

רקע

מהו "המגוון הביולוגי"?

המונח **מגוון ביולוגי** (biodiversity) מתאר את מגוון החיים על פני כדור הארץ מרמת המולקולה ועד לרמת **המערכת האקולוגית**. אך מעבר לכך, "המגוון הביולוגי" צופן בחובו התייחסות חדשה לטבע במישור המדעי, החברתי, הכלכלי והמדיני. תפיסה זו מדגישה את הגישה המערכתית לטבע לעומת התייחסות **למין** או לאתר טבע בולט בודד. היא מייחסת לטבע ערכיות, שאין לה תחליף, ומדגישה את השירותים ואת התועלות שהאדם מקבל מהמערכות האקולוגיות, **ממגוון המינים** ו**מהשונות הגנטית** ביניהם.

המונח "**מגוון ביולוגי**" הוגדר על ידי מדענים באמצע שנות ה-80 של המאה הקודמת במטרה להסב את תשומת הלב הציבורית ואת תשומת לבם של קובעי מדיניות בעולם לתהליך הקטסטרופלי של אבדן **מינים ומערכות אקולוגיות** בכל רחבי כדור הארץ. מתוך חשש לגורל החיים על פני כדור הארץ ומתוך הכרה בחשיבות **המגוון הביולוגי** להמשך קיומם, קיימת פעילות רבה לשימורו במחקר, בזירה המדינית הבין-לאומית ובחקיקה.

בוועידת כדור הארץ בריו דה זנרו, שנערכה ב-1992, נכתבה ואומצה ה"**אמנה על המגוון הביולוגי**" (Convention on Biological Diversity [CBD]), המהווה הסכם בין-לאומי ראשון בנושא שימור המגוון הביולוגי ו**פיתוח בר-קיימא**. האמנה משמשת ציון דרך בחוק הבין-לאומי בהכירה בעובדה ששימור המגוון הביולוגי הוא עניין משותף לכלל האנושות. האמנה מכירה בצרכי הפיתוח הכלכליים של האדם ומדגישה את חשיבות השימור של המגוון הביולוגי כמשאב מתחדש ואימוץ מדיניות של פיתוח בר-קיימא עבורנו ולצורכי הדורות הבאים.

חורש ים-תיכוני



מערכת אקולוגית ■ כל היצורים וגורמי הסביבה בשטח נתון.

מין ביולוגי ■ קבוצה של יצורים בעלי תכונות משותפות המסוגלים להתרבות ביניהם ולהעמיד צאצאים פוריים.

פיתוח בר-קיימא ■ פיתוח וניצול משאבים בקצב המאפשר לתהליכים טבעיים לחדש את מה שנוצל.

כיצד מתארים את המגוון הביולוגי?

המגוון הביולוגי מתואר בשלוש רמות ארגון:

- מגוון המערכות האקולוגיות;
- מגוון המינים;
- **המגוון הגנטי** של המינים.

יש המתארים את המגוון הביולוגי גם ברמה של מגוון התהליכים הביולוגיים על פני כדור הארץ.

מגוון המערכות האקולוגיות

מערכת אקולוגית היא אוסף של יצורים חיים המתקיימים באזור נתון ושל כל גורמי הסביבה הפיזית שהם חיים בה. היצורים החיים ומרכיבי הסביבה מקיימים ביניהם קשרי גומלין, הכוללים מעבר של אנרגיה ומחזורי חומרים. על פני כדור הארץ קיימות מערכות אקולוגיות רבות ומגוונות, כגון: מקווי מים מתוקים, שוניות אלמוגים וחורש ים-תיכוני.

מקוה מים מתוקים



שונית אלמוגים



מגוון המינים

מגוון המינים הוא כלל המינים החיים במקום מסוים. מדד זה משמש במדע האקולוגיה ומתייחס לעושר המינים ולשפע המינים במקום מסוים. בין המינים ברמת הנדיב אפשר לראות שיחים דוגמת פיגם מצוי וקידה שעירה, עצים דוגמת אלה ארצישראלית ואלון מצוי וצמחים מטפסים דוגמת פטל קדוש וקיסוסית קוצנית. מגוון המינים ברמת הנדיב כולל כמובן גם בעלי חיים: פרוקי רגליים דוגמת גמל שלמה ירוק וזנב סנונית נאה, דו-חיים דוגמת אילנית מצויה, זוחלים דוגמת לטאה זריזה וקמטן החורש, עופות דוגמת בז אדום וחוגלת הסלע ויונקים דוגמת אייל הכרמל וצבי ארצישראלי.

המגוון הגנטי

השוני בהרכב הגנטי בין פרט אחד לאחר השייכים לאותו מין יוצר את המרכיב השלישי של המגוון הביולוגי - המגוון הגנטי. הביטוי של המגוון הגנטי הוא, למשל, ההבדל בגוני הפרווה של חתולים או בצבעי עיניים שונים אצל אנשים שונים. לעתים ההרכב הגנטי הייחודי של כל פרט אינו מתבטא בתכונה פיזית, אלא, למשל, בתכונות של עמידות למחלות, שתוקפות פרט אחד ופוסחות על האחר.

