין לאורך שני צדי המעבר הפונים לכביש תלוליות או סוללות עפר, קירות מוצקים, מחיצות אקוסטיות ומסכים אטומים אחרים, לטעת צומח בצפיפות או לשלב את כל אלה כך שימנעו או יצמצמו ככל האפשר חדירה של רעש ושל תאורה (איור 7.17). על מרכיבי המיסוך להתמשך מטה, עד לכניסה למעבר ולגידור שבשולי הכביש. הגובה המינימלי של מחיצות אלה צריך להיות כ-2 מ'. מיסוך גבוה דיו יכול לחסוך את הצורך בגידור נוסף על המעבר. אם הכביש משופע יש לוודא שתאורה מנקודות מרוחקות יותר במעלה הכביש אינה נראית על פני המעבר ואינה הופכת מקור הפרעה קבוע בו.





איור 7.17: שימוש באמצעים למניעת הפרעות: (א) פרט חתר המראה מסך הממוקם על סוללת עפר מוגבהת. בשוליים, בצדו הפנימי של המעבר, נטועים עצים או שיחים גבוהים. (איור: SP: P. Gaspar); (ב) שילוב בין גידור המנתב בעלי חיים לכיוון המעבר, מיסוך לצמצום ההפרעות מהכביש ומעבר צר להולכי רגל הממוקם מחוץ לגדר לכיוון הכביש. מעבר עילי בהונגריה. (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ג) סוללת עפר וגידור בשולי מעבר. (צילום: US: T. Clevenger)



איור 7.18: ברכת קטנות כ"אבני קפיצה": ברכת כאלה יכולות לסייע לתנועת דו-חיים במעבר עילי. (צילום: US: T. Clevenger)

- רצוי למקם את המחיצות בחלק החיצוני של הקונסטרוקציה כדי להגדיל את הרוחב הזמין למעבר בעלי חיים לממדיו המרביים.
- יש לחבר בקפידה את המחיצות לאמצעים כמו מחסומי רעש הממוקמים לאורך הכביש.
- תלוליות עפר בחלק החיצוני של המעבר הנמתחות הלאה לאורך הכביש הן מחסום טוב, ומתאימות במיוחד למעברי רצף ולמעברים רחבים (איור 7.17 ג').
- משוכות צפופות מתפקדות כמחסום באופן הטוב ביותר אם הן ממוקמות על תלוליות עפר נמוכות (איור 7.17 א'). צומח על התלוליות ובצדן הפנימי יכול לשמש גם לניתוב בעלי החיים למעבר וגם כמחסה.
- אם יש במעבר הרצף תנועה של מטיילים ונופשים, חשוב למזער את האפשרות להפרעה לבעלי החיים. אפשר להפריד שבילי הליכה משאר שטח המעבר על ידי קיר, תעלה, מחיצה דקה או סבך שיחים. יש לשים לב לביטחון המשתמשים בשביל, ולצמצם אפשרות לגרפיטי או לוונדליזם.
- לצמצום ההפרעה מומלץ לשקול צמצום של תאורת הכביש באזור מעבר הרצף: הזזת נקודות תאורה, הנמכת העמודים או הקטנת עוצמת הנורות (באירופה יש מקומות שבהם אין כלל תאורה בכניסה למנהרות אלא רק בתוך המנהרות). אפשרות נוספת היא למקם בתקרה שבכניסה למנהרה תאורה המכוונת מטה והחוצה.

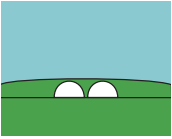
גידור

גדרות נדרשות כדי להנחות ולנתב בעלי חיים למעברים המתאימים להם ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.

- חיוני לגדר את השוליים החיצוניים של מעבר עילי אם לא הותקנו מחיצות.
- הגידור בשולי המעבר העילי צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש.

גיוונים והתאמות נוספים

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים אפשר ליצור עליו או בקרבתו נקודות שתייה או לטעת בו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול.
- מחסה נוסף על מעבר הרצף יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו בו. אפשר למקם במרווחים מסוימים לאורך המעבר ערמות של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים (כך שיהיו "אבני קפיצה", ראו פרק 3). אלה מיועדים לספק לבעלי חיים קטנים - יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות - מחסה ומקלט. הם חשובים במיוחד עד להתבססות צומח גבוה דיו. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה יש לשקול אם למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.



אפשר ליצור בתי גידול לחים המתאימים לדו-חיים באמצעות שימוש ב"אבני קפיצה" שבהן נשמרת לחות גבוהה יותר, ויש בהן מקום מחסה לבעלי החיים הקטנים. ניתן לעשות זאת על ידי יצירת כתמים של צומח עשבוני או שיחי או על ידי הוספה של משטחי עץ קטנים המונחים על אבנים כך שהשטח שתחתם מוצל. אפשרות נוספת ליצירת בית גידול לח היא יצירת סדרה של ברכות קטנות מלאכותיות (איור 7.18). אפשר ליצור ברכות כאלה עם מצע טבעי או עם מצע מלאכותי שאינו מחלחל או המחזיק מים למשך זמן רב, או לעצב את פני השטח כך שיווצרו על פניו אגני ניקוז קטנים ולשלבם עם מצע לא מחלחל.

אפשר למקם תלוליות או סוללות עפר במרכז המעבר (בנוסף לאלה שבצדיו) כדי לאפשר לפרסתנים שזקוקים לכך נקודות תצפית טובות יותר על המרחב.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

מעברים עיליים מיועדים לשימוש ארוך טווח. עבודות הנדסיות, למשל, מתוכננות לטווח של 50-100 שנה ויותר. כחלק



איור 7.19: איטום וניקוז מאריכים את חיי המבנה: ציפוי בסיס המעבר בחומר מבודד וניקוז נאות של שטח פניו, ספרד (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia)

מהתכנון המרחבי ברמה המקומית והאזורית חשוב לוודא לאותה מסגרת זמן שיישמר גם מסדרון מרחבי המאפשר גישה למעבר העילי. במיוחד אין לאפשר פיתוח (בינוי למגורים ולתעשייה, כבישים מקומיים) המצמצם את התפקוד של המעבר העילי. חשוב לבדוק כבר בשלב התכנון אם אפשר ליצור הסכמים בוועדות התכנון עצמן ובין גופים המנהלים שטחים פתוחים כדי לעגן את השמירה על מעבר הרצף, על סביבתו ועל ממשק מתאים בה כך שיגבר הסיכוי לתפקוד נאות של המעבר לטווח ארוך.

כחלק מאותה התפיסה, יש לגבש גם תכנית תחזוקה הולמת לטווח ארוך.

יש לשים לב לדרישות בטיחות של הכביש, למשל לא לשתול עצים שיכולים ליפול עליו.

יש לדאוג לניקוז ולאטום הולם של המבנה כך שמים הנקווים עליו לא יחלחלו לתחתיתו ולמערכות חשמל ותאורה המצויות בו ובסביבתו, במיוחד באזורים שאינם מדבריים. לצורך ניקוז מומלץ ליצור שיפוע קל של 2%-3% ממרכז הציר האורכי של המעבר לכיוון הצדדים ולכיוון היציאות (ממנו החוצה). אפשר להגן על בסיס המבנה ולסייע לו להאריך ימים על ידי כיסוי בחומר מבודד המונח בין השלד לבין כיסוי האדמה (איור 7.19).

פסי טשטוש שנועדו לניטור עקבות של בעלי חיים מותרים מפער ברציפות הצומח על המעבר, ועלולים להוות מכשול למינים מסוימים של חסרי חוליות, ומשום כך יש להקפיד להשאירם לתקופת זמן מוגבלת, כל עוד הניטור מתבצע בפועל.

מעברי רצף לשימוש בלעדי של בעלי חיים מומלצים במיוחד אם מעוניינים לשקם תנועה יומית או עונתית של יונקים גדולים.

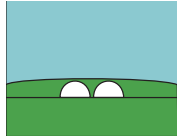
רצוי לסגור את המעבר לקהל ולפעילויות של בני אדם. אם הדבר אינו אפשרי או אינו רצוי, יש לתכנן בקפידה שימוש של הולכי רגל ושל כלי רכב במעבר עילי (עוד על כך ראו סעיף 7.2.3).

אם צפויה נוכחות של הולכי רגל במעבר, מוטב לספק שביל צר שירכז את תנועתם מאשר לא לספק שביל תנועה כלל, דבר שעלול להוביל לכך שהם ישתמשו בכל רוחבו של המעבר. לפעמים עדיף לחבר מעבר רצף לשבילי נופש להולכי רגל. לפני שעושים זאת יש לבחון מה רוחב המעבר הנדרש, כך שתתאפשר הפרדה פיזית בין פעילות האדם לזו של בעלי החיים, וכן לבדוק מהי האפשרות לחסום כניסה של הולכי רגל בתקופות מסוימות של השנה. צריך לשים לב ששילוב כזה מחייב שליטה ניהולית, במיוחד בעניין ונדלים.

במעברי רצף נעשה לעתים שימוש לרעה על ידי רוכבי אופניים, אופנועים וטרקטורונים. אפשר למנוע כניסתם למעבר על ידי גידור עם מפתחים גדולים (שבעלי חיים יכולים לעבור דרכם), חסימה באמצעות סלעים גדולים או חסימה חלקית באמצעות משוכות שיחים קוצניים כמו צבר או פטל, כל עוד אינם מונעים כניסה חופשית של בעלי חיים. רצוי לגבות אמצעים אלה בשילוט הסברה.

יש להקפיד על אכיפת איסור ציד על המעבר העילי ובסביבתו. אין ניסיון רב שממנו ניתן ללמוד על היקף השטח המדובר, אולם מרחק של 0.5-2 ק"מ מהכניסות למעבר עשוי להתאים, בהתחשב בסיטואציה המקומית.





איור 7.20: מגוון בעלי חיים תועדו במעבר הרצף מדרום לנחל דליה: לדוגמה, צבי ישראלי (למעלה), דרבן ושועל (באמצע), נמייה (למטה). תכיפות השימוש במעבר ומאפייני השימוש שונים בין המינים. (צילומים: תמר אחירון-פרומקין)

הנחיות ספציפיות למינים

טווח רחב של בעלי חיים משתמשים במעבר רצף (איור 7.20). להלן קבוצות מינים שיכולות להשתמש במעבר אם התנאים המקומיים יותאמו לצורכיהם:

- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר רצף אלא אם כן המעבר ממוקם בנתיב נדידה מקומית שלהם או אם הוא נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לדו-חיים בעזרת סדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" ומחברות בין בתי גידול לחים שהופרדו על ידי הכביש, בשילוב עם מקומות מסתור מתאימים על פני המעבר (ראו גיוונים והתאמות נוספים לעיל).

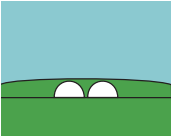
- **יונקים שוכני עצים:** או יונקים המעדיפים בתי גידול של עצים או את קרבתם – לתנועתם על פני המעבר יכולים לסייע מבנים המספקים מקומות מחסה והגנה בזמן תנועה (כמו ערמות ענפים, תלוליות אבנים או ערמות גזם וסחופת עץ), ובתנאי שיהיו קרובים דיים זה לזה בכניסות למעבר ועל פניו.

- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** (כגון לוטרה) יכולים להימנע משימוש במעבר רצף אם אינו ממוקם בבית הגידול המועדף עליהם או סמוך מאוד אליו. בנייה של בית גידול לח (כמו ברכה בכניסה או סדרת ברכות כפי שתואר לעיל) יכולה לעודד מינים אלה להשתמש במעבר.

- **מינים מעופפים:** אפשר להתאים את טיפוסו הצומח על המעבר ואת מיקום הצומח כך שיגדילו את אפשרויות השימוש בו ואת החצייה דרכו גם על ידי מיני עופות ועטלפים. נמצא שמעברים עיליים מהווים קווים מנתבים גם לתנועה של בעלי חיים מעופפים כמו ציפורים, עטלפים ופרפרים; הם מסייעים להפחית את שיעור התמותה של בעלי החיים המעופפים מהתנגשויות בכלי רכב, וגם מגבירים את תנועת אותם המינים המעופפים שאלמלא כן היו נמנעים מלחצות שטח כביש פתוח. אלמנט קווי המכוון למעבר ו/או החוצה את המעבר מצד לצד יכול לסייע בהכוונת תעופתם של עטלפים ומיני ציפורים על פני המעבר. אלמנט קווי כזה יכול להיות למשל שדרת עצים המכוונת למעבר ומגיעה עד לכניסה אליו. על המעבר עצמו אפשר להמשיכה בשורה מרווחת של שיחים גבוהים (או בצירוף כמה עצים קטנים).

תחזוקה ובדיקה

- המבנים של מעברי רצף דורשים באופן יחסי תחזוקה מעטה. קירות, גדרות ומחיצות מצריכים בדיקה ותחזוקה סדירות כדי לוודא את יציבותם. כן יש לדאוג לשמירה על מצב הצומח והשיפועים, אם ישנם.
- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מי יהיה אחראי לתחזוקה, ולהקפיד בשלב התפעול על שיתוף פעולה הדוק עם האנשים האחראים לתחזוקת הכביש. זאת במיוחד אם התחזוקה בפועל מועברת לידי אנשים או ארגונים שלא היו מעורבים בתהליך התכנון (כמו חקלאים, יערנים, ארגוני שמירת טבע). במצבים רבים האחראים על ממשק בשטחים הפתוחים בסביבת המעבר יכולים להיות האחראים גם לתחזוקת הצומח שעל המעבר.
- על האחראים לתחזוקה להיות מודעים למטרת המעבר. יש להכין בעבורם הנחיות מפורטות, ולפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה.
- כבר בשלב הביצוע של מעבר הרצף יש לתכנן את נוהלי התחזוקה לשנתיים-שלוש השנים הראשונות שלאחר ההקמה, במיוחד את אלה הנוגעים להתבססות הצומח. לאחר מכן אפשר לגבש נוהלי תחזוקה מדי שנה, בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.



- חשוב לתחזק את הצומח בהתאם למטרות המקוריות של מעבר הרצף, אלא אם כן הוחלט לעדכן אותן בהסתמך על נתוני הניטור. יש לדאוג שתחזוקת הצומח לא תפגע בתפקוד הטכני של הגשר.
- בשנים הראשונות שלאחר ההקמה קרוב לוודאי שיהיה צורך להשקות את הצומח על פני המעבר. השקיה כזו מאפשרת לצומח להתבסס, להשריש ולהתפתח במהירות למצבו התפקודי הרצוי על המעבר.
- יש לוודא שבתי גידול רצויים יישמרו או יטופחו באופן פעיל. לשם כך יש לבדוק אם הצומח במרכז המעבר אינו יוצר אזור סבוך וחסום, ולסלק מיני צמחים רודרליים ופולשים המופיעים בשטח.
- חשוב להעניק תשומת לב מיוחדת לשימושים לא הולמים במעבר הרצף ובסביבתו, כאלה שעלולים לפגוע בתפקודו כמעבר לבעלי חיים (כמו גידור או הפעלת מתקני נופש בשטחים פתוחים סמוכים).

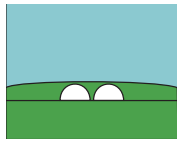
ניטור

בשל העלויות הגבוהות הכרוכות בהקמת מעבר רצף, חשוב במיוחד במקרה זה לבצע עוד לפני ההקמה ניטור מקדים באזור המתוכנן להקמה – לנטר בשיטות שונות פעילות של מיני היעד באזור המיועד למעבר ובסביבתו, ולשלב את המידע מהניטור במידע על שימושי הקרקע באזור.

לאחר ההקמה יש לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).

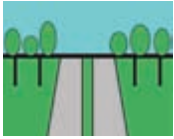


צב יבשה מצוי. (צילום: רון פרומקין)

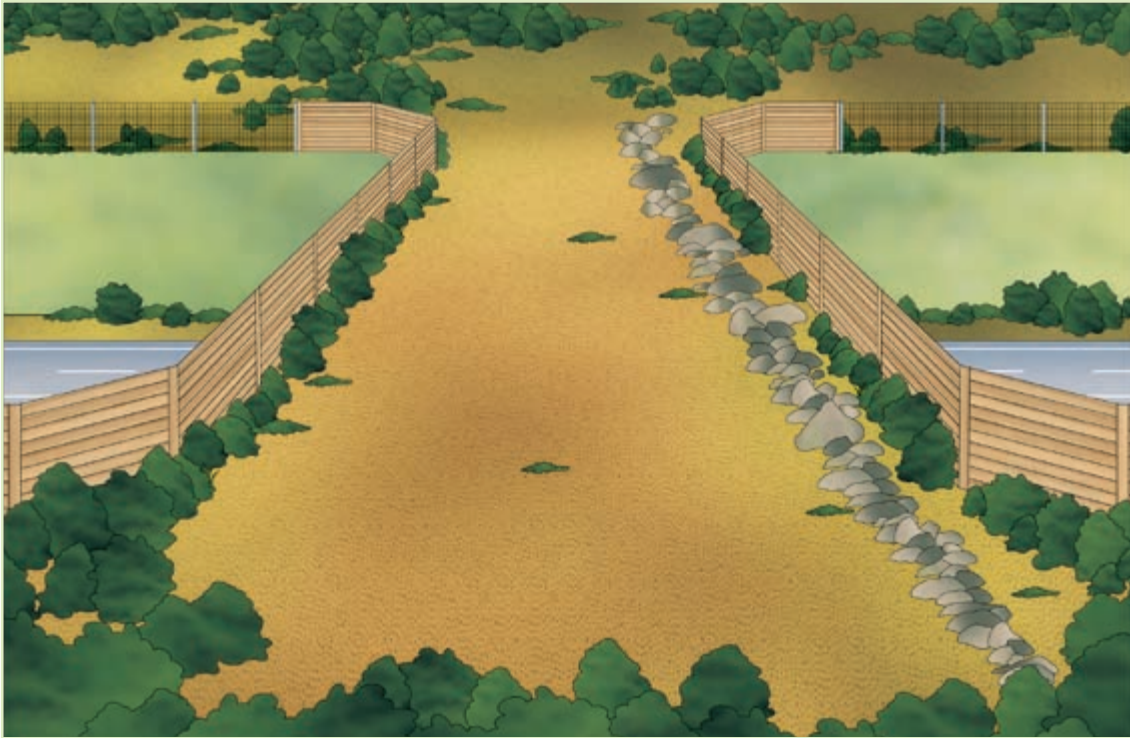


יעל נובי. (צילום דותן רותם)

7



7.2.2 מעבר עילי לבעלי חיים



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

מעבר עילי לבעלי חיים (wildlife overpass), שני בגודלו למעבר הרצף, הוא לרוב המבנה הגדול ביותר על פני כבישים מהירים, והוא מותאם במיוחד כדי לאפשר לבעלי חיים חצייה של תוואי הכביש. לרוב מעבר כזה מיועד בעיקר לפרסתנים גדולים, אך תכנון מפורט והתאמות ספציפיות של הרחוב, של פרטי העיצוב, של הרכב הצומח ושל כיסויי יכולים להגדיל את טווח המינים המשתמשים במעבר. אין לעשות במעבר שימוש אחר, ויש למנוע הפרעות הנובעות מפעילות אדם.

מיני יעד

המינים שלהם מיועד המעבר הם על פי רוב פרסתנים וטורפים גדולים. גם חסרי חוליות, זוחלים ודו-חיים הם מיני יעד אפשריים.

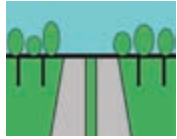
מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: אם יסופקו תנאי בית גידול המתאימים לצורכיהם על המעבר עצמו, ייתכן שישתמשו במעבר גם יתר היונקים (לרבות יונקים בעלי יכולת תנועה מוגבלת), זוחלים וחסרי חוליות. מינים שוכני עצים ומינים של בתי גידול לחים יוכלו להשתמש במבנים אלה אם יותאמו במיוחד לצורכיהם. אפשר להתאים את טיפוס הצומח על המעבר ואת מיקומו כך שיגדילו את אפשרויות השימוש בו והחצייה דרכו על ידי מיני עופות ועטלפים. התאמות ספציפיות למינים ראו בהמשך.

השימוש במבנה

מעברים עיליים אלה מיועדים רק לשימוש בעלי חיים (ומיני צומח שנלווים לתנועתם, על גופם או בתוכו). מומלץ לאסור על שימוש של בני אדם במבנה, ובמידת האפשר לצמצם סמוך לו פעילויות הקשורות בבני אדם.

הנחיות כלליות ומיקום

- ככלל, ההנחיות לתכנון המפורט של מעבר עילי לבעלי חיים זהות לאלה של מעבר רצף, אולם רחב המעבר העילי לבעלי חיים צר יותר ומכיוון שכך, היכולת לשקם בו בתי גידול תהיה פחותה. מסיבה זו יכולתו של המעבר לקשר



איור 7.21: מעבר עילי לבעלי חיים מעל כביש 70: אפשר לשפר את הנגישות של בעלי החיים למעבר על ידי עיצוב נוסף של השיפועים והצומח בהם שסייעו למינים קטנים וניידים פחות לחצות את נחל תות המקיף את הכניסה הצפונית למעבר. (צילומים: רון פרומקין)

בין בתי גידול ובין הצומח שבהם מוגבלת יותר, והוא מתפקד בעיקר כמרכיב המסייע בתנועה של פרטים ומינים משני צדי התשתית (איור 7.21).

- באופן כללי, יונקים גדולים זקוקים למעברים עיליים גדולים יותר מאשר חולייתנים קטנים. יחד עם זאת, חולייתנים קטנים וחסרי חוליות מסתמכים יותר מיונקים גדולים על אספקת מאפיינים ייחודיים של בית גידול שאפשר לספקם לרוב רק במעברים הרחבים יחסית.

מיקום מעבר עילי לבעלי חיים צריך להיקבע על פי נוכחות מיני היעד ועל פי התנהגותם (ראו גם סעיף 7.1.5):

- כדי להבטיח את תפקודו של המעבר ואת יעילותו יש למקמו בשטחים המתאפיינים בחדירות נופית גדולה, שידוע שהם מסדרונות תנועה של בעלי החיים ושהפרעת האדם בהם היא מזערית, ולהימנע מלמקמו באזורים שפעילות האדם בהם גורמת להפרעה.

- יש לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר, ולוודא שאין מחסומים המפריעים למיני היעד להגיע אל המעבר מהשטחים הסמוכים. במיוחד יש למזער במרחב במידת האפשר נוכחות

של גידור החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה. כשמיני היעד נסמכים על טיפוס בית גידול מסוים, יש לוודא כי הן המעבר העילי והן בית הגידול נמצאים בטווח התנועה האפשרי של מינים אלה וכי אין בנתיב התנועה האפשרי ביניהם והמועדף על מיני היעד מחסומים שיפריעו לתנועה זו.

- בבחירת מיקום המעבר יש להתייחס גם לאפשרויות חצייה אחרות הזמינות לבעלי החיים ולהתחשב באמצעים האחרים שנקטו במרחב למזעור הקיטוע, ראו גם סעיף 7.2.1.

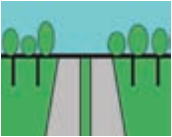
- רצוי להימנע מלמקם מעבר עילי לבעלי חיים במקטעי התשתית שבהם יש הבדלי מפלס גדולים בין שני צדיה. מיקום מיטבי למעבר הוא באזורים שתחומים על ידי קרקע הגבוהה ממפלס הכביש, כך שהן שיפועי הגישה למעבר והן המבנה עצמו נמצאים במפלס קרוב לזה של השטחים הסמוכים. באזור הררי אפשר גם למקם מעבר בשיפוע המתמשך באופן רצוף משני צדי התשתית.

- יש לצמצם ככל האפשר את הנזק הנגרם לסביבה במהלך עבודות ההקמה. כן חשוב לתכנן בקפידה את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים, ולפקח על הביצוע בהתאם.

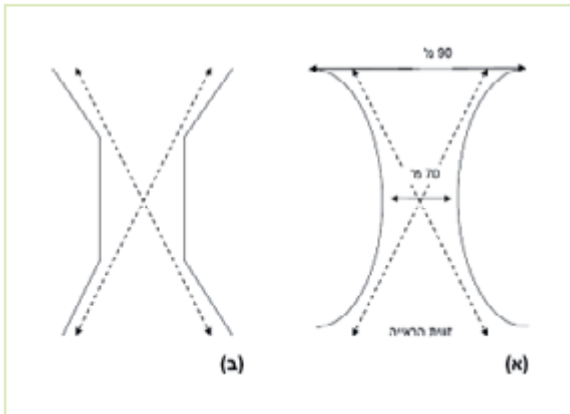
- כיוון שמעבר עילי לבעלי חיים לרוב צר יותר ממעבר רצף וכיוון שתפקודו הראשי הוא כמסדרון חצייה ותנועה, חשוב להקפיד אף יותר על צמצום הפרעות הנגרמות מפעילות אדם, מתאורה ומרעש, במיוחד יש לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה וכן מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על הכביש. לשם כך יש ליצור חיץ או מיסוך בשולי המעבר (לאורכו, בשני צדי הפונים לכביש) על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי צירוף של כל אלה.

- יש לבדוק שפיתוח קיים או מתוכנן בשטחים קרובים ימצא במרחק שלא יפריע לתפקוד המעבר לטווח הארוך. נדרש תכנון ארוך טווח כדי לוודא, באמצעות תכנון מרחבי או באופן אחר, שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים לא יפותחו ושרשת מסדרונות התנועה של בעלי חיים תוכל לתפקד. לשם כך אפשר להשיג שטחים,

לנהלם או להגיע להסכמות על ניהול השטחים השכנים למעבר כשטח שמור באופן רצוף ולזמן רב. רצוי ששטחים אלה לא יהיו שטחים פרטיים שאין ודאות לגבי אופן ניהולם לטווח ארוך.



ממדים מומלצים



איור 7.22: זווית הראייה של בעל החיים חשובה במיוחד במעברים צרים: מומלץ שבכניסה למעבר רחב הקפתה יהיה 90 מ' כך שבעלי החיים העומדים בצדו האחד של המעבר יכולים לראות שטח גדול יותר הנמצא בצדו השני. דוגמה לתכנון מעבר עילי: (א) עיצוב פרבולי; (ב) עיצוב פרבולי ישר שקיים.

רוחב המעבר: לפחות 40-50 מ' (בין הגדרות).

הרוחב המומלץ למעבר עילי לבעלי חיים הוא 50-70 מ' בחלקו הצר של המעבר. על הכניסה להיות רחבה יותר בכ-20 מ'. לדוגמה, אם מדובר במבנה פרבולי (דמוי משפך או שעון חול) שרוחבו 70 מ' - מומלץ שבכניסה למעבר רחב הקפתה יהיה 90 מ' (איור 7.22).

הערות:

- במקרים מסוימים ועבור מיני יעד ספציפיים נעשה ניסיון לצמצם את רוחב המעבר למינימום של 20 מ' (כמדסרון תנועה בלבד או כשלטופוגרפיה יש אפקט מתעל המוביל את בעלי החיים ישירות למעבר). הניסיון עם יונקים הראה שפרטים הרגילים לתנאים המקומיים עשויים להשתמש במעבר צר כזה אולם תדירות השימוש תהיה לרוב נמוכה מזו שבמעברים רחבים יותר. לא ידוע באיזו מידה פרטים לא מנוסים, למשל צעירים בשלב תפוצה (dispersal), מגיבים למעבר צר כזה. במקרים אחדים נמצא שמעבר דמוי משפך, שרוחבו בכניסה 40 מ' ורוחבו המינימלי נמוך מ-20 מ', היה בשימוש איל הכרמל באירופה, שהוא דוגמה למין שאינו גישי ביותר. ככלל, מומלץ להתייחס לרוחב המינימלי המצוין לעיל.
- הרוחב הנדרש גדל ככל שגדל אורכו של המעבר. כך למשל, מעבר על פני כביש בן 6 נתיבים צריך להיות רחב יותר ממעבר על פני כביש בן 2-3 נתיבים. אף שהפרופורציות הרצויות הן ספציפיות למיני היעד, מומלץ כי היחס המינימלי בין ממד הרוחב לממד האורך יהיה גבוה מ-0.8 כדי להעניק לבעל החיים המשתמש במעבר תחושת ביטחון. ככל שהמעבר צר יותר כן גוברת החשיבות של מבנה פרבולי, שבו מבנה הכניסה מסייע לניתוב בעלי החיים למעבר.

גובה הגדר או סוללת העפר: מעל 2 מ'.

עומק הקרקע: 1.5-2.0 מ' (עומק קרקע מינימלי המומלץ לנטיעת צומח עשבוני - 0.3 מ', לשיחים - 0.6 מ').

טיפוסי קונסטרוקציה

התכנון המפורט יהיה דומה לזה של מעבר רצף (פירוט נוסף ראו בסעיף 7.2.1).

קונסטרוקציה אפשר להשתמש באחד משני טיפוסים אלה:

- גשר קורות תומכות מפלדה או מבטון (span)
 - קשת - קשתות בטון מוכנות מראש (pre-fabricated cast-in-place) או קשתות מפלדה גלית (corrugated steel)
- עיצוב הכניסה בצורת קשת פרבולית (דמוי שעון חול) יוצר הזדמנויות טובות יותר לבעלי החיים בסביבה לאתר את הכניסה למעבר. עם זאת העלויות הכרוכות בעיצוב כזה גבוהות יותר מהעלויות הכרוכות במבנה מרובע או במבנה פרבולי בעל קווים ישרים (ראו גם איור 7.11). דוגמאות נוספות לתכנון ראו באיור 7.23.

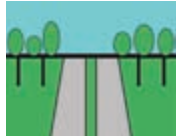
תכנון מפורט והתאמה

להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע

- קרקע היא מרכיב הכרחי כדי לאפשר כיווץ צומח. יש להשתמש בקרקע מקומית ולהימנע מייבוא קרקע מחוץ לשטח הפרויקט. יש להקפיד על רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך למעבר ועליו. אפשר להשתמש בשכבה העליונה של קרקע מקומית שהוסרה במהלך העבודות ונשמרה במיוחד, או בתרכובות קרקע מיוחדות.
- הקרקע המשמשת לשכבה העליונה צריכה להתאים לצומח שמעוניינים בו. אפשר ליצור גם שילובי קרקעות בהתאם לפוריות הקרקע וליכולתה להכיל לחות. אם קיימות דרישות מיוחדות לצומח מסוים אפשר להעתיק צומח ולהעבירו יחד עם האדמה שבה הוא גדל.





ב



א



ד



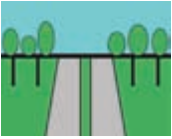
ג

איור 7.23: דוגמאות לבניית מעבר עילי לבעלי חיים: (א) מעבר שנבנה על שני חלקים נפרדים של כביש מהיר, Kootwijk, הולנד. המעבר נבנה ב-1996, והיה המעבר הראשון לבעלי חיים שנבנה מעל כביש מהיר קיים. (צילום: EU: H. Bekker); (ב) מעבר שרוחבו 44 מ' הממוקם מעל מסילת רכבת מהירה בנורבגיה משמר נתיב נדידה של איל קורא. (צילום: EU: L. Kastdalen); (ג) אלמונטים מפלדה גלית (corrugated steel) שימשו בשוויץ לבניית מעבר עילי לבעלי חיים שרוחבו 40 מ'. המעבר נבנה מעל כביש קיים ששודרג והורחב. טכניקה זו אפשרה תנועת כלי רכב בנתיב אחד במהלך כל שלבי הבנייה. (צילום: EU: O. Holzgan); (ד) המעבר המוצג ב(ג) לאחר שהסתיימה בנייתו. השיפוע מימין תלול מאוד, אך כיוון שהמעבר ממוקם באזור הררי במדרונו של הר, איילים אצילים ובעלי חיים אחרים משתמשים בו לעתים תכופות. (צילום: EU: V. Hlaváč).

- עומק הקרקע הנדרש תלוי בטיפוס בית הגידול ולכן על הקרקע להיות עמוקה דיה כך שתחזיק מים בכמות המספיקה לקיום הצומח שגדל בה (העומקים המומלצים לכיסוי הקרקע הובאו לעיל בסעיף הממדים המומלצים). אם ההתאמה לבתי הגידול הסמוכים מצריכה נטיעת עצים, עומק הקרקע צריך להיות כזה שיתמוך בעצים שגובהם 2.5-3.5 מ' גם בתנאים שאינם כוללים השקיה. אפשר לגוון את עומק הקרקע לפי טיפוס הצומח המועדף, כך שיווצר מגוון של מיקרו-עומקים ובעלויות נמוכות יותר.
- אפשר להפחית את כובד כיסוי הקרקע שעל המעבר. למשל במקרה של מנהרת cut & cover אפשר להניח שכסבה אמצעית חומר מילוי חלופי (סינתטי וקל), וכשכבה עליונה להניח אדמה מקומית.
- יש ליצור שיפוע מתון לצורכי ניקוז. אפשר לגוון את הטופוגרפיה ואת הניקוז המקומיים על ידי יצירה של שקעים ותלוליות של חומר המילוי.
- בסביבה יובשנית אפשר ליצור שקעים בתחתית המבנה שאליהם יתנקזו המשקעים (מעין אגני ניקוז מקומיים שיגדילו את היצע המים לעצים ולשיחים) ולהקפיד על סוגיות הניקוז והאיטום.

צומח

- חשוב שהחלק המרכזי של המעבר ייוותר פתוח ולא מוצל, והצומח שבו יהיה עשבוני נמוך. בשוליים לאורך המעבר יש לטעת בצפיפות גדלה והולכת לכיוון הקצה שיחים ולעתים אף עצים, זאת כדי לספק מחסה ומקלט למיני בעלי חיים קטנים ובינוניים, ולסייע במיסוך הפרעות.
- יש להשתמש במיני צומח מקומיים ומאפיינים - בעיקר שיחים בגבהים שונים וצומח עשבוני, ואם יש צורך, אף במיני עצים - המצויים בבתי הגידול הסמוכים למעבר משני צדי התשתית, כאלה שלטווח הארוך יכולים להתקיים בלי השקיה, ומתאימים לסוג הקרקע שעל המעבר. ייתכן כי האתר ותנאי האקלים במקום יחייבו שימוש במינים העמידים לתנאים יובשניים. הצירוף בין מיני הצומח השונים ייקבע על פי מידת ההתאמה למיני היעד. ברבים מהמעברים העיליים לבעלי חיים עיקר הצומח הוא שיחים בצפיפויות שונות הניטעים בשוליים לאורך המעבר ובכניסות אליו, ומטרתם העיקרית היא ליצור תחושה של מסדרון תנועה מוגן (אם במהלך הזמן תהיה התבססות טובה של צומח מקומי ותיווצר המשכיות של בתי הגידול משני צדיו אפשר לבחון אם יש מקום לשדרג את מטרות המעבר למעבר רצף ולהרחיב עוד את טווח המינים שהוא מיועד לשרת).



- זריעת מיני דגניים וצומח עשבוני אינה הכרחית תמיד. נביטה ספונטנית יכולה להניב תוצאות טובות. חלופה לשימוש בתערובות זרעים יקרות היא העברה של מאגר זרעים מקומי מאזורים סמוכים (השכבה העליונה של הקרקע המקומית), או הסרה זהירה של שכבת קרקע כזו מהאתר עצמו במהלך העבודות לסלילת הכביש, שמירתה בצד בערמות ייחודיות, ושימוש בה לצורך השיקום הנופי.
- מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולים לשמש למשיכת מינים צמחוניים למעבר העילי, בעיקר שיחים בעלי פירות עסיסיים שיכולים למשוך גם מיני ציפורים.
- שורשי עצים יכולים ליצור בעיות תחזוקה על מעבר עילי. מאחר שכך, בחירת העצים המתאימים צריכה להתחשב הן בשיקולים של תחזוקה והן בשיקולים של בטיחות הנוסעים בכביש.
- חשוב שהצומח על המעבר יתמזג בזה שבכניסות למעבר, לרבות הצומח בשיפועי הכניסה.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

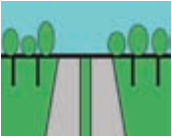
- כשמפלס המעבר גבוה מזה של השטחים הסמוכים, חשוב ששיפוע הכניסה (רמפת הגישה) יהיה מקושר היטב לנוף שסביב ולא יהיה תלול מדי. לשם כך ייתכן שיהיה צורך להרחיב את תחום התכנון המוגדר ב"קו הכחול"; הדבר יאפשר חופש תכנון מיטבי. השיפוע מתפקד באזור המוביל את בעל החיים למעבר, ולכן חשוב שיתאים לצורת המעבר.
- בנופים שטוחים ומישוריים שיפוע הכניסה יכול להגיע עד 15%, ובנופים גבעיים או הרריים אפשר ליצור גם שיפועים תלולים יותר: אחד מכיווני הגישה או שניהם יכולים להגיע עד 25%, במיוחד אם המעבר נבנה על מדרון ולא בתחתית עמק. אם מתעורר ספק אפשר לחשב את השיפוע הממוצע של המדרונות הסמוכים למעבר המיועד שבהם נצפתה בפועל פעילות של מיני היעד.
- אפשר לייצר שיפועי כניסה עם שינויי גובה לא רציפים (בקפיצות) או עם תעלות, בתנאי שאלה לא יתפרסו על כל רוחב השיפוע. עדיף להתחיל את השיפוע כ-5 מ' מקצה המעבר (איור 7.11), מצב שבו בעלי החיים יכולים להגיע לנקודה הגבוהה ביותר ולראות שיש אפשרות לחצייה עוד לפני תחילת המעבר. הקרקע בשיפועים אלה צריכה להתאים לצומח שמעוניינים למקם שם.
- האפשרות למתן את שיפוע הכניסה באה לעתים על חשבון האפשרות להותיר כיסוי צומח מקורי בסביבה הקרובה למעבר, ולכן יש למצוא את האיזון המיטבי בכל מקרה ומקרה. שיפוע תלול יותר את מרב מבנה הצומח הטבעי המקורי בשטח, סמוך למעבר עצמו. שיפוע מתון מחייב מילוי עפר רב יותר, וזה מגדיל את השטח של רמפת הגישה וקובר תחתיה יותר מהצומח המקומי המקורי, לרבות עצים. אפשר לשקול הסרה של שכבת הקרקע העליונה הזו, המחזיקה שיחים וצומח עשבוני, והעתקת העצים המקוריים כך שימוקמו שוב מעל שכבת המילוי, אולם פעולה כזו אינה מצליחה תמיד: קליטת הצומח אינה מובטחת, בין היתר כיוון שתנאי הטופוגרפיה וההידרולוגיה יהיו שונים מאלה של מקום גידולם המקורי. ההחלטה על השיפוע המתאים ביותר קשורה למיני היעד שנבחרו, אך שיפוע מתון יותר יסייע להגדיל את מספר המינים שיוכלו להשתמש במעבר.
- יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים מקומיים (ואף דרכים חקלאיות או דרכי יער אחרות הנמתחות במקביל לתשתית האמורה) לפני הכניסה למעבר או סמוך אליו, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים ואפילו למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו (איור 7.15). יש להתוות דרכים אלה כך שלא יחסמו את הגישה למעבר לבעלי חיים קטנים, במיוחד לחסרי חוליות.
- בכניסה למעבר אפשר למקם סלעים גדולים כדי למנוע כניסת כלי רכב. שילוב בין בולדרים לבין נטיעות יכול לסייע לתחושת הביטחון של בעלי החיים עד שהצומח יגדל.
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות. אפשר לשלב בין אמצעים למשיכת בעלי חיים ולניתובם למעבר, כמו שילוב בין ברכת מים לצד אחת הכניסות, לבין גידור ובהמשכו מיסוך.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות או קירות עפר מיוצבים, אם הם גבוהים דיים, יכולים לשמש במקום גידור.
- נטיעת עצים ושיחים בשולי הכניסה למעבר תסייע לניתוב בעלי החיים לכניסות למעבר. צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להתאים לאלה הנמצאים על המעבר, בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. בכניסה למעבר יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם.

מיסוך וצמצום הפרעות

- מיסוך מיועד לצמצום באמצעות מחיצות או הפרדות אחרות הפרעות של תאורה או של רעש מהכביש הנגרמות לבעלי החיים המשתמשים במעבר.
- התקנת מיסוך חשובה במעברים העיליים הצרים יותר ובאזורים שמקור התאורה היחידי בהם מגיע מהתשתית שהמעבר חוצה יותר מאשר באזורים שיש בהם מקורות תאורה סמוכים אחרים. במעברים צרים במיוחד יש להימנע ממחיצות גבוהות כיוון שהן עלולות להסב לבעלי החיים תחושה שלילית של מנהרה. במקרים כאלה יש להשתמש במחיצות נמוכות יותר או להטות את המחיצה כלפי חוץ.
- יש להתקין לאורך שני צדי המעבר הפונים לכביש תלוליות או סוללות עפר, קירות מוצקים, מחיצות אקוסטיות ומסכים אטומים אחרים, לטעת צומח בצפיפות או לשלב את כל אלה כך שימנעו או יצמצמו ככל האפשר חדירה של רעש ושל תאורה (איורים 7.17, 7.24). על מרכיבי המיסוך להתמשך מטה, עד לכניסה למעבר ולגידור שבשולי הכביש. הגובה המינימלי של מחיצות אלה צריך להיות כ-2 מ'. מיסוך גבוה דיו יכול לחסוך את הצורך בגידור נוסף על המעבר. אם הכביש משופע יש לוודא שתאורה מנוקדות מרוחקות יותר במעלה הכביש אינה נראית על פני המעבר ואינה הופכת מקור הפרעה קבוע בו.
- רצוי למקם את המחיצות בחלק החיצוני של הקונסטרוקציה כדי להגדיל את הרוחב הזמין למעבר בעלי חיים לממדיו המרביים.
- יש לחבר בקפידה את המחיצות לאמצעים כמו מחסומי רעש הממוקמים לאורך הכביש.
- תלוליות עפר בחלק החיצוני של המעבר הנמתחות הלאה לאורך הכביש הן מחסום טוב, ומתאימות במיוחד למעברים הרחבים יותר.
- משוכות צפופות מתפקדות כמחסום באופן הטוב ביותר אם הן ממוקמות על תלוליות עפר נמוכות (איור 7.17). צומח על התלוליות ובצדן הפנימי יכול לשמש גם לניתוב בעלי החיים למעבר וגם כמחסה.



איור 7.24: אמצעים למיסוך ולצמצום הפרעות: (א) גדר ומחיצה מעץ מנתבות את בעלי החיים לאורך שולי הכביש ולתוך מעבר עילי לבעלי חיים בהונגריה. במעבר זה מפלס הכביש לא הונמך אלא המעבר הוגבה מעל לכביש ולמפלס השטחים שמסביב. (צילום: EU: P. Farkas); (ב) שימוש בצירוף של מחיצת עץ ומשוכת שיחים בשוליו למיסוך תאורה ורעש מהכביש במעבר עילי לבעלי חיים בהונגריה. מעבר זה מיועד למעבר איילים, ורוחבו 20 מ'. (צילום: רון פרומקין); (ג) דוגמה למיסוך שאינו ממלא את תפקידו ואינו מצמצם הפרעות רעש ותאורה בשל הרווחים בין קורות העץ. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia)



איור 7.25: הפרדה בין שביל להולכי רגל לבין המעבר עצמו: מעבר צר להולכי רגל תחום במעקה וממוקם בצד הפונה לכביש, מחוץ למחיצה ולגידור בשולי מעבר עילי לבעלי חיים בהונגריה. (צילומים: תמר אחירון-פרומקין)

- אם יש במעבר העילי תנועה של מטיילים ונופשים, חשוב למזער את האפשרות להפרעה לבעלי החיים. אפשר להפריד שבילי הליכה משאר שטח המעבר על ידי קיר, תעלה, מחיצה דקה או סבך שיחים (איור 7.25). הפרדה זו חשובה יותר ככל שהמעבר צר יותר. יש לשים לב לביטחון המשתמשים בשביל, ולצמצם אפשרות לגרפיטי או לוונדליזם.
- לצמצום ההפרעה מומלץ לשקול צמצום של תאורת הכביש באזור המעבר העילי: הזזת נקודות תאורה, הנמכת העמודים או הקטנת עוצמת הנורות. אפשרות נוספת היא למקם בתקרה שבכניסה למנהרה תאורה המכוונת מטה והחוצה.

גידור

גדרות נדרשות כדי להנחות ולנתב בעלי חיים למעברים המתאימים להם ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.

- חיוני לגדר את השוליים החיצוניים של מעבר עילי אם לא הותקנו מחיצות.
- הגידור בשולי המעבר העילי צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש.

גיוונים והתאמות נוספים



איור 7.26: תלולית עפר מוארכת המשמשת כנקודת תצפית לפרסתנים: מוקמה במרחק מה מהשוליים במעבר עילי בקנדה. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים אפשר ליצור עליו או בקרבתו נקודות שתייה או לטעת בו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול.
- מחסה נוסף על המעבר העילי יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמיינים נוספים ישתמשו בו. אפשר למקם במרווחים מסוימים לאורך המעבר ערמות של ענפים, בולי עץ, גזם, אבנים, סלעים קטנים או בולדרים (כך שיהוו "אבני קפיצה", ראו פרק 3). אלה מיועדים לספק לבעלי חיים קטנים - יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות - מחסה ומקלט. הם חשובים במיוחד עד להתבססות צומח גבוה דיו. הבחירה באחד מבין האמצעים הללו



ובמיקומו תלויה גם ברוחב המעבר. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה יש לשקול אם למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.

- אפשר ליצור בתי גידול לחים המתאימים לדו-חיים באמצעות שימוש ב"אבני קפיצה" שבהן נשמרת לחות גבוהה יותר, ויש בהן מקום מחסה לבעלי החיים הקטנים. ניתן לעשות זאת על ידי יצירת כתמים של צומח עשבוני או שיחי או על ידי הוספה של משטחי עץ קטנים המונחים על אבנים כך שהשטח שתחתם מוצל. אפשרות נוספת ליצירת בית גידול לח היא יצירת סדרה של ברכות קטנות מלאכותיות (איור 7.18). אפשר ליצור ברכות כאלה עם מצע טבעי או עם מצע מלאכותי שאינו מחלחל או המחזיק מים למשך זמן רב, או לעצב את פני השטח כך שיווצרו על פניו אגני ניקוז קטנים ולשלבם עם מצע לא מחלחל.

- אפשר למקם תלוליות או סוללות עפר במרכז המעבר (בנוסף לאלה שבצדיו) כדי לאפשר לפרסתנים שזקוקים לכך נקודות תצפית טובות יותר על המרחב (איור 7.26). אמצעי זה מתאים פחות למעברים צרים מאוד.



איור 7.27: אמצעים למוניעת כניסה של כלי רכב למעבר: נטיעות שנעשו בכניסה למעבר כדי להקשות על תנועת כלי רכב. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia)

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- מעברים עיליים מיועדים לשימוש ארוך טווח. עבודות הנדסיות, למשל, מתוכננות לטווח של 50-100 שנה ויותר. כחלק מהתכנון המרחבי ברמה המקומית והאזורית חשוב לוודא שיישמר מסדרון מרחבי המאפשר גישה למעבר העילי לאותה מסגרת זמן. במיוחד אין לאפשר פיתוח (בינוי למגורים ולתעשייה, כבישים מקומיים) המצמצם את התפקוד של המעבר העילי. חשוב לבדוק כבר בשלב התכנון אם אפשר ליצור הסכמים בוועדות התכנון עצמן ובין גופים המנהלים שטחים פתוחים כדי לעגן את השמירה על המעבר, על סביבתו ועל ממשק מתאים בה כך שיגבר הסיכוי לתפקוד נאות של המעבר לטווח ארוך.

- כחלק מאותה התפיסה, יש לגבש גם תכנית תחזוקה הולמת לטווח ארוך.

- יש לשים לב לדרישות בטיחות של הכביש, למשל לא לשתול עצים שיכולים ליפול עליו.

- יש לדאוג לניקוז ולאיתוסם הולם של המבנה כך שמים הנקווים עליו לא יחלחלו לתחתיתו ולמערכות חשמל ותאורה המצויות בו ובסביבתו, במיוחד באזורים שאינם מדבריים. לצורך ניקוז מומלץ ליצור שיפוע קל של 2%-3% ממרכז הציר הארוכי של המעבר לכיוון הצדדים ולכיוון היציאות (ממנו החוצה). אפשר להגן על בסיס המבנה ולסייע לו להאריך ימים על ידי כיסוי בחומר מבודד המונח בין השלד לבין כיסוי האדמה (איור 7.19).

- פסי טשטוש שנועדו לניטור עקבות של בעלי חיים מותרים מפער ברציפות הצומח על המעבר, ועלולים להוות מכשול למינים מסוימים של חסרי חוליות, ומשום כך יש להקפיד להשאירם לתקופת זמן מוגבלת, כל עוד הניטור מתבצע בפועל.

- מעברים עיליים ייעודיים (לשימוש בלעדי של בעלי חיים) מומלצים במיוחד אם מעוניינים לשקם תנועה יומית או עונתית של יונקים גדולים.

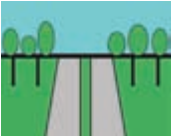
- רצוי לסגור את המעבר לקהל ולפעילויות של בני אדם. אם הדבר אינו אפשרי או אינו רצוי, יש לתכנן בקפידה שימוש של הולכי רגל ושל כלי רכב במעבר עילי (עוד על כך ראו סעיף 7.2.3).

- אם צפויה נוכחות של הולכי רגל במעבר, מוטב לספק שביל צר שירכז את תנועתם מאשר לא לספק שביל תנועה כלל, דבר שעלול להוביל לכך שהם ישתמשו בכל רוחבו של המעבר. לפעמים עדיף לחבר מעבר עילי לבעלי חיים לשבילי נופש להולכי רגל. שביל כזה אפשר למקם גם בשולי המעבר ולהפריד בינו לבין שאר שטחו של המעבר באמצעות מחיצה או משוכת שיחים. לפני שעושים זאת יש לבחון מה רוחב המעבר הנדרש, כך שתתאפשר הפרדה פיזית בין פעילות האדם לזו של בעלי החיים, וכן לבדוק מהי האפשרות לחסום כניסה של הולכי רגל בתקופות מסוימות של השנה. צריך לשים לב ששילוב כזה מחייב שליטה ניהולית, במיוחד בעניין ונדליזם.

- כל שהמעבר צר יותר, יש להשתדל למנוע כניסה של רוכבי אופניים, של אופנועים ושל טרקטורונים על ידי גידור עם מפתחים גדולים (שבעלי חיים יכולים לעבור דרכם), חסימה או חסימה חלקית באמצעות סלעים, נטיעת עצים (איור 7.27) או משוכות שיחים קוצניים כמו צבר או פטל, כל עוד אינם מונעים כניסה חופשית של בעלי החיים. רצוי לגבות אמצעים אלה בשילוט הסברה.

- יש להקפיד על אכיפת איסור ציד על המעבר העילי ובסביבתו. אין ניסיון רב שממנו ניתן ללמוד על היקף השטח המדובר, אולם מרחק של 0.5-2 ק"מ מהכניסות למעבר עשוי להתאים, בהתחשב בסיטואציה המקומית.

הנחיות ספציפיות למינים



- מעבר עילי לבעלי חיים מיועד לרוב לטווח מצומצם יותר של מיני בעלי חיים מאשר מעבר רצף. להלן קבוצות מינים שיכולות להשתמש במעבר אם התנאים המקומיים יותאמו לצורכיהם:
- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר אלא אם כן הוא ממוקם בנתיב נדידה מקומית שלהם או נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לדו-חיים בעזרת סדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" ומחברות בין בתי גידול לחים שהופרדו על ידי הכביש, בשילוב עם מקומות מסתור מתאימים על פני המעבר (ראו גיוונים והתאמות נוספים לעיל).
- **יונקים שוכני עצים:** או יונקים המעדיפים בתי גידול של עצים או את קרבתם – לתנועתם על פני המעבר יכולים לסייע מבנים המספקים מקומות מחסה והגנה בזמן תנועה (כמו ערמות ענפים, תלוליות אבנים או ערמות גזם וסחופת עץ), ובתנאי שהיו קרובים דיים זה לזה בכניסות למעבר ועל פניו. מקומות מחסה אלה חשובים במיוחד אם על המעבר אין שיחים רבים או עצים.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** (כגון לוטרה) – יכולים להימנע מלהשתמש במעבר אם אינו ממוקם בבית הגידול המועדף עליהם או סמוך מאוד אליו. בנייה של בית גידול לח, כפי שתואר לעיל, יכולה לעודד מינים אלה להשתמש במעבר.
- **מינים מעופפים:** אפשר להתאים את טיפוסי הצומח על המעבר ואת מיקום הצומח כך שיגדילו את אפשרויות השימוש בו ואת החצייה דרכו גם על ידי מיני עופות ועטלפים. נמצא שמעברים עיליים מהווים קווים מנתבים גם לתנועה של בעלי חיים מעופפים כמו ציפורים, עטלפים ופרפרים; הם מסייעים להפחית את שיעור התמותה של בעלי החיים המעופפים מהתנגשויות בכלי רכב, וגם מגבירים את תנועת אותם המינים המעופפים שאלמלא כן היו נמנעים מלחצות שטח כביש פתוח. גם במעבר צר יותר, אלמנט קווי המכוון למעבר (כמו שדרת עצים המכוונת למעבר ומגיעה עד לכניסה אליו ונמשכת בשורה מרווחת של שיחים גבוהים על המעבר עצמו) יכול לסייע בהכוונת תעופתם של עטלפים ומיני ציפורים על פני המעבר.

תחזוקה ובדיקה

- המבנים של המעברים העיליים דורשים באופן יחסי תחזוקה מעטה. קירות, גדרות ומחיצות מצריכים בדיקה ותחזוקה סדירות כדי לוודא את יציבותם. כן יש לדאוג לשמירה על מצב הצומח והשיפועים, אם ישנם.
- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מי יהיה אחראי לתחזוקה, ולהקפיד בשלב התפעול על שיתוף פעולה הדוק עם האנשים האחראים לתחזוקת הכביש. במצבים רבים האחראים על ממשק בשטחים הפתוחים בסביבת המעבר יכולים להיות האחראים גם לתחזוקת הצומח שעל המעבר.
- על האחראים לתחזוקה להיות מודעים למטרת המעבר. יש להכין בעבורם הנחיות מפורטות, ולפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה.
- כבר בשלב הביצוע של המעבר העילי יש לתכנן את נוהלי התחזוקה לשנתיים-שלוש השנים הראשונות שלאחר ההקמה, במיוחד את אלה הנוגעים להתבססות הצומח. לאחר מכן אפשר לגבש נוהלי תחזוקה מדי שנה, בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- חשוב לתחזק את הצומח בהתאם למטרות המקוריות של המעבר העילי. יש לדאוג שתחזוקת הצומח לא תפגע בתפקוד הטכני של הגשר.
- בשנים הראשונות שלאחר ההקמה קרוב לוודאי שיהיה צורך להשקות את הצומח על פני המעבר, לפי הצומח שתוכנן למעבר. השקיה כזו מאפשרת לצומח להתבסס, להשריש ולהתפתח במהירות למצבו התפקודי הרצוי על המעבר.
- יש לוודא שהצומח הרצוי יישמר או יטופח באופן פעיל. לשם כך חשוב לוודא שהצומח במרכז המעבר אינו יוצר אזור סבוך וחסום, ולסלק מיני צמחים רודרליים וצמחים פולשים.
- חשוב להעניק תשומת לב מיוחדת לשימושים לא הולמים במעבר העילי ובסביבתו, כאלה שעלולים לפגוע בתפקודו כמעבר לבעלי חיים (כמו גידור או הפעלת מתקני נופש בשטחים פתוחים סמוכים).

ניטור

בשל העלויות הגבוהות הכרוכות בהקמת מעבר עילי לבעלי חיים, חשוב לבצע עוד לפני ההקמה ניטור מקדים באזור המתוכנן להקמה – לנטר בשיטות שונות פעילות של מיני היעד באזור המיועד למעבר ובסביבתו, ולשלב את המידע מהניטור במידע על שימושי הקרקע באזור.

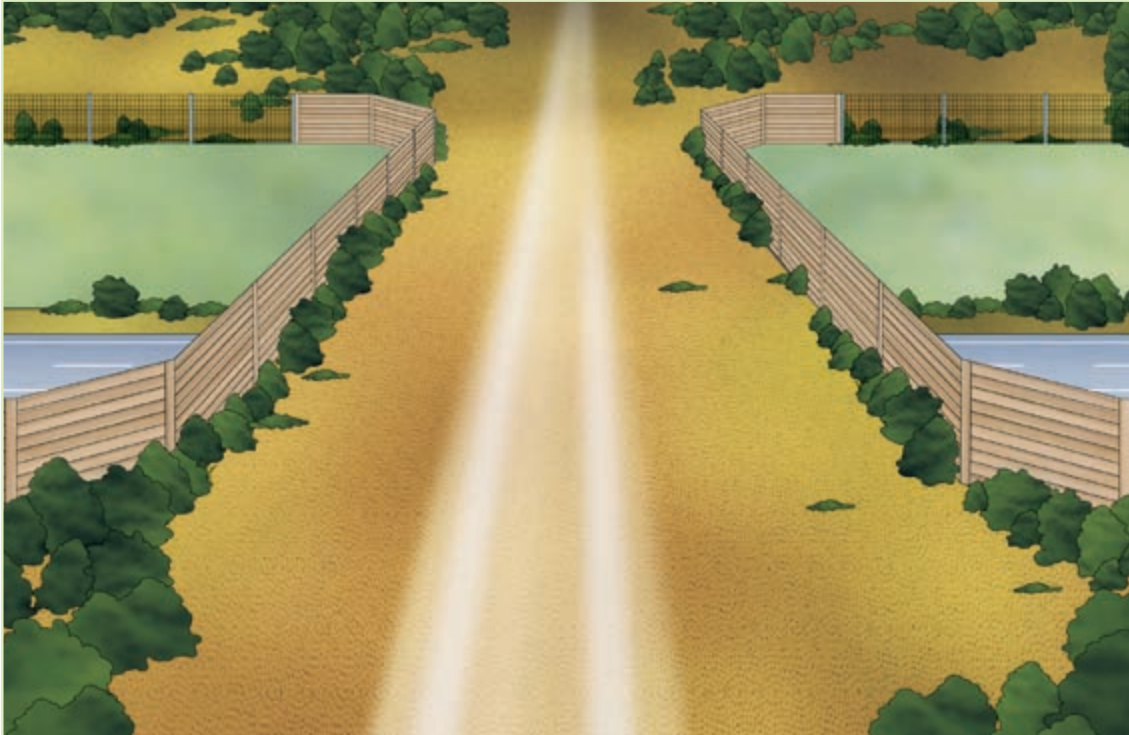
לאחר ההקמה יש לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).



חוגלת סלעים (צילום: דותן רותם)



7.2.3 מעבר עילי רב-שימושי



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

בתכנונו המפורט דומה מעבר עילי רב-שימושי (multi-use overpass) למעבר עילי לבעלי חיים, אולם מטרת הממשק שלו שונות – לאפשר שימוש משותף לבעלי חיים ולבני אדם. בדרך כלל מעבר עילי רב-שימושי צר יותר ממעבר עילי לבעלי חיים ולרוב הוא מתאים למינים שרגישים פחות להפרעות האדם. אפשר לבנות מלכתחילה מעברים שיהיו רב-שימושיים, אך מעבר לכך – אפשר לשדרג מבנים קיימים לכדי מעברים כאלה לצורך מזעור הקיטוע. שדרוגים אלה אינם תחליף למעברים ייחודיים לבעלי חיים, אלא אמצעי נוסף המשמש לשיפור החדירות הכללית של המחסומים הנוצרים על ידי תשתיות.

גשרים רבים משמשים להולכת כבישים מקומיים, דרכי יער או דרכים חקלאיות מעל לכבישים ראשיים. לרוב הם מכוסים בטון או אספלט, ובעלי חיים משתמשים בהם לעתים רחוקות, וגם אז הם משמשים רק טווח מצומצם של מינים. במצב שבו גשרים הבנויים בכבישים בין-עירוניים נמצאים בין רצפים של שטחים פתוחים, שדרוגם באמצעות תוספת פשוטה של פס מכוסה אדמה וצומח יכול לשפר לא במעט את המצב הקיים ולתרום למיתון השפעות החיץ בעלויות שוליות קטנות ביותר. מעברים כאלה מסייעים לתנועה ולתפוצה (dispersal) של בעלי חיים, ומשתמשים בהם חסרי חוליות, חולייתנים קטנים, טורפים ולעתים גם פרסתנים. במעברים עיליים רחבים יותר אפשר לשלב דרכים מקומיות או שבילי יער כל עוד היקף התנועה בדרכים אלה הוא נמוך.

אפשר להתאים מנהרות cut & cover הנבנות לצרכים אסתטיים (לשימור הנוף) כך שיתפקדו בה בעת גם כמעברים עיליים לבעלי חיים.

מיני יעד

מעבר עילי רב-שימושי משמש טורפים (למשל שועל ותן, נמייה, דלק) ולעתים גם פרסתנים. גם חולייתנים קטנים (כמו מכרסמים, זוחלים וזו-חיים) וחסרי חוליות הם מיני יעד אפשריים.



מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: אם יסופקו תנאי בית גידול המתאימים לצורכיהם על המעבר עצמו, ייתכן שיותר מינים ישתמשו במעבר. לרוב ישתמשו במעבר מיני בעלי חיים שרגישים פחות להפרעות של פעילות האדם. תדירות השימוש קשורה למידת שימוש בני האדם במבנה ולמידה שבה המין יכול להסתגל לפעילות זו.

מעבר עילי רב-שימושי יכול לשמש מינים אחדים של יונקים גדולים. ישתמשו במבנים אלה גם יונקים קטנים ובינוניים, במיוחד המינים הגנרליסטיים מביניהם המצויים בסביבה שבה השפעת האדם ניכרת יותר, וכן מינים מלווי אדם או מינים מתפרצים המסתייעים בפעילות האדם לקיומם.

התאמות נוספות של המבנה לצרכים של קבוצות או מינים מסוימים ואספקת מקומות מחסה יכולות לסייע למעבר של חולייתנים קטנים וחסרי חוליות, של מינים שוכני עצים ושל מינים שוכני בתי גידול לחים. אפשר להתאים את טיפוס הצומח על המעבר ואת מיקומו כך שיכוונו לתעופה מעליו ולחצייה דרכו גם מיני עופות ועטלפים. ראו התאמות ספציפיות למינים בהמשך.

לא מומלץ או לא ישים: צבאים יעדיפו ככל הנראה מבנה רחב ופתוח יותר עם נצפות טובה ומרחב תמרון ומנוסה גדול יותר. הם עשויים להיות רגישים לסימני פעילות אנושית סמוכה.

השימוש במבנה

המעבר העילי הרב-שימושי מיועד לשימוש משולב, הן של בעלי חיים והן של האדם (נופש, חקלאות וכדומה).

הנחיות כלליות ומיקום



איור 7.28: מעבר עילי רב-שימושי: מבנה המשמש למעבר איילים לצד דרך חקלאית, הונגריה. (צילום: רון פרומקין)

- מעבר זה אינו רחב כמו מעבר עילי לבעלי חיים, והוא משלב צרכים של אדם ושל בעלי חיים (איור 7.28).
- את השימוש האנושי (שבילים, מסלולי אופניים) יש להגביל לצדו האחד של המעבר, ולהותיר מרחב גדול יותר לשימוש בעלי החיים (איור 7.29). אפשר להשתמש בצומח, בעיקר שיחים, כדי להפריד בין האזורים המיועדים לכל אחד מהתפקודים על פני המעבר וכדי להפחית את ההשפעה של הנוכחות והפעילות האנושית על בעלי החיים. לא מומלץ להפריד בין התפקודים הללו במחיצות.
- מיקום מיטבי למעברים עיליים רב-שימושיים הוא באזורים שתחומים על ידי קרקע הגבוהה ממפלס הכביש, כך שהן שיפועי הגישה למעבר והן המבנה עצמו נמצאים במפלס קרוב לזה של השטחים הסמוכים.

- המעבר יכול להיות ממוקם בבית גידול בעל חשיבות לשימור, אך לרוב ימוקם ליד שטחים שיש בהם פעילות אדם.
- אפשר להתאים בקלות יחסית גשרים לשימוש של בעלי חיים: ההתאמה כוללת ייעוד של חלק מהגשר כמעבר לבעלי חיים, הוספת שכבת קרקע, ואם אפשר – הוספת צומח. הדבר מומלץ רק אם היקף התנועה בגשרים אלה נמוך ואם הפרעת האדם בהם מעטה (באזורים כפריים או בגשרים המשמשים בעיקר כמעבר חקלאי). בגשרים שתדירות השימוש בהם מעטה מומלץ לא לצפות את שטח הכביש בטון או באספלט (איור 7.29 ב').
- רצוי לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה, מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על תשתית התחבורה שתחת המבנה. לשם כך יש ליצור חיץ או מיסוך בשולי המעבר (לאורכו, בשני צדיו הפונים לכביש) על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי צירוף של כל אלה.
- חשוב שדרכים נוספות הסמוכות לכניסה למעבר או מחסומים אחרים לא יפריעו לנגישות של בעלי החיים למעבר.



ממדים מומלצים

רוחב המעבר: לפחות 10 מ' (בין הגדרות). הרוחב המומלץ הוא 15-50 מ'.

אף שהפרופורציות הרצויות הן ספציפיות למיני היעד, מומלץ כי היחס המינימלי בין ממד הרוחב לממד האורך יהיה גבוה מ-0.8 כדי להעניק לבעל החיים המשתמש במעבר תחושת ביטחון. אם קיימת או מתוכננת דרך כלשהי על המעבר, בחישוב הרוחב הכולל יש להוסיף את רוחבה לרוחב המצוין לעיל הנדרש לצורך מעבר בעלי החיים.

רוחב מינימלי של פס לאורך הגשר המכוסה צומח או מצע קרקע טבעי: 1 מ'.

גובה הגדר או סוללת העפר: מעל 2 מ'.

עומק הקרקע: 0.5-1.0 מ' (עומק קרקע מינימלי לצומח עשבוני - 0.3 מ', לשיחים - 0.6 מ').

טיפוסי קונסטרוקציה

התכנון המפורט דומה לזה של מעבר עילי לבעלי חיים (סעיף 7.2.2, פירוט נוסף ראו גם בסעיף 7.2.1).

קונסטרוקציה אפשר להשתמש באחד משני טיפוסים אלה:

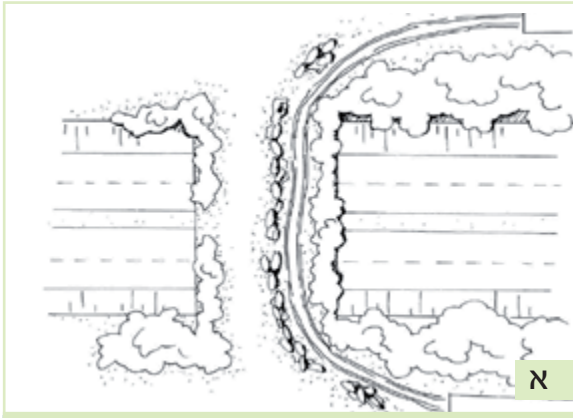
- גשר קורות תומכות מפלדה או מבטון (span)
- קשת - קשתות בטון יצוקות במקום או מוכנות מראש (pre-fabricated cast-in-place) או קשתות מפלדה גלית (corrugated steel)

עיצוב בצורת מבנה פרבולי בעל קווים ישרים יוצר הזדמנויות טובות יותר לבעלי החיים בסביבה לאתר את הכניסה למעבר. גם עיצוב הכניסה למעבר בשיפוע אלכסוני כלפי חוץ יכול לסייע בנייתו בעלי חיים למעבר.

