

עֵרָכָה לַמּוֹרָה

לתכנון הוראה – למידה – העֵרָכָה (ה.ל.ה.)

בנושא:

מערכות אקולוגיות

לכיתה ח'

צוות הפיתוח:

ד"ר נורית קינן

ד"ר רחל מינץ

ד"ר שרה קלצ'קו

אפרת דיין

3 בנובמבר 2010

תוכן העניינים

מבוא

3	מטרת-על ורעיונות מרכזיים
4	תת-נושאים ומושגים
5	ידע קודם
5	מבדק למיפוי ידע קודם
10	תשובונים למבחן

תת-נושא 1: יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת האקולוגית

12	מטרות
13	רקע מדעי ומיפוי הנושא
19	הצעות דידקטיות (תהליך ההוראה, קשיים ודרכי התמודדות)
22	טבלת תכנון ה.ל.ה.
23	פעילויות

תת-נושא 2: מעברי חומרים ואנרגיה במערכת האקולוגית

28	מטרות
28	רקע מדעי
34	הצעות דידקטיות (תהליך ההוראה, קשיים ודרכי התמודדות)
36	טבלת תכנון ה.ל.ה.
37	פעילויות

תת-נושא 3: שיווי משקל אקולוגי והשפעת האדם עליו

39	מטרות ורקע מדעי
44	הצעות דידקטיות (תהליך ההוראה, קשיים ודרכי התמודדות)
47	טבלת תכנון ה.ל.ה.
48	פעילויות

חומרי למידה ומקורות מידע

פריטי הערכה

52	טבלת מיפוי פריטי ההערכה
56	פריטי ההערכה
81	תשובונים לפריטי הערכה

מבוא לערכה

עֲרֶכֶת ה.ל.ה. (הוראה-למידה-הערכה) זו מיועדת למורי מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים לצורך תכנון, ביצוע והערכה של הוראה ולמידה של הנושא "מערכות אקולוגיות" בכיתה ח'. העֲרֶכֶת מיועדת להפעלה במסגרת תכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה בחט"ב ומתבססת על חומרי למידה קיימים המאפשרים על ידי משרד החינוך, וכוללת הפניות מתאימות לחומרים אלו. לפיכך, אין היא תחליף לחומרי הלמידה הקיימים. העֲרֶכֶת כוללת חומר רקע מדעי (תכנים ומיומנויות), דגשים דידקטיים לתכנון הוראה ולמידה, המלצות על פעילויות מפתח. מאגר ממוין של פריטי הערכה לשימוש לצורכי הוראה ומשוב.

מטרת-העל של הוראת הנושא

התלמידים יכירו את מרכיבי המערכת האקולוגית ואת יחסי הגומלין ביניהם, ויבינו כי במערכת אקולוגית יש קשרי גומלין בין יצורים וכן בינם לבין סביבתם. יחסי הגומלין בין היצורים כרוכים במעבר של חומר ושל אנרגיה.

במערכת אקולוגית יש שיווי משקל דינמי, המתבטא במגוון המינים ובגודלן של אוכלוסיות היצורים החיים בסביבות החיים.

שינויים בתנאי הסביבה, הנובעים מגורמים א־ביוטיים (כגון: שינויים בתנאי הסביבה) או מגורמים ביוטיים (כגון: מינים פולשים) עלולים להפר את שיווי המשקל.

האדם משפיע על יחסי הגומלין במערכות אקולוגיות ועל יציבותן של מערכות אקולוגיות.

פיתוח בר־קיימא, המתחשב בהשלכות על הסביבה, ימתן ויפחית את הנזקים לסביבה, שעלולים להיגרם עקב מעורבות האדם בטבע, והוא חיוני לדור הנוכחי ולדורות הבאים.

הערה: ערכה זו מתבססת על הערכה בנושא האקולוגיה לכיתה ז' בה נדונו בהרחבה נושא הסביבה ומרכיביה, השפעות של מרכיבים א־ביוטיים על מרכיבים ביוטיים, התאמה לסביבה השפעת האדם על הסביבה, וכן מיון מגוון המינים בטבע.

רעיונות מרכזיים

1. **מדרג ביוטי בטבע** כולל התייחסות ליצורים חיים, לאוכלוסייה, לבית גידול, למערכת אקולוגית ולביוספירה;
2. **סביבות חיים** הן מערכות מורכבות, הכוללות מרכיבים א־ביוטיים ומרכיבים ביוטיים;
3. **בסביבות החיים** יש השפעות גומלין בין המרכיבים הא־ביוטיים לבין המרכיבים הביוטיים;
4. בסביבות חיים יש השפעות גומלין בין היצורים לבין סביבתם;
5. יחסי הגומלין בין היצורים מתבטאים, בין השאר, ביחסי טורף-נטרף, הדדיות, טפילות ותחרות;

6. יש מעברי חומרים ואנרגיה במערכת האקולוגית. מעברים אלו קשורים בקשרי הזנה: יצרנים וצרכנים;
7. במערכת אקולוגית יש **שיווי משקל דינמי**, המתבטא במגוון המינים ובגודלן של אוכלוסיות היצורים החיים בסביבות החיים;
8. **לאדם** השפעה על שיווי המשקל של מערכות אקולוגיות;
9. **פיתוח בר-קיימא**, המתחשב בהשפעות הסביבתיות, ימתן ויפחית את הנזקים הסביבתיים העלולים להיגרם עקב מעורבות האדם בטבע, והוא חיוני לדור הנוכחי ולדורות הבאים;

תת-נושאים ומושגים

מושגים	נושאים
יחסי גומלין, מרכיבים ביוטיים, יצרנים, צרכנים, מפרקים שרשרות מזון, מארג מזון טריפה, הדדיות, טפילות, תחרות	1. יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת אקולוגית • צורות הזנה: יצרנים, צרכנים ומפרקים • ייצוג יחסי הזנה: שרשרות מזון ומארג מזון • סוגים של יחסי גומלין בין יצורים חיים: טריפה, הדדיות, טפילות ותחרות
פירמידה אקולוגית נשימה, פוטוסינתזה, גלוקוז (סוכר), חומר אורגני, חומר אנאורגני מחזור הפחמן	2. מעברי חומרים ואנרגיה במערכת אקולוגית • מעברי חומרים ואנרגיה במערכת האקולוגית (פירמידת מזון אקולוגית) • תהליך הפוטוסינתזה - מגיבים ותוצרים. • מחזור הפחמן בטבע
אוכלוסייה, שיווי משקל, יציבות, מערכת, מינים פולשים, הכחדת מינים	3. שיווי משקל אקולוגי והשפעת האדם עליו • שיווי משקל במערכת האקולוגית והפרתו • שמירה על מגוון המינים ומניעת הכחדה

ידע קודם נדרש

תלמידים בכיתות ביה"ס היסודי ובכיתה ז' למדו על האחידות והשוני בעולם החי, והכירו היכרות בסיסית כמה קבוצות של יצורים חיים ומאפייניהן: בעלי החוליות (דגים, דו-חיים, זוחלים, עופות, יונקים), חסרי החוליות (חרקים) וצמחים ממשפחות אחדות (מורכבים, מצליבים ופרפרניים).

התלמידים הכירו את מאפייני החיים המשותפים לכל היצורים החיים (הזנה, נשימה, רבייה, גדילה והתפתחות, תקשורת עם הסביבה), את צורכי הקיום הנחוצים ליצורים (מזון, מים, הגנה, חמצן לנשימה), ודרכים שונות שבעזרתן היצורים החיים משיגים את צורכיהם בסביבת חייהם.

התלמידים למדו כי בכדור-הארץ יש מגוון סביבות ביבשה ובמים, ובכולן יש מרכיבים ביוטיים וא-ביוטיים. הם למדו שבכל סביבה מתקיים מגוון של יצורים חיים ויש השפעות הדדיות בין מרכיבי הסביבה השונים. הם הכירו את המאפיינים הבולטים של סביבות אחדות (מדבר, חורש, מים) ולמדו כי ליצורים החיים בכל סביבה יש מגוון התאמות לתנאי הסביבה.

בכיתה ז' עסקו התלמידים בהשפעת האדם על הסביבה, ובעובדה כי הודות ליכולות הטכנולוגיות שפיתח, לפעולותיו יש השפעות סביבתיות נרחבות. הם הכירו בצורך באורח חיים בר-קיימא – בצורך לשמור על הסביבה ובאחריות שעל כל אחד מאתנו לגלות, למעננו ולמען הדורות הבאים.

הוראת החלק השני של נושא האקולוגיה: יחסי גומלין במערכת האקולוגית, מחייב היכרות מוקדמת של המושגים ושל העקרונות הבאים: סביבת חיים, מרכיבי סביבה ביוטיים וא-ביוטיים, משאבי טבע מתכלים ומתחדשים, השפעות של מרכיבים א-ביוטיים על מרכיבים ביוטיים, התאמת יצורים חיים לתנאי הסביבה, והכרת המגוון בטבע: עקרונות המיון של היצורים החיים והכרת קבוצות עיקריות ומאפיינים שלהן – חסרי חוליות, בעלי חוליות, המחלקות השונות של בעלי חוליות (דגים, דו-חיים, זוחלים, עופות ויונקים), צמחים חסרי-פרחים וצמחים בעלי-פרחים. כמו כן, נדרשת הבנה מוקדמת כי האדם הוא אחד ממרכיבי הסביבה המשפיעים עליה ומושפעים ממנה.

מבדק למיפוי ידע קודם

עם תחילת ההוראה, יש לבדוק את מידת ההיכרות עם הידע הקודם הנדרש: המושגים וההתהליכים הרשומים בסעיף הקודם. אפשר לבדוק זאת דרך שיחה מקדימה בכיתה, ובעזרת שאלות ההערכה האלה:

1. לפניכם רשימה של מילים וביטויים שונים.

א. הקיפו בעיגול רק את אלו שהם דוגמה לסביבת חיים.

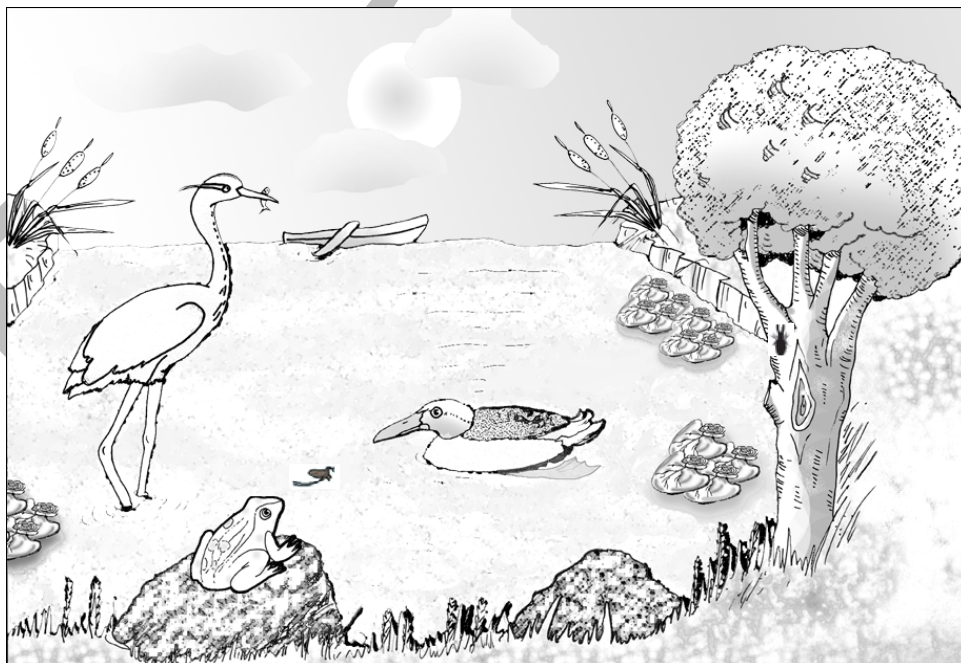
- א. נחל
- ב. ארנבת
- ג. יער
- ד. חוף ים
- ה. טמפרטורה
- ו. שדה חיטה
- ז. מערה

א. הסבירו את בחירתכם.

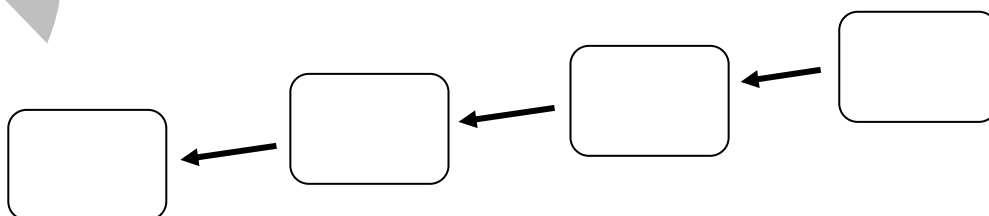
2. סמנו את השורה שבה רשומים מרכיבי סביבה דוממים בלבד.

- א. אור, מים, צמחים, קרקע
- ב. אור, צמחים, מים וטמפרטורה
- ג. אור, מים, אוויר, טמפרטורה
- ד. בעלי-חיים, צמחים ובני-אדם

3. לפניכם איור של סביבת חיים. השאלות הבאות עוסקות באיור זה.



- א. זהו את מרכיבי הסביבה שבאיור, ומיינו אותם למרכיבים ביוטיים ומרכיבים א־ביוטיים.
- ב. בחרו מרכיב **ביוטי** שמשפיע על מרכיב **ביוטי** אחר, ותארו את השפעתו.
- ג. בחרו מרכיב **ביוטי** שמשפיע על מרכיב **א־ביוטי** כלשהו, ותארו את השפעתו.
- ד. בחרו מרכיב **א־ביוטי** שמשפיע על מרכיב **ביוטי** כלשהו, ותארו את השפעתו.
4. איזה משפט מסביר בדרך הטובה ביותר, מדוע אצות ירוקות גדלות בים בעומק של עד 100 מטרים?
- א. אור השמש מצליח לחדור רק עד לעומק של 100 מטרים.
- ב. אין לאצות שורשים שיחברו אותן לקרקעית הים.
- ג. יש לחץ גדול מדי שמונע מהאצות לשרוד מתחת לעומק של 100 מטרים.
- ד. אם האצות היו חיות בעומק שמתחת ל־100 מטרים, הן היו נאכלות על ידי בעלי חיים.
5. באילו מקרים מתקיים בין יצורים חיים קשר קיום מסוג **תחרות**?
- א. בכל פעם שיצור חי אחד טורף יצור חי אחר.
- ב. בכל פעם שיצורים רבים זקוקים לאותו משאב קיום.
- ג. כאשר יש טורפים רבים באותה סביבה.
- ד. כאשר יש מחסור במשאב קיום מסוים, לדוגמה, במים.
6. מה קורה לשני יצורים שיש ביניהם קשר קיום מסוג **טפילות**?
- א. לשני השותפים בקשר זה, לטפיל ולפונדקאי, נגרם נזק.
- ב. לפונדקאי נגרם נזק ואילו הטפיל מפיק תועלת מקשר זה.
- ג. הפונדקאי מפיק תועלת ואילו לטפיל נגרם נזק מקשר זה.
- ד. שני השותפים בקשר זה, הטפיל והפונדקאי, מפיקים ממנו תועלת.
7. **זחל** של פרפר, **נץ**, **עלים** של צמח **וזיקית**, מרכיבים שרשרת מזון.
- כתבו בתיבות הריקות את שמות היצורים המרכיבים את שרשרת המזון הזאת, לפי הסדר הנכון.



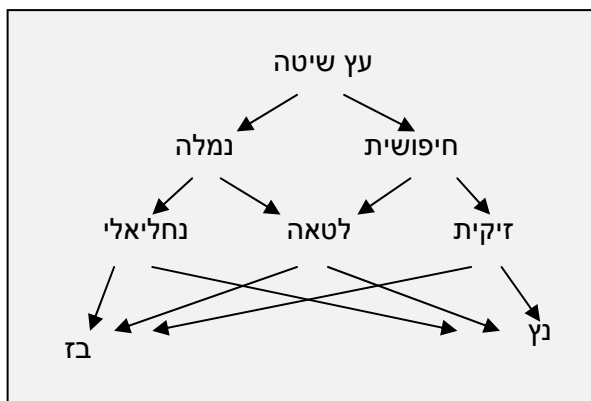
8. סמנו את המשפט המתאים לסדר הנכון של היצורים החיים בשרשרת מזון.

- טורפים, צמחוניים, טורפיעל וצמחים.
- צמחוניים, טורפים, צמחים וטורפיעל.
- צמחים, צמחוניים, טורפים וטורפיעל.
- טורפיעל, טורפים, צמחים וצמחוניים.

9. מה הקשר בין "שרשרת מזון" לבין "מארג מזון"?

- אין קשר בין שני המושגים, כי מארג מזון שייך לפירמידת מזון.
- מארג המזון הוא כמו שרשרת מזון, אבל הוא ארוך הרבה יותר.
- שרשרת מזון קיימת בסביבות קטנות, ומארג מזון – בסביבות גדולות.
- מארג המזון מורכב משרשרות מזון מחוברות המצטלבות זו בזו.

התבוננו באיור שלפניכם. שאלות 10-15 עוסקות בו.



10. מה מתאר האיור?

- סביבת חיים
- שרשרת מזון
- מארג מזון
- פירמידת מזון

11. מה מתארים ה**חצים** שבאיור?

- כל חץ מצביע מהכיוון של אוכל המזון לכיוון מקור המזון.
- כל חץ מצביע מהכיוון של מקור המזון לכיוון אוכל המזון.
- כל חץ מצביע מכיוון היצור הקטן יותר לכיוון היצור הגדול יותר.
- כל חץ מצביע מכיוון היצור הנפוץ יותר לכיוון היצור הנדיר יותר.

12. מי הם ה**יצרנים** שבאיור? _____

13. מי הם ה**צרכנים** שבאיור? _____

14. הביאו דוגמה ל**שני טורפים** שנזכרים באיור: _____

15. הביאו דוגמה ל**שני יצורים צמחוניים** שבאיור: _____

16. עדר של עזים כרסם עצים בחורש, ורוב העצים נכחדו.
האם תופעה זו עלולה להשפיע על יצורים חיים בחורש?

- לא, עצים חדשים יצמחו עד מהרה, ויתפתחו במקום העצים שנכחדו.
- לא, קיומם של העצים בחורש אינו משפיע על היצורים האחרים החיים בו.
- כן, תופעה זו עלולה להשפיע על עדר העזים, מפני שמלאי טרי של מזון יתחדש במהרה.
- כן, יצטמצמו אוכלוסיות של בעלי-חיים, כגון: חרקים, תולעים, ציפורים ונחשים.

17. מדוע חשוב למנוע השמדה של יערות?

- כדי להקטין את החור באוזון, ולהגן עלינו מנזקים של קרינת השמש.
- כדי להקטין את קרינת השמש, המגיעה אל כדור הארץ ומחממת אותו.
- כדי למנוע מחסור בחמצן ועלייה בריכוז הפחמן הדו-חמצני באוויר.
- כדי למנוע מחסור במזון, בחמצן ובפחמן דו-חמצני בכדור הארץ.



18. ילדה העלתה רעיון שצמחים ירוקים זקוקים לחול בקרקע כדי לצמוח טוב יותר.

כדי לבחון את הרעיון, היא השתמשה בשני עציצים.
בעציץ אחד היא שמה: חול, אדמה ומים, כפי שמתואר באיור.

איזה מבין האיורים הבאים מתאר את התנאים שעליה לספק בעציץ השני?

5	4	3	2	1

תשובונים לשאלות המבדק למיפוי הידע המוקדם:

מס' פריט	תשובה
1.	I. א, ג, ד, ו, ז. II. בסעיפים הנ"ל מתוארת סביבת חיים שיש בה מרכיבים ביוטיים וא־ביוטיים המקיימים ביניהם יחסי גומלין. שאר הסעיפים אינם מתארים סביבת חיים אלא מרכיבים בודדים, ביוטיים או א־ביוטיים.
2.	ג
3.	א: א־ביוטיים: מים, קרקע, אוויר, אור, סלעים. ביוטיים: עץ, עשבים, קרפדה, חסידה, ברווז. ב: חסידה אוכלת דגים, צפרדע טורפת חרקים, ברווז אוכל צמחי מים, חרקים (חיפושית) נוברים בעץ. ג: בעלי החיים מפרישים את הפרשותיהם למים, צמחים משתמשים באור ובאוויר לתהליך הפוטוסינתזה ד: מים – משמשים סביבת חיים לעופות המים ולתחילת החיים של הדו־חיים, סלעים משמשים מקום מסתור לבע"ח.
4.	א
5.	ד
6.	ב
7.	עלים----> זחל ----> זיקית ----> נץ
8.	ג
9.	ד
10.	ג
11.	ב
12.	יצרנים: עץ השיטה
13.	צרכנים: נמלה, חיפושית, זיקית, לטאה, נחליאלי, נץ, בז
14.	טורפים: זיקית, לטאה, נחליאלי, נץ, בז
15.	צמחוניים: נמלה, חיפושית
16.	ד
17.	ג
18.	5

מבוא כללי

האקולוגיה עוסקת סביבה בארבע רמות ארגון, בסדר הבא: הפרט, האוכלוסייה, החברה והמערכת האקולוגית. הפרט הוא הרמה הנמוכה ביותר בארגון, והמערכת האקולוגית היא הרמה הגבוהה ביותר. **הפרט** הוא האורגניזם הבודד. פרטים מאותו מין ביולוגי (species) החיים יחדיו באותה סביבת חיים (בית גידול) ויכולים לקיים ביניהם קשרי רבייה, יוצרים את **האוכלוסייה**. כמה אוכלוסיות החיות בבית גידול משותף ומקיימות ביניהן קשרי גומלין (כמו יחסי טורף-נטרף, ההדיות, תחרות ועוד) יוצרות את **החברה**. **מערכת אקולוגית** כוללת את החברה ואת מרכיבי הסביבה הא־ביוטים וכן את מכלול היחסים ביניהם. מערכת אקולוגית היא מערכת שהחברה והמרכיבים הא־ביוטים שבה פועלים יחדיו בתור מערכת אחת. **הביוספירה** היא "מערכת־על" הכוללת את כל המקומות שבהם מתקיימים חיים על פני כדור הארץ.

קיומם של יצורים רבים אפשרי רק בצוותא עם יצורים ממינים אחרים, וכולם זקוקים לחומרים ולאנרגיה שהם קולטים מסביבתם. כדי להבין את עצם הקיום בסביבת חיים כלשהי, את התנהגותם של היצורים החיים, את תפוצתם של כל המרכיבים של המערכת האקולוגית, את ארגונם ואת תפקודם של מרכיבים אלו, עלינו להכיר את קשרי הגומלין המתקיימים בין היצורים החיים וכן בינם לבין מרכיבי הסביבה הדוממים, ולהכיר את המסלולים שבהם החומרים והאנרגיה נעים במערכת האקולוגית.

כדי להבין מה קובע את גודלן של אוכלוסיות היצורים החיים, עלינו להכיר את ההשפעה של הגורמים השונים על האוכלוסייה – גורמים הקשורים לסביבה הא־ביוטית והביוטית וגורמים הקשורים לתכונות התורשתיות של הפרטים באוכלוסייה.

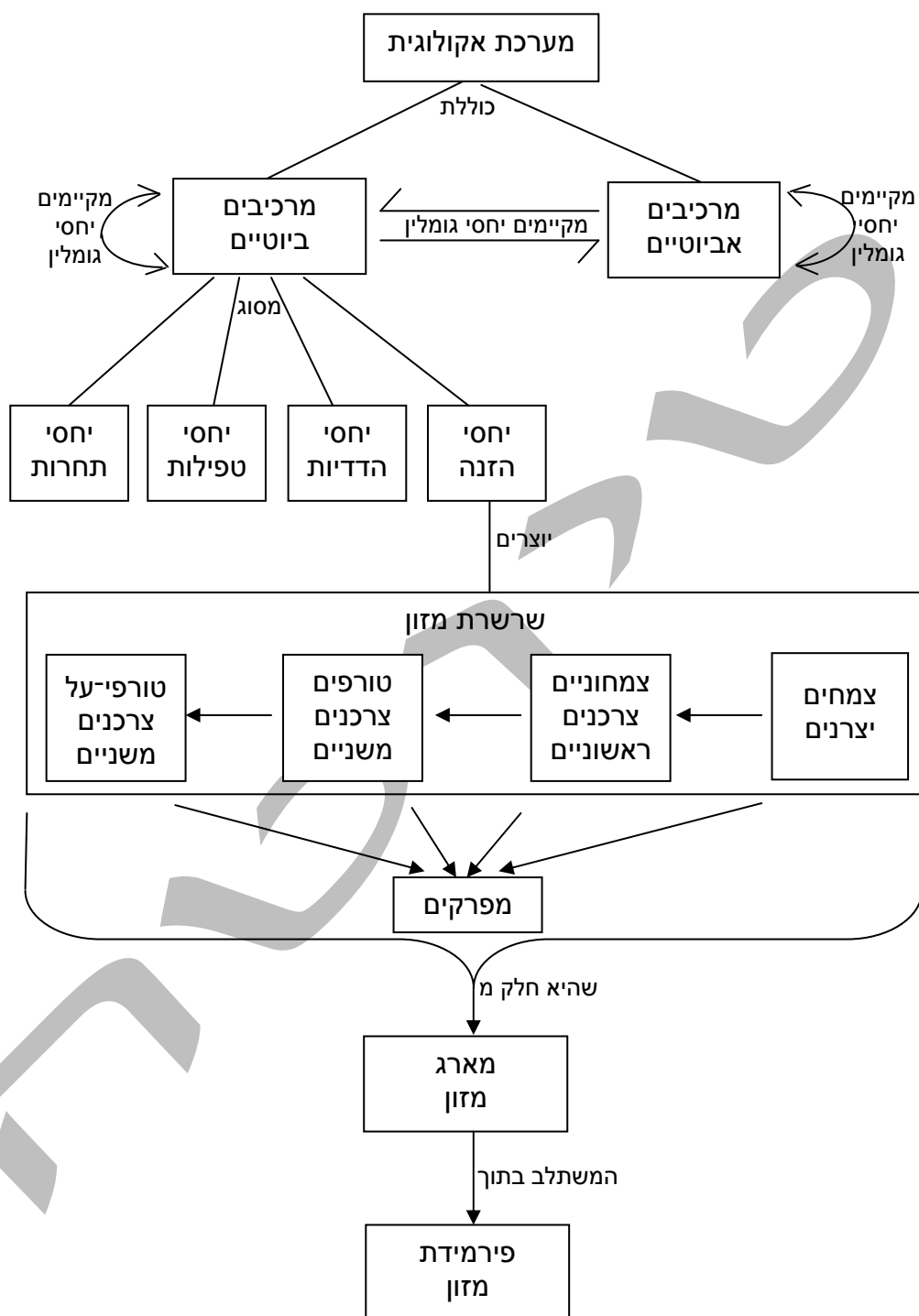
רק היכרות עם כל הגורמים האלה מאפשרת לפתח תפיסה מערכתית של הסביבה, להבין לעומק את המושג "מערכת אקולוגית" ולהפנים את המעמד המיוחד שיש לאדם במערכת האקולוגית. מצד אחד, אנו חלק ממכלול היצורים בטבע – חוליה אחת במארג המזון, ומצד אחר, היתרון הטכנולוגי מקנה לנו את הכוח להשפיע השפעה ניכרת על החוליות האחרות. מעמד כפול זה מטיל עלינו, בני האדם, אחריות גדולה, מפני שפעולותינו משפיעות על הסביבה בימינו וישפיעו על הסביבה ועל החברה האנושית גם בעתיד.