עושר מינים ■ מספר המינים הביולוגיים באזור מסוים.

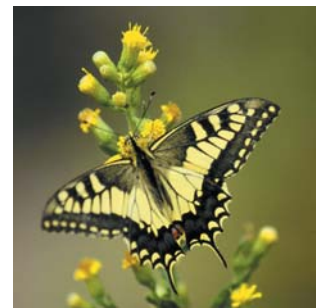
שפע מינים ■ מספר הפרטים היחסי מכל מין ביולוגי במקום מסוים או הבימסה היחסית של כל מין.

דוגמה לשלושה נציגים מתוך עושר המינים המצוי במערכת האקולוגית שיחיה (גריגה):

קידה שעירה



זנב סנונית נאה



צבי ארצישראלי



באוספים של אוניברסיטת תל-אביב ניתן להתרשם ממגוון בעלי-החיים בישראל:

חלק מאוסף החלזונות





מדוע צריך לחקור את המגוון הביולוגי?

המגוון הביולוגי הוא התשתית לקיום האדם

בעידן של פיתוח מואץ וצריכה גוברת של משאבי הטבע ופגיעה בסביבה, הולכת וגדלה חשיבות השמירה על התשתית לחיים על פני כדור הארץ וקיום מערכות התומכות בקיום חיינו. מערכות אלו מורכבות ממיליוני יצורים, הבונים יחד **חברות אקולוגיות** ומספקים לאדם מוצרים ושירותים רבים. ערכם של חלק ממוצרים ושירותים אלו ניתן לכימות, אך ישנם רבים אשר קשה או אף בלתי אפשרי לכמת את ערכם.

חברה אקולוגית ■ כלל האוכלוסיות החיות באזור מסוים בזמן נתון.

מהי חשיבותו של המגוון הביולוגי?

א. שירותים אקולוגיים תומכי-חיים

המערכות האקולוגיות מספקות לאדם שירותים רבים, כגון: טיהור מים, ויסות הרכב הגזים באטמוספירה, פירוק תרכובות אורגניות, מניעת שטפונות וסיוע בחלחול מים, ייצור ושמירה על פוריות הקרקע, האבקה של גידולים חקלאיים, בקרת מזיקי חקלאות ועוד. שוויים של שירותים אלה, שאין להם תחליף, נאמד במיליארדי דולרים בשנה.

ב. הפקת חומרי גלם ומוצרים

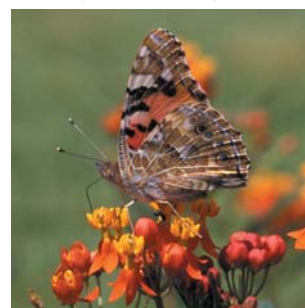
האדם מפיק מהטבע חומרי גלם ומוצרים רבים ובהם מזון, תרופות, מוצרי תעשייה ומשאבים גנטיים להשבחת גידולים.

ג. ערך תרבותי ורוחני

למגוון הביולוגי יש ערך תרבותי ורוחני שתרם לעיצוב כל התרבויות האנושיות.

מעל לכול, למגוון הביולוגי יש ערך בפני עצמו. גישה זו - הגישה הביוצנטרית - אינה רואה את האדם במרכז, אלא את האדם כחלק מהטבע. על פי הגישה הביוצנטרית לכל מין ומין ולכל פרט ופרט יש ערך משל עצמו וללא כל קשר לאדם.

פרפר מספק "שירותי האבקה"



אלון השעם



הפרדת שכבת השעם מגזע העץ, כדוגמה להפקת חומרי גלם מצמחים.

ערימת שכבות השעם שהורדו מגזעים של אלוני השעם בסרדיניה

משבר המגוון הביולוגי

אחד ההיבטים הבולטים של השינויים העולמיים הסביבתיים הוא הצמצום המהיר של **המגוון הביולוגי במערכות אקולוגיות** רבות. הצמצום אינו מוגבל להגברת הקצב של הכחדת מינים, אלא כרוך גם באבדן של **מגוון גנטי** ותפקודי בקנה מידה של **אוכלוסייה, חברה** ונוף. הצמצום רחב ההיקף במגוון הביולוגי נובע בעיקר משינוי של בתי גידול, מהרס ומקיטוע שלהם; מעלייה בקצב הפלישות של מינים לא מקומיים שיובאו בכוונה או בטעות; מניצול יתר ומהשפעות נוספות הנגרמות על ידי האדם. הפגיעה במגוון הביולוגי לא פסחה גם על ישראל, ומינים רבים של צמחים ובעלי חיים נעלמים גם כיום מנוף ארצנו.

בעלי חיים דוגמת נשרים, מיני בזים, מיני עיטים ואיילי כרמל אכלסו בעבר את רמת הנדיב. חלקם נעלמו מנופי רמת הנדיב וחלקם, דוגמת אייל הכרמל, נכחדו מן הארץ כולה. כיום נעשים מאמצי **השבה לטבע** ואישוש של בעלי חיים אלה.