תכנון מפורט והתאמה

להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע



איור 7.29: הקצאת השטח על המעבר העילי לשימושים שונים: (א) מומלץ לא לצפות בבטון או באספלט שבילים או כבישים קטנים הנמצאים על המעבר העילי ולמקמם בצדו האחד כדי להותיר רוחב מרבי לחלק טבעי יותר שיש בו צומח. אין הכרח למסך את הכביש בעזרת סלעים או מחיצה (EU); (ב) פס צומח לצדו של שביל יער יכול להגדיל את החדירות של התשתית לבעלי חיים קטנים. בדוגמה: גשר מעל מסילת רכבת מהירה בגרמניה. (צילום: B. Georgii (EU); (ג) גם רצועה צרה על גשר שיש בה צומח סבך יכולה לסייע למעבר של מינים קטנים. (צילום: US: M. Huijser)

- יש להשתמש בקרקע מקומית ולהימנע מייבוא קרקע מחוץ לשטח הפרויקט. יש להקפיד על רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך למעבר ועליו. אפשר להשתמש בשכבה העליונה של קרקע מקומית שהוסרה במהלך העבודות ונשמרה במיוחד, או בתרכובות קרקע מיוחדות.
- הקרקע המשמשת לשכבה העליונה צריכה להתאים לצומח שמעוניינים בו. אפשר ליצור גם שילובי קרקעות בהתאם לפוריות הקרקע וליכולתה להכיל לחות (איור 7.30). אם קיימות דרישות מיוחדות לצומח מסוים אפשר להעתיק צומח ולהעבירו יחד עם האדמה שבה הוא גדל.
- על הקרקע להיות עמוקה דיה כך שתחזיק מים בכמות המספיקה לקיום הצומח שגדל בה. על פי רוב יש על מעבר כזה צומח עשבוני, בני שיח ושיחים בגובה נמוך או בינוני, ואין צורך בעצים או בשיחים מעמיקי שורש. לכן עומק הקרקע יהיה פחות מזה הנדרש למעבר עילי לבעלי חיים.
- אם במבנה עובר כביש חד-נתיבי, אין מניעה שיהיה מחופה אספלט, אך במקרים שבהם היקף התנועה נמוך עדיף להניח דרך עפר כבושה. יש להקפיד שהקרקע בצדי הכביש או הדרך תכוסה צומח עשבוני או שיחים. הדבר נכון גם לגבי שביל הליכה או רכיבה.





איור 7.30: שכבת קרקע מקומית חשובה לטיפול הצומח שמעוניינים בו: בדוגמה זו שצולמה בספרד שולי המעבר כוסו חצץ, שהוא מצע זר ואינו מועדד התפתחות צומח או תנועה של בעלי חיים. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia)

- רצוי שלא להתקין גבולות או מחיצות אחרות (כמו אבני שפה) במפגש בין פס הצומח לבין הדרך המיועדת לשימוש האדם, אלא להותיר קו מפגש זה טבעי ככל האפשר ונקי ממכשולים כאלה או אחרים.

צומח

- יש להשתמש במיני צומח מקומיים ומאפיינים – בעיקר שיחים וצומח עשבוני – המצויים בבתי הגידול הסמוכים למעבר משני צדי התשתית, כאלה שלטווח הארוך יכולים להתקיים בלי השקיה, ומתאימים לסוג הקרקע שעל המעבר. הצירוף בין המינים העשבוניים לבין השיחים ייקבע על פי מידת ההתאמה למיני היעד.
- ייתכן כי האתר ותנאי האקלים במקום יחייבו שימוש במינים העמידים לתנאים יובשניים. באזורים יובשניים ומדבריים יש להעדיף מיני צומח עמידים ליובש שסיכויי הישרדותם על המעבר גבוהים יותר, במיוחד כיוון שהקרקע בו אינה עמוקה ואינה מחזיקה כמות גדולה של מים.
- זריעת מיני דגניים וצומח עשבוני אינה הכרחית תמיד. נביטה ספונטנית יכולה להניב תוצאות טובות. חלופה לשימוש בתערובות זרעים יקרות היא העברה של מאגר זרעים מקומי מאזורים סמוכים (השכבה העליונה של הקרקע המקומית), או הסרה זהירה של שכבת קרקע כזו מהאתר עצמו במהלך העבודות לסלילת הכביש, שמירתה בצד בערמות ייחודיות, ושימוש בה לצורך השיקום הנופי.
- מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולים לשמש למשיכת מינים צמחוניים למעבר, בעיקר שיחים בעלי פירות עסיסיים שיכולים למשוך גם מיני ציפורים.
- הצומח על המעבר צריך להתמזג עם זה שבכניסות למעבר, לרבות הצומח שבשיפועי הכניסה.
- כדאי לבדוק אפשרות להוספת השקיה או ליצירת שקעים לאורך הפס שאליהם יתקזו משקעים מפני הכביש ויישמרו בהם למשך זמן רב יותר. שיפוע קל של פני הקרקע, במיוחד באזורים מדבריים, יכול לתרום לאגירת הטל המתגבש כנגר עילי לכיוון של שיחים קטנים שנמצאים על הפס או שנשתלו עליו (אגן ניקוז זעיר לפי עקרון הלימנים). ייתכן שבאזורים מסוימים יהיה צורך להעמיק את כיסוי הקרקע כדי שיחזיק מים לתקופה ארוכה יותר.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- כשמפלס המעבר גבוה מזה של השטחים הסמוכים, חשוב ששיפוע הכניסה (רמפת הגישה) יהיה מקושר היטב לנוף שסביב ולא יהיה תלול מדי. השיפוע מתפקד באזור המוביל את בעל החיים למעבר, ולכן חשוב שיתאים לצורת המעבר.
- בנופים שטוחים ומישוריים שיפוע הכניסה יכול להגיע עד 15%, ובנופים גבעיים או הרריים אפשר ליצור גם שיפועים תלולים יותר: אחד מכיווני הגישה או שניהם יכולים להגיע עד 25%, במיוחד אם המעבר נבנה על מדרון ולא בתחתית עמק. אם מתערור ספק אפשר לחשב את השיפוע הממוצע של המדרונות הסמוכים למעבר המיועד שבהם נצפתה בפועל פעילות של מיני היעד.
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות או קירות עפר מיוצבים יכולים לשמש במקום גידור.
- נטיעת עצים ושיחים בשולי הכניסה למעבר תסייע לניתוב בעלי החיים לכניסות למעבר. צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להתאים לאלה הנמצאים על המעבר, בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. בכניסה למעבר יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם.

מיסוך וצמצום הפרעות

- מיסוך מיועד לצמצם באמצעות מחיצות או הפרדות אחרות הפרעות של תאורה או של רעש מהכביש הנגרמות לבעלי החיים המשתמשים במעבר.



• התקנת מיסוך חשובה במעברים העיליים הצרים יותר ובאזורים שמקור התאורה היחידי בהם מגיע מהתשתית שהמעבר חוצה יותר מאשר באזורים שיש בהם מקורות תאורה סמוכים אחרים. במעברים צרים במיוחד יש להימנע ממחיצות גבוהות כיוון שהן עלולות להסב לבעלי החיים תחושה שלילית של מנהרה. במקרים כאלה יש להשתמש במחיצות נמוכות יותר או להטות את המחיצה כלפי חוץ.

• יש להתקין לאורך שני צדי המעבר הפונים לכביש קירות מוצקים, מחיצות אקוסטיות ומסכים אטומים אחרים, לטעת צומח בצפיפות או לשלב את כל אלה כך שימנעו או יצמצמו ככל האפשר חדירה של רעש ושל תאורה. אם המעבר אינו צר מדי אפשר להשתמש לצורך זה גם בסוללות עפר. על מרכיבי המיסוך להתמשך מטה, עד לכניסה למעבר ולגידור בשולי הכביש. הגובה המינימלי של מחיצות אלה צריך להיות כ-2 מ'. מיסוך גבוה דיו יכול לחסוך את הצורך בגידור נוסף על המעבר. אם הכביש משופע יש לוודא שתאורה מנקודות מרוחקות יותר במעלה הכביש אינה נראית על פני המעבר ואינה הופכת מקור הפרעה קבוע בו.



איור 7.31: ניתוב ואספקת מחסה באמצעות ערמות ענפים ובולי עץ: (א) ערמות ענפים המנתבות למעבר וממשיכות לתוכו, שם נמתחת לצדן מחיצת עץ. (ב) ערמת ענפים המשמשת כמחסה. הצומח העשבוני צמח באופן ספונטני. (NL)



איור 7.32: בכניסות למעבר יש למזער הפרעות הנובעות מפעילות אנושית: בתמונה – מכלי איסוף למיחזור ממוקמים בכניסה למעבר ומעודדים פעילות אנושית שיכולה להוות הפרעה לתנועת בעלי החיים. (צילום: F. Navàs, Minuartia) (SP)

• רצוי למקם את המחיצות בחלק החיצוני של הקונסטרוקציה כדי להגדיל את הרוחב הזמין למעבר בעלי חיים לממדיו המרביים.

• יש לחבר בקפידה את המחיצות לאמצעים כמו מחסומי רעש הממוקמים לאורך הכביש.

• משוכות צפופות ועצים המוליכים לכניסה למעבר יכולים לסייע גם לניתוב בעלי החיים למעבר וגם לשמש כמחסה.

גידור

גדרות נדרשות כדי להנחות ולנתב בעלי חיים למעברים המתאימים להם ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.

- חיוני לגדר את השוליים החיצוניים של מעבר עילי אם לא הותקנו מחיצות.
- הגידור בשולי המעבר העילי צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש.

גיוונים והתאמות נוספים

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים אפשר ליצור עליו או בקרבתו נקודות שתייה או לטעת בו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול.
- מחסה נוסף על המעבר העילי יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו בו. אפשר למקם במרווחים מסוימים לאורך המעבר ערמות של ענפים, בולי עץ, גזם, אבנים, סלעים קטנים או בולדרים. אלה מיועדים לספק לבעלי חיים קטנים – יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות – מחסה ומקלט. הם חשובים במיוחד עד להתבססות צומח גבוה דיו. באזורים צחיחים יש להניח יותר כתמים כאלה כדי לספק מחסה לבעלי החיים. בנוסף, ערמות ענפים יכולות להיות גם אלמנט מנתב למעבר וגם מחסה לבעלי חיים קטנים בכניסה למעבר (איור 7.31). בסביבה שסכנת השרפות בה רבה יש לשקול אם למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.
- אפשר ליצור בתי גידול לחים המתאימים לדו-חיים באמצעות שימוש ב"אבני קפיצה" שבהן נשמרת לחות גבוהה יותר, ויש בהן מקום מחסה לבעלי החיים הקטנים. ניתן לעשות זאת על ידי יצירת כתמים של צומח עשבוני או שיחי או על ידי הוספה של משטחי עץ קטנים המונחים על אבנים כך שהשטח שתחתם מוצל. אם כי רצועת הקרקע



על פני המעבר אינה רחבה, אפשר ליצור בכניסות למעבר ברכות קטנות מלאכותיות עם מצע טבעי או עם מצע מלאכותי שאינו מחלחל או המחזיק מים למשך זמן רב.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- אם השימוש המשולב אינו מיועד לכלי רכב ומעוניינים למנוע את כניסתם למעבר, אפשר למקם בכניסה אליו סלעים גדולים. רצוי לגבות אמצעי זה בשילוט הסברה.
- יש למזער הפרעות הנובעות מפעילות אנושית ועלולות להפריע לתנועת בעלי החיים (איור 7.32).

הנחיות ספציפיות למינים

להלן קבוצות מינים שיכולות להשתמש במעבר אם התנאים המקומיים יותאמו לצורכיהם:

- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר עילי רב-שימושי אלא אם כן המעבר ממוקם בנתיב נדידה מקומית שלהם או נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אם רוחב המעבר ועומק הקרקע מאפשרים זאת, אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לדו-חיים בעזרת סדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" ומחברות בין בתי גידול לחים שהופרדו על ידי הכביש, בשילוב עם מקומות מסתור מתאימים על פני המעבר, או בעזרת קו טפטפות היוצר "נתיב לח" צר ולאורכו יישתלו צמחים שיכולים לשמש מחסה.
- **יונקים שוכני עצים:** או יונקים המעדיפים בתי גידול של עצים או את קרבתם – לתנועתם על פני המעבר יכולים לסייע מבנים המספקים מקומות מחסה והגנה בזמן תנועה (כמו ערמות ענפים, תלוליות אבנים או ערמות גזם וסחופת עץ), ובתנאי שיהיו קרובים דיים זה לזה בכניסות למעבר ועל פניו. מקומות מחסה אלה חשובים במיוחד אם על המעבר אין שיחים רבים.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** (כגון לוטרה) – יכולים להימנע מלהשתמש במעבר אם אינו ממוקם בבית הגידול המועדף עליהם או סמוך מאוד אליו. בנייה של בית גידול לח, כפי שתואר לעיל, יכולה לעודד מינים אלה להשתמש במעבר.
- **מינים מעופפים:** אלמנט קווי המכוון למעבר ו/או החוצה את המעבר מצד לצד כמו שורה מרווחת של שיחים גבוהים יכול לסייע בהכוונת תעופתם של עטלפים ומיני ציפורים על פני המעבר.

תחזוקה ובדיקה

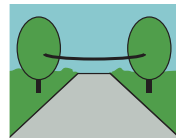
- המבנים של המעברים העיליים דורשים באופן יחסי תחזוקה מעטה. קירות, גדרות ומחיצות מצריכים בדיקה ותחזוקה סדירות כדי לוודא את יציבותם.
- כבר בשלב הביצוע של המעבר העילי יש לתכנן את נוהלי התחזוקה לשנתיים-שלוש השנים הראשונות שלאחר ההקמה, במיוחד את אלה הנוגעים להתבססות הצומח. בשנים הראשונות לאחר ההקמה קרוב לוודאי שיהיה צורך להשקות את הצומח על פני המעבר. השקיה כזו מאפשרת לצומח להתבסס, להשריש ולהתפתח במהירות למצבו התפקודי הרצוי על המעבר. לאחר מכן אפשר לגבש נוהלי תחזוקה מדי שנה, בהסתמך על נתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- חשוב להקפיד לסלק מיני צמחים רודרליים וצמחים פולשים מפס הצומח הן אם הוא נוצר ספונטנית והן אם ניטעו בו שיחים קטנים ובני שיח או נזרעו בו מיני צמחים עשבוניים.

ניטור

לאחר ההקמה יש לנטר את תפקוד המעבר אם תוקצבה האפשרות לפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: במקרה זה יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו, לתעד גם את אופי פעילות האדם שם, ולבחון מה ממנה עלול להשפיע על מידת השימוש במעבר על ידי בעלי חיים ובאיזה אופן. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים).



ברקנית האשל. (צילום: רון פרומקין)



7.2.4 מעבר בין צמרות



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

מעבר בין צמרות (tree-top overpass/ canopy crossing) הוא מבנה חצייה הממוקם מעל מפלס הכביש ומיועד לחבר בתי גידול מיוערים המופרדים על ידי כביש. מעבר כזה מיועד למיני יונקים מטפסים שוכני עצים שיכולת תנועתם במרחב נפגעת ומוגבלת במידה רבה על ידי כביש הקוטע את בית גידולם. חלקם, כמו דלק ומיני מכרסמים, יכולים לחצות תשתיות תחבורה, וגדרות אינן מהוות מכשול עבורם, וכך, במקומות שנפח התנועה בהם רב, התוצאה עלולה להיות כמות דריסות גדולה. לעומת מינים אלה, מכרסמים מסוימים כמו יערונים אינם יורדים לקרקע לעתים קרובות, ויכולים להעדיף לחצות כבישים במקומות שבהם ענפי עצים סמוכים קרובים זה לזה. ייתכן שמינים כאלה לא ישתמשו כלל במעברים עיליים, או ישתמשו רק במקומות שבהם יש במעברים כיסוי של עצים.

מעברים עיליים מיוחדים לחציית תשתיות המתאימים לבעלי חיים מטפסים יכולים להיות פתרון טוב לצמצום התמותה מדריסות בקבוצה זו. מעבר בין צמרות מאפשר לבעלי החיים תנועה על פני טיפוס כביש ורוחבי כביש שונים, ואפשר להתאים את המבנה לצרכים הספציפיים של מיני היעד שנבחרו. בארצות אחדות תוכננו והוצבו מעברים כאלה עבור קשת של בעלי חיים. עד כה נבנו מעט מעברים מסוג זה, והמידע שמוזכר כאן מיועד למקרה שיתעורר בישראל צורך נקודתי הדורש פתרון מסוג זה.

מיני יעד

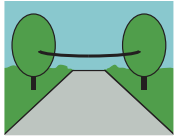
יונקים שוכני עצים, בעיקר מכרסמים.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: אין מידע לגבי אפשרות שימוש על ידי דלק, סמור או זוחלים כגון זיקית.

השימוש במבנה

אך ורק לבעלי חיים.





איור 7.33: מעבר בין צמרות: מעבר בין צמרות המסתייע במבנה קיים של שילוט כביש. (צילום: T. Clevenger US)

הנחיות כלליות ומיקום

- מבנים אלה הם ייעודיים, ונועדו הן לצמצום כמות הדריסות והן להגברת התנועה של בעלי החיים ממיני היעד בין כתמי בית הגידול המיוערים משני צדי הכביש (איור 7.33). בישראל אפשר לשקול הצבת מעברים בין צמרות (א) באזורי חורש ויער שיש בהם אוכלוסיות חשובות לשימור של מכרסמים או סמורים; (ב) באזורים שיש בהם ריכוז תמותה מדריסות של מיני היעד.
- התכנון המפורט והחומרים שימשו למעבר תלויים באופי האתר ובמיני היעד שנבחרו.
- המבנה כולל עיגון של חבלים עבים או של כבלי מתכת לעצים או למבנים קבועים כמו שילוט הכוונה, המאפשרים לבעלי החיים לנוע בין צמרות עצים הממוקמות משני צדי הכביש.

- כיוון שקיימת מגמה מבחינת ממשק ותחזוקה שלא לאפשר או לטפח נוכחות עצים גדולים בקרבת הכביש אלא במקרים חריגים, יש לבחון אם המרחקים בין העצים הסמוכים לכביש אכן מאפשרים הצבת גשר מחבר כזה.
- חבלים או כבלים יכולים להימתח בין עצים כדי לגשר על פני כבישים קטנים. כדי לעגן את המבנה באופן בטיחותי יש להעדיף מתקנים קבועים ויציבים יותר בעיקר בסביבת כביש מהיר מרובה מסלולים, כשיש שטח פתוח נרחב מצדי הכביש והמרחק לעצים הסמוכים הגדלים לצד הכביש גדול יותר.
- אם משתמשים במבנים קבועים קיימים כמו תומכות של שלטי הכוונה התלויים מעל הכביש, אפשר להתקין בהם משטחי עץ או פסי הליכה מעץ. משטחי הליכה אלה גם יסתירו במידת מה מבעלי החיים החוצים את אורות כלי הרכב העוברים בכביש שתחתם.

ממדים מומלצים

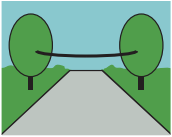
- חבלים שקוטרם לפחות 8 ס"מ
- משטחי עץ ברוחב 30 ס"מ לפחות
- שני כבלי פלדה מקבילים וביניהם מונחת רשת ניילון שרוחבה 20-30 ס"מ

טיפוסי קונסטרוקציה

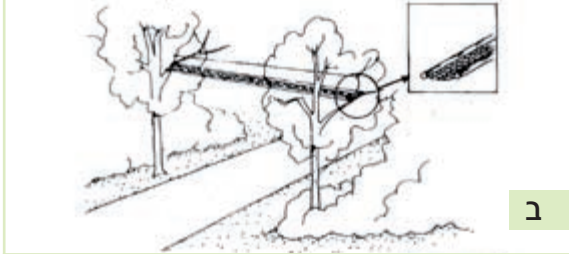
טיפוסי קונסטרוקציה מגוונים: חבלים, כבלי פלדה, משטחי עץ, קונסטרוקציות של שלטי הכוונה (איור 7.34).

תכנון מפורט והתאמה

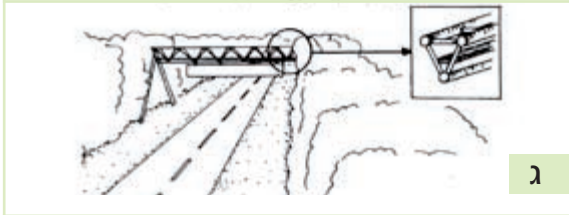
- כדי להבטיח תפקוד ויעילות של מעבר בין צמרות יש למקמו בשטחים שבהם הקישוריות בנוף הסובב עבור מיני היעד שנבחרו היא רבה, שבהם מסדרונות תנועה מוכרים של מיני היעד ואפשר לחברם בין שני צדי הכביש, ושהפרעת האדם בהם היא מזערית.
- אם המבנה כולל שימוש בשלטי הכוונה, יש לחברם לעצים הסמוכים בעזרת שלושה חבלים או יותר המתוחים מקצה השילוט לעצים הסמוכים, כך שכל החבלים יאפשרו לבעלי החיים גישה למעבר.
- יש לוודא שבית הגידול הסמוך למעבר מנוהל על פי צורכי האוכלוסיות של מיני היעד ועל פי צורכי הקישוריות שלהן. יש לקיים רציפות של בית הגידול ושל הצמרות שבו כדי לאפשר למיני היעד לנוע בתוך האזור ולהתקרב למבנה החצייה.



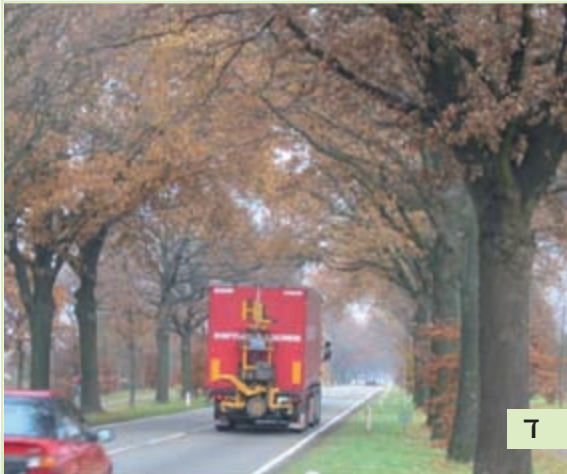
א



ב



ג



ד

איור 7.34: יונקים מטפסים יכולים להיעזר במבנים מעל הכביש: אפשרויות התכנון יכולות להיות: (א) חבל; (ב) נתיב הליכה המורכב משני כבלי פלדה וביניהם רשת; (ג) התאמה של מבנה שילוט מעל הכביש המהיר למעבר בעלי חיים. (EU)

(ד) בכבישים צדדיים שאינם רחבים מתאפשר מעבר בין צמרות בלא מבנה נוסף (תפקוד hop-over) במצב שבו צמרות העצים הוותיקים הנתועים לצדם קרובות זו לזו או נפגשות מעל לכביש. (NL)

התכנון המפורט של מעברים בין צמרות תלוי בסוג הכביש. בכבישים מקומיים צמרות העצים לעתים קרובות דיין כדי לאפשר לבעלי חיים מטפסים לנוע מעץ לעץ בלא סיוע נוסף (איור 7.34). כשהמרחק גדול מדי יכולים חבל, סולם חבלים או אמצעי מגשר אחר להוות קישור מתאים. הקישור דורש יציבות גדולה יותר על כבישים רחבים יותר או במקרים שבהם המרחק בין צמרות העצים גדול מדי. אמצעים שונים כמו חבלים וכן קונסטרוקציות של כבלי פלדה עם נתיב הליכה ביניהם יושמו במקומות שונים, ועליהם להיות רחבים דיים כדי לאפשר לבעלי החיים ללכת עליהם. עד היום נעשה שימוש באמצעים האלה:

- סולמות חבלים ברוחב של 30 ס"מ.
- נתיב הליכה המורכב משני כבלי פלדה וביניהם רשת שרוחבה 20-30 ס"מ.
- קונסטרוקציות המחזיקות שלטי תנועה מעל כבישים מהירים ורחבים שהותאמו לשימוש על ידי הוספה של נתיב הליכה מעץ, מחסות ומקומות מחבוא.

גיוונים והתאמות נוספים

- הגנה מטורפים היא אמצעי נלווה חשוב. כשהמעבר עשוי חבל או נתיב הליכה גלוי, תוספת של חבל דק הנמתח מעליו יכולה למזער סכנת טריפה ולמנוע התקפה מצד עופות דורסים.
- נטיעת עצים ושיחים והוספת חבלים ומשטחים שיכולים להקל על מיני בעלי החיים הרלוונטיים את הגישה למעבר כזה.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- על המעבר להיות:
- מתוח דיו כדי שבעלי החיים יוכלו ללכת עליו
- בטוח מפני טורפים
- מקושר היטב לעצים ולשיחים משני צדי הכביש
- בטוח מבחינת המשתמשים בכביש

הנחיות ספציפיות למינים

מיני היעד, כאמור, הם בעיקר מכרסמים שונים, וייתכן שאף דלק וסמור. מעבר כזה אינו מתאים ליונקים גדולים, לדו-חיים וכנראה שגם לא למרבית הזוחלים. לא ידוע בוודאות אם מעבר כזה יכול לנתב מעליו תעופות ציפורים או עטלפים.

תחזוקה ובדיקה

חשוב לבדוק תקופתית את יציבות המבנה ואת בלאי החומרים, ולהחליף רכיבים שמצבם גרוע כדי לשמור על בטיחות הנוסעים בכביש.

ניטור

ניטור השימוש במבנה יכול לסייע בשיפור תפקודו. הניטור יכול להיעשות למשל על ידי שימוש במצלמות מיוחדות לבעלי חיים.

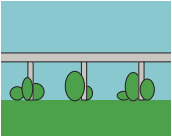
מעברים תחתיים לבעלי חיים כוללים את כל טיפוסים המעברים שנבנו כקישור מתחת למפלס התנועה. רבים מהמעברים התחתיים נבנים מלכתחילה למטרות אחרות, החל במעברי מים המשרתים מטרות של ניקוז הידרולוגי ועד מעברים חקלאיים או שבילי יער הנבנים תחת כבישים, אולם בסיוע מעט התאמות יכולים כל אלה לתפקד גם כמעברים לבעלי חיים.

ממדים של מעבר תחתי מוגדרים על פי גובהו, רוחבו ואורכו (ראו איור 7.10 לעיל). האורך תואם לרוב לרוחב של הכביש ולפיכך הוא קבוע. עם זאת, אפשר לקבוע את הרוחב, ובמידה פחותה גם את הגובה, בהתאם לצורכי בעלי החיים. לתיאור ממדי המעבר שימש בעבר באירופה גם הממד המכונה "פתיחות יחסית", ומוגדר כמכפלה של הרוחב בגובה מחולקת באורך המעבר: WxH/L . עם זאת, כיום לא מומלץ להשתמש בממד זה אלא בממדים עצמם בצירוף שיקולים נוספים. לדוגמה: "מדד הפתיחות" של מעבר שרוחבו 12 מ', גובהו 4 מ' ואורכו 25 מ' יהיה 1.9; למעבר שרוחבו 57 מ', גובהו 2 מ' ואורכו 60 מ' יהיה אותו מדד פתיחות, אבל גובה של 2 מ' אינו מספיק למינים גדולים. לפיכך מובאים להלן ערכי מינימום מומלצים לגובה ולרוחב. אם בכלל, מומלץ להשתמש ב"מדד הפתיחות" רק כערך המשקף את הגישה שככל שהמעבר ארוך יותר, עליו להיות גם רחב וגובה יותר (עוד בעניין זה ראו מסגרת בסעיף 7.1.4).

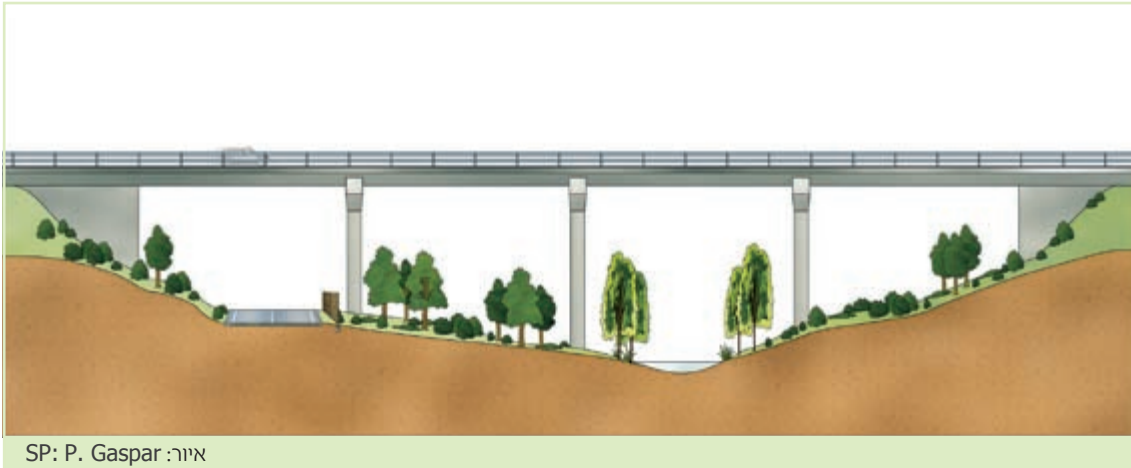
את הפירוט בחלק זה של הפרק נפתח בתיאור גשר ארוך (ויאדוקט), שאינו נבנה במיוחד לבעלי חיים, אבל יכול להיות מעבר רחב היוצר רצף בין בתי גידול ומשמש קשת רחבה של מיני בעלי חיים (סעיף 7.3.1). במעברים ייחודיים עבור בעלי חיים נעשית אבחנה בין מעברים ליונקים גדולים ובינוניים (כמו חזירים או זאבים, סעיף 7.3.2) לבין מעברים לבעלי חיים קטנים (בהם יונקים בינוניים מגודל שועל וגירית ומטה, יונקים קטנים כמו קיפודים, מכרסמים וחדפים, זוחלים וחסרי חוליות. סעיף 7.3.5). המלצות נפרדות ניתנות לגבי התאמה של מעברים תחתיים ומעברי מים שנבנו למטרות אחרות לצורך שימושם גם כמעברים לבעלי חיים (סעיפים 7.3.3, 7.3.4 ו-7.3.6). סעיף נפרד עוסק במעברים מיוחדים לדו-חיים ולזוחלים (סעיף 7.3.7). מרבית הסעיפים עוסקים בבעלי חיים יבשתיים. כיוון שבישראל אין נחלים רבים שיש בהם זרימת מים רצופה במהלך השנה, התייחסות למעברים לדגי מים מתוקים מובאת בשני סעיפים - סעיף העוסק במעבר תחתי שיש בו זרימת מים (7.3.4), וסעיף העוסק בהתאמה של מעברי מים (7.3.6).



שפן סלע (צילום: רון פרומקין)



7.3.1 גשר (ויאדוקט)



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

באזורים גבעיים או הרריים גשר הוא פתרון טכני טוב להוליך כביש מצד אחד של עמק לצדו האחר. תחתיתו של עמק היא נתיב תנועה מועדף על ידי מינים רבים של בעלי חיים, ובמיוחד כשיש בה גם ערוץ זרימה. במקרים אלה יש לוודא שמסדרונות תנועה של בעלי חיים שהיו קיימים לפני כן ישתמרו ואף יחוזקו (איור 7.36).

גשר ארוך (ויאדוקט) הוא הגדול ביותר בממדיו מבין מבני המעבר התחתי. עם זאת, לרוב מבנה זה אינו נבנה במיוחד לצורך תנועת בעלי החיים. המונח הלוועזי viaduct או flyover מתייחס על פי רוב לגשר ארוך יחסית, ובמדריך זה אכן נבדיל בין גשר ארוך (המוצג בסעיף זה), לבין גשרים קצרים ונמוכים יותר (כמו אלה המוצגים למשל בסעיף 7.3.4). ההבחנה תיעשה כיוון שההבדל ביניהם הוא תפקודי: המפתח הרחב והשטח הפתוח שמתחת לגשר מאפשרים לא רק תנועה חופשית תחתיו לטווח רחב של מיני בעלי חיים, הם מאפשרים גם לשמר רצף של בית גידול שבו מגוון מיני צומח יכולים לקיים תהליכי רבייה והפצה.

במקרים שבהם כביש חוצה עמק או שטח אחר הנמוך מהמפלס הרצוי של התשתית, מבחינה אקולוגית גשר ארוך הוא חלופה עדיפה על פני סוללה, וחשיבותו לשמירת המערכת האקולוגית גדולה. זאת כיוון שגשרים שלהם עמודי תמיכה מסייעים לשמר את בית הגידול שתחתם כמעט בלי שיפור. גשרים ארוכים משמשים לעתים קרובות לחצייה של בתי גידול לחים, והם יכולים לסייע בשיקום או בתחזוקה של מערכות נחלים ובשיקום המגוון הביולוגי הקשור לבתי גידול לחים. גשרים ארוכים מתאימים כמקומות תנועה ומעבר גם לחסרי חוליות ולחולייתנים קטנים הקשורים קשר הדוק לצומח מסוים וכמעט שאינם משתמשים במעברים תחתיים שאין בהם כיסוי צומח.

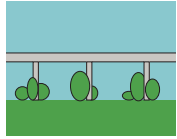
קיימים גשרים בטווח גדול של ממדים ופרופורציות, החל בגשרים ארוכים מאוד המונחים בגובה לא רב ועד לגשרים קצרים יחסית שלהם עמודים ארוכים המתנשאים מעל לערוצים תלולים. מנקודת מבט כלכלית ניתנת לעתים קרובות עדיפות לבניית סוללות, במיוחד כשאפשר לנצל עודפי חומר חציבה שמצטברים ממקטעים אחרים של הפרויקט. עם זאת, החשיבות לטווח הארוך בשימורם של מערכות אקולוגיות ושל מסדרונות אקולוגיים חשובים המצויים בעמקי נחלים ובבתי גידול לחים אחרים עולה בדרך כלל על התועלות הכלכליות האלה לטווח הקצר.

מיני יעד

מבחינת תפקודו, גשר ארוך הוא המקביל התחתי למעבר הרצף העילי, והוא אמצעי אופטימלי לקישוריות לטווח הרחב ביותר של מינים. מיני היעד שלהם מיועד מעבר זה הם בדרך כלל פרסתנים וטורפים גדולים ובינוניים (איור 7.37). מיני יעד אפשריים נוספים הם חולייתנים קטנים ובהם זוחלים ודו-חיים, וכן חסרי חוליות.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: אם הגשר גבוה דיו ופתוח, אם תהיה התאמה של התנאים המקומיים ויסופקו תחתיו תנאי בית הגידול המתאימים לצורכיהם, ייתכן שימוש במעבר גם על ידי יתר היונקים (כולל כאלה בעלי





איור 7.36: גשר ארוך (ויאדוקט): גשר ארוך מעל נחל חיון בכביש 90 המשמר את רציפות בית הגידול המדברי. (צילום: רון פרומקין)



איור 7.37: גשר ארוך העובר על פני ערוץ זרימה ועל פני השטחים סביבו מאפשר מעבר לטווח גדול של מינים: גרית מצויה חוצה את ערוץ נחל מנשה במקום שבו גשר ארוך חוצה את עמק הנחל. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

יכולת תנועה מוגבלת), זוחלים וחסרי חוליות, ואף עופות מסוימים ועטלפים. אפשר להתאים את המבנה לצורכי הקישוריות של מינים שוכני עצים, של דו-חיים ושל מינים אחרים של בתי גידול לחים, במיוחד אם קיים ערוץ זרימה. התאמות ספציפיות למינים ראו בהמשך.

השימוש במבנה

אף על פי שהמבנה לא נבנה במיוחד לשימוש בעלי חיים ומתקיים בו שימוש מעורב, יש להשתדל שהשטח תחתיו יועד בעיקר לתנועת בעלי חיים, ושהשימוש האנושי בשטח יהיה מזדמן בלבד.

הנחיות כלליות ומיקום

- גשרים ארוכים אפשר לבנות בכל מקום שבו כביש או מסילת ברזל צריכים לעבור על פני שטח נמוך יחסית. מומלץ במיוחד לבנותם כשהדרך חוצה ערוצי זרימה: בניית גשר ארוך היא חלופה עדיפה על פני בניית

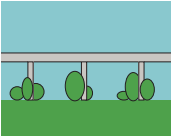
מעבר תחת שיומקם בסוללה לאחר חציבה ומילוי, כיוון שלא כמו גשר, סוללה מגבילה את יכולת התנועה של בעלי החיים ומצמצמת את הקישוריות. ככלל, אפילו גשר נמוך מספק קישורים טובים ומתאימים לטווח רחב של מינים יותר מאשר מעבר תחת קטן. כמו כן, נוכחות גשר משפיעה על המיקרו-אקלים בסביבה הקרובה של התשתית פחות מאשר נוכחות סוללה. ממדים גדולים של מבנה הגשר מאפשרים שימור של בתי גידול, במיוחד אם הגשר מתוכנן כך שנשמרת גם המשכיות של בית הגידול מצדו האחד לצדו האחר, ואם התכנון מקפיד על מזעור הפגיעה בקרקע ובצומח. בתי גידול לחים אחרים יש לחצות על ידי תוואי של תשתית תחבורה רק אם אין בררה אחרת, וגם אז גשר עדיף על פני סוללה. יש לתכננו כך שיהיה ארוך דיו וישמר את בית הגידול הלח ואת התבליט (relief) המקורי.

- שיקולי הקישוריות האקולוגית יקנו עדיפות למבנה גשר ארוך ומורם הפוגש את החלק הגבוה ביותר בנוף, בראש גבעה או צלע הר, זאת כדי לאפשר מידה מרבית של שקיפות, נצפות ויכולת לעבור תחתיו. שיקולים אלה עלולים להתנגש בשיקולים נופיים המעדיפים הנמכת הגשר והצנעתו.

- חשוב להקפיד על כך שבמהלך הקמת הגשר תמוזער הפגיעה וההפרעה לבתי גידול, לצומח ובמיוחד לבתי גידול לחים (איור 7.38).

- יש לחדש את הצומח המקומי אם השטח הופר במהלך הבנייה.

- יש למזער במידת האפשר שימוש אנושי וסימנים לפעילות אדם סביב הגשר. כן יש לוודא כי שימושי הקרקע



א



ב



ג

איור 7.38: חשוב להקפיד על מזעור הפגיעה בבתי גידול:
 (א) הרס מוחלט של בתי הגידול של אפיק הנחל וגדותיו בשלב הביצוע, ספרד. (צילום: C. Rosell, Minuartia); (ב) דרך שירות המפריעה להמשכיות של נתיב הזרימה, ספרד. (צילום: SP: R. Campeny, Minuartia); (ג) עמודי התמיכה לגשר בכביש 90 מוקמו בתוך ערוץ נחל חצור. (צילום: טליה אורון)

בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש לצמצם במרחב במידת האפשר נוכחות של גידור החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה.

- רצוי לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה, מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על התשתית.
- יש להימנע מבניית כבישים תחת גשרים ארוכים המותאמים למעבר בעלי חיים. אם הדבר הכרחי, על הכביש להיות בעלי נפח תנועה נמוך ויש למקמו ככל האפשר בצדו של המעבר תחת הגשר, כך שיותר שטח נרחב ככל האפשר שאינו מופר. יש להשתמש בעצים, בשיחים ובאמצעי מיסוך אחרים כדי להקטין את ההפרעה של כלי הרכב העוברים תחת הגשר לפעילות בעלי החיים המשתמשים במעבר.
- חשוב לוודא, באמצעות תכנון מרחבי או באופן אחר, שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים לא יפותחו וימשיכו לאפשר תנועה זו לטווח הארוך. לשם כך אפשר להשיג שטחים, לנהלם או להגיע להסכמות על ניהול השטחים השכנים למעבר כשטח שמור באופן רצוף ולזמן רב. רצוי ששטחים אלה לא יהיו שטחים פרטיים שאין ודאות לגבי אופן ניהולם לטווח ארוך.

ממדים מומלצים

הממדים משתנים בהתאם למיקום ולטופוגרפיה. התייחסות מיוחדת למעבר על ערוץ זרימה ראו בהמשך (סעיף 7.3.4).

רוחב המעבר: כפי שצוין לעיל, רוחב המעבר מבחינת בעלי החיים הוא ממד האורך של הגשר. אורכם של גשרים יכול להגיע עד כמה מאות מטרים. אורך הגשר צריך להתאים לטופוגרפיה ולתנאים ההידרולוגיים. בחציית נחל אורך הגשר צריך להותיר מכל צד של הערוץ שוליים של לפחות 10 מ' כדי לאפשר הן צימוח של צמחי גדה והן תנועה של בעלי חיים המעדיפים את הסביבה היבשה בשולי הנחל.

המרחק בין הצומח של בית גידול לח לבין בסיס העמודים צריך להיות לפחות 5 מ' כדי להקטין את ההשפעה על בית הגידול הטבעי.

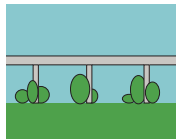
גובה המעבר: כדי לאפשר המשכיות של כיסוי הצומח תחת הגשר גובה העמודים המינימלי הנדרש הוא 5 מ' אם הגשר עובר מעל צומח עשבוני או שיחי, ומעל 10 מ' אם הוא עובר באזור מיוער. (יש מקרים שבהם בשל אילוצים שונים מותרים עצים לצד הגשר אך לא תחתיו. כדאי להביא בחשבון שבעתיד תיתכן תחת הגשר התחדשות של צומח מעוצה, במיוחד אם הגשר מאוד גבוה).

ממדים מומלצים אלה מאפשרים לקיים את מיקרו-בתי הגידול השונים ולשמר קישוריות ברמת המערכת האקולוגית ואף ברמת הנוף.

טיפוסי קונסטרוקציה

- קורות בטון עם עמודי תמיכה
- קורות פלדה עם עמודי תמיכה
- עמודים מעוגלים מקנים למבנה שקיפות ומאפשרים תצפית למרחוק יותר מאשר קורות בטון התומכים בגשר. השקיפות והנצפות יכולות להקנות לחלק ממני בעלי החיים תחושת ביטחון (איור 7.39).





איור 7.39: שמירה על המשכיות בית הגידול והצומח תחת גשרים בעמקי נחלים מסייעת לשמר את מרב אפשרויות התנועה: (א) גשר בנחל חיון, מפתח רחב מאפשר נצפות והמשכיות של הצומח המדברי (צילום: בני שלמון); (ב) גשר בכביש 9 בעמק הארזים מעל נחל שורק, העמודים ממוקמים מחוץ לערוץ הנחל. המפתח הרחב ופיצול הגשר לשנים מאפשרים שקיפות ונצפות מרבית דרכו. מעבר בעלי חיים אפשרי הן בערוץ הנחל כשהוא יבש, הן לאורך גדותיו, לרבות על דרך עפר העוברת תחת הגשר; (ג) גשר רכבת בן כ-40 שנה בנחל ציון, מעוגן באופן נקודתי ומאפשר המשכיות של בית הגידול; (ד) מבנה הגשר בנחל נקרות מאפשר אמנם נצפות, אך מזרן הגבוינים שמוקם לרוחב הערוץ ובגדותיו פוגע באפשרויות התנועה של בעלי החיים (צילומים: רון פרומקין)

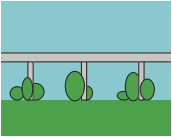
- במקרה של כבישים רחבים, פיצול הגשר לשניים והפרדת שני הנתיבים על ידי מפער מאפשרים חדירת אור נוסף לפני הקרקע שתחת הגשר ולצומח שעליה, משפרים תנועת אוויר בין שני החלקים, ומעניקים מבנה "מאוורר" ופחות מאיים עבור חלק ממיני בעלי החיים (איור 7.39). עם זאת, יש להימנע ממפערים צרים בין שני מסלולים, כיוון שהם מובילים לפרצי רעש פתאומיים מכלי הרכב העוברים.

תכנון מפורט והתאמה

- ככלל, יש לשמור את השטח שתחת הגשר ולעצבו באופן טבעי ככל האפשר.
- מישורי הצפה טבעיים ובתי גידול לחים אחרים רצוי לחצות במלואם על ידי גשר (איור 7.40): את העמודים יש למקם



איור 7.40: ויאדוקט נמוך המשמר שטחי ביצה ומישורי הצפה של נהר: גשר ארוך מאפשר המשכיות צומח ובתי גידול וכן שימושי קרקע מרובים: אזור נמוך שבו עובר אפיק זרימה, שטחים נטועים, חקלאיים או טבעיים. במקום לבנות סוללה נבנה הכביש המהיר A20 בצפון גרמניה על עמודים. (צילום: DEGES; EU)



- במידת האפשר מחוץ לתחום שבו מצוי צומח של גדות נחל או צומח של בתי גידול לחים ולשמור מהם מרחק.
 - תחת גשרים ארוכים מומלץ לחלק את שימושי השטח למקטעים.
 - ליונקים גדולים יש לספק שטח נרחב ולא מופרע.
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע

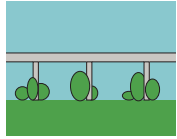
- חשוב ביותר לשמור במצב טבעי במידת האפשר ערוצי זרימה תחת גשר, לרבות קרקעית הערוץ והגדות. על הגדות לאפשר תנועה חופשית הן של מינים אוהבי מים והן של מינים יבשתיים.
- יש להקפיד להימנע מפגיעה בקרקע ולשמור על רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך לגשר ותחתיו. יש להימנע מייבוא קרקע מחוץ לשטח הפרויקט. אם נדרש שיקום נופי נקודתי, אפשר להשתמש בשכבה העליונה של קרקע מקומית שהוסרה במהלך העבודות ונשמרה במיוחד.
- מחסור במים ובאור תחת גשר עלול להגביל את יכולת הגדילה של הצמחים. במקרים של מחסור כזה יש להקפיד על שימור הקרקע הטבעית או לכסותה באדמה ולא בחצץ, באבנים, בבטון או בחומר אחר.
- כשהגשר נמתח על פני ערוצי זרימה ניקוז אינו מהווה בעיה בדרך כלל, אך יש להגן על בתי הגידול הלחים בזמן העבודות ואחריהן. חשוב שהעמודים לא יפגעו לרעה בבתי הגידול הלחים ולא יפגעו בזרימה על-קרקעית או תת-קרקעית (למשל באקוויפר חלוקים בערוץ הנחל או בניקוז התת-קרקעי). כדי להימנע מהשפעות לא רצויות אלה, יש להקפיד על מיקום העמודים, ובמיוחד בבתי גידול לחים במדבר.

צומח

- יש לשאוף לשימור הרציפות של בית הגידול ושל הצומח, ולהימנע ככל האפשר משינוי חברות הצומח תחת הגשר ובסביבתו. באזורים בעלי חשיבות גבוהה לשימור אפשר להיעזר לשם כך בטכניקות בנייה מיוחדות. כשמשתמשים בשיטות טפסות מסורתיות יש להסיר את הצומח רק במיקום של בסיסי עמודי התמך. חשוב לתכנן את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות בקפדנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים, וכן חשוב לפקח על הביצוע בהתאם.



איור 7.41: שמירה על רצף בתי גידול, המשכיות ערוץ הנחל וצומח הגדות: על ידי שילוב בין שני גשרים ארוכים מעל הנחלים שלף ודליה, ובהמשכם מעבר רצף בכביש חוצה ישראל ברמת מנשה (למעלה). בתמונות למטה נראה הגשר מעל עמק נחל דליה, החוצה את ערוץ הנחל, שטחים חקלאיים, דרכים חקלאיות ושטחי בתה וגריגה. (צילומים: רון פרומקין)



- יש לשמר ולטפח כיסוי צומח במידת האפשר. בחציית ערוצי זרימה על הצומח להיות המשכי הן בחלקים האקוויטיים, הן בחלק הלח ובחלק היבשתי של הגדה והן בשאר השטח (איור 7.41).
- לאחר ההקמה יש לשקם את השטח תחת הגשר במידת הצורך, לרבות שחזור המורפולוגיה המקורית של השטח ושימוש בצומח מקומי.
- אם יש צורך להרחיב את מגוון מיקרו-בתי הגידול שתחת הגשר כדי להגדיל את טווח מיני בעלי החיים המשתמשים במעבר, יש לעשות זאת בזהירות (למשל לדלל צומח שיחי או מעוצה ליצירת כתמים פתוחים יותר).

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים מקומיים (ואף דרכים חקלאיות או דרכי יער אחרות הנמתחות במקביל לתשתית האמורה) לפני הכניסה למעבר או סמוך אליה, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים ואפילו למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו (איור 7.15). יש להתוות דרכים אלה כך שלא יחסמו את הגישה למעבר לבעלי חיים קטנים, במיוחד לחסרי חוליות.
- בכניסה למעבר אפשר למקם סלעים גדולים כדי למנוע כניסת כלי רכב (איור 7.16).
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות. אפשר לשלב בין אמצעים למשיכת בעלי חיים ולניתובם למעבר, כמו שילוב בין ברכת מים לבין גידור ובהמשכו מיסוך.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות עפר מיוצבות, אם הן גבוהות דיין, יכולות לשמש במקום גידור.
- צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להיות מינים מקומיים ולהתאים לאלה הנמצאים בשטח המעבר, בסביבתו הקרובה ובצדי הדרך.

מיסוך וצמצום הפרעות

- מיסוך מיועד לצמצם באמצעות מחיצות או הפרדות אחרות הפרעות של תאורה או רעש הנגרמות לבעלי החיים המשתמשים במעבר בשל הקרבה לכביש.
- אם תחת הגשר עוברים כביש או דרך שהתנועה בהם ערה בשעות הלילה, יש להשתדל למקמם בצד המעבר ככל האפשר ולהפרידם ממסדרון התנועה של בעלי החיים על ידי מיסוך כדי לצמצם את הפרעות התאורה הנגרמות מהפנסים של כלי הרכב.
- בגשר ארוך החוצה בית גידול לח בנויות לעתים מחיצות אקוסטיות. אלה מיועדות לצמצם הפרעות מרעש התנועה הנגרמות לבית הגידול הסמוך. מומלץ שהמחיצות יהיו אטומות, אך אם הן שקופות עליהן להיות מסומנות באופן שימנע התנגשות של ציפורים בהן (ראו סעיף 7.4.4).
- כשהגשר עובר באזורים רגישים, לצורך צמצום ההפרעה יש לשקול צמצום או ביטול של תאורת הכביש בתחום הגשר, הזזת נקודות תאורה, הנמכת עמודי תאורה, הקטנת עוצמת הנורות או הצמדה של משטחי מגן למנורות כך שימנעו זליגת אור מחוץ לתחום הכביש.

גידור

- גדרות נדרשות כדי להנחות ולהוביל בעלי חיים למעבר וכדי למנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.
- הגידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש.
- אם משתמשים בגידור גם תחת הגשר כדי לנתב את תנועת בעלי החיים וכדי למנוע את כניסתם לתוואי הכביש, חשוב לקשור את הגדר למבני התמיכה (למשל לעמודים) או לקרבה ככל האפשר למדרונות צדיים, וכך לאפשר את שטח המעבר הרחב ביותר.

גיוונים והתאמות נוספים

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים אפשר ליצור תחת הגשר או בקרבתו נקודות שתייה או לטעת בו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול. הוספת מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולה למשוך מינים צמחוניים לשטח המעבר.



איור 7.42: בולי עץ וערמות ענפים משמשים מחסה לבעלי חיים: מתחת לגשר בכביש A27 בהולנד. ברקע נראה המיסוך המפריד בין כביש מקומי לבין הערמות. (צילום: H. Bekker, EU)

מחסה נוסף לצד הגשר ותחתיו יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמיינים נוספים ישתמשו במעבר. אפשר למקם במרווחים מסוימים לאורך המעבר ערמות של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים. אלה יכולים לספק לבעלי חיים קטנים – יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות – מחסה ומיקרו-בית גידול, ולסייע בנייתובם למעבר לצד שיחים או משוכות הנמתחים מצדי התוואי אל תוך המעבר (איור 7.42). בסביבה שסכנת השרפות בה רבה יש לשקול אם למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.

אפשר ליצור סדרה של מיקרו-בתי גידול לחים המתאימים לדו-חיים באמצעות שימוש ב"אבני קפיצה" שבהן נשמרת לחות גבוהה יותר, ויש בהן מקום מחסה לבעלי החיים הקטנים. ניתן לעשות זאת על ידי יצירת כתמים של צומח עשבוני או שיחי או על ידי הוספה של משטחי עץ קטנים המונחים על אבנים כך שהשטח שתחתם מוצל. אפשרות נוספת ליצירת בית גידול לח היא יצירת סדרה של ברכות קטנות מלאכותיות.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

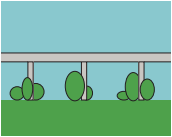
- הצבת סלעים גדולים יכולה למנוע שימוש במעבר באופן שאינו הולם את תפקודו. יש לוודא ששימושי קרקע סמוכים אינם פוגעים בתפקוד המעבר.
- גשרים מיועדים לשימוש ארוך טווח. עבודות הנדסיות מתוכננות לטווח של 50-100 שנה ויותר. כחלק מהתכנון המרחבי ברמה המקומית וברמה האזורית חשוב לוודא שיישמר לאותה מסגרת זמן גם קישור מרחבי המאפשר גישה לשטח המעבר. במיוחד אין לאפשר פיתוח (בינוי למגורים ולתעשייה, כבישים מקומיים) המצמצם את תפקוד המעבר.
- כחלק מאותה התפיסה, יש לגבש גם תכנית תחזוקה הולמת לטווח ארוך.
- יש להקפיד על אכיפת איסור ציד בסביבת המעבר. אין ניסיון רב באשר להיקף הרצוי של השטח המדובר, אולם בהתחשב בסיטואציה המקומית, מרחק של 0.5-2 ק"מ מהגשר עשוי להיות מתאים.

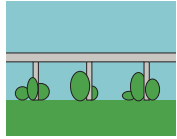
הנחיות ספציפיות למינים

- אוכלוסיות מטווח רחב של מיני בעלי חיים יכולות להיות מקושרות תחת גשר ארוך (הדבר נכון גם לגבי מינים של צמחים ובתי גידול). מינים רבים ינועו בתדירויות שונות מצדו האחד של הגשר לצדו האחר.
- **פרסתנים וטורפים:** המינים שיעברו ותדירות השימוש ישתנו בהתאם לממדי הגשר ולאופי פעילות האדם בסביבתו.
- **מינים שוכני עצים:** מינים אלה נוטים להעדיף בתי גידול שבהם צומח מעוצה המספק מחסה והגנה בזמן התנועה. כדי להקל על תנועתם יש לספק מקומות מחסה ומקלט כמו ערמות ענפים או ערמות אבנים. רצוי שמקומות המחסה האלה יהיו סמוכים לשיחים או לעצים.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** לוטרות ישתמשו במעבר אם בתי גידול לחים נמצאים תחת הגשר או סמוך אליו.
- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר, אלא אם כן הוא ממוקם בנתיב נדידתם, בתוך בתי הגידול המועדפים עליהם או בסמוך להם, או אם הוא נקלע בדרכם במהלך הפצת הצעירים. אם המעבר אינו ממוקם על נתיב זרימה, אפשר ליצור בתי גידול לדו-חיים בעזרת סדרת ברכות שיהוו "אבני קפיצה" המקשרות בתי גידול לחים המופרדים משני צדי נתיב הכביש (איורים 7.17, 7.21).

תחזוקה ובדיקה

- מעבר הממוקם תחת גשר ארוך דורש באופן יחסי תחזוקה תקופתית מעטה (של הגשר וניצביו). קירות, גדרות ומחיצות אקוסטיות מצריכים בדיקה ותחזוקה סדירות כדי לוודא את יציבותם ושלמותם.
- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקה.
- על האחראים לתחזוקה להיות מודעים למטרת המעבר. יש להכין בעבורם הנחיות מפורטות, ולפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.





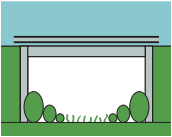
איור 7.43: חשוב למנוע מכשולים שעלולים להפריע לתנועת בעלי החיים תחת גשר ובסביבתו: (א) שימוש לא הולם לאחסון חקלאי מתחת לגשר, במקום שאמור לשמש מעבר לבעלי חיים, ספרד. (צילום: C. Rosell, Minuartia); (ב) עיצוב הגשר מעל עמק נחל עכברה מאפשר אמנם פתיחות מרבית של הנוף למעבר בעלי חיים, אך את תנועתם בעמק מגביל בפועל גידור לרוחב הערוץ המשמש לתחום שטח לרעיית בקר. (צילום: רון פרומקין); (ג) הקישוריות תחת גשר זה בצרפת אבדה כיוון שאת היכולת לנוע מצד לצד חוסמים גדר וחומרים שאוחסנו לצדה. (צילום: J. Carsignol EU)

יש להעניק תשומת לב מיוחדת לשימושים לא הולמים במעבר ובסביבתו, לרבות שימושים כמו גידור בשטחים פתוחים סמוכים או הפעלת מתקני נופש, שעלולים לפגוע בתפקודו כמעבר לבעלי חיים. בדיקה שגרתית צריכה לוודא שהשטח תחת הגשר אינו מופרע ואינו משמש למטרות שאינן מתאימות כגון אחסון ציוד, שאינו נחסם על ידי ציוד חקלאי או כלי רכב חונים, ושאינו בגדרות או מכשולים שעלולים להפריע לתנועת בעלי החיים (איור 7.43).

כשמחזרים את הצומח הטבעי חשוב לוודא תקופתית שהטיפול בצומח מספק, ושזמינים לו די מים או דשנים הנדרשים להתפתחותו הנאותה.

ניטור

חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל תצפיות, מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).



7.3.2 מעבר תחתי ליונקים גדולים



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

מעבר תחתי ליונקים גדולים (large mammal underpass) אינו גדול כמו מרבית הגשרים, אך הוא טיפוס המעבר התחתי הגדול ביותר בממדיו המעוצב במיוחד לשימוש בעלי חיים. המעבר מתוכנן בראש ובראשונה כנקודת חצייה בטוחה למיני יונקים גדולים, אך השימוש בו על ידי אחדים מהמינים תלוי במידותיו ובאופן שבו הוא יותאם לצורכיהם הספציפיים (איור 7.44). מינים אחרים ישתמשו אף הם במעבר כזה, במיוחד אם יותאם לצורכיהם ויימצא להם מחסה לאורך קירותיו. סוג מעבר זה מתאים גם למעבר פרסתנים גדולים מבויתים כמו פרות, חמורים, סוסים וגמלים.

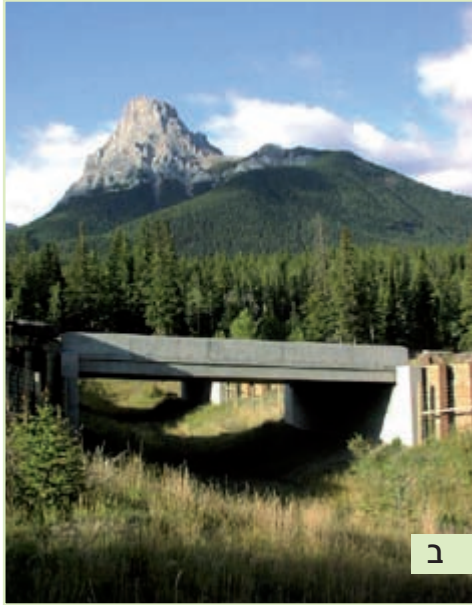
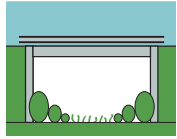
מעבר תחתי לבעלי חיים גדולים הוא פתרון מתאים במיוחד באזורים גבעיים והרריים, במקומות שבהם מפלס הכביש גבוה מהסביבה (למשל כביש הבנוי על סוללה). מעברים תחתיים ליונקים גדולים מתאימים פחות לקישור רציף בין בתי גידול כיוון שלרוב אין בהם די אור ומים הנחוצים לקיום הצמחים.

מיני יעד

מיני היעד לסוג מעבר זה הם לרוב יונקים כמו חזיר בר, איילים וטורפים גדולים (תן, זאב, קרקל).

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: יונקים קטנים יותר עשויים אף הם להשתמש במעבר כזה, במיוחד אם יימצא להם מחסה לאורך קירותיו. גם חולייתנים קטנים ובהם זוחלים ודו-חיים וגם חסרי חוליות יהיו מיני יעד אפשריים אם התנאים המקומיים יותאמו לצורכיהם. אפשר להתאים את המבנה לצורכי הקישוריות של מינים שוכני עצים ושל מינים שוכני בתי גידול לחים (התאמות ספציפיות למינים ראו בהמשך). מעברים תחתיים, במיוחד אם אורכם רב, מתאימים פחות למינים מעופפים, למינים שתנועתם מכוונת על ידי אור (כמו מינים רבים של חסרי חוליות) ולמינים שמעדיפים אזור מחיה פתוח ונרחב (כמו פרפרים ונחשים).





איור 7.44: מעבר תחתי ליונקים גדולים: (א) מעבר תחת מסילת רכבת מהירה בצרפת שבו המפתח מאפשר נצפות לצד האחר. (צילום: SETRA: EU);

(ב) מעבר תחתי בקונסטרוקציה open span. (צילום: T. Clevenger: US)

השימוש במבנה

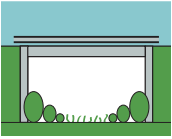
מעבר תחתי ליונקים גדולים מיועד רק לשימוש בעלי חיים (ומיני צומח שנלווים לתנועתם, על גופם או בתוכו). מומלץ לאסור על שימוש של אדם במבנה, ולצמצם פעילויות אנושיות סמוך לו.

הנחיות כלליות ומיקום

מיקום המעבר התחתי צריך להיקבע על פי נוכחות מיני היעד ועל פי התנהגותם:

- יש למקם מעבר תחתי בהמשך לנתיבי תנועה מוכרים המשמשים את מיני היעד, בשטחים שידוע שהם מסדרונות תנועה של בעלי החיים ושהפרעה האנושית בהם היא מזערית. זיהוי נתיבים כאלה נעשה במסגרת תסקיר ההשפעה על הסביבה (ראו פרק 5).
- בבחירת מיקום המעבר יש להתייחס גם לאפשרויות חצייה אחרות הזמינות לבעלי החיים ולאמצעים אחרים שנקטו במרחב למזעור הקיטוע.
- יש למקם מעבר תחתי במקומות שבהם הטופוגרפיה המקומית מנתבת את התנועה של בעלי החיים אל המעבר, למשל בהמשך לשקעי אורך ולערוצי זרימה.
- באופן מעשי, מיקום המעבר תלוי גם בגובה הכביש. כשאי-אפשר לבנות מעבר תחתי במישרין על נתיב התנועה של בעלי החיים, חיוני לקשר את המעבר אל נתיבי התנועה האלה.
- כיוון שממדיו של מעבר תחתי ליונקים גדולים קטנים מאלה של גשר ארוך וכיוון שחדירת האור אליו מועטה, היכולת לשקם בית גידול תחת המבנה מוגבלת. עיצוב פתוח המאפשר כניסה מרובה של אור טבעי יעודד במידה מסוימת התפתחות של כיסוי צומח טבעי בחלק גדול יותר של שטח המעבר הקרוב לכניסה.
- יש לתכנן את המעבר כך שיתאים לטופוגרפיה המקומית. אין להוליך נגר מהכביש הסמוך לכיוון המעבר, אך עם זאת, ערוץ זרימה העובר דרך מעבר תחתי יכול להיות גורם חיובי המסייע לבעלי החיים לאמץ את המעבר. גם אם בתקופות מסוימות יש במעבר זרימה, יש לוודא ניקוז נאות שימנע הצטברות מים והצפות במעבר או בכניסות אליו, זאת כדי שלא תיחסם התנועה דרכו למינים מסוימים וכדי שיישמרו בו בכל עת שוליים יבשים שרוחבם לפחות מטר אחד.
- המעבר צריך להיות ממוקם במרחק שמאפשר משני צדיו קישור לבתי גידול המתחברים לרשת נרחבת יותר של מסדרונות תנועה.





- כדי לאפשר תפקוד תקין ומיטבי ושימוש מרבי על ידי בעלי חיים, יש להימנע מלמקם מעברים תחתיים באזורים שבהם פעילות אדם מייצרת הפרעות קבועות, ולמנוע במידת האפשר פעילות אנושית והפרעה במעבר ובסמוך לו. חשוב לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש לצמצם במרחב במידת האפשר נוכחות של גידור החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה.
- פיתוח קיים או מתוכנן באזורים סמוכים צריך להיות מרוחק דיו מהמעבר כך שלא ישפיע על תפקוד המעבר לטווח הארוך. חשוב לוודא, באמצעות תכנון מרחבי או באופן אחר, שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים לא יפותחו ושישמר התפקוד של רשת מסדרונות התנועה לטווח הארוך. לשם כך אפשר להשיג שטחים, לנהלם או להגיע להסכמות על ניהול השטחים השכנים למעבר כשטח שמור באופן רצוף ולזמן רב. רצוי ששטחים אלה לא יהיו שטחים פרטיים שאין ודאות לגבי אופן ניהולם לטווח ארוך.
- יש לצמצם ככל האפשר את הנזק הנגרם לסביבה במהלך עבודות ההקמה. חשוב לתכנן את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות בקפדנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים ולפקח על הביצוע בהתאם.
- יש לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה, מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על התשתית. לשם כך יש ליצור בשולי המעבר חיץ או מיסוך. ניתן לעשות זאת על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי שילוב של כל האמצעים האלה משני צדי המבנה.

ממדים מומלצים

רוחב המעבר: לפחות 7 מ'. רוחב מומלץ: 12-15 מ'. במקומות שיש בהם מעבר של חזירי בר מומלץ רוחב העולה על 7 מ'. למעבר איילים מומלץ רוחב העולה על 12 מ'.

גובה המעבר: לפחות 3.5-4 מ'. גובה מומלץ: מעל 4.5 מ'.

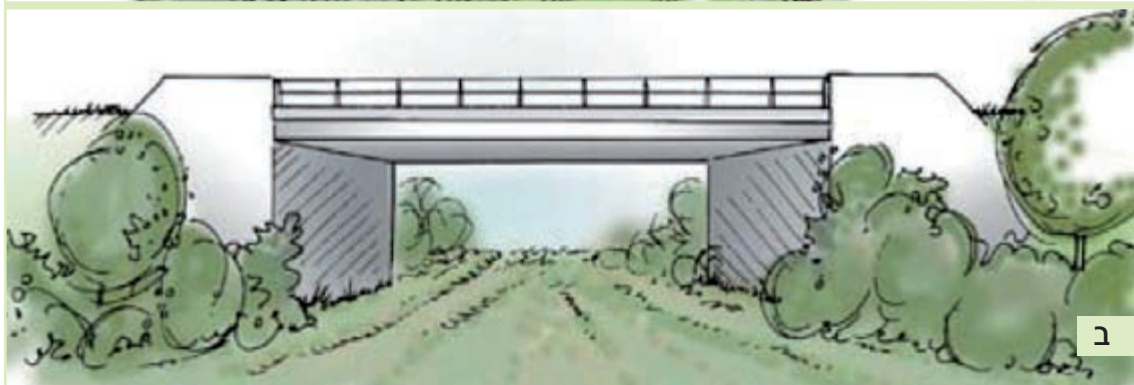
מומלץ שאורכו של המעבר יהיה קצר ככל האפשר, ולכן יש לבנותו בניצב לתוואי התשתית ולוודא שלא יעלה על 70 מ'. הניסיון מורה שיונקים מסוגלים ללמוד להשתמש במעברים הממוקמים בתחומי המחיה שלהם. פרטים שאינם מנוסים, במיוחד פרטים צעירים בשלב התפוצה (dispersal) או מינים המשתמשים במעבר כזה רק לעתים בתקופות שנה מסוימות, יכולים להיות רגישים יותר לממדי המעבר. אין מידע רב בנושא כיוון שלרוב תכנון ניטור מתמקדות בעיקר בשימוש של בעלי חיים השוכנים באופן קבע בסביבות המעבר. הממדים המומלצים לעיל חושבו בהסתמך על חוסר הוודאות הזה.