תת-נושא 1: יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת אקולוגית

מטרות (בתחומי התוכן והמיומנויות)

1. התלמידים יבחינו בין גורמים ביוטיים בסביבה לבין גורמים א־ביוטיים ויתארו את השפעות הגומלין ביניהם.
2. התלמידים יכירו את רמות ההזנה השונות, ימיינו יצורים ליצרנים (אוטוטורפים) ולצרכנים (הטרוטורפים), וימיינו את הצרכנים לצמחונים, לטורפים, לטורפי־על ולמפרקים.
3. התלמידים יבינו מהי שרשרת מזון ומהו מארג מזון.
4. התלמידים יבינו את צורות הייצוג של שרשרות מזון ושל מארגי מזון. התלמידים יבינו את משמעות כיוון החיצים בייצוגים אלו.
5. התלמידים ויזהו בעלי־חיים צמחונים וטורפים בזמן סיור בסביבה. התלמידים ירכיבו שרשרות מזון ומארגי מזון של היצורים בסביבתם.
6. התלמידים ידעו לנתח שרשרות מזון ומארגי מזון ויהיו מסוגלים להסביר, מדוע פגיעה בחולייה אחת, משפיעה על חוליות אחרות בשרשרת או במארג המזון.
7. התלמידים יתארו, בעזרת דוגמאות, יחסי גומלין מסוג: טורף־נטרף, הדדיות, טפילות ותחרות, אשר מתקיימים בין יצורים חיים, ויסבירו את משמעותם בעבור השותפים ביחסי הגומלין האלה.
8. התלמידים יבצעו ניסויים בהם יחקרו את הקשר בין כמות המשאבים וצפיפות הצמחים.
9. התלמידים יוכלו לשרטט שרשרת מזון או מארג מזון מתיאור מילולי של סביבת חיים.

מפת מושגים: מערכת אקולוגית, גורמי הסביבה ויחסי גומלין ביניהם



רקע מדעי

הערכה הראשונה בנושא האקולוגיה (לכיתה ז') עוסקת בסביבה ובמרכיביה. בסביבה נמצאים מרכיבים ביוטיים הכוללים את כל היצורים החיים בסביבה: בעלי החיים והאדם, הצמחים, הפטריות, החיידקים ושאר החד-תאיים. בסביבה נמצאים גם מרכיבים א-ביוטיים הכוללים חומרים: סלעים וקרקעות, מים ואוויר; אנרגיה: חום ואור; כוחות: רוח, זרימת מים ועוד. בין מרכיבי הסביבה הביוטיים והא-ביוטיים מתקיימים יחסי גומלין הדדיים. כמו כן, מתקיימים יחסי גומלין הדדיים בין המרכיבים הביוטיים השונים שבסביבה. ניקח לדוגמה את סבך החורש בכרמל. הציפורים מפיצות זרעים של שיחים בעלי פירות עסיסיים: הן ניזונות מן הפירות העסיסיים ופולטות את הזרעים הרחק מצמח האם. הזרעים נפלטים עם הפרשות הציפורים, המשמשות בתור דשן ומסייעות לזרעים לנבט ולהתפתח. חרקים רבים ניזונים מן הצוף ומגררי האבקה המצויים בפרחים. בעת האכילה, גופם מתכסה בגררי האבקה וכך הם מעבירים אותם מפרח לפרח, מאביקים את הפרחים ומאפשרים לפרי ולזרעים שבתוכו להתפתח. בפרק שלפניכם נעסוק בדוגמאות שונות ליחסי גומלין אלו.

1. קשרי הזנה: יצרנים, צרכנים ומפרקים

הצמחים – יצרני המזון

כל היצורים החיים המתקיימים בביוספירה של כדור הארץ זקוקים למזון כדי לחיות. המזון מכיל חומרים ואנרגיה הדרושים ליצורים החיים לגדילה ולהתפתחות, לתנועה, להתרבות ולביצוע כל פעולות החיים. בעלי-החיים קולטים את מזונם מהסביבה. הם אינם מסוגלים לייצר בעצמם את חומרי המזון הדרושים לגופם. רק צמחים (ובכללם האצות, וכן חיידקים פוטוסינתטיים או כימוסינתטיים מסוימים) מסוגלים לייצר מזון. בעלי-החיים תלויים בצמחים לקיומם. במערכת האקולוגית מינים שונים של צמחים ובעלי-חיים מהווים זה את מזונו של זה. את הקשרים האלה בין אוכלים ונאכלים אנו מתארים בעזרת שרשרת מזון או מארג מזון. מעבר החומרים והאנרגיה מיצור אחד לאחר לאורך שרשרת מזון הוא אפשרי, מפני שגופם של כל היצורים החיים בנוי מאותם החומרים האורגניים: סוכרים, חלבונים, שומנים וחומרים אורגניים אחרים. הצמחים נמצאים בבסיס כל שרשרת המזון בטבע, מפני שהם היחידים היכולים לייצר חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים. הצמחים הם בעלי יכולת ייחודית לקלוט את אנרגיית השמש ולנצל אותה בתהליך הפוטוסינתזה לשם בניית חומר אורגני (סוכר). יכולת זו זיכתה אותם בכינוי **יצרנים** או **אוטוטרופים** (בלטינית: אוטו=עצמי, טרוף=מזון). אוטוטרופ הוא יצור חי המסוגל ליצור לעצמו מחומרים אי-אורגניים את התרכובות האורגניות הדרושות לקיומו ולהתפתחותו.

הצמחים הם היצרנים העיקריים בסביבות חיים יבשתיות, והאצות הן היצרנים העיקריים בסביבות חיים ימיות.

הצמחוניים – צרכנים ראשוניים

בעלי-חיים אינם יכולים לייצר חומר אורגני מחומר אי-אורגני, ועל כן הם חייבים לצרוך חומר אורגני – מזון. הם צורכים את החומרים האורגניים שנוצרו על ידי היצרנים, ולכן הם נקראים **צרכנים** או **הטורופים** (בלטינית: הטרו=שונה, טרוף=מזון). הטורופ הוא יצור שחייב לצרוך מזון ממקור חיצוני.

הצרכנים הראשוניים הם בעלי-חיים **צמחוניים**, הניזונים ישירות מצמחים. בקבוצת הצמחוניים נמצא בעלי-חיים יבשתיים ובעלי-חיים ימיים המשתייכים לקבוצות שונות.

דוגמאות לבעלי-חיים צמחוניים: אוכלי עשב כגון: כבשים, פרות, סוסים וצבאים; אוכלי פירות כגון: עטלפים, ציפורים וקופים; אוכלי זרעים כגון: נמלים ועכברים; בעלי-חיים הניזונים מצוף ומאבקת פרחים כגון: דבורים ופרפרים. במים אפשר למצוא מיני סרטנים, רכיכות ודגים, שניזונים מצמחי מים ומאצות.

הטורפים – צרכנים שניוניים

הטורפים הם כל בעלי-חיים הניזונים מבעלי-חיים אחרים. את הטורפים אפשר למיין לצרכנים שניוניים ושלישוניים ולטורפי-על. **הצרכנים השניוניים** הם בעלי-חיים הניזונים ישירות מאוכלי העשב; **צרכנים שלישוניים** ניזונים מבעלי-חיים טורפים; **טורפי-על** הם אותם יצורים חיים הנמצאים בקצה שרשרת המזון, כלומר, אין שום יצור חי המסוגל לטרוף אותם בתור בוגרים.

הטורפים כוללים מגוון עצום של בעלי-חיים, כמעט מכל המחלקות הקיימות: עכבישים, נדלים וחרקים כגון: מושיט השבע וגמל-שלמה; דגים כגון: שפמנון, דג הגמבוזיה הזעיר וכריש; דו-חיים כגון: צפרדע וקרפדה; עופות כגון: נחליאלי, חסידה, בז ועיט; יונקים כגון: אריה, נמייה, עטלף חרקים ועוד רבים אחרים.

בין הטורפים יש בעלי-חיים שהם עצמם נטרפים על ידי אחרים. כך, לדוגמה, גמל-שלמה הוא טורף, הנטרף בעצמו על ידי זיקית או לטאה, והן נטרפות על ידי בז או שועל. עכביש טורף נמלים ובעלי-חיים זעירים, אך עשוי להיטרף על ידי חרדון.

המפרקים – ממחזרים חומרים

לצד החוליות השונות בשרשרת המזון נמצאת קבוצת המפרקים. הם פעילים במקביל לכל החוליות בשרשרת המזון, וכוללים בעיקר חיידקים ופטריות. המפרקים ניזונים מיצורים שאינם חיים – משרידי גופם של בעלי-חיים ושל צמחים שמתו, ומהפרשות של בעלי-חיים. רוב המפרקים מפרקים את מזונם מחוץ לגופם: הם מפרישים אל הסביבה אנזימים אשר מפרקים את החומרים האורגניים המצויים בה. מקצת תוצרי הפירוק – מולקולות אורגניות קטנות – נספגים אל תוך גופם של המפרקים ומשמשים להם מזון. תוצרי פירוק אחרים נשארים בסביבה (חומרים אורגניים פשוטים וחומרים אי-אורגניים כמו פחמן דו-חמצני ומינרלים). תוצרי הפירוק האי-אורגניים שנשארים בסביבה, נקלטים על ידי הצמחים ומשמשים בהם ליצירת החומרים האורגניים. מכאן שלמפרקים יש חשיבות עצומה לקיום החיים, כי הם מאפשרים מחזור של חומרים שונים בטבע. בלי המפרקים היו משאבי טבע שונים מתכלים: הקרקע הייתה ענייה יותר במינרלים, ומי הנחלים, האגמים והימים היו עשירים פחות בחומרי הזנה.

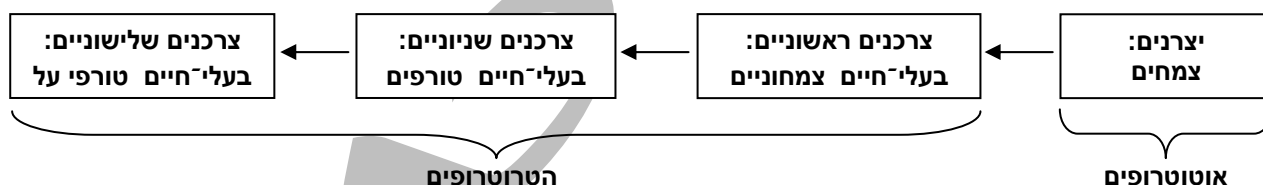
מידע על תהליכי פירוק בקרקע, נמצא בפרק מחזור חומרים בטבע, שבאתר רמת הנדיב. כתובתו:

<http://ramat-hanadiv.cet.ac.il/highschool/recycle/recycle1.asp>

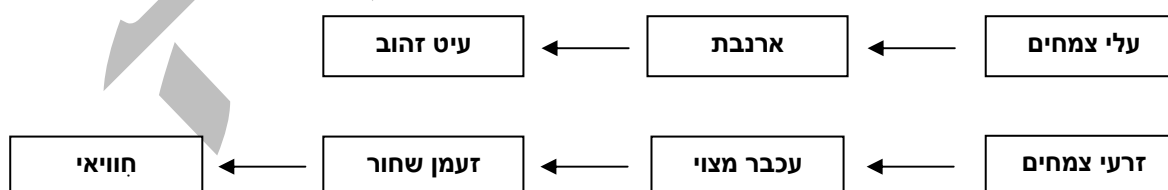
2. ייצוג יחסי הזנה: שרשרות מזון ומארג מזון

שרשרות מזון

במערכות האקולוגיות שבכדור הארץ בים, ביבשה וגם מתחת לפני הקרקע, אפשר למצוא מינים שונים של בעלי חיים וצמחים החיים אלו בצד אלו ותלויים אלו באלו. רבים מהם מהווים זה את מזונו של זה. הקשרים האלה בין אוכלים לנאכלים הם חלק מ"יחסי טורף-נטרף". טורפים ונטרפים יוצרים **שרשרות מזון**. המונח שרשרת מזון רומז על חוליות הקשורות זו בזו. ואכן, בשרשרת המזון החומרים הבונים את גופו של יצור חי אחד והאנרגיה האצורה בהם, עוברים בתור מזון אל יצור חי אחר, ומשם הם עוברים ליצור הבא, וכך הלאה, חוליה אחר חוליה. שרשרת המזון מציגה את מעבר המזון בתור מקור של חומרים ושל אנרגיה, בחלק תחום של המערכת האקולוגית – בין היצורים הנכללים באותה שרשרת מזון. נהוג לכתוב את שמות היצורים המשתתפים בשרשרת המזון, ולהוסיף ביניהם חצים. החצים מסמלים את מעברי החומרים והאנרגיה בין היצרנים לצרכנים, והם מצביעים על החוליה שהמזון והאנרגיה עוברים אליה (מן הנטרף אל הטורף אותו).



דוגמאות לשרשרות מזון:

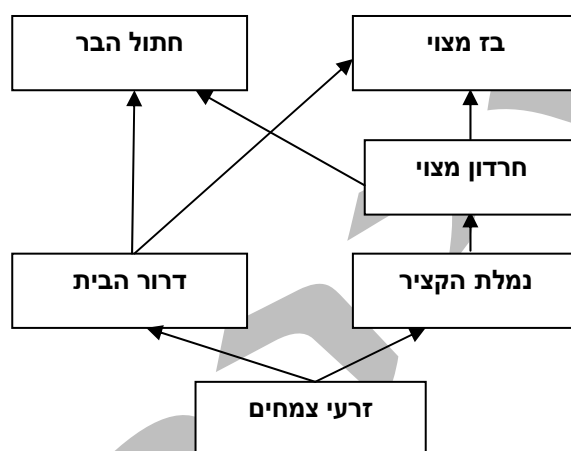


מארג מזון

בטבע, רוב היצורים החיים משתייכים ליותר משרשרת מזון אחת. כמעט כולם אוכלים מזונות ממקורות שונים, ורבים נאכלים או נטרפים על ידי מגוון של יצורים. שרשרות מזון באותה סביבת חיים משולבות זו בזו ועשויות ליצור רשת סבוכה. רשת כזו של שרשרות מזון הקשורות זו בזו נקראת **מארג מזון**. גם כאן חשוב להקפיד על הכיוון הנכון של החצים (מן הנטרף אל הטורף), על פי כיוון מעבר החומרים והאנרגיה במארג המזון.

אם כך, מארג מזון הוא תיאור מופשט של מצב שבו יש ליצור חי יותר ממקור מזון אחד, והוא עצמו מהווה מזון ליצורים אחרים. בבסיס מארג המזון נמצאים הצמחים ובקצהו נמצאים טורפי-העל.

דוגמה למארג מזון:



חשוב לציין כי במארג המזון מיוצגים גם יחסי גומלין מסוג **תחרות** על מקורות המזון בין היצורים החיים. התחרות עשויה להתקיים בין יצורים חיים מאותו המין (תחרות תוך-מינית) או בין יצורים חיים ממינים שונים (תחרות בין-מינית). היא עלולה לגרום להקטנה של אוכלוסיית המין בעל פוטנציאל הקיום החלש יותר על חשבון גידול באוכלוסיית המין בעל פוטנציאל הקיום החזק יותר או אפילו לגרום להיעלמות מינים שהם בעלי פוטנציאל הקיום החלש יותר, שאינם עומדים בתחרות.

3. סוגים של יחסי גומלין בין יצורים חיים: יחסי טריפה, הדדיות, טפילות, תחרות

במערכת האקולוגית יש יחסי גומלין שונים בין המרכיבים הביולוגיים, הם היצורים החיים. יחסי גומלין אלו משפיעים במידה ניכרת על מגוון המינים במערכת. לפניכם יחסי הגומלין העיקריים.

יחסי טריפה

סוג נפוץ ביותר של יחסי גומלין במערכת האקולוגית הם קשרי **טורף-נטרף**. מקור המזון של כל בעלי החיים הם יצורים אחרים. כך לדוגמה, הצבי ניזון מצמחים, והשועל טורף בעלי חיים קטנים אחרים. בשל קשרי התזונה, יצורים חיים תלויים זה בזה לקיומם. קיומו או הכחדתו של בעל חיים או של צמח כלשהו יכול להשפיע על קיומו של בעל חיים אחר [אלו יחסים מסוג (+, -), שבהם שותף אחד מפיק תועלת ואילו האחר

ניזוק]. יחסי גומלין מסוג טריפה תוארו בהרחבה בסעיפים הקודמים, העוסקים בשרשרת מזון ובמארג מזון, אשר מציגים כיצד יצורים שונים משמשים מקור מזון ליצורים אחרים.

הדדיות

אחד הקשרים החשובים בין יצורים חיים הוא קשר של שיתוף פעולה בין מינים שונים של יצורים חיים. קשר זה נקרא **הדדיות**. בקשר מסוג זה יצורים חיים מספקים זה לזה צרכים שונים הדרושים לקיומם כמו מזון, מים, הגנה, האבקה, הפצת פירות וזרעים ועוד. כל היצורים השותפים בקשר זה מפיקים ממנו תועלת – אין נפגעים! [משום כך מסמנים קשר כזה כיחסי (+ +), שיש בו תועלת לשני השותפים]. קשרי הדדיות מתקיימים בין מינים שונים של צמחים, בין מינים שונים של בעלי חיים ואפילו בין צמחים לבין בעלי חיים. יש מקרים שהשותפות חזקה כל כך, ששני השותפים יכולים להתקיים רק יחד, ואינם יכולים להתקיים בנפרד. דוגמות ליחסי הדדיות:

א. האבקת פרחים על ידי מאביקים; **ב.** הדדיות המבוססת על ניקוי – מינים מסוימים של בעלי-חיים התמחו בפינוי טפילים או בניקוי תאים מתים. כך, לדוגמה, דג נקאי או סרטן נקאי שמנקים דגים גדולים או ציפורים נקאיות שמנקות קרנפים. פעולה זו מביאה ברכה לשני הצדדים: היא שומרת על בריאות בעלי החיים המנוקים, ומספקת מזון למנקים; **ג.** החזזית היא יצור המורכב מאצה ומפטרייה החיות בקשר הדוק. האצה מייצרת מזון בתהליך הפוטוסינתזה, ואילו הפטרייה קולטת בעזרת הקורים שלה מים ומינרלים ומאפשרת לאצה חיים בסביבה לחה ועשירה במינרלים.

טפילות

יחסי גומלין מסוג **טפילות** מוגדרים בתור חיים משותפים של יצורים ממינים שונים, שאחד השותפים מפיק מהם תועלת – **הטפיל**, ולאחר נגרם נזק – **הפונדקאי** [משום כך מסמנים אותם כיחסי (+ -)]. הטפיל מתקיים בתוך גופו של הפונדקאי או צמוד לגופו, ומקבל ממנו מזון או חומרים חיוניים אחרים. מובן שהטפיל אינו יכול להתקיים בלי הפונדקאי. ברוב המקרים הטפיל גורם נזק לפונדקאי ולעתים אף גורם למותו. דוגמאות לטפילות: **א.** צמח כשות השדות אינו מסוגל לייצר לעצמו מזון. לעומת הצמחים הירוקים, לכשות השדות אין כלורופיל המאפשר לו לקלוט את האור, והוא אינו מבצע פוטוסינתזה. כמו כן לכשות השדות אין שורשים באדמה ועל כן אינו מסוגל לקלוט מים ומלחים מן הקרקע. כשות השדות נטפל לצמח כלשהו וגבעוליו הדקים והצהבהבים נכרכים על ענפיו. בעזרת אברי יניקה מיוחדים הוא יונק מן הצמח הפונדקאי את חומרי המזון ואת המים הדרושים לקיומו; **ב.** כינת הראש היא דוגמה לטפיל של האדם, פטריות מסוימות הן טפילות של צמחים מסוימים, של בעלי חיים ואפילו של האדם.

תחרות

לרוב, משאבי הסביבה מוגבלים בכמותם, ולכן היצורים החיים באותה סביבה מתחרים על משאבים שונים כגון מזון, מים, חמצן או אור. התחרות מתקיימת בין פרטים מאותו המין אשר חיים באותה אוכלוסייה (תחרות תוך-מינית). התחרות מתקיימת גם בין יצורים ממינים שונים, אשר חיים באותה סביבה וצורכים משאבים דומים (תחרות בין-מינית).

התחרות מתקיימת בין בעלי חיים, בין צמחים וגם בין האדם לבין יצורים שונים. ביחסי תחרות שני השותפים-המתחרים ניזוקים [ולכן מסמנים אותם כיחסי (-)]. תחרות עלולה לגרום לפגיעה באוכלוסיות או במינים של יצורים שחיים בסביבה, ואפילו לגרום להכחדה שלהם, אבל ברוב המקרים נוצר שיווי משקל, והאוכלוסייה של המין החזק יותר בתחרות היא גדולה יותר מאוכלוסיית המין החלש. לעתים התחרות גורמת למינים המתחרים לאכלס גומחות (נישות אקולוגיות) שונות באותה סביבת חיים, והתחרות ביניהם נפסקת. הגומחות האקולוגיות שונות זו מזו בכמה מתנאי הסביבה (לדוגמה: אזור מוצל ואזור חשוף לשמש), בזמן (לדוגמה: פעילות בלילה לעומת פעילות ביום), או במרחב (לדוגמה: חיים בעומק שונה בתוך המים, אכילת מזון שמקורו בצמחים שונים שגדלים באותו מקום).

הערה: יש עוד סוגים של יחסי גומלין שאינם נכללים בתכנית הלימודים של חטיבות הביניים, לדוגמה: **קומנסליזם** – שותף אחד מבני הזוג מפיק תועלת, והאחר אינו מפיק תועלת ואינו ניזוק (+ 0). לדוגמה, צמח צל הנהנה מהפחתתה של קרינת השמש, כשהוא גדל מתחת לצמח הדורש אור רב. **אמנסליזם** – יחסי גומלין שבהם שותף אחד אינו מפיק תועלת ואינו ניזוק, אך כן מפריע לאחר (- 0). לדוגמה, עצי האורן ונבטים של צמחים אחרים. צמחי האורן אינם מושפעים מנוכחות הנבטים על האדמה שמתחת להם, אך ההצלה והפחתת האור (ואולי גם חומרים המשתחררים ממחטי האורן שנפלו על האדמה) גורמים לעיכוב הצמיחה של הנבטים.

הצעות דידקטיות

א. תיאור תהליך ההוראה

שיקולי הדעת: פרק זה חשוב ביותר להבנת מערכת אקולוגית. הבנת יחסי הגומלין בין יצורים חיים חשובה להבנת השפע והתפוצה של מגוון המינים בסביבות חיים שונות. פרק זה יוצר את הבסיס להבנת תהליכים מופשטים ומורכבים בטבע, שאינם נצפים ב"טיול" פשוט ביער, בשפת הים או בסביבת חיים אחרת.

הבנה של מערכת אקולוגית, על יחסי הגומלין שבה, דורשת תפיסה מערכתית. מחקרים מראים כי לתלמידים יש קשיים בהבנת הקשרים בין המרכיבים השונים במערכת. כדי להבין מערכת, יש לעסוק בקשרים מופשטים בין המרכיבים, אשר אינם גלויים לתלמיד ונובעים משילוב של יחסי גומלין שונים. מדובר כאן בחשיבה היפותטית ומופשטת.

כדאי להתחיל את הוראת הנושא בחזרה על הנלמד באקולוגיה בכיתה ז', ולוודא שהתלמידים מכירים את המושגים ביוספירה, מערכת אקולוגית, מרכיבי סביבה א־ביוטיים ומרכיבי סביבה ביוטיים.

מומלץ לחזור על הסיוור שפתח את הנושא בכיתה ז', ואולם הפעם יש לשים את הדגש במרכיבים הביוטיים וביחסי הגומלין ביניהם. חשוב להכין את הסיוור מראש ולאתר יחסי גומלין באזור הסיוור, שאפשר להציגם לתלמידים. לדוגמה: **א.** פרחים בסביבה – מצוף ומאבקת פרחים ניזונים חרקים; **ב.** פירות עסיסיים – פירות

שבעלי חיים, בעיקר ציפורים, ניזונים מהם; ג. עשבים חד-שנתיים – שעליהם וגבעוליהם משמשים מאכל לאוכלי עשב רבים; ד. צמחים מטפסים – הנשענים על צמחים אחרים וכך נחשפים לאור; ה. פירות מאכל – המשמשים מזון לאדם. יש לסכם את הסיור בציור של שרשרת מזון ומארגי מזון שנצפו בשטח.