אוכלוסייה ■ קבוצה של פרטים בני אותו המין החיים באותה הסביבה. **מין פולש** ■ מין שהתפתח במקום אחד ומגיע למערכת אקולוגית זרה עבורו, שם הוא נקלט, מתרבה ומשפיע לרעה על המערכת האקולוגית סביבו.

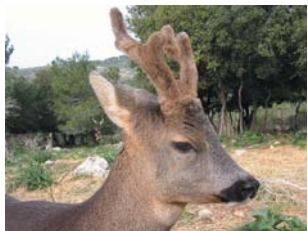
יקרונית התאנה



חיפושית פולשת בישראל

דוגמה לשני מינים המושבים לטבע בכרמל:

אייל הכרמל



נשר



ממשק אקולוגי ■ התערבות יזומה של האדם במטרה להשפיע על המתרחש בסביבה ולנהל באופן מושכל מערכות אקולוגיות.

בקנה מידה עולמי, אפילו לפי הערכות נמוכות יחסית של קצב הכחדה, כמחצית מכלל ה**מינים** עלולים להיכחד בתוך 100 שנים. אירוע כזה יהיה דומה בהיקפו לחמש ההכחדות הגדולות שאירעו במהלך 3.5 מיליארד שנות קיום החיים על פני כדור הארץ. בקנה מידה מקומי ואזורי, ירידת **המגוון הביולוגי** מורגשת באזורים רבים, במיוחד במקומות שבהם **מערכות אקולוגיות** טבעיות הפכו לשדות של גידולים חקלאיים, ליערות נטע-אדם אחידים, לשטחי גידול מדגה ולמערכות אקולוגיות מנוהלות אחרות - באזורים עירוניים, אך גם באזורים הנחשבים עדיין לשטחים טבעיים.

שימור המגוון הביולוגי

המגוון הביולוגי חשוב לקיומנו ולקיומם של כל היצורים החיים, ואם לא נשכיל לשמור עליו - הוא ייעלם במהרה. על מנת לשמור על המגוון הביולוגי עלינו לשמור לא רק על **מין** בודד או על אתר מסוים, אלא להרחיב את תפיסת השימור לכלל מערכות החיים.

כיצד נדע מה לשמור ואיך לשמר? - קשה להצביע על גורם אחד בלבד המשפיע על המגוון הביולוגי, אלא על מכלול של גורמים הפועלים יחדיו. סוגיה זו חשובה במיוחד כאשר דנים בשימור המגוון הביולוגי. האמצעי להבנת הגורמים המשפיעים על המגוון הביולוגי והיחסים ביניהם הוא המחקר המדעי. אנשי המדע עורכים מחקרים כדי להבין מהם הגורמים המשפיעים על המגוון הביולוגי וכיצד מערכות החיים קשורות זו בזו ומנסים להעריך את קצב אבדן של המגוון הביולוגי; כל זאת על מנת לפתח מדיניות **ממשק** לשמירה על המגוון הביולוגי ול**פיתוח בר-קיימא**. הגישה המקובלת כיום לשימור המגוון הביולוגי היא הגישה המערכתית. גישה זו מדברת על ממשק משולב של **מערכות אקולוגיות** לשימור רכיביהן השונים. זוהי גישה מודרנית של שמירת טבע שאינה מתרכזת רק בכמה מינים בולטים, כגון: נשרים, יחמורים ויעלים, אלא מתרכזת בשימור של מערכות אקולוגיות מתפקדות המורכבות משפע של מינים ביולוגיים, רובם חסרי חוליות ובמיוחד חרקים.

כיצד נחקר המגוון הביולוגי?

עיקר המחקר של המגוון הביולוגי הוא בתחום של מגוון המינים. עם זאת, קיים מחקר רב גם ברמת המערכות האקולוגיות. רמת השונות הגנטית נחקרת בדרך כלל לצורך שימור אוכלוסיות קטנות של מינים הנתונים בסכנת הכחדה.

רוב המחקרים של המגוון הביולוגי כוללים את השלבים האלה:

1. הגדרת מינים;
2. מיפוי המינים;
3. קביעת עושר המינים;
4. בחינת הרכב (Composition) החברה האקולוגית;
5. בחינת מגוון המערכות האקולוגיות.

1. הגדרת המינים

אחד מהשלבים הראשונים בחקר המגוון הביולוגי הוא הגדרתם של המינים, או במילים אחרות - מתן שמות למינים. התחום המדעי העוסק בכך הוא הטקסונומיה.

כיצד מוגדר מין חדש? - במרבית המקרים פרטים של מין בלתי מזוהה נאספים בשטח ומובאים לאוסף מחקר. לכל פרט שנאסף מוצמדת פתקית המזהה את מקום איסופו, את תאריך איסופו, את שם האוסף, את משקלו וככל האפשר - פרטים נוספים, כגון: מין וגיל. לאחר מכן כל פרט מאופייין ומתואר. אם הפרטים זהים למין המוכר כבר למדע, הרי הם מקבלים את השם של המין המוכר. אם נמצא כי הפרטים מייצגים מין שאינו מוכר למדע, אחד הפרטים - בעל תכונות ממוצעות לכל השאר - נבחר כאב-טיפוס, ועל פיו מוגדר המין.