טיפוסי קונסטרוקציה

מעבר תחתי ליונקים גדולים יכול להיות בעל מבנה מרובע או מעוגל (דוגמאות ראו באיור 7.45), בעל קרקעית פתוחה וטבעית או סגורה כחלק ממבנה יצוק מראש.

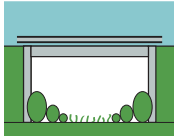


א



ב

איור 7.45: דוגמאות לעיצוב מעבר תחתי לבעלי חיים גדולים: (א) קונסטרוקציה של קשת; (ב) קונסטרוקציה מרובעת דמוית גשר (NL)



טיפוסי הקונסטרוקציה הנפוצים הם אלה:

- קורות בטון וקורות פלדה (span)
- קשת - קשת בטון בלי קרקעית, קשת מפלדה מגולוונת בלי קרקעית או מעביר מים אליפטי מרובה משטחים מפלדה גלית (multi-plate corrugated steel culvert)
- מעביר מים מרובע - בטון יצוק מראש (pre fabricated).

הערות:

- עדיף מבנה (ישר דפנות או מעוגל) שבסיסו פתוח, כך שקרקעיתו היא המשך של המצע הטבעי. מבנה שבסיסו סגור מלמטה אינו רצוי, כיוון שהוא אינו מאפשר לשמר את המצע הטבעי באופן מיטבי.
- תכנון טכני של מעבר לבעלי חיים דומה ברובו לתכנון מנהרה לתנועת כלי רכב. כדי לשפר את תנאי התאורה אפשר להטות את הקירות כלפי מעלה והחוצה, ואפשר להוסיף גם חרכים שדרכם יחדרו לפנים המעבר אור ואוויר (איור 7.49 בהמשך).
- קשת גדולה מאפשרת מפתח גדול שאינו נזקק לעמודי תמך.
- פרופיל מרובע הנתמך בעמודי תמך שאינם מגבילים את הנצפות יכול להוזיל את העלויות.
- אם יש צורך לבנות מעבר בכביש קיים ואין אפשרות לפרק את הכביש ולבנותו מחדש כך שיכלול מעבר, אפשר להשתמש בטכניקה מיוחדת המשלבת דחיקת צינורות ויצירת גג למנהרה (מצינורות או יצוק), ולאחר מכן שילוב בין חפירת מנהרה לבין הכנסת תמיכות מהצד.

תכנון מפורט והתאמה

- יש לעצב את המבנה כך שיתאים לטווח נרחב ככל האפשר של מיני בעלי החיים השוכנים באזור או שצפויים לחזור לאכלס את האזור בעתיד.
- יש לנסות לדמות את תנאי בית הגידול הקיימים משני צדי הכביש, ולספק במידת האפשר בית גידול המשכי סמוך למעבר ובתוכו.
- יש לנסות להגיע למורכבות מרבית של מיקרו-בית גידול ומחסה בתוך המעבר על ידי שימוש בחומרים שונים (ענפים, בולי עץ, ערמות אבנים, בולדרים וכו') כדי לעודד שימוש של מינים שוכני עצים, של יונקים קטנים, של זוחלים ושל מינים הקשורים לבתי גידול סלעיים (איור 7.46 א').
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע

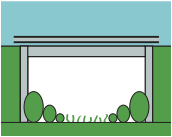
- תחתית המעבר צריכה להיות טבעית, כלומר מכוסה באדמה.
- יש ליצור רציפות מרבית של הקרקע המקומית סמוך למעבר ואל תוכו. יש להימנע מייבוא קרקע מחוץ לתחום הפרויקט.
- אם מדובר במנהרה חפורה או אם מדובר בסוג קונסטרוקציה שלו תחתית סגורה (למשל מעביר מים מרובע מבטון) - יש לכסות את התחתית במצע של קרקע מקומית שעוביו לפחות 15 ס"מ כדי לדמות ככל האפשר רציפות של התנאים הפיזיים, דבר שהוא חשוב במיוחד לבעלי חיים קטנים.

צומח

- בשל היעדר תנאי תאורה מספקים להתפתחות צומח ובשל היעדר מים, צמחים לא יגדלו לרוב בתוך המעבר לכל ארכו. התפתחות של צומח אפשרית בחלקי המעבר הקרובים לכניסות. יש לעודד התפתחות צומח ממינים מקומיים במקומות שבהם הדבר אפשרי.
- יש להגן על בית הגידול הקיים. במהלך התכנון והביצוע יש להקפיד למזער פגיעה בצומח הקיים ולהימנע ככל הניתן מהסרתו. כשאבדן בית גידול כרוך בכריתת עצים, רצוי לשמור את העצים, הגזעים ובתי השורשים שלהם לשימוש לצד המעבר ובתוכו כאלמנטים המייצרים מורכבות ומחסה למינים מסוימים.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים או דרכים אחרות לפני הכניסה למעבר או סמוך אליה, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים או אף למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו. יש להתוות דרכים אלה כך שלא יחסמו את הגישה למעבר לבעלי חיים קטנים, במיוחד לחסרי חוליות.



א



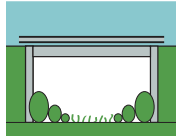
ב

איור 7.46: תשומת לב לפרטים מגדילה את מגוון המינים שמשמשים במעבר ומקטינה את הסיכוי שיגיעו לכביש: (א) צינורות שהונחו במעבר תחתי כדי לספק מקומות מחסה נוספים ליונקים קטנים ולחולייתנים קטנים אחרים ובכך לעודד אותם לנוע דרך המעבר. (צילום: US: T. Clevenger); (ב) שולי הגידור אינם מתחברים באופן הרמטי ורצוף סביב פתח המעבר, ומאפשרים לבעלי חיים לעבור, לעלות במעלה הסוללה ולהגיע לכביש. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ג) קירות מיוצבים (MSE- Mechanically Stabilized Walls) משמשים לגידור ולניתוב (צילום: US: T. Clevenger)



ג

7



- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות. אפשר לשלב בין אמצעים למשיכת בעלי חיים ולניתובם למעבר, כמו שילוב בין ברכת מים לבין גידור ובהמשכו מיסוך.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות עפר מיוצבות, אם הן גבוהות דיין, יכולות לשמש במקום גידור.
- צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להיות מינים מקומיים ולהתאים לאלה הנמצאים בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. בכניסה למעבר יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם. באזור הכניסה למעבר מומלץ לטעת שיחים, ולבחון אם נטיעת עצים מתאימה לצרכים של מיני היעד ולתנאים במקום.

מיסוך וצמצום הפרעות

- בתכנון המפורט יש לעצב את המעבר כך שימזער את הפרעות התאורה והרעש המגיעות מהכביש ומתנועת כלי הרכב שעליו.
- מיסוך מיועד לצמצום הפרעות אלה באמצעות מחיצות או הפרדות אחרות. אם נפח התנועה על הכביש מעל המעבר הוא גבוה, מומלץ שקירות אקוסטיים ימוקמו מעל הכניסה למעבר כדי לצמצם את הפרעות הרעש והתאורה מכלי הרכב החולפים.
- באזורים רגישים, לצורך צמצום ההפרעה יש לשקול צמצום או ביטול של תאורת הכביש בתחום המעבר, הזזת נקודות תאורה, הנמכת עמודי תאורה, הקטנת עוצמת הנורות או הצמדה של משטחי מגן למנורות כך שימנעו זליגת אור מחוץ לתחום הכביש.

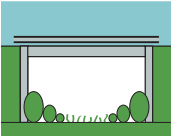
גידור

- גדרות נדרשות כדי להנחות בעלי חיים ולהובילם למעבר וכדי למנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון מפורט של גידור מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.
- יש לגדר מקטעי כביש שיש בהם מעבר תחת ליונקים גדולים. על הגדרות להיבנות כך שיובילו את בעלי החיים לכיוון המעבר.
- גידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש (איור 7.46ב').

גיוונים והתאמות נוספים

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים וכדי לעודד את השימוש בו אפשר להניח בקרבתו או בתוכו פיתיונות (מזון) ולטעת בכניסות אליו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול. הוספת מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולה למשוך מינים צמחוניים למעבר. כמו כן אפשר למקם בקרבתו נקודות שתייה, וליצור בצומח שבילים המובילים למבנה.
- מחסה נוסף יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו במעבר. אפשר למקם במרווחים מסוימים בכניסות למעבר ולאורכו (סמוך לאחד הקירות או לשניהם, אם המעבר רחב דיו) ערמות של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים. אלה יכולים לספק לבעלי חיים קטנים – יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות – מחסה ולהגדיל את מורכבות המיקרו-בית גידול, לסייע בנייתם למעבר ולהעניק להם תחושת ביטחון גם בתוכו. ההמשכיות של המחסה בכניסות סמוך למעבר ובתוכו חשובה ביותר. במעברים שממדיהם גדולים אפשר להניח לצד הקיר צינורות ארוכים שיספקו עוד מקומות מחסה ליונקים קטנים (ראו איור 7.46א'). מינים שוכני עצים עשויים להעדיף ערמות ענפים. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה ייתכן שעדיף למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.
- אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לדו-חיים ולמינים אחרים של בתי גידול לחים על ידי יצירה של סדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" משני צדי המעבר ומקשרות בין בתי גידול לחים שביניהם מפריד כביש. אם אמנם שומרים אזור משוקע ולח יותר בתוך המעבר, יש כאמור להקפיד על ניקוז נאות.
- אם המעבר נמצא תחת כביש שנתיביו מופוצלים יש לבנותו כשני מבנים נפרדים הממשיכים זה את זה בקו ישר ומאפשרים נצפות בעדם.
- פתחים במבנה מכניסים אור ומזרימים אוויר למעבר, ושילובם במבנה יכול להגביר את השימוש בו על ידי טווח רחב יותר של מינים (איור 7.49).

נקודות לתשומת לב מיוחדת



- מומלץ להקים מעברים תחתיים ייעודיים לשימושם הבלעדי של בעלי חיים. יש לוודא ששימושי קרקע סמוכים אינם פוגעים בתפקוד המעבר.
- כחלק מהתכנון המרחבי ברמה המקומית והאזורית חשוב לוודא שישמר לטווח ארוך קישור מרחבי המאפשר גישה לשטח המעבר. יש לגבש גם תכנית תחזוקה הולמת.
- יש להימנע מלמקם מעבר תחתי במקום שבו בסמוך לכניסה למעבר עובר כביש צדדי מקביל, כיוון שהדבר ישפיע על מידת השימוש במעבר.
- מומלץ כי במעברים תחתיים הנמצאים תחת כבישים מהירים שכבת הקרקע שמעל המעבר תהיה עבה יותר כדי לצמצם את הרעש בתוך המעבר.
- מומלץ לאסור שימוש ברכבים ממונעים וברכבי שטח בתוך המעבר ובסביבתו הקרובה. מומלץ למנוע שימוש, פעילות או הפרעה אנושיים במעבר ובשטח הקרוב לו. הצבת סלעים גדולים בכניסה יכולה למנוע שימוש במעבר באופן שאינו הולם את תפקודו. השילוב בין הצבת בולדרים לבין נטיעות יכול לסייע לתחושת הביטחון של בעלי החיים. רצוי לגבות אמצעים אלה בשילוט הסברה.
- השימוש במעברים תחתיים ייעודיים לבעלי חיים גם על ידי אדם (כלי רכב או הולכי רגל) אפשרי רק במצב שבו התנועה האנושית דלילה. נקודות מיוחדות לתשומת לב בעניין זה מפורטות בסעיף 7.3.3.
- אין להשתמש במעברים תחתיים כמקומות לאחסון ציוד או חומרי גלם.
- הגישה למעבר התחתי צריכה להיות נקייה ממכשולים העלולים להקשות על בעלי חיים קטנים.
- יש להקפיד על אכיפת איסור ציד בסביבת המעבר, במיוחד במקומות שבהם מצויים מסדרונות תנועה חשובים של בעלי חיים. אין ניסיון רב באשר להיקף הרצוי של השטח המדובר, אולם בהתחשב בסיטואציה המקומית, מרחק של 0.5-2 ק"מ מהגשר עשוי להיות מתאים.

הנחיות ספציפיות למינים

- **פרסתנים וטורפים:** מעבר תחתי ליונקים גדולים הוא פתרון מומלץ לחזיר בר, למיני איילים, לטורפים כמו שועל ותן ואף למינים אחרים שאינם פרסתנים או טורפים כמו דרבן. מיני פרסתנים וטורפים מסוימים (כמו זאב) עשויים להעדיף מבנים גדולים ופתוחים עם נצפות טובה לשני הצדדים ומפתח גבוה מעליהם. אין בידינו כיום מידע מספק על הממדים המתאימים לפאונה של ישראל, ולכן מומלץ שהרוחב המינימלי של המעבר יהיה 12 מ' והגובה - 4.5 מ', אם כי ידוע שמינים כמו דרבן, שועל ותן יכולים לעבור גם במעברים קטנים יותר.
- **מיני חולייתנים בינוניים וקטנים:** לשימוש מרבי של פרטים משני הזוויות ומקבוצות גיל שונות יש לספק מחסה והגנה כפי שאלה תוארו לעיל.
- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר, אלא אם כן הוא ממוקם בנתיב הנדידה המקומית שלהם או אם הוא נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אפשר ליצור בית גידול לח כאמור לעיל.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** ישתמשו במעבר רק אם בתי גידול לחים נמצאים סמוך למעבר. בנייה של בית גידול לח, כפי שתואר לעיל, יכולה למשוך מינים נוספים הקשורים לבתי גידול לחים ולעודדם להשתמש במעבר.

תחזוקה ובדיקה

- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקת המעבר התחתי. אם תחזוקת המעבר מועברת לידי גורמים חיצוניים יש לוודא שיתוף פעולה הדוק עם האחראים לתחזוקת הכביש. יש להדריך כראוי את האחראים לתחזוקה. עליהם להיות מודעים למטרת המעבר ויש לפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- אם המעבר התחתי אינו מנוטר באופן סדיר, אפשר לשלב בדיקה תקופתית עם שגרות התחזוקה הכלליות ויש לוודא בה שאין במעבר או לידו מכשולים או עצמים זרים שעלולים להשפיע על מידת השימוש במעבר על ידי בעלי חיים.
- יש לסלק באופן שוטף ובמרווחי זמן קבועים פסולת המצטברת במעבר התחתי.
- יש להעניק תשומת לב לניקוז נאות: גם לאחר גשם כבד צריך להיוותר משטח שאינו מכוסה במים בחלקו הפנימי של המעבר.
- יש להעניק תשומת לב מיוחדת לשימושים לא הולמים במעבר ובסביבתו, כמו אחסון חומרים וציוד, חנייה של מכשור חקלאי או השלכת גרוטאות.

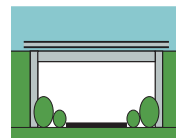
- יש לתחזק את הצומח בכניסות למעבר התחתי בהתאם ליעדי התכנון שהוגדרו.
- יש לבדוק את הגידור, לתחזקו ולתקנו תקופתית במידת הצורך (לפחות פעם בשנה, רצוי פעמיים בשנה).

ניטור

חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).



יחמור פרסי (צילום: דותן רותם)



7.3.3 מעבר תחתי רב-שימושי



איור: P. Gaspar SP:

תיאור כללי ומטרות

(מעבר תחתי רב-שימושי (multi-use underpass) דומה בתכנונו המפורט למעבר תחתי ליונקים גדולים, אך מטרת הממשק שלו שונה - לאפשר שימוש משותף לאדם ולבעלי חיים (איור 7.47). מעבר זה לרוב קטן בממדיו ממעבר תחתי ליונקים גדולים, ובעיקרו מתאים למינים שרגישים פחות להפרעות האדם. בשימוש משולב פוטנציאל ההפרעה הוא גבוה, ופירושו שהרעש והתאורה הנלווים (בעיקר מכלי רכב) עלולים להרתיע מינים רגישים יותר כמו אחדים מהפרסתנים.

אפשר לבנות מעברים שיתפקדו מלכתחילה כרב-שימושיים, אך בעיקר אפשר לשדרג לתפקוד זה מבנים קיימים. שדרוגים אלה אינם תחליף למעברים ייחודיים לבעלי חיים אלא משמשים אמצעי נוסף למזעור הקיטוע ולשיפור החדירות הכללית של התשתית. אפשר גם לשדרג מעברים קיימים המשמשים למעבר הולכי רגל כדי להגדיל את הסיכוי שימשו גם בעלי חיים ברמה המקומית. כיוון שישנם לא מעט מעברים ומבנים הנדסיים תחתיים אחרים, להתאמתם לצרכי מעבר בעלי חיים יכולה להיות השפעה חיובית בקנה מידה גדול.

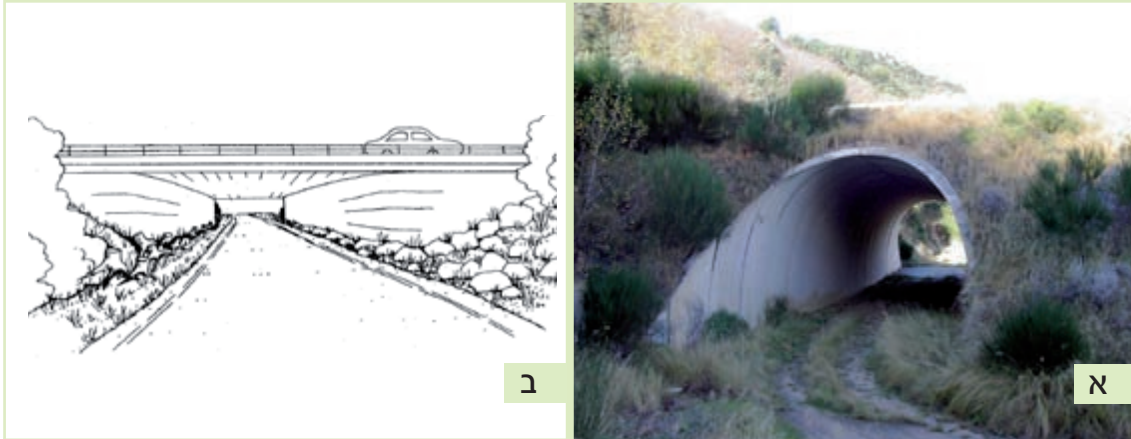
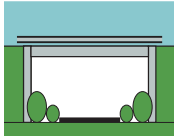
השימוש המשולב במעבר תחתי - על ידי בעלי חיים ועל ידי אדם (כלי רכב ממונעים, הולכי רגל ורוכבי אופניים) - מומלץ רק במעברים שרוחבם גדול מ-10 מ'. במעברים קיימים שרוחבם קטן יותר מומלץ להתקין שיפורים אם אורכם אינו עולה על 25-30 מ'.

מיני יעד

מיני יעד אפשריים לשימוש במעבר הם טורפים (למשל שועל, תן, נמייה, דלק). גם חולייתנים קטנים (כמו מכרסמים, זוחלים ודו-חיים) וחסרי חוליות הם מיני יעד אפשריים, וייתכן שגם אחדים ממיני הפרסתנים.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: לרוב ישתמשו במעבר מינים שרגישים פחות להפרעות של פעילות האדם. מעבר תחתי רב-שימושי יכול לשמש מינים מסוימים של יונקים גדולים (בעיקר טורפים), יונקים בינוניים וקטנים וזוחלים.





איור 7.47: מעבר תחתי רב-שימושי: (א) מעבר תחתי רב-שימושי ובו דרך חקלאית. ספרד (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ב) עיצוב הכניסה למעבר תחתי רב-שימושי. סלעים קטנים או שיחים לצד הדרך מציעים מקומות מחסה לבעלי חיים קטנים. (EU)

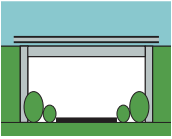
במיוחד מינים גנרליסטיים השוכנים בסביבת האדם, אך מינים אחרים הרגישים יותר להפרעות לא ישתמשו בו. את המבנה אפשר להתאים לצורכי הקישוריות של קבוצות נוספות כדי להגדיל את טווח המינים המשתמשים במעבר, למשל לשימושם של מינים שוכני עצים ומינים של בתי גידול לחים. ראו התאמות ספציפיות למינים בהמשך.

השימוש במבנה

מעבר תחתי רב-שימושי מיועד לשימוש משולב של בעלי חיים ושל האדם (נופש, חקלאות וכדומה). מידת השימוש של מינים שונים תהיה תלויה בעוצמת ההפרעה האנושית ובתדירותה.

הנחיות כלליות ומיקום

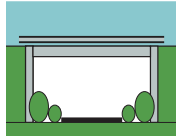
- יש לשקול התאמה של מעברים תחתיים לצורכי בעלי חיים רק אם תדירות תנועת כלי רכב בהם היא נמוכה (בעיקר בשעות הלילה). אפשר להתאים לצורכי בעלי חיים מעברים תחתיים שעוברים דרכם כבישים מקומיים שאינם בשימוש רב, דרכים חקלאיות או שבילי יער.
- מומלץ ביותר לשקול שדרוג של מעבר תחתי שיש בו ערוץ זרימה או שעוברת בו דרך שאינה סלולה.
- כיוון שממדיו של מעבר תחתי רב-שימושי קטנים מאלה של גשר ארוך או של מעבר תחתי ליונקים גדולים וכיוון שחדירת האור אליו מועטה, היכולת לשקם בית גידול תחת המבנה מוגבלת (איור 7.48). עיצוב פתוח המאפשר כניסה מרובה של אור טבעי יעודד במידה מסוימת התפתחות של כיסוי צומח טבעי בחלק גדול יותר של שטח המעבר הקרוב לכניסה.
- המעבר יכול להיות ממוקם בבית גידול רגיש ואיכותי, אך לרוב ימוקם סמוך לשטחים שיש בהם פעילות אדם. חשוב לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש לצמצם במידת האפשר נוכחות של גידור במרחב, החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה. חשוב לוודא על ידי תכנון מרחבי או באופן אחר שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים יוותרו כך לטווח הארוך.
- השטחים המיועדים לתנועת בעלי החיים יכולים להיות בשוליים משני צדי הדרך או מצדה האחד בלבד. אם רוחב המבנה עולה על 12 מ' מומלץ למקם את השימוש האנושי בצדו האחד של המעבר: לייעד בשולי שטח המעבר רצועה של כ-2 מ' למעבר בעלי חיים ובצמוד לה דרך, שביל או מסלול אופניים, וכך להותיר את השאר כשטח נוסף, רצוף וגדול יותר לשימוש בעלי החיים. אם המבנה פתוח ומואר אפשר להשתמש בצומח, בעיקר בשיחים, כדי להפריד בין האזורים המיועדים לכל אחד מהתפקודים על פני המעבר, וכך לצמצם את רישומה של הנוכחות ושל הפעילות האנושית.



7

איור 7.48: מעברים רב-שימושיים מטיפוסים שונים: (א) מעבר בדנמרק המשמש באופן קבוע שועלים, גיריות, סמורים, חמוסים וכן אדם וסוסים. ממדיו: קוטר 13 מ', גובהו 8 מ', אורכו 87.5 מ' בחלקו העליון ו-115 מ' בתחתיתו. לפרסתנים הפתיחות נמוכה מדי. (צילום: EU: B. Wandall); (ב) מעבר הממוקם תחת מסילת רכבת בצ'כיה משלב מעבר לבעלי חיים עם מעבר חקלאי שאינו מצופה אספלט. בשל גובהו הוא מתאים גם ליונקים גדולים. (צילום: EU: J. Dufek); (ג) הוספת שכבת קרקע מקומית לצד המסילה, על גבי החץ הגס, יכולה לשפר את יכולת המבנה לשמש גם כמעבר רב-שימושי. הפרדה מפלסית במסילת הברזל בין באר שבע לדימונה. אפשר לשפר את תפקוד המבנה גם כמעבר לבעלי חיים על ידי הותרת שוליים רחבים יותר, ברוחב מטר אחד לפחות, שיש בהם קרקע וצומח (עד כמה שתנאי התאורה מאפשרים). מעבר תחת ליד חירבת גימזו המיועד לשרדוג (צילומים: רון פרומקין); (ה) התכנון המפורט של הכניסות למעבר זה אינו מקל על נגישות בעלי החיים. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia)

- אין לעודד שימוש תכוף של כלי רכב ורכבי שטח במעבר. רמות גבוהות של הפרעות כאלה במעבר ובסביבתו עלולות להפריע למרבית בעלי החיים באזור, ולהשפיע לרעה על יכולתם של בעלי החיים להשתמש במעבר לצורך חציית תוואי התשתית.
- תדירות נמוכה של תנועת כלי רכב במעבר, למשל כלי רכב לשימוש חקלאי, אפשרית. מומלץ להותיר במעבר דרך חקלאית כבושה (לא מרוצפת) ולשמר או לטפח בשוליה במידת האפשר צומח כדי לקיים במעבר קישוריות מסוימת בין בתי הגידול הסמוכים.



- יש לתכנן את המעבר כך שיתאים לטופוגרפיה המקומית. אין להוליך נגר מהכביש הסמוך לכיוון המעבר, אך עם זאת, ערוץ זרימה העובר דרך מעבר תחתו יכול להיות גורם חיובי המסייע לבעלי החיים לאמץ את המעבר. גם אם בתקופות מסוימות יש במעבר זרימה, יש לוודא ניקוז נאות שימנע הצטברות מים והצפות במעבר או בכניסות אליו, זאת כדי שלא תיחסם התנועה דרכו למינים מסוימים וכדי שישמרו בו בכל עת שוליים יבשים שרוחבם לפחות מטר אחד.
- יש לצמצם ככל האפשר את הנזק הנגרם לסביבה במהלך עבודות ההקמה. חשוב לתכנן את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות בקפדנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים ולפקח על הביצוע בהתאם.
- ייתכן שיהיה צורך לעצב מחדש את הכניסה למעבר התחתו כך שתהיה אטרקטיבית ובטוחה יותר למגוון גדול ככל האפשר של בעלי חיים.
- יש לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה, מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על התשתית. לשם כך יש ליצור בשולי המעבר חיץ או מיסוך. ניתן לעשות זאת על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי שילוב של כל האמצעים האלה משני צדי המבנה.

ממדים מומלצים

רוחב המעבר: לפחות 5 מ'. הרוחב מומלץ הוא מעל 7 מ', ועדיף מעל 10 מ'. המעבר יכול להיות צר יותר אם אורכו אינו עולה על 25-30 מ'. במקומות שיש בהם מעבר של חזירי בר עדיף שהרוחב יעלה על 7 מ'. למעבר איילים עדיף רוחב העולה על 12 מ'.

לעתים המעבר המשולב יהיה גדול בהרבה מהממדים המומלצים לעיל, ולעתים הוא יהיה צר יותר. הממדים המומלצים המובאים מכוונים לצורכיהם של מיני היעד. לבד מהמפתח הכללי חשוב במיוחד הרוחב המיועד למעבר בעלי החיים מצדו האחד או משני צדי התנועה. לכן בחישוב הרוחב הכולל יש להוסיף את רוחבו של כביש כלשהו במעבר התחתו לרוחב המצוין המיועד לשביל התנועה של בעלי החיים.

הרוחב המינימלי של השוליים המכוסים צומח או מצע קרקע טבעי: 1 מ'. מומלץ שרוחבו של החלק המיועד לשביל התנועה של בעלי החיים יעלה על 2.5 מ'.

אם מעבר תחתו, קיים או מתוכנן, צר מאוד ואי-אפשר ליצור בו שוליים למעבר בעלי חיים בממדים המומלצים לעיל, כדאי שלא לייעד אותו במכוון גם למעבר בעלי חיים (אף על פי שיש להניח כי יהיו מינים גנרליסטיים שישתמשו בו).

גובה המעבר: לפחות 2.5 מ'. גובה מומלץ: מעל 3.5 מ'.

מומלץ שאורכו של המעבר יהיה קצר ככל האפשר, ולכן יש למקמו בניצב לתוואי התשתית, ולוודא שלא יעלה על 70 מ'.

טיפוסי קונסטרוקציה

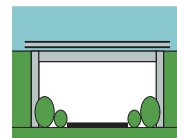
המעבר יכול להיות בעל מבנה מרובע או מעוגל, בעל קרקעית פתוחה וטבעית או סגורה כחלק ממבנה יצוק מראש:

- קורות בטון וקורות פלדה (span)
 - קשת - קשת בטון בלי קרקעית, קשת מפלדה מגולוונת בלי קרקעית או מעביר מים אליפטי מרובה משטחים מפלדה גלית או ממתכת אחרת (multi-plate corrugated metal culvert)
 - מעביר מים מרובע - בטון יצוק מראש (pre fabricated).
- גיוון אפשרי: פיצול תוואי הכביש לשני נתיבים נפרדים שכל אחד מהם עובר בגשר קצר מעל הדרך המשנית שתחתיו וביניהם תחום שאינו מקורה המאפשר כניסת אור שמש ומשקעים.

תכנון מפורט והתאמה

- יש לעצב את המבנה כך שיתאים לטווח הנרחב ביותר של מיני בעלי החיים השוכנים באזור או שצפויים לחזור ולאכלס את האזור בעתיד.
 - יש לנסות לדמות את תנאי בית הגידול הקיימים משני צדי הכביש, ולספק במידת האפשר בית גידול המשכי סמוך למעבר ובתוכו.
 - יש לנסות להגיע למורכבות מרבית של מיקרו-בית גידול ומחסה בתוך המעבר על ידי שימוש בחומרים שונים (ענפים, בולי עץ, ערמות אבנים, בולדרים וכו') כדי לעודד שימוש של מינים שוכני עצים, של יונקים קטנים, של זוחלים ושל מינים הקשורים לבתי גידול סלעיים.
 - אם תנועת כלי הרכב היא בעיקר לשימוש חקלאי, מומלץ שלא ליצור שולי כביש מורמים המפרידים בין החלק המיועד לתנועת האדם לבין החלק המיועד לתנועת בעלי החיים, אלא לשמור על מעבר טבעי ונטול מכשולים ביניהם.
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע



- התחתית בחלקו של המעבר המיועד לתנועת בעלי החיים צריכה להיות טבעית, כלומר מכוסה באדמה.
- יש ליצור רציפות מרבית של הקרקע המקומית סמוך למעבר ואל תוכו. יש להימנע מייבוא קרקע מחוץ לתחום הפרויקט.
- אם מדובר במנהרה חפורה או אם מדובר בסוג קונסטרוקציה שלו תחתית סגורה (למשל מעביר מים מרובע מבטון) – יש לכסות את התחתית בחלקו של המעבר המיועד לתנועת בעלי החיים במצע של קרקע מקומית שעוביו לפחות 15 ס"מ כדי לדמות ככל האפשר רציפות של התנאים הפיזיים, החשובה במיוחד לבעלי חיים קטנים.

צומח

- בשל היעדר תנאי תאורה מספקים להתפתחות צומח ובשל היעדר מים, צמחים לא יגדלו לרוב בתוך המעבר לכל ארכו. התפתחות של צומח אפשרית בחלקי המעבר הקרובים לכניסות. יש לעודד התפתחות צומח ממינים מקומיים במקומות שבהם הדבר אפשרי.
- אם כביש עובר מעל דרך משנית במבנה קצר דמוי גשר, באופן ששני נתיביו מפוצלים וביניהם מפער, אפשר לשדרג את המבנה למעבר תחת רב-שימושי ולטפח בשולי הדרך המשנית את הצומח המקומי כיוון שתנאי התאורה שם משופרים. עם זאת, יש להקפיד להסיר צומח רודרלי ומיני צומח פולשים.
- יש להגן על בית הגידול הקיים. במהלך התכנון והביצוע יש להקפיד למזער פגיעה בצומח הקיים ולהימנע ככל האפשר מהסרתו. כשאבדן בית גידול כרוך בכריתת עצים, רצוי לשמור את העצים, הגזעים ובתי השורשים שלהם לשימוש לצד המעבר ובתוכו כאלמנטים המייצרים מורכבות ומחסה למינים מסוימים.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- אם תנועת כלי הרכב דרך המעבר היא דלילה, יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים או דרכים אחרות לפני הכניסה למעבר או סמוך אליה, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים או אף למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו.
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. קירות מיוצבים, אם הם גבוהים דיים, יכולים לשמש במקום גידור.
- צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להיות מינים מקומיים ולהתאים לאלה הנמצאים בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. בכניסה למעבר יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם. באזור הכניסה למעבר מומלץ לטעת שיחים, ולבחון אם נטיעת עצים מתאימה לצרכים של מיני היעד ולתנאים במקום.

מיסוך וצמצום הפרעות

- בתכנון המפורט יש לעצב את המעבר כך שימזער את הפרעות התאורה והרעש המגיעות מהכביש ומתנועת כלי הרכב שעליו.
- מיסוך מיועד לצמצום הפרעות אלה באמצעות מחיצות והפרדות אחרות. אם נפח התנועה על הכביש מעל המעבר הוא גבוה, מומלץ שקירות אקוסטיים ימוקמו מעל הכניסה למעבר כדי לצמצם את הפרעות הרעש והתאורה מכלי הרכב החולפים.
- באזורים רגישים, אם היקף פעילות האדם במעבר עצמו הוא נמוך, לצורך צמצום הפרעה יש לשקול צמצום של תאורת הכביש בתחום המעבר, הזזת נקודות תאורה, הנמכת עמודי תאורה, הקטנת עוצמת הנורות או הצמדה של משטחי מגן למנורות כך שימנעו זליגת אור מחוץ לתחום הכביש.

גידור

- גדרות נדרשות כדי להנחות ולהוביל בעלי חיים למעבר ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.
- יש לגדר מקטעי כביש שיש בהם מעבר תחת רב-שימושי. על הגדרות להיבנות כך שיובילו את בעלי החיים לכיוון המעבר.
- גידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש, אם קיים גידור כזה.

גיוונים והתאמות נוספים

- מחסה נוסף יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו במעבר. אפשר למקם במרווחים מסוימים בכניסות למעבר ולאורכו (סמוך לאחד הקירות או לשניהם, אם המעבר רחב דיו) ערמות



איור 7.49: תכנון המאפשר כניסת אור ואוויר למעבר: (א) חרכים בחלקו העליון ובצדו של מעבר שקרקעיתו פתוחה. הוספת שכבה עליונה של קרקע מקומית ומקומות מחסה יכולה לשפר את הסיכויים למעבר של חולייתנים קטנים. (צילום: רון פרומקין); (ב) כניסת אור ואוויר מחרץ צדי במעבר לכלי רכב שיכול לשמש גם מעבר לבעלי חיים; (ג) פרט מתמונה (ב): החרץ המסורג שבעדו חודר האור. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים. אלה יכולים לספק לבעלי חיים קטנים – יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות – מחסה ולהגדיל את מורכבות המיקרו-בית גידול, לסייע בנייתו במעבר ולהעניק להם תחושת ביטחון גם בתוכו. ההמשכיות של המחסה בכניסות סמוך למעבר ובתוכו חשובה ביותר. במעברים שממדיהם גדולים אפשר להניח לצד הקיר צינורות ארוכים שיספקו עוד מקומות מחסה ליונקים קטנים (ראו איור 7.46א). מינים שוכני עצים עשויים להעדיף ערמות ענפים. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה ייתכן שעדיף למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.

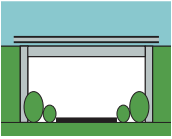
- אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לדו-חיים ולמינים אחרים של בתי גידול לחים על ידי יצירה של סדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" משני צדי המעבר ומקשרות בין בתי גידול לחים שביניהם מפריד כביש. אם אמנם שומרים אזור משוקע ולח יותר בתוך המעבר, יש כאמור להקפיד על ניקוז נאות.
- פתחים במבנה מכניסים אור ומזרימים אוויר למעבר, ושילובם במבנה יכול להגביר את השימוש בו על ידי טווח רחב יותר של מינים (איור 7.49).

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- יש לשים לב לשילוב תפקודים הולם בין השימוש האנושי לשימוש על ידי בעלי החיים (איור 7.50). אין להשתמש במעברים תחתיים כמקומות לאחסון ציוד או חומרי גלם.
- יש לשים לב לנגישות בעלי החיים למעבר, ובמיוחד להקפיד שהגישה למעבר התחתית תהיה נקייה ממכשולים לבעלי חיים קטנים.
- יש להקפיד על אכיפת איסור ציד בסביבת המעבר, במיוחד במקומות שבהם מצויים מסדרונות תנועה חשובים של בעלי חיים. אין ניסיון רב באשר להיקף השטח המדובר, אולם בהתחשב בסיטואציה המקומית, מרחק של 0.5-2 קילומטרים עשוי להיות מתאים.
- מומלץ כי במעברים תחתיים הנמצאים תחת כבישים מהירים שכבת הקרקע שמעל המעבר תהיה עבה יותר כדי לצמצם את הרעש בתוך המעבר.

הנחיות ספציפיות למינים

- מעבר כזה אינו מומלץ או אינו ישים לחלק מהפרסתנים והטורפים הזקוקים לנוף פתוח יותר, כמו צבי או זאב.
- מיני חולייתנים בינוניים וקטנים: לשימוש מרבי של פרטים משני הזוויות ומקבוצות גיל שונות יש לספק מחסה והגנה כפי שאלה תוארו לעיל.



א



ג



ב

איור 7.50: דוגמאות לשילוב תפקודים למעבר אדם ובעלי חיים במעבר התחתי: (א) דרך סלולה ורצועות צומח מתחת גשר. הפתח בין שני הנתיבים מקנה תחושה של פתיחות ומאפשר תאורה טובה יותר לצומח; (ב) מעבר חקלאי בנחל גוברין. (צילומים: רון פרומקין); (ג) מבנה המשלב מעבר בעלי חיים עם דרך יער. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia)

7

- **דו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר, אלא אם כן הוא ממוקם בנתיב הנדידה המקומית שלהם או אם הוא נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אפשר ליצור בית גידול לח כאמור לעיל.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** ישתמשו במעבר רק אם בתי גידול לחים נמצאים סמוך למעבר. בנייה של בית גידול לח, כפי שתואר לעיל, יכולה למשוך מינים נוספים הקשורים לבתי גידול לחים ולעודדם להשתמש במעבר.

תחזוקה ובדיקה

- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקת המעבר התחתי. אם תחזוקת המעבר מועברת לידי גורמים חיצוניים יש לוודא שיתוף פעולה הדוק עם האחראים לתחזוקת הכביש. יש להדריך כראוי את האחראים לתחזוקה. עליהם להיות מודעים למטרת המעבר ויש לפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- אם המעבר התחתי אינו מנוטר באופן סדיר, אפשר לשלב בדיקה תקופתית עם שגרות התחזוקה הכלליות ויש לוודא בה שאין במעבר או לידו מכשולים או עצמים זרים שעלולים להשפיע על מידת השימוש במעבר על ידי בעלי חיים.
- יש לסלק באופן שוטף ובמרווחי זמן קבועים פסולת המצטברת במעבר התחתי.
- יש להעניק תשומת לב לניקוז נאות: גם לאחר גשם כבד צריך להיוותר משטח שאינו מכוסה במים בחלקו הפנימי של המעבר.

- יש להעניק תשומת לב מיוחדת לשימושים לא הולמים במעבר ובסביבתו, כמו אחסון חומרים וציוד, חנייה של מכשור חקלאי או השלכת גרוטאות.
- יש לתחזק את הצומח בכניסות למעבר התחתי בהתאם ליעדי התכנון שהוגדרו.
- יש לבדוק את הגידור, לתחזקו ולתקנו תקופתית במידת הצורך (לפחות פעם בשנה, רצוי פעמיים בשנה).

ניטור

חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).

7



תן זהוב. (צילום: דורון ניסים)



7.3.4 מעבר תחתי עם זרימת מים



איור: P. Gaspar SP

תיאור כללי ומטרות

מעבר תחתי עם זרימת מים (underpass with water flow) הוא למעשה טיפוס מסוים של מעבר תחתי רב-שימושי. מעבר זה אינו נבנה על פי רוב כמעבר לבעלי חיים, אלא נועד לשרת את הצרכים ההידרולוגיים – לאפשר זרימת מים חופשית תחת תשתית התחבורה, לעתים קרובות לצד שימושים אחרים כגון לשמש דרך לאורך ערוץ הזרימה (בשונה מהמצב במעברי מים). אפשר להתאים מבנים אלה ולעצבם כך שיאפשרו תפקוד כפול – הן של זרימת מים והן של מעבר בעלי חיים (איור 7.51). זאת כיוון שרבים מבעלי החיים מעדיפים לנוע בערוצי נחלים או לאורך גדותיהם.

מעברים תחתיים עם זרימת מים מיועדים לשמר או להחזיר תפקוד וקישוריות של בתי גידול לחים ויבשתיים גם יחד. מצב זה מצריך תשומת לב מיוחדת שכן יש להתחשב בו הן בצורכי התנועה של בעלי החיים היבשתיים, הן באלה של החצי-אקוויים, הן באלה של בעלי החיים האקוויים. בסעיף זה ניגע בקצרה גם במעברים לדגי מים מתוקים. עוד על מעברים לדגים במעברי מים ובצינורות (שנבחרים לעתים קרובות כפתרון להובלת נחלים קטנים תחת כבישים ותשתיות אחרות) ראו סעיף 7.3.6.

מיני יעד

מיני היעד הם יונקים גדולים ובינוניים וכן מינים של בתי גידול לחים. גם חולייתנים קטנים וחסרי חוליות הם מיני יעד אפשריים.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: מעברים תחתיים אלה משמשים באופן תכוף מיני יונקים גדולים אחדים. שימוש במעבר על ידי מינים אחרים יהיה תלוי במידה שבה המעבר יותאם לצורכיהם הספציפיים. אם בית הגידול הלח ממשיך להתקיים ולאורך המעבר ממוקמות אפשרויות למחסה, טווח המינים שישתמשו במבנה יהיה גדול יותר, ויכלול מיני יונקים קטנים ובינוניים (כולל טורפים) וחולייתנים קטנים אחרים, ואף מיני חסרי חוליות (התאמות ספציפיות



איור 7.51: מעבר תחתי עם זרימת מים: גשר המאפשר לאדם ולבעלי חיים לעבור בשוליים שיש להם שיפוע מתון כשחלקו המרכזי של המעבר מוצף. בחירה בתמיכה של עמודים נפרדים במקום בקיר בטון רצוף יכולה להגדיל את השקיפות, את זווית הראייה ואת תחושת הביטחון של בעלי החיים ולעודדם להשתמש במבנה. (צילום: רון פרומקין)

למינים ראו בהמשך). אפשר להתאים את המבנה לצורכי הקישוריות של מינים שוכני עצים. אם אפיק הזרימה נותר במצבו הטבעי ובמשטר הזרימה הטבעי, מינים של בתי גידול לחים ובהם דו-חיים ואף דגים יכולים לשמר את הקישוריות המרחבית שלהם.

השימוש במבנה

המבנה מיועד לבעלי חיים בלבד, אך ייתכן שימוש אנושי מסוים.

הנחיות כלליות ומיקום

- מעבר תחתי עם זרימת מים המכוון לשקם קישוריות ותפקוד של בתי גידול יבשתיים ולחים גם יחד יש למקם באזורים שחדירות הנוף בהם גבוהה, שיש בהם נתיבי תנועה מוכרים של בעלי חיים, ושרמת הפרעות האנושיות בהם נמוכה.
- אפשר לתכנן את המבנה בדומה לגשר ארוך (ויאדוקט) אך ממדיו קטנים בהרבה. עליו להיבנות לכל רוחב מסדרון התנועה של נחל לא מופך וגדותיו, כנדרש לקיום התפקוד של בית גידול לח.
- יש להקפיד שאפיק הזרימה אינו מופר או נחסם.
- יש למזער במידת האפשר שימוש אנושי וסימנים לפעילות אדם סביב המבנה. חשוב לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש לצמצם במרחב במידת האפשר נוכחות של גידור החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה.
- יש להימנע מ בניית כבישים תחת גשרים המותאמים למעבר בעלי חיים. אם הדבר הכרחי, על הכביש להיות בעל נפח תנועה נמוך ויש למקמו ככל האפשר בצדו של המעבר תחת הגשר, כך שיוותר שטח נרחב ככל האפשר שאינו מופר. יש להשתמש בעצים, בשיחים ובאמצעי מיסוך אחרים כדי להקטין את ההפרעה של כלי הרכב העוברים תחת הגשר לפעילות בעלי החיים המשתמשים במעבר.
- המעבר צריך להיות ממוקם במרחק שמאפשר משני צדיו קישור לבתי גידול המתחברים לרשת נרחבת יותר של מסדרונות תנועה.
- פיתוח קיים או מתוכנן באזורים סמוכים צריך להיות מרוחק דיו מהמעבר כך שלא ישפיע על תפקוד המעבר לטווח הארוך. חשוב לוודא, באמצעות תכנון מרחבי או באופן אחר, שהשטחים הסמוכים המתאימים למעבר בעלי חיים לא יפותחו וימשיכו לאפשר תנועה זו לטווח הארוך. לשם כך אפשר להשיג שטחים, לנהלם או להגיע להסכמות על ניהול השטחים השכנים למעבר כשטח שמור באופן רצוף ולזמן רב. רצוי ששטחים אלה לא יהיו שטחים פרטיים שאין ודאות לגבי אופן ניהולם לטווח ארוך.
- יש לצמצם ככל האפשר את הנזק הנגרם לסביבה במהלך עבודות ההקמה, ובמיוחד לבתי גידול לחים. חשוב לתכנן את דרכי השירות ואת אזורי ההתארגנות בקפדנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול ובצומח הסובבים, ולפקח על הביצוע בהתאם.
- יש לחדש את הצומח המקומי אם השטח הופר במהלך הבנייה.
- יש לצמצם הפרעות הנגרמות מתאורה קבועה, מאורות ומרעש של כלי רכב הנוסעים על התשתית. לשם כך יש ליצור בשולי המעבר חיץ או מיסוך. ניתן לעשות זאת על ידי שוליים מוגבהים בסוללות עפר, על ידי שימוש במחיצות אקוסטיות, על ידי נטיעה צפופה של שיחים כגדר חיה או על ידי שילוב של כל האמצעים האלה משני צדי המבנה.



ממדים מומלצים

ממדי המעבר משתנים על פי רוחב ערוץ הזרימה והצרכים ההידרולוגיים. הממדים המובאים כאן נוגעים רק לנתיב התנועה היבשתי של בעלי החיים לאורך הגדה ולגובה המבנה מעל נתיב תנועה זה.

רוחב נתיב הליכה: לפחות 2 מ'. רוחב מומלץ: מעל 3 מ'.

גובה באזור נתיב ההליכה: לפחות 3 מ'. גובה מומלץ: מעל 4 מ'.

טיפוסי קונסטרוקציה

- קורות בטון עם עמודי תמיכה
- קורות פלדה עם עמודי תמיכה
- קשת בטון

תכנון מפורט והתאמה

- ככלל, יש לשמר את השטח תחת המבנה ולעצבו טבעי ככל האפשר.
- את בית הגידול הלח מומלץ לחצות במלואו על ידי המבנה. את העמודים יש למקם מחוץ לתחום שבו מצוי צומח של גדות נחל או צומח של בתי גידול לחים, ויש לשמור מהם מרחק במידת האפשר.
- היכולת לשקם את בית הגידול תחת המבנה מוגבלת גם כשממדי המבנה גדולים יותר. מבנה פתוח שמאפשר כניסה מרבית של תאורה טבעית יעודד התפתחות טובה יותר של צומח האופייני לבתי גידול לחים ולגדות נחלים.
- יש לעצב את המבנה כך שיתאים לטווח נרחב ככל האפשר של מיני בעלי החיים השוכנים באזור או שצפויים לחזור לאכלס את האזור בעתיד.
- יש לנסות לשמור על בית גידול המשכי סמוך למעבר ובתוכו כדי לשמר את מרב האפשרויות לקישויות (איורים 7.52-7.54).

יש לנסות להגיע למורכבות מרבית של מיקרו-בית גידול ומחסה בתוך המעבר על ידי שימוש בחומרים שונים (ענפים, בולי עץ, ערמות אבנים, בולדרים, וכדומה),



איור 7.52: שמירה על המשכיות ערוץ הנחל וצומח הגדות משמרת את מרב אפשרויות התנועה: כביש חוצה ישראל עובר בגשר נמוך מעל נחל תנינים. תחתיו ערוץ הנחל, דרך על גדתו האחת ועוד דרך חקלאית מצדו האחר. הגשר מאפשר המשכיות הצומח בערוץ ועל גדותיו. המפתח בין שני חלקי הגשר מאפשר כניסת אור תחת הגשר. אף כי הושקע מאמץ בשימור הנחל וגדותיו בתוך גבולות ה"קו הכחול", משני צדי הכביש במרחק קצר משם, מעבר לגבולות אלה, הנחל מועבר בצינור מתחת דרך חקלאית. (צילומים: תמר אחירון-פרומקין)

כדי לעודד שימוש של מינים שוכני עצים, של יונקים קטנים, של זוחלים ושל מינים הקשורים לבתי גידול סלעיים.

- בערוצי זרימה שיש בהם מים רוב ימות השנה חשוב שלא תיגרם פגיעה לאפיק וכי תתאפשר לדגים תנועה חופשית במעלה הזרם ובמורדו, במידה שבה הטופוגרפיה הטבעית מאפשרת זאת. אם הם קיימים, המחסומים הם לרוב לתנועת הדגים במעלה הזרם.

להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע

- קרקעית המעבר צריכה להיות טבעית, כלומר מכוסה באדמה.
- יש להקפיד ולהימנע מפגיעה בקרקע ולשמור על רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך למבנה ותחתיו. יש להימנע מייבוא קרקע מחוץ לשטח הפרויקט. אם נדרש שיקום נופי נקודתי, אפשר להשתמש בשכבה העליונה של קרקע מקומית שהוסרה במהלך העבודות ונשמרה במיוחד.
- מחסור במים ובאור מתחת לגשר עלולים להגביל את יכולת הגדילה של הצמחים. במקרים של מחסור כזה יש להקפיד על שימור הקרקע הטבעית או לכסותה באדמה ולא בחצץ, באבנים, בבטון או בחומר אחר.



- ערוצי זרימה תחת גשר יש לשמור במצב טבעי, לרבות שימור קרקעית הערוץ והגדות. על הגדות לאפשר תנועה חופשית הן של מינים אוהבי מים והן של מינים יבשתיים (איור 7.52).
- יש לתכנן את המעבר בהתאם לטופוגרפיה המקומית. כשהגשר נמתח על פני נתיבי זרימה ניקוז אינו מהווה בעיה בדרך כלל, אך יש לתכנן את הניקוז כך שלא יוצף חלקו של המעבר המיועד לתנועת בעלי חיים יבשתיים. אין לתעל לאזור המעבר היבשתי נגר עילי מהכביש שלידו.
- יש להגן על בתי גידול לחים בזמן העבודות ואחריהן. חשוב שעמודי התמיכה של המבנה לא יפגעו לרעה בבתי הגידול הלחים ולא יפגעו בזרימה על-קרקעית או תת-קרקעית (למשל באקוויפר חלוקים בערוץ הנחל או בניקוז התת-קרקעי). כדי להימנע מהשפעות לא רצויות אלה, יש להקפיד על מיקום העמודים, במיוחד בבתי גידול לחים במדבר.

צומח

- יש לשאוף לשימור הרציפות של בית הגידול ושל הצומח, לשמור על בית הגידול הטבעי, ולהימנע ככל האפשר משינוי חברות הצומח תחת המבנה ובסביבתו. יש להסיר את הצומח רק במיקום של בסיסי עמודי התמך. חשוב לתכנן את דרכי השירות ואזורי ההתארגנות בקפדנות כדי למזער פגיעה בבתי הגידול הסובבים וכן חשוב לפקח על הביצוע בהתאם.
- כיוון שבדרך כלל המבנה נמוך, ייתכן שצמחים לא יגדלו לכל אורכו של המעבר בשל היעדר תנאי תאורה מספקים להתפתחות צומח ובשל היעדר מים (למשל בגדה מוגבהת). יש לשמר, לטפח ולעודד במידת האפשר כיוון צומח ממינים מקומיים, ובמיוחד בחלקי המעבר הקרובים לכניסות. בחציית ערוצי זרימה על הצומח להיות המשכי הן בחלקים האקוטיים, הן בחלקיה הלח והיבשתי של הגדה והן בשאר השטח.
- את השטח מתחת למבנה יש לשקם לאחר ההקמה במידת הצורך, לרבות שחזור המורפולוגיה המקורית של השטח ושימוש בצומח מקומי.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים או דרכים אחרות לפני הכניסה למעבר או סמוך אליה, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים ואפילו למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו.
- בכניסה למעבר אפשר למקם סלעים גדולים כדי למנוע כניסת כלי רכב.
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות עפר מיוצבות, אם הן גבוהות דיין, יכולות לשמש במקום גידור.
- צומח דמוי משוכה הנמתח אל פנים המעבר במידת האפשר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להיות מינים מקומיים ולהתאים לאלה הנמצאים בשטח המעבר, בסביבה הקרובה ובצדי הדרך.

מיסוך וצמצום הפרעות

- בתכנון המפורט יש לעצב את המעבר כך שימזער את הפרעות התאורה והרעש המגיעות מהכביש ומתנועת כלי הרכב שעליו. מיסוך מיועד לצמצום הפרעות אלה באמצעות מחיצות והפרדות אחרות. אם נפח התנועה על הכביש מעל המעבר הוא גבוה, מומלץ שקירות אקוסטיים ימוקמו מעל הכניסה למעבר כדי לצמצם את הפרעות הרעש והתאורה מכלי הרכב החולפים.
- באזורים רגישים, לצורך צמצום ההפרעה יש לשקול צמצום או ביטול של תאורת הכביש בתחום המעבר, הזזת נקודות תאורה, הנמכת עמודי תאורה, הקטנת עוצמת הנורות או הצמדה של משטחי מגן לנוורות כך שימנעו זליגת אור מחוץ לתחום הכביש.

גידור

- גדרות נדרשות כדי להנחות ולהוביל בעלי חיים למעבר ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.
- יש לגדר מקטעי כביש שיש בהם מעבר תחתי. על הגדרות להיבנות כך שיובילו את בעלי החיים לכיוון המעבר.
- גידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש, אם קיים גידור כזה.



• במעבר תחתית תחת כביש שנתביו מפוצלים רצוי לבנות שני מבנים נפרדים שיימצאו בקו ישר וישמרו את הנצפות ביניהם (איור 7.53 ב').

• להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים וכדי לעודד את השימוש בו אפשר להניח בקרבתו או בתוכו פיתיונות (מזון) ולטעת בכניסות אליו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול. הוספת מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולה למשוך מינים צמחוניים למעבר. כמו כן אפשר למקם בקרבתו נקודות שתייה, וליצור בצומח שבילים המובילים למבנה.

• מחסה נוסף יכול להיות חשוב לטווח רחב של מיני בעלי חיים קטנים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו במעבר. אפשר למקם במרווחים מסוימים בכניסות למעבר ולאורכו (סמוך לאחד הקירות או לשניהם, אם המעבר



א

רחב דיו) ערמות של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים. אלה יכולים לספק לבעלי חיים קטנים - יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות - מחסה ולהגדיל את מורכבות המיקרו-בית גידול, לסייע בנייתו במעבר (איור 7.42) ולהעניק להם תחושת ביטחון גם בתוכו. ההמשכיות של המחסה בכניסות סמוך למעבר ובתוכו חשובה ביותר. במעברים שממדיהם גדולים אפשר להניח לצד הקיר צינורות ארוכים שיספקו עוד מקומות מחסה ליונקים קטנים (ראו איור 7.46 א'). מינים שוכני עצים עשויים להעדיף ערמות ענפים. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה ייתכן שעדיף למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

• יש לוודא ששימושי קרקע סמוכים אינם פוגעים בתפקוד המעבר.

• כחלק מהתכנון המרחבי ברמה המקומית והאזורית חשוב לוודא שיישמר לטווח ארוך קישור מרחבי המאפשר גישה לשטח המעבר. יש לגבש גם תכנית תחזוקה הולמת.



ב

• יש להימנע מלהתוות כביש צדדי מקביל סמוך לכניסה למעבר, כיוון שהדבר ישפיע על מידת השימוש במעבר.

• מומלץ לאסור שימוש ברכבים ממונעים וברכבי שטח בתוך המעבר ובסביבתו הקרובה. מומלץ למנוע שימוש, פעילות או הפרעה אנושיים במעבר ובשטח הקרוב לו. הצבת סלעים גדולים בכניסה למעבר כדי למנוע כניסת כלי רכב אליו יכולה למנוע שימוש במעבר באופן שאינו הולם את תפקודו. השילוב בין בולדרים לבין נטיעות יכול לסייע לתחושת הביטחון של בעלי החיים. רצוי לגבות אמצעים אלה בשילוט הסברה.



ג

• השימוש במעברים תחתיים המיועדים לבעלי חיים גם על ידי אדם (כלי רכב או הולכי רגל) אפשרי רק אם התנועה האנושית דלילה. נקודות מיוחדות לתשומת לב במקרה זה מפורטות בסעיף 7.3.3.

• הגישה למעבר התחתית צריכה להיות נקייה ממכשולים העלולים להקשות על בעלי חיים קטנים.

• יש להקפיד על איפסת איסור ציד בסביבת המעבר, במיוחד במקומות שבהם מצויים מסדרונות תנועה

איור 7.53: דוגמאות בתכנון מעבר תחתית עם זרימת מים:
 (א) נתיב זרימה לצד דרך סלולה וביניהם נתיב מעבר לא סלול בכביש 6 העובר מעל אחד מיובלי נחל איילון; (ב) גשר עות'מני המאפשר מעבר יבש לצד הנחל, כביש 75 מעל הקישון. הנחל זורם על פני סלע טבעי חשוף; (ג) גשר רחב המאפשר תנועה של בעלי חיים לאורך גדת הנחל, תנועה ברצועת צומח הגדות ששומרה ותנועה בערוץ הנחל כשהוא יבש. גשר מעל נחל איילון, כביש 412. (צילומים: רון פרומקין)



חשובים של בעלי חיים. אין ניסיון רב באשר להיקף השטח המדובר, אולם מרחק של 0.5-2 קילומטרים עשוי להיות מתאים, בהתחשב בסיטואציה המקומית.

הנחיות ספציפיות למינים

פרסתנים וטורפים: מעבר תחתי מסוג זה יכול לשרת מינים כמו חזיר בר, טורפים כמו שועל ותן, מיני איילים, ואף מינים אחרים שאינם פרסתנים או טורפים כמו דרבן. מיני פרסתנים וטורפים מסוימים (כמו זאב) עשויים

להעדיף מבנים גדולים ופתוחים עם נצפות טובה לשני הצדדים ומפתח גבוה מעליהם וייתכן שלא ישתמשו בו. אין בידינו כיום מידע מספק על הממדים המתאימים לפאונה של ישראל, ולכן מומלץ שהרוחב המינימלי יהיה 12 מ' והגובה – 4.5 מ'.

מיני חולייתנים בינוניים וקטנים: לשימוש מרבי של פרטים משני הזוויגים ומקבוצות גיל שונות יש לספק מחסה והגנה כפי שאלה תוארו לעיל.

תחזוקה ובדיקה

יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקת המעבר התחתי. אם תחזוקת המעבר מועברת לידי גורמים חיצוניים יש לוודא שיתוף פעולה הדוק עם האחראים לתחזוקת הכביש. יש להדריך כראוי את האחראים לתחזוקה. עליהם להיות מודעים למטרת המעבר ויש לפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.

אם המעבר התחתי אינו מנוטר באופן סדיר, אפשר לשלב בדיקה תקופתית עם שגרות התחזוקה הכללית ויש לוודא בה שאין במעבר או לידו מכשולים או עצמים זרים שעלולים להשפיע על מידת השימוש במעבר על ידי בעלי חיים ושלא נעשה בו שימוש אנושי שאינו הולם את מטרות המעבר.

יש לסלק באופן שוטף ובמרווחי זמן קבועים פסולת המצטברת בתחום המעבר.

יש לתחזק את הצומח בכניסות למעבר התחתי בהתאם ליעדי התכנון שהוגדרו.

יש לבדוק את הגידור, לתחזקו ולתקנו תקופתית במידת הצורך (לפחות פעם בשנה, רצוי פעמיים בשנה).

ניטור

חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר עקבות וגללים, שימוש בפסי טשטוש ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).



א

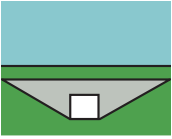


ב



ג

איור 7.54: בעיות בתכנון מעבר תחתי עם זרימת מים: (א) מבנה שאין בו מעבר יבש לצד הזרימה. הרחבתו יכולה לאפשר מעבר יבש על הגדות. לחילופין, אפשר להוסיף דרגש הליכה יבש מעל מפלס הזרימה הממוצע, המתחבר חיבור אינטגרלי לחלק היבש של הגדה. ה"כפיים" של המבנה ושיפוע הגדות מאפשרים ניתוב ונגישות של בעלי חיים למעבר; (ב) מעבר בכביש 31, נחל סנסנה, ליד צומת שוקת. המעבר בנוי מאוד נמוך וחציו סתום בסחף; (ג) זרימה שיטפונית בנחל רשפון. מעבר יבש לצד ערוץ הזרימה יאפשר לחולייתנים יבשתיים מעבר זמין תחת התשתית. המדרגה בערוץ אינה טבעית, ורצוי להחליפה באמצעי אחר למניעת התחרות כדי להקל על תנועת בעלי חיים קטנים במעלה הערוץ. (צילומים: רון פרומקין)



7.3.5 מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים



איור: P. Gaspar SP

תיאור כללי ומטרות

מעבר תחתי לחולייתנים קטנים (underpass for small-to-medium-sized animals) הוא מהמבנים הקטנים יותר המיועדים למעבר בעלי חיים. בניגוד למעברי מים הנבנים כדי לאפשר את זרימת המים תחת הכביש, מבנים אלה נבנים בראש ובראשונה כדי לאפשר תנועה של בעלי חיים קטנים כמו בני משפחת הסמוריים (סמור, דלק, גרית, לוטרה), שועלים ותנים, מכרסמים וזוחלים, ולכן מיקומם וממדיהם אינם נגזרים מצורכי הניקוז אלא משיקולי הקישוריות ומהצרכים של מיני היעד (איור 7.55).

באזורים שבהם נבנים מעברי מים בקרבה זה לזה אפשר לשפר את עיצובם כך שימשו הן כמעברי מים והן כמעברים לבעלי חיים. הדרכים שבהן אפשר להתאים מעברי מים למעבר לבעלי חיים מתוארות בסעיף 7.3.6. אולם בנוסף לכך, במקטעים שבהם אין צורך למקם מעברי מים יש לשקול בניית מעברים קטנים נוספים כדי להגביר את החדירות הכללית של התשתית. הדבר חשוב שכן הוא מאפשר תפוצה ופיזור של בעלי חיים בין כתמים של בית גידול המתאימים לקיומם.

הצורך להתקין מעברים קטנים ייחודיים יכול לעלות גם במקומות שבהם בעלי חיים חוצים בקביעות את הכביש וחשופים באופן ניכר לסכנת דריסה ומוות, למשל גריות או לוטרות הנעות לאורך תוואי מוגדר וקבוע (בארצות כמו הולנד נבנו במקומות רבים מעברים מיוחדים לגריות בשל תמותה גבוהה מדריסות שאימה על קיומו של המין; לפיכך נאסף מידע ספציפי רב לגבי גריות ולגבי לוטרות). כיוון שמעבר כזה אינו מנקז מים מהווים מכשול לתנועת בעלי החיים, אפשר לעצב את חלקו הפנימי ואת הכניסות אליו בשונה ממעברי מים, באופן שיותאם יותר לצורכי בעלי החיים. במרבית המקרים נבנים מעברים לבעלי חיים קטנים עבור מגוון של מינים ולא עבור מין יעד אחד מסוים.

מיני יעד

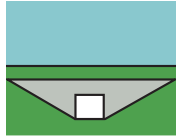
מיני היעד הם לרוב יונקים בינוניים וקטנים. הרחבת השימוש לטווח גדול יותר של מינים תלוי במידה רבה בהתאמת המעבר לצורכיהם, בעיקר מבחינת הצורך במחסה ובהגנה.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: מבנים אלה יכולים לשמש גם מינים של בתי גידול לחים, זוחלים, חסרי חוליות, ואף דו-חיים אם המבנה ממוקם בתוך בתי הגידול האופייניים לכל אחד מהם או קרוב מאוד אליהם.

השימוש במבנה

מבנים אלה מיועדים לשימוש בעלי חיים בלבד.





איור 7.55: מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים: ניתוב בעלי החיים למעבר התחתי נעשה על ידי שולי המעבר המשתפלים ונפתחים לסביבה ועל ידי הגידור המוקפד. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia)

הנחיות כלליות ומיקום

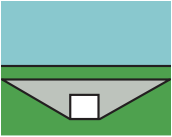
- כדי להבטיח תפקוד נאות, יש למקם מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים באזורים שבהם חדירות הנוף גבוהה, שיש בהם נתיבי תנועה מוכרים של בעלי החיים ושהפרעה האנושית בהם היא מזערית. אם מיני היעד הם מינים שיש להם נתיבי תנועה מוגדרים ומובחנים, יש למקם את המעבר קרוב ככל האפשר למיקום שבו נתיב התנועה חוצה את הכביש.
- מעברים תחתיים לבעלי חיים קטנים נדרשים במיוחד באזורים שיש בהם מגוון מינים גדול.
- בבחירת מיקום המעבר יש להתייחס גם לאפשרויות חצייה אחרות הזמינות לבעלי החיים ולאמצעים אחרים שנקטו במרחב למזעור הקיטוע.
- יש למקם מעבר תחתי במקומות שבהם הטופוגרפיה המקומית מנתבת את התנועה של בעלי החיים אל המעבר, למשל בהמשך לשקעי אורך ולערוצי זרימה.
- באופן מעשי, מיקום המעבר תלוי גם בגובה הכביש. מנהרות לבעלי חיים קטנים מתאים למקם במקומות שבהם הכביש חוצה שטחים פתוחים על סוללה מוגבהת, אולם אפשר לבנותם גם במקומות שבהם הכביש נמצא במפלס השטח שסביבו. כשאי-אפשר לבנות מעבר תחתי במישרין על נתיב התנועה של בעלי החיים, חיוני לקשר את המעבר אל נתיבי התנועה האלה.
- יש לתכנן את המעבר כך שיתאים לטופוגרפיה המקומית. גם אם בתקופות מסוימות יש במעבר זרימה, יש לוודא ניקוז נאות שימנע הצטברות מים והצפות במעבר או בכניסות אליו, זאת כדי שלא תיחסם התנועה דרכו למינים מסוימים וכדי שיישמרו בו בכל עת שוליים יבשים שרוחבם לפחות מטר אחד. אין להוליך נגר מהכביש הסמוך לכיוון המעבר.
- כדי לאפשר תפקוד תקין ומיטבי ושימוש מרבי על ידי בעלי חיים, יש להימנע מלמקם מעברים תחתיים באזורים שבהם פעילות אדם מייצרת הפרעות קבועות, ולמנוע במידת האפשר פעילות אנושית והפרעה במעבר ובסמוך לו. חשוב לוודא כי שימושי הקרקע בסביבתו הקרובה של המעבר לא ירתיעו בעלי חיים או ימנעו מהם גישה למעבר. במיוחד יש לצמצם במרחב במידת האפשר נוכחות של גידור, החוסם את אפשרות הגישה של בעלי חיים למעבר או מצמצם אותה.