מומלץ לאסוף כתבות רלבנטיות מן העיתונים והתקשורת הדיגיטלית, ולנתח אותן בכיתה. כדי להקיף דוגמאות רבות יותר, אפשר לעבוד בכיתה בקבוצות, כאשר כל קבוצה תנתח מקרה אחר, ותציג אותו בפני מליאת הכיתה. בסופו של התהליך, ניתן לזהות מאפיינים משותפים למקרים שונים ולנסח הכללות בנוגע ליחסי הגומלין השונים.

ב. קשיים אופייניים

- א. פרק זה מהווה בסיס להבנת מעבר חומרים ואנרגיה בטבע, ויש להדגיש את עובדת היותם של הצמחים יצרנים ושאר בעלי החיים צרכנים. מארג המזון הוא הבסיס להבנת הפירמידה האקולוגית הנלמדת בפרק הבא; תלמידים רבים טועים בפירוש הייצוג של כיוון זרימת החומרים והאנרגיה (כיוון החצים), והדבר פוגע בניתוח של שרשרת מזון ומארג מזון;
- ב. תלמידים אינם מבדילים תמיד בין שרשרת מזון ומארגי מזון (ובהמשך גם פירמידת המזון), ותופסים את המושגים האלה כבעלי משמעות זהה;
- ג. קושי בהבנת הקשר בין מה שקורה בפועל בשטח לבין הייצוג המופשט שלו בשרשרת המזון ובמארגי המזון;
- ד. קשיים בניתוח של קטע טקסט ובזיהוי מארגי המזון המתוארים בו. לעתים תלמידים מתקשים להבין את הדינמיות הגדולה שיש במארג מזון בבית גידול כלשהו, בעיקר מפני שמדובר בתפיסה של מערכת שאיננה מוחשית, והם חושבים כי פגיעה באחת החוליות במארג המזון, משפיעה רק על החוליות הצמודות לה;
- ה. תפיסה שגויה שעל פיה היצרנים נקראים כך כי הם מייצרים חמצן;
- ו. תפיסה שגויה שעל פיה הצרכנים אינם מייצרים חומר אורגני (ורק היצרנים מייצרים חומר אורגני).

ג. הצעות להתמודדות עם הקשיים

- א. חשוב להסביר את הרציונל של כיוון החצים (המסמלים את הכיוון של מעבר החומרים והאנרגיה בשרשרת המזון או במארג המזון, מן היצרנים אל הצרכנים), ולתרגל ניתוח והכנה של איורים רבים של שרשרת מזון ומארגי מזון. כדאי להציג דוגמאות של שרשרות או מארגים, הכתובים בכיוונים שונים (מימין לשמאל או מלמעלה למטה, ולהפך), ולהדגיש את כיוון החצים.

- לפעמים התלמידים אינם יודעים מה מזונם של בעלי החיים. מומלץ לחזור ולהיזכר בפרק של מיון היצורים החיים, ולהדגיש את מקור המזון של היצורים השונים.
- ב. יש להציג דוגמאות של מארגי מזון, לזהות שרשרות שונות בתוך אותו מארג, ולנתח את מארגי המזון ואת "ההצטלבויות" של השרשרות שבתוכם. יש להדגיש כי בטבע אין שרשרות מזון פשוטות אלא מארגי מזון מורכבים. בנושא מארגי המזון חשוב לתרגל את הקשרים בין החוליות ולהבין מה קורה במערכת אם נפגעת חוליה אחת.
- ג. סיור בסביבה וזיהוי היצורים החיים, על קשרי הגומלין ביניהם, עשויים להמחיש את הייצוג הפורמלי המופשט של שרשרות מזון ומארגי מזון.
- ד. יש לתרגל עם התלמידים ניתוח של קטעי טקסט וזיהוי מארגי המזון הנזכרים בהם. יש להדגיש כי פגיעה באחת החוליות משפיעה על חוליות אחרות במארג המזון, המצויות בשרשרות השונות שהחוליה הנפגעת היא חלק מהן, ואפילו על חוליות אחרות במארג שאינן נמצאות באותה שרשרת מזון.
- ה. היצרנים נקראים כך מפני שהם מייצרים חומר אורגני (מזון) מחומרים אי־אורגניים. אמנם בתהליך הפוטוסינתזה יש גם תוצר לוואי – חמצן שנפלט אל הסביבה. אך, כאמור, הוא אינו התוצר העיקרי של התהליך.
- ו. חשוב לדון בעובדה כי גם הצרכנים בונים בגופם חומר אורגני, אך הם אינם עושים זאת מחומר אי־אורגני כשם שעושים אך ורק היצרנים, אלא מחומרים אורגניים (שהם אכלו), שהתפרקו באופן חלקי בתהליכי העיכול והגיעו אל תאי גופם באמצעות זרם הדם.

הערה חשובה:

המושג סימביוזה (= חיים בצוותא) כולל בתוכו מגוון של יחסי גומלין בין יצורים חיים, החל מהדדיות (סימביוזה הדדית) ועד לטפילות (סימביוזה טפילית). לאורך השנים התייחסו לסימביוזה רק בהקשר של יחסי הדדיות (תועלת הדדית לשני השותפים). בתכנית הלימודים לחט"ב המושג סימביוזה אינו מוזכר מפאת הבלבול שעדיין קיים בנוגע לשימוש בו. גם אנו איננו משתמשים בערכה במושג זה.

טבלת תכנון ה.ל.ה.

טווח שעות מומלץ: 4-6

נושא	מושגים ורעיונות	מיומנויות	פעילויות מפתח	הפנייה לחומרי למידה	משימות הערכה
סביבת חיים מרכיבים אביוטיים ומרכיבים ביוטיים יחסי הזנה: יצרנים, צרכנים ומפרקים	- ביוספירה - סביבת חיים - מרכיבים ביוטיים - מרכיבים א-ביוטיים - אוטוטורפים, והטרוטורפים - יצרנים, צרכנים (שניוניים ושלישוניים) ומפרקים	- תצפית (סיור): תצפית בתופעה ואיסוף מידע - זיהוי וארגון ממצאים (בטבלה ובטקסט) - סיכום והסקת מסקנות	- חזרה על הכרת מושגי היסוד של הסביבה ומרכיביה - סיור בסביבה וזיהוי קשרי הזנה בין יצורים חיים (סיור מחוץ לבית הספר ו/או בחצר בית הספר) - ארגון וניתוח הממצאים שנאספו בסיור - דיון לסיכום הסיור	- טבע הסביבה, עמ' 117-105, 45-41, 22-14 - עולם התזונה, עמ' 41-37 - מערכות אקולוגיות, עמ' 20-18 - פרקים בהזנה, עמ' 7-6 - המשימה: שוניות האלמוגים וכלובי הדגים	
ייצוג יחסי הזנה: שרשרות מזון ומארגי מזון	- אוטוטורפים, והטרוטורפים - יצרנים, צרכנים (שניוניים ושלישוניים) ומפרקים - שרשרת מזון - מארג מזון	- ייצוג תופעה בעזרת סכמות של שרשרות מזון ומארגי מזון	- ניתוח שרשרות מזון ומארגי מזון: - ניתוח טקסט המתאר סביבת חיים על שרשרות המזון ומארגי המזון שבה.	- עולם התזונה, עמ' 47-37 - טבע הסביבה, עמ' 104-101, 99-94 - מערכות אקולוגיות, עמ' 77-71 - פרקים בהזנה, עמ' 11-8 - תזונה בתבונה, עמ' 37-28 - המשימה: תנשמות נגד מכרסמים (בערכה זאת) - המשימה: שרשרת מזון ומארג מזון - קורס אקולוגיה	
יחסי גומלין בין מרכיבים ביוטיים: טורף-נטרף, הדדיות, טפילות ותחרות	- יחסי גומלין - טריפה (טורף-נטרף) - תחרות - הדדיות - טפילות	- הנמקה וטיעון: קריאת טקסט וניתוחו - ניסוח הסברים - הסקת מסקנות - ביצוע ניסוי, ארגון תוצאות והסקת מסקנות	- ניתוח מקרים: עץ השיטה, בספר מערכות אקולוגיות הרעלת כספית, בספר עולם התזונה. - עבודה בקבוצות: כל קבוצה תציג מקרה המתאר יחסי גומלין (הכנירת, ימת ויקטוריה, חורש, אוקיינוס, נחל ועוד). - ביצוע ניסוי: צמיחת צמחים ותחרות על אור, בספר טבע הסביבה.	- מערכות אקולוגיות, עמ' 72-71 - עולם התזונה, עמ' 47-46 - טבע הסביבה, עמ' 134-120 - המשימה: האם יופסק הדיג בכנרת? (בערכה זאת)	

פעילויות

משימה 1: תנשמות נגד מכרסמים

קראו את קטע המידע וענו על השאלות שאחריו.

בשדות הדגנים של עמק בית שאן סבלו החקלאים לאורך שנים ממכת מכרסמים (כגון נברנים ועכברים), שפשטו בשדות ואכלו מהיבולים. אחד הפתרונות המקובלים למלחמה במכרסמים הוא פיזור גרגרי חיטה מורעלים בשדות. המכרסמים אוכלים את הגרגרים המורעלים ומתים, וכך נמנעת הפגיעה ביבולים. בדרך זו הצליחו החקלאים להקטין את הנזקים שגרמו המכרסמים אך בה בעת נצפתה עלייה בתמותה של מיני עופות דורסים כמו בז ועיט, ושל ציפורי שיר כמו דרור וחוחית.

1. ציירו את מארג המזון המתואר בקטע (כולל האדם).

2. רשמו שתי סיבות אפשריות למות העופות.

לאור הנזקים שנגרמו בעקבות שימוש בהדברה כימית (לדוגמה, שימוש בגרגרי חיטה מורעלים), החלו להשתמש בשנים האחרונות בהדברה ביולוגית. החקלאים החלו להיעזר בתנשמות להדברה ביולוגית, וכך לצמצם את נזקי המכרסמים.

התנשמת היא עוף דורס לילי והיא ניזונה ממגוון מזונות. מחקר העלה שכ-90% ממזונה של התנשמת הם מכרסמים, ורובם (53%) מינים המזיקים לחקלאות. הצבה של תיבות קינון לתנשמות בשדות, מאפשרת את התרבותן שם. התנשמות מטילות ביצים בתיבות הקינון, ומגדלות בהן את הגוזלים. את המזון לגוזלים הן אוספות בשדות שמסביב.



תנשמת נכנסת לתיבת הקינון



תנשמת

3. הוסיפו למארג המזון ששרטטתם את התנשמת.

4. מארג מזון כולל: קבוצת יצרנים, צרכנים ראשוניים (צמחוניים) וצרכנים שניוניים (טורפים).

ציינו לאיזו קבוצה שייך כל אחד מהיצורים במארג המזון ששרטטתם.

5. סמנו את כל יתרונותיה של ההדברה הביולוגית על פני ההדברה הכימית.
(ייתכן יותר מיתרון אחד)

- אינה מזהמת את הסביבה.
- משיגה תוצאות במהירות גדולה יותר.
- העלויות לחקלאי נמוכות יותר.
- פוגעת בעיקר במזיק.
- משפיעה על עוד יצורים במארג המזון.

6. בטבלה להלן מוצגים ממצאים מניסוי שהתבצע בשנים 1997-1998. בניסוי זה נבדקה ההשפעה של הצבת תיבות קינון לתנשמות בשדות, על גודל אוכלוסיות המכרסמים.

טבלה: גודל ממוצע של אוכלוסיות המכרסמים בשטחים שווים של גידולים שונים

מספר המכרסמים הממוצע ליחידת שטח	מקום הצבת תיבות הקינון	
	עם תיבות קינון	בלי תיבות קינון
שדה חיטה	1.12	7.06
שדה תירס	1.44	1.67
מטע תמרים	1.04	4.97

- א. כתבו במילים כיצד השפיעה הכנסת תיבות הקינון על מספר המכרסמים בשדה החיטה?
- ב. האם אפשר לראות השפעה דומה בשדות התירס ובמטע התמרים?
- ג. איזו מסקנה אפשר להסיק מתוצאות הניסוי?
- ד. לקראת תום הניסוי הגיעו לאזור בזים וקיננו שם. הבז הוא עוף דורס הניזון גם הוא ממכרסמים. כיצד תשפיע הופעת הבזים על אוכלוסיות המכרסמים והתנשמות?
7. תנשמות חיות ומקננות בעמק בית שאן באופן טבעי. אם כך, מדוע צריך לבנות תיבות קינון ולהציב אותן בשדות?
- א. התנשמות מעדיפות את תיבות הקינון המרווחות, שהחקלאים בנו בעבורן.
- ב. מספר מקומות הקינון הטבעיים המתאימים לתנשמות הוא מוגבל.
- ג. כדי שיהיה אפשר להשוות בין שדות שיש בהם תיבות קינון לבין שדות בלי תיבות קינון.
- ד. תנשמות שמקננות בתיבות, צדות עכברים ביעילות גדולה יותר מאשר תנשמות שמקננות בטבע.
8. לאחר שהניסוי עם תיבות הקינון הצליח, והפגיעה ביבולים התמעטה, עלתה הטענה שאם יקטן מאוד מספר המכרסמים המזיקים בשדות, התנשמות יטרפו יותר בעלי־חיים אחרים שאינם מזיקים. מהו הבסיס לטענה זו? הסבירו.

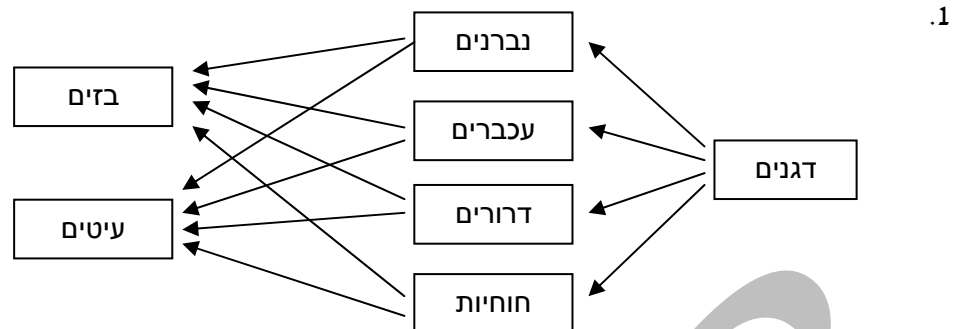
משימה מס' 2 : האם יופסק הדיג בכנרת?

בחודש אפריל 2010 התפרסם בתקשורת בישראל כי כמות הדגים באגם הכנרת ירדה בעשר השנים האחרונות בצורה מדאיגה. עקב כך התעורר חשש לאסון אקולוגי בכנרת. הצעת חוק הוגשה לאישור הממשלה, האוסרת דייג בכנרת במשך השנתיים הקרובות והכנסה מכוונת של דגים לכנרת.

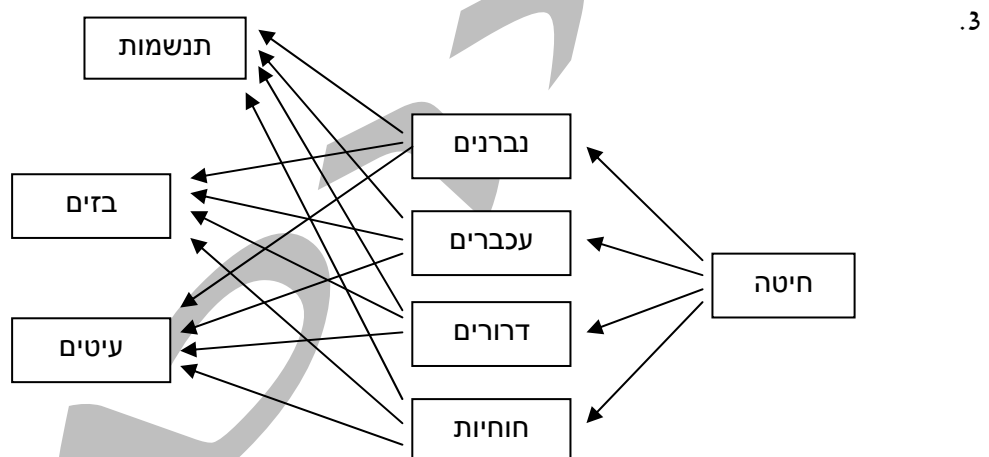
מי מאיתנו לא שמע לאחרונה על הכנרת, ימת המים המתוקה היחידה במדינת ישראל? רבות מדובר על ירידה משמעותית במפלס המים בכנרת בשנים האחרונות. מלבד היותה מאגר מים מתוקים, הכנרת היא אתר תיירותי ומקור פרנסה לדייגים רבים, אך היא סביבת חיים עשירה, שהאיזון האקולוגי בה נמצא בסכנה. בכנרת אפשר למצוא מינים שונים של בעלי-חיים. קבוצה אחת היא אוכלוסיית הזואופלנקטון – בעלי-חיים קטנים המרחפים במים, ביניהם: סרטנים קטנים, חלזונות, תולעים ועוד. במי הכנרת ניתן למצוא גם אצות ירוקות, המייצרות חומרים אורגניים בעזרת אנרגיה השמש ומשמשות כמקור מזון לזואופלנקטון ולדגים שונים. אצות שאינן נאכלות נשארות במי האגם, ובסופו של דבר מפורקות על ידי המפרקים. דייגים רבים מתפרנסים מדייג, בעיקר של שני מינים הנפוצים בכנרת: דגי אמנון הגליל ודגי לבנון. בשנים האחרונות, עם ירידת מפלס מי הכנרת, נחשפו האבנים שהיו קרובות לקו המים, אשר יצרו מקומות מסתור לדגים. בעקבות כך הדיג מצליח יותר, וחלה ירידה משמעותית במספר הדגים המאכלסים את הכנרת. הבעיה מחמירה עוד יותר בעונת הקיץ, שבה האצות המתפתחות במים ועל האבנים החשופות מתרבות, ומונעות מדגי האמנון והלבנון להטיל שם את ביציהם. כך נפגעות ההטלה והתפתחות הדגיגים הצעירים. מזה כ-20 שנה פועלים אנשי רשות המים ונוקטים צעדים, שמטרתם לשמור על איכות המים ועל האיזון האקולוגי באגם המים המתוקים היחיד במדינה.

1. אילו גורמים אביוטיים מוזכרים בקטע?
2. כתבו שרשרת מזון אחת המתקיימת במי הכנרת.
3. בקטע הוזכרו מספר בעלי חיים, המקיימים ביניהם יחסי גומלין. אילו יחסי גומלין קיימים בין דגי האמנון והאצות? הסבירו תשובתכם.
4. בכנרת גדלים גם דגי סרדין, המשפיעים לטובה על איכות המים כי ניזונים מהזואופלנקטון. אך כשהסרדינים מתרבים מאוד, הם עלולים לגרום לבעיה במערכת האקולוגית ובשרשרת המזון. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שהסרדינים ניזונים מהזואופלנקטון, אשר ניזונים מאצות. ולכן, כאשר אוכלוסיית הסרדינים גדולה מדי, אוכלוסיית הזואופלנקטון בסכנת הכחדה, מצב שגורם לריבוי האצות. הפתרון לבעיה: מדי שנה מוצאים מהכנרת כ-800 טון של דגי סרדינים בצורה מכוונת. הסבירו כיצד הוצאת דגי הסרדינים מסייעת לשמירה על האיזון האקולוגי בכנרת.
5. למי הכנרת מוסיפים בכל שנה מיליון דגי בורי. שערו כיצד הוספת דגי הבורי עשויה לשפר את איכות המים?
6. בני האדם עשויים להפר את האיזון האקולוגי על ידי התערבות בו. כתבו דוגמה אחת להתערבות העשויה להזיק לשרשרת המזון בכנרת.
7. הסבירו את חשיבותם של אוכלוסיית המפרקים במארג המזון בכנרת.

תשובון למשימה 1



2. העופות הצמחוניים (דרורים וחוחיות) מתו מאכילת גרגרי החיטה המורעלים. העופות הדורסים (בזים ועיטים) מתו מהרעלה משנית – בעקבות אכילת בעלי החיים שהורעלו (נברנים, מכרסמים, דרורים, חוחיות), ובעלי חיים אחרים, שאכלו זרעים מורעלים או טרפו את המכרסמים ואת העופות שהורעלו.



4. צמחים : חיטה (דגנים) ; צמחוניים : נברנים וחוחיות ; טורפים : תנשמות, בז ועיט.
5. הדברה ביולוגית אינה מזהמת את הסביבה, עלותה לחקלאי נמוכה והיא עשויה לפגוע בעיקר במזיק.
6. א. בשדות שהוכנסו אליהם תיבות קינון, ירד מספר המכרסמים במידה ניכרת.
ב. גם במטע התמרים הייתה ירידה במספר המכרסמים, אם כי במידה פחותה מירידת המכרסמים בשדה החיטה. בשדות התירס לא נראתה ירידה ניכרת במספר המכרסמים.
ג. הכנסת תיבות קינון עשויה לסייע לחקלאים, אם כי לא בכל הגידולים החקלאיים.
ד. הוספת הבזים למערכת עשויה להפחית עוד יותר את מספר המכרסמים. במקרה של ירידה ניכרת במספר המכרסמים, התנשמות (שניזונות ממגוון מקורות) עשויות לעבור לאכילת מזונות אחרים.
7. משפט ב' – כי מספר מקומות הקינון הטבעיים המתאימים לתנשמות הוא מוגבל.
8. הדבר ייתכן בהחלט, כי התנשמות ניזונות ממגוון מקורות מזון.

תשובון למשימה 2

1. מים, שמש
2. אצות <--- זואופלנקטון <--- דגים
3. טריפה. הדגים טורפים זואופלנקטון וגם ניזונים מהאצות.
4. אוכלוסייה גדולה מדי של סרדינים תגביר את טריפת הזואופלנקטון ותגרום להצטברות של אצות, לכך עלולות להיות שתי השלכות – הצטברות חומר אורגני במים, ושיבוש ההטלה של הדגים.
5. דגי הבורי ניזונים משאריות חומרים אורגניים ומונעים הצטברותם במים.
6. דיג לא מבוקר של דגי אמנון, יגרום להצטברות אצות ולהגדלת כמות החומר האורגני במים ; שאיבת יתר של מים, שתגרום לחשיפת דגים לדיג ותמנע הצלחת ההטלה והתפתחות הדגיגים ; דיג באזורי הטלה, שישבש את התבגרותם של הדגים ; הכנסת מינים חדשים לאגם, שיגרמו לשינויים במארג המזון באגם.
7. המפרקים ניזונים מהפרשות היצורים החיים ומשרידי היצורים שמתו, וממחזרים את החומרים האורגניים (תוצרי הפירוק), המשמשים ליצירת חומרים אורגניים חדשים על ידי הצמחים.

תת-נושא 2: מעברי חומר ואנרגיה במערכת האקולוגית

מטרות (בתחומי התוכן והמיומנויות)

1. התלמידים יסבירו מהו תהליך הפוטוסינתזה, יצינו את המגיבים ואת התוצרים, ויסבירו את חשיבות האור בתהליך זה;
2. התלמידים יצינו כי בתהליך הפוטוסינתזה, אנרגיית אור מותמרת לאנרגיה כימית, הניתנת לניצול בגופם של יצורים חיים;
3. התלמידים יסבירו את הקשר בין תהליך הפוטוסינתזה לבין היצרנים במערכת האקולוגית;
4. התלמידים יתכננו ניסויים מבוקרים לבדיקת גורמים המשפיעים על תהליך הפוטוסינתזה, וישערו מהן התוצאות הצפויות;
5. התלמידים יבצעו ניסויים שבהם ייבדקו מגיבים ותוצרים בתהליך הפוטוסינתזה, ויסבירו את תוצאות הניסויים;
6. התלמידים יבינו את צורת הייצוג של הפירמידה האקולוגית;
7. התלמידים יבינו את הקשר בין ייצוג מארג המזון לייצוג פירמידת המזון;
8. התלמידים יסבירו את מעברי החומרים והאנרגיה בין יצורים בעזרת פירמידת מזון אקולוגית;
9. התלמידים יבינו כי בתהליך הנשימה של יצורים חיים, אנרגיה בצורת חום נפלטת אל הסביבה ואינה זמינה לשימוש חוזר;
10. התלמידים ינמקו מדוע פירמידת המזון האקולוגית היא בעלת הצורה האופיינית לה;
11. התלמידים יתארו את מחזור הפחמן בטבע בעזרת סכמה;
12. התלמידים יבינו את חילוף הגזים באטמוספירה בתור פועל יוצא של תהליכי נשימה ופוטוסינתזה ביצורים חיים.

רקע מדעי

כפי שנלמד בפרק הקודם, כל היצורים זקוקים לחומרים אורגניים לקיומם. הם מקבלים חומרים אלו מהמזון שהם אוכלים או שהם קולטים מן הסביבה. הצמחים הם יצרני החומרים האורגניים (מחומרים אי-אורגניים), שמרכיבים את המזון של כל היצורים האחרים, ועל כן הם נמצאים בבסיס של כל שרשרות מזון בטבע. בפרק שלהלן נעסוק בתהליך שבו הצמחים מייצרים את החומר האורגני: פוטוסינתזה.