רצה צפונית



דוגמה לאחת החיפושיות, מאוסף החרקים של אוניברסיטת תל-אביב.



חלק מאוסף החיפושיות של אוניברסיטת תל אביב



תלמידות נעזרות במגדיר לזיהוי צמחים.



איסוף פרפרים כחלק מהכרת מגוון המינים בשטח.

טוואי האלון



עץ האלון הוא הפונדקאי של טוואי האלון, שזחליו טווים עליו קורים ואוכלים את עליו.

פונדקאי (ביולוגי) ■ היצור המזין את הטפיל.

התהליך של הגדרת המין מושלם רק לאחר שתיאורו ושמו מפורסמים בכתב עת מדעי. יש לציין, כי חשיבותו של האב-הטיפוס רבה ביותר, ולכן הוא נשמר בכספת באוספים. זיהוי אורגניזמים המוכרים כבר למדע מתבצע בעזרת מגדירים או מדריכים. המגדיר מאפשר לזהות את האורגניזם על פי תכונותיו. למשל, זיהוי מין של צמח על פי מאפיינים דוגמת צורת העלה והפרי, מספר עלי הכותרת ועוד. המדריך מאפשר לזהות אורגניזם על פי תמונה או ציור הנלווים לכל מין.

עושר המינים בעולם הוא עצום - עד היום זוהו והוגדרו כ-1.5-1.7 מליון מינים, כ-60% מהם חרקים. אולם על פי הערכות המדענים קיימים בין חמישה למאה מיליון **מינים** על פני כדור הארץ. מינים אלה מחכים עדיין להכרה, ומכאן נובעת חשיבותה של הטקסונומיה.

חשיבות המחקר ה**טקסונומי** מוכרת כיום ברחבי העולם, והתחום תופש תאוצה, הן כמדע בסיסי והן ככלי שימושי לשמירת טבע. לדוגמה, יש יוזמה בין-לאומית, ה-Global Taxonomy Initiative, שנועדה לזהות את כלל המינים בעולם מתוך הבנה, ששימור **המגוון הביולוגי** מחייב הכרה של מספר מינים רב ככל האפשר.

מדוע חשוב להכיר את המינים? - מקרה הבוחן של המלחמה בהתפשטות השרך הפולש, *Salvinia molesta*, מלמד על החשיבות הרבה של זיהוי המינים בפתרון בעיות אקולוגיות. *Salvinia molesta* הוא מין של שרך מברזיל, אשר הובא למקומות רבים בעולם, התפשט בהם וגרם לנזק סביבתי עצום, כגון: הסטת הזרימה של נהרות, פגיעה בשמורות טבע, פגיעה בתשתיות השקיה ועלייה במספר היתושים. על מנת לעצור את התפשטותו ולהשמיד את השרך, הובא מין של חדקונית (חיפושית) הניזונה מצמח זה. מכיוון שמין השרך לא הוגדר כראוי, והחוקרים סברו כי הוא *Salvinia auriculata* שמוצאו מטרינידד, מין החדקונית שהובא היה גם הוא מטרינידד, ולכן התערבות זו לא הייתה יעילה. רק לאחר זיהוי של השרך כ-*Salvinia molesta* ומציאת אזור המוצא שלו - ברזיל, הובא מין של חדקונית מברזיל, על מנת להשמיד את השרך.

הכרת **המינים** השונים חשובה גם לניטור של תהליכים. למשל, בפארק טבע רמת הנדיב נערך מחקר לבחינת השפעתן של פעולות **ממשק** שונות המתבצעות ברמת הנדיב על מיני הפרפרים שבפארק. בין פעולות הממשק הנחקרות: כיצד משפיעה רעיית הפרות? מהי השפעתן של דרכי העפר הרחבות, המשמשות למעבר של רכבי שטח? מהי השפעתן של חורשות האורנים והברושים הנטועות? ועוד. על מנת לענות על שאלות אלו ואחרות, אוספים החוקרים נתונים על מגוון הפרפרים הנצפים וכן נתונים על כל צמחי הצוף של הפרפרים ועל הצמחים הפונדקאיים של זחלי הפרפרים. החוקרים מקווים, כי הנתונים הנאספים בבתי גידול שונים בפארק יאפשרו לנתח ולהגדיר את המשמעויות של פעולות הממשק השונות המבוצעות בפארק על **מגוון המינים** ועל גודל האוכלוסיות של פרפרי היום. מהתוצאות יהיה אפשר להסיק כיצד לשפר את הממשק ברמת הנדיב ולהפיק תכנית לשימור המגוון של פרפרי היום במקום.

2. מיפוי תפוצת המינים

השלב השני בחקר המגוון הביולוגי הוא מיפוי המינים וציוור מפות תפוצה לכל מין ומין. לגבי בעלי חיים גדולים, כמו: יונקים גדולים ועופות, המיפוי מתבסס במרבית המקרים על תצפיות בשטח או על לכידה בשטח, זיהוי ושחרור. לגבי בעלי חיים קטנים יותר וקשים יותר לזיהוי, התהליך ארוך יותר. פרטים של המינים נאספים משטחי המחקר לאוספים, ופרטיהם נרשמים על פי כללים שהוגדרו מראש, כגון: מקום האיסוף, שם האוסף ותאריך האיסוף. באוסף הפרטים עוברים מיון והגדרה על ידי **טקסונומים**. אם נמצא פרט של מין שאינו מוכר למדע, הוא עובר את תהליך הזיהוי וההגדרה. מנתוני הפרטים, שנאספו באזורים שונים, נבנות מפות התפוצה של המינים.