ממדים מומלצים

- ממדי המעבר ישתנו בהתאם למיני היעד.
- מעבר תחתי עגול המיועד לחולייתנים בינוניים וקטנים נבנה לרוב בקוטר שבין 0.4 מ' ל-2.0 מ'. קוטר של 0.3-0.5 מ' יכול להתאים לגרירות אך אינו מתאים כמעבר המיועד לטווח גדול של מינים. מנהרות מרובעות שרוחבן 1-2 מ' יכולות להתאים לטווח רחב של מינים (ויש הממליצים על ממדים מינימליים של 2x2 מ'). חשוב לציין כי התחזוקה קשה יותר במנהרות שקוטרן קטן יותר: גובה של כ-2 מ' מקל על פריסת מצע אדמה וחידושו ועל תחזוקה שוטפת.
- קוטרו של צינור צריך להיות גדול דיו כך שיאפשר לכסות את קרקעיתו באדמה כדי לספק משטח תנועה ידידותי לבעלי החיים המעוניינים להשתמש בו.
- רצוי שהמעברים יהיו קצרים ככל האפשר, לכן יש לבנותם בניצב לתוואי התשתית ולהקפיד שאורכם לא יעלה על 70 מ'.

טיפוסי קונסטרוקציה

- קשת בטון חסרת תחתית
- מעביר מים מבטון מוכן מראש (pre fabricated) בחתך עגול או מרובע (box)
- מבנה מרובע מבטון חסר תחתית
- מעביר מים עגול מתכתי (multi-plate)



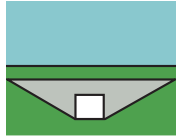
מתחת לכביש קיים העובר בסוללה אפשר להעביר בדחיקה אפילו צינור שקוטרו עד 3 מ'. אפשר להשתמש בטכניקה זו כדי להוסיף מעברים אחדים במקטע קיים גם כשהתוואי ממשיך לתפקד. עבור חלק מהמינים הדבר מאפשר להגדיל בקלות יחסית את הקישוריות במקומות שכיום היא מוגבלת.

תכנון מפורט והתאמה

- יש לעצב את המבנים כך שיתאימו לטווח הנרחב ביותר של מיני בעלי החיים השוכנים באזור או שצפויים לחזור לאכלס את האזור בעתיד.
- יש לנסות להגיע למורכבות מרבית של מיקרו-בית גידול ומחסה בתוך המעבר ובכניסה אליו על ידי שימוש בחומרים שונים (ענפים, בולי עץ, ערמות אבנים וכדומה), ככל שממדי המעבר מאפשרים, כדי לעודד שימוש במעבר על ידי מינים שוכני עצים, יונקים קטנים, זוחלים ומינים הקשורים לבתי גידול סלעיים (איור 7.56). אם נאלצים לכוות שיחים ועצים במהלך ההקמה, אפשר להשתמש בהם ליצירת מחסה לבעלי החיים בכניסה למעבר ובתוך המעברים הגדולים יותר.
- מנהרות מרובעות עדיפות לדו-חיים וייתכן שגם למינים אחרים כיוון שקירות אנכיים מסייעים לתעלם ולכוונום. מנהרות מרובעות הן המומלצות לכבישים חדשים.
- צינורות לעתים קרובות זולים יותר מאשר מנהרות מרובעות, וקל יותר להניחם תחת כביש קיים.
- אלמנטים מוכנים מראש מבטון מתאימים למנהרות מרובעות. על החיבור בין האלמנטים להיות חלק.
- אפשר להשתמש בצינורות בטון או מתכת, אולם משטחי מתכת מרתיעים בעלי חיים מסוימים, למשל כמה ממיני הטורפים.



איור 7.56: דוגמאות לתכנון מעבר תחתית לבעלי חיים קטנים: (א) כניסה למעבר תחתית לבעלי חיים קטנים (קוטרו מטר אחד). קירות אבן, שבאזור הררי זה הם מאפיין נפוץ, מובילות בעלי חיים למעבר, שוויץ (צילום: EU: A. Righetti); (ב) מעבר מרובע לבעלי חיים קטנים שרוחבו 1.2 מ', גובהו 0.8 מ' ואורכו 40 מ'; גרירות משתמשות במעבר זה באופן תכוף. הולנד (צילום: EU: H. Cormont); (ג) צינור שתוכנן כמעבר לבעלי חיים קטנים. תחתיתו מולאה באדמה, אולם כיוון שקוטרו מטר אחד בלבד הוא קטן למדי. גרמניה (צילום: EU: V. Keller); (ד) מנהרה זו נסתמה בחול ובמים. הלקח שנלמד מכך הוא לבנות את המנהרה מעל מפלס מי התהום ולבנות שיפועים יציבים סביב הכניסה. הולנד (צילום: EU: H. Bekker)



- תחתית המעבר צריכה להיות מעל מפלס מי התהום בכל עונות השנה כדי לאפשר שימוש במעבר במשך כל השנה. יש למצוא פתרונות תכנון שימנעו מהמעבר להתמלא ולהיחסם במים. כדי לאפשר זרימה וניקוז טובים של מים השיפוע המינימלי צריך להיות 1%. השיפוע המרבי צריך להיות 1:2. שטחים משופעים צריכים להיות מחוספסים קמעה.
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

קרקע

- תחתית המעבר צריכה להיות טבעית ככל האפשר: מכוסה בקרקע מקומית ונקייה מאספלט או זפת.
- יש ליצור רציפות מרבית של הקרקע המקומית סמוך למעבר ואל תוכו. יש להימנע מייבוא קרקע מחוץ לתחום הפרויקט.
- אם מדובר במנהרה חפורה או אם מדובר בסוג קונסטרוקציה שלו תחתית סגורה (למשל מעביר מים מרובע מבטון) – יש לכסות את התחתית במצע של קרקע מקומית שעוביו לפחות 15 ס"מ כדי לדמות ככל האפשר רציפות של התנאים הפיזיים, דבר שהוא חשוב במיוחד לבעלי חיים קטנים. יש למלא את חלקו התחתון של מעביר צינורי כדי לייצר משטח תנועה אופקי.

צומח

- בשל היעדר תנאי תאורה מספקים להתפתחות צומח והיעדר מים, צמחים לא יגדלו בתוך המעבר. בכניסות למעבר יש לטפח התפתחות צומח ממינים מקומיים כדי להקנות לבעלי החיים תחושת ביטחון ולעודדם להשתמש במעבר.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- יש להימנע ככל האפשר מהתוויית כבישים או דרכים אחרות לפני הכניסה למעבר או סמוך אליה, כיוון שאלה עלולים להפריע לבעלי חיים מסוימים או אף למנוע מהם גישה וכניסה למעבר ושימוש בו.
- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות.
- גידור הוא האמצעי היעיל ביותר המשמש הן להנחיית בעלי החיים למעבר והן למניעת כניסתם לתחום הכביש. סוללות עפר מיוצבות, אם הן גבוהות דיין, יכולות לשמש במקום גידור.
- צומח דמוי משוכה בכניסה המעבר יכול לשמש בה בעת לתפקודים אחדים כמו ניתוב, מתן מחסה ומיסוך מסוים של אור ורעש המגיעים מהכביש. מיני הצומח המשמשים לניתוב צריכים להיות מינים מקומיים ולהתאים לאלה הנמצאים בסביבה הקרובה ובצדי הדרך. יש להשתמש במיני צומח המושכים את מיני היעד או מועדפים עליהם. מומלץ לטעת שיחים ולבחון אם נטיעת עצים מתאימה לסיטואציה המקומית הספציפית.
- מומלץ למקם את הכניסה למנהרה במגרעת (ולא בבליטה) לעומת הגידור המקיף, כך שבעלי החיים יתועלו לכיוון המעבר.

מיסוך וצמצום הפרעות

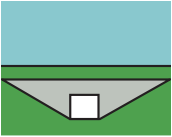
- בתכנון המפורט יש לעצב את המעבר כך שימזער את הפרעות התאורה והרעש המגיעות מהכביש ומתנועת כלי הרכב שעליו.

גידור

- גדרות נדרשות כדי להנחות ולהוביל בעלי חיים למעבר ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.
- גידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורצוף לגידור שבשולי הכביש, אם יש כזה.

גיוונים והתאמות נוספים

- להגדלת האטרקטיביות של המעבר לבעלי חיים וכדי לעודד את השימוש בו אפשר להניח בקרבתו או בתוכו פיתיונות (מזון) ולטעת בכניסות אליו מיני צמחים נאכלים, למשל שיחים עם פירות עונתיים שמתאימים לטיפוס בית הגידול. הוספת מיני צומח שהם מקור מזון מועדף יכולה למשוך מינים צמחוניים למעבר. כמו כן אפשר למקם בקרבתו נקודות שתייה, וליצור בצומח שבילים המובילים למבנה.
- מחסה נוסף יכול להיות חשוב לטווח רחב של מינים ולהגדיל את הסיכוי שמינים נוספים ישתמשו במעבר. אפשר למקם במרווחים מסוימים בכניסות למעבר ולאורכו (סמוך לאחד הקירות או לשניהם, אם המעבר רחב דיו) ערמות של ענפים, של בולי עץ, של גזם, של אבנים או של סלעים קטנים. אלה יכולים לספק לבעלי חיים קטנים – יונקים קטנים, זוחלים, דו-חיים, חסרי חוליות – מחסה ולהגדיל את מורכבות המיקרו-בית גידול, לסייע בנייתובם למעבר ולהעניק להם תחושת ביטחון גם בתוכו. ההמשכיות של המחסה בכניסות סמוך למעבר ובתוכו חשובה ביותר.



במעברים שממדיהם גדולים יחסית אפשר להניח לצד הקיר צינורות ארוכים שיספקו עוד מקומות מחסה ליונקים קטנים (ראו איור 7.46א'). מינים שוכני עצים עשויים להעדיף ערמות ענפים. בסביבה שסכנת השרפות בה רבה ייתכן שעדיף למקם ערמות אבנים במקום ערמות ענפים.

אם המעבר נמצא תחת כביש שנתביו מפוצלים מומלץ לבנותו כשני מבנים נפרדים הממשיכים זה את זה בקו ישר, כשכל מקטע קצר יחסית. מצב זה יקל על בעלי החיים לראות את היציאה מהמעבר. עם זאת, יש להקפיד על גידור שלא יאפשר לבעלי החיים להגיע לכביש מהשטח שבין שני הנתיבים.

פתחים במבנה מכניסים אור ומזרימים אוויר למעבר, ושילובם במבנה יכול להגביר את השימוש בו על ידי טווח רחב יותר של מינים. אם יש עניין לחבר את המעבר החוצה תחת הכביש לצינור נוסף העובר במקביל לכביש (ובניצב למעבר) מומלץ למקם בנקודת החיבור פתח המכוסה בחומר שקוף. הדבר מאפשר כניסת אור למעבר ומאפשר להבחין בנקודת היציאה מהכניסה שבצדו האחר של הכביש. אם יש שיפוע בכניסה למעבר מומלץ שלא יעלה על 1:4.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- מומלץ להקים מעברים תחתיים ייעודיים לשימושם הבלעדי של בעלי חיים. יש לוודא ששימושי קרקע סמוכים אינם פוגעים בתפקוד המעבר ומאפשרים גישה אליו בלא הפרעות.
- יש להימנע מלמקם מעבר תחתו במקום שבו בסמוך לכניסה למעבר עובר כביש צדדי מקביל, כיוון שהדבר ישפיע על מידת השימוש במעבר.
- הגישה למעבר התחתית צריכה להיות נקייה ממכשולים העלולים להקשות על בעלי חיים קטנים.
- המנהרה צריכה להיות נגישה לצורך ביקורת ותחזוקה.
- יש למקם את הכניסה למנהרה מחוץ לגדרות שלאורך הכביש ולתוך השטח הפתוח שסביב.

הנחיות ספציפיות למינים

- **מיני חולייתנים בינוניים וקטנים:** לשימוש מרבי של פרטים משני הזוויות ומקבוצות גיל שונות יש לספק מחסה והגנה כפי שאלה תוארו לעיל. אם ממדי המעבר מאפשרים, רצוי להמשיך את מרכיבי המחסה שמוקמו בקרבת המעבר ובכניסות אליו גם לפני המעבר. מחסות ומיקרו-בתי גידול אלה יכולים לשפר את זמינות המעבר גם למינים מסוימים של חסרי חוליות. כדי לעודד שימוש של מינים מסוימים, ממדי המעבר צריכים להיות גדולים מעט יותר מממדי גופם. מינים שהם טרף ייטו להשתמש במעבר הגדול מעט ממידות גופם כך שתתאפשר להם תנועה חופשית, אך תוגבל תנועת טורפיהם שמידות גופם גדולות יותר. עוד על מחסה ראו לעיל בתת-סעיף "גיוונים והתאמות נוספים".
- **זו-חיים:** אינם צפויים להשתמש במעבר, אלא אם כן הוא ממוקם בנתיב הנדידה המקומית שלהם או אם הוא נקלע בדרכם במהלך תקופת התפזרות הצעירים. אפשר ליצור בית גידול לח המתאים לזו-חיים ולמינים אחרים של בתי גידול לחים על ידי יצירת אזור משוקע ולח יותר בתוך המעבר וחיבורו מחוץ למעבר משני צדיו לסדרת ברכות המהוות "אבני קפיצה" ומקשרות בין בתי גידול לחים שהכביש הפריד ביניהם. במקרה כזה יש להקפיד על ניקוז נאות ולהותיר מעבר יבש רחב דיו.
- **יונקים שוכני בתי גידול לחים:** ישתמשו במעבר רק אם בתי גידול לחים נמצאים סמוך למעבר. בנייה של בית גידול לח, כפי שתואר לעיל, יכולה לעודד מינים אלה להשתמש במעבר.

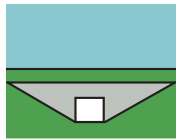
תחזוקה ובדיקה

- תחזוקה הולמת חיונית כדי להבטיח יעילות ארוכת טווח של המעבר התחתית. יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקת המעבר התחתית. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- הביקורת התקופתית של המנהרות ושל הגידור סביב הכניסה אליהן חיונית, ותדירותה המומלצת היא בין 2 ל-10 פעמים בשנה, בהתאם למצב בשטח. לעתים קרובות מים או פסולת מצטברת בהם בעיה עיקרית.
- הצומח סביב הכניסה למנהרה מצריך תחזוקה מתאימה בהתאם ליעדי התכנון שהוגדרו.

ניטור

חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך כבר בשלב התכנון חשוב להגדיר את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל שימוש בפסי טשטוש, ב"כרית" דיו ובמצלמות מיוחדות לבעלי חיים, ראו פרק 9).





גירית מצויה מגיחה ממעבר תחתי לבעלי חיים קטנים בהולנד. טיפוס כזה של מעבר (שממדיו: קוטר 0.6-0.9 מ', אורך 5-60 מ') יכול לשמש גם טורפים קטנים, עכברים ודו-חיים. (צילום: (EU: Vereniging "Das an Boom"

מנהרות לגיריות

גירית היא חיה פעילת לילה. גיריות חיות במסגרת קבוצות משפחתיות, ובתנועתן היומית בין המאורה לבין השטחים שבהם הן מוצאות את מזונן הן מתנהלות בשבילים קבועים למדי. לעתים קרובות, בנסותן לחצות כביש כדי להגיע לאזור שבו הן ניזונות הן נדרסות. הדבר עלול להוביל למחיקתן של קבוצות שלמות ולירידה באוכלוסייה, כיוון שאזורים המבודדים על ידי כבישים עלולים שלא לשוב להתאכלס בקלות. מידע רב על גיריות נאסף באירופה, ובמיוחד בהולנד.

מיקום המעבר:

גיריות משתמשות בנתיבים המצויים בתחום המחיה שלהן. חיוני למקם מעבר לגיריות סמוך לשביל גיריות קיים או על השביל ממש. באזורים שיש בהם צפיפות גיריות גבוהה רצוי למקם מנהרה כל 200-400 מ'.

תכנון מפורט:

- הגידור הכרחי כדי לנתב את הגיריות למנהרה ולמנוע מהן להגיע לכביש. גידור מיוחד העמיד בפני גיריות נדרש בכל קצה של נתיב החצייה ומשני צדי הכביש.

אורכו של הגידור תלוי בתנאי השטח. במקרים מסוימים די ב-10 מ' בכל אחד מצדי הכניסה, ובמקרים אחרים, במיוחד בשטחים שבהם הן ניזונות, יש לגדר מקטע ארוך לאורך כביש מהיר.

- מתאים לגיריות גידור בעל רשת צפופה (25.4X50.8 מ"מ) ומגולוון. יש לחפור ולעגן את הגדר בקרקע כדי למנוע מהגיריות לחפור תחתיה. כשהדבר אינו אפשרי יש לקפל את הגדר כלפי חוץ ולעגנה בקרקע ככל האפשר.
- חשוב ליצור נקודת מילוט לגיריות שנלכדו מהצד הלא נכון של הגדר. מצד הגדר הפונה לכביש מומלץ לבנות משטח משופע שיאפשר לגירית לקפוץ מעל לגדר.

אמצעים נלווים:

- אפשר לעודד גיריות להשתמש במנהרות חדשות על ידי הנחת סירופ או בוטנים כפיתיון בכניסה למנהרה.
- חשוב ביותר לספק מחסה סמוך לכניסה ולנתב את הגיריות לפתח התעלה. אפשר לעשות זאת על ידי שתילה של שיחים ובניית תלוליות.
- חשוב למנוע פעילות אדם סמוך למנהרה.

מנהרות לטורות

לטורות חיות בסביבת נחלים, אך משתמשות בגדות לצורך תנועה. כשתנועתן לאורך גדה מובילה אותן למעביר מים הממוקם תחת כביש, אם המעביר אינו מותאם לבעלי חיים או אם הוא מוצף במלואו, הן מעדיפות לעתים קרובות לעלות ולחצות בפני השטח של הכביש, דבר שעלול להוביל לתמותה גבוהה באתרים אלה.

מידע רב שנאסף על מנהרות לגיריות מתאים גם לטורות, אולם בשל אורח חייהן ה"אמפיבי" נדרשות כמה התאמות. אמנם במדינות אחדות הותקנו מנהרות מיוחדות לטורות, אך מעברים לטורות אפשר גם על ידי התאמה של מעברי מים (ראו פירוט בסעיף 7.3.6).

מיקום המעבר:

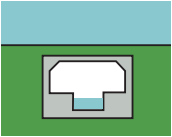
- תחת כבישים החוצים נחלים שבהם תועדה פעילות של לטורות
- באתרים שבהם לטורות חוצות כביש באופן קבוע. אתרים אלה מסומנים לעתים קרובות בגלליהן
- ליד גשרים שדרכם לטורות אינן יכולות לעבור
- בקו הקצר ביותר המקשר בין שני ערוצי זרימה שמשמשים לטורות

נקודות לתשומת לב מיוחדת:

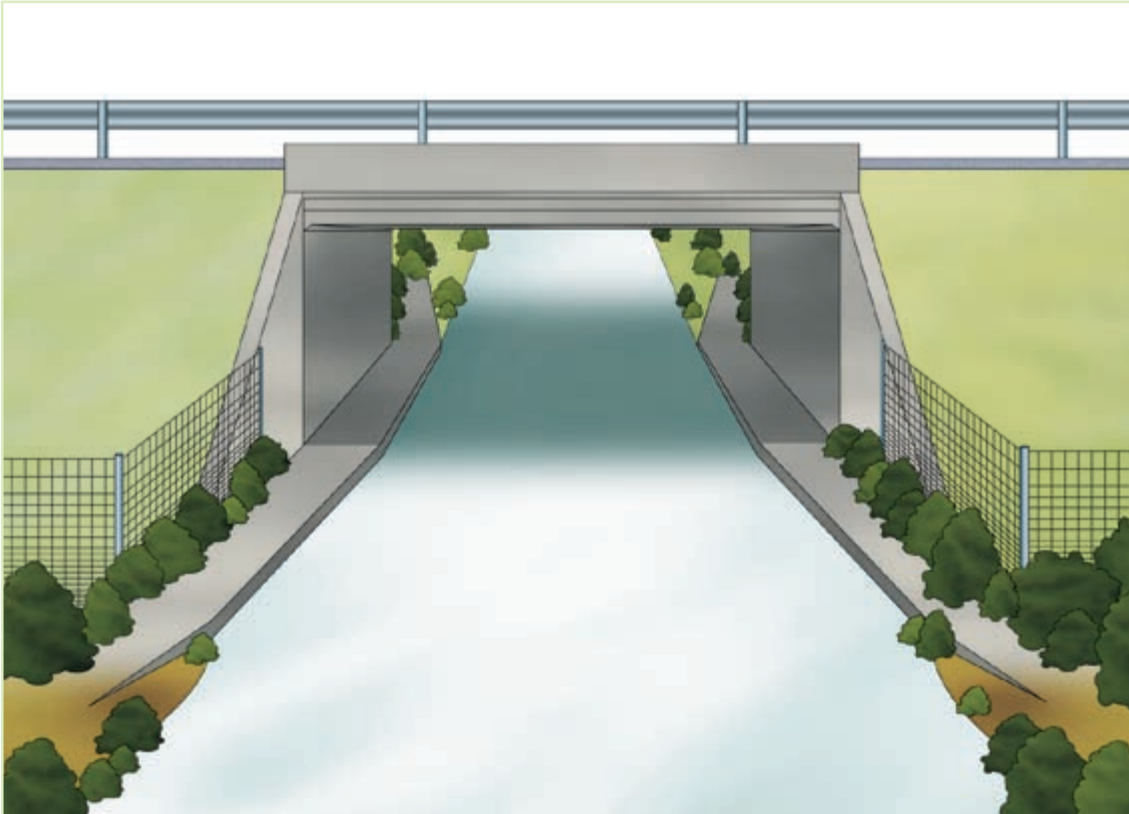
- נדרש גידור למרחק של 25-50 מ' משני צדי הערוץ, בהתאם לתנאי השטח.
- אף על פי שלטורות הן שחיניות מצוינות, על המנהרות להיות יבשות יחסית בחלקן הפנימי או לכלול דרגש צדי המאפשר הליכה בסביבה יבשה.
- נדרש קישור טוב בין המעבר, הדרגש וגדת הנחל.



לטורות אינן אוהבות מעברי מים מוצפים בלא חלקים יבשים. בצניורות קטנים הממוקמים מעל מפלס המים במקביל למעביר המים, כדוגמת זה בצ'כיה, נעשה שימוש סדיר. (צילום: (EU: V. Hlaváč



7.3.6 מעברי מים מותאמים למעבר בעלי חיים



איור: P. Gaspar SP

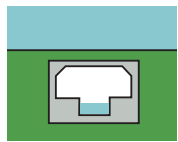
תיאור כללי ומטרות

מעברי מים מתוכננים לאפשר זרימה של מים, ויכולים להוביל זרמים קטנים או מי נקז. יש מעברי מים שיש בהם מים במשך כל השנה, ובאחרים זורמים המים רק לעתים, באופן זמני, למשל לאחר גשם כבד. בניגוד למעבר תחתי עם זרימת מים הבנוי כמעין גשר קטן ומתפרס לעתים קרובות גם על גדות נתיב הזרימה, מעבירים אלה נבנו כדי לאפשר זרימת מים בלבד. לרוב הם קטנים יותר, ובמרבית המקרים בנויים מיחידות יצוקות, עגולות או מרובעות. כשמעברי המים יבשים בעלי חיים יבשתיים עשויים להשתמש בהם; במצב זה הגברת השימוש על ידי בעלי החיים דורשת לעתים התאמות קלות בלבד. כשמעבירים זורמים מים נדרשות התאמות נוספות כדי להתאימם למעבר בעלי חיים יבשתיים (איור 7.57). במעברי מים משודרגים (modified culvert) משתמשים במיוחד יונקים קטנים ובינוניים, לרבות טורפים (בנוסף לדגים ולמינים אחרים שוכני מים). במצבים שבהם מעביר המים גדול ויבש במרבית ימות השנה גם יונקים גדולים יותר יכולים להשתמש בו. שדרוג של מעברי מים כך שימשו גם כמעברים לבעלי חיים מתאים במיוחד בישראל, הן באזור הים תיכוני והן באזור המדברי. זאת כיוון שבשל מאפייני המשקעים או הזרימה מעברי המים נבנים לרוב בממדים גדולים כדי לאפשר ספיקות שיטפונית, ומרביתם יבשים במשך חלק גדול מהשנה.

מעברים לדגים

מעברי מים הממוקמים בנחלים שיש בהם זרימה רוב ימות השנה יש לעצב כך שיאפשרו גם לדגים תנועה חופשית במעלה הזרם ובמורדו, במידה שבה הטופוגרפיה הטבעית מאפשרת זאת. המחסומים לתנועת הדגים הם לרוב לתנועה במעלה הזרם, והם עלולים להיות קריטיים במיוחד במקרים שבהם הם עוצרים תנועה עונתית, למשל לנקודות הטלה מועדפות.

מידע רב נאסף על תנועת דגים באופן כללי. כיוון שהדרישות האקולוגיות של מיני דגים שונים הן מאוד ספציפיות, הנחיות הנוגעות לקבוצה זו באופן נפרד מובאות בנקודות כלליות בלבד בהמשך סעיף זה, ויש להתייעץ עם מומחה בכל מקרה שבו נדרש לכלול שיקולים לגבי תנועת דגים.



איור 7.57: מעביר מים מותאם למעבר בעלי חיים:

(א) דרגשים יצוקים כחלק אינטגרלי ממבנה המעביר בהולנד. (צילום: G.Veenbas EU); (ב) דרגשי הליכה יבשים מעץ המחברים חיבור רציף לגדה. (צילום: C. Rosell, Minuartia SP); (ג) לוטרות משתמשות באופן סדיר בדרגש עץ שחובר לחלקו הפנימי של מעביר מים בצ'כיה. (צילום: V. Hlaváč EU)

מעברים לדגים כוללים גשרים, סולמות דגים ומעבירי מים. בסעיף זה נתמקד במעבירי מים ובצינורות, אמצעים שנבחרים לעתים קרובות כפתרון להובלת נחלים קטנים תחת כבישים ותשתיות אחרות. יצוין כי קשה יותר להתאים למעבר דגים צינורות קטנים קיימים. במרבית המקרים ובתוספת עלויות מזערית הפתרון האפקטיבי היחיד הוא להחליף את הצינור הקיים בצינור חדש שתוכנן במיוחד כך שישורת מטרות נוספות, וכך ליצור מעברים המתאימים לדגים ולמינים נוספים של בעלי חיים שוכני מים.

מיני יעד

מעביר מים משודרג מיועד בעיקר לשימוש טורפים וחולייתנים בינוניים וקטנים אחרים, בעיקר אלה מביניהם השוכנים סמוך לבתי גידול לחים או לתעלות השקיה. שדרוג נוסף יאפשר מעבר של דגים ושל מינים אחרים השוכנים בתווך המימי.

מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: מכרסמים וזוחלים. אם תנאי הלחות מתאימים, מעבר כזה יכול לשמש גם דו-חיים. אם ממדי המעבר גדולים דיים יוכלו להשתמש בו גם טורפים גדולים ואף איילים.

השימוש במבנה

מעורב: צורכי ניקוז ומעבר בעלי חיים.

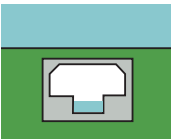
הנחיות כלליות ומיקום

התאמה של מעבירי מים למעבר בעלי חיים יבשתיים יכולה להיעשות בכמה אופנים. לרוב נבנים דרגשי הליכה בצד הדופן הפנימית של המעביר מעל קו המים כך שיהוו משטח תנועה יבש כל ימות השנה. דרגש כזה מתחבר לבית הגידול היבשתי הסמוך.

לרוב יש מעט פעילות אדם באזורים אלה. עם זאת, לצורך תפקוד המעבר יש לוודא שימוזערו הפרעות האנושיות בו ובסביבתו.

התאמה של מעבירי מים ונקזים

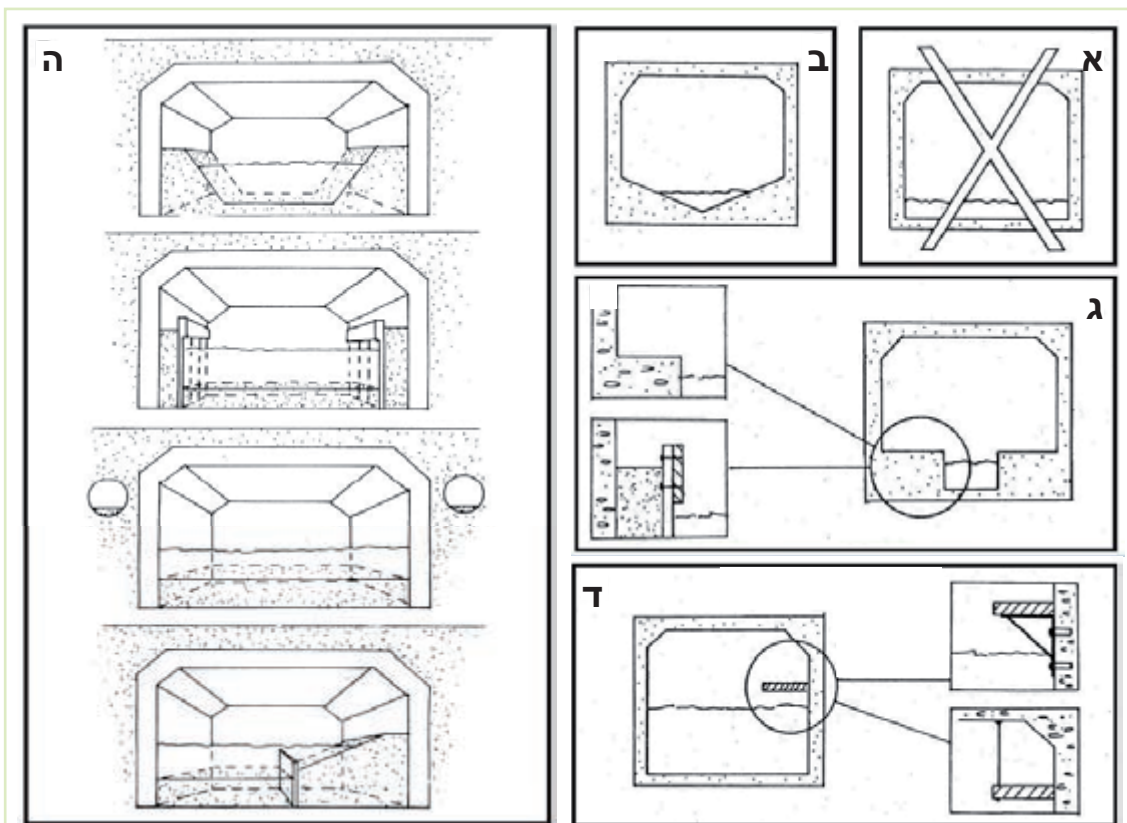
- אמצעי זה הוא דרך יעילה וחסכונית לספק מעברים לבעלי חיים הנעים בערוצי זרימה, בין אם זורמים בהם מים ובין אם הם יבשים.
- כשמעביר המים נבנה כדי להוביל נחל תחת כביש, יש לעצבו כך שכל המערכת האקולוגית תעבור דרכו, ולא רק המים. עקרונות אלה דומים לעקרונות שהוצגו לגבי חציית נחלים בגשר (ראו סעיפים 7.3.1 ו-7.3.4).



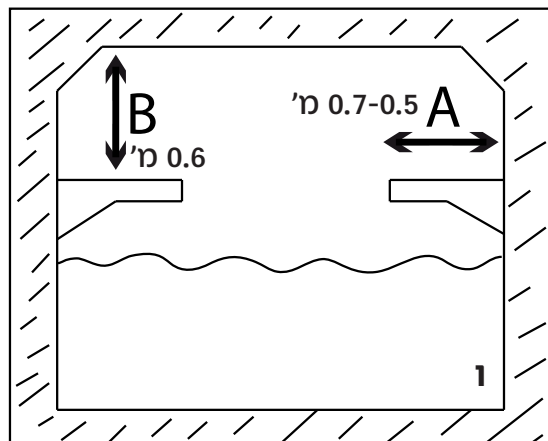
- מעט שינויים נדרשים להתאמת מעביר מים למעבר בעלי חיים יבשתיים: יש להתקין בו משטח העשוי חומר קשה כמו בטון או עץ (פח גלי אינו מומלץ). חשוב לשמור דרגש הליכה זה יבש, מעל מפלס המים ונגיש כבר מבתי הגידול הסמוכים היבשים (איור 7.57).
- הנמכה של חלק מקרקעית הבטון כך שתתעל כמויות קטנות של מים יכולה לאפשר מעבר ולהוות גם קו מנתב עבור בעלי חיים קטנים (איור 7.58). אפשר לעצב מעבירי בטון מרובעים מוכנים מראש שבהם דרגש הוא חלק אינטגרלי מהמבנה (איור 7.58).
- אם במעביר המים עוברים מים לעתים קרובות, אפשר להתאים את תחתיתו כך שחלק ממנה יהיה יבש תמיד, למשל באמצעות התקנת דרגש צדדי או הגבהה אלכסונית של צד אחד של הקרקעית כך שימוקם תמידית מעל פני המים.
- אם צינורות הניקוז עשויים פלדה יש למלא את תחתיתם בבטון או בחומר אחר המתאים יותר לתנועה של בעלי חיים.
- מעביר מים שיש בקצהו בור אינו מתאים למעבר בעלי חיים.
- יש לוודא שכל ההתאמות שנעשות לצורך מעבר בעלי חיים אינן פוגמות ביכולת התפקוד ההידראולית של המעביר.

מעברים לדגים

מעברים לדגים יש להקים במקומות שבהן התשתית חוצה בית גידול של דגים, למשל נחלים שיש בהם מים במרבית ימות השנה. המיקום המיטבי למעבר לדגים יהיה מקום שבו יש במעבר זרימת מים וחומר קרקעית זהים לאלה שבערוץ הזרימה הראשי או בערוץ המצוי מעל ומתחת למיקום המעבר, במיקום נגיש למיני היעד. התכנון המפורט של המעבר



איור 7.58: חולייתנים יבשתיים קטנים יכולים להשתמש במעבירי מים לתנועה אם יסופקו להם דרגשי הליכה יבשים; (א) אינו מתאים למעבר; (ב) ו-ג) שטח יבש למעבר או דרגש מוכן מראש יצוקים כחלק ממבנה הבטון; (ד) דרגשי עץ הממוקמים מעל מפלס המים; (ה) פרספקטיבות לתכנון המפורט (EU); (ו) רוחב (A) ומרחק מהתקרה (B) של דרגש הליכה. (NL)



נקבע לרוב על פי המיקום, והפתרון שנבחר הוא לעתים קרובות פשרה בין כמה קריטריונים: (א) שלא יהיה ארוך מדי, (ב) שלא יהיה תלול מדי, (ג) שלא יהיה צר מדי, (ד) שלא תהיה מדרגה היוצרת מפל או שתהיה מדרגה קטנה בלבד (יש קבוצות טקסונומיות או קבוצות גיל מסוימות שעבורן בכל מקרה אין ליצור מדרגה כזו). כשמתוכננת חצייה חדשה של ערוצי נחלים, יש להקפיד למצוא מיקום למעבר לדגים שבאופן המיטבי יענה על הקריטריונים שלעיל ויאפשר קישור הן בין נתיב התנועה לבין ערוצי הזרימה במעלה הזרם ובמורדו והן לאורך המעבר עצמו.

מעביר מים המונח בזווית הטיה גדולה (למעלה מ- 30° לעומת הערוץ) יגביר את הטורבולציה ואת היניקה פנימה בעוצמות זרימה גבוהות ויקשה על דגים לחצות אותו. השקעת סחף בערוץ וסחיפת הגדות מתרחשים לעתים מעל צינור או מעביר שיש לו זווית הטיה גדולה מדי. המטרה ההנדסית שלשמה מגדילים את שיפוע הצינור היא לרוב כדי לקצר את אורכו. לעומת זאת, צינור או מעביר שהוארכו יתר על המידה עלולים להקשות אף הם על מעבר של דגים ושל מינים אחרים שוכני מים, ובפועל להגביר דווקא את אבדן בתי הגידול של מינים אלה.

ממדים מומלצים

ממדי המעביר תלויים בצורכי הניקוז, אך אפשר להגדיל מעבירי מים חדשים כך שייטיבו לשמש גם כמעברים לבעלי חיים. העיצוב והממדים של דרגש ההליכה תלויים במיני היעד. מומלץ להתאים כמעבר לבעלי חיים את אלה מבין המעברים שהחתך שלהם הוא לפחות 2×2 מ' (או שקוטרם 2 מ'), אם כי גם מעבירי מים קטנים יותר יכולים לתפקד כמעבר לבעלי חיים.

רוחב מינימלי לדרגש ההליכה: 0.5 מ'.

רמפת גישה: שיפוע נמוך מ- 30° .

טיפוסי קונסטרוקציה

- קשת בטון חסרת תחתית
- מעביר מים מרובע מבטון
- מעביר מים עגול מבטון
- מעביר מים עגול ממתכת

תכנון מפורט והתאמה

- יש לעצב את המבנה כך שיתאים לצורכי התנועה של טווח גדול של מיני בעלי חיים הקשורים לבתי גידול לחים וחיים בסביבת המבנה או צפויים לחזור לאכלס את האזור בעתיד.
 - רצוי למקם דרגשי הליכה משני צדי המבנה לכל אורכו, כך שתתאפשר תנועה על שתי הגדות.
- להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.

צומח

- יש להשתדל לייצר המשכיות של בית הגידול בכניסות למעבר משני צדיו. ייתכן שיהיה צורך בשיקום צומח לאחר ההקמה כדי לשחזר את תנאי בית הגידול המתאימים.

התאמת הכניסות וניתוב למעבר

- חשוב להשתמש באמצעים שונים כדי לנתב לכניסה למעבר את מיני היעד ועמם מגוון מינים נוספים. לצורך ניתוב כזה אפשר להסתייע בתבליט (שוליים מוגבהים, תעלות), בצומח (עצים ומשוכות שיחים בשולי מרחב הגישה) וכן בגדרות ובמסכים לצמצום הפרעות.
- יש למנוע מצב שבו יציאה ממעביר המים תכלול מדרגות ודופנות תלולות, צירוף שעלול להוות מלכודת מוות לחולייתנים קטנים (איור 7.59).
- יש לוודא שהכניסה למעבר אפשרית מפני הקרקע הסמוכה: שאין מדרגה גבוהה מדי ביניהם, שאין שיפוע המקשה על תנועת בעלי החיים, שהכניסה אינה חסומה על ידי סחף או לחלופין – שפני הקרקע לא נסחפו מזרימת המים ושלא נוצר בור המונע כניסה או יציאה או יכול להוות מלכודת מוות לחולייתנים קטנים (איורים 7.59-7.61).

מיסוך וצמצום הפרעות

- רצוי לבחון אם נחוצים אמצעים כדי למזער את הפרעות התאורה והרעש המגיעות מהכביש ומתנועת כלי הרכב שעליו. באזורים רגישים, לצורך צמצום הפרעה יש לשקול צמצום או ביטול של תאורת הכביש בתחום המעבר, הזזת נקודות תאורה, הנמכת עמודי תאורה, הקטנת עוצמת הנורות או הצמדה של משטחי מגן למנורות כך שימנעו זליגת אור מחוץ לתחום הכביש.



איור 7.59: מעבירי מים כמעברים לבעלי חיים: (א) יציאה שהותאמה כדי למנוע הילכדות של בעלי חיים הקטנים - שיפוע מתון מאפשר יציאה הצדה; (ב) ריצוף באבנים בכניסה למעביר מים מאפשר זרימת מים בין האבנים ואפשרויות נגישות קלות יותר למינים יבשתיים. (צילומים: SP: C. Rosell, Minuartia); (ג) בהיעדר יכולת יציאה הצדה, מדרגות בכניסה למעביר המים מהוות מלכודת לבעלי חיים קטנים ומצמצמות את אפשרויות הנגישות; (ד) פנים מעבר מקושת ודרגשי הליכה יבשים לאורך, משני צדי המעבר; (ה) שיפועי הנתיב המוביל למעבר מקשים על בעלי החיים לחזור לסביבה הטבעית. (צילומים: SP: F. Navàs, Minuartia)

7

גידור

גדרות נדרשות כדי להנחות ולהוביל בעלי חיים למעבר ולמנוע את כניסתם הלא רצויה לתחום תשתית התחבורה. ההמלצות לתכנון המפורט מובאות בהרחבה בסעיף 7.4.1.

- גידור בשולי המעבר צריך להתחבר באופן הרמטי ורציף לגידור שבשולי הכביש.

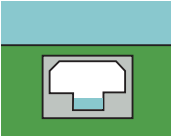
גיוונים והתאמות נוספים

- דרגשי הליכה מבטון כחלק יצוק אינטגרלי ממבנה המעביר.
- משטח עשוי מלוחות עץ המחברים לדופן הפנימית של המבנה. אפשר ליצור לדרגש הליכה כזה שוליים מוגבהים.
- מדפים מוכנים של פלדה מגולוונת עם משטחי תחזוקה המותקנים במעבירים קיימים.



7

איור 7.60: הן פרטי התכנון והן התחזוקה חיוניים כדי לאפשר מעבר בעלי חיים במעברי המים: (א) היכולת לראות את האור בקצה המנהרה חשובה למינים רבים של בעלי חיים, ולפיכך יש להתאים את הרוחב והגובה לאורך המעבר; (ב) מעביר מים זה אינו נגיש לבעלי חיים קטנים בגלל הפרשי הגובה, ואף חולייתנים בגודל בינוני עשויים להימנע מלהיכנס אליו; (ג) הכניסה למעביר המים מוצפת לגמרי בעונת הגשמים ומונעת מחולייתנים יבשתיים גישה בטוחה ומעבר (למעלה). עם הפסקת הזרימה (משמאל) מעביר המים סתום בחלקו בסחף, ואינו יכול לתפקד בצורה נאותה לא לזרימת מים שוטפת ולא לתנועת בעלי חיים; (ד) כשמעביר מלא מים ואין לצדו דרגשי הליכה יבשים, גם מינים כדוגמת הלוטרה מעדיפים שלא להשתמש בו. במעביר שבתמונה, בנחל סער, מערב הגליל, גם הנגישות של בעלי החיים בין פנים המעבר לשוליו מוגבלת ביותר בגלל הפרופיל המרובע והעמוק של תעלת הבטון. (צילומים: רון פרומקין); (ה) מעביר מים בכביש 1 שפתחו חסום בפסולת וגזם; (ו) המצע בכניסה למעביר עשוי בטון יצוק מחוספס שעלול למנוע גישה של בעלי חיים קטנים. (צילומים: תמר אחרון-פרומקין)



איור 7.61: מחסומים למעבר בעלי חיים במעברי מים:

(א) התחתרות המים תחת המעביר גורמת למים למנוע מעבר יבשתי רצוף. מעביר מים בנחל דישון; (ב) מתלול לא עביר לבעלי חיים; (ג) מדרגה מונעת כניסה של בעלי חיים קטנים למעביר. בנוסף לכך, אין מעבר יבש רצוף לכל אורך המעביר; (ד) צינור חוסם אפשרות תנועה נוחה על דרגש בטון. נחל דישון, כביש 899 (צילומים: טליה אורון)

תכנון מעברים לדגים

מאפיינים ספציפיים נדרשים להתאמת מעברי מים כמעבר לדגים ולבעלי חיים שוכני מים. להלן חמישה מרכיבים שיש להימנע מהם בתכנון מעברים לדגים:

1) **מדרגה גבוהה מדי בפתח היציאה:** זרימת מים ממדרגה גבוהה מדי יכולה ליצור מחסום בדמות בִּנְכָה קטנה שנחפרה בפתח היציאה של הצינור. הברכה אמנם יכולה להיות בית גידול כשלעצמה, אולם היא יכולה ליצור מחסום לתנועה במעלה הזרם (איור 7.62). למרבית המינים הרלוונטיים גם מדרגה שגובהה 5-10 ס"מ בלבד יכולה להפריע ליכולת התנועה. מבחינה טכנית, המחסום נוצר מנפילת המים מהמפלס שבצינור למפלס שבברכה, אבל גם אם קצהו של מעביר המים נמצא בתוך מי ברכה כזו, המדרגה שבין תחתיתו של המעביר לתחתית הברכה יכולה לתפקד כמחסום. הפתרון המיטבי הוא להימנע כליל מיצירת מדרגות כאלה. אם הדבר אינו אפשרי, יש לצמצם את המדרגה שנוצרה בין קצהו של מעביר המים לבין פני המים במורד הזרם כך שתהיה נמוכה ככל האפשר. על כל מדרגה כזו להסתיים בברכה עמוקה. הדבר משרת שתי מטרות: מאפשר לדגים לצבור תאוצה לקפיצה מעבר למחסום ומצמצם את הארוזיה בברכה עצמה. בניית מפלונים (riffle/rapid) במורד הזרם מתחת לברכה כזו יכולה להעלות את מפלס המים בברכה, וכך תנטרל את המדרגה בינה לבין קצה הצינור.

2) **מפלס מים שאינו עמוק דיו בתוך המעבר:** כדי שהדגים יוכלו לעבור במעבר חשוב שיהיו בו די מים. למינים שונים יש דרישות ספציפיות בשלבים שונים של מחזור חייהם.

3) **מהירות זרם גבוהה מדי בתוך המעבר:** זרם המים העובר במעבר לדגים עלול להיות מחסום לפרטים צעירים ולהאט את תנועת הדגים. מכיוון שקשה להקטין את מהירות הזרימה כך שתתאים לפרטים צעירים של מינים רבים של דגים, עדיף לאמץ את הגישה של סימולציה של זרימה (פרטי התכנון ראו בהמשך). יש לבחון את המעברים הן בתנאים של זרימה חלשה והן בתנאים של זרימה חזקה. בנוסף למפלס המים, בניית מפלונים (riffles) יכולה לשנות גם את מהירות





איור 7.62: דגים ויצורים מימיים אחרים צריכים להיות מסוגלים לעבור דרך צינורות ומעברי מים. מפלס המים ועיצוב הכניסה והיציאה של המעביר הם מרכיבים חיוניים לכך: (א) מצב אידיאלי; (ב) פתח היציאה גבוה מדי מעל מפלס המים בנקודת היציאה; (ג) מפלס המים בצינור נמוך מדי. (איור: P. Gaspar SP)

הזרם. על מעבירי מים בעלי שיפוע גדול במורד הזרם להיות גבוהים דיים כך שמפלס המים לאורך המעביר יהיה אחיד. פתרון זה דורש תחזוקה מסוימת כיוון שסדימנטים ופסולת ישוקעו בברכה.

4) **הצטברות פסולת בכניסה למעבר:** פסולת וחומר סחף יש להסדיר כך שיוכלו לעבור במעבר בלא הפרעה. הצטברות סחופת יכולה ליצור מחסומים במעבר הדגים ולהביא להצטברות מים במעלה המעבר, דבר שיגדיל את טווח השפעתו של מעביר המים על בית הגידול הטבעי.

5) **מערבולות בתוך המעבר:** מערבולות הנוצרות מהמבנה עצמו או מעצמים או סחופת המצויים בתוכו יכולות להוות מחסום לתנועת דגים צעירים ולתנועתם של מינים קטנים אחרים.

תכנון מפורט: צינורות ומעברי מים

צינורות קטנים משמשים בדרך כלל לניקוז של נחלים קטנים. לרוב הם עגולים או אליפטיים, ועשויים פלסטיק, בטון, פלדה או אלומיניום. על הצינורות להיות רחבים דיים כדי לאפשר זרימה חזקה, אולם עליהם לשמר

מפלס מים מסוים בעונות היבשות אם הם אמורים לשמש מעבר לדגים. אפשר ליצור זאת על ידי תכנון הצינור כאלופסה "עומדת", או על ידי תכנון תחתיתו של הצינור כך שנתב הזרימה בתחתית יהיה צר יותר. צינורות בעלי קיפולים יאטו את מהירות הזרימה.

ככלל, מעבירי מים שמוותירים את מצע התחתית במצבו הטבעי עדיפים על מעבירי מים סגורים שקרקעיתם עשויה בטון. מומלץ שמעבירי מים סגורים יהיו בעלי ערוץ עמוק יותר בתחתיתם כדי שתתאפשר שמירה על מפלס מים מינימלי במעבר גם בעונות יבשות יותר. להלן שלוש גישות לתכנונם:

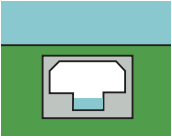
א) תכנון מאוזן ("ללא שיפוע")

- מעבר דגים מתאפשר כשמעביר המים גדול דיו ומותקן במפלס שטוח יחסית (כמעט ללא שיפוע) המאפשר לתנועה טבעית של סחף וחומר קרקעית ליצור בתוכו מצע יציב של קרקעית.
- במקומות שבהם לא חושבו נפחי זרימה או עוצמות זרימה, העובדה שמהירות הזרם נמוכה דיה כדי לאפשר לחומר קרקעית להצטבר במעביר המים מקובלת כהוכחה שטווח רחב של מיני דגים בגדלים שונים יוכלו לנוע במעביר.
- גם כשמעביר מים נבנה במאוזן, השיפוע של מצע הקרקעית בתוכו צריך להיות תואם לשיפוע הטבעי של הערוץ במעלה הזרם ובמורדו.

דרך מוצלחת להבטיח מעבר דגים במעביר מים חדש היא לוודא שהמעביר גדול מכפי שנדרש בהתאם לתנאי הזרימה הצפויים. על מפלס התחתית של המעביר להיות נמוך ב-15-20 ס"מ ממפלס קרקעית הערוץ. דבר זה יאפשר הרבדה טבעית של חומר סחף (סדימנטציה) במעביר ויצירת ערוץ טבעי ומתפתל שיתאים לזרימת המים בפועל בכל זמן נתון.

ב) תכנון הידראולי

- בתכנון מעביר המים יש להתחשב בעת ובעונה אחת בהשפעות ההידראוליות של גודל המעבר, של שיפועו, של החומר שממנו הוא עשוי ושל ההגבה הנדרשת כדי ליצור עומקים, מהירויות ופרופיל הידראולי המתאים ליכולות שחייה של דגים. יש להבין כי הנחות עבודה רבות נעשות בתהליך התכנון, וכי לכל הנחה כזו יש השלכות ייחודיות. השגת מידע מספק תאפשר תכנון מיטבי.
- תהליך התכנון ההידראולי מבוסס על המהירות המרבית של זרימת מים שמיני היעד יכולים לנוע בה בהתחשב באורכו של מעביר המים. ככל שמעביר המים ארוך יותר, מהירות הזרם המרבית המותרת צריכה להיות נמוכה יותר. הוספת קירות (headwalls) בשני קצות המעביר, הצרת הכביש או הגדלת השיפוע של הסוללה מצדי הכביש יכולים להקטין את אורך המעביר. הקטנת השיפוע או יצירת פני שטח מחוספסים בתוך המעביר יכולים להקטין את מהירות הזרימה בו. חשוב לוודא שמהירות היעד בתוך המעביר לא תעלה על מהירות הזרימה הגבוהה ביותר הצפויה בערוץ בתקופות של תנועה עונתית של מיני היעד.
- מהירות מוגברת של הזרם היוצא ממעביר מים יכולה לגרום לסחיפה בגדות שבמורד הנחל מעבר לו, לחייב הגנה נוספת על הגדות, ולהגדיל את השפעת המעביר על סביבת הנחל. מומלץ שמהירות היציאה של המים מהמעביר



לא תעלה על מהירות הזרימה המקורית באפיק ביותר מ-25% (אך אם מהירות הזרימה המקורית היא גבוהה מאוד, תוספת כזו עלולה להיות גבוהה מדי).

מעביר שממדיו קטנים מדי מערער את יציבות הקרקעית במעלה הערוץ. אתרים שבהם הערוץ או גדותיו מועדים לסחיפה ניכרת מחייבים התייחסות מיוחדת.

ג) תכנון לפי סימולציית הזרם

- סימולציית הזרם (stream simulation) היא אופן תכנון המנסה לחקות בתוך מעביר המים את אופי הזרימה הטבעי. הסעת סדימנטים, מעבר דגים, שיטפונות והולכת סחופת מתוכננים לתפקד כפי שהיו מתפקדים בערוץ טבעי. חלופה זו לתכנון המפורט מאפשרת מעבר למרבית מיני בעלי החיים. הנחת הבסיס של סימולציית הזרם היא שאם דג או יצור מימי אחר יכול לנוע בערוץ הזרימה הטבעי, עליהם להיות מסוגלים לנוע גם בסימולציית הערוץ שיצרנו בתוך מעביר המים.
- גישה זו היא לרוב החלופה המועדפת לתכנון מעבירים בערוצים משופעים ובמעבירי מים ארוכים.
- רוחב המעביר הוא הקריטריון העיקרי לסימולציית הזרם, וכדי להשיגה, על קרקעית הערוץ במעביר המים להיות רחבה מזו של הערוץ הטבעי. כך יוכלו תהליכים טבעיים להמשיך גם דרך המעביר, ויווצרו בקרקעיתו קווי גדה או שולי ערוץ שיאפשרו מעבר דגים בעלי כושר שחייה נמוך.
- הגורמים העיקריים הקובעים מידת התאמה של אתר לאופן תכנון זה הם רוחב קרקעית האפיק והשיפוע הטבעי של הערוץ: רוחב הערוץ צריך להיות קטן מ-10 מ'. בערוצים רחבים יותר יש לשקול חצייה בגשר (ראו סעיפים 7.3.1 ו-7.3.4).
- יש למזער את שיפוע המעביר כדי להקטין את החיכוך ואת הסחיפה בין תחתית המעביר לבין חומר המצע. שיפועי הזרם צריכים להתאים לשיפועים בסביבה הטבעית שסביב המעבירים. את המעביר עצמו יש להתקין במאוזן או בשיפוע, בהתאם לאורך המעביר ולשיפוע הקרקעית. כדי לקיים זרימת מים במוצא המעביר במעברים ארוכים יותר יש צורך בשיפוע כלשהו.
- כשמעביר בתכנון סימולציית הזרם ימוקם בשיפוע זהה לזה של הערוץ, אופי המצע בתוך המעביר ייקבע על פי ההרכב והאופי של הערוץ הסמוך למעביר (אך מחוץ לתחום ההשפעה של המבנה ההנדסי).
- בעוד שתכנון לפי גישה זו הוא ככל הנראה החלופה הטובה ביותר לזרימה שלה עומס סחופת גבוה, קיים עדיין הסיכון שחלקי עצים יסתמו את המעביר ויחסמו את הזרימה. ככלל, גשרים מתאימים להעברת סחופת יותר מאשר מעבירי מים.
- הטיפול המדויק של מעביר המים המשמש לסימולציית זרם הוא במידה רבה עניין של העדפה. נראה שלמבנים חסרי תחתית יצוקה יש יתרון.

מיני דגים וגודלם

- תכנון מעבירים לדגים המונחה על פי עקרונות הידראוליים צריך להתבסס על מיני הדגים או על גודל הדגים שלהם יכולת התנועה הקטנה ביותר. יש לבחון אילו מיני דגים מצויים במקטע זה באופן פונטנציאלי ובאילו עונות בשנה. מידע זה רצוי להשיג בשלב מוקדם ככל האפשר.
- תנועה במעלה הזרם של פרטים צעירים שיש להם יכולת תנועה מעטה מצריכה מהירות זרם אטית ביותר ורמת ערבול נמוכה.
- מדרגה בערוץ זרימה או בין מפלס הקרקעית של מעביר המים לבין פני הקרקע במוצא מקשה או מונעת לחלוטין מעבר של מיני דגים ושל מינים אקוויים אחרים, או מאפשרת מעבר רק לפרטים החזקים ביותר מבחינה גופנית.
- יש אמצעים נוספים המיועדים להקטין את מהירות הזרימה או לחספס את הערוץ וליצור מגוון מהירויות זרימה. חלקם אף יכולים לסייע לשמירה על מפלס מים מינימלי בעונות יבשות. יש למרכיבים אלה נטייה ללכוד סחופת עץ המצמצמת את ספיקת מעביר המים, והם עלולים אף ליצור בכך מחסום לתנועת הדגים או חסימה כללית במעביר. לכן יש להכין תכנית ניטור ותחזוקה מיוחדת לכל תוספת כזו.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

למעבירי מים המצויים בחלקה העליון של סוללה יש לעתים קרובות יציאות מדורגות כדי להקטין את כוח הסחיפה של המים והארוזיה של הגדות, של הסוללות ושל השיפועים. מדרגות אלה יכולות להוות מלכודת לבעלי חיים המשתמשים במעביר לתנועתם. מומלץ להחליפם במבנים המפחיתים את ההשפעה של גובה המדרגות או מבטלים אותה כליל. שתי דוגמאות להתאמות אפשריות הן: (א) פתיחה של הקירות הצדדיים של תעלה מדורגת ושיפועם כלפי חוץ;





א



ב



ג

איור 7.63: דוגמאות לתכנון מעברים לדגים:
 (א) מעביר מים על ערוץ זרימה המאפשר תנועה חופשית של דגים. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ב) מעבר המתאים לדגים ("סולם דגים") בשלבי הקמה. (צילום: דידי קפלן); (ג) הניקוז מפוצל למבנים צינוריים המקשים על מעבר דגים. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia)

7

(ב) החלפת המדרגות במשטח משופע ששטח פניו מחוספס כדי לספק אחיזה טובה (למשל על ידי שילוב של בטון ואבנים, ראו איורים 7.59 א'-ב', 7.63 ב'). השיפוע המומלץ לקירות הצדדיים של התעלה המדרגת הוא 30° . השיפוע המרבי הוא 45° .

הנחיות ספציפיות למינים

דו-חיים: יש לעשות מאמץ למקם מעברים תחתיים בנתיבי תנועה מוכרים של נדידה עונתית, של פיזור הצעירים או של אירועי תנועה אחרים של מיני היעד. במצבים אחרים דו-חיים אינם צפויים להשתמש במבנה. עם זאת, יש לזכור כי מעביר מים שיש בו אזורים יבשים לצד נתיב זרימה הוא טיפוס המעבר הטוב ביותר לדו-חיים

דגים: ראו לעיל תת-סעיף "תכנון מעברים לדגים", וכן איורים 7.63 א'-ב'.

תחזוקה ובדיקה

- יש לקבוע במפורש כבר בשלב התכנון מהי התחזוקה הנדרשת ולהגדיר מי יהיה אחראי לתחזוקת המעבר התחתית. יש להדריך כראוי את האחראים לתחזוקה. עליהם להיות מודעים למטרת המעבר ויש לפתח יחד איתם נוהלי תחזוקה. חשוב לעדכן את נוהלי התחזוקה בהתאם לנתוני הניטור והבדיקה השוטפים.
- אם המעבר התחתית אינו מנוטר באופן סדיר, אפשר לשלב בדיקה תקופתית עם שגרות התחזוקה הכלליות ויש לוודא בה שאין במעבר או לידו מכשולים או עצמים זרים שעלולים להשפיע על מידת השימוש במעבר על ידי בעלי חיים ושלא נעשה בו שימוש אנושי שאינו הולם את מטרת המעבר.
- יש לסלק באופן שוטף ובמרווחי זמן קבועים פסולת המצטברת בתחום המעבר.
- יש לתחזק את הצומח בכניסות למעבר התחתית בהתאם ליעדי התכנון שהוגדרו.
- יש לבדוק את הגידור, לתחזקו ולתקנו תקופתית במידת הצורך.

מעברים לדגים

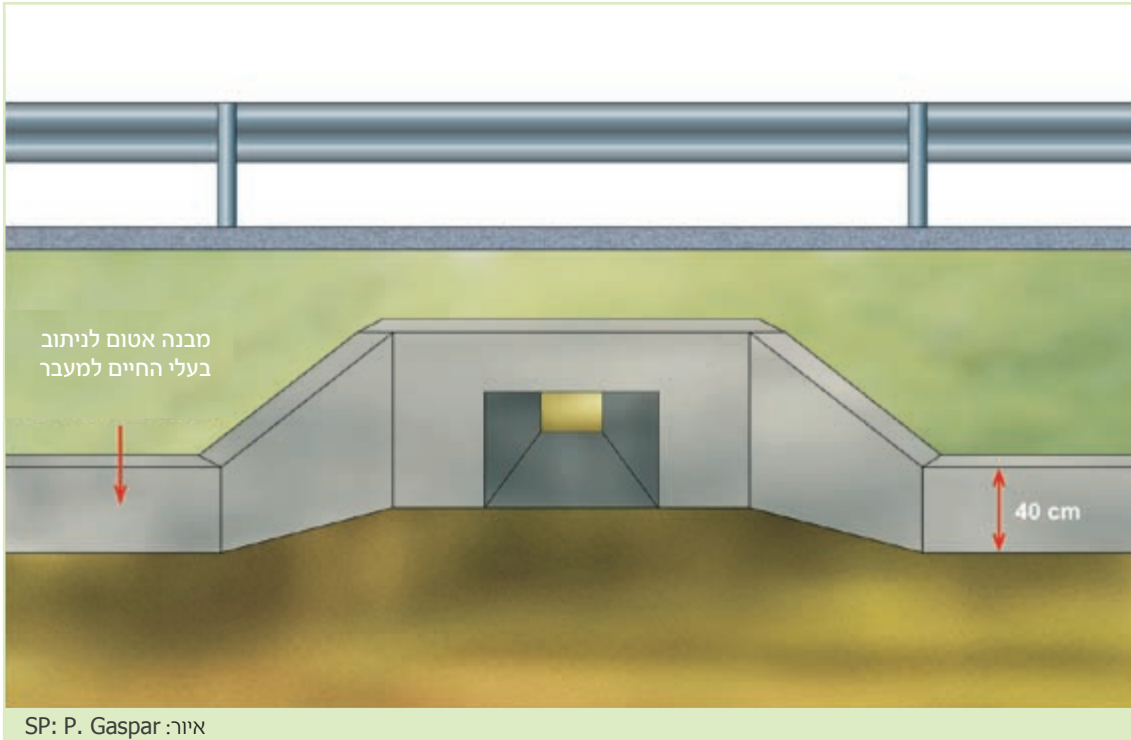
- מחסומים במעברים לדגים נובעים לרוב מהיעדר תחזוקה מספקת.
- יש לבדוק את פתח היציאה, במיוחד אם יש בו מדרגה, לאחר כל שיטפון ולפחות פעמיים בשנה.
- תחזוקת מעביר המים למטרות ספיקת זרם גבוהה שונה לעתים מזו הנדרשת עבור מעברים לדגים. סחופת החוסמת נתיבי תנועה יכולה שלא להפריע לספיקת הזרם הנדרשת, אולם היא עלולה לחסום את אפשרות התנועה של בעלי החיים. בדיקה ותחזוקה תקופת נדרשות במיוחד אם תנועת בעלי החיים חלה בעיקר במהלך תקופת החורף. תחזוקה לרוב אינה אפשרית במקרים שבהם הזרימה חזקה, ובמשך חלק מתקופת החורף עלול להיווצר מצב שבו המעבר אינו מתפקד בשל היותו חסום או סתום.

ניטור

ניטור המעבר יכול להיעשות כחלק משגרת התחזוקה. מומלץ לבדוק את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב.



7.3.7 מנהרות לדו-חיים ולזוחלים



תיאור כללי ומטרות

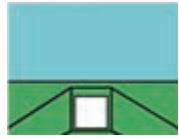
מרבית הדו-חיים זקוקים לגופי מים לרבייה (בחורף ובתחילת האביב), אך שלא בעונת הרבייה חלקם חיים במים, חלקם בשולי גופי מים וחלקם בשטחים יבשתיים. מינים רבים מקיימים לפיכך נדידה עונתית בין טיפוסים שונים של בתי גידול. בחורף ובתחילת האביב הבוגרים נודדים לגופי מים סמוכים לצורך רבייה. חלקם עוזבים בתי גידול אלה לאחר הרבייה וחוזרים לבית הגידול היבשתי שלהם. לאחר השלמת הגלגול עוזבים הצעירים את מקום הולדתם בגופי המים ונודדים לבית גידול יבשתי. יש מינים שבהם יחזרו הפרטים מדי שנה לבית הגידול הלח שבו נולדו כדי להתרבות.

הקונפליקטים העיקריים בנוגע לדו-חיים הם במקומות שבהם כבישים חוצים נתיבי נדידה עונתית המובילים לאתרי הרבייה (בכרות חורף עונתיות, מקווי מים, נחלים ובתי גידול לחים אחרים). במינים מסוימים הנדידה לאתרים אלה ומהם, לרבות פיזור הצעירים לבתי הגידול היבשתיים לאחר מכן, היא מסוכנת מדי שנה. אירוע תנועה גדול כזה מתבטא בנדידה מסיבית של פרטים בכיוון מסוים בתוך פרק זמן קצר.

ריכוז התנועה לאתרי ההזדווגות וההטלה מצריך אמצעים ספציפיים שמטרתם להבטיח חצייה בטוחה של התשתיות הן על ידי הבוגרים המתרבים והן על ידי הצעירים המתפזרים חודשים אחדים לאחר מכן (ומתוארים בסעיף זה; אמצעים נוספים המכוונים לצמצום התמותה בכביש ובסביבתו, כמו שוליים משופעים והתאמות של פתחי הניקוז, מתוארים בסעיף 7.4.4). מקובל כיום להניח כי מעברים המתאימים לדו-חיים ישרתו גם חלק ממיני הזוחלים ולכן המעברים מכונים מנהרות לדו-חיים ולזוחלים (amphibian/reptile tunnel). חשוב לסייג ולציין כי: (א) יש הבדלים מהותיים בין דו-חיים לבין זוחלים הן במהלך החיים, הן בפיזור המרחבי ובדפוס התנועה והן בצרכים הספציפיים לצורך מעבר; (ב) ההבדלים בצרכים הספציפיים למין בין מינים שונים של לטאות, של נחשים ושל צבים עשויים להיות גדולים מאלה הקיימים בין מיני דו-חיים; (ג) הידע והניסיון לגבי מעברים לזוחלים מועטים למדי. לפיכך עיקר ההתייחסות להלן נוגעת לדו-חיים ולצורכיהם.

יש למקם מנהרות לדו-חיים ולזוחלים במקטעי מפתח בכביש שחוצים את נתיבי תנועתם של הדו-חיים שנה אחר שנה (איור 7.64). בהיעדר מנהרות המספקות מעבר בטוח לצדו האחר של הכביש, קיימים מקטעי כביש שבהם מספר רב של דו-חיים נדרסים למוות. כיוון שמרבית מיני הדו-חיים בישראל נתונים בסכנה, השפעת הדריסות עלולה להגדיל את סכנת ההכחדות המקומיות של אוכלוסיות (לגבי סכנת הכחדה של סלמנדרות ראו מסגרת בפרק 3).





לאמצעי המיתון הנוגעים לדו-חיים שתי מטרות עיקריות:

- לחסום את הגישה לכביש כדי למנוע תמותה מדריסה.
- לאפשר לדו-חיים לחצות כבישים בבטחה במהלך תנועתם בין אתרי רבייה לאתרי מחייה אחרים.