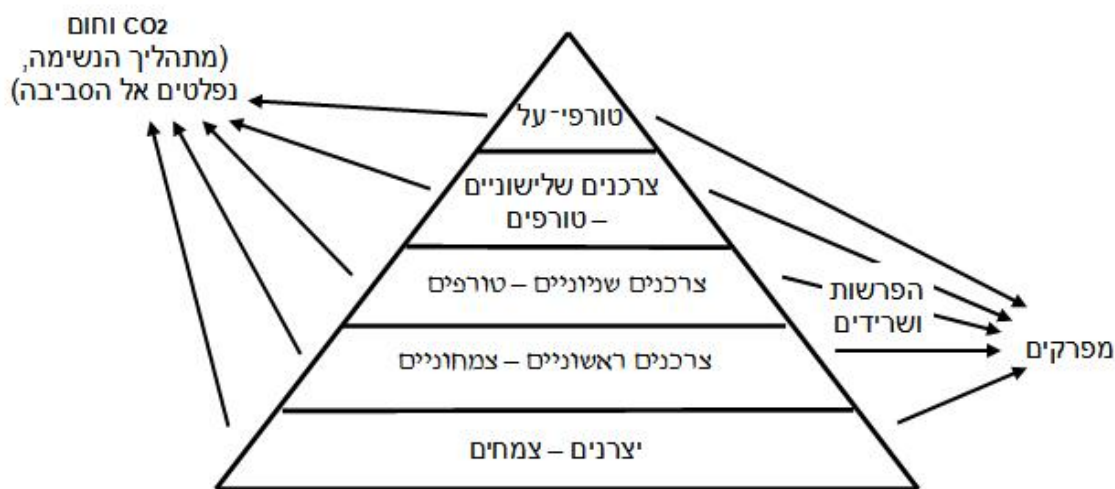
1. מעברי חומרים ואנרגיה במערכת האקולוגית (פירמידת מזון אקולוגית)

כאמור לעיל, הצמחים מייצרים חומרים אורגניים בתהליך הפוטוסינתזה. כל היצורים החיים זקוקים לחומרים אלו. בעלי החיים שאינם יכולים לייצר חומרים אלו אוכלים צמחים או טורפים בעלי חיים שניזונים מצמחים. הם מעכלים את המזון. מקצת תוצרי העיכול נספגים אל זרם הדם. זרם הדם נושא אותם אל התאים ושם הם משמשים להפקת אנרגיה או להרכבת החומרים שבונים את הגוף. בעזרת פירמידת מזון אפשר ללמד את הקשר בין צמחים, צמחוניים, טורפים וטורפי-על.

פירמידת מזון אקולוגית

פירמידת מזון מתארת בדרך סכמתית את היחסים הכמותיים (המסה של היצורים) של החוליות השונות במארג המזון. כל קומה בפירמידה מייצגת רמת הזנה (רמה טרופית): היצרנים נמצאים בבסיס הפירמידה, מעליהם – הצמחוניים, ומעליהם – הטורפים וטורפי-העל. הפירמידה האקולוגית מתארת מצב שבו כמות גדולה מאוד של צמחים "מפרנסת" (מספקת מזון) כמות קטנה יותר של אוכלי עשב, והם "מפרנסים" כמות עוד יותר קטנה של טורפים.

הגודל של כל רמה בפירמידה האקולוגית, מייצג את הביומסה שבכל רמה, כלומר: את הכמות הכוללת של החומר החי של כל היצורים הנכללים באותה רמה. לכן פירמידה אקולוגית נקראת גם פירמידת ביומסה. לפירמידות ביומסה רבות יש בסיס רחב וקדקוד צר. הסיבה למבנה זה היא התמעטות המזון, העובר מרמת הזנה אחת אל רמת ההזנה שמעליה בפירמידה. מדוע המזון מתמעט במעלה הפירמידה? בכל רמת הזנה רוב היצורים מתים, רוב החומרים הנקלטים בגופם של בעלי החיים מופרשים החוצה (חומרים שלא התעכלו), וגם מרבית האנרגיה נפלטת (בתור חום) בתהליך הנשימה של היצורים החיים. השיירים וההפרשות אינם עוברים במעלה הפירמידה, אלא יוצאים ממנה ומפורקים על ידי המפרקים שבמערכת. לכן רק מקצת החומרים והאנרגיה – רק אלה שלא התפרקו, שלא הופרשו או שלא נפלטו – עוברים לרמה גבוהה יותר בפירמידה, והם הולכים ומתמעטים מרמה לרמה.



איור: פירמידת מזון אקולוגית

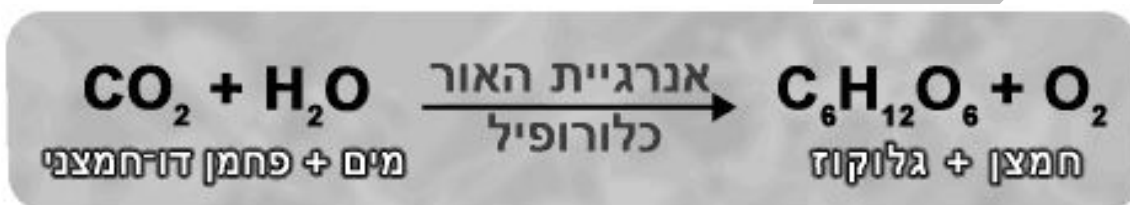
בפרק פירמידות מזון אקולוגיות, שבאתר מעגל התזונה, תמצאו דוגמאות לשרשרות מזון ולפירמידות מזון.

כתובתו: <http://science.cet.ac.il/science/energy/energy2.asp>

2. תהליך הפוטוסינתזה – מגיבים ותוצרים.

פוטוסינתזה (פוטו = אור; סינתזה = בנייה) הוא התהליך שבו הצמחים מייצרים בעצמם את המזון הדרוש להם. בתהליך זה הצמחים מייצרים **סוכר** (גלוקוז) משני חומרים אי־אורגניים: **מים** ו**פחמן דו־חמצני** (ועל כן הם נקראים **יצרנים**). התוצר השני של הפוטוסינתזה הוא **החמצן**. הוא נפלט מן הצמחים אל האוויר ומשמש לנשימה של היצורים החיים.

הפוטוסינתזה הוא תהליך מורכב ורב־שלבי, אשר חומרי ביניים רבים ואנזימים שונים מעורבים בו. אך הוא נלמד ברמה של חומרי המוצא (המגיבים) ושל התוצרים בלבד, כפי שמוצג בנוסחה הזאת:

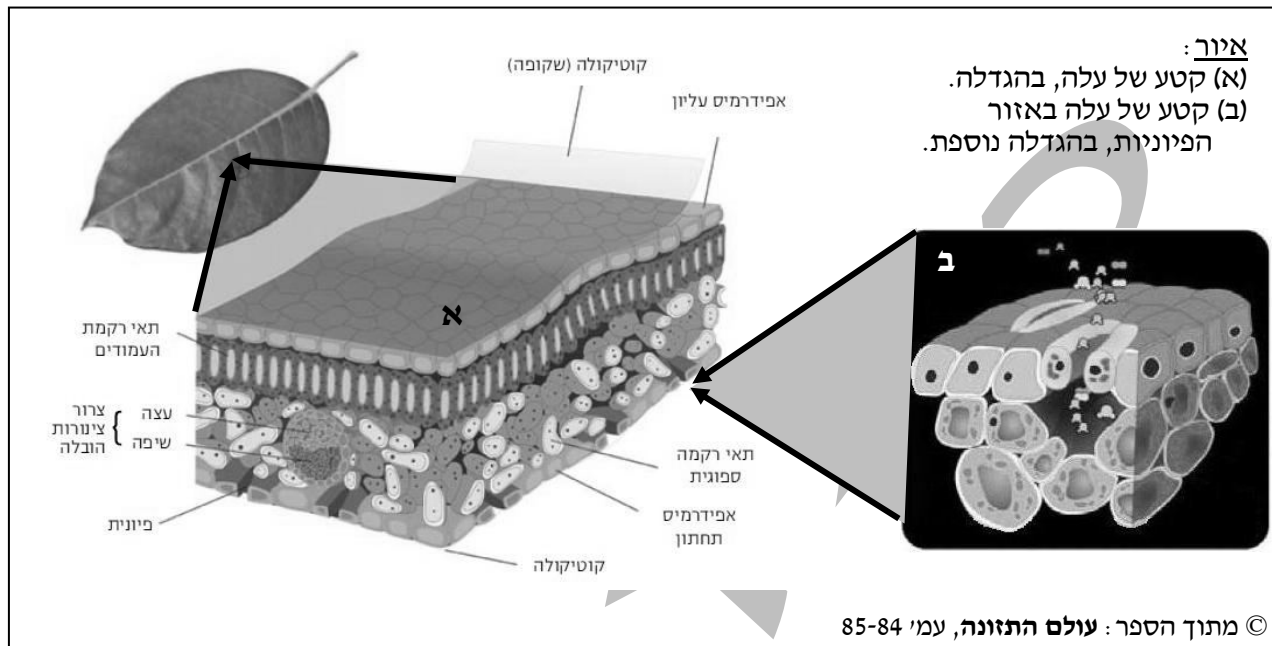


מקור האנרגיה של התהליך הוא אור השמש. הצמחים קולטים את אנרגיית האור, והיא מותמרת בהם לאנרגיה כימית, המשמשת להם לבניית חומרים אורגניים. ההתמרה של אנרגיית האור לאנרגיה כימית נעשית בעזרת **הכלורופיל** – הצבען הירוק שנמצא בכלורופלסטים – אברונים שנמצאים בתוך תאי הצמח, ותהליך הפוטוסינתזה נעשה בתוכם. לכן תהליך זה מתרחש רק בחלקים הירוקים של הצמחים – בעלים ובחלקים ירוקים אחרים.

בנוסחת הפוטוסינתזה שלעיל, אפשר לראות שחומרי המוצא של הפוטוסינתזה הם פחמן דו־חמצני ומים. הפחמן הדו־חמצני חודר מן האוויר אל העלים שבצמחים דרך **הפיוניות** שנמצאות בעלים של הצמחים. הפיוניות הן פתחים זעירים, ודרךן נעשה חילוף הגזים בין העלה לסביבתו. כאשר הפיוניות פתוחות, מתרחש גם תהליך **הדיות**, שבו אדי מים נפלט מן העלה אל הסביבה. המים הדרושים לתהליך, נקלטים מן האדמה דרך השורשים ומועברים דרך הגבעול אל העלים באמצעות **צינורות העצה** של הצמחים. צינורות העצה הם חלק ממערכת ההובלה של הצמח.

עוד אפשר לראות בנוסחה, שהתוצרים של תהליך הפוטוסינתזה הם: גלוקוז וחמצן. הגלוקוז עובר מן החלקים הירוקים דרך **צינורות השיפה**, שבמערכת ההובלה של הצמחים, אל שאר חלקי הצמח: לשורשים, לגבעולים, לפירות ולפרחים. הגלוקוז הוא מקור האנרגיה הדרוש לכל תהליכי החיים בחלקים אלו. הגלוקוז הוא גם אחד מחומרי המוצא, המשמשים את הצמחים לייצור חומרים אורגניים אחרים כגון תאית, שומנים וחלבונים. כאמור, הסוכרים ושאר החומרים המיוצרים על ידי הצמחים, הם הבסיס של כל שרשרות המזון של כל היצורים החיים. אנו ושאר אוכלי הצמחים, אוכלים את החומרים המצויים בזרעים, בפירות, בעלים, בגבעולים ובשורשי הצמחים, והטורפים ממשיכים את השרשרת.

בין הצמחים לבין שאר היצורים החיים מתקיים קשר חיוני, נוסף על המזון שהצמחים מייצרים. הצמחים קולטים מן האוויר את הפחמן הדו-חמצני, שנפלט אל האוויר בתהליך הנשימה של יצורים חיים, ופולטים אל האוויר חמצן, הדרוש לנשימה של כל היצורים החיים. יודגש כאן כי תהליך הפוטוסינתזה מתקיים בצמחים באור (ביום), בד בבד עם תהליך הנשימה.



מידע על הובלת חומרים בצינורות ההובלה של הצמח, נמצא בפרק: **הובלת חומרים בצמח**, באתר **לב וליבה**.

כתובתו: <http://science.cet.ac.il/science/transportation/transport6.asp>

מידע על המבנה של הפיוניות בצמח, והדמיה של תפקודה, נמצא בפרק: **פיוניות**, באתר **לב וליבה**. כתובתו:

<http://science.cet.ac.il/science/transportation/transport7.asp>

3. קצב תהליך הפוטוסינתזה

קצב הפוטוסינתזה תלוי בארבעה גורמים סביבתיים:

1. עצמת האור הנקלטת – מכיוון שהאור הוא מקור האנרגיה, תהליך הפוטוסינתזה יכול להתקיים בטבע רק בשעות היום, ושינויים בעצמת האור יכולים להשפיע על הקצב שלו.
2. ריכוז הפחמן הדו-חמצני – ה- CO_2 הוא אחד המגיבים בתהליך, ולכן נחוץ ריכוז מזערי שלו בתאים, כדי שהתהליך יתרחש. עלייה בריכוזו מגבירה את קצב התהליך, עד לריכוז סף מרבי, שמעבר לו התהליך נעשה בקצב אחיד.
3. הטמפרטורה של הצמח – עליית הטמפרטורה עשויה לזרז את קצב הפוטוסינתזה, כשם שקורה בתהליכים כימיים אחרים. אבל עלייה גדולה מדי של הטמפרטורה עלולה לפגוע בפעילות האנזימים ולעכב את התהליך.

4. כמות המים בצמח – ריכוז המים בתאי הצמח משפיע בעקיפין על קצב הפוטוסינתזה, באמצעות הפיוניות. כאשר כמות המים בצמח פוחתת בתנאי סביבה של יובש, הפיוניות שבעלים נסגרות. אמנם, כאשר הן סגורות, איבוד המים מן הצמח פוחת, אך גם קליטת הפחמן הדו-חמצני דרך הפיונית יורדת. ירידה זו מאטה את קצב הפוטוסינתזה.

מידע על תהליך הפוטוסינתזה, וניסוי וירטואלי המאפשר לבדוק את ההשפעה של ריכוז הפחמן הדו-חמצני ושל עוצמת התאורה על הפוטוסינתזה, נמצא **באתר אופק לחט"ב**.

ניסוי וירטואלי המדגים את השפעת ריכוז הפחמן הדו-חמצני ואת עוצמת האור על קצב הפוטוסינתזה, נמצא בפרק: **פוטוסינתזה, באתר אופק במדע וטכנולוגיה לחט"ב (מטח)**.

כתובתו: <http://www.cet.ac.il/hatav/science/Simulations/photosynthesis.asp>

מידע על הקשר בין תהליך הנשימה לתהליך הפוטוסינתזה, נמצא בפרק: **פוטוסינתזה ונשימה, באתר מעגל התזונה**. כתובתו: <http://science.cet.ac.il/science/energy/energy3.asp>

הדמיה של השפעת אורך הגל (צבעי האור) על קצב הפוטוסינתזה, נמצאת בפרק **פוטוסינתזה, שבאתר כל צבעי הקשת ברשת**. כתובתו: <http://science.cet.ac.il/science/colors/color15.asp>

מידע על תהליך הפוטוסינתזה – מגיבים ותוצרים – אפשר למצוא בספרים **עולם התזונה של מטח, ומערכות אקולוגיות של ת"ל**.

4. מחזורי חומרים במערכת האקולוגית (מחזור הפחמן בטבע)

החומרים בטבע עוברים גלגולים מצורה לצורה וממקום למקום: החומרים מתפרקים בסביבה וכן בגופם של יצורים חיים, ובמקומם נבנים חומרים אחרים. את כל השינויים והמעברים של החומרים בטבע מכנים מחזור חומרים.

נעסוק בהרחבה במחזור הפחמן בטבע.

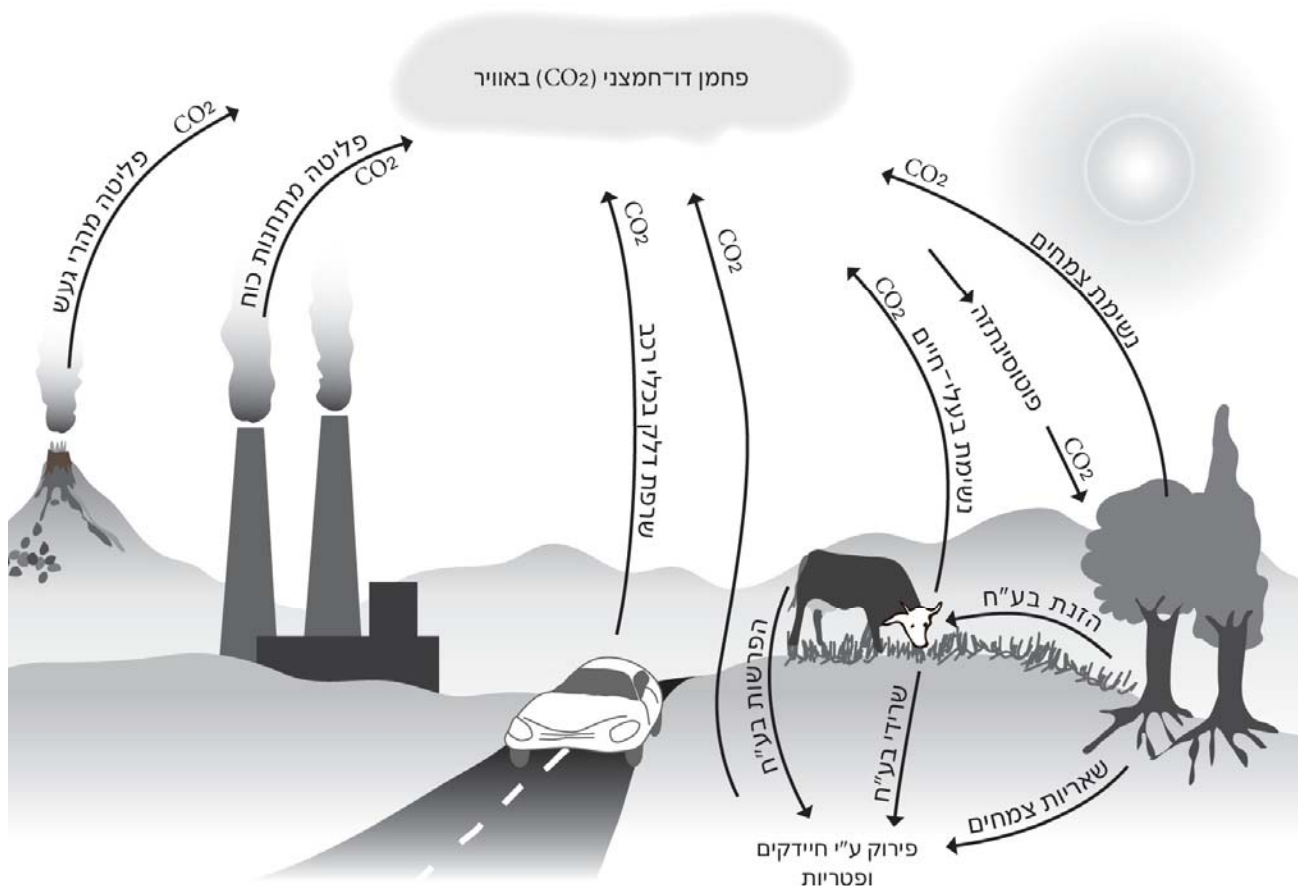
היסוד פחמן נמצא בטבע בתרכובות אורגניות ואי-אורגניות שונות, והן משתנות ומתגלגלות ממקום למקום בסדרה של תהליכים טבעיים. שינויים אלו מתוארים בדרך סכמתית במחזור הפחמן בטבע. התהליכים העיקריים המעורבים במחזור הפחמן הם תהליכי הנשימה (של כל היצורים החיים), הפוטוסינתזה (של היצרנים במארג המזון), פירוק החומרים האורגניים (על ידי המפרקים במארג המזון), התפרצות הרי געש ושחרפת חומרי דלק על ידי האדם.

החומרים האורגניים, הבונים את גופם של היצורים החיים על פני כדור-הארץ, הם תרכובות של פחמן. אך רק **היצרנים** במארג המזון בטבע, בעיקר הצמחים (ביבשה) והאצות (במים), מסוגלים לקלוט פחמן אי-אורגני מן הסביבה ולייצר ממנו חומרים אורגניים. באמצעות תהליך פוטוסינתזה ותהליכים אחרים המתקיימים בהם, הצמחים משתמשים בפחמן ובחומרים אחרים שקלטו מן הסביבה, לבניית גופם. תרכובות הפחמן האורגניות עוברות במארג המזון, מן הצמחים אל בעלי-החיים.

מקצת אטומי הפחמן בגופם של יצורים חיים נפלט אל הסביבה (אל האוויר ואל המים) בעקבות תהליך הנשימה המתרחש בכולם: בצמחים, בבעלי החיים ובשאר היצורים. בתהליך הנשימה, חומר אורגני (סוכר) מתפרק, ו- CO_2 נפלט אל הסביבה.

מקצתן של תרכובות הפחמן בצמחים ובבעלי החיים מגיע אל הקרקע (ואל המים) דרך הפרשות ושרידים של היצורים שמתו. **המפרקים** במארג המזון, בעיקר חיידקים ופטריות, ניזונים מתרכובות פחמן אלו, ובתהליכי הפירוק הם מפרקים את תרכובות הפחמן האורגניות לתרכובת אי-אורגנית – פחמן דו-חמצני, CO_2 – שנפלטת אל האוויר (ואל המים).

פחמן דו-חמצני נפלט אל האוויר גם בעת התפרצות הרי געש, וגם על ידי האדם, השורף חומרי דלק. חומרי הדלק נוצרו משרידי גופם של צמחים ושל בעלי חיים ששקעו במקווי מים ולאורך מיליוני שנים הפכו לנפט ולפחם.



מחזור הפחמן בטבע

מידע על מחזור הפחמן בטבע, ומשימת השלמה של איור אינטראקטיבי של מחזור הפחמן, נמצאים בפרק **מחזור חומרים בטבע**, שבאתר **רמת הנדיב**.

כתובתו: <http://ramat-hanadiv.cet.ac.il/highschool/recycle/recycle2.asp>

הצעות דידקטיות

א. תיאור תהליך ההוראה

שיקולי הדעת: פרק זה משלים את התפיסה המערכתית של מערכת אקולוגית, מן ההיבט של מעברי חומרים ואנרגיה, וכולל את הוראת תהליך הפוטוסינתזה. כמו כן, נלמדת בו דרך לייצוג של כלל מעברי האנרגיה והחומרים במערכת האקולוגית (ברמת המקור), באמצעות פירמידה אקולוגית. לשם כך יש לחזור ולהיזכר במושגים שנלמדו בהקשר לשרשרת המזון ולמארג המזון, ומכאן לעבור לדיון בפירמידה, שבכל "קומה" שלה מאוגדים כלל היצורים השייכים לאותה רמת הזנה (רמה טרופית), וגודלה של כל קומה מבטא את הבידוד המצויה בה.

רצוי להתחיל את ההוראה בשיחה קצרה על שרשרות מזון ומארג המזון, תוך אזכור המושגים הקשורים בנושאים אלו, ולהמשיך במשימה המקוונת [פירמידת המזון](#). מומלץ להיעזר גם בהדמיה של פירמידת מזון אקולוגית, באתר [מעגל התזונה](#).

כדי לחזק את הבנת הקשר שבין מארג מזון לבין פירמידת מזון, מומלץ לבצע את משימה 3: **ממארג לפירמידה** (בערכה זו), ולהתנסות בעוד משימות שהתלמידים אמורים לבנות בהן פירמידת מזון על סמך תיאורים של מארגי מזון.

בהמשך הלימוד יש לעבור להוראת תהליך הפוטוסינתזה. חשוב להיעזר בנוסחת הסיכום של התהליך, המציינת את המגיבים (חומרי המוצא) ואת התוצרים בתהליך, ומדגישה את נחיצותו של האור בתור מקור אנרגיה לתהליך. ביצוע של ניסוי פוטוסינתזה בצמחי אלודיאה, ימחיש את התהליך ואת החמצן הנפלט בו. ביצוע הניסוי וניתוחו מזמן אפשרות לחזק את מיומנות החקר המדעי, ולטפל במרכיבים שונים שלו, כגון: בידוד משתנים, גורמים משפיעים וגורמים מושפעים. לצורך כך מומלץ להיעזר בדגם ההוראה: [חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים](#).

אחר כך יש לעסוק בהתאמת העלה לביצוע פוטוסינתזה: הפיוניות ותפקודן – אפשר להיעזר בהדמיה של המבנה שלהן ותפקודן וגם להתבונן בהן במיקרוסקופ (בתאים של יהודי נודד); הדגמה של עליית מים בצמח ציפורן ממחישה את צינורות ההובלה (העצה) של הצמח; משימת **החיים בבִּרְכַּת הדגים** ממחישה את ההשפעות של תהליך הפוטוסינתזה (ושל תהליכים נוספים) על המתרחש בסביבת החיים.

מכאן כדאי לעבור אל הנושא האחרון בפרק זה: מחזור הפחמן. נושא זה מקשר בין כל התהליכים שבהם תרכובות פחמן משתנות ועוברות במערכת האקולוגית: פוטוסינתזה, נשימה, אכילה-טריפה ופירוק שאריות של חומרים אורגניים. רצוי לעסוק בנפרד בכל אחד מן התהליכים האלה, במהלך ההשלמה של כל מעברי הפחמן במחזור זה.

ב. קשיים אופייניים

1. תלמידים מתקשים בהבנת ההבדל בין חומר לאנרגיה, ומתייחסים לאנרגיית האור כאל אחד מחומרי הגלם בתהליך הפוטוסינתזה, או שהם סבורים כי האור הופך לחומר בתהליך;

2. תלמידים טוענים כי תהליך הפוטוסינתזה הוא תהליך הנשימה של הצמחים, או שהוא תהליך "הנשימה ההפוכה" של הצמחים. הבלבול נובע מן העובדה שהתוצרים של התהליך האחד הם המגיבים של האחר;
3. בהקשר לקושי הקודם, תלמידים סוברים כי בעלי חיים נושמים ביום, ואילו הצמחים נושמים בלילה;
4. תלמידים סוברים לעתים כי הצמח "ניזון" מהקרקע, ולכן מתקשים בהבנת הקשר בין הפוטוסינתזה לבין המזון בצמח;
5. תלמידים מתקשים בהבנת ההסבר לעובדה שהפירמידה הולכת וקטנה ככל שעולים ברמה הטרופית. קושי זה קשור לסברה מוטעית כי ככל שעולים במעלה הפירמידה, בעלי החיים המיוצגים שם הם חזקים יותר, או שמספרם גדול יותר, או שאנרגיה הולכת לאיבוד במעבר מרמת הזנה אחת לרמת ההזנה שמעליה.