נוסף על כך, יש קבוצות טקסונומיות (טקסונים) הנסקרות באופן שיטתי, מכיוון שלאדם יש עניין מיוחד בהן. לדוגמה, בגלל הרצון לשמר את היונקים ואת העופות הגדולים של ארצנו, נערכים אחת לתקופה סקרי עופות וסקרי יונקים, כגון: סקר עופות מים, סקר נדידת עופות דואים, סקר נשרים, סקר צבאים וסקר יעלים. אך סקרים מתבצעים לא רק על בעלי חיים גדולים. בפארק טבע רמת הנדיב, למשל, נערכים גם סקרי זוחלים, ציפורים, מכרסמים, פרפרים ורכיכות. אחד הסקרים המתבצעים הוא ניטור זוחלים כחלק ממערך

תצפית ציפורים ברמת הנדיב, מאי-יוני 2001

חוחית וירקון

פשוש וסבכי שחור ראש



הכנת המפות: מכון דש"א (דמותה של ארץ), יחידת GIS, החברה להגנת הטבע (קנה מידה 1 : 7,500)

הניטור האקולוגי ארוך הטווח ברמת הנדיב. פרויקט הזוחלים ברמת הנדיב החל בשנת 2002, ומטרנו הראשונית הייתה הגדרה של מצאי מיני הזוחלים בפארק טבע רמת הנדיב. כיום משמש פרויקט הזוחלים להשגה של מטרות נוספות, בהן: זיהוי מינים מיוחדים, מינים **נדירים** ומינים **אינדיקטיביים** ושימוש בזוחלים ככלי לזיהוי מגמות והשפעות של פעולות ממשקיות.

ביו-אינדיקטור אקולוגי ■ מין או קבוצה של מינים, המייצגים את החברה האקולוגית שבה הם חיים, ומספקים נתוני הערכה לגבי כל החברה או לגבי בית הגידול או לגבי מצבה של כל המערכת האקולוגית.

3. קביעת עושר המינים (Species Richness)

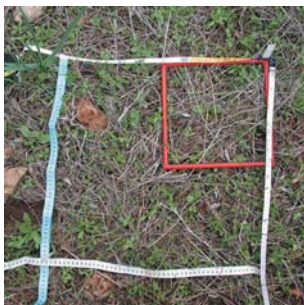
עושר המינים מוגדר כמספר המינים המרכיבים את החברה. קביעת עושר המינים באזור מסוים נעשית על ידי ספירת המינים השונים הנמצאים ביחידות מדגם של השטח הכולל. התוצאות של יחידות המדגם משמשות להערכת העושר של המינים באזור כולו. מחמת אילוצי זמן, כסף וידע **טקסונומי** מוגבל, בדרך כלל לא נספרים כל המינים, אלא רק קבוצות מסוימות, שנמצאו כמייצגות, או סבורים שהן מייצגות, קבוצות נוספות מכלל **המגוון הביולוגי**. בקבוצות אלו ייכללו בדרך כלל מינים שניתנים לספירה או לאיסוף בקלות יחסית. במרבית המחקרים יש התעלמות מבעלי חיים המצויים מתחת לפני הקרקע וממיקרואורגניזמים, אף כי אנו יודעים שעושר המינים של קבוצות אלו הוא רב. במקרים רבים אחרים לא נמדד עושר המינים, אלא נבדקים מדדי שפע אחרים, כגון: כיסוי הצומח או כמות **הביומסה**. נוסף על כך, חשוב להבחין בין קביעת עושר המינים - כמה מינים יש בחברה הנבחנת - ובין קביעת גודל **האוכלוסייה** של כל מין ומין - כמה פרטים יש מכל מין. פעמים רבות נספרים שני המאפיינים גם יחד על מנת לקבוע את הרכב החברה ואת אופיה (על כך בהמשך).

כיצד קובעים את אתר המחקר ואת גודלו?

אתר המחקר צריך לייצג באופן אמין את **עושר המינים** של החברה באזור הנבחן, ולכן יש חשיבות גדולה בקביעתו. למשל, על אזור הדיגום להכיל מינים מייצגים של המערכת האקולוגית, ובכלל זה **מינים נדירים**.

חשיבות נוספת מיוחסת לקביעתו של מאמץ הדיגום; כלומר, גודל שטח הדיגום, משך הדיגום, מספר חלקות הדיגום, מספר מלכודות הדיגום ומספר החזרות שיש לערוך על מנת שממוצע החזרות ייצג נאמנה את עושר המינים באתר. למאמץ הדיגום השפעה רבה על התוצאות, ולרוב יש יחס ישיר כמעט בין מאמץ הדיגום לבין **עושר המינים** הנמצא.