איור 7.64: פתחה של מנהרה מרובעת, עם קווים מתעלים מחוברים בקפידה. גרמניה (צילום: EU: J. Niederstrasser)

דו-חיים אינם צריכים בהכרח טיפוסים מיוחדים של מבנים לצורך מעבר. מעבירי מים המתוכננים למגוון של בעלי חיים יכולים להתאים גם לצורכיהם, אולם יש כמה נקודות חשובות במיוחד הנוגעות אליהם:

- קווים המנתבים ומתעלים את בעלי החיים לתוך המנהרות חשובים במיוחד, ויש להתאימם בקפידה (פירוט נוסף ראו בהמשך).
- דו-חיים רגישים להתייבשות, במיוחד הפרטים הצעירים. לפיכך מנהרות ארוכות ויבשות אינן מתאימות לתנועתם. צירוף של תפקודים המשלב בין ערוץ ניקוז או נחל לבין מעבר יכול לספק תנאי לחות בשולי תוואי הזרימה.

במדינות רבות קיימות הנחיות מיוחדות למעברים לדו-חיים. בסעיף זה מתוארות ההמלצות העדכניות. בכל מקרה הנוגע לדו-חיים חשוב להתייעץ במומחים המכירים את הדרישות המסוימות של המינים הרלוונטיים לאתר.

מיני יעד

המעברים מיועדים במיוחד למעבר דו-חיים, אם כי חולייתנים קטנים ובינוניים עשויים אף הם להשתמש במבנים אלה. עיצובים רבים עונים לצרכים המסוימים של מיני היעד השונים. מקובל להניח כי מעברים אלה ישרתו גם חלק ממיני הזוחלים (ראו לעיל). לניתוב הדו-חיים והזוחלים למיקום המעברים נדרשות מחיצות.

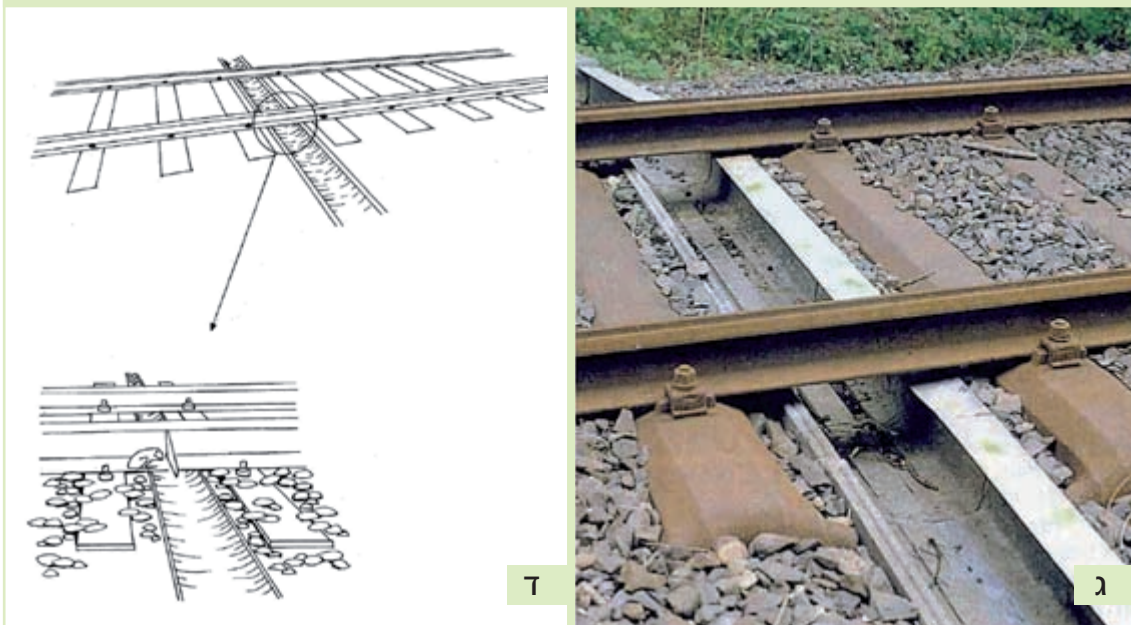
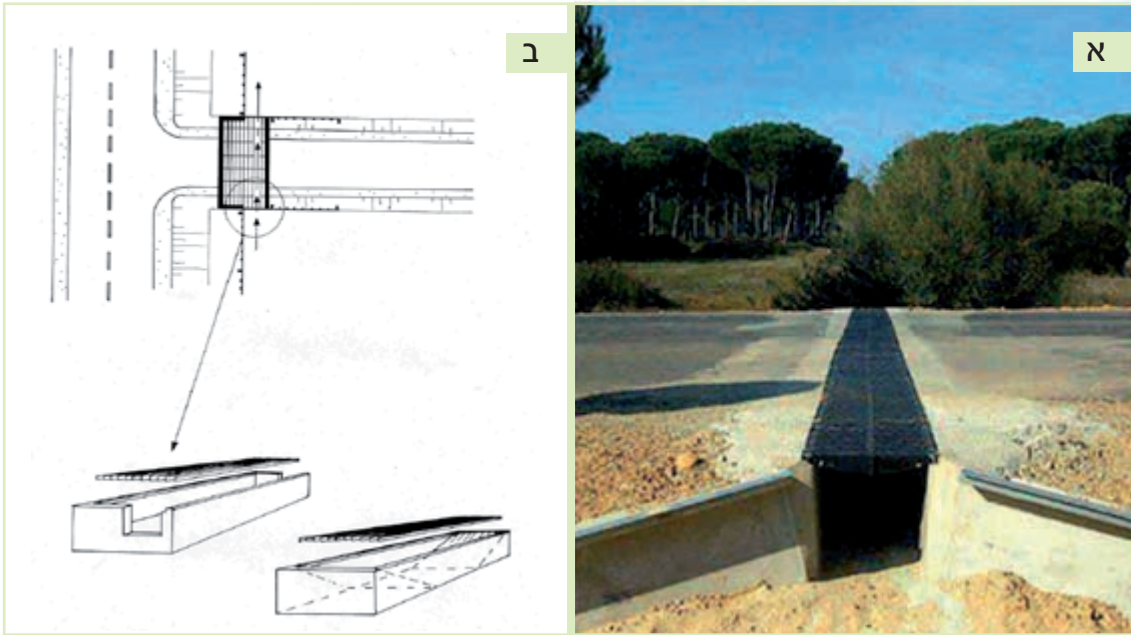
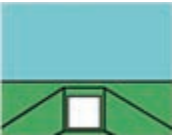
מינים אחרים שיכולים להשתמש במעבר: מיני יונקים קטנים ובינוניים (תלוי בממדי המבנה), מינים שוכני בתי גידול לחים (תלוי בממדים ובנוכחות מחסה בכניסה למעבר).

השימוש במבנה

רק לבעלי חיים, בעיקר לדו-חיים ולזוחלים.

הנחיות כלליות ומיקום

- כדי לוודא ביצוע ותפקוד הולם של המעבר, יש למקם את המנהרות באזורים שמוכרים בהם נתיבי תנועה של דו-חיים או של זוחלים.
- יש למקם מעברים במקטעי מפתח בכביש שחוצים מדי שנה נתיבי תנועה של דו-חיים שיש בהם ריבוי דריסות של בני קבוצה זו או בנתיבי תנועה של דו-חיים שיש בהם מספר נמוך של דריסות של מיני דו-חיים הנמצאים בסכנה.
- יש למקם מעברים בנתיבי נדידה או בנתיבים של תנועה עונתית בין אתרי המחיה היבשתיים לאתרי הרבייה.
- בתכנון המפורט של מעברים לדו-חיים ולזוחלים יש לענות על צורכיהם הספציפיים, כיוון שמינים אלה אינם מסוגלים לכוון את תנועתם כדי לאתר את הכניסה למנהרה: תפקיד קריטי ממלאים קירות או גידור אטום החוצים את מסלולי התנועה של בעלי החיים ומנתבים את בעלי החיים אל המעבר.
- מנהרות גדולות מספקות תנאים טובים יותר של זרימת אוויר ותאורה טבעית. עם זאת, מנהרות קטנות שבחלקן העליון פתחים המכוסים סבכה מסורגת מאפשרות תנאי תאורה ולחות טובים (איור 7.65, 7.68 א'-ב'). מנהרות שלהן פתחים עליונים מסורגים יש לתכנן באופן שחלקן העליון יהיה במפלס הכביש. המרחק בין מנהרות צריך להיות 45 מ' או פחות.



איור 7.65: דוגמאות נוספות לתכנון מפורט של מעברים לדו-חיים ולזוחלים: (א) מנהרה שיש לה מכסה עשוי סבכת רשת הניתן לפירוק, המכסה מאפשר כניסת אור ואוויר וכן תחזוקה וניקוי יסודיים של המעבר. חלקו העליון של המכסה הוא במפלס הכביש. (צילום: SP: Giasa, Spain); (ב) מנהרות בפרופיל U (רוחבן 30 ס"מ וגובהן 40 ס"מ) מכוסות בסבכת מתכת (60X100 מ"מ) משמשות בצמותים כדי לחבר את המבנים המנתבים, שאלמלא כן ייקטעו על ידי הכבישים הצדדיים; (ג) צינורות חצויים משמשים מעבר תחת פסי מסילת ברזל שאי-אפשר למקם בהם מנהרות גדולות יותר (צילום: EU: U. Bolz); (ד) מחסום קצר מפלדה מאלץ דו-חיים לקפוץ לצינור החצוי שהונח תחת הפסים. (איור לפי EU: Müller & Berthold 1996)

7

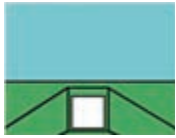
- יש לעצב את המנהרה כך שתתאים לטופוגרפיה המקומית. יש להקפיד על תכנון הניקוז כך שנגר מהכביש לא יתנקז לסביבת המנהרה ולא ייווצרו הצפות במנהרה או בכניסות אליה.

ממדים מומלצים

- רוחבה של מנהרה לדו-חיים יגדל ככל שידגל אורכה. הממדים המומלצים למנהרות בהתאם לאורך מובאים בטבלה 7.4.
- המרחק המרבי בין מנהרות הוא 45 מ' אבל מרחק של 60 מ' אפשרי אם צורתו של הגידור המנתב היא צורת משך המוביל את הדו-חיים למנהרה.
- הגובה המינימלי של הקירות המנתבים הוא 40 ס"מ, ו-60 ס"מ עבור מינים בעלי יכולת קפיצה טובה כמו צפרדעים וקרפדות.

טיפוסי קונסטרוקציה

- מבנה מרובע (box): בטון יצוק מראש. מבנה זה מועדף כיוון שהקירות האנכיים מקלים על תנועת הדו-חיים והזוחלים בתוך המנהרה.



טבלה 7.4: ממדים מינימליים מומלצים למנהרות לדו חיים ולזוחלים לפי טיפוס הקונסטרוקציה ובהתאם לאורך המנהרה (אורך המנהרה משמעו רוחבו של הכביש; היחידות הן במטרים, הממדים הם של פנים המנהרה)

ממדים מינימליים לפי האורך הממשי של פנים המנהרה (מטרים)					
קטן מ-20 מ'	30-20 מ'	40-30 מ'	50-40 מ'	60-50 מ'	טיפוס הקונסטרוקציה
1.0	1.5	1.75	2.0	2.25	מנהרה מרובעת (חלקה הפנימי) - רוחב נטו - גובה נטו
0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	
1.0	1.4	1.6	2.0	2.4	צינור (קוטר)
1.0	1.4	1.6	-	-	חצי עיגול (חלקו הפנימי) - רוחב נטו - גובה נטו
0.7	0.7	1.1	-	-	

- מבנה עגול: בטון יצוק מראש, מתכת מגולוונת, פלדה, צינורות PVC, משטחים פולימריים. פלדה אינה מומלצת בשל המוליכות הגבוהה שלה.
- מבנה מנהרה עם פתח עליון מסורג: מאפשרת תנאי תאורה ולחות טבעיים יותר בתוך המעבר. רצוי שהחלק המסורג יהיה כמכסה נפרד כך שיתאפשר לנקות ולתחזק את המנהרה.

תכנון מפורט והתאמה

קיימים התקנים ארעיים והתקנים קבועים שנועדו לאפשר לדו-חיים לנוע ולחצות כבישים. ההתקנים הארעיים מתוארים בתת-סעיף "גיוונים והתאמות נוספים".

ההתקנים הקבועים כוללים מבנה מנתב ומנהרה. המבנה המנתב מוליך את הפרטים אל מנהרה שנמצאת תחת הכביש, ודרכה הם יכולים לחצותו.

- יש למקם את המנהרה בדיוק על נתיב התנועה של בעלי החיים.
- במקומות שבהם זורם נחל, מעביר מים שיש בו אזורים יבשים לצד נתיב זרימה הוא טיפוס המעבר הטוב ביותר לדו-חיים.
- חשוב שהמבנה המנתב לא יחסום את הדרך לבעלי חיים המגיעים מכיוון הכביש.
- אם המבנים המנתבים מקבילים לכביש, על המנהרות להיות מרוחקות זו מזו מרחק שאינו עולה על 60 מ'. אם למבנים המנתבים מוליכים בצורת משפך, אפשר לשקול ריווח של 100 מ' בין מנהרות סמוכות.
- מנהרה בצינור יחיד (המכונה גם מערכת דו-כיוונית) מאפשרת לבעלי החיים לנוע בשני הכיוונים באותה המנהרה. תנועה חופשית אפשרית אם קוטר/רוחב המנהרה רחב דיו (ראו טבלה 7.4 לעיל). מערכת זו נוסתה בהצלחה, והיא מתאימה גם לחולייתנים קטנים אחרים.
- הדרישות לעיצוב ולתנאים של מיקרו-בית גידול במעבר שונות בין המינים. סבורים כי היסוס וניסיונות כושלים חוזרים ונשנים להיכנס למנהרה נגרמים בשל הבדלים בתנאי המיקרו-אקלים בין הסביבה לבין פנים המנהרה, ובמיוחד הבדלים בטמפרטורה, באור ובלחות, שאותם חווים הפרטים כהרעה באקלים המקומי. מנהרות גדולות (שקוטן מטר אחד) מאפשרות זרימה טובה יותר של אוויר וכמות אור גדולה יותר בכניסות למנהרה. מנהרות קטנות יותר יכולות להיות יעילות אם חלקן העליון פתוח ומסורג, ומגביר באופן ניכר את כמות האור והלחות החודרות למנהרה.
- תועדו דו-חיים שהשתמשו במנהרות שאורכן נע בין 7-מ' ל-40 מ'. היעילות של מנהרות ארוכות על פני כביש מהיר בן 4 נתיבים ויותר לא נבחנה.
- יש למקם את המנהרות בבסיס השיפוע המשתפל מהכביש. ככל שהמנהרה קצרה יותר הדבר טוב יותר לתנועת דו-חיים זוחלים.
- על המנהרות להיות מפולסות, ללא שיפועים מסוג כלשהו בכניסה או במעבר עצמו.
- כבישים מהירים מפוצלים על המנהרות להיבנות ברציפות תחת מפלס הכביש ולא להיפתח אל תוך המפרדה.
- דו-חיים קשורים לסביבות לחות אך אינם נעים במנהרות מוצפות, ולכן יש להקפיד על ניקוז יעיל שימנע הצפה בתוך המנהרות או בכניסה אליהן.



להלן פירוט נוסף לגבי היבטי התכנון המפורט הנוגעים לקרקע, לצומח, להתאמת הכניסות וניתוב למעברים, למיסוך הפרעות וצמצומן ולגידור.



קרקע

- יש לוודא במידת האפשר רציפות מרבית של קרקע מקומית סמוך למנהרה ובתוכה כדי לספק מצע טבעי יותר לתנועה. דו-חיים וזוחלים עלולים להיות רגישים במיוחד להיבט זה של המיקרו-תנאים (ראו גם לעיל). יש להימנע מייבוא אדמה מחוץ לתחום הפרויקט. במנהרות שחלקן העליון פתוח ומסורג אפשר להתאים את מצע המנהרה לתנאי הקרקע ולסוג הקרקע המצויים בקרבת המנהרה.
- לכיסוי קרקעית המנהרה אפשר להשתמש בקרקע חולית (או בחול בוצי).

צומח

- יש להשתדל לספק בית גידול רציף או כיסוי צומח המוביל עד קרבת המנהרה. ייתכן שיהיה צורך בשיקום צומח לאחר הבנייה כדי לשקם את תנאי בית הגידול ולספק מחסה חיוני במהלך תקופות הנדידה.
- מומלץ לספק שטח תנועה נקי מצומח לאורך המחיצה המנתבת. צומח הנמצא סמוך (ולא צמוד) לשטח התנועה מומלץ לשמר כדי לספק מחסה הולם.

התאמת הכניסות, ניתוב למעבר וגידור

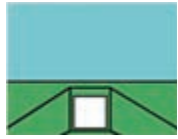
- אמצעי הגידור והניתוב למעבר חשובים במיוחד כיוון שהפרטים קטנים בממדיהם ולחלק מהמינים כושר טיפוס וניתור טובים.
- מחיצות או גדרות לניתוב מומלץ לבנות מבטון, מעץ מטופל או מחומר אטום אחר (איור 7.66 א', ג'). גדר מחומר שקוף או גדר סבכה אינן מומלצות כיוון שהדו-חיים מנסים לטפס עליהן ולעבור אותן במקום לנוע לאורכן עד לכניסה למנהרה. גובה הגדר צריך להיות לפחות 40 ס"מ (60 ס"מ עבור צפרדעים).
- מחיצות או גידור אנכיים עדיפים על פני קירות מקושטים כיוון שתחזוקת הצומח לצדם קלה יותר וכיוון שתנועת בעלי החיים לאורכם מופרעת פחות (ראו איור 7.66 ב').
- את החלק האנכי של מחיצת הניתוב חשוב לחבר אל משטח התנועה בזווית ישרה. חיבורים מעוגלים אינם מספקים ניתוב הולם.
- קצות הגדר צריכים ליצור את הצורה U כדי לנתב את תנועת בעלי החיים המגיעים לקצה בחזרה למתחם המגודר ולמנוע מהם לעזוב אותו (איור 7.66 ד').
- את החלק התחתון של המחיצה או הגדר יש לחזק לקרקע בלי להשאיר מפערים. אפשר אף להעמיק את הגדר לתוך הקרקע (בעומק שבין 5 ס"מ ל-15 ס"מ). מפערים קטנים או פגמים בחיבור לקרקע יביאו לכניסת בעלי חיים לכביש ויקטינו את יעילות הביצועים של המנהרה.
- כדי למנוע מבעלי החיים מלטפס על גדר יש להטות את שוליה העליונים כלפי חוץ, לכיוון השטח שממנו מגיעים בעלי החיים.
- אין למקם יתדות בצד המחיצה שבו נעים בעלי החיים.
- אין להשתמש בחומר מתמגנט. חומר בעל תכונות אלה עלול לשבש יכולות ניווט של קרפדות.
- יש למקם את המבנה המנתב קרוב ככל האפשר לכביש (אך מעבר לגדרות הביטחון של הכביש) כדי להקטין עד כמה שניתן את אורך המנהרה.
- כנפי הדופן של המנהרה צריכות להתחבר לכל אחת משתי הכניסות בזווית של כ-45° (איור 7.65 א'): על המחיצות המנתבות לצאת מגבול המנהרה ולהתרחק מקו הכביש כדי לנתב את בעלי החיים היוצאים ממנה אל השטח הפתוח.
- מחיצת הניתוב תעוגן בקפידה בכניסה למנהרה. בנקודות החיבור לכניסה יש להימנע מפינויות ומבליטות שיכולות לעכב את תנועת בעלי החיים לכיוון המנהרה או להפריע לה.

גיוונים והתאמות נוספים

- מומחים אחדים סבורים שאור טבעי החודר למנהרה מלמעלה יגביר את השימוש על ידי דו-חיים, ולכן ממליצים על עיצוב המשלב סבכה עליונה או חרך מסוג אחר. אין מחקרים שמוכיחים זאת בוודאות.

התקנים ארעיים

בגלל עונתיות התנועה של דו-חיים בחציית כבישים אפשר להתקין בנקודות מוגדרות לאורך תוואי הכביש מתקנים זמניים: המערכת הזמנית כוללת מחסום ארעי ומכלי איסוף (איור 7.67). המחסום הארעי נבנה על נתיב התנועה של בעלי



ב



א



ד



ג

איור 7.66: לדו-חיים נדרשים לפעמים אמצעי ניתוב נוספים: (א) מחיצה אטומה מבטון היא מבנה אופטימלי לניתוב הפרטים למעבר. (צילומים: SP: C. Rosell, Minuartia); (ב) גידור מנתב מחומר פלסטי. (צילום: US: T. Clevenger); (ג) מחיצה אטומה מיחידות מוכנות מראש היא קלה להרכבה, אך יש לתחזקה בתדירות גבוהה וקשה לכסח את הצומח לצדה. (צילומים: SP: C. Rosell, Minuartia); (ד) קצה דמוי פרסה למחיצה מאלץ את הדו-חיים לפנות לאחור, ומצמצם את מספר הפרטים שעלולים להמשיך מקצה הגדר ולהגיע לכביש. (צילום: EU: S. Zumbach)

7

החיים, חוסם בפניהם את הגישה לכביש, ומנתבם למכלי האיסוף הממוקמים בבורות שנחפרו בקרקע, שם הם מוגנים בעונת הנדידה בעלי החיים נאספים באופן קבוע בדליים ומשחררים מצדו האחר של הכביש.

חשוב לציין כי מערכת כזו מותקנת לרוב במקומות שבהם פועלים מתנדבים אשר זמינים לבדיקת הדליים באופן סדיר, וההנחיות להקמתה דומות לעקרונות להקמת ההתקנים הקבועים. מערכות אלה דורשות עבודה מרובה ושיתוף פעולה בין אנשים וארגונים רבים, בעיקר בין רשויות לבין ארגונים לא-ממשלתיים. בלי תמיכה ציבורית לא יתאפשרו שיטות אלה, שהן גם פשוטות וגם זולות.

- יש להשתמש במחסום או בגידור הארעי כדי לתעל את בעלי החיים לדליים. החומר שממנו עשוי המחסום צריך להיות אטום וחלק (פלסטיק קשיח, פוליאתילן, קנווס). לא מומלץ להשתמש בגדרות רגילות או ברשתות כיוון שבעלי החיים מסוגלים לטפס עליהן או לעבור בעדן, ולכן יכולת הניתוב שלהן מוגבלת ביותר. אין להשתמש בחומר מתמגנט כיוון שחומר בעל תכונות אלה עלול לשבש יכולות ניווט של קרפדות. המחסום מעוגן לקרקע במקביל לתוואי הכביש, ויהיה באורך שיכול לנתב את תנועתם של מרבית הפרטים הנוודים באוכלוסייה במיקום המסוים.
- גובה המחסום יהיה לפחות 40 ס"מ כדי למנוע מהפרטים לטפס עליו או לקפוץ מעבר לו (יש לשקול הגבהה ל-60 ס"מ עבור צפרדעים).
- יתדות או עמודי תמיכה למחסום אין למקם בצד שבו נעים בעלי החיים אלא בצד הכביש כדי שלא יפריעו לתנועת הפרטים.
- אם המינים ידועים ביכולת החפירה שלהם, יש לנקוט אמצעים למניעת חפירה לצד המחסום ותחתיו, למשל להטמין את הגדר עמוק יותר בקרקע או להטמין את חלקה התחתון בעומק 5-10 ס"מ.



איור 7.67: דוגמה להתקנים ארעיים למעבר דו-חיים: (א) דלי לאיסוף דו-חיים. הדלי ממוקם בקרבת הגדר כדי למנוע אפשרות שבעלי החיים יעברו אותו מבלי להילכד. (צילום: EU: P. Schlup); (ב) גליל פלסטיק אטום וחזק אפשר להציב ללא צורך ברשת תיל מייצבת, כמו בדוגמה זו מהונגריה. את העמודים יש למקם בצד המנוגד לאזור הגישה של הדו-חיים (בצד הפונה לכביש) כדי לשפר את יכולת הניתוב של הגדר. (צילום: EU: M. Puki)

- כדי למנוע מבעלי החיים מלטפס על הגדר יש להטות את השוליים העליונים החוצה, לכיוון תחום הגישה של בעלי החיים. גדר שחלקה העליון מתעגל לכיוון שממנו מגיעים בעלי החיים (המרוחק מהכביש) נוסתה והוכיחה הצלחה במניעת טיפוס על המחסום. לעומתה, נמצא כי צומח מטפס ליד הגדר סייע לפרטים לטפס ולעבור אל הכביש. מתוך כך עולה כי על הגדר להיות נקייה ממכשולים ומצומח סמוך.
 - דליי איסוף ימוקמו לצד הגדר כדי למקסם את "לכידות" הפרטים בדליים (איור 7.67א). עומקם של הדליים צריך להיות לפחות 30-40 ס"מ, ועליהם להיות טמונים באדמה כששפתם במפלס פני הקרקע. המרחק בין דלי לדלי צריך להיות 9-10 מ'. במקרים מסוימים מומלץ להשתמש בדלי בעל שוליים רחבים כדי למנוע מטריטונים, קרפדות או צפרדעים צעירים או אילניות לטפס החוצה.
 - יש למקם דליים בשני קצות הגדר כדי למנוע מפרטים לצאת מתחומה ולהגיע לכביש. לחלופין, יש להקפיד שקצות הגדר ייצרו את הצורה U כדי למזער את מספר הפרטים שעוזבים את מתחם הגדר.
 - יש לבדוק את הדליים באופן סדיר ותכוף. תדירות הביקורים תלויה במספר בעלי החיים באזור. בתקופות הנדידה הדליים נבדקים, והפרטים שבהם נאספים ומועברים לפחות פעם אחת עד שלוש פעמים ביממה. המרווח בין הבדיקות תלוי בעוצמת הנדידה. בתקופות שיא ייתכן שיהיה צורך לבדוק את הדליים מדי חצי שעה או שעה.
 - יש לרוקן מים המצטברים בדליים כדי למנוע מבעלי החיים לטבוע.
 - אם קיים חשש שעכברים וחדפים יילכדו בדליים אפשר להניח בדלי מקל צר שיסייע להם לצאת.
- התקנים ארעיים יכולים להתאים גם לתקופת הנדידה של הצעירים מאתרי הרבייה שבהם נולדו אל בתי הגידול היבשתיים, אולם השימוש בדליים אינו מתאים לפרטים הצעירים. השיטה המתאימה עבורם היא חסימת תנועתם באמצעות מחסום הנפתח מעת לעת כשהתנועה על הכביש נעצרת (הדבר אפשרי, אם בכלל, בכבישים צדדיים). במזג אוויר יבש יש להרטיב את פני הכביש כדי להקל את חציית הפרטים הצעירים.



נקודות לתשומת לב מיוחדת

- מנהרות שלהן חתך מרובע הן המומלצות מכמה סיבות: במנהרות כאלה תנועת הפרטים לאורך הקירות קלה יותר, שטח הקרקעית שלהן גדול יותר לעומת צינורות שגובהם (נטו) דומה, וקל יותר להתקין ולחבר אליהן את המבנים המנתבים בחיבור נקי וסגור היטב.
- אם משתמשים בצינורות עגולים יש למלא את תחתית הצינור בבטון כדי להגדיל את פני השטח הזמין בפועל לתנועת בעלי החיים. מצע של קרקע מקומית הוא הטוב ביותר גם אם הוא מונח על גבי קרקעית מבטון.
- השימוש בבטון למנהרה עדיף על השימוש בברזל, בפלסטיק או בחומרים אחרים.
- אם מנהרות לדו-חיים משמשות גם לניקוז יש צורך להקפיד שבשולי המנהרה יהיה תחום שנותר יבש תמיד.
- יש לוודא שמים יכולים להתנקז בקלות מהמנהרה (איור 7.68).
- **מערכת של צינור כפול:** אחת מהמערכות הראשונות שפותחה לדו-חיים כללה שתי מנהרות נפרדות. בעלי החיים נופלים למלכודות אך ורק בצד הגדר הפונה לכביש ויוצאים לאחר שחצו את הכביש במנהרה. מערכת זו יעילה עבור מיני יעד מסוימים כמו קרפדות, אך בכמה מקרים נצפתה תמותה של טריטונים וצפרדעים וקרפדות צעירות. מערכות אלה אינן מתאימות ליונקים קטנים, ולפיכך מערכות של צינור כפול (הנקראות גם מערכות חד-כיוונית) אינן מומלצות עוד.



ב



א



ד



ג

איור 7.68: מנהרות לדו-חיים – תשומת לב לפרטים: (א) בניית רמפה שאמורה להחליף את אבני השפה ולאפשר לסלמנדרות מעבר מצדו האחד של הכביש לצדו האחר, קנדה. (צילום: US: Parks Canada); (ב) מיקום של מעבר לדו-חיים כך שחלקו העליון מפולס עם פני השטח; (ג) סורג פתוח על תעלה לדו-חיים מאפשר כניסת אור ואוויר ושומר על טמפרטורת הסביבה ולחות. הסורג נמצא במפלס פני הכביש; (ד) הצפה לפני מנהרה בגלל כשל בתכנון הניקוז. (צילומים: US: T. Clevenger)

הנחיות ספציפיות למינים

לדו-חיים ולזוחלים המנהרה היא טיפוס המעבר האידיאלי. עם זאת יש לבדוק מה הם הצרכים הספציפיים של מיני היעד כיוון שהדרישות למבנה המנהרה ולפרטי המיקרו-בית גידול שונות בין המינים. יש למקם את המנהרה על נתיבי תנועה ונדידה מוכרים, במקום המתאים למין ובתחום בית הגידול המועדף. אלמלא כן הסיכוי שמיני היעד ישתמשו במעבר הוא קטן ביותר.

התאמות לקבוצות אחרות: כדי לעודד מינים שונים של חולייתנים בינוניים להיכנס למעבר יש למקם את המעבר בתוך בית גידולם המועדף או סמוך לו. יצירת מקומות מחסה ליד הכניסות וניתוב לבתי גידול סמוכים יגבירו את הסתברות השימוש במעבר. אם המנהרה גדולה, מחסה שמונח לאורך אחד מדופנותיה הפנימיות יעודד את השימוש במעבר. שימוש של מינים שוכני בתי גידול לחים (חצי אקוויטיים) במעבר יגבר אם המעבר ימוקם סמוך לבתי גידול לחים ואם הניתוב בכניסה אליו (כמו גידור או משוכות שיחים) יסייע לקשר את המעבר לבתי גידול אלה.

תחזוקה ובדיקה

מעברים רבים אינם פועלים בגלל היעדר תחזוקה נאותה וסדירה. יש להפנות תשומת לב מיוחדת לשלמות מחיצות הניתוב ולהסרת מכשולים במנהרה ובכניסות אליה.

- דרושות בדיקות תקופתיות כדי לוודא שהמעבר נגיש ושאינו מכשולים במנהרה או לידה. ביקורות נוספות נדרשות אחרי אירועים של גשם כבד.
- יש לשים לב במיוחד אם המנהרה לא נסתמה ממים, מסחף או מפסולת, ואם תחתית המעבר בנקודת הכניסה אליו אינה גבוהה מפני הקרקע הסמוכה, מה שעלול למנוע כניסה של חלק מהמינים.
- יש לבדוק ולתחזק את המחיצות המנתבות באופן תקופתי, ובמידת הצורך לתקן. מחיצת ניתוב שבורה עלולה לאפשר לבעלי החיים מעבר לכביש.
- לצורך תחזוקה ובדיקה של מנהרה קטנה חשוב שיהיה חרך שיאפשר הן בקרה והן סילוק של מכשולים.
- יש לגזום מינים עשבוניים עד מרחק של 60 ס"מ מקו המחיצה המנתבת בצד שבו נעים הדו-חיים. משימה זו חשובה בתקופת הנדידה, ותיעשה לפי התזמון המתאים לנדידה של מין היעד.



חשוב לנטר את תפקוד המעבר ולפעול במידת הצורך לבקרה ולשיפור המצב: יש לנטר את פעילות מיני היעד במעבר ובסביבתו ולתעד גם כל פעילות אנושית שעלולה להשפיע על השימוש של בעלי החיים במעבר. שילוב בין שני סוגי המידע יאפשר הבנה מרבית של תפקוד המבנה ושל האמצעים הנדרשים, במידת הצורך, לשיפור יעילות תפקודו, אך חשוב להגדיר כבר בשלב התכנון את מקורות התקצוב לכך. הניטור יכול לכלול שילוב של שיטות שיספקו מידע נרחב ומקיף הנדרש לצורך קבלת החלטות (למשל מעקב אחר דריסות; יש לבחון אם שימוש בפסי טשטוש, ב"כריות דיו" ובמצלמות הן שיטות המתאימות למינים אלה, ראו פרק 9).



למעלה: חרדון סיני, למטה: אילנית. (צילום: רון פרומקין)

למשתמשים בכביש, התנגשות בין יונקים גדולים או בינוניים לבין כלי רכב היא לרוב ההשפעה המוכרת ביותר שיש לתנועת כלי רכב על בעלי החיים. אולם גורמים אחרים הקשורים לתשתיות התחבורה עלולים לגרום למותם של בעלי חיים נוספים, ואלה מוכרים פחות לציבור: כמות לא מבוטלת של בעלי חיים קטנים יותר נדרסים אף הם למוות בכבישים, עופות דורסים מתנגשים בכבלים, יונקים קטנים נלכדים בניקוזי ביוב, חרקים נמשכים לתאורה שבכביש, חולייתנים קטנים לעתים אינם יכולים לצאת מתעלות שגדותיהן תלולות וכו'.

בסעיף זה נציג מגוון אמצעים המיועדים לצמצם את מספר בעלי החיים הנהרגים בתשתיות תחבורה ובקרבתן. בסעיף לא יוצג פירוט מלא של כלל האמצעים הזמינים כיום, שכן בכוונתנו בעיקר להסב את תשומת הלב למיני מלכודות שעלולות לגרום למוות מיותר של בעלי חיים, ולהציע דרכים שיאפשרו להימנע מכך.

7.4.1 גידור

תיאור כללי ומטרות

גדרות מותקנות כדי למנוע מבעלי חיים את הגישה לכביש. בעולם מטרותן הראשית היא לרוב צמצום מספר תאונות הדרכים שנגרמות בגלל התנגשות של יונקים גדולים עם כלי רכב, תאונות שעלולות לעלות בחיי אדם ולגרום נזק כבד לרכוש, אך מטרה נוספת היא צמצום מספר בעלי החיים הקטנים שנדרסים למוות בכבישים.

החיסרון בגדרות הוא שהן מגבירות את אפקט החיץ. הן מגבילות את הקישוריות ואת הנגישות למשאבים חשובים לפרטים, ומתוך כך אף פוגעות ביכולת ההישרדות של אוכלוסיות לטווח ארוך. לפיכך התקנת גידור צריכה להיות חלק מאסטרטגיה משולבת המצמצמת תמותה מצד אחד ומגבירה קישוריות מהצד האחר. במקומות שבהם מותקנות גדרות או מוצבים מחסומים אחרים, יש לוודא שלמינים המושפעים מהם יש די אפשרויות והזדמנויות לחצות את תוואי התשתית. במרבית המקרים מומלץ לשלב גידור עם התקנת מעברים לבעלי חיים ומעברי רצף. במקרים אלה הגדרות ממלאות תפקיד כפול: הן מונעות תמותה ואף מנתבות את בעלי החיים לנקודות החצייה האפשריות. יש להקפיד שהגדרות יהיו בלתי חדירות למיני היעד כדי לוודא שיעשה שימוש רצוי במעברים.

במקרים שבהם השיקול להתקנת הגדרות אינו בטיחות הנסיעה בכביש, יש להתקין רק במקומות שבהם שיעור התמותה של בעלי החיים עלול לסכן את קיומן של האוכלוסיות, שאלמלא כן בטווח הארוך השפעות החיץ על הישרדות האוכלוסיות עלולות להיות חמורות יותר מאשר תמותה מדריסה. ההמלצות המפורטות להלן נוגעות למקרים שבהם הוחלט שיש צורך בגידור, ובמיוחד כשיש צורך להתאים את הגדר למיני יעד מסוימים.

מיני יעד

חשוב לזכור כי כשמיני היעד לגידור הם יונקים בינוניים וגדולים – בעיקר פרסתנים וטורפים – מצב זה מחייב טיפוס מסוים של גידור, ואילו כשמיני היעד הם חולייתנים קטנים ומינים אחרים שאינם מעופפים – מצב זה מחייב טיפוס גידור שונה כדי להבטיח את יעילותו. עוד על כך נרחיב להלן.

הנחיות כלליות ומיקום

- ככלל, יש להתקין גדרות שמטרתן להרחיק בעלי חיים מהכביש רק במקומות שבהם מספר הפרטים הנדרסים למוות הוא גבוה או במקומות שבהם הסכנה לתאונות הנגרמות בגלל התנגשויות עם בעלי חיים היא גבוהה. על פי רוב תנאים אלה מתקיימים בכבישים מהירים, אך ההתוויות לגידור תלויות במשתנים אחדים הקשורים למיקום המדויק, לאופי השטחים הסמוכים ולנפח התנועה בכביש במקטע המסוים.
- יש לשקול התקנה של גדר בכבישים שנפח התנועה בהם עולה על 25,000 כלי רכב ליום. בכבישים עם נפחי תנועה נמוכים יותר יש לגדר רק בנקודות מובחנות שבהן הסכנה גדולה.
- חשוב לבדוק אם קיימים בנוף הסובב גידור או מחסומים נוספים לבעלי חיים, זאת כדי להימנע מיצירת מלכודות בין שתי גדרות מקבילות, וכדי לצמצם את מספר קווי הגידור ככל האפשר.
- גדרות יש להתקין תמיד משני צדיו של כביש. במקומות שבהם רק מקטע מהכביש מגודר יש להרחיב את התחום המגודר ב-500 מ' ויותר מעבר לתחום שהותווה מלכתחילה כאזור סכנה. נקודות הסיום של הגדר מסוכנות לבעלי החיים, שכן בנקודות אלה הם יכולים לעקוף את הגדר ולהילכד בכביש. מסיבה זו רצוי לחבר את הגדר בשני קצותיה למבנה, למשל גשר.
- בכבישים שהתנועה בהם מעטה יחסית אפשר לפעור בגדר פתחים במקומות שבהם בעלי החיים יוכלו לחצות בקלות ושבהם בעלי החיים החוצים יראו היטב לעיני הנהגים.
- באזורים שבהם בתי הגידול הטבעיים לבעלי החיים התמעטו לכדי כתמים קטנים, חשוב לשמר את הזמינות

הפוטנציאלית של כל כתם כזה עבור בעלי החיים: יש למקם גדר קרוב ככל האפשר לכביש כדי למזער את השטח שאינו זמין לבעלי החיים לאורך השוליים, וכך לאפשר להם להשתמש בשוליים כבית גידול או כמסדרון תנועה. עם זאת, במיקום הגדר ביחס לכביש חשוב מאוד להתחשב גם בהיבטים של בטיחות הנסיעה ותחזוקת הכביש.

- כשכביש נבנה על סוללה בעלת שיפוע גדול או בשולי חציבה, עדיף לא למקם את הגדר במקום הנמוך ביותר אלא במרכז השיפוע או בראשו, בהתאם לתנאים במקום.
- יש למקם את הגדרות בהתחשב במיקומם של מעברים לבעלי חיים ושל נקודות חצייה אפשריות אחרות לבעלי חיים. הכרחי להקפיד על כך שגדרות לא יחסמו את הכניסה למעברים ולא יהוו מלכודת אלא יובילו את בעלי החיים למעבר (ראו סעיפים 7.2 ו-7.3).
- כדי לצמצם את מספר בעלי החיים החודרים אל התשתית חשוב להפנות תשומת לב מיוחדת לנקודות מפגש בין גידור לבין כבישי גישה החוצים את תוואי התשתית. לדוגמה, במפגש של כביש עם כבישים אחרים אפשר להתקין מעברי בקר, ובמפגש של כביש עם שבילי גישה – שערים בעלי מנגנון סגירה קפיצי.
- נהוגים שני טיפוסים עיקריים של גידור:

א) גידור רצוף לאורך תוואי של כביש מהיר. יתרונו הוא בהיותו רצוף, משמע בכך שיש לו פחות נקודות סיום, ולכן גם מזמן פחות בעיות בניהול תנועת בעלי החיים. חסרונותיו הם בשערים המיוחדים שהוא מחייב בכניסה לכבישי גישה צדדיים, ועלויות גבוהות יותר.

ב) גידור חלקי, לא רצוף. שכיח יותר בכבישים שבהם נפח התנועה נמוך יותר, במרחב כפרי. כשיש שימושי קרקע מעורבים לעתים הוא הפתרון היחיד האפשרי, ובכך יתרונו. חסרונותיו בריבוי מקטעי גדר, כלומר בריבוי נקודות סיום, ובצורך למצוא פתרונות נוספים במקטעים שאינם מגודרים.

ממדים, תכנון מפורט והתאמה

גדרות רגילות לבעלי חיים עשויות מסבכה (רשת) המחוברת לעמודי תמיכה. גובה הגדר וממדי המפתחים בסבכה תלויים במיני היעד. כדי שהגדר תהיה מחסום יעיל, יש להקפיד על כמה מאפיינים:

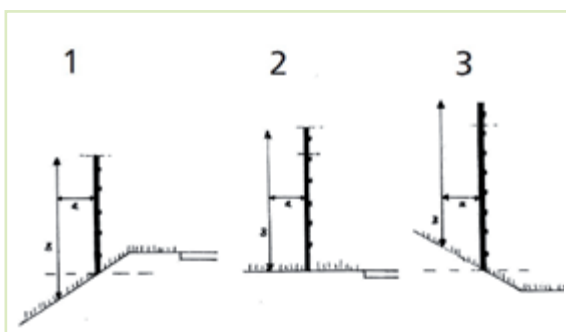
- שגובהה לא יאפשר לבעלי החיים לקפוץ מעליה.
 - שהסבכה לא תאפשר מעבר של בעלי חיים בעד לחורי הרשת.
 - שהסבכה תהיה מקובעת, כך שבעלי החיים לא יוכלו לעבור תחת הגדר.
- גדר חשמלית יקרה לתפעול ודורשת פיקוח ותחזוקה תכופים. גדר כזו אינה פתרון למקטעי כביש ארוכים, אך אפשר לשקול שימוש מקומי בפתרון זה כמענה לסיכון גבוה של מינים בסכנת הכחדה. אפשר להשתמש בה גם באופן זמני כדי לאלץ חיות לשנות את הרגליהן לאחר בניית כביש חדש.

גובה

- גובה הגדר נקבע לפי נוכחות מיני פרסתנים (אם מינים מסויימים אמנם נמצאים בשטח) ולפי יכולות הניתור שלהם: צבי, אייל אציל ויחמור אירופי – גובה מינימלי 2.2 מ' (רצוי 2.6-2.8 מ'); אייל הכרמל וחזיר בר – גובה מינימלי 1.5 מ' (רצוי 1.6-1.8 מ'). ראו פירוט ממדים בטבלה 7.5.
- יש להתאים את גובה הגדר לפני השטח. את גובה הגדר מודדים מן הצד שבו מתקרבות החיות אל הגדר (ראו איור 7.69). חיוני לבצע תיקון כזה בעיקר בשטח שבו בעלי החיים מתקרבים במורד גבעה.
- באזורים שירד בהם שלג יש לוודא שהגובה המינימלי של הגדר יישמר גם כשנערם שלג על הקרקע.

ממדי הרשת

- לגידור סטנדרטי מומלץ להשתמש בגדרות שבהן חורי הרשת עד מחצית גובהה או בשליש התחתון שלה קטנים יותר מחורי הרשת שבחלקה העליון (גדר רשת קלועה פרוגרסיבית/גדר אוסטרלית פרוגרסיבית, איור 7.70). יש להקפיד שהמרחק בין החוטים המאזנים בסבכה יהיה 5-15 ס"מ בחלקה התחתון של הגדר ו-15-20 ס"מ בחלקה העליון, ושהמרחק בין החוטים המאזנים יהיה 15 ס"מ. גדר המיוצרת לפי דרישות המזמין בנויה כך שחלקה התחתון מונע מעבר של מגוון בעלי חיים, ואילו חלקה העליון המרווח יותר יוצר



איור 7.69: הגובה המינימלי של גדר נמדד מהצד שבו מתקרבים אליה בעלי החיים: כשהכביש נמצא על סוללה (1), הגדר יכולה להיות נמוכה יותר מהנדרש במצב שטוח (2), ואילו כשהכביש בחפירה (3), על הגדר להיות גבוהה יותר מאשר במצב שטוח (2). (על פי EU: Muller & Berthous 1996)

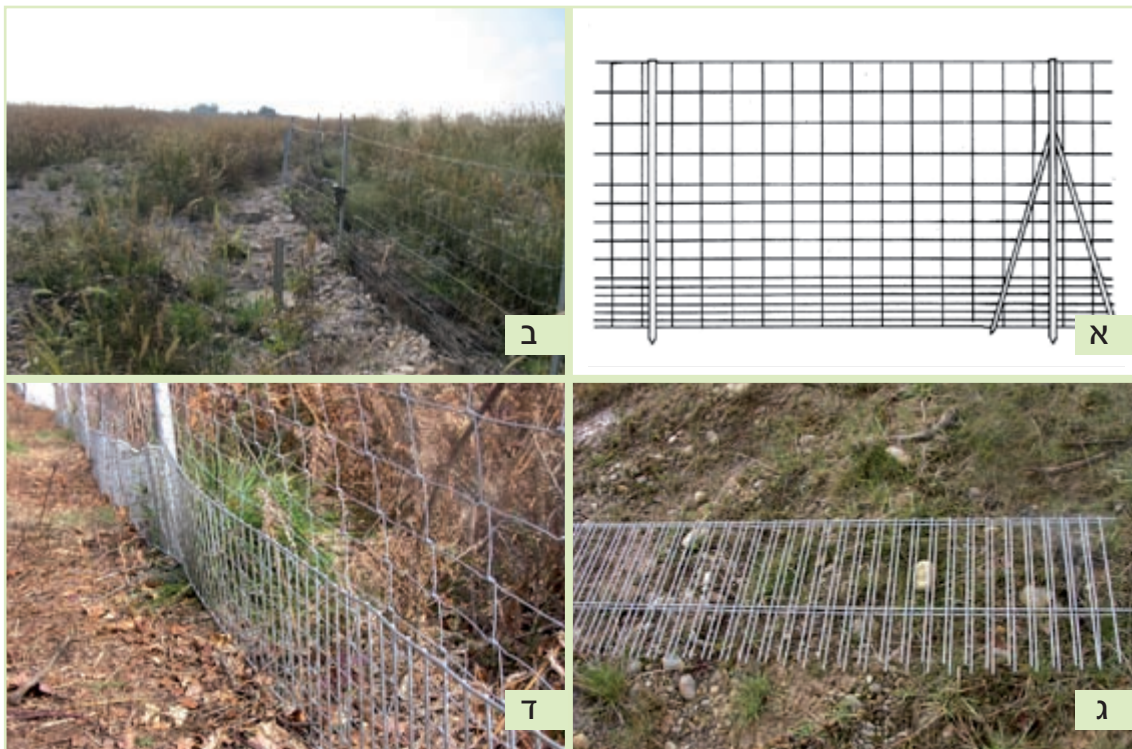


טבלה 7.5: ממדים מומלצים לגדרות עבור מיני יעד שונים

מין היעד	גובה הגדר (במטרים)	רוחב המפתח של עיני הגדר (בס"מ)	הערות
צבאים ואיילים	2.2-1.8 מינימלי 2.8-2.6 מומלץ	20-15 בממד אופקי 15 בממד אנכי	עובי החוט 1.9-2.5 מ"מ
חזיר בר	1.5 מינימלי 1.8-1.6 מומלץ	20-15	יש להטמין את הגדר בקרקע בעומק 40-50 ס"מ
גירית מצויה	1	2.5 בממד אופקי 5 בממד אנכי	כנ"ל
דו-חיים	0.6-0.4	מחסום אטום וחלק	מינים שונים יכולים להיאחז ברשת ולטפס עליה. חיץ חלק סינתטי (HDPE) עדיף במקרים מסוימים. אפשר להטמין בקרקע בעומק 10-15 ס"מ
יונקים קטנים	0.6-0.4	1X1 - 4X4	החלק העליון של הרשת מקופל כלפי חוץ
דלק וסמור	1.2	מחסום אטום וחלק	שוליים מופשלים כלפי חוץ

שילוב בין חסימת המעבר לבין שקיפות גדולה יותר (ראו דוגמאות אחדות באיור 7.70). כבישים מהירים מגודרים לרוב בגדר קלועה או מולחמת. בכביש 6 נעשה שימוש בגדר קלועה, אוסטרלית פרוגרסיבית עם מקטע טמון באדמה.

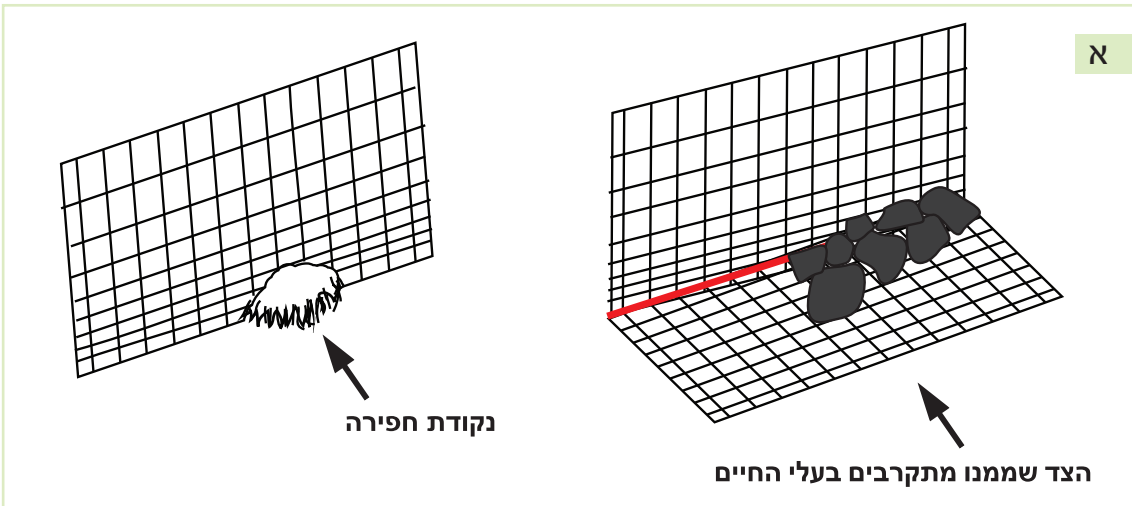
- קוטר החוטים צריך להיות לפחות 2.5 מ"מ וחשוב שהם יכולו חומר שאינו מחליד, למשל חוט מגולוון. עם זאת חשוב לציין שגיריות, לדוגמה, מסוגלות לבתק לעתים את חוטי הגדר ולאפשר בכך לבעלי חיים נוספים לחדור בעד הפתח.
- באזורים שירוד בהם שלג יש לחזק את החוט העליון של הרשת בכבל שיכול לשאת את משקלו של השלג הנערם עליו.



איור 7.70: דוגמאות לטיפוסי גידור שונים: (א) גדר רשת פרוגרסיבית (גדר אוסטרלית פרוגרסיבית): גודל העין קטן יותר בתחתית הגדר ומונע מבעלי חיים קטנים לעבור דרכה. (EU); (ב) גדר רשת פרוגרסיבית הממשיכה משולי הכביש אל שולי מעבר רצף ותוחמת אותו. מימינה מיסוך באמצעות סוללת עפר מוגבהת. (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ג) חיזוק רשת של גדר חשמלית; (ד) חיזוק רשת למניעת מעבר של חזירי בר במקטע בעייתי במיוחד. (צילומים: SP: C. Rosell, Minuartia)



איור 7.71: דוגמאות לשילוב בין סוגי סבכה - גידור משולב למניעת מעבר של כמה מיני יעד: (א) שילוב בין רשת רגילה לבין רשת צפופה יותר בצד החיצוני של גדר, חיזוק המסייע במניעת מעבר של חולייתנים קטנים. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ב) שילוב בין הגבהה למניעת ניתור של איילים לבין חיזוק בתחתית למניעת מעבר של חולייתנים קטנים. כשיש צורך לחסום את המעבר גם לדו-חיים ולזוחלים אפשר לשלב בין גדר אוסטרלית לבין גדר צפופה יותר בתחתית ולבין משטחים אטומים ששוליהם פונים החוצה והם טמונים באדמה עד 40 ס"מ. (צילום: SP: M. Fernández Bou, Minuartia)



איור 7.72: גידור עם "שמלה" מצמצם את האפשרות שבעלי החיים יעברו תחת הגדר: (א) מימין - גדר קלועה עם "שמלה". חלק מהגדר (כ-50 ס"מ) מונח על פני הקרקע או מוטמן בתוכה ומחוזק באדמה ובאבנים. יונקים ינסו לחפור בנקודת הכיפוף (מסומנת באדום); משמאל - גדר קלועה בלי "שמלה". בעלי החיים חופרים בנקודת המגע בין הגדר לקרקע; (ב) הנחת ה"שמלה" בזמן הקמת הגדר. במקרה זה השוליים לא נקברו בעומק רב; (ג) הנחת גידור פרוגרסיבי עם "שמלה" המתחבר בהמשך ל"כנפיים" של הכניסה למעבר התחתית. (צילומים: רון פרומקין)

• במקומות שבהם פני הקרקע אינם ישרים יש להחליקם כדי להימנע מיצירת מפערים במפגש בין הגדר לפני הקרקע בגלל שקעים בקרקע. תשומת לב מיוחדת חשוב להפנות למקומות שבהם הגדר חוצה תעלות. יש מקומות שבהם מוסיפים גידור כדי להתאים את הגדר ולחסום בסבכה גם את התעלה. בחברה הלאומית לדרכים חל איסור על חסימת תעלות ניקוז בגדר רשת כיוון שגדר כזו מהווה מלכודת לפסולת ולסחף, עלולה למנוע זרימה חופשית של מים ואף להביא לסחיפת גדות או גדר בעוצמות זרימה חזקות.



ב



א



ד



ג



ה



ו

איור 7.73: דוגמאות לאופני התקנה שונים של גידור: (א) חיבור מדויק ואוטם של גידור לקיר בטון בתחילת גשר. (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ב) גידור צמוד והרמטי סביב פתחו של מעבר תחתית לחולייתנים קטנים. (צילום: US: T. Clevenger);

התקנה לא נאותה של גידור:

(ג) סגירה לא הרמטית של הגידור המאפשרת כניסה לתוואי הכביש. (צילום: SP: F. Navàs, Minuartia); (ד) הגידור אינו מוביל את בעלי החיים ההולכים לאורכו אל המעבר התחתית. (צילום: SP: M. Fernández Bou, Minuartia); (ה) הגידור צריך להקיף את כל הפתח למעבר התחתית ולא לאפשר כניסה מעל המעבר לשיפוע הסוללה ולכביש. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ו) שילוב לקוי בין גדר אוסטרלית לבין מעקה עמודים במדרון: הגדר הצפופה אינה מגיעה לקרקע ומותירה מפתחים רבים שדרכם יכולים לעבור גם יונקים בינוניים כמו שועל, תן, דרבן וגירית. (צילום: רון פרומקין)

7

- במקומות מסוימים אפשר להשתמש בגדר חשמלית. גדר זו היא אמצעי יעיל להרחקת יונקים גדולים מהכביש, אך בהתקנתה מעורבים שיקולים נוספים של בטיחות הציבור.
- יש לקבע את הסבכה בצד החיצוני של עמודי התמיכה (בצד שאינו פונה לכביש אלא לשטח הפתוח), זאת כדי למנוע מצב שבו הרשת תינתק מהעמודים אם יתנגשו בה בעלי חיים גדולים.
- אפשר לשלב בין כמה סוגי סבכה לפי הצורך (איור 7.71).



איור 7.74: פתחי מילוט לבעלי חיים שנלכדו בצדה של הגדר הפונה לכביש: דוגמאות מזרח ספרד לרמפות המאפשרות ליונקים לנתר אל מעבר לגדר: (א) יציאה פשוטה הבנויה מערמה של בולי עץ, מיועדת ללינקס; (ב) קרקע משופעת, "מקפצה" המיועדת למינים אחרים של בעלי חיים. ליציאת חזירי בר שנלכדו ברצועת הכביש אפשר למקם בחלקה התחתון של הגדר שער חד-כיווני (מעץ או ממתכת, יכול להיות מופעל קפיץ). (צילומים: EU: H. Bekker)

- חשוב להקפיד שחלקה התחתון של הגדר יהיה מחוזק לקרקע כדי למנוע מבעלי החיים לזחול ולעבור תחתיו. למניעת כניסה של בעלי חיים החופרים תחת הגדר מומלץ ליצור לגדר "שמלה" – להניח חלק מהגדר על הקרקע או לטמון אותו בשקע חפור ומכוסה באדמה או באבנים. חשוב ששולי ה"שמלה" יהיו מופנים כלפי הצד שממנו מגיעים בעלי החיים. הנחת ה"שמלה" וכיסויה באבנים בלבד אינו מונע תמיד חפירה ומעבר של בעלי חיים. מומלץ לחפור ולהניח את ה"שמלה" בשיפוע כלפי מטה, כך שבעל החיים המתחיל לחפור תחת הגדר ייתקל בשולי השמלה (איור 7.72). הטמנה של שולי הגדר בעומק הקרקע יכולה להיות הכרחית באזורים שיש בהם גיריות או חזירי בר.
- אם גדר כבר קיימת ותחתיתה אינה מוטמנת בקרקע, אפשר להצמיד לה גדר רשת קלועה ברוחב של כ-1 מ', ואת שוליה לטמון בקרקע בזווית של 45° ובעומק של 50-100 ס"מ.
- יש לשים לב לגימור ההתקנה ולאופן החיבור של הגדר לעמודים ולמבנים בנקודות הסיום (איור 7.73).

עמודי התמיכה

- בישראל מקובל להשתמש בעמודי תמיכה ממתכת, אך אפשר להשתמש גם בעמודי תמיכה מעץ. עמודי עץ צפויים לשרוד ולתפקד לכל היותר 20-30 שנה.
- על העמודים להיות חזקים דיים כדי לעמוד בעוצמת ההתנגשות של בעל החיים שעלול לרוץ אל הגדר. העובי של עמודי הקצה צריך להיות לפחות 5-7 ס"מ (מתכת) או 10x10 ס"מ / קוטר 12 ס"מ (עץ). עמודי התמיכה האמצעיים יכולים להיות דקים יותר. יש להחליף עמודים שניזוקו.
- יש לקבע בקרקע את כל עמודי התמיכה (בעומק כ-70 ס"מ או יותר, תלוי בסוג הקרקע).
- כשמדובר בצבאים ובאיילים המרחק המומלץ בין העמודים הוא 4-6 מ' (ועד 10 מ' בשטח מישורי); כשמדובר בחזירי בר המרחק המרבי הנדרש הוא עד 4 מ' בלבד.

שיקולי גידור נוספים הנוגעים לבעלי חיים קטנים

- מרבית סוגי הגידור המונעים מעבר של יונקים גדולים אינם מונעים מעבר של חולייתנים קטנים, ולעתים אף לא של יונקים בגודל בינוני; לאלה נדרש גידור של סבכה צפופה יותר.
- גידור שנועד להרחיק מהכביש בעלי חיים קטנים (דו-חיים, זוחלים, יונקים קטנים) יש להציב רק כשהוא משולב במעברים לבעלי חיים. אלמלא כן, אין להרחיק לחלוטין בעלי חיים קטנים משולי הכביש, כיוון שאלה הם לעתים בתי גידול מתאימים עבורם ואף משמשים עבורם מסדרונות תנועה אורכיים (ראו פרק 3). מוצדק להרחיק מינים כמו צבים ולטאות מסביבות הכביש רק במקרים שבהם נצפית תמותה גבוהה.
- כדי להרחיק בעלי חיים קטנים מהכביש אפשר להצמיד לגדר הרגילה רשת נוספת (איור 7.71).
- בהתאם למיני היעד, על גודל העין להיות בטווח שבין 1x1 ס"מ ל-4x4 ס"מ. גובה רשת זו צריך להיות 40-60 ס"מ. במקרים שבהם קיים חשש שבעלי חיים יטפסו מעל רשת זו יש להפנות את חלקה העליון כלפי חוץ ולמטה. אם נדרש להטמינה בקרקע – עומק של 15-20 ס"מ הוא מספק.
- מומלץ להתקין גידור שנועד להרחיק מהכביש בעלי חיים קטנים במקטעים שבהם נצפתה דריסה מוגברת של מין יעד מסוים. על הגידור להיות ממוקד בעיה כדי שלא יצמצם באופן גורף קישוריות ותנועה של מינים אחרים שאינם מיני היעד.
- עבור דו-חיים מומלץ להתקין מחסומים אטומים במקום גדרות רשת, כפי שמפורט בסעיף 7.3.7.
- עבור סמור ודלק מומלץ להתקין גדר שגובהה עד 1.2 מ', וכ-25 ס"מ מחלקה העליון מופשלים כלפי חוץ ולמטה.

פתחי מילוט

במקומות שיש בהם סכנה שבעלי החיים יילכדו בתחום הכביש המגודר, במיוחד אם הכביש אינו מגודר לכל אורכו, יש לספק פתחי מילוט כדי שבעלי חיים שנקלעו לצד הגדר הפונה לכביש יוכלו להשתחרר ולחזור לשטח הפתוח.

באירופה ובצפון אמריקה יש טווח רחב של שערים חד-כיווניים, משטחי ניתור ופתרונות אחרים ספציפיים למיני יעד שונים, בעיקר לפרסתנים גדולים ולטורפים. ככלל, עדיף להימנע ממתקנים מכניים כמו דלתות למיניהן (אלה עלולים להתקלקל או להישאר פתוחים) ולספק משטחי ניתור (ראו איור 7.74).

גיוונים אפשריים

- גדר נמוכה יותר מהגובה המומלץ לעיל אפשר להתקין כששיקולים נופיים מכתובים זאת ומיני היעד בסביבה אינם מסוגלים לעבור מעליה.
- נטיעה של שיחים או של עצים לפני הגדר יכולה לסייע לשילוב הגדר בנוף.

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- גדרות הן מחסומים יעילים עבור מרבית המינים אך לא עבור כולם: גדרות רשת מונעות ביעילות גישה מפרסתנים כמו צבאים, חזירי בר ואיילים, ארנבות ומינים אחרים שאינם בעלי יכולת חפירה טובה או יכולת טיפוס טובה. מיני סמוריים ומינים לא מעטים נוספים יכולים לטפס על מרבית הגדרות. מינים בעלי יכולת חפירה כמו גיריות ושועלים יכולים לפלס לעצמם דרך תחת הגדר אם זו אינה מעוגנת בעומק הקרקע בעזרת "שמלה", ולעתים גיריות יכולות לקרוע פתחים בגדר עצמה.
- נקודות הסיום של גדר הן, כאמור, מקומות שבהם מתנקזת תנועה של בעלי החיים אל הכביש. הבעייתיות שנקודות הסיום האלה יוצרות מורגשת במיוחד בפרק הזמן שלאחר התקנת הגדר. ככלל, רצוי שכל מקטע גדר יסתיים במעבר לבעלי חיים. אם הדבר אינו אפשרי, חשוב לתכנן את סיום הגדר במקום הכי פחות מתאים לחצייה, למשל, במקום שהפעילות האנושית בו רבה יותר. חשוב לסיים גדר במקטע של כביש ישר כדי שהנהגים יוכלו לראות מרחוק בעל חיים שנכנס למסלול הנסיעה ולהגיב מבעוד מועד.
- במקומות שבהם מותקנים בגדר שערים המאפשרים גישה לכביש, יש להקפיד על מרווח קטן ככל האפשר בין השער לבין הקרקע ובין השער לבין הגדר המחוברת אליו. רצוי להתקין לשער בסיס מוטון המונע חפירה תחת השער (איור 7.75).



איור 7.75: בסיס מוטון תחת שער בגדר: (א) אמצעי זה מומלץ למניעת חפירה תחת השער (צילום: US: T. Clevenger); (ב) שער שירות שמאפשר הידחקות או חפירה וכניסה תחתיו; (ג) אין די בביסוס השער במוטון (מסומן בעיגול): אם הגדר אינה מעוגנת בקרקע ב"שמלה", ייתכן מעבר של בעלי חיים תחת הגדר לצד השער (נתיב תנועה העובר תחת הגדר מסומן בקו). (צילומים: תמר אחירון-פרומקין)

- שורה צפופה של שיחים הנטועים קרוב לגדר מצדה החיצוני יכולה למנוע מיונקים לנסות לזנק מעבר לגדר. אין להשתמש לצורך זה במיני צמחים שיכולים למשוך בעלי חיים להיזון מהם.
- יש להקפיד כי כל טיפוסים המעברים (כולל הגשרים הקטנים, המעברים התחתיים, מעברי המים ואפשרויות אחרות לשימוש משולב כמעברי בעלי חיים לאורך כביש מהיר) יהיו נגישים לבעלי החיים מצדה החיצוני של הגדר.
- במקומות שבהם דרכי גישה צרות מחייבות לפתוח בגדר פתחים, אפשר להשתמש במחסומי בקר כדי לחסום את המעבר לבעלי חיים גדולים, ולהקפיד למנוע אפשרות מעבר בשולי המחסום (איור 7.76). עם זאת חשוב לציין שרשת כזו עלולה להיות מלכודת מסוכנת לבעלי חיים קטנים. לפיכך יש להתקין יציאות מילוט בתחתיתו של מחסום כזה, למשל פסים משופעים המגיעים עד פני השטח ושטח פניהם מחוספס וקל לטיפוס.

הנחיות ספציפיות למינים

- גידור שנועד למנוע מגיריות ומחזירי בר גישה לכביש - ראו פירוט לעיל.
- גידור אטום שנועד למנוע מדו-חיים גישה לכביש - ראו פירוט בסעיף 7.3.7.

תחזוקה ובדיקה

תחזוקה של גידור לצד מקטעי כביש ארוכים אינה עניין של מה בכך. בישראל הניסיון הראה לא פעם שקטעי גדר רבים נפרצים או נעלמים לאחר התקנתם. אם הוחלט שיש צורך לגדר מקטע כביש מסוים כדי לחסום כניסת בעלי חיים לכביש מסיבות בטיחות או לשם מניעת תמותה, במקרה כזה יש חשיבות רבה להקפיד על תחזוקה ובדיקה של הגדר שהותקנה במקטע זה.

- בבדיקת הגדר יש לשים לב באופן מיוחד ל:
 - חורים (יש לתקנם מיד)
 - חיבור לעמודי התמיכה
 - חיבור ומפגש עם הקרקע
 - שבילי הליכה וחפירות המעידים על מעבר סדיר של בעלי חיים תחת הגדר
 - נעילה של שערים
- יש להקפיד לבדוק גדרות באופן שגרתי כחלק מתחזוקת הכביש, לפחות פעם בשנה ובתכיפות גבוהה יותר בשנה הראשונה שלאחר ההקמה. באזורים שבהם מוכרת תופעה של פגיעה בגדרות או גבתן מומלץ להתאים את תדירות הבדיקה לפי הצורך.
- אם נגרם לגדר נזק על ידי כלי רכב לאחר תאונה או בעקבות סערה יש לתקנה באופן מיידי.
- יש לשים לב למקומות שיש בהם סחף קרקע, הצפות ושיטפונות.