ג. הצעות להתמודדות עם הקשיים

1. חשוב להזכיר בהתמדה את ההבדל בין שני המושגים: חומר ואנרגיה. נוסף על כך, חשוב להדגיש כי אנרגיה אינה "נוצרת", אלא מותמרת מצורה אחת לאחרת, ובמקרה של פוטוסינתזה – מאנרגיית אור לאנרגיה כימית. דגשים אלו עשויים לסייע בהבנת המושג אנרגיה, וגם בהבנת העובדה כי ככל שעולים בפירמידת הביומסה, הפירמידה הולכת וקטנה. בדרך דומה, לעתים קרובות הם סבורים כי חומרים נהרסים ומתפרקים, ואינם מבינים שהחומרים משנים צורה;
 2. כדי להסביר שאין קשר ישיר בין שני תהליכים, חשוב לדון בכך ששניהם מתקיימים בתא הצמח, אך באברונים שונים (נשימה – במיטוכונדריה, ופוטוסינתזה – בכלורופלסטים). לכן הם יכולים להתקיים בו בזמן (בחשיפת הצמח לאור);
 3. כדאי לקיים דיון המלבן את המקור לשגיאה, שבו יודגש כי נשימה היא אחד ממאפייני החיים, וכי מי שמפסיק לנשום, מת בתוך זמן קצר;
 4. יש ללמד כי הזנת צמחים כוללת שני תהליכים: (1) ייצור חומר אורגני מחומרים אי־אורגניים, בתהליך הפוטוסינתזה; (2) קליטת מינרלים מן האדמה, אשר נחוצים לתהליכי המשך שמתקיימים בצמחים. בתהליכי המשך נוצרים בצמחים חומרים אורגניים אחרים (פחמימות, חלבונים, שומנים, ויטמינים ועוד). כדי לחזק את ההבנה, חשוב לקשור את תהליכי המשך עם קליטת המינרלים ועם מה שנלמד קודם לכן על המרכיבים הא־ביוטיים בסביבה, בתור מספקים את צרכי הקיום של הצמחים;
 5. חשוב לציין כי אנרגיה אינה "הולכת לאיבוד", אלא שלא כל האנרגיה עוברת מרמה לרמה במעלה הפירמידה. חלק ממנה עובר בשאריות המזון אל המפרקים (ולכן אינו עולה במעלה הפירמידה), וחלק אחר נפלט אל הסביבה בצורת חום (הנוצר בתהליך הנשימה). (לא לשכוח כי גם בתהליכי הפירוק משתחררת אנרגיית חום).
- כדאי להיעזר בהדמיה או בשרטוט של הפירמידה האקולוגית, ולדון בחצים היוצאים מן הפירמידה החוצה, ובמה שהם מייצגים.

טבלת תכנון ה.ל.ה.

טווח שעות מומלץ: 4-6

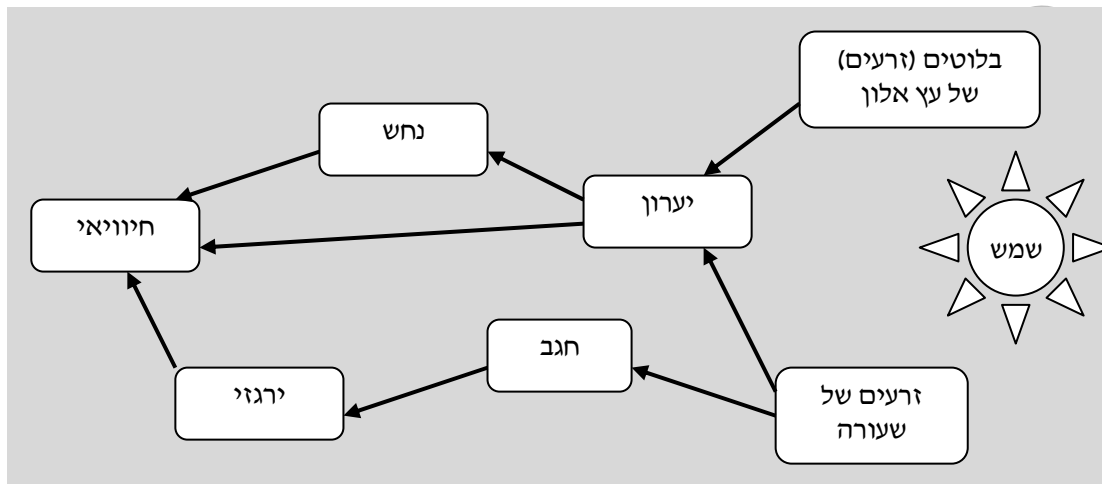
נושא	מושגים ורעיונות	מיומנויות	פעילויות מפתח	הפנייה לחומרי למידה	משימות הערכה
מעברי חומרים ואנרגיה פירמידה אקולוגית	- יצרנים - צמחונים - טורפים - טורפי-על - חומר אורגני - מעבר - חומרים ואנרגיה - פירמידה אקולוגית	- הבנת צורת הייצוג של פירמידה אקולוגית - הבנת הקשר בין צורות ייצוג שונות: מארג ופירמידה	- משימת אוריינות: הקנייה ותרגול של מעבר ממארג מזון לפירמידת מזון - משימה ברשת: פירמידות מזון אקולוגיות	- עולם התזונה, עמ' 48 - מערכות אקולוגיות, עמ' 80-82 - המשימה: ממארג לפירמידה (בערכה זו) - המשימה: פירמידת המזון - הפרק: פירמידות מזון אקולוגיות - המשימה: נמרה ושמה בבתא	
תהליך הפוטוסינתזה השפעת הגורמים הביוטיים על קצב התהליך	- תוצרים - מגיבים - גלוקוז - חומר אורגני ואי-אורגני - כלורופיל - כלורופלסט - פיוניות - דיות - צינורות עצה - צינורות שיפה	- הבנת התהליך בעזרת נוסחה כימית - מיומנויות חקר: ביצוע ניסוי במעבדה - בידוד משתנים - סיכום תוצאות וניתוחן - ביצוע ניסוי וירטואלי	- הוראת תהליך הפוטוסינתזה, בעזרת הנוסחה - ניסוי פוטוסינתזה בצמחי אלודיאה ו/או ניסוי וירטואלי - תצפית בפיוניות בצמח יהודי נודד ו/או הדמיה של פעולת הפיוניות - תצפית: הדגמה של עליית צבע בפרחי ציפורן	- עולם התזונה, עמ' 61-67 - טבע הסביבה, עמ' 65-66, 101-104 - מערכות אקולוגיות, עמ' 21-24 - פרקים בהזנה, עמ' 38-50 - המים חומר לחיים, עמ' 54-55, 61, 64 - דגם ההוראה: חקר מדעי: גורמים משפיעים ומושפעים - הפרק: חובלת חומרים בצמח - הפרק: פיוניות הדמיה: ניסוי בפוטוסינתזה - המשימה: החיים בבריכת הדגים	
מחזור חומרים בטבע מחזור הפחמן	- תרכובות פחמן - פירוק חומר אורגני - נשימה - פוטוסינתזה	- הבנת צורת ייצוג באמצעות סכמה - הוצאת מידע מתוך איור	- הכרת התהליכים השונים המשתתפים במחזור הפחמן - התנסות במשימת אוריינות	- מערכות אקולוגיות, עמ' 82-86 - הפרק: פוטוסינתזה ונשימה - הפעילות: מחזור הפחמן בטבע - המשימה: דלק פוסילי - הסרט: מחזור הפחמן בטבע	

פעילויות

משימה 3: ממארג לפירמידה

לפניכם איור של מארג מזון.

החצים מציינים מעבר של חומרים ושל אנרגיה במערכת.



1. אילו התבקשתם להכין **פירמידת מזון** ממארג המזון הזה, כמה קומות הייתם כוללים בה? הסבירו.

2. אילו התבקשתם להכין **פירמידת מזון** ממארג המזון הזה, את מי הייתם שמים בקומת ה**צרכנים**

הראשונים?

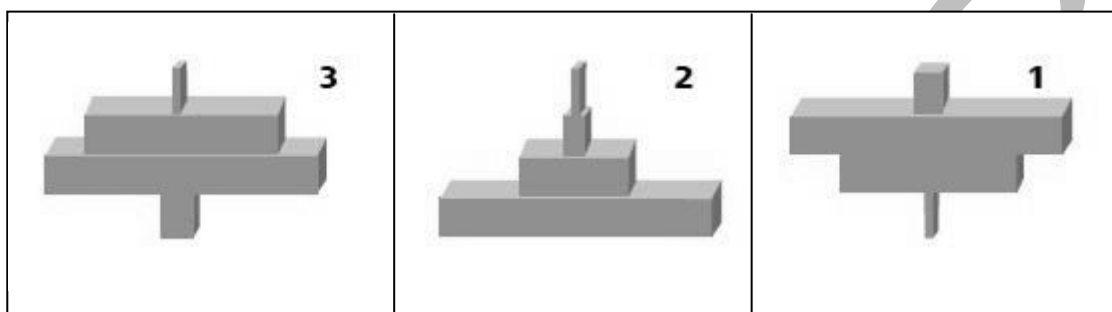
- א. נחש וירגזי
- ב. ירגזי וחגב
- ג. יערון ונחש
- ד. חגב ויערון

3. מי יעמוד בראש פירמידת המזון?

- א. הנחש
- ב. החיוויאי
- ג. החיוויאי והנחש
- ד. החיוויאי, הנחש והירגזי

4. התבקשתם להוסיף למארג מזון זה, גם את המפרקים.
 מאילו חוליות נכון לסמן את החצים שמצביעים אל כיוון המפרקים?
- רק מן הצמחים שבמארג
 - רק מבעלי החיים : הצמחוניים והטורפים
 - מכל היצורים החיים : הצמחים ובעלי החיים
 - מכולם : השמש, הטורפים, הצמחוניים והצמחים

5. הסתכלו בשלושת איורים שלפניכם.



מי מהם מתאים להיות פירמידת **ביומסה** אקולוגית?

- אף לא אחד מהאיורים
- איור מס' 1
- איור מס' 2
- איור מס' 3
- כל שלושת האיורים

תשובון למשימה 3

- פירמידה שתבנה על סמך מארג מזון זה, תכלול ארבע קומות, שהן קומות היצרנים, הצרכנים הראשוניים (צמחוניים), הצרכנים המשניים (טורפים) וצרכנים שלישוניים (טורפי העל).
- תשובה ד'
- תשובה ב'
- תשובה ג'
- תשובה ג'

תת-נושא 3: שיווי משקל אקולוגי והשפעת האדם עליו

מטרות (בתחומי התוכן והמיומנויות)

1. התלמידים יסבירו מהי אוכלוסייה ויתנו דוגמאות מסביבתם הקרובה לאוכלוסיות של יצורים חיים ;
2. התלמידים יצינו גורמי סביבה ותורשה המשפיעים על גודלן של אוכלוסיות, כגון : משאבים, יחסי טריפה ותחרות, ויסבירו כיצד הם משפיעים על האוכלוסייה ;
3. התלמידים יסבירו בעזרת דוגמה מהי אוכלוסייה יציבה ;
4. התלמידים ידעו כי במערכות אקולוגיות מתקיים שיווי משקל אקולוגי ;
5. התלמידים יצינו גורמים טבעיים המפרים את שיווי המשקל במערכות אקולוגיות כגון : שינויי אקלים, אסונות טבע ומחלות, ויסבירו את השפעתם על שיווי המשקל ;
6. התלמידים ינתחו בעזרת דוגמאות את ההשלכות החיוביות והשליליות של מעורבות האדם בטבע, וכן את השפעתו על מערכות אקולוגיות ועל יציבותן (כגון : ניצול משאבים, מינים פולשים, הגנה על יצורים חיים והשבתם לטבע), ויטענו טענות נגדן או בעדן ;
7. התלמידים יתארו דרכים ופתרונות טכנולוגיים לצמצום הנזקים לסביבה, כגון : מחזור פסולת, צריכה נבונה, הדברה ביולוגית וחוקים להגנת הסביבה, ויסבירו את השיקולים לביצועם ;
8. התלמידים יסבירו מהו מגוון ביולוגי ויתנו דוגמאות לדרכים שונות לשמירה על המגוון הביולוגי.

רקע מדעי

מהי אוכלוסייה? ומהי אוכלוסייה יציבה?

בפרקים הקודמים הוסבר כי בכל סביבת חיים (מערכת אקולוגית) יש יחסי גומלין מסוגים שונים והשפעות הדדיות בין היצורים החיים, בינם לבין עצמם ובינם לבין סביבתם. בדרך כלל בטבע, לצד כל יצור נמצאים פרטים נוספים בני מינו. לדוגמה, כשנמצא עכבר בשדה חיטה, קרוב לוודאי שהעכבר מתקיים בחברת עכברים אחרים.

קבוצת יצורים חיים המשתייכים לאותו המין ומתקיימים באותה סביבה, נקראת **אוכלוסייה**. כל פרט באוכלוסייה אמור לעבור את כל השלבים במחזור החיים: נולד, מתבגר, מעמיד צאצאים ומת. אוכלוסייה שאינה חשופה לסכנת הכחדה, יכולה להתקיים לאורך זמן, אך היא יכולה לשנות את ממדיה – לקטון או

לגדול. האוכלוסייה מורכבת מפרטים צעירים וזקנים, בריאים וחולים, זכרים ונקבות, ולכל אוכלוסייה מאפיינים משלה, לדוגמה, הרכב הגילים, צפיפות הפרטים ליחידת שטח, היחס בין זכרים לנקבות וכדומה. מה משפיע על גודלה של אוכלוסייה? כמובן, תנאי החיים בסביבה שהיא מתקיימת בה: כמויות המזון, האור והמים, הטמפרטורה וכדומה. כאשר הסביבה מספקת את כל צורכי האוכלוסייה, האוכלוסייה גדלה. אך אם נמצאים בסביבה יצורים אחרים המתחרים על אותם המשאבים, ונוצר מחסור, יתמעט מספר הפרטים והאוכלוסייה תקטן.

לפעמים נמצאים בסביבה כל הגורמים הדרושים לקיומה מלבד גורם אחד. לגורם זה קוראים **גורם מגביל**, כי הוא מגביל את התפתחות הפרטים ואת גידול האוכלוסייה. לדוגמה, צמחים רבים אינם יכולים לגדול בצל הכבד של עצי היער. אמנם אדמת היער פורייה ורטובה, אך רק מעט אור חודר עד אליה, ולפיכך האור הוא הגורם המגביל בסביבה זו.

כאשר האוכלוסייה יציבה לאורך זמן, אף אם מדי פעם חלות תנודות בגודלה, היא נמצאת ב**שיווי משקל**. שיווי המשקל יכול להשתבש בעקבות שינויים קיצוניים כגון: תמותה גדולה במיוחד ממחלות, ציד לא מבוקר או הגירה.

מהו שיווי משקל אקולוגי?

כל אוכלוסייה של יצורים חיים אינה מתקיימת לבדה בסביבת החיים, אלא בחברת עוד אוכלוסיות של יצורים ממינים אחרים.

למדנו כי על פני כדור הארץ יש מגוון של סביבות חיים – ביבשה ובים (כגון: יער, חורש, שפת ים, מדבר, גדת נחל, המים שבתוך הנחל, מי הים הרדודים והמים העמוקים שבים). התנאים בכל סביבת חיים הם שונים, ולכן בכל סביבה מתקיים מגוון שונה של אוכלוסיות. לדוגמה, בגדת נחל בארץ נוכל למצוא אוכלוסיות של הרדוף הנחלים, קנה מצוי, אנפה אפורה, פרפור עקוד, קרפדה ירוקה, צפרדע הנחלים ועוד.

כמו כן ראינו שבין אוכלוסיות של מיני יצורים שונים קיימים יחסי גומלין. לדוגמה, בשדה חיטה מתקיימת אוכלוסייה של עכברים, שגודלה תלוי, בין השאר, בכמות החיטה (המזון) אך גם בגודלה של אוכלוסיית הנחשים (הטורפים את העכברים). יחסי גומלין מסוג טורף-נטרף קיימים בין העכברים לבין החיטה ובין הנחשים לבין העכברים.

היחס בין גודלה של אוכלוסיית הטורפים בסביבה לבין גודלה של אוכלוסיית הנטרפים, עובר תנודות לאורך זמן. מדי פעם הטורפים מתרבים, ואחרי זמן מה מתרבים דווקא הנטרפים, וכך הלאה, לסירוגין. אפשר להסביר זאת בעזרת הדוגמה הבאה: אם בסביבה יש אוכלוסייה גדולה של עכברים, לרשות הנחשים עומד מזון רב, והם מתרבים מאוד. כלומר, גם אוכלוסיית הנחשים תגדל. במצב כזה תתגבר טריפת העכברים, וכעבור זמן מה תקטן אוכלוסיית העכברים. אלא שאז ייווצר מחסור במזון לאוכלוסיית הנחשים הגדולה, הם לא יוכלו להמשיך להתרבות בקצב מהיר, חלקם אף ימות ברעב. התוצאה: אוכלוסיית הנחשים תקטן. ככל שתלך ותקטן אוכלוסיית הנחשים, תתמעט טריפת העכברים, ועכשיו הם יתרבו – אוכלוסיית העכברים תגדל, ושוב יהיה מזון רב לנחשים, וחוזר חלילה.

אכן, אחת התופעות המאפיינות את יחסי הגומלין בין טורפים לבין נטרפים היא תופעת התנודות המחזוריות בגודל האוכלוסיות שלהם. ההשפעה המורכבת הזאת של כל יחסי הגומלין בסביבה, בדרך כלל מביאה את

המערכת האקולוגית למצב של שיווי משקל וציבות. שוויון זה יכול להיות מלווה בתנודות ובשינויים מתונים, וכך הציבות נשמרת לאורך זמן.

סביבת חיים השומרת על יציבות מבחינת מגוון אוכלוסיות המינים והרכבן, ונשמרים בה גם יחסי הגומלין בין כל המינים, נמצאת בשיווי משקל אקולוגי.

במערכת הנמצאת במצב של שיווי משקל אקולוגי נמשכים כל הזמן תהליכים של מעברי חומרים ואנרגיה. צמחים צורכים מים ומינרלים מן הקרקע, מייצרים מזון בתהליך הפוטוסינתזה, גדלים ומתפתחים. הצמחים משמשים מזון לבעלי החיים שבסביבה. הצמחים ובעלי החיים שמתים מתפרקים, והמרכיבים הבונים את גופם חוזרים אל הסביבה ועומדים לרשותם של יצורים חיים אחרים (כפי שראינו במעגל הפחמן בטבע).

מה עלול להפר את שיווי המשקל האקולוגי בסביבות טבעיות?

הפרעות שונות עלולות להפר את שיווי המשקל האקולוגי בסביבות החיים. במקרים רבים ההפרה היא ארעית, ולאחר זמן מה הסביבה חוזרת למצבה הקודם. אך יש מקרים שבהם המערכת הטבעית משתנה ואינה חוזרת עוד לשיווי המשקל האקולוגי הקודם. השינוי יכול להתבטא בשינוי מגוון המינים (מין אחד או יותר נעלמים ואת מקומם עשויים לתפוס מינים אחרים) או בגודל האוכלוסייה של מין אחד או יותר. השינוי עלול להתבטא גם בפגיעה נרחבת בסביבה, כאשר רוב המינים החיים בה, או אף כולם, נכחדים, ורק לאחר זמן חוזרים להתקיים בה יצורים חיים.

הפרעות למערכות טבעיות נגרמות על ידי תופעות טבעיות וגם על ידי האדם.

הפרת שיווי המשקל האקולוגי על ידי אירועים טבעיים

הפרעות טבעיות הן חלק מהתהליכים המתרחשים בסביבות טבעיות. כל הסביבות הטבעיות על פני כדור הארץ עברו בעבר הפרעות טבעיות. סביבות יציבות שהיו במצב של שיווי משקל אקולוגי, מצליחות בדרך כלל להתאושש ולחזור למצבן הקודם. תופעות טבעיות הן, לדוגמה, פגעי טבע (כגון: התפרצויות של הרי געש, שיטפונות, שרפות וסערות), שינויים קיצוניים בתנאי האקלים (התקררות או התחממות ניכרות) ופגיעה או הכחדה של מין אחד או יותר עקב מחלה. סופת ברקים עלולה להצית שרפות, המכלות לעתים שטחי יער גדולים. אך ברוב המקרים אחרי שנים אחדות היערות מתאוששים וחוזרים למצבם הקודם. בשנת 1979 ירדו בנחל צין שבנגב 60 מ"מ גשם בשעה אחת. הגשם גרם לשיטפון חזק במיוחד, שסחף את הקרקע ואת כל הצומח בערוץ הנחל. בעקבות אירוע זה נדרשו כ-12 שנים להתחדשות הצומח בערוץ הנחל. בשנת 1883 התפרץ הר געש באי קרקטואה, הנמצא באינדונזיה שבאסיה. זו הייתה אחת ההתפרצויות הגדולות בעולם המוכרות לאדם. הר הגעש התפוצץ ממש ונעלם לחלוטין, וכל הצמחים ובעלי החיים שחיו באי נכחדו. רק אחרי 50 שנים התחדש הצומח באי וחזר למצבו הקודם, ואולם מקצת בעלי החיים שחיו באי בעבר, לא חזרו לחיות שוב במקום.

הפרת שיווי המשקל האקולוגי על ידי פעולות האדם

השפעת האדם עלולה להתבטא בפגיעה במין כלשהו עקב ציד או דיג לא מבוקרים, עקב הכנסת מינים פולשים, או שהיא עלולה לגרום לפגיעות רחבות היקף עקב זיהום הסביבה, תפיסת שטחים פתוחים וכדומה. בימינו, ברור שהאדם משפיע על למעלה מ-80% מכלל המערכות הטבעיות על פני כדור הארץ, ביבשה ובים. השפעת

האדם מתבטאת במקרים רבים באזורים נרחבים מאוד כמו, לדוגמה, ההשפעה של התחממות כדור הארץ, המשפיעה על הביוספירה כולה. במקרים אחרים השפעת האדם מוגבלת יותר והיא מתבטאת בפגיעה במין כלשהו של צומח או של בעל חיים עד להכחדתו. אך גם פגיעה במין אחד בלבד עלולה להפר את שיווי המשקל האקולוגי ולגרום לשינויים במערכת הטבעית.

האדם מפר את שיווי המשקל האקולוגי בדרכים שונות:

א. תפיסת שטחים וניצול לא-מבוקר של משאבי טבע – ניצול לא-מבוקר של משאבי טבע (כגון: כריתת עצי יער לצורך הפקת החומר עץ, ניצול מקורות המים, יצירת שטחי מרעה, ציד בעלי חיים המשמשים מזון או מקור לחומרים שונים) גורם להכחדה של מינים רבים. כריתת יערות גורמת להכחדת מינים רבים של יצורים חיים שחיו ביערות שנכרתו. כריתה של עצי אלון התבור, אלון התולע, ער אציל וקטלב, שינתה את נוף הצומח בצפון הארץ: במקום העצים התפתחו שיחים. איילים וצבאים שחיו בעבר ביערות נכחדו משום שהשיחים לא התאימו להם למאכל. תפיסת המים של רוב הנחלים בארץ והפנייתם לצורכי השקיה ושתייה, הכחישה את רוב הצמחים ובעלי החיים שחיו במי הנחלים או על גדותיהם.

ב. ציד, דיג ורעייה לא-מבוקרים – פעולות כאלה פוגעות קשה במינים רבים של צמחים ושל בעלי חיים. מינים רבים של יונקים כמו, לדוגמה, קרנפים, פילים, קופים, לווייתנים ואריות ים, נפגעו עד כדי סכנת הכחדה עקב ציד לא-מבוקר. דגים כמו, לדוגמה, כרישים, דגי טונה וסרדינים, הגיעו לסף הכחדה עקב דיג לא מבוקר. עד שנות ה-50 של המאה ה-20 נפגעו בארץ שטחי חורש גדולים, עקב רעייה לא-מבוקרת של עזים הניזונות מן הצומח בחורש.

ניצול בר-קיימא – דיג, ציד ורעייה מבוקרים – בהיקף שאינו עולה על יכולת ההתחדשות של הצמחים ושל בעלי החיים, אינו פוגע ביציבות האוכלוסייה, ומאפשר לאדם להמשיך ולהשתמש בבעלי החיים ובשטחי המרעה לאורך זמן, בלי להכחידם.

ג. העברת מינים של צמחים ושל בעלי חיים ממקום למקום על פני כדור הארץ – בדרך כלל האדם מעביר ממקום למקום חיות משק, המספקות לו מזון. אך לעתים הוא מעביר יצורים חיים אחרים לצרכים שונים. כך, לדוגמה, בראשית המאה הקודמת הובאו לארץ עצי אקליפטוס מאוסטרליה, כי חשבו שהם יסייעו לייבוש הביצות.

לעתים ההעברה מתבצעת שלא במתכוון: בעלי חיים חודרים לספינות ומגיעים אתם לארצות רחוקות. כך, לדוגמה, הגיעה הארנבת לאוסטרליה.

במקרים אחדים, מינים שהאדם מעביר הופכים למינים פולשים, הפוגעים במגוון הביולוגי המאפיין את האזור שהגיעו אליו.

מהו מין פולש? – מין המגיע למערכת אקולוגית שהוא לא התקיים בה קודם לכן. כאשר המין הפולש מצליח להתפשט בלא הפרעה במקום החדש, משום שהוא מתחרה בהצלחה עם מינים מקומיים ואין לו במקום החדש אויבים טבעיים, הוא משפיע על סביבתו.