ריבועים מקוננים



בשל אילוצי זמן ותקציב אין לחוקרים יכולת לדגום את כל אזור המחקר, ולכן עליהם לקבוע את מינימום השטח שיש לדגום, אשר ישקף נאמנה את החברה כולה. על מנת להגדיר את גודל השטח המינימלי לדיגום, משתמשים החוקרים בשיטה שנקראת **ריבועים מקוננים** (nested quadrates). בשיטה זו מגדירים החוקרים את חלקת הדיגום על ידי ריבועים **(קוודרטים)**. כל ריבוע מהווה חלק מריבוע גדול ממנו. גודל הריבוע, שבו מספר המינים מתייצב ואינו גדל עם הגדלת יחידת הדיגום, הוא יחידת השטח המינימלית הנדרשת למחקר. שיטת הריבועים המקוננים מאפשרת גם למדוד את השינוי במספר המינים עם העלייה בגודל השטח (הרחבה על היחס גודל שטח-מגוון מינים בהמשך).

כיצד סופרים את המינים ו/או את מספר הפרטים מכל מין?

אפשר לחלק את שיטות העבודה לשלוש שיטות עיקריות:

א. ספירת האורגניזמים בשטח נתון;

ב. תצפית מרחוק;

ג. לכידה.

דוגמה לשיטות ספירה של אורגניזמים בשטח:

ריבוע לדיגום צמחים



חתך (טרנסקט) צומח



תצפית בבעלי-חיים



א. ספירת האורגניזמים בשטח נתון

שיטה זו משמשת לספירה של מינים רבים - צמחים ובעלי חיים - אך מתאימה לרוב לספירתם של אורגניזמים נייחים או אטיים, דוגמת צמחים עשבוניים, עצים או חלזונות. במרבית המקרים לא בוחנים את כל השטח הנבחר אלא רק מדגם שלו. דיגום השטח נעשה בדרך כלל בריבועי דיגום (קוודרטים) או לאורך חתך (טרנסקט).

- קוודרט הוא ריבוע בעל שטח ידוע, למשל, שני מטרים x שני מטרים, שמונח באופן אקראי באתר הדיגום, ובאמצעותו סופרים את האורגניזמים בשטח. ספירת האורגניזמים בתוך הקוודרט מאפשרת לחשב את הצפיפות הממוצעת של האורגניזמים בשטח כולו ולהעריך את מגוון המינים בשטח. כאמור, השימוש בקוודרטים משמש גם לקביעת גודל השטח המינימלי לדיגום, בשיטת הריבועים המקוננים.

- הטרנסקט הוא קטע או רצועה באורך ידוע בתוך אזור הדיגום, לאורכם מבצעים החוקרים ספירה של מיני הצומח או מיני בעלי החיים. שיטה זו, למשל, משמשת את חוקרי פארק טבע רמת הנדיב במחקר הצומח המעוצה.

בעת ספירת האורגניזמים רושמים החוקרים גם מידע נוסף. בסקרי הזוחלים הנערכים בפארק טבע רמת הנדיב, למשל, מחפשים החוקרים זוחלים פעילים זוחלים נסתרים (מתחת לאבנים, למשל), אך רושמים גם מידע נוסף, כגון: תאריך, שעה, מין הזוחל, זווית, תיאור סוג הפעילות ומיקום מדויק, תיאור תכונות השטח - תצורת צומח, מפנה, סוג קרקע והערות נוספות, כגון: צלקות, זנב שבור ועוד.

ב. תצפית מרחוק

הנתונים על בעלי חיים נייחים גדולים, דוגמת צבאים, יעלים, עופות מים ועופות דורסים נאספים בתצפיות על שטח נרחב. מכיוון שבעלי החיים נייחים, הספירה מתבצעת בדרך כלל על ידי אנשים אחדים, על מנת שתתקבל תמונה רחבה ככל האפשר. תצפית מרחוק יכולה להיות משולבת גם בשיטות נוספות דוגמת שימוש במצלמות המתעדות את תנועת בעלי החיים בשטח או שימוש בתוכנת GIS המאפשרת לקבוע את מיקומו המדויק של אורגניזם על גבי מפה.

ג. לכידה

על מנת לספור מינים של בעלי חיים קטנים הנעים ממקום למקום צריכים החוקרים ללכוד אותם כדי לזהותם. שיטות הלכידה רבות ומגוונות ונקבעות על פי גודל בעל החיים, שעות הפעילות שלו, מקום החיות שלו, צורת התנועה (למשל, הולך על פני הקרקע או מעופף) ועוד. הלכידה יכולה להיות בלתי מכוונת; כלומר, משמשת ללכידה של מינים שונים של בעלי חיים, או יכולה להיות מכוונת לקבוצה ספציפית על ידי שימוש בפיתיון ספציפי או אפילו על ידי לכידה אקטיבית.