איור 7.76: שימוש במעברי בקר לצד גידור בנקודות שבהן כביש צדדי פוגש כביש ראשי: (א) בדרך חקלאית. דוגמה מדנמרק. (צילום: EU: B. Wandall); (ב) ביציאה מהכביש הראשי לדרך הפונה למעבר עילי רב-שימושי בשוויץ. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

7.4.2 אמצעי הרתעה ואזהרה

אמצעי הרתעה מלאכותיים

אמצעים אלה נועדו להרחיק יונקים גדולים מכבישים כדי לצמצם את כמות ההתנגשויות בכלי רכב. אמצעים אלה משמשים בעיקר במדינות שיש בהן פרסתנים גדולים מקבוצת האיילים, שכן התנגשות בהם כרוכה בסכנת חיים. מערכות ההרתעה מבוססות על שימוש באמצעים אופטיים (מחזירי אור ומראות, איור 7.77), באמצעים אקוסטיים (שימוש בקולות שאמורים להרתיע מינים מסוימים) או בחומרים מבוססי ריח (של אויבים טבעיים כן שהפרטים יחושו סכנה), אך היעילות של מרביתם מוגבלת למדי.

שלטי אזהרה

אמצעים אלה נועדו להשפיע על התנהגות הנהגים כדי לצמצם את מספר התאונות עם בעלי חיים גדולים ואת חומרתן.



איור 7.77: מחזיר אור שנועד להחזיר את אורות כלי הרכב לסביבת הכביש כדי להרתיע את בעלי החיים מלהתקרב לכביש: דוגמה מהונגריה (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

שלטי אזהרה ממוקמים במקומות שבהן תאונות עם פרסתנים חוזרות ונשנות. במדינות אירופה מותקן שילוט שמפנה את תשומת הלב גם לדו-חיים, לעופות מים ולקבוצות מינים אחרות.

עם זאת, מחקרים הראו שהשילוט אינו משפיע על הנהגים במידה רבה ואינו מביא להאטה הרצויה במהירות הנסיעה, ולפיכך פותחו שיטות נוספות להגדלת יעילותו:

- מיקום שלטי אזהרה רק במקומות שקיים בהם סיכון גבוה להתנגשויות, שכן נמצא שככל ששלטים כאלה הם נפוצים יותר, נהגים נוטים פחות ופחות להתייחס אליהם.
- הצבת שילוט רק בעונות קריטיות בשנה כדי להביא נהגים להפנות אליהם תשומת לב רבה יותר.
- נמצא ששילוב בין שלטי אזהרה לבין הגבלה של מהירות הנסיעה יכול להיות יעיל יותר.
- נמצא שיעילות השילוט מוגברת אם שלטי האזהרה או שילוט הגבלת מהירות מסומנים באורות מהבהבים, ואם האורות דולקים רק בתקופות של פעילות מרובה של בעלי החיים.

בשנת 2010 עודכנו בישראל תמרורי האזהרה המתריעים על נוכחות בעלי חיים בדרך (איור 7.78).



איור 7.78: תמרורי אזהרה על נוכחות בעלי חיים בדרך: מעודכנים לשנת 2010. (צילומים: רון פרומקין ותמר אחירון-פרומקין)

7

מערכות התרעה עם חיישנים

מטרתן של מערכות בעלות חיישנים היא להרתיע בפני נהגים על התקרבות פרסתנים גדולים המתפרצים לכביש. מערכות אלה אינן רלוונטיות במיוחד למצב בישראל. אם נעשה בהן שימוש, יש לידע נהגים על אופן פעולתן.

- חשוב לשלב מערכות אלה עם תמרורים המגבילים את מהירות הנסיעה.
- חשוב לבדוק מערכות אלה באופן סדיר ולתחזקן.

7.4.3 התאמה של בית הגידול לצדי הדרך ושל הכניסות למעברים

גישות אחדות של תכנון וממשק של בתי הגידול לצד הכביש משמשות לצמצום מספר ההתנגשויות בין בעלי חיים לכלי רכב. חלקן מיועדות למנוע מבעלי החיים לנוע לכיוון הכביש על ידי משיכתם לכיוון אחר, אחרות נועדו להשפיע על התנהגות בעלי החיים או לסייע לנוהגים בכביש לראותם מבעוד מועד.

כיסוח הצומח

כיסוח הצומח, עצים ושיחים, ברצועה שרוחבה 3-10 מ' לאורך הכביש מקטינה את האטרקטיביות של צומח זה לבעלי חיים, ובה בעת היא משפרת את יכולתם של הנהגים לראות את בעלי החיים. אמצעי זה נועד לצמצם את מספר ההתנגשויות עם יונקים גדולים, בעיקר פרסתנים, והוא מתאים לכבישים שנפח התנועה בהם נמוך.

שוליים שיש בהם צומח נמוך הם לעתים קרובות אטרקטיביים ליונקים קטנים כמו מכרסמים, ולפיכך מושכים אליהם גם עופות דורסים הצדים מכרסמים. יש לזכור כי ממשק המשמר שוליים עם כיסוי צומח נמוך יכול להגדיל את סכנת ההתנגשויות בין עופות דורסים לכלי רכב.

בחירת מיני הצומח

בחירה שקולה של מיני הצמחים שיינטעו או ייזרעו לצד הכביש יכולה לצמצם את מספר ההתנגשויות בין בעלי חיים לכלי רכב. אף על פי שמומלץ להשתמש במינים מקומיים בטיפוח צדי הדרכים, יש להקפיד להימנע מלטעת בשולי הכביש מיני צמחים שעלולים למשוך אליהם או לקרבתם בעלי חיים המחפשים מזון, דבר שעלול להגביר את סכנת ההתנגשויות. בבחירת מיני הצומח שיינטעו לצד הכביש כדאי לזכור:

- רצוי לטעת שיחים ועצים שאינם אטרקטיביים למינים צמחוניים.
- אין לטעת לצד הכביש שיחים שיש להם פירות עסיסיים.
- לעתים קרובות שרפות שפורצות מתחילות בצדי דרכים. כדי לצמצם סכנת השרפות יש להימנע מנטיעה של מיני צמחים שמתלקחים ובווערים בקלות כמו מיני אורן. ריסוס בצדי דרכים מיועד בחלקו לצמצם סכנה זו, אולם במקרה כזה יש לוודא שממשק המסלק לחלוטין צומח מפס רוחב לצד הדרך אכן רצוי (על תפקודים אקולוגיים של שולי דרכים ראו סעיף 3.3.5) ושנעשה שימוש בחומרים שאינם מזיקים לסביבה.

משוכות של שיחים ועצים

- צומח בכניסה למעברים, במיוחד צומח רב-שנתי הנוכח באתר בכל עונות השנה, יכול להגביר את תחושת הביטחון של בעלי החיים ואת השימוש במעבר (נכון במיוחד לגבי בעלי חיים קטנים, איור 7.79).



איור 7.79: ריכוז צומח בכניסה למעברי המים: צומח זה מאפשר מחסה ונגישות בטוחה יותר לבעלי חיים קטנים. (א) רצוי לא להסתפק בנוכחות של צומח חד-שנתי בלבד. (צילום: רון פרומקין); (ב) לתפקוד יעיל של הצומח בכניסה למעבר חשוב להקפיד שסחופת צומח לא תחסום את הכניסה ושפסולת לא תילכד בסבך הצומח. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

- משוכות שיחים הנטועות לאורך הגידור יכולות לסייע בנייתוב בעלי החיים לכיוון המעברים הייעודיים להם. רווח בין הגדר למשוכת השיחים יכול להקל על תחזוקה נאותה של הגדר.
- שיחים לאורך הגדר מקטינים את האפשרות שפרסתנים ינסו לקפוץ מעליה.
- שורות עצים גבוהים המקבילות לכביש או ניצבות לו מנתבות מיני ציפורים ועטלפים לעוף גבוה ולחצות את הכביש בגובה שבו לא יתנגשו בכלי הרכב העוברים בכביש. שורת עצים הניטעת בניצב לכביש לכיוון מעבר עילי יכולה אף היא לסייע בנייתוב תעופת ציפורים ועטלפים לחציית הכביש באזור המעבר העילי. לעומת זאת, משוכות של שיחים עלולות למשוך ציפורים לקרבת הכביש ובכך להגדיל את סכנת ההתנגשויות.
- בנטיעת משוכות ובבחירת מיני הצומח המתאימים יש להתחשב בנקודות שהוזכרו לעיל בדבר יכולת הנהג לראות את בעלי החיים הקרבים לכביש.
- עצים הניטעים בקרבת מעברים לבעלי חיים יכולים לסייע במשיכתם למעבר. אם מיני היעד מעדיפים נופים פתוחים, נוכחות של עץ בודד או של מספר קטן של עצים מרוחקים זה מזה בקרבת המעבר יכולה להגדיל את מורכבות בית הגידול ועדיין לשמר תחושה של נוף פתוח.

מעקות בטיחות

מעקה בטיחות הוא התקן המיועד להתקנה בשול הדרך או במפרדה. תפקידו הם למנוע מכלי רכב שסטה לצאת מתחום הדרך, לכוונו חזרה לשטח המיועד לתנועה, להפחית במידת האפשר פגיעה בנוסעי הרכב הסוטה ולצמצם סכנת תאונות עם כלי רכב נוספים.

בישראל ועדה בין-משרדית שמונתה על ידי המנהל הכללי של משרד התחבורה פועלת לבחינה, למיון ולאישור התקני תנועה ובטיחות לשימוש ברשת הדרכים העירונית והבינעירונית. בעבודתה מתבססת הוועדה על תקנים אירופיים, אמריקניים וישראליים, או על מפרטים טכניים שנבחנו בבדיקות התאמה במכוני בדיקה מוכרים, ובסיוע צמוד של יועצים מדעיים לעניין זה. מעת לעת, לרוב פעמיים בשנה, מפרסמת הוועדה רשימות של התקנים מאושרים והנחיות להצבתם. כיום מאושרים לשימוש בישראל דגמים רבים של מעקות בטיחות של יצרנים ממדינות שונות. אולם ההתוויות לגבי אופי המעקה הנדרש (רמת התפקוד והבלימה הנדרשת) קשורות לנפח התנועה הכללי בכביש, לסוג הרכב שנועדו לבלום ולמהירותו. רמת הבטיחות הגבוהה ביותר נדרשת בדרכים בין-עירוניות מחולקות (דו-מסלוליות) ששיעור המשאיות או האוטובוסים בהן גבוה, ולרמה זו אושרו כיום לשימוש כמה דגמים של מעקות פלדה ומעקות בטון ("ניו ג'רסי"). בפועל, מכל המעקות שאושרו לשימוש משתמשים בדרך כלל רק בדגמים מעטים, לרוב מעקות בטון, מכמה שיקולים מעשיים: מעקות הבטון (א) נחשבים בטוחים ועמידים יותר ממעקות פלדה, (ב) הם אלסטיים פחות ונדרש להתקנתם פחות שטח, כך שהכביש יכול להיות צר יותר ועלויותיו נמוכות יותר, (ג) כמעט שאינם דורשים תחזוקה, בעוד שמעקות פלדה מחייבים תיקון לאחר תאונות, דבר הכרוך בעלויות ומחייב חסימה של נתיב תנועה שמאלי במהלך התיקון, דבר שעלול להגביר את הסכנה לתאונות נוספות.

ככלל, מעקות הבטיחות מהווים מחסום לתנועת בעלי חיים. דגמים שונים של מעקות בטיחות יוצרים מחסום במידה שונה, והם יכולים להוות אף מלכודות מוות לבעלי החיים הנקלעים לכביש. ככל שהמחסום רצוף, גבוה ואטום יותר הוא מהווה מכשול גדול יותר. המכשולים במרכז הכביש מונעים מבעלי החיים שכבר נקלעו לכביש מעבר מצד לצד, אינם מאפשרים להם להשלים את החצייה, ומגבירים הן את סיכוייהם להידרס והן את סיכוייהם לפגוע בכלי רכב. ככל שהכביש עמוס יותר בתנועה, הסיכוי של בעל החיים שנקלע אליו לחצות אותו בבטחה הוא קטן יותר (ראו בסעיף 3.3). מתוך כל אלה ההמלצה היא לגדר כבישים בעלי נפח תנועה גבוה, לתחזק את הגדרות ולנתב בעלי חיים למעברים תחתיים או עיליים.

מכלל מעקות הבטיחות מעקות הבטון יוצרים את החיץ הגדול ביותר, ובעלי חיים הנקלעים לכביש, במיוחד למרכזו (לאחר שכבר חצו שני נתיבים), מוצאים עצמם במלכודת ולרוב נדרסים למוות. גם כשהכביש מגודר יש פרטים המוצאים דרכם אל הכביש, במיוחד חולייתנים קטנים, וחלקם מתקשים לחזור ולמצוא פתח נסיגה אם שולי הכביש מוגבהים או חסומים במעקה בטון נוסף בעל פתחים מעטים.

בפועל אין למעקות הבטון עיצוב אחיד, וכמות הפתחים, ממדיהם והמרווחים ביניהם משתנים (ראו איור 7.80). כשישנם פתחים במעקה הבטון הם לרוב נמוכים מאוד, ובמקרים רבים נסתמים. בין יחידות הבטון יש מדי פעם מפתחים שבהם מותקן מעקה בטיחות מפלדה והם משמשים למעבר כוחות ביטחון וחילוץ. בשנים האחרונות גברה המגמה להציב מעקות בטון במרכז הכביש. יש אזורים שבהם לאורך עשרות קילומטרים בכביש החוצה שטח פתוח מפרידים בין המסלולים מעקות בטון ויוצרים חיץ משמעותי מאוד בנוף לצד סכנת דריסות גוברת, במיוחד אם הכביש אינו מגודר.

במקומות רגישים שבהם אפקט החיץ של מעקות הבטון גדול או שיש בהם שיעור דריסות גבוה חשוב לנסות למצוא פתרונות חלופיים להצבתם של מעקות הבטון. מומלץ לשקול:

- להמעיט במעקות בטון המהווים חומה רציפה שאינה מאפשרת מעבר ולהעדיף מתקני בטיחות שאינם אוטמים לחלוטין את המעבר. קיימים לא מעט מעקות נופיים המאושרים לשימוש בישראל, ואפשר להיעזר גם בדגמים נוספים שנמצאים בשימוש בחו"ל.
- במקומות שבהם מעוניינים לצמצם את אפקט החיץ של הכביש והדבר אפשרי, מומלץ להחליף מעקות בטון במעקות נופיים מפלדה, המאפשרים מעבר בעלי חיים על פני כל חתך הכביש. רוב בעלי החיים יצליחו לעבור תחת מעקה בטיחות שגובהו מעל פני הקרקע הוא 60 ס"מ. במקרים אלה יש להרחיב את השטח המוקצה למפרדה בהתאם לשיקולי הבטיחות הנדרשים.
- במקומות שבהם יש הכרח להציב מעקות בטיחות מבטון במרכז הכביש ואין אפשרות להחליפם במעקות נופיים מפלדה, רצוי לשקול גידור משני צדי הכביש ולנתב את בעלי החיים למעברים ייעודיים. במקרים אלה יש לזהות מה הם המיקומים הראויים למעברים אלה.
- במקומות שבהם נדרש להקים מעקות בטון לאורך קטעי דרך ארוכים יחסית אפשר לבדוק אפשרות ליצור במפרדת הכביש אתרי מקלט, ולחברם לשטחים הפתוחים המקיפים את הכביש בצינור שפתחו חד-כיווני ומאפשר יציאה בלבד (למשל מונח בשיפוע כשפתחו כלפי מטה ומורם מעט מהקרקע בצד היציאה).



איור 7.80: מעקות בטיחות: (א) מעקה בטיחות מפלדה המאפשר במקרה הצורך מעבר של בעלי חיים (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ב) עיצוב שונה של המפרדות ויצירת מפעים ביניהן במרווחים קבועים יכולים לאפשר פתחי מילוט לבעלי חיים שנקלעו לתחום הכביש. מעקה בטיחות המאושר לשימוש בקנדה – מעקה בטון עם מפתח גדול המאפשר מעבר בעלי חיים קטנים ובינוניים (צילום: US: T. Clevenger); (ג) מעקה בטיחות במדינת מונטנה, ארצות הברית – מעקה פלדה בעל שקיפות ויכולת מעבר טובה בעדו. (צילום: US: M. Huijser);

מעקות בטון במרכז הכביש ובשוליו, חלק מהיחידות בעלות פתחים בבסיסן וחלקן חסרות פתחים. מחסום אטום בשוליים ובאמצע גם יחד עדיף על אפשרות כניסה מהשוליים והילכדות במחסום אטום במרכז הכביש: (ד) בשולי הכביש היחידות ברובן הן חסרות פתחים, אולם פערים גדולים ברציפות המעקה שם (למשל בצד הכביש מימין) מאפשרים אף לבעלי חיים גדולים להיכנס לתחום הכביש ולהילכד בתחומו; (ה) מפרדת בטון רציפה במרכז הכביש ושוליים מוגבהים שבהם מעט פתחים המובילים לתעלות ניקוז מהווים מלכודת לחולייתנים קטנים הנקלעים לתוואי הכביש ומתקשים למצוא את דרכם חזרה החוצה; (ו) פתחים בבסיס המעקות בשוליים מאפשרים כניסה לבעלי חיים קטנים. (צילומים: תמר אחירון-פרומקין)

מחסומי רעש

מחיצות אקוסטיות ממוקמות לרוב בקרבת יישובים כדי לצמצם את מפגע הרעש שעולה מהכביש לתושבים. עם זאת, אף על פי שהן אינן מיועדות לבעלי חיים עלינו להתייחס לקיומן, כיוון שהן עלולות להגביר את אפקט החיץ בין בתי גידול אף יותר מגדרות. באזורים מיושבים בצפיפות מחיצות אקוסטיות אינן מהוות בעיה בהקשר זה, אך בסביבה טבעית יותר מחיצות אקוסטיות הן בעיה ניכרת שיש להביא אותה בחשבון.

מחיצות אטומות

מחיצות אקוסטיות העשויות בטון, עץ או חומרים אחרים הן מחסום מוחלט עבור בעלי החיים היבשתיים. מחיצות אלה נבנות לרוב על גבי בסיס מבטון, והן מבודדות את שולי הכביש מבתי הגידול הסמוכים. עבור בעלי חיים קטנים, במיוחד חסרי חוליות, מחיצות אלה הן מחסום מוחלט יותר מגדרות, והן עלולות למנוע גישה לכביש וחצייתו גם מחולייתנים קטנים כמו נחשים, שאלמלא כן ייתכן שלא היו מושפעים במידה רבה מקיום התשתית ומתפעולה.

- אפשר לעצב מחיצות אטומות עם פתחים קטנים בבסיסן כדי לאפשר מעבר של בעלי חיים קטנים דרכן וכדי לצמצם את אפקט החיץ שהן יוצרות (איור 7.81).

אין די ניסיון לגבי השפעה של המחיצות האטומות או של הפתרון העיצובי שהוזכר על אוכלוסיות בעלי חיים. לכן כשהמחיצות ממוקמות בשטחים טבעיים חשוב לשלבן עם מעברים לבעלי חיים. באופן זה הן יכולות לתפקד כמבנים מתעלים למעבר.

מחיצות שקופות



איור 7.81: למחיצה אקוסטית זו יש פתחים בבסיסה כדי לצמצם את אפקט החיץ עבור בעלי חיים קטנים. (צילום: H. Bekker, EU)

מחיצות שקופות מוצבות באזורים שבהם המתכננים רצו למנוע מפגעי רעש אך יחד עם זאת לא להסתיר את הנוף לנוסעים בכביש. במקרה כזה נוצר קונפליקט בין צורכי בעלי החיים לשיקולים הנופיים: במחיצות כאלה כרוך סיכון גבוה להתנגשויות קטלניות לציפורים, כי הן אינן מזהות אותן כמכשול, במיוחד במצב שבו צומח טבעי סמוך נשקף בעד הזכוכית או מוחזר ממנה כמו מתוך מראה.

עיצוב שונה וסימונים מתאימים מאפשרים לצמצם באופן ניכר את כמות ההתנגשויות (איור 7.82):

- מומלץ להשתמש בפסי סימון אנכיים, אם כי גם טיפוסים אחרים יכולים להיות יעילים.
- רוחב פסי הסימון צריך להיות 2 ס"מ, ובין הפסים חשוב שישמר מרחק של עד 10 ס"מ (אפשריים גם פסים שרוחבם 1 ס"מ ובמרחק של 5 ס"מ זה מזה).
- לסימון עדיף להשתמש בצבעים בהירים על פני צבעים כהים, כיוון שקל יותר לראותם בשעות בין הערביים.
- כדי למנוע השתקפויות יש לסמן את הסימונים על צדה החיצוני של המחיצה (המרוחק מהכביש).
- שימוש בצלליות של עופות דורסים מומלץ פחות: הן יעילות במניעת התנגשויות רק אם הן מופיעות בתדירות גבוהה.
- אין להשתמש בזכוכית או בחומר מחזיר אור אחר.



איור 7.82: מחיצות שקופות עלולות לגרום להתנגשויות קטלניות של ציפורים: (א) סימון מחיצות בפסים אנכיים למניעת התנגשות של ציפורים; (ב) סימון מחיצות שקופות בצלליות אחדות של עופות דורסים אינו אמצעי יעיל למניעת התנגשויות של ציפורים. (צילומים: F. Navàs, Minuartia, SP)

נקודות לתשומת לב מיוחדת

- רצוי לצמצם ככל הניתן שטח של מחיצות שקופות ולשלבן כ"חלונות" במחיצות אטומות. מחיצות אטומות רצוי לכסות ולהסוות באמצעות שיחים וצמחים מטפסים.
- אין לטעת עצים או שיחים סמוך למחיצות שקופות כיוון שמצב שבו צומח טבעי נשקף בעד הזכוכית או מוחזר ממנה כמו ממראה מעורר בבעלי החיים אשליה שהם יכולים לנוע בחופשיות ומכאן מגביר את הסכנה להתנגשויות. במקומות שבהם ניטעו עצים או שיחים כאמצעי למזעור השפעות הכביש יש להמעיט בהקמת מחיצות שקופות.

התאמה של שולי הכביש למעבר בעלי חיים

שולי כביש אנכיים (כדוגמת אבני שפה) הם לעתים קרובות גבוהים מדי מכדי שבעלי חיים קטנים כמו חסרי חוליות, דו-חיים, זוחלים או יונקים קטנים יוכלו לעבור על פניהם ולחצותם. כשבעלי חיים אלה נקלעים לתוואי הכביש ואינם מוצאים פתח ליציאה, הם נלכדים ולרוב מתים. שיפוע מתון של שפת הכביש הוא פתרון פשוט וזול בכבישים שבהם סכנת הדריסה נמוכה יחסית (בעיקר כבישים כפריים בעלי נפח תנועה נמוך, ראו איור 7.83). מפער בין אבני שפה אנכיות יכול לשמש אף הוא פתח מילוט, במיוחד אם מאפשרים לצמחים להתפתח בין האבנים. במקומות שיש בהם נוכחות של הולכי רגל, שוליים שגובהם מילימטרים אחדים מעל הכביש עדיין ניתנים לזיהוי, גם על ידי הולכי רגל עיוורים הנעזרים במקל נחייה.



ב



א



ג

איור 7.83: התאמה של שולי הכביש למעבר בעלי חיים: (א) שולי כביש מתונים, משופעים ומתמזגים בסביבה מונעים חיץ מיותר במקומות שבהם סכנת הדריסה נמוכה יחסית. (צילום: תמר אחירון-פרומקין); (ב) שולי כביש שאינם יוצרים חיץ נוסף ומאפשרים מעבר תחת גדר הבטיחות. (צילום: רון פרומקין); (ג) מחסום אבני שפה (שלעתים הכרחי להציבו משיקולי ניקוז וייצוב המדרונות) מהווה חיץ לא עביר לבעלי חיים קטנים. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia)

מילוט ממערכת הניקוז

המרווחים בין פסי המתכת המכסים את פתחי הניקוז לצד הכביש הם לרוב גדולים מדי עבור חולייתנים קטנים וחסרי חוליות. כשהם נופלים לבור הניקוז לרוב הם טובעים בו. רמפות יציאה מעניקות לבעלי חיים אלה אפשרות מילוט (איור 7.84). באזורים שיש בהם הטלה של דו-חיים, רשת מתכת המונחת מתחת למכסה הניקוז מונעת מבעלי החיים ליפול מטה. דו-חיים הם בעלי החיים היחידים שמצליחים לשרוד את הדרך מהניקוז למתקני האיסוף, ולפיכך גם במתקני האיסוף חשוב למקם עבורם רמפות יציאה. להלן המלצות אחדות לתכנון רמפות אלה:

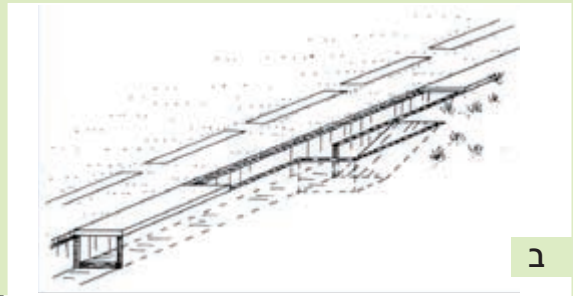
- שטח הפנים של רמפות היציאה צריך להיות מחוספס כדי שיוכלו להעניק אחיזה טובה.
- בנקודת היציאה קצה הרמפה צריך להיות גבוה בכ-15 ס"מ מעל פני הקרקע בסביבתו כדי שיאפשר יציאה בלבד.
- סביב קצה הרמפה חשוב לגדר כדי למנוע מטורפים קטנים לטפס אליה. גודל החור בסבכת הגדר יהיה זהה לגודל הרווח בין פסי המתכת המכסים את פתח הניקוז.



ג



א



ב

איור 7.84: תעלת ניקוז ופתחי ניקוז עלולים לסכן את חייהם של בעלי חיים: (א) פתח ניקוז שיכול להוות מלכודת מוות לבעלי חיים קטנים. (צילום: SP: C. Rosell, Minuartia); (ב) רמפות מילוט ממערכת הניקוז במרחק של 25 מ' זו מזו מסייעות לבעלי חיים קטנים להימנע מלכידה ומוות (EU); (ג) תעלת ניקוז החסומה בפסולת ובגזם אינה מסייעת בניתוב בעלי החיים העוברים בה למעברים, והפסולת שבה עלולה אף לסכן את חייהם. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

תעלות ניקוז לצד כביש מהיר יכולות להוות חיץ לתנועת בעלי חיים, אך בה בעת גם מלכודת לבעלי חיים קטנים שנפלו לתוכן, במיוחד אם גדותיהן תלולות ומקשות על היציאה. אמנם בעלי החיים יכולים לנוע לצד הכביש בתוך התעלה לכיוון מעברי ניקוז שנמצאים מתחת לכביש ומשמשים גם כמעברים לבעלי חיים, אך בנקודות אלה רצוי לקשרן גם לסביבה שמחוץ לתעלה באמצעות שיפועים מתונים שיקלו על בעלי החיים הקטנים שנקלעו לתוכן לצאת חזרה לשטח הפתוח. חשוב לשמור על ניקיון תעלות הניקוז כיוון שמצטברים בהן במהירות גבוהה סחף ופסולת שיכולים לחסום את תנועת בעלי החיים ואף לפצוע אותם (למשל שברי זכוכית ופלסטיק, כבלים ושקיות שאפשר להסתבך בהם, איור 7.84).

תאורת כביש

תאורת כביש מאירה לעתים קרובות את השטח הפתוח בקרבת הכביש בעוצמה העולה פי כמה על עוצמתו של אור ירח, ומשפיעה על פעילות בעלי החיים והצמחים שם. תאורת רחוב ותאורת כביש מושכת לעתים קרובות חרקים ובעקבות זאת גם עטלפים או ציפורים פעילות לילה הצדים אותם, דבר הכרוך בתמותה גדולה הן בקרב החרקים והן בקרב טורפיהם. באזורים בעלי רגישות אקולוגית ונופית יש לשקול את הצורך בתאורה אל מול ההשלכות השליליות האפשריות על הטבע, ולהסתייע בהמלצות האלה:

- מומלץ להגביל תאורת כביש רק למקטעים שבהם היא מחויבת מטעמי בטיחות.
- מומלץ להעדיף שימוש בגופי תאורה בעלי פיזור מוגבל. יש להקפיד שגוף התאורה יותקן בזווית של 90° לפני הכביש כדי למנוע זליגת אור לשמים.
- למניעת התנגשויות של חרקים מומלץ להשתמש בתאורת נתון. מומלץ להעדיף נורות מסוג נתון בלחץ גבוה (נל"ג) על פני נורות אחרות.
- במקטעים שיש בהם מעברים לבעלי חיים יש למזער את התאורה ואת הפרעותיה לתפקוד המעבר.

7.5 צמצום אפקט החיץ ותמותת בעלי חיים: פתרונות נוספים

7.5.1 אמצעים לשיכוך תנועה

עבור בעלי חיים קטנים אפקט החיץ נובע בחלקו מרוחב השטח המכוסה אספלט. מספר כלי הרכב ומהירותם משפיעים אף הם על מספר בעלי החיים שנפגעים. קיימים סוגים שונים של אמצעים לשיכוך תנועה שיכולים לצמצם את הפגיעה בבעלי חיים (איור 7.85):

צמצום רוחבה של התשתית הסלולה

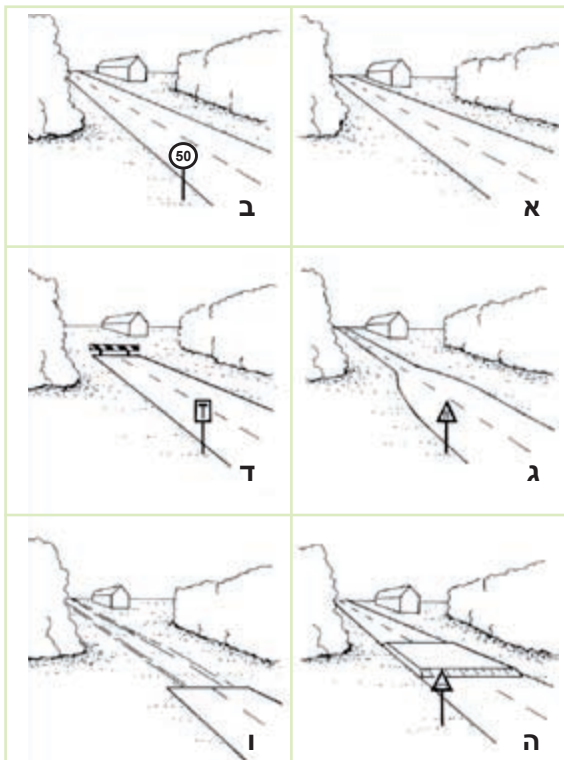
הימנעות במידת האפשר מכיסוי דרך באספלט או בשכבה עבה של מצע זר אחר, כגון חצץ, יכולה לסייע לצמצם את אפקט החיץ:

- דרכים חקלאיות, דרכי יער ודרכי שירות שאינן סלולות נחצות ביתר קלות על ידי בעלי חיים קטנים כמו חסרי חוליות, מכרסמים וזוחלים.
- בדרכים חקלאיות יצירת שתי רצועות בטון לטרקטורים היא חלופה ראויה לדרך סלולה במלואה. ברווח שבין שתי הרצועות נותר הצומח הטבעי, כך שהוא יכול לספק מחסה לחסרי חוליות ולחולייתנים קטנים.

צמצום נפח התנועה

כל אמצעי מקובל לצמצום נפח התנועה (כביש חד-סטרי, גישה מוגבלת) יכול לסייע לצמצום התנגשויות בבעלי חיים, למשל:

- באירופה ובצפון אמריקה יש מקרים שבהם סוגרים כבישים למשך תקופת זמן מוגבלת כדי לאפשר לבעלי



איור 7.85: אמצעים לשיכוך התנועה מצמצמים את אפקט החיץ ואת מספר ההתנגשויות: (א) המצב המקורי; (ב) הגבלת המהירות המותרת; (ג) צמצום המהירות ונפח התנועה על ידי הצרת הכביש; (ד) ללא מוצא: הקטנת התנועה על ידי עצירת רכבים בנקודה מסוימת; (ה) הגבלת המהירות בעזרת פסי האטה; (ו) החלפת כביש סלול במלואו בשני פסי בטון מאפשרת עדיין תנועת כלי רכב חקלאיים ומצמצמת את אפקט החיץ עבור חסרי חוליות. (EU)

חיים לחצות מקטע מוגדר של כביש. אפשר לנקוט אמצעי זה כדי להגן על דו-חיים בנדידתם לאתרי הרבייה (סגירה בלילות לחים באביב) או כדי לאפשר נדידה של פרטים בחורף, אם אין במקטע האמור מעברים ייעודיים למיני היעד ואם אמצעים זמניים אחרים לא הניבו תוצאות מספקות.

הגבלת מהירות הנסיעה

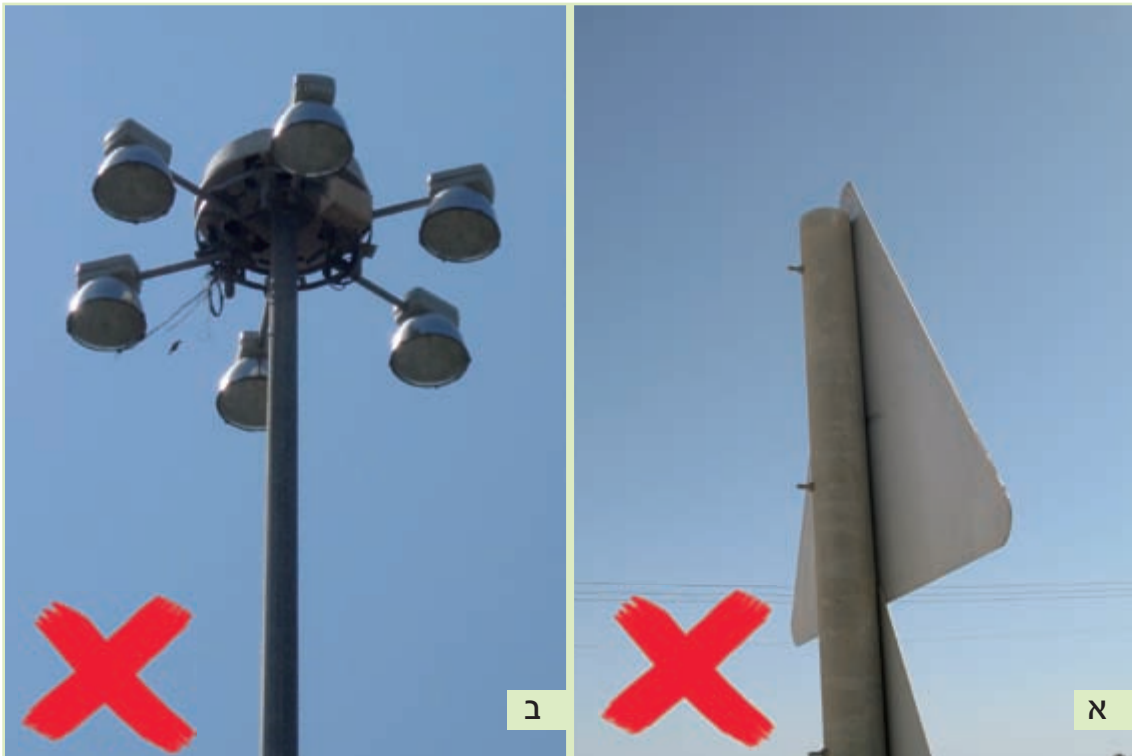
- הגבלת מהירות הנסיעה היא אמצעי המיועד בעיקר לצמצום הסכנה לנוסעים בכביש במקומות שמרובים בהם מקרי ההתנגשות עם יונקים בינוניים וגדולים:
- צמצום רוחב כביש יכול להקטין את מהירות הנסיעה של כלי הרכב הנוסעים בו, ומתוך כך להקטין גם את סכנת ההתנגשות עם יונקים. אמצעי זה מתאים לכבישים כפריים חד-מסלוליים המתאפיינים בתנועה דלילה יחסית.
- הגבלה זמנית או קבועה של מהירות הנסיעה המותרת במקטעים מוגדרים שיש בהם סכנה גבוהה להתנגשויות עם יונקים יכולה לתרום לצמצום סכנה זו.
- בכבישים כפריים המתאפיינים בתנועה דלילה אפשר להשתמש גם בפסי האטה ולסמנם בסימון ובתמרור מיוחדים. בדרכים בין-עירוניות אין מציבים פסי האטה שכן הסיכון הבטיחותי שלו הם גורמים רב מהתועלת שניתן להפיק מהם.

7.5.2 פירוק תשתיות תחבורה

יש לשקול פירוק מוחלט של כביש או מסילת רכבת במיוחד כשנבנה תוואי חדש. אם מקטעים של כביש ישן מסולקים לגמרי ומשיבים את הקרקע למצב טבעי, אפשר לראות בכך אמצעי פיצוי על הקיטוע הנוסף של בתי הגידול שנוצר בשל הכביש החדש. עם זאת, במרבית המקרים כביש ישן לא יוסר לחלוטין אלא ישמש כביש להולכי רגל, נתיב אופניים או דרך מקומית, ובשימושיו אלה יתרום להקטנת הקיטוע רק במידה מועטה. פירוק תשתיות ישנות צריך להיות חלק מהליך תכנון כללי (ראו פרק 5).

7.5.3 תשומת לב נפרדת

לתשתיות התחבורה ולמבנים הנלווים אליהן יש השפעות נוספות לגורמות לתמותת פרטים או לשינוי בדינמיקה של אוכלוסיות. נזכיר כמה מקרים מישראל:



איור 7.86: מפגעים הקשורים במתקנים נלווים: (א) ציפורים קטנות נלכדות למוות בעמוד של תמרור הפתוח בחלקו העליון; (ב) עמוד תאורה המשמש מקום קינון מועדף מסייע להתפשטות מינים כמו קאקים ומאינה הודית. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

- בעשור האחרון תועד בדרום הארץ שיעור תמותה גדול של ציפורי שיר מקננות חורים הנכנסות לפתח בחלקו העליון של עמוד של תמרור הממוקם לצד הכביש (איור 7.86 א'), נלכדות בו ומתות. עיצוב מחדש של העמודים וסגירה של חלקם העליון יכולים לפתור בקלות בעיה זו.
- עופות רבים מתנגשים בכבלי חשמל או מתחשמלים מהם. רכבת ישראל מצויה בעיצומו של מהלך תכנוני לחשמול הרכבת. בהליך התכנוני יש להקפיד על מזעור הסכנה ובעתיד לנטר כדי לבדוק אם הפתרונות שתוכננו אכן עונים על היעדים שהוגדרו.
- עמודי תאורה גבוהים בכבישים מהירים (איור 7.86 ב') הפכו למקור קינון מועדף של מין עוף ממשפחת העורבים - קאק (*Corvus monedula*) - וסייעו להפיכתו למין מתפרץ ולהתפשטותו בארץ, וכן של מין עוף פולש - מאיינה הודית (*Acridotheres tristis*) - ומסייעים גם להתפשטותה. אוכלוסיות של מינים מתפרצים ומינים פולשים משנות את המאזן במערכת האקולוגית, למשל בשל תחרות מוגברת עם מינים אחרים או כטורפים של מינים קטנים יותר. עיצוב עמודים אלה כך שייחסמו הכוכים שבהם המשמשים לקינון יכולה לפתור בעיה זו.
- פסולת המושלכת בצדי כבישים, בעיקר שקיות ניילון, בקבוקי פלסטיק ושברי זכוכית, מגיעה לעתים קרובות מעבר לתחומי הכביש לשטחים הפתוחים, וגורמת מדי פעם להסתבכות של בעלי חיים, לפגיעה או לחנק. מומלץ לשלב בין נוהלי תחזוקה המתייחסים לבעיה זו לבין החמרת האכיפה נגד המזהמים.



שועל מצוי. (צילום: חגי יוחנן)

8. דגשים בביצוע, בניהול ובתחזוקה

- 8.1 שלב הביצוע
- 8.2 ניהול ותחזוקה

פרק זה עוסק בדרכים שבהן אפשר לצמצם את ההשפעות השליליות של פיתוח תשתיות התחבורה בשלבי הביצוע וההפעלה. מודגשת בו החשיבות של ההקפדה על: (א) יישום מלא של הנחיות התכנון; (ב) תשומת לב להיבטים שונים שיכולים למנוע נזקים מיותרים לסביבה; (ג) שיתוף פעולה בין העוסקים בהקמה או בתחזוקה לבין אלה העוסקים בניהול ובממשק השטחים הפתוחים, שיכול לסייע למזער השפעות שליליות אלה.

שלב התכנון של תשתית תחבורה, קפדני ככל שיהיה, אין בו די כדי להבטיח תפקוד נאות ויעיל של אמצעים למיתון השפעות הקיטוע. יש להקפיד על יישום הלכה למעשה של הנחיות התכנון, ולוודא כי הביצוע אכן נאמן להנחיות וכי מהלך הביצוע אינו כרוך בנזקים מיותרים שאפשר למנועם.

גם בסיום ההקמה, בשלב הניהול והתחזוקה של הכביש לאחר פתיחתו יש להקפיד על תכנון וביצוע של תכניות תחזוקה הנוגעות לאמצעים למזעור הנזקים, ועל ההיזון החוזר המתמיד ביניהן לבין הניטור וההערכה התקופתיים, אם אלה נערכים. יש לוודא שהן אופן הפעלת התשתית ותחזוקתה והן הקשר בין האנשים העוסקים בתחזוקה לבין אלה העוסקים בניהול ובממשק השטחים הפתוחים הסובבים מאפשרים יישום מרבי ויעיל של מטרות התכנון, וכי יש בידם לאתר ליקויים בתכנון ובביצוע הראשוני ולתקנם.

בפרק זה רוכזו התייחסויות מורחבות לשלבי הביצוע וההפעלה שהופיעו ברובן הגדול גם בפרקים אחרים במדריך.

8.1 שלב הביצוע

לפני תחילת הביצוע יש לוודא כי הוסדרו הליכים מנהלתיים שונים המצריכים רישוי ואישורים.

חשוב ביותר להכין תכנית עבודה לביצוע ולמעקב סביבתי. אפשר לעשות זאת כחלק מהליך תסקירי מורחב. לתכנית עבודה כזו שתי מטרות עיקריות:

(א) מתן הנחיות להתנהלות במהלך העבודות, שיכולות להימשך חודשים רבים במקטע מסוים. במסגרת זו אפשר ליישם אמצעים שיכולים למזער את השפעות הקיטוע ולמנוע הפרעות והשפעות סביבתיות שליליות שנגרמות במהלך העבודות.

(ב) בקרה על כך שהיישום בפועל של הפתרונות הסביבתיים אכן נעשה בהתאם להנחיות התכנון.

התקצוב ושיקולי עלות-תועלת בשלב התכנון צריכים לכלול גם פירוט של הפעולות והאמצעים הנדרשים בשלב הביצוע ובשלב התחזוקה והערכת עלותם והתועלת שבהם.

להלן רשימה קצרה של ההיבטים העיקריים שכדאי לכלול בתכניות לבקרת איכות ולמעקב סביבתי בשלב הביצוע כדי למנוע את הגורמים השכיחים לכישלון של אמצעים למיתון השפעות הכביש:

- **עיתוי העבודות (לוח זמנים בשנה)** – עיתוי העבודות יכול לקבוע במידה רבה את מידת השפעתן. עוד בעניין ראו סעיף 8.1.1.
- **אופן ביצוע העבודות** – גם האופן שבו מתבצעות העבודות יכול למנוע את ההפרעה הכרוכה בהן או לצמצמה. עוד בעניין ראו סעיף 8.1.2.
- **מיקום האמצעים** – על האמצעים להיות מותקנים כראוי, בהתאם להנחיות שהוגדרו בתסקיר ההשפעה על הסביבה.
- **גידור** – יש לבדוק את סוג הרשת וממדיה. לאחר ההתקנה יש לבדוק שהגדר מחזקת היטב לקרקע כך שבעלי החיים לא יוכלו לעבור תחתיה.
- **מעברים לבעלי חיים** – יש לוודא שהחומרים והממדים מיושמים לפי ההנחיות שהוגדרו בתסקיר ההשפעה על הסביבה או בהוראות התכנית. נקודות קריטיות אחרות שיש לבדוק הן שפני השטח עוצבו כמתוכנן ולפי ההנחיות, הן מבחינת הנטיעות והן מבחינת התקנה של מבנים או של עצמים אחרים (בולי עץ, אבנים וכו'). הגישה החופשית למעבר אף היא עניין בסיסי וחשוב, לרבות שיפוע של רמפות (היכן שקיימות), רציפות של הצומח מהסביבה הטבעית אל המעבר, וניקוז מתאים של המעבר וסביבתו הקרובה. יש לזכור כי ניקוז של חפירה או של סוללה ליד מעבר עלול לגרום להצפות בתקופות גשומות.
- **פעולות שיקום** – שטחים מופרים שיש לשקמם או שטחים שבהם מיושמים אמצעי פיזיו יש לבדוק ולנטר גם בשלב הבנייה. חשוב לוודא שמינים ואקוטיפים (וריאנטים מקומיים) של צמחים נבחרו כראוי, ושמערכת השקיה וכל יתר המערכות שדורשות תחזוקה אכן הותקנו. פעולות שיקום יכולות לכלול גם העתקה של בעלי חיים ושל צמחים בפיקוח ספציפי המתואם בקפידה.
- **מוניעת הפרעה לבתי גידול סמוכים או זיהומם** – כלל הפעולות שנעשות במהלך בניית כביש או תשתית תחבורה אחרת יכולות לגרום לזיהום של קרקע או של מים בשטחים סמוכים, וכן להפרעות אחרות הנגרמות מתנועה של ציוד מכני ושל פועלים. קיים טווח רחב של אמצעים למיתון השפעות שאפשר לנקוט כדי לוודא שהפרעות אלה ימוזערו במידת האפשר.

בתכנון העבודות יש להתחשב בצרכים העונתיים של מרכיבים שונים של המגוון הביולוגי:

- יש לתכנן את כל העבודות באופן שלא יפריע למינים ולבתי גידול רגישים בתקופות קריטיות, ולוודא כי העבודות במקטעים רגישים אינן חופפות לזמני קינון או לשלבי רבייה אחרים של מינים הרגישים להפרעות אלה. למשל: תקופת קינון במושבות קינון או באתרי קינון של עופות דורסים או של מיני עופות אחרים בסכנת הכחדה, תקופת נדידה של דו-חיים אל אתרי הרבייה ומהם, תקופת השרצה של מיני הדגים הרלוונטיים, תקופת המלטה והשגחה על הצעירים במיני יונקים רגישים וכו'. חשוב לשים לב שהפרעות המשפיעות על אתרי רבייה של דו-חיים ודגים כוללות זיהום או שינוי תכונות פיזיות או כימיות של המים ושל תנועת הקרקע. הפרעות המשפיעות על עופות כוללות תנועה של ציוד מכני ושל בני אדם ורעש, במיוחד כזה שנגרם מקידוחים או מפיצוצים. יש לוודא כי ננקטו כל האמצעים למזעור ההפרעות הכרוכות בעבודות. תשומת לב מיוחדת יש להעניק לנחלים ולבתי גידול לחים אחרים (במיוחד לברכות חורף).
- יש לוודא כי מועדי העבודות הותאמו לשלבים השונים הכרוכים בהעתקת עצים, אם נדרשת, ולא יסוּף גאופיטים או זרעים.
- כדי למזער את הנזק בזמן העבודות ולאפשר שיקום מיטבי לאחר מכן יש לכלול במפרטים הטכניים למכרז ובחוזים עם הקבלן שיקולים הקשורים לעיתוי העבודות. ההנחיות יכללו תקופות פעילות בשטחים רגישים במיוחד להפרעות עונתיות כמו אזורי קינון ורבייה, וכן הגדרת עונתיות ותזמון מדויק של טיפול בצומח (איסוף גאופיטים, הכנת עצים להעתקה, איסוף צמחים וזרעים למשתלה כדי שיהיו זמינים לשיקום הנופי ולעיצוב הצומח במעברים בזמן שיידרשו).
- חשוב לתכנן את שלבי העבודה כך שבכל שלב ושלב יתאפשר נתיב תנועה החוצה את התוואי ולא תיווצר חסימה מוחלטת לתקופה ארוכה. לשם כך יש לבחון אם העבודה יכולה להתנהל במקטעים מוגדרים, ולהקפיד לאפשר תנועה מרבית של בעלי חיים במקטע עצמו או במקטעים סמוכים, במיוחד בעונות שיש בהן תנועה מוגברת במיני היעד (למשל לצורך הזדווגות או בתקופה שבה הצעירים מתפזרים). כן יש לבדוק אם כבר בזמן העבודות נדרש גידור לצדי המקטע. תיחום מוגדר של אזור העבודות והקפדה על עיתוי יכולים להקל על מינים מסוימים של בעלי חיים להגיב להפרעה זמנית ולהתאים אליה את התנהגותם.
- יש לבחון אם במרחב הביצוע קיימים מינים שיש להם רגישות מיוחדת להפרעות ולמצוא דרכים למזעור הפרעות אלה. כן חשוב לבחון אם יש צורך להגביל עבודות בשעות הלילה (אם אלה אמנם מתבצעות), ובאילו אזורים.
- יש לשים לב במיוחד לחצייה של ערוצי זרימה. אם הוגדר לגביהם אמצעי למיתון השפעות – רצוי להתקינו מהר ככל האפשר, ולפני עונת הגשמים. הדבר יסייע גם במניעת סחף וסתימה זמנית של נתיבי תנועה של בעלי חיים.

8.1.2 צמצום מידת ההפרעה הכרוכה בעבודות

אפשר לנקוט צעדים נוספים שיכולים למנוע את ההפרעה הכרוכה בעבודות או לצמצמה במידה ניכרת:

- בעבודות להקמת מנהרות בשיטת cut-and-cover – מומלץ לצמצם ככל האפשר את משך זמן העבודות על מקטע כזה, המיועד לשימור הקישוריות במרחב. כן מומלץ לבחון אם ניתן לאפשר במהלך העבודה על המקטע, כשאין עדיין כיסוי וקירוי של המנהרה, תנועת בעלי חיים וחציית התוואי בסביבתו הקרובה, וכיצד אפשר לעשות זאת.
- אם מעוניינים בשיקום צומח מהיר ככל האפשר באזורים המיועדים למעברים ניתן להעתיק או להנביט במשתלה מיני בני-שיח ושיחים שיהיה אפשר להחזיר ולשתול בשטח בהקדם, לאחר פיזור הקרקע המקומית.
- חשוב לכלול בתכנון הנחיות לפיקוח על הביצוע. על ההנחיות לכלול נקודות מיוחדות לתשומת לב לצורך הימנעות מפגיעה במרכיבים טבעיים ובתפקודם: הקפדה על המפורט בסעיפים שלעיל, וכן על מיקום שטחי התארגנות, הגדרת שטחים שבהם ניתן לערום עפר ולשמור עתודות של שכבת הקרקע העליונה לצורך השיקום הנופי-אקולוגי, פיקוח על שפוכת, הימנעות מפגיעה בערוצי זרימה ותנועה, מזעור הפרעות של רעש, תאורה וזיהומים שונים בזמן ההקמה. כמו כן חשוב לכלול במפרטים הטכניים למכרז ובחוזים עם הקבלן שיקולי קיטוע ושמירה על שטחים מפגיעה.
- יש להקפיד על עבודות בתחום קווי הדיקור המתוכננים ועל תיחום שטחי התארגנות במיקומם הנאות. רצוי למקם את שטח ההתארגנות בשטח מופר, אם יש כזה בשטח הפרויקט, ולהימנע מלמקמו על ציר תנועה חשוב לבעלי חיים, ליד אפיק זרימה או בסמוך למוקד משיכה אחר לבעלי חיים.
- יש לבחון מראש אם שלבי העבודה מאפשרים התקנה של מרכיבי מעברים מוקדם ככל האפשר כך שלא ייחסם מקטע שלם לתנועה במשך תקופה ארוכה עד להשלמת העבודות.

- יש למזער הפרעות שהן תוצר של רעש, תאורה, קידוחים ואבק בזמן העבודות. במיוחד חשוב לצמצם ככל האפשר את התאורה באתר העבודה ובשטחי התארגנות, ולמנוע זליגת אור למרחק גדול בשטח הפתוח שסביב.
- אין לפזר בשטח פסולת, אבזרים וכבלים שבעלי חיים יכולים להסתבך בהם, לבלוע אותם או להיחנק מהם למוות.
- חשוב לקיים פעילות הסברה לעובדי הקבלן ולשומרים שעלולים לפגוע בחיות בר באזור העבודות, ולהקפיד על מניעת ציד והדלקת מדורות ועל שמירת הניקיון והסניטציה. כן יש למקם כלים ובית שומר רחוק ככל הניתן מאתרים היכולים לשמש מעברים גם בזמן העבודות.
- חשוב לזכור כי בעת העבודות יש תנועה של כלי עבודה ושל כלי רכב שונים על התוואי וכי תיתכן דריסה של בעלי חיים, במיוחד בלילה, גם בתקופה זו ורצוי לנקוט אמצעי זהירות בנוגע לכך.
- יש להותיר את הצומח הקיים באותם מקומות שבהם יש לו סיכוי להישאר חיוני (viable) ובכך לתרום הן לשמירת הטבע והן להשתלבות של התשתית בנוף. כמו כן יש לבחון באיזו מידה אפשר לצמצם את עבודות העפר ולשמר את הצומח הטבעי, למשל בתוך מרחב שבו מוקם צומת.



איור 8.1: חשוב למזער את הפגיעה בסביבה המידית של תשתית התחבורה במהלך עבודות ההקמה: בתצלום, עבודות בקטע 18 של כביש חוצה ישראל, סמוך למעבר הרצף על נחל דליה. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

- עצים בוגרים מספקים בית גידול למינים רבים של חי וצומח, ולכן במהלך העבודות חשוב להקפיד שלא לפגוע בהם או ב"אגן הניקוז" המזין את שורשיהם.
- יש להקפיד לסלק מינים רודרליים ומינים פולשים כדי לסייע להתחדשות הצומח האופייני למקום ולהתייצבותו. באזורים שיש בהם נטייה לשרפות יער רצוי לשקול למנוע התחדשות של צמחים דליקים, כמו אורנים למיניהם, ולא לאפשר מגע בין צמרות של עצים ושיחים בשולי הכביש ובינם לבין עצים בשטחים הסמוכים לו.
- מומלץ לשאוף לשימוש בר-קיימא ככל האפשר בחומר חפירה: לאזן בין חפירה למילוי ולמזער את הצורך להיפטר מחומר חפירה מחוץ לאתר.
- אפשר לשתף את הציבור בנוגע לשלבים אלה: לפרסם מידע על התכניות ולפתוח ערוץ לקבלת מידע מהציבור על ליקויים שיש לתקן (בשלבי הביצוע וההפעלה). עוד על דרכים שבהן ניתן להגביר את מודעות הציבור ומעורבותו בנושא ולהיעזר בציבור לקבלת מידע ראו סעיף 5.2.5 לעיל ופרק 9.

8.2 ניהול ותחזוקה

לאחזקת תשתיות תחבורה נדרשים תכנון ארוך טווח ותקצוב הולם, ולכן חשוב לוודא כבר בשלב התכנון שאלה יהיו זמינים לתשתית המוקמת או המשודרגת, וכי ייכללו בהם גם שיקולים הנוגעים למזעור השפעות הקיטוע – בביקורת שוטפת, בתחזוקה של ליקויים קיימים, בתחזוקה מונעת ובניטור, אם הוחלט שיש בו צורך. חשוב לבחון את מידת היכולת ליישם את הפתרונות שהועלו בשלב התכנון גם מבחינת היכולת לשריין לתחזוקתם ולתפעולם משאבים לטווח הארוך בתנאי התקצוב הקיימים. כמו כן, עם המעבר לביצוע פרויקטים במסגרת "נתיבי ישראל" חשוב לוודא שתיכלל בתכנון, בביצוע ובתחזוקה הסתכלות מרחבית ולא רק פרויקטלית על היבטים של מזעור השפעות קיטוע.

במדינות שונות מקובל להכין תכנית עבודה לביצוע ולמעקב סביבתי. תכנית כזו יכולה לסייע גם בשלב התפעול: (א) לבחינה שוטפת של אופן יישום ההמלצות לגבי אמצעי מיתון ולמניעת הפרעות והשפעות סביבתיות שליליות הכרוכות בתפעול; (ב) להצעת אמצעים לשיפור הנדרש; (ג) למעקב אחר תפקוד האמצעים לטווח ארוך בתהליך היזון חוזר מתמשך של בדיקה ותיקון.

במסגרת נוהלי התפעול ונוהלי האחזקה, הכוללים נהלים לטיפול שוטף ונהלים לטיפול בתקלות לא מתוכננות, חשוב להכין מערך נהלים לטיפול בכל אחד מסוגי האמצעים למיתון השפעות הקיטוע שהוגדרו בפרק 7, ולכלול היבטים אלה בתכניות העבודה החודשיות והשבועיות של מנהלי אזור ומנהלי פרויקטים בתיאום עם גורמי חוץ:

- בתכנית העבודה יש לכלול הנחיות לנקודות לבדיקה, לביקורת ולתיקון בשלב התפעול, לרבות תדירות הבחינה הנדרשת לפי בתי הגידול ומיני היעד שהוגדרו.
- חשוב שתהיה מודעות למטרת האמצעים ולצורך בשיתוף פעולה עם ארגונים ועם אנשי מקצוע העוסקים בממשק השטחים הפתוחים הסובבים ובמרכיבי המגוון הביולוגי שבהם. יש להגדיר תחומי אחריות ואופנים ליידוע, לטיפול ולדיווח.

- חשוב לאפיין סוגי תקלות ולהגדיר את נוהלי הטיפול בהן: זיהוי התקלה, מיפוי וסיווגה, שיבוץ במסגרת תכנית העבודה ומעקב אחר הביצוע. כן חשוב להגדיר את מטרת הנוהל, את השיטה – עיתוי או תכיפות הביצוע, אופן העברת מידע פנים ובין-ארגוני וייחום טיפול.
 - חשוב להגדיר נוהלי תיעוד ונוהלי דיווח שיאפשרו עם הזמן לנתח את המידע שנאסף בהסתכלות כוללת, לשפר את הטיפול ולייעלו, ואף לשפר את התכנון בעתיד.
 - בנוהלי תיעוד ודיווח כאלה חשוב להגדיר אם יש צורך בהתייעצות עם אנשי מקצוע לגבי אופן ביצוע העבודות הנדרשות או עיתוין, ואם נדרשת בשטח הנחיה נוספת לקבלן הביצוע – על ידי מי תבוצע.
 - כחלק מהתיעוד ומהדיווח הנדרשים מקבלן הביצוע מומלץ לתעד בצילום תקלות ואת אופן הטיפול בהן כדי שיהיה אפשר לשפר את הטיפול ולייעלו.
 - בנוהלי אבטחת איכות הכוללים בחינה ששטח העבודה נותר נקי ובלא מפגעי בטיחות, מומלץ לכלול סעיף שעניינו שמירה על ניקיון ושיכלול הקפדה שלא להותיר או להשליך ציוד ופסולת והקפדה על סילוק מפגעים המאיימים על בטיחות בעלי החיים ששוכנים בשטח האמור ובסביבתו.
- לגבי כל האמצעים למזעור השפעות הקיטוע (המצוינים להלן בטבלה 8.1) חשוב לבדוק: (א) האם המבנה שלם או שנפגע עקב ונדלים; (ב) האם יש במבנה או בסביבתו הקרובה פסולת; (ג) האם יש סימנים המעידים על ציד לא-חוקי. חשוב לקבוע מועדי ביקורת שלא יפריעו לפעילות בעלי החיים ושיתחשבו בפעילותם העונתית (למשל מועדי קינון או רבייה. לגבי חיות פעילות לילה – חשוב לקיים בדיקה בשעות היום; לגבי מנהרות לדו-חיים – חשוב לקיים בדיקה לפני תקופת הנדידה/הרבייה וכו'). בפרק 7 הוצעו בסעיפים השונים נקודות לבדיקה ולתחזוקה שיש לשים אליהן לב. בטבלה 8.1 שלהלן רוכזו נקודות מרכזיות לגבי כל אמצעי. חשוב להצליב נהלים אלה עם נוהלי הניטור (ראו בפרק 9).

טבלה 8.1: נקודות שמומלץ לכלול בנהלים לבקרה ולתחזוקה	
האמצעי למיתון הקיטוע	נקודות לבדיקה
כללי לכל האמצעים	<ul style="list-style-type: none"> • סביבת המעבר והחיבור לסביבה • נגישות למעבר (חופש תנועה מבחינת צומח ונוכחות מכשולים) • מצע (קרקע או אחר) לפי התכנון • נוכחות צומח בכניסה (יש די צומח, מבנה הצומח ואופיו הם בהתאם לתכנון) • נוכחות אמצעים למחסה בהתאם לתכנון • נוכחות אמצעים לניתוב בהתאם לתכנון • נוכחות פסולת במעבר ובכניסות אליו • שלמות הגדרות וחיבורן כנדרש • שלמות אמצעים למיסוך הפרעות ואלמנטים נוספים • סימנים לפעילות אדם לא רצויה • תאורה כנדרש
מעבר רצף	<ul style="list-style-type: none"> • מבנה הצומח ואופיו, סבך לעומת כתם פתוח • סוג הצומח (ונוכחות מינים רודרליים ופולשים) • שילוב הצומח במעבר • מגוון בתי הגידול במעבר ובכניסות אליו • תפקוד אמצעי המיסוך
מעבר עילי לבעלי חיים	<ul style="list-style-type: none"> • מבנה הצומח ואופיו, סבך לעומת כתם פתוח • סוג הצומח (ונוכחות מינים רודרליים ופולשים) • שילוב הצומח במעבר • תפקוד אמצעי המיסוך
מעבר עילי רב-שימושי	<ul style="list-style-type: none"> • מבנה הצומח ואופיו, סבך לעומת כתם פתוח • שילוב הצומח (מבנה ופיזור בשטח, השתלטות מינים מסוימים, נוכחות מינים רודרליים ופולשים) • תפקוד אמצעי המיסוך

האמצעי למיתון הקיטוע	נקודות לבדיקה
מעבר בין צמרות	<ul style="list-style-type: none"> • תקינות החיבור לעצים • היעדר מחסום על המעבר • תקינות תומכי הגשר (אם יש)
גשר ארוך (ויאדוקט)	<ul style="list-style-type: none"> • שילוב הצומח (מבנה ופיזור בשטח, השתלטות מינים מסוימים) • שימוש לא הולם בשטח
מעבר תחתי ליונקים גדולים	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • שימוש לא הולם בשטח וסימנים המעידים על ציד לא-חוקי
מעבר תחתי רב-שימושי	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • הפרדה בין השימוש האנושי לזה של בעלי החיים בהתאם לתכנון
מעבר תחתי עם זרימת מים	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • ערוץ הזרימה אינו חסום • מצב פתח היציאה לזרימה, האם נוצרה מדרגה
מעבר תחתי לחולייתנים בינוניים וקטנים	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • לא נסתם על ידי סחף
מעבר מים משודרג	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • חיבור הולם לגדה יבשה • שלמות דרגש ההליכה • מצב פתח היציאה לזרימה, האם נוצרה מדרגה • סתימת נתיב המים על ידי סחופת
מנהרה לדו-חיים ולזוחלים	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוח מספק (קיים פס המאפשר מעבר יבש, המעבר אינו מוצף כולו) • לא נסתם על ידי סחף • שלמות האמצעים המיוחדים לניתוב • גיזום מינים עשבוניים עד מרחק של 60 ס"מ או כנדרש • מצב ברכות נוספות או נקודות לחות בהתאם לתכנון
גידור*	<ul style="list-style-type: none"> • שלמות הגדר • חיבור לעמודי התמיכה • חיבור למבנה אחר בנקודות הסיום • חיבור ומפגש עם הקרקע • שבילי הליכה וחפירות המעידים על מעבר סדיר של בעלי חיים תחת לגדר • סימנים לסחף קרקע באתרים שיש בהם שיטפונות
אמצעי הרתעה ואזהרה*	<ul style="list-style-type: none"> • שלמות התמרורים • שלמות אמצעים להרתעת בעלי חיים ואמצעים להתרעה על נוכחות בעלי חיים
התאמת בית הגידול בצדי הדרך*	<ul style="list-style-type: none"> • נוכחות צומח, מבנה הצומח וכיסוחו כנדרש ובעיתוי נכון • הרכב מינים כמתוכנן • נוכחות מינים רודרליים ופולשים
התאמת התשתית*	<ul style="list-style-type: none"> • מעקות בטיחות כנדרש • שלמות פתחים ומפתחים פתוחים במעקות • ניקיון תעלות ניקוז • פתחים במחיצות אקוסטיות אטומות או סימון מחיצות אקוסטיות שקופות - כנדרש • היעדר שיחים ועצים לצד מחיצות שקופות • שלמות רמפות מילוט

* הערה: חשוב לשלב עם ניטור תקופתי לבדיקת מידת הפגיעה של אמצעים אלה בבעלי חיים

9. ניטור והערכה

- 9.1 עקרונות כלליים של ניטור
- 9.2 תכנון של מערך ניטור
- 9.3 בקרת איכות במהלך שלב הביצוע
- 9.4 שיטות לניטור פגיעות בבעלי חיים ולניטור שימוש במעברים לבעלי חיים

פרק זה פורש את הסיבות לצורך בניטור, ומציג אופנים שונים של ניטור לפי מטרותיהם. בבחירת שיטות הניטור מודגשת החשיבות של ההתמקדות במטרות, בחירת מיני היעד, בחירת קני המידה לניטור והצורך בסטנדרטיזציה של תהליך זה.

9.1 עקרונות כלליים של ניטור

9.1.1 הצורך בניטור ומטרותיו

מעברים לבעלי חיים הם למעשה מסדרונות תנועה שמוקמו באופן נקודתי באתרים ספציפיים, מעל תשתיות תחבורה הקוטעות את בתי הגידול או תחתן. כמו מסדרונות תנועה אחרים של בעלי חיים, על המעברים לאפשר חמישה תפקודים ביולוגיים:

(א) צמצום התמותה והגברת התנועה בין אוכלוסיות, הכוללת גם חילופי חומר גנטי.

(ב) מילוי צרכים ביולוגיים כמו חיפוש מזון, מחסה ובני זוג.

(ג) תפוצה מתחומי מקום הלידה לכתמים אחרים ואכלוס כתם מחדש לאחר היעדרות ממושכת.

(ד) פיזור מחדש של האוכלוסייה בין כתמים במרחב בתגובה על שינויים סביבתיים והפרעות ועקות שונות.

(ה) קיום ארוך טווח של תהליכים ברמת המערכת האקולוגית ומטה-אוכלוסיות.

תפקודים אלה כוללים שלוש רמות ארגון ביולוגיות: הרמה הגנטית; רמת האוכלוסייה והמין; רמת החברה והמערכת האקולוגית. מהתפקודים ומרמות הארגון הללו אפשר לגזור יעדי ביצוע, לקבוע את שילוב השיטות לניטור ולמחקר, ולהתייחס לסוגיות ממשק הכרוכות בכך.

לאחר בניית כביש או מסילת ברזל חשוב להפעיל מערך ניטור, כיוון שמנגנון זה מאפשר למתכננים לבדוק את יעילותם של האמצעים שיושמו לצורך מיתון השפעתה של תשתית התחבורה על קיטוע בתי גידול. תכניות הניטור צריכות להיות חלק אינטגרלי מהממשק הטכני השגרתי, המוביל לשיפור האמצעים הקיימים ולשיפור התכנון וייעול ההשקעה הכספית בהם בעתיד.