כך, לדוגמה, הכניסו לימת ויקטוריה שבאפריקה את הדג נסיכת הנילוס, כדי שישמש מקור פרנסה לתושבים באזור. אבל דג טורף זה הכחיד כ-350 מינים שחיו באגם קודם לכן, ופגע בפרנסה בפרנסת הדייגים; הארנבת שהגיעה לאוסטרליה שלא בכוונה, התרבתה בה מאוד. היא אכלה כמויות עצומות של צמחי בר שגדלו בשטח, וכך גרמה לפגיעה גם בחיות הבר במקום, כמו הקנגורו וחיות כיס אחרות; בעקבות

חפירת תעלת סואץ ויצירת החיבור בין הים התיכון לים סוף ולאוקיינוס ההודי, חדרה לים התיכון המדוזה חוטית נודדת, שהפרה את המאזן האקולוגי בים התיכון. היא פגעה, בין השאר, במיני דגים טובים למאכל וכך הזיקה לענף הדיג, נוסף על פגיעתה במתרחצים בים. סכנתם של מינים פולשים היא גדולה, משום שפגיעתם אינה מידית. עובר זמן עד שהפגיעה מורגשת ואז המין הפולש כבר מבוסס היטב במקום החדש, ואי-אפשר להיפטר ממנו.

ד. זיהום הסביבה – לטענת מדענים רבים, התחממות כדור הארץ בימינו נובעת במידה רבה מפליטה מוגברת של פחמן דו-חמצני, שהוא גז חממה. הוא נפלט לאטמוספירה כתוצאה משכפת דלק במפעלי תעשייה, בתחנות כוח ובכלי רכב. התחממות כדור הארץ כבר פוגעת ביצורים החיים. כך לדוגמה, נפגעו בעולם שוניות אלמוגים רבות משום שהאלמוגים רגישים מאוד לשינויים קלים בטמפרטורת המים. באנגליה יש עדויות לכך שהתחממות הביאה לשינויים בתפוצת פרפרי יום: פרפרים החיים בדרך כלל באזורים חמים יותר הגיעו לאזור, ואילו פרפרים שחיו באזור בעבר הולכים ונעלמים. פליטה מוגברת של פחם לאוויר באזורים עירוניים צפופים פוגעת בצמחים, משום שהפחם מכסה את עלי הצמחים ופוגע בתהליך הפוטוסינתזה. פליטת גזים רעילים לאוויר פוגעת בצמחים ובבעלי חיים וגורמת לתחלואה שלהם ולתמותתם.

זיהום הים בנפט הנפלט ממכליות פוגע באזורי חוף רבים. במרץ 2010 גרמה טביעת מכלית יפנית לזיהום שונית האלמוגים הגדולה ביותר בעולם, הנמצאת בחופי אוסטרליה. רשתות דיג ושקיות פלסטיק הנזרקות לים, לוכדות דולפינים, צבי ים ודגים שונים, או נבלעות על ידם, גורמות למותם ולפגיעה במערכות טבעיות שהם שייכים אליהן.

זיהום גופי מים יבשתיים כמו אגמים ונהרות פוגע ביצורים החיים במימיהם ועל גדוניהם. בארץ, לדוגמה, נפגעו נחלים רבים (כמו הקישון, הירקון ונחל שורק) בעקבות הזרמת שפכים או מזהמים אחרים (חומרי ריסוס והדברה מחקלאות), וצמחים ובעלי חיים שחיו שם נכחדו.

הצטברות חומרי הדברה פוגעת לאורך זמן ביצורים חיים רבים. כך, לדוגמה, מתו בשנים 2008–2009 עשרות מיליארדי דבורי דבש בארצות הברית, וגרמו שם להתמוטטות של יותר משני מיליון כוורות. התופעה התפשטה למקומות אחרים בעולם, ואף הגיעה לארץ. מחקרים העלו שהמערכת החיסונית של הדבורים נפגעה, כנראה, בהשפעת חומרי הדברה המצויים בצמחים, שמשמשים מזון לדבורים. החלשת המערכת החיסונית מאפשרת התרבות של מיקרואורגניזמים מחוללי מחלות בגופן של הדבורים. הדבורים הן המאביקות העיקריות של מאות מיני פירות, ירקות, פרחים ואגוזים שהאדם מגדל. תמותה נרחבת שלהן עלולה לגרום נזקים אדירים לחקלאות ולייצור המזון בעולם.

המגוון הביולוגי ושמירתו

בשנים האחרונות התפתח מושג חדש ורחב יותר מקודמיו, הנקרא מגוון ביולוגי. לכל יצור חי יש תכונות המיוחדות לו ומקורן במטען הגנטי-תורשתי שלו. כל היצורים החיים השייכים לאותו מין יוצרים מגוון גנטי – אוסף של תכונות שונות המצויות במטען התורשתי של כולם (לדוגמה, צבעי העיניים וגודל הגוף של כל הקוצנים הזהובים החיים בערבה).

המגוון הביולוגי כולל את כל סוגי המגוון שהצגנו: מגוון הסביבות, מגוון המינים והמגוון הגנטי.

למגוון הביולוגי חשיבות רבה בשמירה על שלמותן של כל הסביבות הטבעיות על פני כדור הארץ ועל בריאותן. הוא חשוב גם לקיומו התקין של האדם משום שהסביבה מספקת לו את כל המשאבים הנחוצים לקיומו: שטחי קרקע לגידול מזון, מים לשתייה ולהשקיה וכן צמחים ובעלי חיים שהם מקור למזון ולחומרים רבים אחרים (תרופות, ויטמינים). פגיעה במגוון הביולוגי פוגעת גם באדם. יתר על כן, רבים רואים בקיומם של כל המינים החיים ערך בפני עצמו, שלאדם אין זכות לפגוע בו.

ההכרה בחשיבות השמירה על המגוון הביולוגי לשם הבטחת המשך קיומם התקין של החיים על פני כדור הארץ, הביאה לניסוח הסכמים בין-לאומיים רבים. מטרת ההסכמים היא ליצור שיתוף פעולה בין כל המדינות בעולם, על בסיס ההבנה כי השמירה על המגוון הביולוגי היא עניין הנוגע לכל בני האדם. ההסכמים גם נועדו למצוא איזון בין צרכי האדם לבין הצורך לשמור על משאבי הטבע ועל היצורים החיים, למענו ולמען הדורות הבאים.

אכן, במדינות רבות נוקטים פעולות שונות כדי לשמור על המגוון הביולוגי שבתחומן:

- מקימים שמורות טבע בסביבות בעלות נוף ייחודי, או בסביבות שחיים בהן צמחים ובעלי חיים מיוחדים. בתחומי שמורות הטבע אסורה כל פגיעה ביצורים החיים או בנוף הטבעי.
- בארץ הוקמו עד היום יותר מ-200 שמורות טבע בכל חלקי הארץ.
- בונים מסדרונות אקולוגיים המאפשרים מעבר של בעלי חיים מאזור לאזור.
- מסדרונות כאלה הוקמו, לדוגמה, ברמות מנשה, כדי לגשר בין האזורים שכביש 6 חוצה אותם.
- מכריזים על מינים נבחרים בתור מינים מוגנים שאסור לפגוע בהם בכל דרך שהיא.
- בארץ מוכרים צמחים מוגנים רבים שאסור לקטוף אותם (לדוגמה, סחלבים וכל שאר הצמחים הגאופיטים), ובעלי חיים שאסור לצוד אותם או לפגוע בהם בכל דרך אחרת (לדוגמה, כל הזוחלים).
- מקימים אוספים של חומר גנטי – גנים בוטניים ו"בנק זרע", שנשמרים בהם זרעים של צמחים; גני חיות ששומרים בהם בעלי חיים שונים ואף מטפחים "גרעיני רבייה": מרבים בעלי חיים הנמצאים בסכנת הכחדה, כדי לשחרר אותם בטבע.

הצעות דידקטיות

א. תיאור תהליך ההוראה

שיקולי הדעת: שני המושגים, אוכלוסייה ושווי משקל, הם מושגים קשים לתפיסה, במיוחד במערכות מורכבות כמו מערכות אקולוגיות, שחיים בהן מינים רבים של יצורים חיים. כדי להבהיר מושגים אלו, חשוב לעסוק בתיאורים של אירועים ממשיים, שממחישים אותם ללומדים.

אוכלוסייה – כלל הפרטים השייכים למין מסוים שחיים באותה סביבת חיים. בכל סביבה מתקיימות אוכלוסיות כמספר המינים החיים בה. גודל האוכלוסייה נקבע על פי המאזן בין מספר הפרטים הנוספים לאוכלוסייה בזמן נתון (לידות והגירה) לבין מספר הפרטים העוזבים את סביבת החיים (תמותה והגירה).

אפשר להשתמש בדוגמאות העוסקות באוכלוסיית האדם, המוכרות לתלמידים מחיי היום-יום (גודל האוכלוסייה או מספר התושבים הגרים בעיר כלשהי או במדינה). תהליכים המשפיעים על מספר התושבים (גודל האוכלוסייה) ביישובים בארץ (לידות, תמותה, הגירה) משפיעים גם על גודל האוכלוסייה במערכות טבעיות. אפשר גם לדון בגרף המתאר את הגידול המואץ באוכלוסיית האדם במאה ה-20 (טבע הסביבה, עמ' 136). הדוגמה העוסקת בתחרות בשולית המים בין שני מינים של סנדליות ממחישה את השפעת התחרות על גודל האוכלוסייה (טבע הסביבה, עמ' 127–128), ובדוגמה המציגה שימוש בתנשמת להדברה ביולוגית, מודגמת השפעת הטורף על אוכלוסיית המכרסמים (טבע הדברים עמ' 143).

הדוגמה העוסקת באוכלוסיות הצבאים ברמת יששכר וברמת הגולן (משימה 4 בערכה זו) יכולה להמחיש **שיווי משקל** הנשמר באוכלוסייה של בעלי חיים במערכת טבעית, למרות שינויים שנתיים בגודלה. כפי שאפשר לראות בגרף, נשארה אוכלוסיית הצבאים יציבה בתקופת המחקר. בכל שנה השתנה קצת מספר הצבאים, אבל הוא נשמר סביב הערך של 1600 (ראו קו אופקי בגרף). העלייה במספר הצבאים בשנת 1993 נבעה משנתיים גשומות במיוחד שהביאו לגידול ניכר בכמות הצומח העשבוני, המשמש מזון לצבאים. לעומת זאת, מעקב אחר אוכלוסיית הצבאים ברמת הגולן בשנים 1993–2000 העלה תמונה שונה לגמרי. אוכלוסיית הצבאים ירדה בשל העלייה באוכלוסיית הטורפים: התנים והזאבים. השפעת יחסי גומלין בין מרכיבים ביוטיים, כמו, לדוגמה, יחסי הזנה מסוג טורף-נטרף בין הצבאים לזאבים ולתנים בגולן, מדגימה הפרה של שיווי משקל באוכלוסייה על ידי מין אחר.

השתלטות האדם על יותר מ-80% משטחו של כדור הארץ גורמת להפרת שיווי המשקל האקולוגי במערכות טבעיות רבות. הדיון היעיל ביותר בתופעה הוא בעזרת חקר מקרים. אפשר לדון במקרים שונים כגון: רעייה בחורש, חדירת מדוזות לים התיכון, מינים פולשים וכדומה (טבע הסביבה, עמ' 138–152) או במידע שמתפרסם בתקשורת ובמקורות אחרים בדבר פגיעות בסביבה, וגם בעזרת דוגמאות המוצעות בשאלות ההערכה. התלמידים יכולים לעבוד בקבוצות, כל קבוצה תנתח דוגמה אחת ותציג אותה לפני כל הכיתה. בדיון בכיתה יוצגו המאפיינים הייחודיים לכל סביבה והעקרונות המשותפים לכל הסביבות: מהי מערכת אקולוגית יציבה (מערכת הנמצאת בשיווי משקל ומצליחה לשמור עליו לאורך זמן למרות הפרעות בסביבה) לעומת מערכת בלתי יציבה (מערכת שאינה נמצאת בשיווי משקל והיא משתנה בשיעור ניכר, בהשפעת גורמים שונים).

המגוון הביולוגי כורך יחד שלוש רמות של מגוון (מגוון גנטי, מגוון מינים ומגוון סביבות חיים), ששתיים מהן הכירו התלמידים עוד קודם לכן. אוכלוסייה ושיווי משקל אקולוגי הם מונחים הקשורים בעיקר למגוון המינים החיים בכל סביבת חיים. אך הכחדה, ולו של מין אחד בלבד של יצור חי, פוגעת בכל שלוש הרמות של המגוון הביולוגי.

כאן המקום לקיים בכיתה דיון בדילמה סביבתית: להתבסס על חקרי המקרה שביצעו קבוצות התלמידים, שהמחישו את פגיעת האדם במערכות טבעיות ואת השפעותיה של פגיעה זו על האדם עצמו. הדיון יוביל להבנת הצורך בפיתוח בר-קיימא לצורך שמירה על קיומו של האדם בעולמנו. יש מקום להציג גם את הגישה

הביוצנטרית בשמירה על הסביבה. על פי גישה זו, זכותם של כל היצורים החיים לחיות אינה נופלת מזכותו של האדם, ובתור אחד מן היצורים החיים בסביבה, אין לאדם זכות לפגוע בשאר היצורים כדי להבטיח את רווחתו.

השמירה על המגוון הביולוגי תלויה במידה רבה בערכים של כל אחד מאתנו ובדפוסי ההתנהגות שלנו. פעולות העוסקות בהכרה מקרוב של אתרי טבע הסמוכים לבית הספר, על מרכיביהם, ובאימוץ האתרים, יגבירו את מידת המעורבות וההבנה של התלמידים בחשיבות השמירה על המגוון הביולוגי. מעניין במיוחד להשוות בין פעולות הננקטות לשימורו של מין מסוים (כמו, לדוגמה, הבז האדום), לבין מאבקים לשימורן של סביבות שלמות (כמו, לדוגמה, המאבק לשמירה על חוף הים ולמניעת בנייה ופיתוח סמוך לו).

קשיים אפשריים

1. הקושי העיקרי בנושא של שיווי משקל במערכות אקולוגיות הוא התפיסה המערכתית של התופעה. היחידה היסודית היא האוכלוסייה של המין ולא הפרט. השינויים במערכת נבחנים קודם כול ברמת האוכלוסייה ובהרכבה. גם יחסי הגומלין נבחנים ברמה של אוכלוסיות של מינים שונים ולא ברמה של פרטים שונים. ההבנה שמערכת יציבה, שנשמר בה שיווי משקל אקולוגי, אין פירושה מערכת שכלל אין בה שינויים, אלא מערכת שיש בה תנודות ושינויים כל הזמן סביב ערך ממוצע כלשהו. ברגע שהרכב המערכת משתנה שינוי בלתי הפיך (היעלמות של מין כלשהו, הופעה של מין חדש או שינויים בהיקף גדול יותר) שיווי המשקל האקולוגי אינו נשמר בה.
2. הבנת הגורמים המשפיעים על שיווי משקל אקולוגי ומשמעותו של גורם מגביל: קל, יחסית, להבין השפעות ישירות כמו מחסור במזון, במים ובאור (בצמחים). קשה יותר להבין השפעות של שינוי טמפרטורה (או מחסור באור על בעלי חיים), שהן ברובן עקיפות (דרך השפעה על הצומח שהוא מקור המזון או על זמינות המים עקב התייבשות מקורות מים).

הצעות להתמודדות עם הקשיים

1. דיון בדוגמאות רבות ככל האפשר יכול לסייע בהבהרת משמעות שיווי משקל באוכלוסייה, השפעות הדדיות בין אוכלוסיות שונות והקשר שבין השפעות אלו לבין שמירת שיווי המשקל במערכת האקולוגית כולה.
2. להמחשת ההשפעות של תנאי סביבה על שיווי המשקל האקולוגי, אפשר להציג תופעות של שנים שחונות (שנות בצורת) על מערכות טבעיות בארץ: מחסור במים מצמצם את כמות הצמחים בשטחים פתוחים ומשפיע על התרבות בעלי חיים; טמפרטורות גבוהות מביאות להתייבשות מהירה יותר של הקרקע ושל גופי מים ולקיצור תקופת הגדילה והפריחה של הצמחים, דבר המשפיע על בעלי חיים רבים.

טבלת תכנון ה.ל.ה.

טורח שעות מומלץ: 4-6

נושא	מושגים ורעיונות	מיומנויות	פעילויות מפתח	הפנייה לחומרי למידה	משימות הערכה
שיווי משקל באוכלוסיה	- אוכלוסיה - מין - אוכלוסייה יציבה	- תצפית - ניתוח גרפים - ניסוח הסברים	- הכרת מושגי יסוד של אוכלוסיה, שיווי משקל - שינויים בגודל אוכלוסיית האדם - סיור להמחשת אוכלוסיות בסביבה הקרובה: צמחים, ציפורים, אדם וכדומה)	- מערכות אקולוגיות, עמ' 118-117 - טבע הסביבה, עמ' 124, 127, 136, 143 - עולם התזונה, עמ' 54-53	
שיווי משקל אקולוגי והפרתו	- שיווי משקל אקולוגי - הפרת שיווי משקל אקולוגי (הפרה טבעית ומעשה ידי אדם)	- קריאת טקסט וניתוחו - ניתוח גרפים - ניסוח הסברים - הסקת מסקנות - טיעון	עבודה בקבוצות, ניתוחי מקרים שונים: - ייבוש החולה והצפתה מחדש - רעיית עזים בחורש - חדירת מינים מהגרים מים סוף לים התיכון - סלילת כבישים החוצים שטחי מחייה של בעלי חיים - תפיסת שטחי חולות - זיהום נחל אלכסנדר והשפעתו על הצבים הצגת חקר המקרים בכיתה ומציאת המשותף: - פעילות סיכום במליאה של חקרי המקרה הנ"ל - משפט ציבורי: כלובי דגים במפרץ אילת	- מערכות אקולוגיות, עמ' 133, 138-140, 145-145, 153-154; 157-161 - טבע הסביבה, עמ' 141, 145, 149, 151-152 - הפעילות: שונות האלמוגים וכלובי הדגים	
שימור המגוון הביולוגי	- מגוון מינים - מגוון סביבות - מגוון ביולוגי - מין פולש - מינים מוגנים	- קריאת טקסט וניתוחו - ניתוח גרפים - ניסוח הסברים - טיעון	- חקר מקרה: השבת נשרים לטבע - חקר מקרה: מעברים מתחת לכבישים (מסדרון אקולוגי) - המשימה: אוכלוסיית פרות ואוכלוסיית כלניות (בערכה זו) - המשימה: מי יציל את אגם ויקטוריה? (בערכה זו)	- טבע הסביבה, עמ' 139, 149 - מערכות אקולוגיות, עמ' 155-156 - הפעילות: סכנה לאוכלוסיית הסלמנדרות הכתומות בישראל - הפעילות: מינים פולשים בישראל - הפעילות: שמורות טבע ימיות לשימור מגוון המינים בים - הסרט: כלניות או לא להיות	

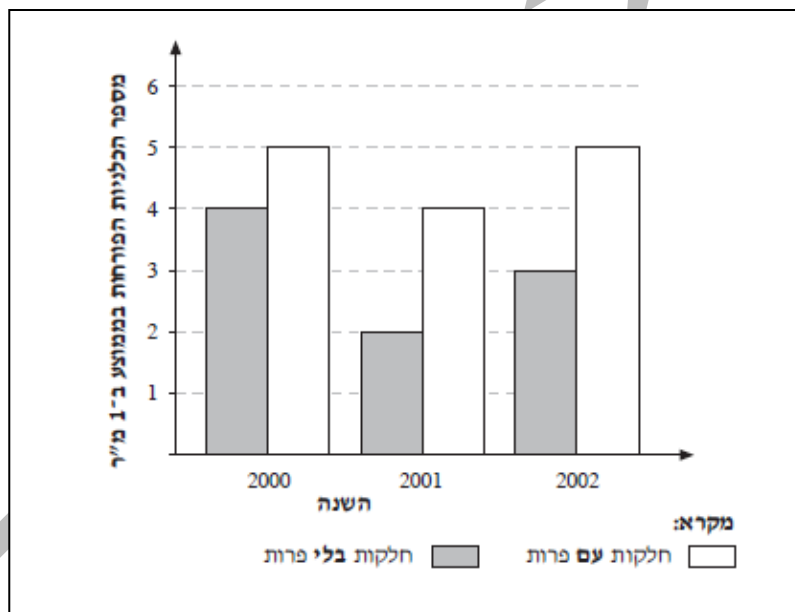
פעילויות

משימה 4: אוכלוסיית פרות ואוכלוסיית כלניות

קראו את קטע המידע וענו על השאלות שאחריו.

בקיץ היבש והחם סכנת השרפות בארץ גוברת. לאחר ששרפות אחדות השמידו שיחים ועצי חורש רבים, ואף סיכנו שכונות מגורים, הוצע להקים **אזורי חיץ** (אזורי הפרדה, שטחים חוצצים), שיפרידו בין שטחים של צומח טבעי לבין שטחי מגורים, ובכך ימנעו את התפשטות השרפות. לאזורי החיץ האלה יכניסו עדר פרות. הפרות יאכלו את הצמחים ויקטינו את כמות העשב היבש והדליק. ואולם התעורר חשש שרעיית הפרות תפגע באוכלוסיות הכלניות באזורי החיץ. כדי לברר שאלה זו ערכו חוקרים מחקר: הם השוו את מספר צמחי הכלניות שפרחו בחלקות שהוכנסו אליהן פרות, למספר צמחי הכלניות שפרחו בחלקות שלא הוכנסו אליהן פרות. תוצאות המחקר מוצגות בגרף.

מספר הכלניות הפורחות בחלקות שיש בהן רעיית פרות ובחלקות בלא רעייה



1. על פי הקטע, מהו **תפקידם** של אזורי חיץ?
2. על פי התוצאות המוצגות בגרף, באילו חלקות היה מספרן של הכלניות הפורחות בשטח של 1 מ"ר **גדול יותר**, בחלקות שיש בהן פרות או בחלקות בלי פרות?
3. להכנסת הפרות לאזורי החיץ יש יתרונות. ציינו **שני יתרונות** של הפעולה הזאת.
4. מדוע בדקו החוקרים גם חלקות **שלא** הוכנסו אליהן פרות?
5. מהי המסקנה מן המחקר?
6. התבוננו בסרטון: **כלניות או לא להיות**, ובעזרת המידע שתראו בו, הסבירו את תוצאות המחקר הזה.

משימה 5: מי יציל את אגם ויקטוריה?

קראו את קטע המידע וענו על השאלות שאחריו.

אגם ויקטוריה שבמרכז אפריקה הוא אגם המים המתוקים השלישי בגודלו בעולם. אלפי שנים חיו במי האגם מאות מינים של דגים ובהם דגי אמנון ודגי אמנונית. דגי האמנונית עוררו עניין מיוחד בקרב חוקרים משום שחיו באגם יותר מ-400 מינים שונים מסוג זה!

מתיישבים שהגיעו מאירופה בתחילת המאה ה-20 שינו לחלוטין את מצב הדגים באגם: הם כרתו שטחי יערות מסביב לאגם כדי לגדל בהם גידולים חקלאיים, והקימו מפעלים כדי לעבד את התוצרת החקלאית. מהשדות נשטפו לאגם חומרי דשן וחומרי הדברה, ומהמפעלים זרמו לאגם שפכים לא-מטופלים. בשפכים ובחומרי הדשן שזרמו לאגם היו תרכובות חנקן ותרכובות זרחן, שהאיצו התרבות של אצות ירוקות באגם. האצות התחרו באצות צורניות ששימשו מקור מזון יחיד לדגי האמנון, ואוכלוסיית הדגים פחתה. אצות שמתו שקעו לקרקעית האגם והפכו לחומרי רקב בתהליכים הצורכים חמצן רב. וכך, בשל מחסור בחמצן, נפגעו הדגים באגם. ואם לא די בכל המפגעים האלה, הרי שבשנות ה-50 של המאה ה-20 הכניסו לאגם את דג נסיכת הנילוס כדי להגדיל את יבול הדגה.

דג נסיכת הנילוס הוא דג טורף ענק – אורכו יכול להגיע קרוב ל-2 מטרים ומשקלו ל-100 ק"ג! בתוך שנים אחדות התרבה הדג באגם, טרף את רוב הדגים שחיו במים וגרם להכחדה של למעלה מ-200 מיני דגים. בשנים האחרונות נפגעה גם אוכלוסיית דג נסיכת הנילוס בשל דיג יתר, בשל מחסור במקורות מזון (לאחר שטרף את רוב הדגים שחיו באגם) ובשל המחסור בחמצן במי האגם. בימינו, אגם ויקטוריה הוא אגם גווע, והמדענים מטיילים ספק אם אפשר להציל אותו ולהחזיר חיים למימיו.

- שנים רבות נשמר שיווי המשקל האקולוגי באגם ויקטוריה.
 - ציינו אילו מרכיבים חיים התקיימו באגם בשנים אלו.
 - תנו דוגמה לשרשרת מזון שהתקיימה באגם בשנים אלו.
- מה פגע באיכות המים של האגם? כיצד?
- מה גרם להצטברות חומרי רקב במי האגם?
- ציינו שני גורמים ביוטיים שהפרו את שיווי המשקל האקולוגי באגם. כתבו את הגורמים בטבלה, וליד כל גורם כתבו על איזה גורם ביוטי הוא השפיע ומה הייתה השפעתו.

שם הגורם	המרכיבים הביוטיים שהושפעו	השפעת הגורם

- איזה גורם היה בעל ההשפעה הישירה הגדולה ביותר על החיים באגם ויקטוריה? הסבירו מדוע.

תשובון למשימה 4

1. אזורי החיץ נועדו למנוע התפשטות שרפות שעלולות לפרוץ בשטח, על ידי יצירת רווחים בין אזורים של צמחייה טבעית לבין אזורי מגורים.
2. מספר הכלניות הפורחות היה גדול יותר בחלקות שהייתה בהן רעיית פרות.
3. (א) הפרות אוכלות צומח עשבוני שמתייבש בקיץ ועלול לגרום להתפשטות שרפה; (ב) הכלניות מתרבות בשטח שבו יש רעיית פרות.
4. חלקות אלו משמשות בקרה – כדי שיהיה אפשר לוודא שהשינויים במספר הכלניות נבעו מהרעייה ולא מגורמים אחרים (כמו לדוגמה, שינויים בכמות המשקעים השנתית).
5. המסקנה העיקרית היא שרעיית הפרות מעודדת צמיחה של כלניות.