דוגמה לשיטות איסוף של בעלי-חיים:

מלכודת נפילה



בדיקת הממצאים במלכודת נפילה



בדיקה של מלכודת מכרסמים



בחקר המגוון הביולוגי משתמשים החוקרים באמצעים מקובלים אחדים ללכידת בעלי החיים, ובהם:

מלכודות נפילה המשמשות ללכידה של בעלי חיים ההולכים על הקרקע. המלכודות, בדרך כלל מכילים קטנים ללא מכסה, נקברות בקרקע באופן ששוליהן נמצאים בקו אחד עם פני שטח הקרקע. בעלי החיים שהולכים על הקרקע, דוגמת חרקים, זוחלים או מכרסמים קטנים, נופלים לתוך הכלי ונלכדים. גודלו של הכלי ועומקו נקבעים על פי האורגניזמים שאותם החוקרים מעוניינים לבדוק, החל מפרוקי רגליים וכלה בזוחלים ובמכרסמים.

מלכודות אור המשמשות לתפיסתם של חרקים ליליים הנמשכים למקור אור, דוגמת עשים.

מלכודות מכרסמים המכילות לרוב פיתיון למשיכת המכרסמים, ומשאלו נכנסים פנימה המלכודת נסגרת, ובעל החיים אינו יכול לצאת.

רשתות ערפל המשמשות ללכידה של ציפורי שיר ושל עטלפים. הרשתות הדקות נמתחות בין שני מוטות, ומכיוון שהציפור או העטלף אינם מבחינים בה, הם מסתבכים בין חוטיה ונשארים בה עד אשר החוקרים מוציאים אותם, מתעדים את ממצאיהם ומשחררים אותם לחופשי.



פרישת רשת ערפל, ללכידת ציפורי שיר

ניעור עצים משמש את החוקרים לאיסוף של חרקים שאינם הולכי קרקע. פריסה של יריעה מתחת לעץ וניעורו גורמת להפלתם של החרקים על היריעה, וכך יכולים החוקרים לאסוף אותם.

קיימות שיטות נוספות למעקב אחר בעלי חיים, כגון: מעקב אחר טביעות רגליים, פסים דביקים שלוכדים פרווה של בעלי חיים, מעקב אחר גללים ולעוסיות ועוד. במחקרים אקולוגיים שבהם יש חשיבות ללימוד אורח החיים של המין הנבדק, בדרך כלל עוף או יונק גדול, הפרטים שנלכדים מסומנים ו/או ממושדרים להמשך המעקב אחריהם. שיטות אלו ואחרות משמשות גם את חוקרי פארק טבע רמת הנדיב במחקריהם השונים.

ניעור עצים ואיסוף חרקים לשם הגדרתם



לעוסיות של חזיר בר

במחקרו על פעילות חזירי הבר תחת השפעת ציד, השתמש אריק רוזנפלד בגללים ובלעוסיות כמדד לפעילות של החזירים בשטחים שונים - שטחים מוגנים והאסורים לציד (פארק טבע רמת הנדיב) לעומת שטחים שבהם הציד מותר (גבעות אלונה). סימון ואיסוף של גללים ולעוסיות לאורכם של חתכים בשטחי המחקר אפשרו לחוקר להעריך את גודל אוכלוסיות חזירי הבר בכל אחד משטחי המחקר, תוך הסתמכות על העובדה שפיזור הגללים והלעוסיות וצפיפותם מלמדים על נוכחות החזירים בשטח ועל מידת פעילותם (רוזנפלד, 1998, רוזנפלד וגטרייזה, 2001).



גושי עשב לעוס שהחזירים ירקו לאחר שמצצו מהם את הנוזלים - מהסימנים לפעילותם של בעלי-חיים בשטח.

4. בחינת הרכב (composition) החברה האקולוגית

הרכב החברה האקולוגית הוא תוצאה של מכלול קשרים ושל תנאי הסביבה, והוא ניתן לתיאור על ידי מספר המינים, שכיחותו של כל מין וזהות המינים החיים בחברה; לדוגמה, שתי חברות בעלות מספר דומה של מינים זהים, שבאחת יש מין אחד דומיננטי ולו פרטים רבים מאד, ואילו באחרת לכל המינים מספר פרטים דומה, הן שתי חברות בעלות הרכב שונה מאוד.

בעבר היה נפוץ במיוחד השימוש באינדקסים המשקללים בצורות שונות את מספר המינים בחברה (עושר המינים) ואת שכיחותם היחסית (שפע המינים). לאחר הצבת המספרים בנוסחה מתקבל ערך, שהוא ערך האינדקס לתיאור המגוון בחברה האמורה.

משתמשים בשני אינדקסים עיקריים לתיאור המגוון בחברה:

1. אינדקס סימפסון (D) המבטא את תכונת השלטון בחברה; כלומר, עד כמה מין אחד בחברה שולט בה. אינדקס סימפסון הוא פונקציה של מספר המינים במדגם והחלק היחסי של כל מין מסך כל הפרטים במדגם; כלומר, כמה פרטים ממין זה קיימים בחברה ביחס למספר הפרטים מהמינים האחרים. ככל שתכונת השלטון בחברה גדולה יותר, כך מתקבל ערך נמוך יותר.

$$C = \sum_{i=1}^s (P_i)^2 \quad (1.1)$$

C - ריכוז הדומיננטיות, מדד למידת השלטון בחברה.

S - מספר המינים במדגם.