מערך ניטור מתוכנן היטב יסייע להשיג יעדים אחדים:

- לאתר כשלים בהתקנה, בבנייה או בתחזוקה של האמצעים למיתון השפעות הקיטוע.
 - לוודא שאמצעי המיתון שהוצבו משיגים את מטרותם.
 - להעריך אם האמצעים מאפשרים למתן את השפעות הקיטוע עבור מינים ועבור בתי גידול גם לטווח הארוך.
- במילים אחרות, הניטור יסייע להבין אם במהלך התכנון והביצוע של פרויקט התחבורה אכן ניתנו אמצעים מתאימים ומספקים כדי למזער קיטוע של אוכלוסיות ושל בתי גידול.
- הפצת התוצאות של תהליך הניטור אף היא חשובה להשגת ידע על פיתוח אמצעים יעילים יותר ויקרים פחות. לפיכך, מטרות חשובות של הניטור כוללות סיוע למתכננים בהיבטים אחדים:
- הימנעות מטעויות חוזרות ונשנות.
 - אספקת מידע חדש כדי לשפר את תכנונם של האמצעים למיתון ההשפעות.
 - יכולת לזהות מה הם אמצעי המיתון עם היחס המיטבי של עלות-תועלת.
 - חיסכון במשאבים לפרויקטים בעתיד.

במהלך תכנון התשתית יש להגדיר ולנסח מטרות ברורות לאמצעי המיתון שנבחרו וקריטריונים ברורים להערכה של מידת הצלחתם. המטרות והקריטריונים הללו יעמדו בבסיסה של תכנית הניטור, אם יוחלט שיש צורך בתכנית כזו, והם שיתוו את מרכיביה: את השאלות שהיא נועדה לבחון, אילו הם מיני היעד, מה יהיה מועד התחלתה, מה יהיו משך הניטור והתדירות שבה יישנה ניטור זה עם הזמן, אילו מאמצעי המיתון מומלץ לנטר ומה הם הקריטריונים להערכת הצלחה. אם הדבר אפשרי – יש לזכור כי תכנית ניטור טובה מתחילה עוד לפני הקמת התשתית: רצוי להקצות לפחות שנה לאיסוף נתונים על המצב לפני ההקמה (baseline) כדי שיהיה אפשר להשוותם למצב בזמן ההפעלה של התשתית, ולשלב תזמון זה במהלך הכולל של שלבי העבודה. בפרק זה נרחיב על בנייתו של מערך ניטור לפי העקרונות שצוינו לעיל.

לאחר שהוגדרו מטרות הניטור, על הניטור לכלול מדידה חוזרת וסדירה של משתנים נבחרים. פעילות ניטור חייבת לענות על שלוש דרישות:

- נעשית סטנדרטיזציה של המדידות.
- נבחרים משתנים המצביעים על תהליך אקולוגי שיש בו עניין או תכונות שיש לגלותן.
- קנה המידה (בזמן ובמרחב) של המדידות מאפשר איתור של שינויים.

אם לא מוגדרות מטרות ברורות לניטור דרישות אלה אינן יכולות להתמלא. הצבת מטרות אלה ובחירת האמצעים, הסטנדרטים, קנה המידה והקריטריונים להערכה של יעילות האמצעים דורשים ידע אקולוגי בסיסי של המערכת שהושפעה, ולכן מעורבותם של אקולוגים בעלי ניסיון בגיבוש מערך הניטור היא תנאי בסיסי.

אפשר להבחין בין שני טיפוסים ניטור: ניטור שגרתי וניטור אקולוגי.

ניטור של אמצעים: ניטור שגרתי



איור 9.1: ניטור של מעברים לבעלי חיים ותיעוד סדיר של דרישות לאיתור "נקודות אדומות": תיעוד מסוג זה יכול להיעשות באמצעות נהלים סטנדרטיים הנכללים בתכניות התחזוקה השגרתיות, כמו בדוגמה זו מספרד (צילום: EU: C. Rosell)

סוג ניטור זה מתמקד בבחינה ובבקרה של יעילות האמצעים על ידי מדידה של משתנים מקומיים כמו מספר בעלי החיים שמשמשים במעבר או מספר בעלי החיים הנדרסים לקילומטר של תשתית. הניטור השגרתי מסייע לוודא את סטנדרטי הבנייה (חומרים, ממדים, מיקום וכו') והתחזוקה, והמשתנים נמדדים כדי להעריך אם האמצעים עונים על מטרותם. כשמתגלים כשלים אפשר לנקוט אמצעים לתיקונם ולפתרון הבעיה.

ניטור שגרתי יכול להתמקד באמצעי מסוים, אך לעתים קרובות יותר רצוי לנטר אמצעים שיש ביניהם קשרי גומלין או שיש להם השפעה משולבת להשגת אותה המטרה.

טיפוס זה של ניטור אפשר לכלול בתכנית לממשק ולתחזוקה סדירים של התשתית. במדינות מסוימות תכניות כאלה מפותחות כהליך סטטוטורי בכל תשתיות התחבורה החדשות שנבנות. תכנית כזו כוללת פעילויות

שאינן דורשות בהכרח דרגת מומחיות גבוהה מאנשי המקצוע המיישמים אותה, ואפשר להפעיל בעלויות סבירות. בישראל יש לכלול את העלויות הכרוכות בכך כבר בשלב תכנון הפרויקט, ולדאוג מראש לתקצוב לכל תקופת הניטור הנדרשת.

דוגמאות אחדות לפעילויות שאפשר לכלול בסוג זה של ניטור הן:

- בדיקה אם המעברים לבעלי חיים הם בשימוש על ידי מיני היעד ומהי תדירות השימוש. אם המעברים אינם בשימוש, יש לנסות לאתר את הסיבות לכישלון ולגבש אמצעים לתיקון.
- תיעוד מספר הדריסות, איתור "נקודות אדומות" שבהן מספר גדול יחסית של בעלי חיים נדרסים ליחידת אורך כביש, וזיהוי המינים המושפעים מכך במיוחד (איור 9.1).
- זיהוי בעיות אחרות כמו בורות שיכולים לשמש מלכודות מוות לבעלי חיים או גדרות שאינן מותקנות כנדרש.
- בירור ההשפעה בפועל של מיסוך שנועד לצמצם את הפרעות הרעש והתאורה הנובעות מהפעלת התשתית.
- בדיקה אם בית גידול לח או ברכה עונתית שנבנו כאמצעי פיצוי אמנם משמשים את מיני היעד.

ניטור השפעת האמצעים על מינים ועל בתי גידול: ניטור אקולוגי

סוג ניטור זה מתמקד בהשפעות האקולוגיות של האמצעים למיתון ולפיצוי. הוא מנסה לזהות שינויים במגוון הגנטי, בפיזור המינים במרחב, בדינמיקה של אוכלוסיות, בבתי הגידול ובנוף. מאפיינים נבחרים של בית גידול, דפוסים בנוף ובתהליכים טבעיים מתועדים לאחר הבנייה של תשתית חדשה ומושוים לתנאי הבסיס (לפני הבנייה ובאתרי ביקורת).

ניטור אקולוגי מחייב גישה ארוכת טווח עם קנה מידה נרחב, גישה המתחשבת במכלול האמצעים שיושמו ובהשפעות הסינרגיות המתרחשות כשתשתית תחבורה חדשה מתוספת לרשת תחבורה קיימת. מסיבה זו אפשר להפעיל טיפוס ניטור זה באופן סדיר רק במקרים מיוחדים, למשל כשמעבר עילי נבנה כדי לחבר בתי גידול של מינים בסכנה או כדי לקשר שטחים טבעיים מוגנים.

הלן היבטים אחדים שאפשר לבדוק במערך ניטור אקולוגי:



איור 9.2: ניטור טלמטרי: ניטור הכרוך בהצמדת משדר לפרטים ממין מסוים של בעל חיים, ומספק מידע על התנהגות הפרטים הנוגעת לתשתית התחבורה. ניטור כזה מצריך מומחיות והשקעה של זמן ומשאבים כספיים. האפשרות ליישם ניטור טלמטרי כניטור שגרתי היא מוגבלת, אך הוא יכול להיות שימושי מאוד במקרים מיוחדים. (צילום: B. Iuell: EU)

- תדירות התמותה הנגרמת על ידי דריסות והשפעתה על הדינמיקה של האוכלוסיות של מיני היעד.
- הערכה של השפעות החיץ של כל רשת התחבורה, המביאה בחשבון לא רק את שיעור בעלי החיים המנסים לחצות ונדרסים אלא גם את שיעור בעלי החיים שמנסים לחצות ונרתעים מלעשות כן מחמת הפרעות (רעש, תאורה וכו').
- שינויים בהתנהגות של מינים אינדיקטוריים (מינים סמונים) בשל הפרעות.
- ההשפעה של בתי גידול חדשים הקשורים לתשתית כמו חפירות ושוליים. התנחלות והתבססות של מינים פולשים, והשלכות של משיכת טורפים כמו עופות דורסים לאזורים אלה.
- שינויים בנוף שנוצרים בעקבות התשתית החדשה, כמו רמת הקיטוע המרחבי של בתי גידול והמרחק בין כתמים של בית גידול מאותו הסוג.

- שינויים בתפוצה המרחבית, בהרכב ובאיכות של בתי גידול הסמוכים לכביש בשל מזהמים שנוצרים בעקבות הפעלת התשתית.
- תהליכי שיקום של בתי גידול במרחב התכנית לאחר גמר העבודות.

ניטור אקולוגי מספק מידע רב-ערוך לתכנון של תשתית חדשה, מסייע למתן את השפעותיה, ואף משפר את היכולת להבין את הבעיות. תכנון מערכי הניטור הללו צריך להיעשות על ידי אקולוגים בעלי היכרות טובה עם הביולוגיה של מיני היעד, כיוון שהשיטות וקנה המידה במרחב ובזמן משתנים במידה ניכרת בין מינים וקבוצות מינים שונים ובין נופים שונים. לפיכך לא נפרט כאן על טיפוס זה של ניטור אלא נתמקד במערכי ניטור שאפשר ליישםם כחלק מתכנית הניהול והתחזוקה של כביש.

9.1.3 שיקולים מעשיים

הדבר העיקרי שאפשר ללמוד ממערכי ניטור קיימים הוא שמערך ניטור מוצלח יכול להיות פשוט, זול, מתואם בין הנוגעים בדבר ולאפשר סטנדרטיזציה (כלומר, הוא בר-השוואה).

את כל מערכי הניטור מגבילים שיקולים מעשיים של עלות ויכולת יישום שמחייבים בחינה קפדנית של מטרות הניטור ושל הרלוונטיות שלהן. יש לקבוע סדרי עדיפות למטרות כדי לזהות אילו הם המשתנים החשובים למדידה ואילו משתנים אפשר לזנוח.

בגיבוש מערך ניטור של פיתוח תשתית יש להביא בחשבון כמה שיקולים מעשיים חשובים:

- בשל שיקולים תקציביים לא כל פרויקט תשתית ינוטר, ולכן במהלך התכנון חשוב להגדיר אם יש צורך במערך ניטור. יש מצבים שבהם רצוי במיוחד לשיקול ניטור: (א) במקרים שבהם נבנו אמצעי מיתון מיוחדים, במיוחד מעבר רצף ומעבר עילי לבעלי חיים; (ב) כשתואי חוצה בתי גידול רגישים וידוע שיש בהם מינים בסכנת הכחדה; (ג) לאחר הכנסת אמצעי מיתון במקטעים של כביש שתועד בהם ריכוז גבוה של דריסות; (ד) כשיושמו אמצעים חדשים למיתון או אמצעים אחדים שיש עניין מיוחד לבחון את תפקודם המשולב.
- יש להגדיר לניטור מטרות ברורות. הדבר חשוב להגדרת המידע אותו הניטור יספק.
- יש להגדיר גם יעדים ברורים להישגים מבחינת האמצעים למיתון ההשפעות (כלומר, להגדיר קריטריונים שעל פיהם יהיה אפשר להחליט אם האמצעי הצליח למלא את תפקידו). הניטור **אינו יכול** להגדירם כיוון שלרוב לצד השיקולים האקולוגיים יעדים וקריטריונים אלה מבוססים גם על שיקולים ערכיים. עם זאת, ניטור יכול להצביע אם יעדים אלה הושגו אם לאו.
- יש להשתמש במערכים ובשיטות תיעוד עקביים, הדירים וסטנדרטיים. לשם כך חשוב להכשיר כוח אדם ולהקפיד על תיאום בין מערכי ניטור בפרויקטים שונים ובין האנשים שמבצעים את הניטור בפועל.
- יש לאסוף ככל האפשר מידע על תנאי הבסיס (המצב לפני הקמת התשתית).
- כיוון שאי-אפשר לנטר הכול, יש לבחור מינים שיש להם ערך ידוע כמינים אינדיקטוריים לקיטוע בתי גידול.

- יש לבחור קנה מידה לתיעוד במרחב ובזמן המתאים לתהליך או למין המסוים של בעל החיים.
 - על עבודת הניטור להימשך מעבר לשלב פיתוח התשתית. ניטור מחייב תיעוד חוזר ונשנה.
 - מומלץ להתחיל את הניטור שאחרי הקמת התשתית פרק זמן כלשהו לאחר פתיחתה לתנועה (למשל כחצי שנה מאוחר יותר) כדי לאפשר הסתגלות ראשונית והתייצבות כלשהי של פעילות בעלי החיים, ולהמשיך את הניטור לפחות 3 שנים לאחר ההפעלה שבמהלכן ייבחנו הן השיפורים שיש לבצע והן התוצאות שנובעות מהכנסת השיפורים הללו. אפשרות אחרת היא לבצע ניטור במשך שנתיים, להמתין פרק זמן של שנתיים עד 3 שנים, ואז לבצע ניטור נוסף של שנתיים כדי לבחון את היציבות ואת האמינות של יעילות האמצעים לטווח זמן ארוך יותר.
 - יש לאחסן את תיעוד הניטור באופן בטוח ונגיש לכל בעלי העניין.
 - יש לשמור את נתוני התיעוד לאחר שעברו סטנדרטיזציה. אפשר לגלות שינויים רק אם העבודה המתמשכת מעוגנת מרחבית ואם אפשר למקם אתרים.
- ארבע נקודות חשובות במיוחד בגיבוש מערך הניטור: בחירת מיני היעד, בחירת קנה המידה במרחב ובזמן, המתודולוגיה ופיתוח סטנדרטים.

בחירת מיני היעד

אמצעים אחדים תוכננו במיוחד – עבור מין מסוים או קבוצת מינים שיש להם דרישות וצרכים מאוד מוגדרים, עבור מינים שיש עניין רב בשמירתם (כמו מינים בסכנת הכחדה או מינים מקומיים שרגישים במיוחד לקיטוע ודורשים לתפקודם הנאות שטחים גדולים, רציפים ולא מופרים), או לצורך קיום נתיבי נדידה מקומיים או אזוריים. במקרים אלה בחירת מיני היעד פשוטה יחסית.

במקרים אחרים לאמצעי המיתון יש מטרת כללית ונרחבת יותר כמו מניעת הידרדרות באיכותם ובמצבם של בתי הגידול הסמוכים לכביש או שימור הקישוריות בין כתמים מקוטעים של בתי גידול והאוכלוסיות שבהם. במקרים כאלה יש צורך לבחור מיני יעד (ראו גם פרק 5) שבהם יתמקדו פעילויות הניטור.

להלן מאפיינים אחדים שיכולים לסייע בבחירה של מיני יעד:

- מינים שעבורם עוצבו אמצעים למיתון השפעות הכביש.
- מינים שמגיבים, ובמהירות יחסית, לשינויים באופי הקיטוע.
- מינים שיש עליהם די ידע אקולוגי זמין, ושיושמו לגביהם שיטות ניטור סטנדרטיות.
- מינים שקל לאתרם ולזהותם.
- קבוצות טקסונומיות המוכרות כאינדיקטורים לקיטוע בית גידול ויכולות לתת מידע על מצבה של המערכת האקולוגית בכללותה.

קנה המידה

יש חשיבות גדולה לבחירה של קני מידה לניטור המתאימים למטרות הניטור במרחב ובזמן, אולם קשה לתת הנחיות גורפות לכך ויש לבחון כל מקרה לגופו. כעיקרון, כדי לאתר שינוי יש לדגום שטח גדול דיו במשך תקופת זמן ארוכה דיה. הקוּשָׁךְ והתקופתיות (מדי כמה זמן חוזרים על המדידות) של הניטור יהיו, למשל, שונים לגמרי בנייתוח יעילות של מעבר לבעלי חיים מאשר בנייתוח צמצום דריסות בעקבות הקמת גדר חדשה. גם על בחירת קנה המידה המרחבי אי-אפשר לתת הנחיה כוללת.

סטנדרטים המסייעים להערכה של השגת היעדים

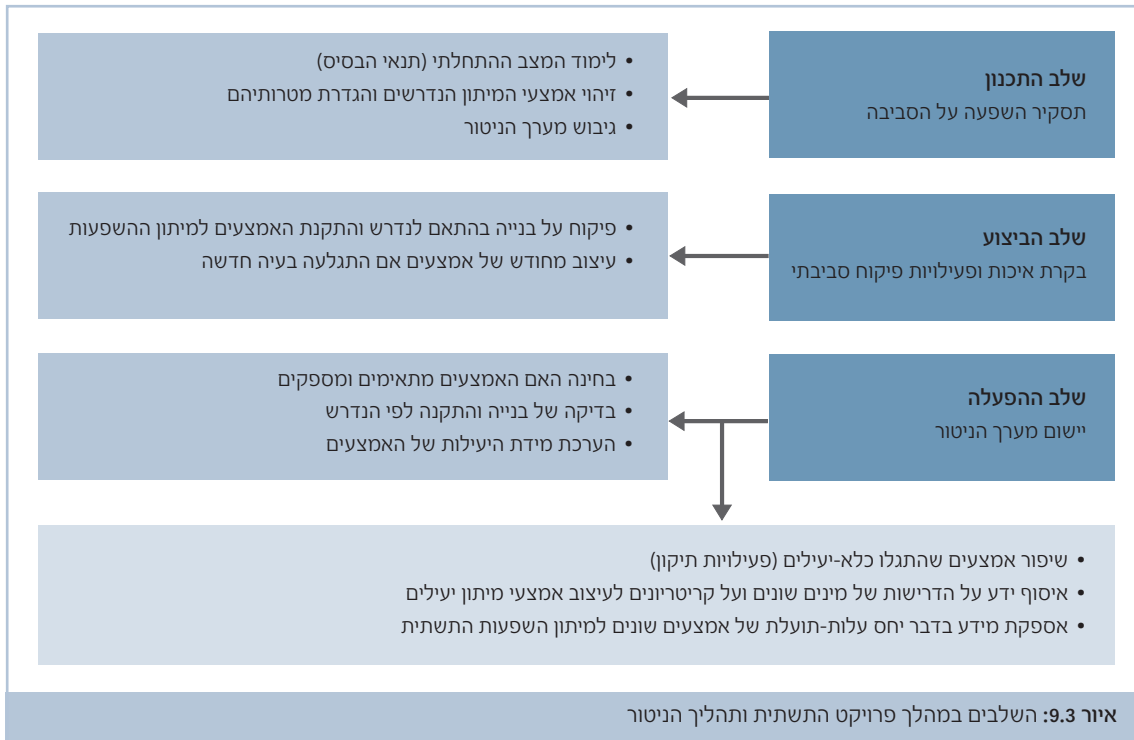
הניטור מספק תוצאות לגבי משתנים שיש להשוותם למדידות סטנדרטיות. קיומן של מדידות סטנדרטיות מאפשר להעריך את **מידת היעילות** של האמצעים, ומסייע לקבל החלטות לגבי **היעילות** של פעולות הנדרשות לתיקון ולשיפור יעילות זו. סטנדרט צריך להיות משתנה כמותי במידת האפשר ומבוסס על קריטריונים ברורים. ביטוי המטרות של מיתון ההשפעות בדרך סטנדרטית מספק את הבסיס הטוב ביותר לניטור ולהערכה של יעילות האמצעים למיתון ההשפעות.

סטנדרטיזציה של טכניקות ניטור

המגוון הגדול של שיטות הניטור מגביל את היכולת להשוות בין השפעות שונות של פיתוח תשתיות על מרכיבי המגוון הביולוגי במקומות שונים או בין התפקוד של אמצעים שונים למיתון ההשפעות. בשל המגוון הרב אפשר להשוות ישירות זה לזה רק מעט מהמחקרים, וקשה לסכם בקלות דפוסים העולים מהם. אם מעוניינים להשוות בין מחקרים ולאחד בין התוצאות של מערכי ניטור שונים חשוב ביותר לפתח נהלים אחידים לניטור סטנדרטי (בספרד נעשה ניסיון לפתח נהלים סטנדרטיים לניטור). הדבר חיוני גם כדי לאפשר ניתוח והשוואה בין תפקודם של אמצעי מיתון שונים בנסיבות שונות. פתיחות לשיתוף פעולה חשובה ביותר לשם כך.

9.2.1 מערך הניטור – מתכנון ליישום

יישום מערך ניטור מתחיל לרוב כשתשתית התחבורה נפתחת לשימוש, אך לעתים הוא מתחיל עוד בשלב התכנון ומאפשר לאסוף מידע על המצב ההתחלתי לפני ההקמה, ולכן חיוני להגדיר את מטרת תכנית הניטור כבר במהלך פיתוח הפרויקט, בשלבי התכנון המתארי והמפורט. לתהליך הניטור בכללותו שלושה מרכיבים עיקריים – בשלב התכנון, בשלב הביצוע ובשלב ההפעלה – המתוארים להלן באיור 9.3.



גיבוש מערך הניטור ואפיון המצב ההתחלתי בשלב התכנון

ידע על התנאים ההתחלתיים (תנאי הבסיס baseline) של בתי הגידול והמינים שבהם מאפשר להשוות בין המצב ההתחלתי לבין המצב שלאחר בניית הכביש. מידע זה הוא גם בסיס וחיוני לזיהוי של אזורים רגישים או של מיני יעד. יש לאפיון את התנאים ההתחלתיים במהלך השלבים הראשונים של תכנון התשתית, במחקרים ובסקרים המקדמיים ובמיוחד בתסקיר ההשפעה על הסביבה. על התסקיר לכלול תיאור מפורט של בתי גידול (סוג, פיזור מרחבי, מידת הקיטוע, ערך לשימור וכו'), של מינים (תפוצה, רגישות לקיטוע בית גידולם, מצב האוכלוסייה, עניין לשמירת הטבע) ושל מסדרונות אקולוגיים (ראו פרק 5). התסקיר הוא גם הפלטפורמה המתאימה ביותר להצגת תכנון כללי של מערך הניטור והגדרה של: (א) המטרות לאמצעים למיתון ההשפעות; (ב) הפעולות שיש לבצע כדי להעריך את יעילותם של אמצעים אלה, לרבות תיאור מפורט של שיטות, תדירות הדגימה, סטנדרטיזציה וכו'.

פיקוח על יישום האמצעים בשלב הבנייה

ניטור ופיקוח על העבודות במהלך שלב הבנייה מעניקים אפשרות נוספת להקפיד על תפקודם של האמצעים שיוקנו. בשלב זה חשוב לבצע באתר בדיקות ובקרת איכות (ראו סעיפים 9.3 ו-8.1). במהלך שלב הבנייה יכולים לחול או להתגלות תנאים חדשים או שינויים בלתי צפויים שלא אותרו בתסקיר ההשפעה על הסביבה, ואלה עשויים להצריך יישום של אמצעי מיתון חדשים או נוספים, או לחייב שינוי ושיפור של אמצעי המיתון שהוצעו מלכתחילה.

יישום פעולות הניטור בשלב ההפעלה

יש להתחיל ליישם את מערך הניטור (ניטור לאחר ההקמה) כשהתשתית נפתחת לפעילות או לאחר תקופת הרצה והסתגלות ראשונית. בשלב זה יש לבצע הן פיקוח ובקרה והן הערכה של יעילות אמצעי המיתון. כפי שמתואר בהמשך הפרק, פרסום והפצת התוצאות אף הם חלק מהתהליך.

מהלך התכנון והגיבוש של מערך הניטור מובא להלן בשישה שלבים (ראו איור 9.4):



I. ניתוח המאפיינים הכלליים של התשתית, המצב ההתחלתי וסקירה של האמצעים למיתון ההשפעות

מידע זה יש לייצר בשלב התכנון, במיוחד באמצעות תסקיר ההשפעה על הסביבה. יש להגדיר את מספרם של האמצעים למיתון ההשפעות ולתאר את מאפייניו הטכניים, את מיקומו ואת מטרותיו של כל אחד מהם. יש להתחשב בקיומם של שטחים טבעיים רגישים ושל מינים בסכנה כדי לזהות דרישות ניטור ספציפיות.

II. בחירת אמצעים שיש לנטרם ולהעריכם ותיאור שלהם

בחירת אמצעי המיתון שיש לנטרם צריכה להיעשות על בסיס קריטריונים ברורים ולכלול גם אמצעים שיעילותם עדיין לא הוגדרה בוודאות. התיאור צריך לכלול גם מספר מייצג של הטיפוסים השונים של אמצעים שנקטים כדי להימנע מקיטוע של בתי גידול, למתנו ולפצות עליו.

III. זיהוי הצורך בניטור אקולוגי

כשיש השפעה על מינים או על בתי גידול בסכנה עולה לעתים הצורך בניטור אקולוגי ספציפי למין מסוים או לבית הגידול. סוג פעילות זה מצריך מתודולוגיות מורכבות יותר וניטור ארוך טווח שיבוצע על ידי מומחים בתחומם. הוא יכול להתבצע במקביל לתכנית הניטור השגרתית.

IV. תיאור מפורט של פעילויות הניטור

תיאור מפורט של כל אמצעי למיתון ההשפעות (או מערכת של אמצעים הקשורים זה לזה) שינוטר יכלול:

- פירוט של המטרות שמעוניינים להשיג באמצעות יישום אמצעי מיתון זה. על התיאור לכלול אף תיאור של המשתנים שבהם יתמקד תהליך ההערכה ושל הסטנדרטים שיעשה בהם שימוש, וביטוי של המשתנים ושל הסטנדרטים במונחי מדידה כמותיים במידת האפשר. קיומם של יעדים ברורים ומדידים מאפשר להעריך אם האמצעי השיג את מטרותיו.



- פירוט של מיני היעד או בתי הגידול במוקד הניטור.
- פרוטוקולים לשיטות ניטור, לרבות הטכניקות שבהן יושג המידע (עם סטנדרטיזציה ככל האפשר), משך המדידות, משך הניטור ותדירותו. מומלץ כי הניטור יכלול תקופת זמן מינימלית של 3 שנים. ההערכה של יעילות האמצעים אינה צריכה להתבסס רק על תוצאות שהושגו מיד לאחר תחילת ההפעלה, כיוון שבעלי חיים וצמחים צריכים תקופת זמן להסתגל ולהתאים את עצמם לסביבה שהשתנתה.
- הליך אחסון וניתוח המידע שהושג.

מומלץ לכלול במערך הניטור גם פרק המתאר ניטור של פעילויות שיש לכלול בתכנון בקרת האיכות שייעשה בשלב הביצוע (ראו סעיף 9.3). שלב זה חשוב כדי לוודא שאמצעי המיתון לא ייכשלו בשל שימוש בחומרים שאינם מתאימים או בשל בעיות בבנייתם.

V. הגדרת תוכנו של דוח הניטור

על דוחות הניטור לכלול לפחות סעיפים אלה:

- תיאור של אמצעי המיתון שנוטרו ושל השיטות ששימשו לכך.
- זיהוי של אמצעי מיתון לא-יעילים ושל הסיבות לכישלונם.
- תכנון אמצעים חדשים שיש לנקוט כדי לשפר את יעילותם של אמצעי המיתון הקיימים.
- המלצות לשיפור התכנון של אמצעי מיתון בעתיד.

VI. גיבוש מערכת להפצת תוצאות הניטור

חשוב ביותר להגדיר פעילויות שיבטיחו פרסום והפצה של תוצאות הניטור ונגישות למידע מתכנית הניטור לכל בעלי העניין. גיבוש מערך הניטור צריך להיעשות במשך שלב התכנון (ראו אזור 9.3), אך פעולות הניטור וההערכה של האמצעים יפותחו ויבוצעו במהלך שלב ההפעלה, לעתים קרובות על ידי מומחים שלא היו מעורבים מלכתחילה בתכנון אמצעי המיתון. לפיכך מומלץ שכל המידע הנדרש לביצוע תכנית הניטור ייאסף במסמך שיספק את ההנחיות ליישומה. חשוב שהארגונים שמנהלים את תשתית התחבורה יהיו שותפים בתהליך ויספקו הנחיות מפורטות המתבססות על נהלים כלליים אלה כדי לוודא שתוצאות הניטור של פרויקטים שונים יהיו בנות-השוואה.

9.3 בקרת איכות במהלך שלב הביצוע

במהלך שלב הביצוע חשוב ליישם תכנית לבקרת איכות שמטרתה לוודא בנייה והתקנה נכונה ונאותה של כל מרכיבי התשתית בפרויקט ולפי המפרט של אמצעי המיתון, כך שיאפשרו להשיג את המטרות שהוגדרו. על תכניות אלה לכלול גם פעולות מעקב ובקרה סביבתיים המכוונים לוודא שלפעולות הבנייה תהיה השפעה מזערית על בתי הגידול הסמוכים ושאמצעי המיתון שהוחלט עליהם מותקנים במקום הנכון, עם החומרים המתאימים ובממדים ובגימור שתוכננו, כל אלה בהתאם למפרט הטכני שגובש בעקבות תסקיר ההשפעה על הסביבה. בדיקות ובקרת איכות באתר בשלב הבנייה נעשות באופן שגרתי במדינות מסוימות. פירוט נוסף על סוג זה של פעילות ניטור ראו סעיף 8.1.

יש לציין כי הגדרות של פעילויות מעקב במהלך שלב הבנייה יכולות להינתן ולהיעשות גם במסגרת יצירת תקנים (לדוגמה ISO 14001 למזעור ההשפעות הסביבתיות או ISO 9000 להבטחת איכות העבודה).

9.4 שיטות לניטור פגיעות בבעלי חיים ולניטור שימוש במעברים לבעלי חיים

אפשר להשתמש במספר רב של שיטות לניטור האמצעים למיתון השפעות הקיטוע. סעיף זה מתאר את השיטות הנפוצות ביותר לתייעוד בעלי חיים שנפגעו ולבדיקת השימוש במעברים לבעלי חיים.

לגבי כל שיטה מובא מידע על ההליך שבו היא מיושמת, על המשתנים שיש לתעד ועל הסטנדרטים שיש להציב. אי-אפשר לתת הנחיות כלליות לגבי סטנדרטים או ערכי ייחוס כיוון שהם תלויים בגורמים רבים כמו גודל האוכלוסייה של מין יעד ומצבה, המצב בנוף הסובב או המטרות המסוימות של כל אמצעי ואמצעי. משום כך ההנחיות המובאות כאן נוגעות רק לסטנדרטיזציה שיכולה לשמש לצורך ההערכה.

מטרות

שיטה זו משמשת לזיהוי מקטעי הכביש שבהם מרוכזים מרבית מקרי הדריסה של בעלי חיים או מקטעי כביש שיש לשפר בהם את בטיחות הנסיעה.

תיאור

בדיקה של כמות בעלי החיים הנדרסים לכל יחידת אורך מוגדרת ופירוט המינים או הקבוצות הנדרסים. בדיקה זו נעשית מהשלב שבו הכביש פעיל.

ההליך

תנועה לאורך מקטע הכביש האמור בכלי רכב שנע באטיות (15 קמ"ש) או הליכה לאורכו. יש לעשות זאת מוקדם מאוד בבוקר לפני שאוכלי פגרים (עופות או יונקים) יסלקו את שרידי בעלי החיים שנדרסו למוות. יש לזהות את מינו של כל בעל חיים שנמצא דרוס ולתעד לגביו את המשתנים המפורטים בהמשך. תדירות הדגימה משתנה על פי מיני היעד, אך ככלל, ניטור של קבוצות טקסונומיות שונות צריך להישנות מדי 10 או 15 יום במשך התקופות העיקריות שבהן בעלי החיים פעילים ונעים, ובכללן תקופות של התפזרות הפרטים הצעירים, עונות נדידה מקומית או אזורית ותקופות שבהן מתקיים ציד.

המשתנים שיש לתעד

תאריך, שעת התחלת הסקר ושעת סיומו.

יש לזהות את מינו או את הקבוצה הטקסונומית שאליה משתייך כל בעל חיים שנמצא. רצוי לתעד גם בצילום ברור שיהווה הן תיעוד נוסף והן אמצעי שאפשר להסתייע בו במועד מאוחר יותר בזיהוי על ידי מומחים. יש לציין את הנקודה בכביש שבה הוא נמצא (ק"מ בכביש או נ"צ באמצעות GPS), את מיקומו על פני הכביש, את מצב הריקבון ומאפיינים נוספים שאפשר לראות (כמו גיל או זווית).

תיעוד משתנים אחרים כמו מקטע הכביש, מאפייני הנוף הסובב או הימצאות/היעדר גדר ומצבה יכול לסייע בביתור הגורמים שתורמים לעלייה במספר בעלי החיים הנפגעים.

סטנדרטים

קשה מאוד להשיג יעד של אפס נפגעים. לפיכך מומלץ לקבוע כמשתנה סטנדרטי את המספר המרבי של פרטים שנפגעים לקילומטר מכל מין או קבוצה טקסונומית וש"אפשר לספוג" עבור מין זה ועבור גודל אוכלוסייה מסוים, אם ידוע. אם מספר הנפגעים עולה על מספר זה יש לנקוט אמצעים לשיפור המצב.

תצפיות ווריאציות אחרות

הניטור יכול גם להתמקד בזיהוי "נקודות אדומות" שבהן נדרסים מיני יעד מסוימים. אפשר ליישם שיטה זו למשל לזיהוי נקודות כאלה עבור דו-חיים, לוטרות, צבועים, קרקלים או מיני זוחלים, ולזהות את המקומות שבהם נתיבי תנועתם חוצים את התשתית. מרכז תיאום צריך לאסוף את המידע ולערוכו, לבדוק את כל הנקודות האדומות, ולהחליט על האמצעים המתאימים שיש לנקוט לגבי כל אחד מהמקרים.

לפעמים נדרש ניטור נרחב במקטעי תשתיות תחבורה ארוכים במיוחד, ומומלץ להיעזר לשם כך במתנדבים או באנשים האחראים לתחזוקה שיספקו מידע על מיקום של פרטים דרוסים או נקודות חצייה. כיום אנשי יחידת התחזוקה בחברה הלאומית לדרכים, למשל, רושמים לעתים דיווח על סילוק פגרים מהכביש, אך תיעוד זה אינו נעשה באופן סדיר ועקבי ואינו כולל רישום משתנים הכרחיים, ולכן אי-אפשר להסתמך על המימונו כמדגם שאכן מייצג את המצב במקטע כביש כלשהו. חשוב ביותר לציין כי בחינה של בעל חיים דרוס במקטע כביש עם עומס תנועה כבד הוא פעילות מסוכנת. לכן יש לשמור על בטיחותם של אלה שיעסקו בתיעוד זה.



איור 9.5: תיעוד בעלי חיים דרוסים: שיטה זו טובה לגילוי נקודות שבהן נדרש ליישם אמצעים למניעת תמותה או לשפרם. בתיעוד זה יכולים לקחת חלק גם מתנדבים ואנשי תחזוקה. (צילום: EU: H. Hlaváč)

9.4.2 תיעוד השיעור של בעלי החיים שהצליחו לחצות את קו התשתית

מטרות

שיטה זו משמשת לזיהוי החלק היחסי מכלל בעלי החיים שפעילים בקרבת הכביש ומצליחים לחצות אותו. היא יכולה



לשמש גם כדי לקבוע מה מתוך אלה הוא שיעור הפרטים החוצים את קו הכביש תוך שימוש במעברים הייעודיים לבעלי חיים, במעברי המים או בכל מבנה אחר, ומה מתוך אלה הוא שיעור הפרטים החוצים את הכביש ישירות.

תיאור

ספירה של מספר שבילי העקבות המתועדים לצד התשתית, קביעה של מספר הפרטים שחוצים (והיכן) ומספרם של אלה שמסרבים לחצות.

ההליך

שיטה זו מומלצת ואפשרית במיוחד במקומות שבהם יש מדיום רך ונקי מצומח לצד הכביש, כמו חולות או כיסוי שלג. יש ללכת לאורך הכביש, לצדו, במרחק של כ-20 מטרים משולי קו האספלט, ולבחון את מלוא טווח הרוחב של החתך הנסקר. יש לזהות את העקבות של מינים שונים של בעלי חיים ולאמוד לפיהן את: (א) מספר הפרטים שהולכים לאורך קו גבול הכביש; (ב) מספר הפרטים שמסרבים לחצות ופונים לבית גידולם המקורי; (ג) מספר הפרטים שחוצים בהצלחה. יש לבדוק את שני צדי הכביש. יש לקבוע את המרחק של קו הבדיקה (טרנסקט transect) מהכביש בהתאם לידוע על גודל תחום המחיה של מין היעד.

יש לחזור על סקר כזה לפחות כל 10-15 יום בתקופות של פעילות ותנועה מרבית של בעלי החיים במקומות ובזמנים שבהם יש כיסוי רך לצד הכביש. תקופות אלה כוללות את זמן הפיזור של הצעירים, נדידה וצייד.

המשתנים שיש לתעד

תאריך, שעת התחלת הסקר ושעת סיומו. בכל מסלול יש לזהות את המינים ואת התנהגות הפרט במפגש עם הכביש.

סטנדרטים

החלק היחסי של מספר הפרטים החוצים בהצלחה את הכביש או נכשלים בחצייה ביחס לגודל האוכלוסייה של כל מין (נדרשת לשם כך הערכה של גודל האוכלוסייה). אם גודל האוכלוסייה אינו ידוע אפשר לקבוע כסטנדרט את מספר הפרטים החוצים לעומת מספר הפרטים שנרתעים מלחצות.

תצפיות ווריאציות אחרות

קביעת קבוצת הגיל של פרטים על פי אורך העקבה יכולה לספק מידע על הבדלים בהתנהגותם של פרטים בוגרים מקומיים לעומת צעירים בתקופת הפיזור. במקומות שבהם אין אפשרות לתעד עקבות במדיום רך אפשר ליצור פסי טשטוש בעזרת חומר מתאים כמו חול. הדבר מצריך עבודה אינטנסיבית יותר כיוון שיש להסיר את הצומח הקיים ולבנות לאורך הכביש פס שרוחבו לפחות 50-100 ס"מ (תלוי במיני היעד). חשוב לציין שבמינים מסוימים (כמו שועלים, תנים או חזירים) ייתכנו מקרים שבהם אותם הפרטים חוצים את קו התשתית פעמים אחדות במהלך אירוע דגימה אם התשתית ממוקמת בתוך תחום המחיה שלהם.

9.4.3 ניטור השימוש במעברים לבעלי חיים באמצעות תיעוד עקבות - 1

מטרות

שיטה זו משמשת להערכת מידת השימוש של מינים שונים של חולייתנים במעברי מים, במעברים ייעודיים לבעלי חיים ובמבנים אחרים כנקודות חצייה של התשתית.

תיאור

השיטה כרוכה באיתור החצייה על ידי בעלי חיים בעזרת תיעוד עקבותיהם על משטחים טבעיים מתאימים (חול, חומר חרסיתי), או על פסים של משטחים מחומר מלאכותי כמו חומר מחצבה גרוס דק, הממוקמים במבנה שאמור להיסקר או בכניסות אליו.

ההליך

יש לכסות לכל רוחבו את חלקו המרכזי של המעבר לבעלי חיים בשכבה דקה של חול או של חומר מחצבה גרוס דק (באופן אידאלי - גודל גרגר בקוטר של 800 מיקרומטר). הפס צריך להיות רחב דיו כדי שבעלי חיים לא יוכלו לקפוץ בקלות מעבר לו. במעברי מים פס ברוחב 1 מ' הוא רחב דיו אבל במעברים עיליים גדולים מומלץ להשתמש בפס שרוחבו 2 מ' לפחות. כשיטה חלופית אפשר להתקין שני פסים, אחד בכל כניסה/יציאה, דבר המאפשר להשוות בין העקבות שנרשמו בכל אחת מהן ולראות אם בעלי החיים משתמשים במעבר בהצלחה. פס טשטוש מחול או מחומר מחצבה גרוס דק יש לבדוק מדי יום ולתעד את העקבות. לאחר מכן יש להחליק שוב את פני המשטח של פס הטשטוש (שימוש במגב גומי יכול לסייע בקבלת פני שטח אחידים יותר), ולהוסיף עוד חול אם יש צורך בכך.

יש לחזור על הניטור מדי 10-15 ימים במשך התקופות העיקריות של תנועת בעלי החיים, הכוללות תקופה של פיזור הצעירים, תקופות נדידה וצייד.



איור 9.6: תיעוד עקבות של בעלי חיים בפס טשטוש: (א) חומר מחצבה גרוס דק (powdered marble) הוא חומר טוב לתיעוד עקבות של בעלי חיים, ורגישותו לטביעות של בעלי חיים קטנים ומידת הדיוק של העקבה גדולים יותר בהשוואה לחול. חומר מחצבה גרוס הוא במיטבו כשהוא מפורז בעודו טרי, אך לאחר ספיגת לחות החומר מתקשה, ולכן השימוש בו מוגבל לתנאים של יובש יחסי. התצלומים מתעדים עקבות בפס טשטוש רחב ממדים שהוכן במיוחד לשם כך וכוסה בחומר מחצבה דק; (ב) חול ים הוא זמין ופשוט לשימוש. הוא במיטבו לאחר פיזור ראשון, כשהוא מכיל לחות מעטה. לאחר מכן הוא מתייבש, ואיכות העקבות הנרשמות בו פוחתת. פיזור שכבה דקה נוספת, אם שטח הפס אינו גדול מאוד, יכול לסייע בשמירה על איכות התיעוד. (צילום: תמר אחירון-פרומקין)

המשתנים שיש לתעד

תאריך, שעת התחלת הסקר ושעת סיומו, מזג האוויר, מספר מזהה של המבנה, מיקומו, המינים שזוהו, כיוון העקבות. רישום פרטים לגבי הכביש (ממדים, חומרים, פני השטח, צומח בכניסות, בורות, תעלות תלולות וכו') יכול לסייע בקביעת הגורמים לכישלון והדרישות של מינים שונים של בעלי חיים.

סטנדרטים

לעתים קרובות ההערכה מתמקדת בקביעה אם עקבות של מיני יעד נמצאות או נעדרות במעבר, ואם הן מצביעות על כך שהמבנה משמש את כל אחד ממיני היעד.

תדירות השימוש (מספר הימים שהניבו תוצאות חיוביות כפרופורציה מכלל ימי הסקר) יכולה אף היא לשמש מדידה סטנדרטית.

תצפיות ווריאציות אחרות

חומר מחצבה עדין סופג מים בקלות (גם מעננות נמוכה) ומתקשה, דבר המגביל את השימוש בו לתנאים של יובש או לשימוש בתערובת שיש בה גם חול וחמרה. כשפני השטח של המבנה לחים מומלץ לכסות את קרקעיתו ביריעת פלסטיק לפני שמפזרים עליה את החומר הגרוס.

מדידה של אורך העקבה יכולה לספק מידע נוסף על מספר הפרטים השונים שהשתמשו במעבר.

להימנע מקיטוע של בתי גידול, למתנו ולפצות עליו.

כשמשמשים בחומר מחצבה גרוס כדאי להסירו לאחר תקופת התיעוד כיוון שהוא עלול להוות מכשול לתנועה של בעלי חיים קטנים (למשל חלזונות).

מטרות

שיטה זו נועדה לאמוד את מידת השימוש של מינים שונים של בעלי חיים בדרגשי הליכה במעברי מים משודרגים ובמעברים אחרים לבעלי חיים.

תיאור

אפיון בעלי החיים העוברים על ידי רישום טביעות רגליהם על גיליון נייר לאחר שדרכו ב"כרית דיו".

ההליך

בחלקו האמצעי של המעבר פורשים נייר מנוילן ששוליו מורמים (יריעה שממדיה לאורך המעבר אינם עולים על 1 מ'), ועליו מורחים תערובת של פרסין נוזלי ואבקת פחם. בכל צד של "כרית דיו" זו מקובעים גיליונות נייר. האורך המומלץ ל"כרית הדיו" הוא 50 ס"מ ולגיליון הנייר - 100 ס"מ. מכל הדיו וגיליונות הנייר צריכים לכסות את כל רוחבו של המעבר. טביעות רגליים מוטבעות על גיליונות הנייר לאחר שבעלי החיים עברו דרך ה"כרית" ודרכו בדיו. יש להחליף בסדירות את גיליון הנייר (למשל פעם בשבוע). את העקבות אפשר לנתח במשרד.



איור 9.7: תיעוד עקבות ב"כרית דיו". שיטה זו מותקנת בדרגשי הליכה לתיעוד תנועת חולייתנים קטנים. (צילום: H. Bekker, EU)

המשתנים שיש לתעד

תאריך, שעת התחלת הסקר ושעת סיומו, מזג האוויר, מספר מזהה של המבנה, מיקומו, המינים שזוהו, כיוון העקבות. רישום פרטים לגבי הכביש (ממדים, חומרים, פני השטח, צומח בכניסות, בורות, תעלות תלולות וכו') יכול לסייע בקביעת הגורמים לכישלון והדרישות של מינים שונים של בעלי חיים.

סטנדרטים

טביעות רגליים של מין יעד כלשהו במעבר של בעלי חיים מאפשרת לקבוע שמין זה אכן משתמש במעבר.

תדירות השימוש (מספר הימים עם תוצאות חיוביות ביחס לכלל ימי הסקר) יכולה אף היא לשמש כמדידה סטנדרטית.

תצפיות ווריאציות אחרות

שיטה זו מקלה את האפשרות למדוד את אורך העקבה, ולעתים מאפשרת לאסוף מידע על השימוש במעבר על ידי פרטים שונים מאותו המין.

מטרות

שיטה זו משמשת לאפיון השימוש של מינים שונים של חולייתנים במעברי מים, במעברים לבעלי חיים ובאמצעי מיתון אחרים. השיטה מאפשרת גם לזהות את התנהגותם של בעלי החיים המשתמשים במבנים.

תיאור

כדי לתעד את המינים העוברים במבנה השיטה מתבססת על שימוש במצלמות סטילס, במצלמות וידאו או קרוב לוודאו (רצף תמונות בזו אחר זו) שמוקנות בהן מנגנון לתאורה אינפרה-אדומה המאפשרת צילום בלילה ומופעלות על ידי גלאי אור, לחץ או תנועה. קיים טווח של מצלמות שלהן רגישות שונה לתנועה ומהירות תגובה שונה. הציווד מוצב בכניסה למבנה או במיקום מרכזי כלשהו על מעבר עילי. חלק מהמכשירים אפשר לצייד בסוללות שאורך חייהן גדול במיוחד (כמו סוללות ליתיום, שגם עמידותן לטווח טמפרטורות בביצועים טובים גדולה יותר) ולהשאירם באתר לתקופה ארוכה. היתרון בכך הוא בצמצום ההפרעה (הנובעת מנוכחות אדם) והשפעתה על שיעור החצייה במקומות שיש בהם מינים הרגישים לנוכחות אדם.

ההליך

יש להציב את המצלמה בעלת התקן האינפרה-אדום במקום שבו היא לא תחסום את הכניסה. לעתים קרובות יש צורך למגנה במכל קשיח ובמנועול (ראו איור 9.8), לצמצום סכנת גנבה או ונדליזם ולצמצום הסכנה שתיפגע מבעלי החיים. המצלמות מותקנות כך שקרן הזיהוי תכסה את רוחב המעבר. המצלמה מופעלת כשחיה חוצה את הקרן, ולכן על הקרן להיות בגובה המתאים לבעלי החיים שמעוניינים לתעד כך שבחצותם את המעבר אכן יפעילו את המצלמה. יש להסתיר את המצלמות על צמחים, עצים או אלמנטים אחרים המצויים בסביבת הכניסה למעבר (אבנים, בולי עץ או ערמות ענפים) או עם אלמנטים שסייעו בהסתרת ריחם של בני אדם, שאליו יונקים יכולים להיות מודעים גם אם המצלמות תוסתרנה. יש להגן על הציווד גם מתנאי מזג אוויר שונים. יש להשאיר את המערכות פעילות במשך לפחות 10-15 יום בתקופות העיקריות שבהן בעלי החיים פעילים ונעים כמו תקופת פיזור הצעירים, תקופות נדידה או תקופת ציד. חשוב לציין שיש הבדלים בין דגמים בטווחים, ברוחב האלומה של קרן הזיהוי, ברגישות המערכת לתנועת בעלי החיים ולמהירותה ובזמן התגובה שנדרש למצלמה עד שמופעל מנגנון הצילום.

המשתנים שיש לתעד

התאריך והשעה שבהם הוצבו המצלמות ופורקו, מיקום המצלמה, מזג האוויר, מספר מזהה של המבנה, מיקומו, המין שזוהה, השעות שבהן השתמש במעבר, כיוון התנועה. את המידע הזה אפשר להשיג לאחר הצפייה בתמונות או בסרטים.



איור 9.8: שימוש במצלמות מיוחדות לתיעוד בעלי חיים: מימין: מצלמה בתוך מתקן המגן עליה. משמאל: תן ונמייה שתועדו במצלמה כזו. (צילום: תמר אחרון-פרומקין)

המדידה הסטנדרטית העיקרית צריכה להיות אם בעלי חיים השתמשו במעבר. תדירות השימוש (מספר הימים שבהם נצפה המין כחלק היחסי מכלל ימי הסקר) יכולה לשמש אף היא כמדד סטנדרטי.

תצפיות ווריאציות אחרות

אחד היתרונות בשימוש במצלמות וידאו או במצלמות המתעדות רצף מהיר של תמונות הוא שהן מאפשרות לנתח את התנהגות בעלי החיים. לפעמים אפשר לזהות זויג או גיל של פרטים ופעמים אחרות אין אפשרות לדעת אם פרט מסוים עובר שוב ושוב במעבר. במקרים מיוחדים אפשר לזהות פרט מסוים אם יש לו מאפיינים ייחודיים.

גנבת ציוד או השחתתו הן בעיה מרכזית במעברים שיש בהם גם פעילות אדם. יש מצלמות שלחלקן החיצוני עיצוב בדגם של צבעי הסוואה המסייע להצניען בתוך הצומח שסביב.

9.4.6 שיטות אחרות לניטור השימוש במעברים לבעלי חיים

גלאי אינפרה-אדום

גלאי אינפרה-אדום סטנדרטיים, הנקראים גם מוני תנועה (trail traffic counters) יכולים לשמש לקביעת מספר בעלי החיים שמשתמשים במעבר. התנועה של בעלי חיים מפעילה את המונה ומתעדת את המספר הכולל של בעלי החיים שהשתמשו במבנה בפרק זמן נתון. הגלאים מחוברים לקירות המעבר או מעביר המים, ואת חלקם אפשר להתאים כך שיתעדו תנועה של בעלי חיים קטנים וירשמו את התאריך ואת זמן התנועה. החיסרון בשיטה זו הוא שאין מידע על מינים, ולכן ערכו של המידע מוגבל. כמו כן אין אפשרות לדעת אם פרט מסוים עובר שוב ושוב במעבר.

איסוף שיער פרווה

מקבעים פיסות עץ לכל צד של מעביר מים ולתקרתו, ומורחים אותן בגומי או בחומר דביק אחר. השיער של בעלי החיים שעוברים במעבר נדבק לחומר הדביק, ולאחר מכן אפשר לאוספו ולנתחו באמצעות מומחים כדי לקבוע אילו מינים משתמשים במעבר. שיטה זו מוגבלת למעבירי מים קטנים ומספקת מידע על יונקים בלבד. היא יכולה לספק גם מידע גנטי נוסף המאפיין את הפרטים שעברו במעבר.

בחינת תיעוד מצלמות ביטחון או בקרת תנועה

במעברים עיליים, במנהרות או בנתיבים אחרים יש לעתים מצלמות CCTV המשמשות לתיעוד תנועה וביטחון. לעתים כוללים התצלומים גם תמונות של בעלי חיים שחוצים את הכביש או מצויים בקרבתו. מידע זה יכול לסייע לאיתור שימוש לא מוצלח במעברים, כשל בגידור או מידע אחר הקשור להתנהגות בעלי חיים בכל הנוגע לכביש.

מעקב אחר תנועה באמצעות דיו פלואורסצנטי

אפשר למקם מכל עם דיו פלואורסצנטי בכניסה למעבר או בקרבתו. בעלי חיים העוברים על פני המכל ודרכו מותירים טביעת עקבות פלואורסצנטית שאפשר לראות בלילה באמצעות תאורה מיוחדת. שיטה זו שימושית במיוחד למעקב אחר תנועותיהם של יונקים קטנים, ויתרונה בעלויות הנמוכות ובפשטותה. עם זאת, בשיטה זו לא נעשה שימוש רב והיא לא נוסתה עם יונקים גדולים, כך שהיכולת ליישמה אינה ברורה לגמרי.

מידע על לכידות ולכידות חוזרות

שיטה זו משמשת למעקב אחר מיני בעלי חיים שצפיפויות האוכלוסיות שלהם גדולות וקל ללכודם, כמו יונקים קטנים. מלכודות (מטיפוס שרמן או דומות להן) ממוקמות על סוללות או במקטעים העוברים בחפירה משני צדי הכביש. החיות שנלכדו מסומנות ומשוחררות, ולכידה חוזרת של פרטים אלה בהמשך מאפשרת לנתח את תנועותיהם מוגבלות לצד אחד של הכביש או אם תחום המחיה שלהם כולל את שני צדי הכביש. לשיטה חסרונות אחדים: כדי להשיג די מידע נדרשות תקופות לכידה ארוכות, ושיטה זו אינה מאפשרת זיהוי של מקום החצייה. כמו כן, השימוש בשיטה כרוך לרוב בפגיעה פיזית מסוימת בפרטים.

מידע טלמטרי

התקנת משדר טלמטרי על גופם של בעלי חיים יכולה לספק מידע רב יותר על התנהגותם בכל הנוגע לכביש מאשר לכידה ולכידה חוזרת. משדרים אפשר לחבר באמצעות קולר, להדביק לפרווה, להחדיר מתחת לעור או לחבר לשכבות עור בחלל הבטן (פריטונאום). המקלט מספק מידע על תנועת הפרטים, על תחום המחיה שלהם ועל מיקום נקודות החצייה של הכביש. שיטה זו מומלצת רק כשמדובר במינים בסכנת הכחדה כיוון שהיא דורשת השקעה רבה של זמן ושל כסף הן בלכידת הפרטים והן בניטור תנועותיהם.

נספחים

מילון מונחים	10.1
מידע - מדריכים	10.2
מקורות נוספים	10.3
פיצוי אקולוגי	10.4
שמות מדעיים של מיני חולייתנים יבשתיים	10.5

הלן פירוש של מונחים נבחרים המופיעים במדריך. מונחים נוספים אפשר למצוא במילון המונחים באנגלית של ארגון IENE <http://www.iene.info/cost-341/glossary>

פירושו	המונח
סדרה של כתמים, פרגמנטים קטנים של בית הגידול, המתאימים למין כלשהו מבחינת התנאים בהם ומצויים בטווח התנועה האפשרי של המין, המשמשים לפרטים לשהייה זמנית ותנועה לכתם הבא אך לא בהכרח להתבססות ממושכת.	אבני קפיצה Stepping stones
שכבת הקרקע העליונה המכילה את מרכיבי הצומח, תומכת בהם ומשמשת להאצת השיקום בשטח מופר.	אדמת חישוב Top soil
(באקולוגיה): קבוצה תפקודית של פרטים בני אותו מין (של בעל חיים או צמח) המאכלסים שטח מסוים ויכולים להתרבות ביניהם. אוכלוסיות קטנות נתונות לסכנת הכחדה בעקבות הפרעות ואסונות כמו שרפה, בצורת או מגפה.	אוכלוסייה Population
תחום גאוגרפי הכולל מערכות אקולוגיות ונופים אחדים שיש להם כמה מאפייני סביבה משותפים (כמו טופוגרפיה, אקלים, חברות צומח, מיני בעלי חיים).	אזור Region
רצועת שטח ובה צומח, המיועדת להגן על בתי גידול רגישים בכך שהיא ממתנת או "סופגת" השפעות כגון זיהום או הפרעות רעש ותאורה הנגרמות מתפעול התשתית.	אזור חיץ Buffer zone
אמצעים כמו התוויה שונה של התשתית או דחיית ההצעה להעביר תשתית תחבורה בתוואי חדש שמשמשים למניעת הנזק הסביבתי.	אמצעי הימנעות Avoidance measures
אמצעי או פעולה הננקטים כדי לפצות על השפעה אקולוגית שלילית שולית, שלא ניתן למתן אותה באופן משיבי רצון (ראו גם מיתון השפעות).	אמצעי פיצוי Compensatory measure
ההשפעה המשולבת של תמותה מדריסה, של קיום מחסום פיזי ושל תגובת הימנעות מהכביש אשר יחד מצמצמות את הסיכוי של פרטים ממין מסוים לחצייה מוצלחת של התשתית.	אפקט החיץ Barrier effect
תחום בשולי השטח שבו שוכנת מערכת אקולוגית, שבו ההשפעות המגיעות מחוץ לה מונעות את ההתפתחות המיטבית של תנאי סביבה הולמים בתוכה.	אפקט השוליים Edge effect
מקום, נקודה או שטח מוגדר בנוף נתון.	אתר Site
סביבה שבה מתקיימים יצורים חיים מסוימים. בבית הגידול יש צירוף מסוים של תנאים ושל משאבים הקובעים את היצורים החיים בו, בהתאם לפסיפס המרכיבים הדרושים לקיום מין כלשהו. מרכיבי בית גידול הם חלק מהמכלול, לרבות מבנה בית גידול, כיסוי צומח וצפיפותו, אופי הקרקע.	בית גידול Habitat מרכיבי בית הגידול Habitat elements
בית גידול שבקרקע שלו יש אחוז גבוה של לחות, שיש בו זרימת מים על פני הקרקע או בשכבת הקרקע העליונה או שהיא טבולה במים במשך חלק מהשנה.	בית גידול לח Mesic habitat, Wetland
בית גידול שיש בו מעט מאוד לחות ומאופיין על ידי תנאים יובשניים.	בית גידול צחיח Xeric habitat
גוף מים מלאכותי המוזן ממי שיטפונות ונגר עילי, שאליו יכולים מזהמים מהכביש להתנקז, לשקוע או להסתנן דרך צומח לפני שחרורם למערכת הניקוז הרחבה.	ברכת שיקוע Balancing pond
מדרגה אופקית בגדה או בחפירה שנבנתה כדי לוודא יציבות של מדרון תלול. המינוח האנגלי משמש גם לתיאור סוללה מקרקע הנבנית כדי לצמצם מפגעי רעש ותאורה הנובעים מהתנועה.	ברמה Berm
גדר שתוכננה והוצבה במיוחד כדי למנוע מבעלי חיים גישה לתשתית תחבורה או גם כדי להובילם לנקודות חצייה בטוחות עבורם.	גידור לבעלי חיים Wildlife fence

פירושו	המונח
מבנה רצוף ואטום המוצב לאורך תשתית ומיועד הן למנוע מדו-חיים לחצותה והן לכוון אותם לנקודת חצייה ספציפית.	גידור לדו-חיים Amphibian fencing
גידור שנבנה כדי להנחות ולנתב בעלי חיים לנקודת חצייה ייעודית בתוואי הכביש.	גידור מנתב Guide fencing
גשר ארוך ונתמך על עמודים, המרימים ונושאים את תשתית התחבורה על פני עמק, ערוץ נחל או שטח נוף נמוך אחר.	גשר ארוך Viaduct
פעולות או אמצעים למניעת סחף קרקע ממדרונות, למשל כיסוי הקרקע בצומח, באבנים, בבטון או חיזוק ברשת.	הגנה על שיפוע Slope protection
הרס בית גידול בגלל נזק מתקדם, או ירידה באיכותו.	הידרדרות בית גידול Habitat degradation
העתקה של בית גידול מאתר אחד לאתר אחר, לרוב כדי למנוע את הריסתו על ידי פיתוח תחבורה. קשה ביותר לבצע בהצלחה פעולה כזו.	העתקת בית גידול Habitat translocation
התגובה המיידית לגורם חיצוני של יצור חי, של מין או של חברה ביולוגית (מקבץ של מינים בעלי קרבה טקסונומית מסוימת החיים במרחב אחד ומקיימים ביניהם יחסי גומלין). לתגובה זו יכולה להיות השפעה נרחבת יותר ברמת האוכלוסייה, המין או החברה.	השפעה Impact/ effect/ consequence
תחום הממוקם בתוך גבולות "הקו הכחול", שנמצא באחריות היזם ומיועד לביצוע עבודות בפועל על פי התכנית.	זכות הדרך
כל בעל חיים שלו שלד פנימי הנתמך בעמוד שדרה עשוי חוליות (דגים, דו-חיים, זוחלים, עופות ויונקים).	חולייתן Vertebrate
מיני בעלי חיים שאין להם שלד פנימי שנתמך על ידי עמוד שדרה עשוי חוליות.	חסרי-חוליות Invertebrates
קטגוריה היררכית בשיטת המיון של יצורים חיים על פי לינה (טקסונומיה), למשל מין, סוג, מחלקה, סדרה. קבוצת מינים שנבדלים דיים מקבוצות אחרות כך שיוגדרו כיחידת מיון נפרדת.	טקסון (לטינית, ברבים: taxa)
קשור לאדמה או לקרקע.	יבשתי Terrestrial
המרכיב התפקודי הקטן ביותר בנוף	יחידת שטח/ תא Land unit
מונח המתאר את כלל בעלי החיים, הצמחים, הפטריות והחיידקים יחד. המונח הלוועזי משמש לעתים אך ורק לתיאור בעלי חיים ולעתים לתיאור מכלול היצורים לעיל.	יצורים חיים Wildlife
אמצעי המסייע לבעלי חיים לצאת מתחום מגודר של התשתית ולא להילכד בו.	יציאה לבעלי חיים Fauna exit
כביש שיש בו שני נתיבים ומעלה בכל כיוון תנועה ובמרכזו לרוב מפרדה.	כביש דו-מסלולי Dual carriageway
מכלול מיני היצורים החיים על פני כדור הארץ על מגוון תכונותיהם ותפקודיהם ברמות ארגון שונות. מונח זה משמש גם להבלטת חיוניותם של השירותים שמרכיבים שונים של הטבע מספקים לקיומו של האדם ומכאן להדגשת הצורך בשמירתם.	מגוון ביולוגי Biodiversity, biological diversity

פירושו	המונח
המגוון והעושר של נופים באזור נתון.	מגוון נופי Landscape diversity
מדידה של משתני סביבה פשוטים המשמשת כדי להצביע על היבט כלשהו של מצב הסביבה, כמו על מידת הקיטוע של בית גידול כלשהו.	מדד (אינדיקטור) Indicator
מעקה בטיחות עשוי בטון המשמש במפרדה של כבישים מהירים כדי למנוע חציית כלי רכב למסלול שמולם או בשולי הכביש כדי למנוע סטייה של כלי רכב אל מחוץ לתחום הכביש.	מחסום ניו ג'רסי Jersey (median) barrier
אמצעי שנועד לצמצם את פליטות הרעש מתנועת כלי רכב באזורים רגישים מסוימים (הן בסביבה בנויה והן בסביבה הטבעית), בעיקר על ידי שימוש בקירות אקוסטיים, בגדרות או במסכים.	מחסום רעש Noise barrier
רשת של תת-אוכלוסיות מקומיות באזור מסוים, שבה נדרשת תנועה מסוימת בין לפחות אחת מביניהן ("מקור") לכמה מהאחרות ("מבלע"), שאינן יכולות להתקיים בכוחות עצמן ונתונות לאפשרות של הכחדה מקומית. למטה-אוכלוסייה כמכלול יש לרוב יכולת הישרדות גבוהה יותר מאשר לתת-אוכלוסיות הבודדות המקומיות.	מטה-אוכלוסייה Meta-population
באקולוגיה של הנוף, טיפוס בית הגידול או שימוש הקרקע שמהווה רקע לכתמי ליבה של בית גידול ומפריד ביניהם. המטריקס נחשב שטח מתאים פחות לקיומו של מין מסוים מאשר כתם הליבה והוא מכסה שטח נרחב ומאופיין בתוכו בקישוריות גבוהה.	מטריצה Matrix
מין בסכנת הכחדה: מין שמספר האוכלוסיות שלו ומספר הפרטים שבהן הצטמצמו מאוד עד כדי סכנה להמשך קיומו. במדינות רבות ובהן ישראל הוכרזו כ"מינים אדומים" מינים הנתונים ברמות משתנות של סכנת הכחדה (על פי מדדים אקולוגיים מקובלים, לרבות מינים שהוגדרו כנכחדים).	"מין אדום" Red list species
מין שמצבו יכול להצביע על השפעה סביבתית כיום או בעבר (למשל חזיונות המצביעות על רמת זיהום אוויר) או על טיפוס בית הגידול ואיכותו או טיפוס החברה (למשל מינים מסוימים שיכולים לשמש למיון או לאפיון חברות של חסרי חוליות או מינים שאופייניים לבתי גידול מסוימים). מין סמן יכול להצביע על שינוי בתנאי הסביבה לעומת תנאי בסיס שהוגדרו, על הצלחה בשיקום בית גידול או על הצלחה ביישום אמצעי מיתון.	מין אינדיקטור (מין סמן) Indicator species
מין שטווח תפוצתו בעולם מוגבל לאזור גאוגרפי מסוים והוא אינו נמצא במקומות אחרים.	מין אנדמי Endemic species
מין שהופץ על ידי האדם, במכוון או שלא במכוון, אל מחוץ לתחום תפוצתו הטבעי.	מין זר Alien species
מין שהוגדר כמוקד של פעולות שמירת טבע או של פעולות ניטור.	מין יעד Target species
מין שיש לו תפקיד מרכזי במערכת אקולוגית ושמיינים רבים אחרים במערכת תלויים בו לקיומם.	מין מפתח Keystone species
מין המופץ אל מחוץ לתחום תפוצתו הטבעי, מתבסס שם במערכות אקולוגיות טבעיות או טבעיות-למחצה, גורם לשינויים בהן ומאיים על המגוון הביולוגי המקומי. התבססותם של מינים פולשים והתפשטותם נחשבת כיום לאחת הסכנות החמורות ביותר האורבות למגוון הביולוגי והיא אחת הסיבות העיקריות להכחדת מינים בעולם. דפוסי פיתוח של המרחב שיצרו הזדמנויות למינים הזרים לפלוש ולהתבסס בשטחים טבעיים, ובעיקר בשטחים מופרים, הם מהגורמים העיקריים להתפשטותם.	מין פולש (או מין פולשני) Invasive species
מין המסוגל להתקיים במגוון נרחב של תנאי סביבה ויכול להשתמש במגוון רחב של משאבים שונים. המצב ההפוך הוא של מין מתמחה (Specialist species) שיכול לחיות בטווח צר של תנאי סביבה ו/או שיש לו דיאטה מאוד מצומצמת.	מין גנרליסטי Generalist species