תשובון למשימה 5

1. א. מין המרכיבים החיים שהתקיימו באגם לפני שהשתנה, היו: דגי אמנון, 400 מינים של דגי אמנונית, אצות צורניות.
- ב. אצות צורניות <---- דגי אמנון
2. שפכים, חומרי הדברה וחומרי דשן שזרמו למי האגם. השפכים וחומרי הדשן העשירו את מי האגם בתרכובות חנקן ובתרכובות זרחן, והן עודדו התפתחות מואצת של אצות ירוקות. אצות שמתו ושקעו לתחתית האגם, נרקבו וגרמו לירידה גדולה בריכוז החמצן שבמים.
3. חומרי הרקב הצטברו בגלל האצות הירוקות שהתרבו באגם, ובגלל דגים שמתו בעקבות מחסור בחמצן במי האגם.
- 4.

שם הגורם	המרכיבים הביוטיים שהושפעו	השפעת הגורם
אצות ירוקות	אצות צורניות, דגי אמנון ומיני דגים נוספים	האצות הצורניות התמעטו, ועקב כך התמעטו גם דגי האמנון. האצות שהתרבו הגדילו תהליכי רקב, שגרמו לחוסר חמצן ולתמותת דגים רבים
דג נסיכת הנילוס	רוב הדגים באגם	הדג טרף את רוב אוכלוסיות הדגים האחרים באגם.

5. האצות הירוקות הן בעלות ההשפעה הישירה הגדולה ביותר, על החיים באגם, כי הן שגרמו לירידה בריכוז החמצן במים, אשר פגעה בכל היצורים החיים באגם: האצות הצורניות וכל מיני הדגים. דג נסיכת הנילוס, היה, במקרה זה, "הקש ששבר את גב הגמל", שהוסיף פגיעה חמורה בדגים שבאגם.

חומרי למידה העוסקים בתוכני ערכת ה.ל.ה בנושא "מערכות אקולוגיות"

- **עולם התזונה**, הוצאת מטח. (2010)
- **טבע הסביבה** מדע וטכנולוגיה בחטיבת הביניים, מטמו"ן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע, רחובות. (2005)
- **מערכות אקולוגיות**. מדע וטכנולוגיה בחטיבות הביניים, האגף לת"ל, האוניברסיטה העברית ירושלים, המרכז להוראת המדעים. (1999)
- **משאבים וסביבה**, האגף לת"ל, האוניברסיטה העברית ירושלים, המרכז להוראת המדעים. (2004)
- **עוברים לירוק**, ספר לימוד לחטיבה העליונה. האגף לת"ל, אוניברסיטת בר-אילן, המרכז להוראת המדעים. (2003)
- **חיים וסביבה**, פרקי מבוא בלימודי הסביבה לחטיבה העליונה, האגף לת"ל, האוניברסיטה העברית ירושלים, המרכז להוראת המדעים. (1998)
- **פרקים באקולוגיה**, ספר לימוד לחטיבה העליונה, האגף לת"ל, האוניברסיטה העברית ירושלים, המרכז להוראת המדעים. (2007)
- **במבט חדש לכיתה ו**, המרכז לחינוך מדעי וטכנולוגי, אוניברסיטת תל-אביב, הוצאת רמות. (2009)
- **קשרי קיום**, מבט לבית הספר היסודי, הוצאת רמות, אוניברסיטת תל-אביב. (1998)

אתרי אינטרנט מומלצים וחומרי העשרה למורה ולתלמיד/ה

שם האתר	כתובת האתר
אתר אופק במדע וטכנולוגיה לחט"ב	http://ofekhigh.cet.ac.il
הספרייה הווירטואלית, באתר מטח	http://lib.cet.ac.il/pages/frontpage.asp
משאבי הטבע ברשת, באתר של אוניברסיטת תל-אביב	http://earthweb.tau.ac.il
אתר בריינפופ (סביבה, קיימות, אקולוגיה)	http://www.brainpop.co.il/category_8/subcategory_102
אתר קמפוס טבע, אוניברסיטת תל-אביב	http://campusteva.tau.ac.il
התכניות החינוכיות, באתר רמת הנדיב	http://ramat-hanadiv.cet.ac.il/programs.asp
קורס אקולוגיה, באתר רשת אורט	http://space.ort.org.il/@home/scripts/frame.asp?sp_c=994778221

פריטי הערכה

טבלת מיפוי פריטי הערכה

יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת אקולוגית

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
1.	צרכן, צרכן ראשוני, טורף		ידע והבנה	סגור
2.	צרכן, צרכן ראשוני, טורף		ידע והבנה	סגור
3.	מפרקים, חומר אורגני ואי-אורגני		ידע והבנה	סגור
4.	צרכן, יצרן, שרשרת מזון		ידע והבנה	סגור
5.	שרשרת מזון		ידע והבנה	סגור
6.	יצרן, צרכן ראשוני, צרכן שניוני		ידע והבנה	סגור
7.	יצרן, צרכן, טורף, טורף על	ניתוח איור	ידע והבנה	פתוח
8.	יצרן, צרכן, שרשרת מזון ומארג מזון		ידע והבנה	סגור
9.	יצרן, צרכן, שרשרת מזון ומארג מזון		ידע והבנה	בינוני
10.	הדדיות, טפילות, תחרות, טריפה		יישום	סגור
11.	מארג מזון	ניתוח איור	יישום	סגור
12.	מארג מזון	ניתוח איור	יישום והנמקה	סגור+פתוח
13.	הדדיות, טפילות, תחרות, טריפה		יישום	סגור
14.	הדדיות, טפילות, תחרות, טריפה		יישום	סגור
15.	הדדיות, טפילות, תחרות, טריפה		יישום	סגור
16.	שרשרת מזון	ייצוג בתרשים	יישום	פתוח
17.	אוכלוסייה, מארג מזון	ניתוח איור	יישום	פתוח
18.	אוכלוסייה, מארג מזון, יצרן, צרכן	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
19.	גורמים א-ביוטיים	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
20.	שרשרת מזון	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
21.	יחסי גומלין, טריפה	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
22.	איזון אקולוגי	ניתוח טקסט והסקת מסקנה	הנמקה	פתוח
23.	חומר אורגני	ניסוח השערה	הנמקה	פתוח

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
24.	שרשרת המזון, איזון אקולוגי	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
25.	מפרקים, אוכלוסייה	ניתוח טקסט והסקת מסקנה	הנמקה	פתוח
26.	מערכת אקולוגית, אויזון אקולוגי	טיעון	הנמקה	פתוח

מעברי חומרים ואנרגיה במערכת אקולוגית

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
27.	פירמידת מזון, רמות הזנה	ייצוג חזותי	ידע והבנה	סגור
28.	פירמידת מזון, צרכן, צרכן, טורף על	ייצוג חזותי	ידע והבנה	סגור
29.	פירמידת מזון, צרכן, צרכן, טורף על	ייצוג חזותי	ידע והבנה	סגור
30.	פירמידת מזון, ביומסה, אנרגיה	ייצוג חזותי	ידע והבנה	סגור
31.	פירמידת מזון, חומר אורגני ואי-אורגני		ידע והבנה	סגור
32.	חומר אורגני ואי-אורגני		ידע והבנה	סגור
33.	חומר אורגני ואי-אורגני, מחזור		ידע והבנה	סגור
34.	פוטוסינתזה		ידע והבנה	סגור
35.	פוטוסינתזה		ידע והבנה	סגור
36.	מחזור הפחמן, פחמן אורגני ואי-אורגני	ניתוח איור	ידע והבנה	פתוח
37.	מחזור הפחמן, פחמן אורגני ואי-אורגני	ניתוח איור	ידע והבנה	פתוח
38.	מחזור הפחמן, פחמן אורגני ואי-אורגני	ניתוח איור	ידע והבנה	פתוח
39.	פוטוסינתזה	הנמקה	ידע והבנה	סגור+פתוח
40.	פוטוסינתזה	ניתוח גרף	יישום	פתוח
41.	פוטוסינתזה – מגיבים ותוצרים	ניתוח ניסוי	יישום	סגור+פתוח
42.	פוטוסינתזה		יישום	סגור
43.	מעברי חומרים במערכת האקולוגית	ייצוג מידע	יישום	סגור
44.	מעברי אנרגיה בפירמידת האקולוגית	ניתוח איור	ידע והבנה	פתוח
45.	פירמידת אקולוגית	ניתוח איור	ידע והבנה	סגור
46.	פירמידת אקולוגית	הנמקה	ידע והבנה	פתוח
47.	פוטוסינתזה, מעברי אנרגיה		יישום	פתוח
48.	פירמידת אקולוגית		הנמקה	פתוח

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
49.	פירמידה אקולוגית, מעברי אנרגיה		ידע והבנה	פתוח
50.	פוטוסינתזה, פירמידה אקולוגית		יישום	פתוח
51.	מחזור הפחמן בטבע, השפעת האדם		הנמקה	פתוח

שיווי משקל אקולוגי והשפעת האדם עליו

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
52.	אוכלוסייה, מין, סביבת חיים		ידע והבנה	סגורה
53.	אוכלוסייה יציבה, שווי משקל אקולוגי		ידע והבנה	סגורה
54.	מין פולש		ידע והבנה	סגורה
55.	מין פולש, שווי משקל אקולוגי והפרתו	הנמקה	יישום	פתוחה
56.	אוכלוסייה, איזון אקולוגי והפרתו	ניתוח טקסט	יישום	סגור
57.	שרשרת מזון	ייצוג מידע	יישום	פתוח
58.	הדברה ביולוגית, הדברה כימית		יישום	סגור
59.	הדברה ביולוגית ויתרונותיה	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
60.	שווי משקל אקולוגי והפרתו	הנמקה	הנמקה	פתוח
61.	אוכלוסייה	ניתוח גרף	יישום	פתוח
62.	אוכלוסייה	ניתוח גרף	יישום	פתוח
63.	אוכלוסייה יציבה	ניתוח גרף	יישום	סגור
64.	אוכלוסייה	טיעון, ניתוח גרף	הנמקה	פתוח
65.	שיקום אוכלוסייה	הסקת מסקנה	הנמקה	פתוח
66.	תנאים זהים	ניתוח ניסוי	יישום	פתוח
67.	תנאי שונה – בידוד משתנה	ניתוח ניסוי	יישום	פתוח
68.	מסקנה	הסקת מסקנה	יישום	סגור
69.	הסבר מדעי	ניתוח טיעונים	הנמקה	סגור
70.	הסבר מדעי	ניתוח טיעונים	הנמקה	פתוח
71.	אוכלוסייה, מארג מזון	ניתוח טקסט וייצוג מידע	יישום	סגור
72.	אוכלוסייה, שיווי משקל אקולוגי	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
73.	אוכלוסייה, מארג מזון	ייצוג מידע	יישום	סגור

מס' פריט	מושגים	מיומנויות	רמה קוגניטיבית	סוג הפריט
74.	אוכלוסייה, שיווי משקל אקולוגי	הסקת מסקנה	יישום	סגור
75.	מין פולש	ניתוח טיעונים	יישום	סגור
76.	מין פולש	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
77.	מין פולש, מגוון ביולוגי	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
78.	מין פולש	טיעון	הנמקה	פתוח
79.	מין פולש	ניתוח טיעונים	יישום	סגור
80.	מין פולש	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
81.	מין פולש, מגוון ביולוגי	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
82.	מין פולש	טיעון	הנמקה	פתוח
83.	מין פולש	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
84.	מין פולש	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
85.	מין פולש	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
86.	הכחדת מינים, שווי משקל אקולוגי	טיעון	הנמקה	סגור+פתוח
87.	הדברה ביולוגית	טיעון	הנמקה	סגור+פתוח
88.	השבת מינים לטבע	טיעון	הנמקה	סגור+פתוח
89.	אוכלוסייה, אוכלוסייה יציבה	ניתוח גרף	יישום	פתוח
90.	אוכלוסייה, אוכלוסייה יציבה	ניתוח גרף	הנמקה	פתוח
91.	אוכלוסייה, אוכלוסייה יציבה		הנמקה	פתוח
92.	אוכלוסייה, אוכלוסייה יציבה		הנמקה	פתוח
93.	מין פולש	טיעון	הנמקה	פתוח
94.	שיווי משקל אקולוגי	ניתוח טקסט	יישום	פתוח
95.	שיווי משקל אקולוגי	ניתוח טקסט	הנמקה	פתוח
96.	המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו	טיעון	הנמקה	פתוח
97.	המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו	טיעון	הנמקה	פתוח
98.	המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו	טיעון	הנמקה	פתוח
99.	המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו	טיעון	הנמקה	פתוח
100.	המגוון הביולוגי והשפעת האדם עליו	טיעון	הנמקה	פתוח

פריטי הערכה בנושא יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת אקולוגית

ידע והבנה

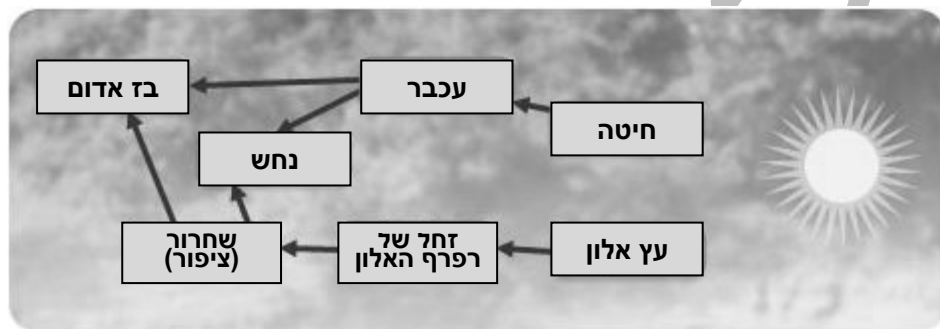
1. מיהו "צרכן ראשוני" במערכת האקולוגית?
 - א. בעל חיים שאין לו אויבים.
 - ב. בעל חיים הניזון מצמחים.
 - ג. בעל חיים טורף.
 - ד. צמח טורף.
2. מיהם היצרנים במערכת האקולוגית?
 - א. בעלי חיים הניזונים מבעלי חיים זעירים.
 - ב. בעלי חיים שאוכלים את הצמחים.
 - ג. הצמחים הירוקים.
 - ד. בני האדם.
3. במה מתבטאת חשיבות המפרקים בטבע?
 - א. בהעלאת ריכוז החמצן באטמוספירה.
 - ב. בקליטת האנרגיה של אור השמש.
 - ג. בפליטת חום אל הסביבה.
 - ד. במחזור חומר אורגני לחומר אי-אורגני.
4. איזו תופעה מבין התופעות הבאות היא דוגמה ליחסים שבין צרכן לבין יצרן בשרשרת המזון?
 - א. עכברים אוכלים זרעים.
 - ב. בני אדם אוכלים פטריות.
 - ג. נחשים טורפים עכברים.
 - ד. צמחים קולטים מים מן הקרקע.
5. איזו מבין השורות הבאות מייצגת בדרך נכונה שרשרת מזון?
 - א. דרור <----> זרעים <----> חיידקים <----> נץ
 - ב. חיידקים <----> זרעים <----> דרור <----> נץ
 - ג. זרעים <----> נץ <----> עכבר <----> דרור
 - ד. זרעים <----> עכבר <----> דרור <----> נץ

6. נמר טורף איילה שאוכלת עשב.

ציינו מיהו יצרן, מיהו צרכן ראשוני ומיהו צרכן שניוני במקרה זה.

- עשב – יצרן, איילה – צרכן ראשוני, נמר – צרכן שניוני.
- עשב – צרכן ראשוני, איילה – יצרן, נמר – צרכן שניוני.
- עשב – יצרן, איילה – צרכן שניוני, נמר – צרכן ראשוני.
- עשב – צרכן שניוני, איילה – צרכן ראשוני, נמר – יצרן.

7. לפניכם איור של מארג מזון:



א. רשמו שני יצרנים במארג זה: _____

ב. רשמו שני צרכנים ראשוניים במארג זה: _____

ג. רשמו שני צרכנים שניוניים במארג זה: _____

ד. רשמו שם של טורף-על במארג זה: _____

ה. האם לדעתכם תכחד אוכלוסיית הבזים אם יורעלו העכברים? נמקו: _____

8. בטבלה שלפניכם רשומים הסברים.

התאימו לכל הסבר את המושג המתאים לו מתוך רשימת המושגים שלפניכם.

מושגים: טורפים, מארג מזון, יצרנים, מפרקים, צרכנים

	המושג	ההסבר
1.		יצורים הניזונים מפירוק של שרידי יצורים אחרים והפרשותיהם.
2.		יצורים הניזונים מצמחים או מבעלי חיים אחרים.
3.		יצורים חיים הניזונים מבעלי חיים אחרים.
4.		קשרי הזנה במערכת אקולוגית – סך כל שרשרות המזון.
5.		יצורים חיים מעולם הצומח, שיודעים לנצל את אנרגיית השמש.

9. רשמו בסוף כל משפט נכון / לא נכון.

תקנו את המשפטים השגויים:

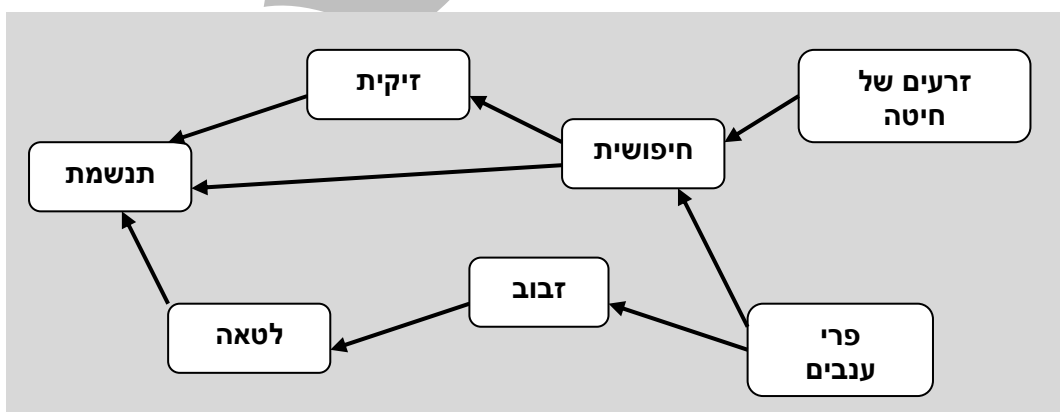
- א. אנרגיית האור נקלטת בשורשים של הצמחים. _____
- ב. בעלי החיים מכונים יצרנים. _____
- ג. קיומן של שרשרות המזון תלוי באנרגיית האור. _____
- ד. טורפי-העל הם החוליה הראשונה בשרשרת המזון. _____
- ה. הצמחים על פני כדור הארץ זקוקים לאנרגיית האור כדי להתקיים. _____

יישום

10. צבי המדבר אוכל את פירותיו של עץ השיטה. הצבי אינו לועס את כל הזרעים המצויים בפרי. זרעים שלא נלעסו עוברים דרך מערכת העיכול ונפלטים החוצה עם הגללים. בדרך זו הצבי מפיץ את זרעי השיטה. מהם יחסי הגומלין המתוארים בקטע:

- א. הדדיות
- ב. טפילות
- ג. תחרות
- ד. טריפה

לפניכם איור של מארג מזון. שאלות 11–12 עוסקות במארג המזון הזה.



11. האם ירידה בכמות החיטה תשפיע על אוכלוסיית הלטאות במארג המזון הזה? הסבירו.
- א. אין כל קשר בין כמות החיטה לבין אוכלוסיית הלטאות. לכן, לא תהיה השפעה על אוכלוסיית הלטאות.
- ב. אוכלוסיית החיפושיות תקטן, ובעקבותיה תקטן גם אוכלוסיית הזבובים. לכן, אוכלוסיית הלטאות תגדל.
- ג. אוכלוסיית החיפושיות תקטן, ובעקבותיה יטרפו התנשמות יותר לטאות. לכן, אוכלוסיית הלטאות תקטן.
- ד. אוכלוסיית החיפושיות תקטן, ובעקבותיה תקטן גם אוכלוסיית הזיקיות. לכן, אוכלוסיית הלטאות תגדל.
12. אם אוכלוסיית הלטאות תיפגע מהרעלה ותתמעט, על מה ישפיע הדבר?
- א. רק על חוליות הצמחים.
- ב. רק על אוכלוסיית הזבובים.
- ג. רק על אוכלוסיית התנשמות.
- ד. על כל החוליות במארג המזון.
- ה. נמקו תשובתכם בהתייחסות למארג המזון: _____



אנפית בקר
צילום: ד"ר נורית קינן

13. כשפרות הולכות בשדה הן מבריחות חרקים מן הצמחייה שלרגליהן. לעיתים אנפיות הבקר מתלוות אל הפרות וניזונות מחרקים אלו. איזה סוג של יחסי גומלין מתקיים בין הפרות לבין אנפיות הבקר?

- א. טפילות
ב. תחרות
ג. טריפה
ד. הדדיות

לעיתים קרובות רואים עופות עומדים על צוואריהן של הגירפות באפריקה. עופות אלו ניזונים מחרקים שמוצצים את דם הגירפה.

שתי השאלות הבאות עוסקות במקרה זה.

14. איזה סוג של יחסי גומלין מתקיים בין העופות לבין הגירפות?

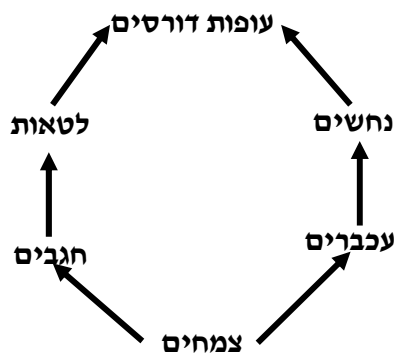
- א. תחרות
ב. טריפה
ג. הדדיות
ד. טפילות

15. איזה סוג של יחסי גומלין מתקיים בין החרקים לבין הגירפות?

- א. תחרות
- ב. טריפה
- ג. הדדיות
- ד. טפילות

16. לפניכם כמה דוגמאות המתארות יחסי הזנה בין יצורים חיים.

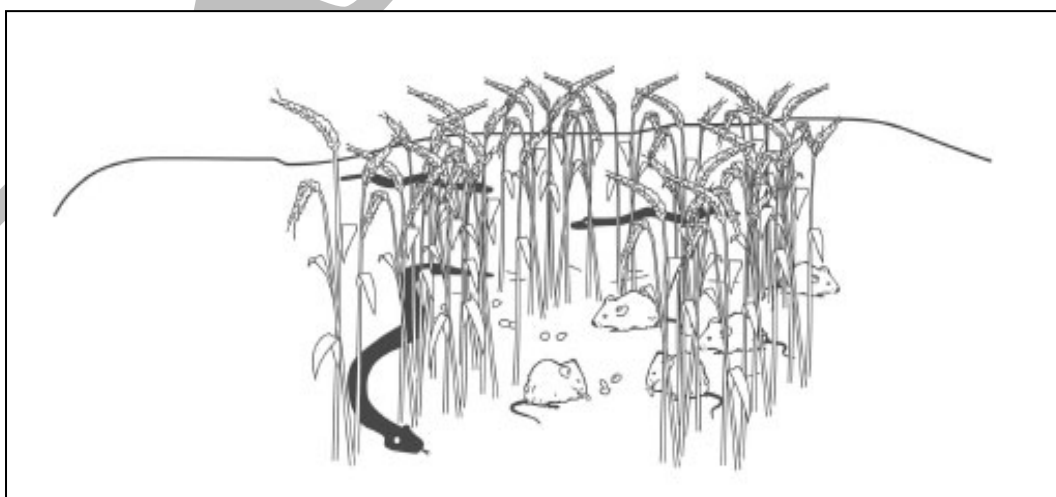
- הכינו לכל דוגמה תרשים חצים, המתאר את שרשרת המזון.
- א. אייל הצפון ניזון בקיץ מצמחיית הטחבים, והוא נתון לסכנת טריפה על ידי הדוב הלבן.
- ב. הנמלה ניזונה מזרעי חיטה ונטרפת על ידי הדוכיפת.
- ג. החיטה משמשת מזון לעכבר שניצוד על ידי התנשמת.
- ד. הדולפין ניזון מדגים. הדגים ניזונים מאצות הגדלות בים. הדולפין נטרף על ידי הכריש.



17. התבוננו באיור שלפניכם, המתאר מארג מזון.

- א. מה יקרה בשלב הראשון לאוכלוסיות הנחשים והלטאות, אם מסלקים את העופות הדורסים? נמקו את תשובתכם.
- ב. מה יקרה בשלב הראשון לאוכלוסיית העכברים והחגבים, אם נסלק את העופות הדורסים? נמקו את תשובתכם.

18. לפניכם איור של סביבת חיים ובה צמחי חיטה, עכברים ונחשים.



- א. מה יקרה אם יורעלו העכברים? נמקו תשובתכם.
- ב. ציירו את שרשרת המזון של סביבת החיים הנ"ל.

הנמקה

לפניכם קטע מידע על הדיג בכנרת.

שאלות 19–26 עוסקות בקטע מידע זה.

האם יופסק הדיג בכנרת?

בחודש אפריל 2010 התפרסם בתקשורת כי הוגשה לאישור הממשלה הצעת חוק, ולפיה ייאסר הדיג בכנרת בשנתיים הקרובות, ובאותו זמן יוכנסו דגים אל הכנרת.