P_i - ערך השפע היחסי של מין i בחברה, מבוטא במספר הפרטים של המין מתוך כלל הפרטים, או במדדי שפע אחרים דוגמת מידת כיסוי או ביומסה יחסית.

i - מספרו הסידורי של המין (מ-1 עד S).

$$D = \frac{1}{C} = \frac{1}{\sum_{i=1}^s (P_i)^2} \quad (1.2)$$

דוגמה להשוואה בין 2 חברות, באמצעות אינדקס סימפסון:

חברה א' (מספר הפרטים)	חברה ב' (מספר הפרטים)	
100	300	מין א'
100	400	מין ב'
800	300	מין ג'
1000	1000	סה"כ פרטים בחברה
$C = 0.1^2 + 0.1^2 + 0.8^2 = 0.66$	$C = 0.3^2 + 0.4^2 + 0.3^2 = 0.34$	
$D = \frac{1}{0.66} = 1.5$	$D = \frac{1}{0.34} = 2.94$	
תכונת השלטון בחברה א' גדולה יותר מאשר בחברה ב'		

מין דומיננטי ■ מין נפוץ בחברה.

ביומסה ■ המסה הכוללת של היצורים החיים ביחידת שטח מסוימת.

2. אינדקס שאנון-וינר מבטא את מידת האי-שוויוניות בחברה (H); כלומר, את מידת השוויון היחסי של מינים שונים בחברה. אינדקס שנון-וינר הוא פונקציה של השכיחות היחסית של כל מין בחברה. ככל שמידת האי-שוויוניות גדלה, הערך המתקבל נמוך יותר.

$$H' = -\sum_{i=1}^s P_i(\ln P_i)$$

דוגמה להשוואה בין 2 חברות, באמצעות אינדקס שנון-וינר

חברה א' (מספר הפרטים)	חברה ב' (מספר הפרטים)	
100	300	מין א'
100	400	מין ב'
800	300	מין ג'
1000	1000	סה"כ פרטים בחברה
$-(0.1 \times \ln 0.1 + 0.1 \times \ln 0.1 + 0.8 \times \ln 0.8) =$	$-(0.3 \times \ln 0.3 + 0.4 \times \ln 0.4 + 0.3 \times \ln 0.3) =$	
H=0.639	H=1.089	
מידת האי-שוויוניות בחברה א' גדולה יותר מאשר בחברה ב'		

כאשר משווים את המגוון בין חברות שונות, יש לבחון את כולן על פי אותו אינדקס, מכיוון שהערך המספרי המתקבל בכל אינדקס שונה.

נוסף על כך, מבצעים ניתוחי הרכב, כלומר - בחינת החברה בחתכים שונים: **מינים אנדמיים, מינים פולשים, מינים נדירים** ועוד (הרחבה על נושא זה בהמשך).

כיום פוחת השימוש באינדקסים אלה בשל ביקורת על הבעייתיות בבחינת הבדלים בין חברות: מכיוון שהאינדקסים מושפעים גם מעושר וגם משכיחות יחסית, לעתים אי אפשר להבחין ביניהם, ולכן כיום עוברים לשימוש במדדי עושר והתפלגות שכיחויות - כמה **מינים נדירים** יש בחברה וכמה מינים שכיחים.

מין אנדמי ■ מין שהתפוצה הגאוגרפית שלו מוגבלת לאזור מצומצם בלבד.

5. בחינת מגוון המערכות האקולוגיות

המגוון הביולוגי כולל לא רק את מגוון המינים במקום מסוים, אלא גם את השוני במגוון המינים בין בתי גידול או מערכות אקולוגיות שונות. כל אחד מאלה מתואר באופן שונה:

מגוון אלפא - α : מתאר את **מגוון המינים בחברה** או **בבית גידול** מסוים. הערך של מגוון אלפא הוא מספר המינים בחברה או בבית הגידול.

מגוון גמא - γ : מתאר את **מגוון המינים** באזורים גאוגרפיים נרחבים; לדוגמה, השוני במגוון המינים במעבר מהאזור הים-תיכוני לאזור המדברי. הערך של מגוון גמא הוא מספר המינים בכל אזור (כל אזור יכול להכיל מספר בתי גידול או חברות, שיש להם ערך אלפא שונה).

מגוון ביתא - β : מתאר את המידה של **השתנות המינים** בין חברות או בין בתי גידול, וערכו הוא המנה שבחלוקת ערך מגוון גמא לערך מגוון אלפא. מגוון ביתא משמש לתיאור של שיעור השתנות של הרכב המינים במעבר מחברה אקולוגית אחת לאחרת או במעבר **מבית גידול** אחד לאחר; ערך ביתא נמוך מבטא דמיון בהרכב המינים בין בתי הגידול השונים. על מנת להבין את ההבדל בין שני סוגי המגוון המתוארים, עלינו להבין את משמעותם: מגוון אלפא מבטא את יכולתם של מינים שונים להתקיים יחדיו באותה חברה, ואילו מגוון ביתא מבטא את השפעת השונות בין בתי הגידול על הרכב המינים.



חברה שבה מידת השוויוניות גדולה באופן יחסי.