פירושו	המונח
פעולה לצמצום מידת החומרה של השפעה שלילית כלשהי או לביטולה המוחלט של השפעה זו.	מיתון השפעות Mitigation
מעבר סגור או מנהרה שנועדו לאפשר לדו-חיים תנועה בטוחה מצדה האחד של תשתית תחבורה לצדה האחר.	מנהרה לדו-חיים Amphibian tunnel
מרכיב בנוף, שיכול ללבש מגוון ממדים, צורות וכיסוי צומח, המסייע לשמר ולשפר את הקישוריות הפיזית בנוף בין כתמים של בתי גידול טבעיים, את יכולת התנועה של פרטים בנוף ואת התהליכים האקולוגיים הכרוכים בכך. למשל, הן משוכות שיחים והן שולי כבישים יכולים לשמש כמסדרונות אקולוגיים המהווים נתיבי קישור, מאפשרים תנועה של פרטים ממין כלשהו בנוף ומגבירים את הסך הכולל של שטחי בית גידול הזמינים לפרטים.	מסדרון אקולוגי Ecological corridor
רצועת שטח מוארכת הכוללת את שטח הכביש הסלול ושטחים משני צדיו, הסמוכים לכביש ומושפעים ממנו ישירות מבחינת השפעות קוליות, חזותיות, הידרולוגיות וכימיות (בדרך כלל בטווח של 50-100 מ' משולי פני הכביש).	מסדרון הכביש Road corridor
שטח של בית גידול שצורתו לרוב צרה ומוארכת, המסייע לתנועת פרטים בין כתמי ליבה של בית הגידול ומסייע לקישוריות בין אוכלוסיות (ראו גם מסדרון אקולוגי).	מסדרון לבעלי חיים/ליצורים חיים Wildlife corridor
צינור או מבנה מרובע או אליפטי שמאפשר מעבר של נתיב זרימה או של מי נקז תחת התשתית. הצינורות לרוב משוקעים באדמה.	מעביר מים Culvert
אמצעי המותקן כדי לאפשר לבעלי חיים חצייה בטוחה מעל או תחת תשתית התחבורה בלי לבוא במגע עם כלי הרכב.	מעבר לבעלי חיים Fauna passage
מבנה, כולל הכניסות אליו, המאפשר לתשתית תחבורה אחת לעבור מעל אחרת או מעל מכשול.	מעבר עילי Overpass
מעבר לבעלי חיים הנבנה מעל תשתית תחבורה כדי לקשר בין בתי גידול משני צדיה. שטח פני המעבר מכוסה קרקע או חומר טבעי אחר המאפשר התבססות צומח. מעבר כזה קטן בממדיו ממעבר רצף, תחום בדרך כלל בגדר או במסך כלשהו, וגידור נוסף משמש כדי לנתב אליו בעלי חיים. מעברים אלה מיועדים לשימוש בלעדי של בעלי חיים גדולים וקטנים כאחד. הם יכולים לשרת טווח מינים נרחב, אך לרוב מתוכננים בהתאם לצורכיהם של מיני יעד ספורים.	מעבר עילי לבעלי חיים Wildlife overpass
מעבר עילי רחב לבעלי חיים המקשר בנוף על פני מחסום שיוצרת תשתית. מעברים אלה משמשים את הטווח הנרחב ביותר של מיני בעלי חיים וצמחים בשל ממדיהם הגדולים, בשל האפשרות ליצור בהם טווח מגוון של מיקרו-בתי גידול ובשל יכולתם לקיים רצף בין בתי גידול הנמצאים משני צדי התשתית.	מעבר רצף Ecoduct, ecopass, landscape bridge
מבנה, כולל הכניסות אליו, המאפשר לתשתית תחבורה אחת לעבור תחת אחרת או תחת מכשול.	מעבר תחתי Underpass
מעבר תחתי או מנהרה תחת תשתית תחבורה, המיועד לשימוש חקלאי ויכול לשמש גם למעבר בעלי חיים.	מעבר תחתי חקלאי Agricultural underpass
מבנה תחת תשתית תחבורה המיועד לחבר בתי גידול ויצורים חיים משני צדיה. תחתיתו, לפחות בחלקה, מכוסה קרקע, וגידור נוסף מותקן כדי לנתב אליו בעלי חיים.	מעבר תחתי לבעלי חיים Wildlife underpass
מחסום עמיד לכלי רכב המותקן בשולי הכביש או במרכזו ומיועד למנוע מכלי רכב שסטה לצאת מתחום הדרך, לכוונו חזרה לשטח המיועד לתנועה, להפחית במידת האפשר פגיעה בנוסעי הרכב הסוטה ולצמצם סכנת תאונות עם כלי רכב נוספים. אחת מהדוגמאות למעקה בטיחות הוא גדר בטיחות (safety fence/ guard rail).	מעקה בטיחות Safety barrier

פירושו	המונח
<p>כל היצורים החיים בשטח מוגדר בסביבה וכל יחסי הגומלין הדינמיים שבינם לבין עצמם ובינם לבין גורמי הסביבה הדוממים (סלע, קרקע, אקלים, וכדומה) וכל התהליכים שבאותו שטח. מארג זה מהווה יחידה תפקודית. יחסי הגומלין שבמערכות האקולוגיות והתהליכים המתרחשים בהן הם מאוד מורכבים. בסביבות שונות יש מערכות אקולוגיות שונות, הנבדלות ביניהן במרכיביהן החיים והדוממים, אך למרות זאת כולן פועלות על פי עקרונות דומים ולכן יש בהן גם תהליכים דומים.</p>	<p>מערכת אקולוגית (אקוסיסטמה) Ecosystem</p>
<p>הרצועה המתמשכת במרכז כביש דו-מסלולי (לעתים יש בה גם צומח) ומפרידה בין התנועה הנוסעת בכיוונים מנוגדים. בישראל מוצבים בה על פי רוב מעקות בטיחות מטיפוסים שונים, על פי ההנחיות של משרד התחבורה.</p>	<p>מפרדה Central reservation, highway median</p>
<p>מקום המשמש מפלט או מחסה לבעלי חיים או ליצורים חיים אחרים.</p>	<p>מקום מפלט Escape/ refuge area</p>
<p>בתי גידול ואוכלוסיות "מקור" מאופיינים בכך שהאוכלוסיות של מין כלשהו יכולות להגיע בהם למאזן חיובי בין לידות לתמותה ולכן מהוות מקור לפרטים המהגרים מהן לאחרות. בבתי גידול ואוכלוסיות "מבלע" יש באוכלוסיות של מין כלשהו השוכנות בהם יחס לידות/תמותה שאינו מאפשר את הישרדות האוכלוסייה ולפיכך הן תלויות לקיומן בהגירת פרטים מאוכלוסיות "מקור".</p>	<p>מקור-מבלע בבתי גידול ובאוכלוסיות Source-sink habitats and populations</p>
<p>שורה צפופה של צמחים מעוצים (שיחים או עצים) המשמשים לאפיין גבול בין שטחים פתוחים (לעתים משמשים יחד עם גידור או במקומו).</p>	<p>משוכה Hedgerow</p>
<p>משטר הזרימה הנשענת על אוגר רב-שנתי מאקוויפרים אזוריים, הנובע במעיינות לאורך האפיק).</p>	<p>משטר זרימה Waterflow regime</p>
<p>התנועה הסדירה, לרוב עונתית, של כל אוכלוסיית מין בעלי חיים כלשהו או של חלקה לאזור מסוים שיש לו חשיבות ביולוגית וממנו.</p>	<p>נדידה Migration</p>
<p>המכלול המרחבי והוויזואלי של מרחב המחיה האנושי, המשלב את הסביבה הגאולוגית, הביולוגית ומעשה-אדם. שטח הטרוגני המורכב ממקבץ של מערכות אקולוגיות שיש ביניהן יחסי גומלין ויוצר דפוס מסוים שאפשר לזהותו.</p>	<p>נוף Landscape</p>
<p>צירוף של תצפיות ומדידות המשמש לכימות הביצועים של תכנית, אמצעי או פעולה בהשוואה למערך מוגדר מראש של מדדים, קריטריונים או יעדי מדיניות. ניטור של מרכיבי המערכת האקולוגית בוחן בשיטות מדעיות מקובלות את השינויים לאורך זמן במשתנים הנמדדים, ומשווה אותם לערכים שהוגדרו מראש. חריגה של מדד מטווח ערכים מוגדר ומוסכם מעידה על בעיה שיש לשים לב אליה ולטפל בה.</p>	<p>ניטור Monitoring</p>
<p>מערכת המיועדת לסילוק עודפי מים משטח פני הקרקע או מתשתית התחבורה.</p>	<p>ניקוז עילי Surface-water drainage</p>
<p>מונח המשמש בכלכלה לכימות אפשרויות הצריכה המרביות שעליהן בני אדם מוכנים לוותר כדי לצרוך טובין מסוג מסוים. בפרויקטים מחקרניים רבים להערכה של ערכי טבע וסביבה, המטרה היא להעריך במונחים מוניטריים את הנכונות של בני אדם לשלם תמורת קיומם של ערכי טבע אלה.</p>	<p>נכונות לשלם Willingness-to-pay</p>
<p>אתר ייעודי לבעלי חיים, כגון מעבר עילי או תחתית שתוכנן במיוחד לשם כך, שבו הם יכולים לחצות בבטחה תשתיות תחבורה.</p>	<p>נקודת חצייה לבעלי חיים Wildlife crossing point</p>
<p>כל המצוי בקרבת יצור חי ומשפיע על חייו. הסביבה כוללת מרכיבים חיים (ביוטיים, יצורים חיים) ומרכיבים דוממים (אביוטיים, שאינם יצורים חיים).</p>	<p>סביבה של יצור חי Environment</p>
<p>מבנה מוארך של גדה מלאכותית (מעפר מהודק או חצץ) הנבנה על פני הקרקע ומיועד להוליך כביש או מסילת ברזל בגובה מסוים מעל פני השטח.</p>	<p>סוללה Embankment</p>

פירושו	המונח
עושר המינים הוא מספר המינים בשטח נתון או בחברה של מינים ביולוגיים. שפע (או שפעה) הוא תיאור לשכיחות של הפרטים באוכלוסיות של מין נתון או למספר הפרטים. לעתים קרובות תיאור זה מובע בסיווג לאחת מכמה קטגוריות שכיחות.	עושר המינים Species richness שפע abundance
שינוי הנוף המקורי על ידי שינוי הטופוגרפיה ו/או כיסוי הצומח, לרבות עבודות עפר ליצירת מבנים חדשים בנוף.	עיצוב נופי Landscaping
כלל מיני בעלי החיים באזור מסוים. צמחייה. כלל מיני הצמחים באזור מסוים.	פאונה Flora פלורה
תהליך או תוצאה של תנועת פרטים בני מין כלשהו אל מחוץ לתחום משכנה של אוכלוסייה קיימת או מחוץ לתחום שבו חי פרט הורה.	פיזור/ תפוצה Dispersal
הדגם הכתמי הכללי של בתי גידול ומסדרונות מקשרים ששוכן במטריצה (של הנוף).	פסיפס נופי Mosaic
רצועת השטח (ובה יש לעתים גם צומח) המצויה בתוך מסדרון הכביש מעבר לשטח הכביש הסלול עצמו.	צד הכביש Verge
אזור מוגדר (מסדרון בית גידול או כתם בית גידול), שבגלל נוכחות של תשתית תחבורה או של שימושי קרקע אחרים לצדו הפך להיות גורם מנביל לתנועת בעלי חיים, לנדידתם או לתפוצתם.	צוואר בקבוק Bottleneck
מפלס התשתית.	"קו אדום"
גבול מרחב התכנון.	"קו כחול"
פיצול של בית גידול, של מערכת אקולוגית או של יחידת נוף לתאי שטח קטנים יותר.	קיטוע Fragmentation
פיצול ליחידות קטנות יותר והפחתה בשטח הכולל של בית הגידול הזמין למין כלשהו. קיטוע זה נגרם ישירות על ידי אבדן שטח של בית גידול (כלומר לקיחת שטחים) או בעקיפין על ידי בידודו של בית גידול (למשל באמצעות מחסומים המונעים תנועה בין כתמים סמוכים של בית הגידול).	קיטוע בית גידול Habitat fragmentation
חיבור פיזי בין אלמנטים בנוף כך שהם מאפשרים גישה חופשית ונתיב מעבר רצוף בין אתרים.	קישוריות Connectivity
באקולוגיה של הנוף, הממדים של דפוסים ושל תהליכים בזמן ובמרחב.	קנה מידה Scale
מערכת ברמת האזור או הנוף המורכבת ממסדרונות אקולוגיים, מכתמי ליבה של בית גידול ומאזורי החיץ הסובבים אותם. מערכת כזו משמרת את הקישוריות בין בתי גידול, בין יצורים חיים ובין תהליכים סביבתיים הדרושים לשימור של מינים, של חברות מינים ושל מערכות אקולוגיות, ומספקת את מארג בתי הגידול הדרוש כדי להגן בהצלחה על המגוון הביולוגי ברמת הנוף.	רשת אקולוגית Ecological network
רצועה סלולה בצד הכביש, שמשמשת לעצירת רכבי שירות ותחזוקה או כלי רכב במצבי חירום.	שול Shoulder
שטח שפעילות האדם בו גרמה לפגיעה ניכרת בתכסית הטבעית שלו - בעיקר בקרקע ובמרכיבי המגוון הביולוגי שעליה ובתוכה. השימוש במונח נוגע לרוב לפעילויות כגון בנייה, כרייה וחציבה, יישור קרקע, חירוף ורמיסה מצמיגי כלי רכב, זיהום קרקע או השלכת פסולת בכמות גדולה.	שטח מופר Disturbed landscape
שטחים שאין בהם בנייה, כבישים וכדומה, ובהם מתקיימת מערכת אקולוגית, טבעית או טבעית למחצה, כמו שמורות טבע, יערות, שטחי בור ושטחים חקלאיים.	שטחים פתוחים Open landscape
שינויים באקלים בעולם ובישראל כחלק מהשפעת הפעילות האנושית על רקע מחזוריות אקלימית בסיסית. שינויי האקלים הצפויים מוגדרים כאחד האיומים העיקריים על המגוון הביולוגי בעולם ובארץ. ההשפעות הקיימות והצפויות של שינויי אקלים אלה מתבטאות באופן שונה במקומות שונים בעולם ואף באזורים שונים בארץ, חלקן ניכרות כבר כיום והן צפויות להתגבר בעשורים הבאים. השינויים צפויים להשפיע על מערכות אקולוגיות ועל תפקודן, לרבות על אזורי תפוצה של מינים.	שינויי אקלים Climate change

פירושו	המונח
שיעור השינוי של משתנה כלשהו בין שטח או אזור אחד למשנהו.	שיפוע Gradient
תהליך ההחזרה של משהו למצב קודם. שחזור אקולוגי כולל סדרת אמצעים ופעולות הנעשים כדי להחזיר מערכת אקולוגית שמצבה הידרדר למצבה הקודם. בישראל מקובל להשתמש במונח "שיקום אקולוגי", המציין שיפור מרבי, מתוך הבנה ששחזור מוחלט הוא לרוב בלתי אפשרי.	שיקום/ שחזור Restoration
התמיכה שהמערכות האקולוגיות הטבעיות והמגוון הביולוגי שבתוכן מעניקים לקיום האנושי כוללת מרכיבים שונים. שירותי המערכת האקולוגית מתחזקים את המגוון הביולוגי עצמו ומניבים במישרין או בעקיפין תועלת רבה ומגוונת לאדם.	שירותי המערכת האקולוגית Ecosystem services
שוליים (לרוב מבטון) הנבנים לאורך כבישים מהירים ומהווים חלק ממערכת הניקוז.	שפה Curb/ kerb
פעילות המכוונת לקבוע מראש את אופי השימוש האנושי בעתיד בקרקע ובמים במרחב מסוים.	תכנון שימושי קרקע Landuse planning
העצמים הפיזיים הנייחים המכסים את פני השטח, כגון יער, מטע, מבנה, אדמה חשופה, גוף מים. יש להבדיל בין תכסית לבין שימושי קרקע (Land use) - המתאר את השימוש שעושים בני האדם בקרקע, כמו שימושים שונים בקרקע חקלאית או שימושים שונים במבנים מסוגים שונים), היות ששני המושגים משמשים בערבוביה לעתים קרובות.	תכסית Land cover
שיטה ותהליך שבו מידע על השפעות סביבתיות אפשריות נאסף, מוערך ומשמש בתהליך התכנון כדי ליידע את מקבלי ההחלטות.	תסקיר השפעה על הסביבה Environmental Impact Assessment (EIA)
ערוץ או תעלה מרוצפת שמיועד להוליך נגר מקצה הכביש אל מערכת הניקוז.	תעלת ניקוז Gutter
כלל התהליכים המתקיימים במערכת האקולוגית, ובהם קחזור של חומרים, של אנרגיה ושל חומרי הזנה מינרליים. התהליכים - כמו הטמעה (פוטוסינתזה) וקיבוע פחמן, חילוף חומרים וזרימת אנרגיה - מתקיימים ברמות שונות (הפרט, האוכלוסייה או המין) ומשפיעים על דפוסים ותהליכים ברמת המערכת האקולוגית כולה.	תפקודי המערכת האקולוגית Ecosystem functioning
מאפיין טבעי על שטח פני הקרקע.	תצורות נוף Landform
כבישים, מסילות רכבת או תעלות מים המשמשות לתנועת כלי שיט.	תשתיות תחבורה קוויות Linear transport infrastructure

להלן הפניות וקישורים לכמה מדריכים וסיכומים נבחרים ובהם מידע וקישורים רבים נוספים. כתובות אינטרנט מובאות בסוגריים מרובעים. קישורי האינטרנט עדכניים לאוגוסט 2012.

מדריך COST האירופי, ובו הפניה לרשימה נרחבת של מדריכים אירופיים בנושא שיצאו לאור עד שנת 2002:

Iuell, B. (ed.). 2003. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure. Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions. KNNV Publishers, Utrecht, The Netherlands.

[<http://www.iene.info/COST341/COST341-Handbook.pdf>]

המדריך האמריקאי משנת 2011 ובו רשימת ספרות ענפה ועדכנית:

Clevenger, A.P. and Huijser, M.P. 2011. Wildlife crossing structure handbook. Design and evaluation in North America. Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division. Publication No. FHWA-CFL/TD-11-003.

[http://www.cflhd.gov/programs/techDevelopment/wildlife/documents/02_Title_Forward_TOC.pdf]

סדרת מדריכים מספרד העוסקת בהיבטים שונים של מזעור הקיטוע וכוללת הצעות מפורטות להכנת פרוצדורות לתכנון, לבקרה, לניטור ולהערכה:

1. תכנון מעברים לבעלי חיים וגידור:

Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 1. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spain.

[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conectividad-ecologica-en-el-territorio/prescripciones_pasos_vallados_tcm7-19518.pdf]

2. ניטור והערכה:

Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Prescripciones técnicas para el seguimiento y evaluación de la efectividad de las medidas correctoras del efecto barrera de las infraestructuras de transporte. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 2. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente Y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain.

[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conectividad-ecologica-en-el-territorio/Efecto_barrera_infraestructuras_transporte_tcm7-19514.pdf]

3. מזעור הקיטוע בשלבי התכנון:

Ministerio de Medio Ambiente. 2010. Prescripciones técnicas para la reducción de la fragmentación de hábitats en las fases de planificación y trazado. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, número 3. O.A. Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente Y Medio Rural y Marino, Madrid, Spain.

[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/conectividad-ecologica-en-el-territorio/planificacion_trazado_tcm7-19517.pdf]

הסקירה הכלל-אירופית המהווה חלק מפרויקט COST 341 Action:

Trocme, M. (ed.). 2003. Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: The European review. European Commission, Directorate General for Research, COST Action 341. Publication EUR 20721. Luxembourg.

[http://www.iene.info/COST341/COST341_European%20review.pdf]

אתר האינטרנט של הפרויקט כולל גם סיכומים שהוכנו על ידי כל אחת מהמדינות המשתתפות:

[<http://www.iene.info/cost341.php>]

הלך הפניות למקורות נוספים, מישראל וממדינות שונות. המקורות מסודרים לפי הרלוונטיות לתוכן הפרקים במדריך. כתובות אינטרנט מובאות בסוגריים מרובעים. קישורי האינטרנט עדכניים לאוגוסט 2012.

פרק 1

הפניות למדריך האירופי ולמדריכים נוספים ראו בנספח 10.2.

מסגרת: מדיניות משרד התחבורה בדבר מגמת פיתוח הכבישים בעתיד:

מדיניות משרד התחבורה לסוגיית התכנון בר-קיימא: דף פותח וכן הפניה לפרסום:

אמי מתום, מהנדסים ויועצים (צוות עבודה). 2010. תבחיני דרך למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה/ אגף תכנון תחבורתי.

[http://he.mot.gov.il/index.php?option=com_content&view=article&id=1533:2010-12-14-14-33-38&catid=159:2010-12-14-05-40-29&Itemid=283]

השמשוני, ג. 2008. תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית. מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה, אגף תכנון תחבורתי.

[http://media.mot.gov.il/PDF/HE_TRAFFIC_PLANNING/MediniyutPituachTahbura.pdf]

כללי:

אבנון, א. (עורך). 2008. קובץ הנחיות לתכנון נופי וסביבתי. מע"צ - החברה הלאומית לדרכים בישראל.

בקי, א. 2000. מעברי בעלי חיים בכבישים. מסמך רקע לקביעת מדיניות. רשות הטבע והגנים והחברה לזואולוגיה בישראל.

שקדי, י. ושדות, א. 2000. מסדרונות אקולוגיים בשטחים הפתוחים: כלי לשמירת טבע. רשות הטבע והגנים.

שקדי, י. ושדות, א. 2004. מעבר בעלי חיים בכבישים: מדיניות והמלצות לפעולה. רשות הטבע והגנים, מע"צ והמשרד לאיכות הסביבה.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshal, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Haenue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T. and Winter, T.C. 2003. Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, D.C., USA.

פרק 3

מסגרת: רשת הכבישים ותחום השפעתם:

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 2011. שנתון סטטיסטי לישראל 2011 - מספר 62.

פרק 2 וכן נספחים 2 ו-3, וודקוק ורומם, בתוך: אחרון-פרומקין, ת. 2011. דוח מצב הטבע 2010. המאר"ג, בחסות האקדמיה הישראלית למדעים.

מסגרת: דריסות בכבישי ישראל:

נתוני דריסות שנאספו במחוז דרום של רט"ג בשנים 2009-2011.

מגן, צ. ולב, ק. 2009. ניתוח מרחבי של דריסות בע"ח בנגב בשנים 2006-2008. רשות הטבע והגנים, מחוז דרום. יום מדע, מרץ 2009.

קורן, ש. 2010. פרויקט גמר בחוג ניהול משאבי טבע. [ניתוח דריסות. ניתוח חתכי יונקים ונתוני רשות הטבע והגנים באזור מסדרון גלבע צבאים. נעשה שימוש בנתוני רט"ג ובמיוחד בתצפיות של רועי בן-יוסף]

ראו גם:

גוטמן, ר., סיני, י., שדות, א. ושקדי, י. השפעה של התנועה בכבישי ישראל על תמותה של בעלי חיים, ובחינת יעילות מעברי בעלי החיים הקיימים. דוח מחקר עבור רשות הטבע והגנים:

Gutman, R., Sinai, I., Sadot, E. and Shkedy, Y. 2003. Road kills and under-road pass utilization by animals – a preliminary survey. Israel Journal of Zoology 49(2): 79-80.

דולב, ע. 2006. מודל התפשטות מרחבי של מחלת הכלבת המבוסס על דינאמיקה של אוכלוסיות השועל המצוי בגליל, ככלי לפיתוח דגמי פיזור אופטימאליים של פיתיונות חיסון לכלבת. עבודת דוקטורט, אוניברסיטת בן-גוריון. מליחי, י. 2006. מעברי בעלי חיים בכביש 6. סיכום ניטור. רשות הטבע והגנים. שדות, א. 2004. סיכום שנת ניטור הגידור והמעברים בקטע 13 של כביש 6. מצגת לצוות המלווה. רשות הטבע והגנים. Inbar, M., Shanas, U. and Izhaki, I. 2002. Characterization of road accidents in Israel involving large mammals. *Israel Journal of Zoology* 48: 197-206.

מסגרת: סלמנדרות נדרסות בצפון הארץ:

נתונים ומפות - טליה אורון, רשות הטבע והגנים.

סעיף 3.3.4:

גזית, א. והרשקוביץ, י. 2007. ניטור תשטיפי כבישים בקטע 18 כביש חוצה ישראל. דו"ח שלב א', אביב 2006. רמות רקע של מתכות ברקמות צמחים וסדימנט ו"בריאות" הנחלים. עבור חברת כביש חוצה ישראל. [<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=157&catId=42&maincat=5>] מרינוב, א. 2010. איכות מי שיטפונות מכביש חוצה ישראל. דו"ח סופי שהוכן בעקבות איסוף הנתונים וכיול המודל SIMPTM בשנים 2009-2010. תקציר. [<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=280&catId=67&maincat=5>]

סעיף 3.3.5:

דופור-דרור, ז' מ. 2010. הצמחים הפולשים בישראל. הגן הבוטני האוניברסיטאי ירושלים, העמותה לשמירת הטבע במזזה"ת, המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים. פרומקין, ר. 2007. שמירת כחליל הקדד - דו-קיום של פרפר נדיר לצד כביש 6. עבור חברת כביש חוצה ישראל. [<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=158&catId=43&maincat=5>]

מסגרת: שולי דרכים כשטחים המסייעים לטיפוח המגוון הביולוגי:

פרומקין, ר. 2010. ניטור צומח בכביש 6, קטע 18, אביב 2010. דוח מסכם עבור חברת כביש חוצה ישראל. [<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=266&catId=66&maincat=5>]

כללי:

Bennett, A. F. 1999. Linkages in the landscape: the role of corridors and connectivity in wildlife conservation. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, U.K.

Davenport, J. and Davenport, J.L. (eds). 2006. The ecology of transportation: managing mobility for the environment. Springer, London, UK.

Eigenbrod, F., Hecnar, S.J. and Fahrig, L. 2008. Accessible habitat: an improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. *Landscape Ecology* 23: 159-168.

Evink, G. 2002. Interaction between roadways and wildlife ecology: a synthesis of highway practice. National Cooperative Highway Research Program Synthesis 305. Transportation Research Board, Washington, D.C.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A., Clevenger, A.P., Cutshal, C.D., Dale, V.H., Fahrig, L., France, R., Goldman, C.R., Haenue, K., Jones, J.A., Swanson, F.J., Turrentine, T. and Winter, T.C. 2003. Road ecology: science and solutions. Island Press, Washington, D.C., USA.

Fahrig, L. and Rytwinski, T. 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14: 21. [<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/ES-2008-2815.pdf>]

Hanski, I. 1999. Metapopulation ecology. Oxford University Press, Oxford, U.K.

Heller, N.E. and Zavaleta, E.S. 2009. Biodiversity management in the face of climate change: a review of 22 years of recommendations. *Biological Conservation* 142: 14-32. [<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2009.01695.x/full>]

- Holderegger, R. and Di Giulio, M. 2010. The genetic effects of roads: a review of empirical evidence. *Basic and Applied Ecology* 11: 522-531.
- Huijser, M.P. and Clevenger, A.P. 2006. Habitat and corridor function of rights-of-ways. pp 233-254 in: J. Davenport and J.L. Davenport (eds.). *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Springer, London, UK.
- Jaeger, J.A.G. and Fahrig, L. 2001. Modeling the effects of road network patterns on population persistence: relative importance of traffic mortality and 'fence effect'. pp 298-312 in: C.L. Irwin, P. Garrett and K. McDermott (eds.). *Proceedings of the 2001 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, N.C.
[<http://www.icoet.net/downloads/Sustainability.pdf>]
- Jaeger, J.A.G. and Fahrig, L. 2003. Under what conditions do fences reduce the effects of transportation infrastructure on population persistence? *Habitat fragmentation due to transport infrastructure – IENE* 2003: 1-19.
[<http://www.glel.carleton.ca/PDF/landPub/04/04Jaeger&FahrigIENE03.pdf>]
- National Research Council (NRC). 2005. *Assessing and managing the ecological impacts of paved roads*. The National Academies Press, Washington, DC.
- Sabino-Marques, H. and Mira, A. 2011. Living on the verge: are roads a more suitable refuge for small mammals than streams in Mediterranean pastureland? *Ecological Research* 26: 277-287.
- Spellerberg, I.F. 2002. *Ecological effects of roads*. Land Reconstruction and Management Series, Volume 2. Science Publishers, Enfield, USA, Plymouth, UK.
- Trocme, M. (ed.). 2003. *Habitat fragmentation due to transportation infrastructure: The European review*. European Commission, Directorate General for Research, COST Action 341. Publication EUR 20721. Luxembourg.
- Trombulak, S.C. and Frissell, C.A. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology* 14: 18-30.
[http://roadecology.ucdavis.edu/pdflib/TTP_289/W08/Trombulak%20and%20Frissell%202000.pdf]
- van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., van der Grift, E.A. and Clevenger A.P. 2011. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. *Ecology and Society* 16(1): 48.
[<http://www.ecologyandsociety.org/vol16/iss1/art48/>]

פרק 4

מסגרת: המסגרת הסטטוטורית והגנה על המגוון הביולוגי:

- השמשוני, ג. 2008. תכנית אב ארצית לתחבורה יבשתית - מדיניות פיתוח התחבורה היבשתית למדינת ישראל. מהדורה שנייה 2008. משרד התחבורה. מינהל היבשה, אגף תכנון תחבורתי.
- מדינת ישראל. 2005. אכרזת גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה (ערכי טבע מוגנים) התשס"ה - 2005. ראו באתר רשות הטבע והגנים:
[<http://parks.org.il/mada/muganim.pdf>]
- מדינת ישראל. 2009. אכרזת גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה (ערכי טבע מוגנים) (תיקון), התשס"ט - 2009.
[<http://www.knesset.gov.il/laws/data/regulation/6770/6770.pdf>]
- מדינת ישראל. חוק להגנת חיית הבר תשט"ו - 1955. [תיקון משנת 2011].
- מדינת ישראל. תקנות להגנת חיית הבר (אזורים אסורים) תשל"א - 1971.
- מדינת ישראל. צו היערות (אכרזה על אילנות מוגנים) (מס' 2) התשנ"ז - 1997.
- פרגמן-ספיר, א. 2006. צמחים מוגנים בישראל. רשות הטבע והגנים, העמותה לשמירת טבע במזרח"ת והגן הבוטני האוניברסיטאי, ירושלים.

סעיף 4.4.2:

קפלן, מ. וויטמן, נ. 2010. מסדרון אקולוגי רמת צבאים-גלבוע-חרוד. רשות הטבע והגנים.

מסגרת: אפיון אזורים החשובים לקישוריות במדינת אריזונה:

The Arizona Wildlife Linkages Workgroup של קבוצת העבודה
[http://www.azdot.gov/inside_adot/OES/AZ_Wildlife_Linkages/index.asp]

כללי:

Bank, F.G., Irwin, C.L., Evink, G.L., Gray, M.E., Hagood, S., Kinar, J.R., Levy, A., Paulson, D., Ruediger, B., Sauvajot, R.M., Scott, D.j. and White, P. 2002. Wildlife habitat connectivity across European highways. Federal Highway Administration, Washington, DC.
[http://international.fhwa.dot.gov/wildlife_web.htm]

Beckmann, J.P., Clevenger, A.P., Huijser, M.P. and Hilty, J.A. 2010. Safe passages. Highways, wildlife, and habitat connectivity. Island Press, Washington, DC.

Brown, J.W. 2006. Eco-logical: an ecosystem approach to developing infrastructure projects. Federal Highway Administration, Washington, DC.
[<http://environment.fhwa.dot.gov/ecological/ecological.pdf>]

Chetkiewicz, C-L.B., Cassady St. Clair, C. and Boyce, M.S. 2006. Corridors for conservation: integrating pattern and process. Annual Review of Ecology and Systematics 37: 317-342.

Crooks, K.R. and Sanjayan, M. 2006. Connectivity conservation. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

EuroNatur. 2010. TEWN Manual. Recommendations for the reduction of habitat fragmentation caused by transport infrastructure and development. EuroNatur Foundation. Radolfzell, Germany.

Jędrzejewski, W., Nowak, S., Kurek, R., Mysłajek, R.W., Stachura, K., Zawadzka, B. and Pchalek, M. 2009. Animals and roads. Methods of mitigating the negative impact of roads on wildlife. Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Białowieża.

Jongman, R. and Kamphorst, D. 2002. Ecological corridors in land use planning and development policies. National approaches for ecological corridors of countries implementing the Pan-European Landscape and Biological Diversity Strategy. Committee for the activities of the Council of Europe in the field of biological and landscape diversity. Nature and Environment, no. 125. Council of Europe Publishing, Strasbourg.

Vos, C.C., Berry, P., Opdam, P., Baveco, H., Nijhof, B., O'Hanley, J., Bell, C. and Kuipers, H. 2008. Adapting landscapes to climate change: examples of climate-proof ecosystem networks and priority adaptation zones. Journal of Applied Ecology 45: 1722-1731.

פרק 5

סעיף 5.2:

ארנון, א., גלוקסמן, א., ברכיה, ו. ורוטנברג, ר. 2011. מהותו וכוחו של התסקיר. מחקר עבור מע"צ, החברה הלאומית לדרכים. 781- R10684.

בן-שוהם, ג. והאן, א. 1998. תסקירי השפעה על הסביבה - לאן? המשרד לאיכות הסביבה, אגף התכנון.

ברכיה, ו. ובורל, ר. 1992. מדריך להפעלת המערכת של תסקיר השפעה על הסביבה. המשרד לאיכות הסביבה, האגף לתכנון סביבתי.

משרד החקלאות - הנחיות להכנת נספח עצים בוגרים לתכנית:

[http://www.moag.gov.il/agri/yhidotmisrad/forest_commissioner/nohal/hnchait_nispach_ezim_bogrim.htm]

רפורט-רוטמן, ע. ובן יוסף, א. 2004. תדריך לתכנון סביבתי. קווים מנחים להטמעת היבטים סביבתיים בהליכי תכנון. המשרד לאיכות הסביבה, אשכול מדיניות ותכנון.

סעיף 5.2.5:

על מעורבות הציבור באיסוף המידע:

Lee, T., M.S. Quinn, D. Duke. 2006. Citizen, science, highways, and wildlife: using a web-based GIS to engage citizens in collecting wildlife information. *Ecology and Society* 11(1): 11
[<http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art11/>]

מסגרת: מערכת להערכה של מידת חדירות המעבר:

Kintsch, J. and Cramer, P.C. 2011. Permeability of existing structures for terrestrial wildlife: a passage assessment system. Washington State Department of Transportation.
[<http://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/777.1.pdf>]

ראו גם:

Bissonette, J.B. 2007. Evaluation of the use and effectiveness of wildlife crossings. National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) 25-27 final report. Transportation Research Board, Washington DC.
[http://environment.transportation.org/environmental_issues/wildlife_roads/decision_guide/pdf/nchrp_rpt_615.pdf]

סעיף 5.6:

Huijser, M.P., Duffield, J., Clevenger, A.P., Ament, R.J. and McGowen. P.T. 2009. Cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada; a decision support tool. *Ecology and Society* 14(2): 15.
[<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art15/ES-2009-3000.pdf>]

פרק 6

סעיף 6.2:

גוטמן, ר., סיני, י., שדות, א. ושקדי, י. השפעה של התנועה בכבישי ישראל על תמותה של בעלי חיים, ובחינת יעילות מעברי בעלי החיים הקיימים. דוח מחקר עבור רשות הטבע והגנים:

Gutman, R., Sinai, I., Sadot, E. and Shkedy, Y. 2003. Road kills and under-road pass utilization by animals – a preliminary survey. *Israel Journal of Zoology* 49(2): 79-80.

וייל, ג. 2011. ניתוח מסדרונות אקולוגיים בעמק חרוד באמצעות כלי מ"ג. עבודת סמינריון, המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית.

Beissinger, S.R. and McCullough, D.R. 2002. Population viability analysis. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.

Block, W., Franklin, A., Ward, J., Ganey, J. and White, G. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology* 9: 292-303.

Chetkiewicz, C-L.B., Cassady St. Clair, C. and Boyce, M.S. 2006. Corridors for conservation: integrating pattern and process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37: 317-342.

Clevenger, A.P., Long, R. and Ament, R. 2008. I-90 Snoqualmie Pass East wildlife monitoring plan. Prepared for Washington State Department of Transportation, Yakima, Washington.

על מעורבות הציבור באיסוף המידע:

Lee, T., Quinn, M. and Duke, D. 2009. Road watch in the pass: Web-based citizen involvement in wildlife data collection. pp. 95-101 in: P.J. Wagner, D. Nelson and E. Murray (eds.). *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 2010.
[http://www.icoet.net/ICOET_2009/downloads/proceedings/ICOET09-Proceedings-Session132.pdf]

Kociolek, A.V., Huijser, M.P., Galarus, D., Taylor, D.W. and Kintsch, J. 2009. Motorists as citizen scientists: the benefits of a wildlife reporting website. pp. 116-129 in: P.J. Wagner, D. Nelson and E. Murray (eds.). *Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation*.

Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 2010. [http://www.icoet.net/ICOET_2009/downloads/proceedings/ICOET09-Proceedings-Session132.pdf]

Paul, K., Graham, J., Broberg, L., Quinn, M.S. and Huijser, M. 2009. Can citizen science represent wildlife activity along highways? Validating a monitoring program. p. 130 in: P.J. Wagner, D. Nelson and E. Murray (eds.). Proceedings of the 2009 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, 2010. [http://www.icoet.net/ICOET_2009/downloads/proceedings/ICOET09-Proceedings-Session132.pdf]

כללי:

אבנון, א. (עורך). 2008. קובץ הנחיות לתכנון נופי וסביבתי. מע"צ - החברה הלאומית לדרכים בישראל. אמי מותם, מהנדסים ויועצים (צוות עבודה) 2010. תבחיני דרך למזעור הפגיעה בקרקע ובסביבה בדרכים בין-עירוניות. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה/ אגף תכנון תחבורתי. [http://he.mot.gov.il/index.php?option=com_content&view=article&id=1533:2010-12-14-14-33-38&catid=159:2010-12-14-05-40-29&Itemid=283]

פרק 7

סעיף 7.2.1:

תחרות לעיצוב מעברי רצף שהתקיימה בארצות הברית בשנת 2010: [<http://www.arc-competition.com/finalists.php>]

סעיף 7.3:

דוגמה למדריך העוסק במיוחד במעברים בנחלים:

Singler, A., Graber, B., and Banks, C. (eds.). 2012. Massachusetts stream crossings handbook. Division of Ecological Restoration, Department of Fish and Game, [http://www.mass.gov/dfwele/der/pdf/stream_crossings_handbook.pdf]

Clevenger, A.P. and Waltho, N. 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biological Conservation* 121: 453-464.

Crooks, K.R. and Sanjayan, M. 2006. *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Jones, D. 2010. Vegetation structure on overpasses is critical in overcoming the road barrier effect for small birds. pp 19-22 in: V. Richter, M. Puki and A. Seiler (eds.). *Improving connections in a changing environment*. Collection of short papers from the 2010 IENE Conference. [http://iene2010.iene.info/docs/IENE2012_ShortPapers.pdf]

סעיף 7.4.1:

תיאור מפורט של טיפוס גדרות וחשיבותם:

רותם, ד. 2012. השפעת גידור על שטחים פתוחים, מדיניות והמלצות לפעולה. רשות הטבע והגנים, חטיבת המדע.

סעיף 7.4.3:

וולצ'אק, מ. ואנגרט, נ. 2012. טיפול בצמחים פולשים ומתפרצים בעבודות תשתית בדגש תשתיות אורכיות. רשות הטבע והגנים.

Johnson, A.P.E. 2008. *Best practices handbook for roadside vegetation management*. Minnesota Department of Transportation. [<http://www.lrrb.org/pdf/200820.pdf>]

סעיף 7.4.4:

מעקות בטיחות:

גיסלמן, ו., כהן, א. ועמיר, ר. 2009. הנחיות ליישום מעקות בטיחות נופיים בישראל. דוח מסכם עבור החברה הלאומית לדרכים בישראל.

גיטלמן, ו., כהן, א. ועמיר, ר. 2010. פיתוח הנחיות ומפרטים ליישום מעקות בטיחות נופיים בישראל. מצגת בכנס מחקר ופיתוח 7.3.2010. מע"צ, החברה הלאומית לדרכים.

הקרט, ש. וגיטלמן, ו. 2005. הנחיות לבחירה ולהצבה של מעקות בטיחות קבועים בדרכים בין-עירוניות. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה, אגף תכנון תחבורתי.

[http://media.mot.gov.il/PDF/HE_TRAFFIC_PLANNING/HetkeneyTnuaMakotKvuimBenIroni.pdf]

והבי, ס. ופרישר, ב. 2011. התקני תנועה, בטיחות ורמזורים מאושרים להצבה בדרכים. משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה, אגף תכנון תחבורתי.

[http://media.mot.gov.il/PDF/HE_TRAFFIC_PLANNING/TrafficDevices2012-01.pdf]

ליבנה, מ., קראוס, י., פרישר, ב. ואבירם, ח. 2005. הנחיות לתכנון גיאומטרי של דרכים בין-עירוניות צמתים ומחלפים, IV, תכנון גיאומטרי של מפרידנים. ל.ק. מהנדסי תחבורה יועצים עבור מע"צ החברה הלאומית לדרכים בישראל בע"מ ומשרד התחבורה, מינהל היבשה, האגף לתכנון תחבורתי.

Clevenger, A.P. and Kociolek, A.V. 2006. Highway median impacts on wildlife movement and mortality. State of practice survey and gap analysis. Report for the State of California, Department of Transportation, Office of Materials and Infrastructure Research.

[http://www.dot.ca.gov/newtech/researchreports/reports/2006/median_barrier_final_report.pdf]

תאורה בכביש:

השפעת תאורה בכביש על בעלי חיים ועל צמחים:

לידר, נ. 2008. השלכות אקולוגיות של תאורת כבישים בישראל והצעות לפתרון. רשות הטבע והגנים, חטיבת המדע. [http://parks.org.il/sigalit/road-Noam.pdf]

תמרורים:

משרד התחבורה והבטיחות בדרכים, מינהל היבשה, אגף בכיר לתכנון תחבורתי. 2010. לוח התמרורים. הודעת התעבורה (קביעת תמרורים) תשע"א-2010.

סעיף 7.5.3:

על תמונת ציפורים הקשורה בכבישים, במיוחד מעמודי תמרורים:

[<http://eshel.school.org.il/School/edusviva/tamrurimbanegev.htm>]

בן אהרון, נ. 2011. האם כבישים יכולים לשמש מלכודת אקולוגית עבור הסלעית לבנת-הכנף (*Oenanthe lugens*)? עבודה לתואר M.Sc, אוניברסיטת בן-גוריון.

כללי:

Cramer, P., Kintsch, J. and Jacobson, S. 2011. Maintaining wildlife connectivity across roads through tested wildlife crossing designs. pp 424-436 in: Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, N.C.

[http://www.icoet.net/ICOET_2011/documents/proceedings/Session-CRB-1.pdf]

פרק 8

וולצ'אק, מ. ואנגרט, נ. 2012. טיפול בצמחים פולשים ומתפרצים בעבודות תשתית בדגש תשתיות אורכיות. רשות הטבע והגנים.

Fernandez Buces, N., Santiago Pensado, A.G., Lopez Noriega, S. 2011. Monitoring environmental compliance in the construction of the Cuyutlan Lagoon railroad in Manzanillo, Mexico. pp. 219-231 in: Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, N.C.

[http://www.icoet.net/ICOET_2011/documents/proceedings/Session-COM-2.pdf]

Johnson, A.P.E. 2008. Best practices handbook for roadside vegetation management. Minnesota Department of Transportation.

[<http://www.lrrb.org/pdf/200820.pdf>]

אחירון-פרומקין, ת. 2011. ניטור לבדיקת התפקוד והיעילות של מעברים לבעלי-חיים בחלקו הצפוני של קטע 18 בכביש 6. סיכום ראשוני, יוני 2011.

אחירון-פרומקין, ת. בהכנה. ניטור לבדיקת התפקוד והיעילות של מעברים לבעלי-חיים בחלקו הצפוני של קטע 18 בכביש 6. דוח מסכם - שלב ב'. עבור חברת כביש חוצה ישראל בע"מ.

מליחי, י. 2006. מעברי בעלי חיים בכביש 6. סיכום ניטור. רשות הטבע והגנים.

פרומקין, ר. 2010. ניטור צומח בכביש 6, קטע 18, אביב 2010. דוח מסכם עבור חברת כביש חוצה ישראל.
[<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=266&catId=66&maincat=5>]

פרומקין, ר. ואחירון-פרומקין, ת. 2007. ניטור לבדיקת התפקוד והיעילות של מעברים לבעלי חיים בחלקו הצפוני של קטע 18 בכביש 6. דוח מסכם - שלב א'. דוח לחברת כביש חוצה ישראל.

[<http://www.hozeisrael.co.il/template/default.asp?PageId=159&catId=44&maincat=5>]

רוזנברג, ב. 2009. סיכום ניטור מעברי בעלי חיים בכביש 6, קטע 18 - ספטמבר 2009. רשות הטבע והגנים.

כללי:

Block, W., Franklin, A., Ward, J., Ganey, J. and White, G. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology* 9: 292-303.

Chetkiewicz, C-L.B., Cassady St. Clair, C. and Boyce, M.S. 2006. Corridors for conservation: integrating pattern and process. *Annual Review of Ecology and Systematics* 37: 317-342.

Clevenger, A.P. 2011. 15 years of Banff research: what we've learned and why it's important to transportation managers beyond the park boundary. pp 409-423 in: *Proceedings of the 2011 International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, N.C.

[http://www.icoet.net/ICOET_2011/documents/proceedings/Session-CRB-1.pdf]

Clevenger, A.P., Ford, A.T. and Sawaya, M.A. 2009. Banff wildlife crossings project: integrating science and education in restoring population connectivity across transportation corridors. A report prepared for the Parks Canada Agency.

Clevenger, A.P., Long, R. and Ament, R. 2008. I-90 Snoqualmie Pass East wildlife monitoring plan. Prepared for Washington State Department of Transportation, Yakima, Washington.

Clevenger, A.P. and Sawaya, M. 2009. A non-invasive genetic sampling method for measuring population-level benefits of wildlife crossings for bears in Banff National Park, Alberta, Canada. *Ecology and Society* 15(1): 7.

[<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art7/>]

Ford, A.T., Clevenger, A.P. and Bennett, A. 2009. Comparison of non-invasive methods for monitoring wildlife crossing structures on highways. *Journal of Wildlife Management* 73: 1213-1222.

Gaines, W., Harrod, R. and Lehmkohl, J. 1999. Monitoring biodiversity: quantification and interpretation. General Technical Report PNW-GTR-443. Portland, OR: US Dept. Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station.

[http://www.fs.fed.us/pnw/pubs/gtr_443.pdf]

Hardy, A., Clevenger, A.P., Huijser, M. and Neale, G. 2003. An overview of methods and approaches for evaluating the effectiveness of wildlife crossing structures: emphasizing the science in applied science. pp 319-330, in: CL. Irwin, P. Garrett and K.P. McDermott (eds.). *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.

MacKenzie, D.I., Nichols, J.D., Royale, J.A., Pollock, K.H., Bailey, L.L. and Hines, J.E. 2006. Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence. Academic Press, New York, NY.

Margolius, R. and Salafsky, N. 1999. Measures of success: designing, managing and monitoring conservation and development projects. Island Press, Washington, DC.

Roedenbeck, I., Fahrig, L., Findlay, C., Houlahan, J., Jaeger, J., Klar, N., Kramer-Schadt, S. and van der Grift, E. 2007. The Rauschholzhausen agenda for road ecology. *Ecology and Society* 12 (1): 11. [<http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/>]

Simmons, J.M., Sunnucks, P., Taylor, A.C. and van der Ree, R. 2010. Beyond roadkill, radiotracking, recapture and FST—a review of some genetic methods to improve understanding of the influence of roads on wildlife. *Ecology and Society* 15(1): 9. [<http://www.ecologyandsociety.org/vol15/iss1/art9/>]

van der Ree, R., Heinze, D., McCarthy, M. and Mansergh, I. 2009. Wildlife tunnel enhances population viability. *Ecology and Society* 14 (2): 7.

[<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art7/>]

van der Ree, R., van der Grift, E., Mata, C. and Suarez, F. 2007. Overcoming the barrier effect of roads – how effective are mitigation strategies? An international review of the use and effectiveness of underpasses and overpasses designed to increase the permeability of roads for wildlife. pp 423-431 in: C.L. Irwin, D. Nelson, and K.P. McDermott (eds.). *Proceedings of the 2007 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University.

[http://www.icoet.net/ICOET_2007/proceedings/Chapter7b.pdf]



עבודות להכנת מעבר עילי לבעלי חיים בכביש 70. (צילום: תמר אחרון-פרומקין)

פיצוי אקולוגי נועד לפתח ולטפח בתי גידול טבעיים מסוימים (כמו בתי גידול לחים, חולות, חורש טבעי, יער פארק, בתי שיחנית או ערבות בני-שיח במדרונות בנוף סלעי מדברי) במצבים שבהם פרויקט שעבר הליכי אישור צפוי להשפיע עליהם לרעה. האמצעים שאותם מיישמים במסגרת הפיצוי האקולוגי שואפים לאזן את הנזק האקולוגי על ידי יצירת מצב של "אפס אבדן" של בתי הגידול ובעלי החיים הקשורים אליהם.

10.4.1 ההיקף של אמצעי הפיצוי

פיצוי אקולוגי אפשר ליישם לטווח ההשפעות כולו, לרבות הידרדרות במצבו של בית הגידול (כשבת הגידול עדיין קיים אך איכותו ותפקודו ירודים) ואבדן פונקציות תפקודיות כמו זרימת נוטריינטים ואנרגיה. דרך היישום של אמצעי הפיצוי משתנה בין המדינות ותלויה בהקשרים גאוגרפיים ותרבותיים. הפיצוי יכול לכלול שינוי תכנון וממשק של שטחים לצורך פיתוח בתי גידול חדשים (כדוגמת חורשים ויערות, ברכות זמניות או קבועות, ערוצי נחלים נוספים). הפעולות לטיפול ולחיזוק אופיים של בתי גידול יכולות לכלול גם התאמה של פעילות חקלאית על פי שיקולים של שמירת הטבע (למשל ממשק היוצר שטחי בתי גידול לטובת מיני ציפורים או מיני צומח האופייניים לשדות ובתות). כן אפשר ליצור בתי גידול לחים מלאכותיים (לא בהכרח ברכות) כדי למשוך בעלי חיים כמו דו-חיים או זוחלים גם אם בתי גידול לחים מלאכותיים אלה לא יפצו באופן מלא מהבחינה הנופית-אקולוגית על אלה שנפגעו. מחקר בנושא יכול לסייע לכוון את הפיצוי לטובת מינים מסוימים שיש עניין מיוחד לשמרם, וגם כשלעצמו הוא יכול להיחשב חלק מהפיצוי.

10.4.2 מגבלות חוקיות

אמצעים לפיצוי אקולוגי יכולים להידרש בנסיבות אחדות:

א) כשהצורך להגן על מרכיבי המגוון הביולוגי **נוגע למחויבות המדינה** להסכמים ולאמנות בינלאומיים כדוגמת האמנה להגנה על מינים נודדים, האמנה לשמירה על בתי גידול לחים והאמנה לשמירה על המגוון הביולוגי. בנסיבות הנוגעות להיבטים חוקיים יש לבחון כמה עקרונות:

- אם מינים ובתי גידול המוגנים בחוק או באמנות בינלאומיות מחייבים הגבלות קפדניות בתהליך התכנון – הפיצוי האקולוגי ידרש לאחר שמוצו האפשרויות להימנע מפגיעה בהם.
- אין לאפשר פיצוי כספי ואף לא פיצוי אחר (של ערכים שונים מאלה שהושפעו מהפרויקט) שניתן כחליפין בתמורה לערכים האקולוגיים שנפגעו.
- על הפיצוי האקולוגי לתת מענה להיבטים הפיזיים והתפקודיים של בית הגידול שנפגעו בעקבות הפיתוח.
- רצוי ליישם אמצעי פיצוי עוד לפני תחילת עבודות הפיתוח, בדומה לאופן שהונהג באירופה (Bird and Habitats Directive).
- ב) כש**קיימת מדיניות פיצוי רשמית** וכשקיימת הנחיה סטטוטורית במסמכי מדיניות לאומיים (הדבר אינו רלוונטי לישראל). בנסיבות שבהן הפיצוי קשור למדיניות לאומית רשמית נדרשים לרוב אמצעים קפדניים פחות:
 - צורך כלכלי או חברתי יכולים, במקרים יוצאי דופן, להצדיק פרויקט פיתוח בתנאי שיתוכן פיצוי על הנזק האקולוגי שנגרם.
 - פיצוי כספי או פיצוי במונחים של ערכים אקולוגיים "בני השוואה" הם אפשריים אך רצויים פחות.
 - את אמצעי הפיצוי לא נדרש ליישם בהכרח לפני התחלת הפרויקט.
- ג) כשהפיצוי **מבוסס על הסכמים וולונטריים**, ואינו מעוגן בחוק או במדיניות.
 - מדיניות שאינה מלווה בחקיקה מצריכה תנאים נוקשים פחות ליישום עקרון הפיצוי. בתהליך ההערכה נשקלים זה לעומת זה היבטים סוציו-אקונומיים והיבטים של שמירת הטבע.

10.4.3 פיצוי אקולוגי בפרויקטים של תשתיות

מתי לפצות על השפעות אקולוגיות

- יש להשתמש באמצעי פיצוי כשידועים מראש שני דברים מרכזיים:
- שיהיו לפיתוח השפעות ניכרות על שטחים מוגנים או על שטחים רגישים.
 - שיהיו לפיתוח השפעות על שטחים שיש להם ערך רב לשמירת הטבע, ואף על פי שאינם מוגנים הם כלולים במסמכי מדיניות לשמירה על שטחים פתוחים או על בתי גידול ייחודיים.

האחריות ליישום אמצעי הפיצוי

זם הפיתוח הוא האחראי על יישום עקרון הפיצוי האקולוגי. לפיכך, על היזם לספק אמצעים כספיים שיאפשרו ליישם אמצעי פיצוי, וכן לנטרם ולשפרם אם התוצאות שיושגו לא תהיינה מספקות.

יצירת בתי גידול

למדינות אחדות באירופה יש ניסיון ביצירת בתי גידול לרוב כרוך הדבר בהסבת שטחים חקלאיים לבתי גידול שיש בהם איכויות טבעיות משודרגות ומוגברות (איור 10.1). התהליך כולל:

- הקצאת קרקע, השגתה או עיגון הפיצוי בהסכמי ניהול וממשק;
- תכנון ספציפי (כמו טיפול בקרקע, טיפול בניקוז);
- נטיעה של מינים נבחרים המתאימים למטרות הממשק (כמו מינים של בתה עשבנית או מיני חורש ויער) ויישום ממשק טיפול הולם הנוגע לדישון, למועדי כיסוח/גיזום וכו';
- ניטור ותחזוקה ארוכי טווח.

העתקה

לעתים יצירת בית גידול יכולה להיות מלווה בהעתקה של קרקע, של זרעים או ביצי קיימא, או של מיני צמחים ובעלי חיים המועברים מהאזור שצפוי להיפגע (האתר התורם) למיקום חדש (האתר המקבל, אתר הפיצוי). האתר המקבל צריך להיות מתאים ובעל תכונות קרקע כאלה של האתר התורם. היתרון בטכניקה זו הוא שתכונות הקרקע ו/או מיני היעד של האתרים התורם והמקבל מפגינים דמיון רב. עם זאת, שיטת פיצוי זו יקרה, ועיתוי ההעתקה והדמיון בתנאי הקרקע הם קריטיים להצלחתה.

טיפול ושיקום בית גידול

פיצוי בדרך של טיפוח בית גידול ושיקומו מתאים למקרים שבהם בית הגידול המשמש לפיצוי כבר קיים, אך אינו באיכות הרצויה. ייתכן שהסיבה לכך היא שהשפעות קודמות של פעילות האדם גרמו להידרדרות במצבו. הפיצוי יכול לכלול אמצעים הנדרשים לשפר את איכות בית הגידול (כמו הפחתת לחץ הרעייה או הפעלת ממשק רעייה מבוקר, ממשק של זרימת המים וניקוזם, טיפול במינים פולשים או מתפרצים, הפחתת הפרעות של פעילות האדם, הגדלת כתמיות הצומח למצב רצוי או שזרוע לחיזוק או להוספת מיני צמחים). היתרון בשיטה זו של טיפוח מצבו של בית גידול קיים ושיפורו הוא שלעתים קרובות תכונות הקרקע והתכונות ההידרולוגיות דומות לאלה הדרושות כדי להשיג את מטרות שמירת הטבע.

טיפוסים של פיצוי אקולוגי: מאותו סוג ושאינו מאותו סוג, באתר או מחוץ לאתר

פיצוי אקולוגי מכוון למצב שלא ייווצר בו "אבדן נטו" של מינים מוגנים או של בתי גידול, ולכן על אמצעי הפיצוי לכוון ליצירה של איכויות אקולוגיות דומות לאלה שהיו באזור שנפגע מהפיתוח (פיצוי מאותו סוג). עם זאת, קיימים מקרים שבהם פיצוי במונחים של איכויות בנות השוואה (פיצוי שאינו מאותו סוג) יכול להיות מוצדק. למשל, כשפיצוי מאותו הסוג אינו אפשרי, וכשפיצוי שאינו מאותו סוג מסייע בהישרדותו של מין שהוא בעל חשיבות לשימור המושפע מפיתוח תשתיות.

המיקום של אתרי הפיצוי יכול להיות **באתר** או **מחוץ לאתר**. המצב המיטיבי הוא מיקום אמצעי הפיצוי מחוץ לתחום השטח שנפגע, אך עדיין באותו הקשר אקולוגי-נופי של האזור (פיצוי באתר). אם הפיצוי קרוב מדי לכביש המהיר, הערכים האקולוגיים באתר הפיצוי עלולים להיות מושפעים לרעה מהכביש ומהתנועה בו. רוחב טווח ההשפעה תלוי על פי רוב במיני היעד של אמצעי הפיצוי. אפשר להמליץ גם על איתור אתרי פיצוי הרחק מהתחום המושפע מהפיתוח (פיצוי שלא באתר), ובלבד שהדבר יגביר את סיכויי הצלחה או יגדיל זמינות של שטחים המתאימים לשמש שטחי פיצוי.



א



ב

איור 10.1: פיצוי על אבדן בית גידול לח ביצתי עקב סלילת כביש מהיר: (א) קרקע חקלאית שיועדה לכך הוסבה לבית גידול לח על ידי הסרת שכבת הקרקע העליונה; (ב) בעקבות ההסבה התפתח נוף ביצתי שמהווה מקור משיכה לעופות מים. (צילום: H. Bekker, EU: Mosbulten, הולנד.)

פיצוי מאותו סוג כרוך בהחלפת השטח שנפגע בבתי גידול, במינים או בתפקודים זהים לאלה שהיו באתר שנפגע; **פיצוי שאינו מאותו סוג** כרוך בהחלפת השטח שנפגע בבתי גידול, במינים או בתפקודים חלופיים. **פיצוי מאותו סוג** אפשרי כשהוא נוגע לשלושה טיפוסים של השפעות:

(א) אבדן בית גידול - יצירת כתמים של בית גידול באותו גודל ובאותה איכות (באתר או מחוץ באתר). שדרוג בית גידול קיים יכול להיות יעיל גם כן, כגישה משנית.

(ב) הידרדרות בית הגידול - שדרוג בתי גידול ושיפורם.

(ג) בידוד בתי גידול - שילוב בין הגדלה של בתי גידול לבין שדרוגם או העלאת הקישוריות בין כתמים מבודדים של בית גידול.

דוגמאות לפיצוי על הידרדרות בית גידול

- העלאת מפלס מי התהום שלא באתר כדי לפצות על ירידת מפלסים.
- הכנסת משטר ממשק חדש כדי להגביר בקרב ציפורים שוכנות אחר ובתה משיכה לבית גידול שהופרע מרעש.

דוגמאות לפיצוי על בידוד בית גידול

- פיתוח כתמים חדשים של בית גידול שיתפקדו כ"אבני קפיצה" (ראו פרק 3) או כמסדרונות אקולוגיים ויקשרו בין כתמים שהם הליבה עבור מינים מסוימים.
- סגירת כביש צדדי לנסיעת כלי רכב ממונעים כדי לפצות על בניית כביש מהיר.
- פיתוח כתמים חדשים של בית גידול הצמודים מרחבית לכתמים קיימים או ממוקמים בתוך שטחים טבעיים אחרים. באופן זה יוצרים כתמים גדולים יותר של שטח טבעי שיש להם פוטנציאל להכיל עם הזמן מספר גדול יותר של מינים ושל פרטים.

פיצוי בר-קיימא

כדי לוודא שאמצעי פיצוי אכן מצליחים ומשיגים את מטרתם יש לשקול פעולות אחדות:

- ניטור לפני היישום, במהלכו ואחריו (ראו פרק 9).
- הכללה של אתרי פיצוי במערך המקומי של אתרים לשמירת הטבע ושל תכניות לשימושי קרקע, פעולה שמטרתה להגדיל את הסיכוי שאתרים אלה יהיו מוגנים מפני פיתוח בעתיד.
- העברת הממשק והניהול של אתרי פיצוי שהושגו לארגונים מבוססים לשמירת הטבע.
- הכללת הממשק של אמצעי הפיצוי בתכנית הפיצוי הכוללת.
- הוספת הנחיות לתכניות הפיצוי לגבי פעולות שאפשר לנקוט במצבים של חוסר ודאות כך שאמצעים יעודכנו ויותאמו אם התוצאות לא יהיו מספקות.

10.4.4 חשבונאות של מיתון ההשפעות

התפיסה של חשבונאות (בנקאות) למיתון ההשפעות (mitigation banking) הוצגה בארצות הברית בשנות ה-90 של המאה העשרים, בדומה לתפיסה החשבונאית של זכויות או אשראי לפליטת מזהמים. לפי תפיסה זו נצברים שטחים נרחבים המוגדרים כשטח שמור, והמפתחים יכולים לרכוש אתר פיצוי בסמיכות זמנים לאישור פרויקט הפיתוח.

לצבירת "זכויות" או אשראי של שטח שמיועד לפיצוי עוד לפני תחילת פרויקט יכולים להיות יתרונות אחדים. מצב כזה:

(א) מעלה את הסיכוי להאצת הליכי האישור, כיוון שהאתר המיועד לפיצוי כבר זמין ואיכותו מתאימה;

(ב) יכול להוזיל את העלויות הנדרשות להפחתת השפעות הקיטוע ואת עלויות הפיצוי;

(ג) יכול להעלות את הערך האקולוגי של הפיצוי, כיוון שאתר פיצוי אחד, גדול בשטחו, מונע בעייתיות של קיטוע שכרוכה בפתרון חלופי שבו נמצאו כמה אתרי פיצוי קטנים יותר ששטחם הכולל זהה לזה של האתר הגדול.

שיקולים אלה, ובמיוחד העובדה שאין זה פשוט להשיג קרקע באזורים רבים בארץ, הופכים את תפיסת החשבונאות לתפיסה תכנונית שלא ברור אם אפשר ליישמה בארץ.

10.5 שמות מדעיים של מיני חולייתנים יבשתיים

להלן רשימת שמות מדעיים של מינים וקבוצות של חולייתנים יבשתיים שהוזכרו במדריך.
מודגש - שם סדרה; + מין שהושב לישראל; * מין שאינו חי בבר בישראל; ** מין פולש.

שם מדעי	שם באנגלית	שם עברי
Mammalia	Mammals	יונקים
Chiroptera	Bats	עטלפים
Insectivora	Insectivores	אוכלי חרקים
<i>Erinaceus concolor</i>	Eastern hedgehog	קיפוד אירופי
Soricidae	Shrews	חדפים
Lagomorpha	Lagomorphs	ארנבאים
<i>Lepus capensis</i>	Cape hare	ארנבת
Rodentia	Rodents	מכרסמים
<i>Apodemus flavicollis</i>	Yellow-necked mouse	יערון צהוב-צוואר
<i>Spalax ehrenbergi</i>	Middle East blind mole rat	חולד
<i>Hystrix indica</i>	Indian crested porcupine	דרבן
Carnivora	Carnivores	טורפים
Canidae		כלביים
<i>Canis lupus</i>	Wolf	זאב
<i>Canis aureus</i>	Golden jackal	תן זהוב
<i>Vulpes vulpes</i>	Red fox	שועל מצוי
Mustelidae		סמוריים
<i>Meles meles</i>	Eurasian badger	גירית מצויה
<i>Vormela peregusna</i>	Marbled poleat	סמור
<i>Martes foina</i>	Beech marten	דלק
<i>Lutra lutra</i>	European otter	לוטרה
Viverridae		גחניים
<i>Herpestes ichneumon</i>	Egyptian mongoose	נמיייה
Hyaenidae		צבועיים
<i>Hyaena hyaena</i>	Striped hyaena	צבוע
Felidae		חתוליים
<i>Felis caracal</i>	Caracal	קרקל
<i>Lynx spp.</i>	Lynx	לינקס*
Hyracoidea	Hyraxes	שפנאים
<i>Procavia capensis</i>	Syrian Rock Hyrax	שפן סלע
Ungulata	Ungulates	פרסתנים
Perissodactyla	Odd-toed Ungulates	מפריטי פרסה
<i>Equus hemionus</i>	Asiatic wild ass	פרא +
Artiodactyla	Even-toed Ungulates	מכפילי פרסה
<i>Sus scrofa</i>	Wild boar	חזיר בר
<i>Capreolus capreolus</i>	Roe deer	אייל הכרמל +
<i>Cervus elaphus</i>	Red deer	אייל אציל*
<i>Dama mesopotamica</i>	Mesopotamian fallow deer	יחמור פרסי+
<i>Gazella gazella</i>	Mountain gazelle	צבי ישראלי
<i>Gazella dorcas</i>	Dorcas gazelle	צבי הנגב
<i>Capra ibex</i>	Nubian ibex	יעל נובי
<i>Oryx leucoryx</i>	Arabian oryx	ראם לבן+
Amphibia	Amphibians	דו-חיים
<i>Bufo viridis</i>	European green toad	קרפדה ירוקה
<i>Hyla savignyi</i>	Savigny's treefrog	אילנית מצויה
<i>Rana levantina</i>	Hadera frog	צפרדע הנחלים
<i>Salamandra salamandra</i>	Fire salamander	סלמנדרה כתומה
<i>Triturus vittatus</i>	Spotted newt	טריטון הפסים

שם מדעי	שם באנגלית	שם עברי
Reptilia	Reptiles	זוחלים
Testudines	Turtles	צבים
Emyridae	Pond Turtles	צבים ביצתיים
Testudinidae		צבים יבשתיים
Squamata	Scaled reptiles	קשקשאים
<i>Uromastix aegyptius</i>	Egyptian mastigure	חרדון-צב מצוי
<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	Chameleon	זיקית ים תיכונית
<i>Ophisaurus apodus</i>	Armored glass lizard	קמטן
Aves	Birds	עופות
<i>Tyto alba</i>	Barn owl	תנשמת לבנה
<i>Turdus merula</i>	Blackbird	שחרור
<i>Corvus monedula</i>	Jackdaw	קאק
<i>Corvus corone</i>	Hooded crow	עורב אפור
<i>Passer domesticus</i>	House sparrow	דרור הבית
<i>Acridotheres tristis</i>	Common Myna	מאיינה הודית (מאיינה מצויה)**



יעל נובי. (צילום: רון פרומקין)

קיטוע בתי גידול על ידי תשתיות תחבורה / מדרך לאיתור קונפליקטים ולתכנון פתרונות

החברה הלאומית לדרכים