מי מאתנו לא שמע לאחרונה על הכנרת, ימת המים המתוקה היחידה במדינת ישראל? בשנים האחרונות דובר רבות על הירידה הניכרת במפלס המים בכנרת. מלבד היותה מאגר מים מתוקים, הכנרת היא אתר תיירות ומקור פרנסה לדייגים רבים, אך היא גם סביבת חיים עשירה, שהאיזון האקולוגי בה נמצא בסכנה. בכנרת אפשר למצוא קבוצות שונות ומינים שונים של בעלי חיים. אחת הקבוצות היא אוכלוסיית הזואופלנקטון – בעלי חיים קטנים המרחפים במים, ביניהם: סרטנים קטנים, חלזונות, תולעים ועוד. במי הכנרת אפשר למצוא גם אצות ירוקות, המייצרות חומרים אורגניים בעזרת אנרגיית השמש, ומשמשות מקור מזון לזואופלנקטון ולדגים שונים. אצות שאינן נאכלות נשארות במי האגם, ובסופו של דבר מתות, שוקעות אל הקרקעית ומפורקות על ידי המפרקים.

דייגים רבים מתפרנסים מדיג, בעיקר של שני מיני דגים הנפוצים בכנרת: דגי אמנון הגליל ודגי לבנון. בשנים האחרונות, עם ירידת מפלס מי הכנרת, נחשפו האבנים שהיו קרובות אל קו המים, אשר יצרו מקומות מסתור לדגים. בעקבות כך הדיג מוצלח יותר, וחלה ירידה ניכרת במספר הדגים המאכלסים את הכנרת. הבעיה מחמירה עוד יותר בעונת הקיץ, שבה האצות המתפתחות במים ועל האבנים החשופות מתרבות, ומונעות מדגי האמנון והלבנון להטיל שם את ביציהם. כך נפגעות ההטלה והתפתחות הדגיגים הצעירים. בעשרים השנים האחרונות, אנשי רשות המים (מנהלת הכנרת) נוקטים פעולות כדי לשמור על איכות המים ועל האיזון האקולוגי באגם המים המתוקים היחיד במדינה.

19. אילו גורמים א־ביוטיים מוזכרים בקטע?

20. כתבו שרשרת מזון אחת המתקיימת במי הכנרת.

21. בקטע הוזכרו כמה בעלי חיים המקיימים ביניהם יחסי גומלין.

אילו יחסי גומלין קיימים בין דגי האמנון לבין האצות? הסבירו תשובתכם.

22. בכנרת גדלים גם דגי סרדין, המשפיעים לטובה על איכות המים כי הם ניזונים מהזואופלנקטון. אך כשהסרדינים מתרבים מאוד, הם עלולים לגרום לבעיה במערכת האקולוגית ובשרשרת המזון. הסיבה לכך נעוצה בעובדה שהסרדינים ניזונים מהזואופלנקטון, אשר ניזונים מאצות. ולכן, כאשר אוכלוסיית הסרדינים גדולה מדי, אוכלוסיית הזואופלנקטון נמצאת בסכנת הכחדה, מצב שגורם לריבוי האצות.

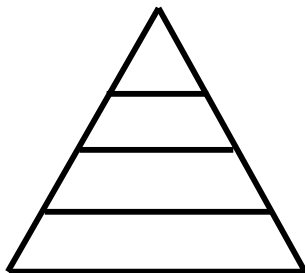
הפתרון לבעיה: מדי שנה מוציאים מן הכנרת כ־800 טון של דגי סרדין בדרך מכוונת.

הסבירו כיצד הוצאת דגי הסרדינים מסייעת לשמירה על האיזון האקולוגי בכנרת.

23. בכל שנה, מוסיפים למי הכנרת מיליון דגי בורק, שניזונים משאריות של חומרים אורגניים. שערו כיצד הוספת דגי הבורק עשויה לשפר את איכות המים?
24. בני האדם עשויים להפר את האיזון האקולוגי על ידי התערבות בו. כתבו דוגמה אחת להתערבות העשויה להזיק לשרשרות המזון בכנרת.
25. הסבירו את חשיבותה של אוכלוסיית המפרקים במארג המזון בכנרת.
26. כתבו טיעון בשם מנהלת הכנרת, העונה על השאלה: מדוע יש להפחית את הדיג בכנרת? כתבו שני נימוקים לטענתכם.

פריטי הערכה בנושא מעברי חומרים ואנרגיה במערכת אקולוגית

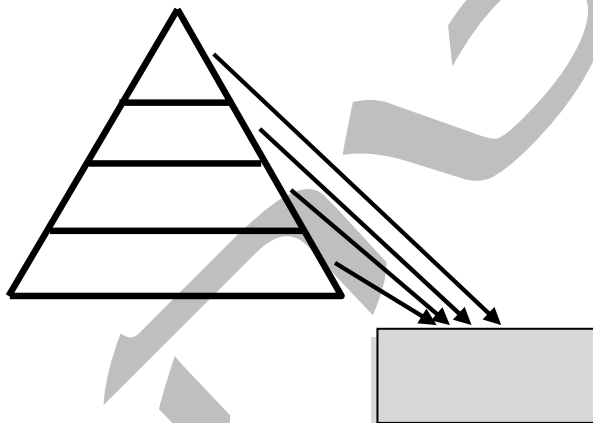
ידע והבנה



27. באיור שלפניכם נראית פירמידת מזון אקולוגית.

מה נמצא בכל אחת מן הרמות (הקומות) של הפירמידה?

- כל היצורים החיים הניזונים מאותו מקור מזון, לדוגמה: מגרעיני חיטה.
- כל היצורים שהם בעלי גוף בגודל דומה, לדוגמה: העופות הדורסים.
- כל היצורים החיים הניזונים באותה דרך, לדוגמה: בעלי חיים צמחוניים.
- כל היצורים שאוכלים כמויות דומות של מזון, לדוגמה: אריות ונמרים.



28. באיור שלפניכם נראית פירמידת מזון אקולוגית.

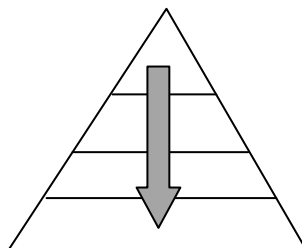
כתבו את השמות הנכונים בתוך כל רמה (קומה) ובתוך המסגרת האפורה.

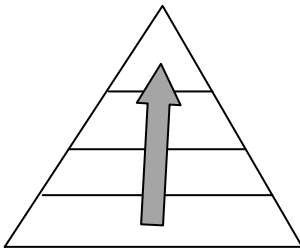
השתמשו במילים מתוך הרשימה שלפניכם:
צרכנים ראשוניים (בעלי חיים צמחוניים),
צרכנים שניוניים (בעלי חיים טורפים),
טורפי-על, מפרקים, יצרנים.

29. מדוע ככל שיווצרים במורד הפירמידה האקולוגית, היא נעשית רחבה יותר?

דבר זה קורה, משום שבכל רמה (קומה):

- הביומסה הנכללת בכל רמה (קומה) עולה.
- מספר היצורים הנמצאים בכל רמה יורד.
- עצמת הפוטוסינתזה המתקיימת בכל רמה עולה.
- כמות האנרגיה הנמצאת בכל רמה יורדת.





30. ככל שעולים במעלה הפירמידה האקולוגית, היא נעשית צרה יותר.

דבר זה קורה, משום שבכל אחד מהשלבים :

- א. היצורים הולכים ונעשים קטנים יותר.
- ב. היצורים הולכים ונעשים גדולים יותר.
- ג. האנרגיה מרוכזת בפחות יצורים.
- ד. חלק מן האנרגיה נפלט בצורת חום.

31. מדוע הצמחים ממוקמים בבסיס הפירמידה האקולוגית?

- א. כי הם קולטים את התרכובות האורגניות מן הקרקע.
- ב. כי הם מייצרים חומר אורגני מחומרים אי־אורגניים.
- ג. כי הם מספקים את החמצן לנשימת שאר היצורים.
- ד. כי הם מייצרים חומר אורגני מחומרים אורגניים אחרים.

32. מהי החשיבות של צמחים ירוקים במערכת האקולוגית?

- א. יצירת חומר אי־אורגני וקליטת חמצן.
- ב. יצירת חומר אורגני וקליטת חמצן.
- ג. יצירת חומר אורגני ופליטת חמצן.
- ד. יצירת חומר אי־אורגני ופליטת חמצן.

33. במה מתבטאת חשיבות המְפָרְקים בטבע?

- א. בהעלאת ריכוז החמצן באטמוספירה.
- ב. בקליטת אנרגיית אור מהשמש.
- ג. בפליטת אנרגיית חום לסביבה.
- ד. במחזור חומר אורגני לחומר אנאורגני.

34. מה חשיבותו של האור בתהליך הפוטוסינתזה?

- א. הוא מאפשר לבעלי חיים למצוא את הצמחים המשמשים להם מזון.
- ב. הוא מאפשר את פליטת הפחמן הדו־חמצני בתהליכי הנשימה והפוטוסינתזה.
- ג. הוא מקור האנרגיה ליצירת קשרים כימיים בבניית החומרים האורגניים.
- ד. הוא מאפשר את קליטת החמצן בתהליכי הנשימה והפוטוסינתזה.

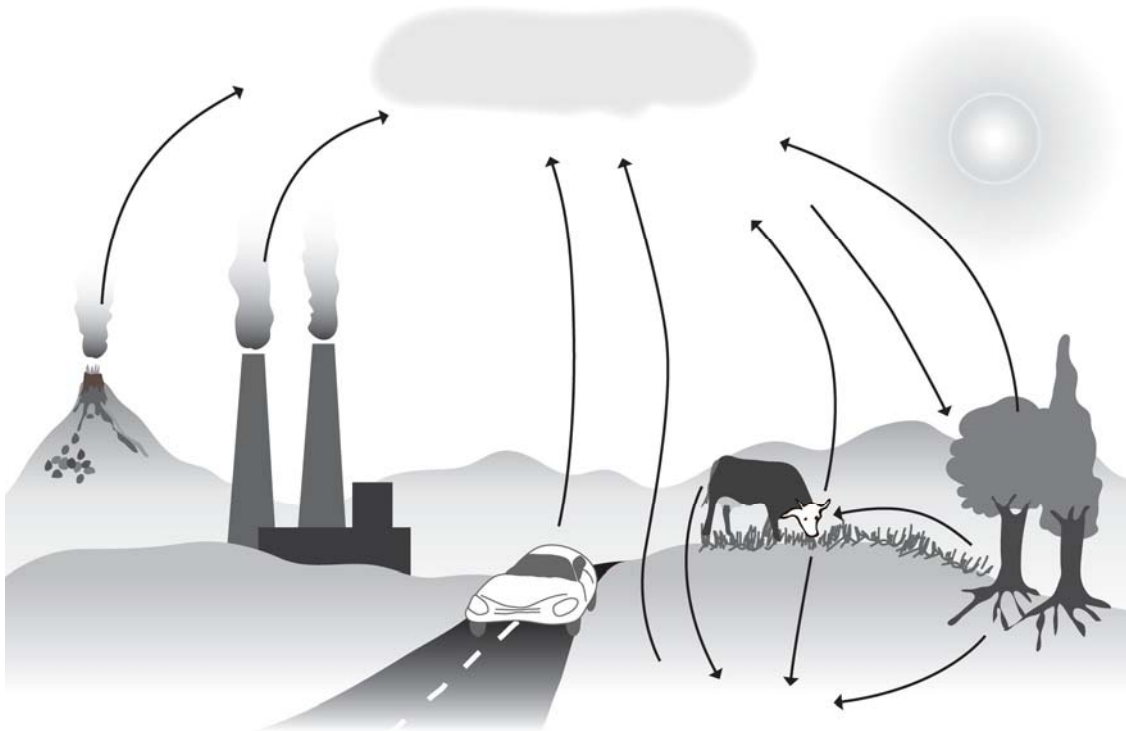
35. בדיון בכיתה אמרו תלמידים את המשפטים הבאים.

איזה משפט נכון?

- א. הפוטוסינתזה היא הנשימה של הצמחים.
- ב. צמחים אינם נושמים אלא מבצעים פוטוסינתזה.
- ג. גם בעלי חיים יכולים לבצע פוטוסינתזה.
- ד. צמחים נושמים וגם מבצעים פוטוסינתזה.

לפניכם איור של מחזור הפחמן בטבע.

שאלות 36–38 עוסקות באיור זה.



מחזור הפחמן בטבע

36. הפחמן נמצא בטבע בתור פחמן אורגני (כחלק מתרכובות אורגניות) וגם בתור פחמן אי-אורגני.

ציינו לפחות מקום אחד שיש בו **פחמן אורגני**, ולפחות מקום אחד שיש בו **פחמן אי-אורגני**.
הוסיפו אותם באיור, במקומות הנכונים.

37. על פי האיור של מחזור הפחמן בטבע, מה הם התהליכים שבהם פחמן אורגני הופך לפחמן אי-אורגני?
הוסיפו אותם ליד החצים המתאימים באיור.

38. על פי האיור של מחזור הפחמן בטבע, ציינו תהליך שבו פחמן אי־אורגני הופך לפחמן אורגני. הוסיפו אותו ליד החץ המתאים באיור.

39. יש הטוענים שאם תיפסק הפוטוסינתזה על פני כדור הארץ, ייגרם שינוי מסוכן בהרכב האוויר. מה עשוי להיות השינוי?

א. הקטנת כמות הפחמן הדו־חמצני באוויר.

ב. הקטנת כמות החמצן באוויר.

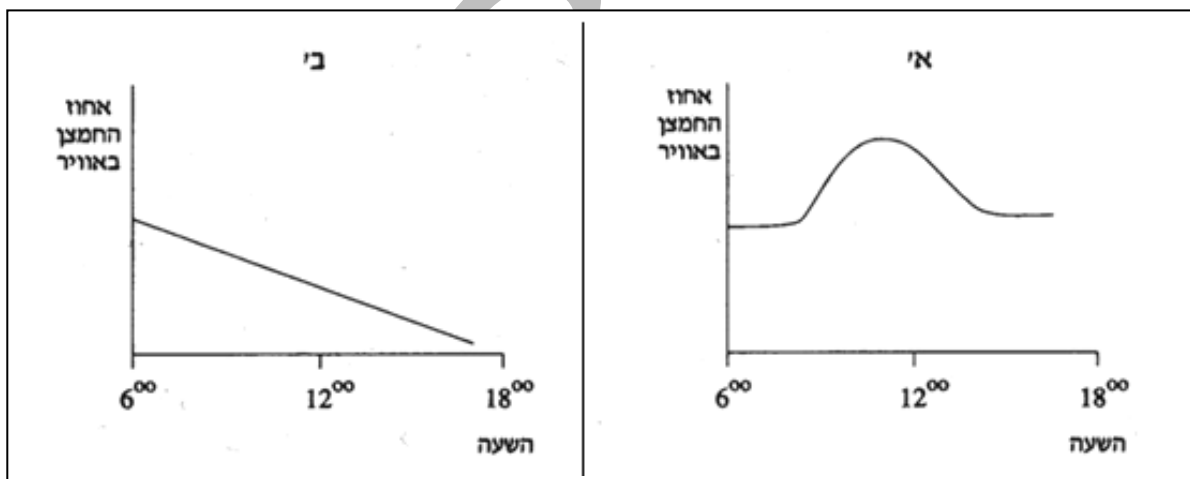
ג. הקטנת כמות החנקן באוויר.

ד. הקטנת כמות החנקן באוויר.

נמקו את תשובתכם :

יישום

40. שני עציצים זהים ובתוכם צמחים זהים הוכנסו לשתי חממות, מהשעה 6:00 בבוקר ועד השעה 6:00 בערב. עציץ אחד הוכנס לחממה שקופה לאור, והאחר הוכנס לחממה אטומה לאור. כל שאר התנאים בשתי החממות זהים, ובשתיהן האוויר לח והאדמה מושקית. הגרפים א' ו־ב' מציגים את אחוז החמצן באוויר שבתוך שתי החממות, כפי שנמדד בעת הניסוי.

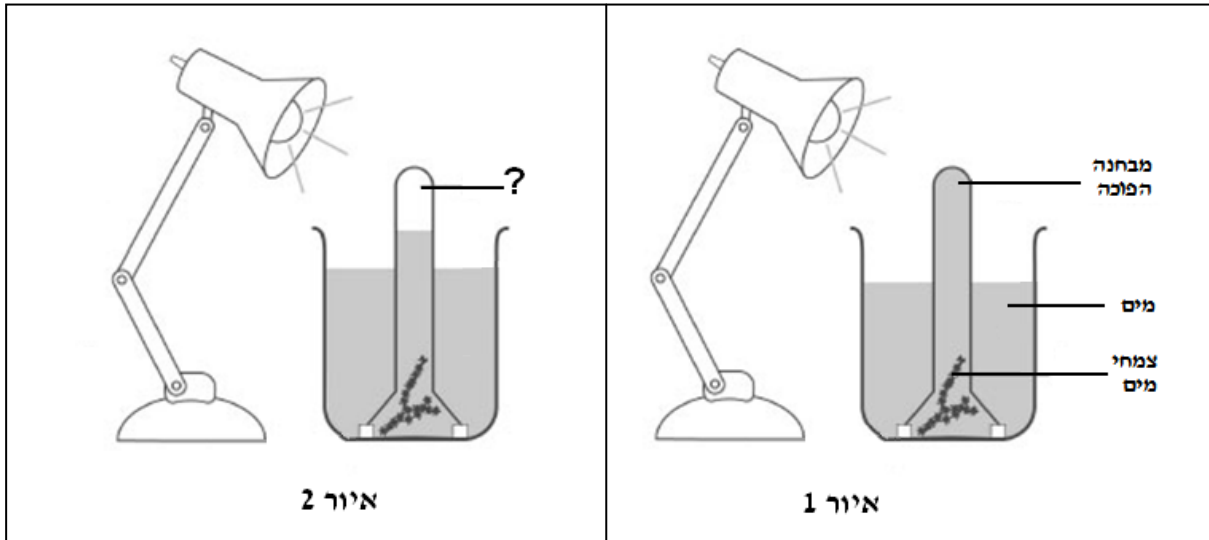


א. תארו במילים את תוצאות הניסוי המתוארות בגרף א' ובגרף ב'.

ב. איזו עקומה מייצגת את הצמחים שהיו בחממה השקופה, ואיזו עקומה מייצגת את הצמחים שהיו בחממה האטומה? הסבירו כיצד קבעתם זאת.

ג. מדוע חשוב לציין כי התנאים בשתי החממות הם זהים?

41. תלמיד העמיד ניסוי במעבדה, כמתואר באיור 1.
בתחילת הניסוי הייתה המבחנה ההפוכה מלאה במים.
לאחר כמה שעות, ירד מפלס המים במבחנה ההפוכה, כמתואר באיור 2.



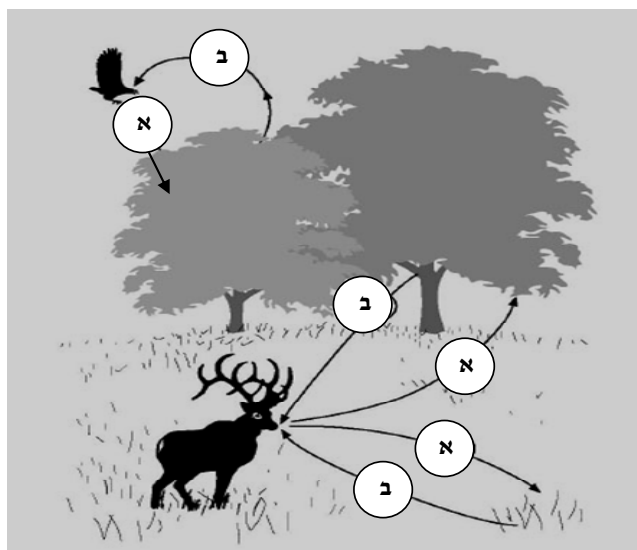
מה מכיל החלק העליון של המבחנה, המסומן בסימן שאלה, באיור 2?

- א. אוויר
- ב. חמצן
- ג. פחמן דו-חמצני
- ד. ואקום

הסבירו את תשובתכם: _____

42. בברזיל כורתים בימינו יערות עד משטחים נרחבים. מהו הנזק העלול להיגרם לביוספרה בעקבות כך?

- א. עלייה בריכוז ה- CO_2 באוויר.
- ב. עלייה בריכוז החמצן באוויר.
- ג. ירידה בריכוז החנקן באוויר.
- ד. ירידה בריכוז המימן באוויר.



43. האיור שלפניכם מתאר יחסי גומלין בין

יצורים חיים.

במהלך היום היצורים פולטים וקולטים את החומרים (א) ו-(ב), כפי שמתארים החצים באיור.

בחרו את התשובה הנכונה בעבור (א) ו-(ב):

א. (א) הוא פחמן דו-חמצני ו-(ב) הוא חנקן.

ב. (א) הוא חמצן ו-(ב) הוא פחמן דו-חמצני.

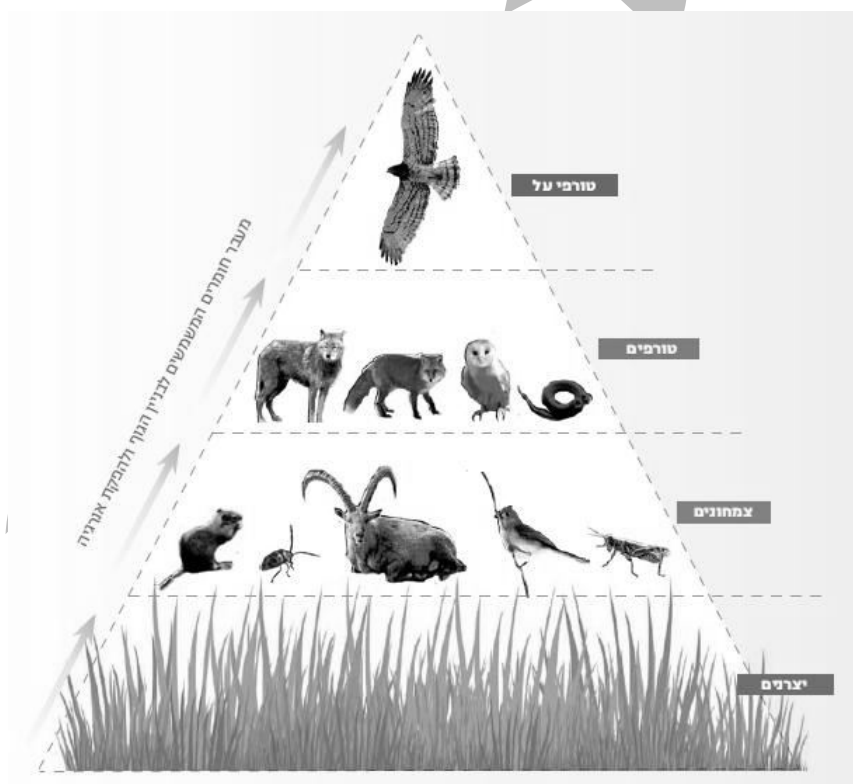
ג. (א) הוא פחמן דו-חמצני ו-(ב) הוא אדי מים.

ד. (א) הוא פחמן דו-חמצני ו-(ב) הוא חמצן.

לפניכם איור של פירמידת מזון.

השאלות 44–49 מתייחסות לאיור זה.

הערה חשובה: אין להציג איור זה באותו מבחן יחד עם שאלה מס' 28.



מתוך הספר: עולם התזונה, הוצאת מטח, עמ' 48

44. אחד התלמידים אמר כי אנרגיה "נעלמת" ככל שעולים ברמות ההזנה. האם צדק?

הסבירו תשובתכם: _____

45. היעזרו באיור פירמידת המזון, וסמנו בנוגע לכל היגד אם הוא נכון או לא נכון.

- א. סביר שמספר התנשמות והנחשים גדול ממספר החיפושיות והחגבים. נכון / לא נכון
- ב. הביומסה של העכברים והחגבים גדולה מהביומסה של העשבים. נכון / לא נכון
- ג. חלק מהביומסה של העשבים משתחרר אל הסביבה בתור אנרגיה של חום. נכון / לא נכון
- ד. אם תגדל הביומסה של היצרנים, יוכלו להתקיים יותר שועלים. נכון / לא נכון
- ה. ייתכן מצב שבו הביומסה של התנשמות תהיה שווה לביומסה של היצרנים. נכון / לא נכון

46. מהי רמת ההזנה שבלעדיה לא תוכל להתקיים המערכת האקולוגית המתוארת באיור?

הסבירו תשובתכם: _____

47. "כמעט כל החיים על פני כדור הארץ תלויים במידה רבה מאוד בקרינת אור השמש".

הסבירו את התלות.

48. יש צמחים ירוקים שטורפים חרקים. צמחים אלו נקראים "צמחים טורפים".

אחת התלמידות טענה שצמחים טורפים יכולים להשתייך לשתי רמות בפירמידה האקולוגית.

האם היא צדקה? נמקו תשובתכם: _____

49. אחת התלמידות טענה שמספר הרמות בפירמידה האקולוגית מוגבל, וסביר שלא יוכל לעלות על 4 עד 6

רמות. האם היא צודקת? הסבירו תשובתכם.

הנמקה

50. תלמיד טוען שתהליך הפוטוסינתזה חשוב רק לצמחים. הסבירו מדוע טענתו שגויה.

51. פעולות האדם משפיעות על מחזור הפחמן בטבע.

תארו פעולה אחת שהאדם עושה, המשפיעה על מחזור הפחמן בטבע. הסבירו מה השפעתה על מחזור הפחמן, הציעו דרך להפחית את ההשפעה הזאת, ונמקו כיצד היא יכולה לפתור את הבעיה הקשורה למחזור הפחמן.

פריטי הערכה בנושא שיווי משקל אקולוגי והשפעת האדם עליו

ידע והבנה

52. מהי אוכלוסייה?

- א. כל מיני הצמחים השונים, המתקיימים בסביבת חיים כלשהי.
- ב. כל מיני בעלי החיים השונים, המתקיימים בסביבת חיים כלשהי.
- ג. כל היצורים החיים מאותו המין, המתקיימים בסביבת חיים כלשהי.
- ד. כל מיני היצורים החיים השונים, המתקיימים בסביבת חיים כלשהי.

53. מהי אוכלוסייה הנמצאת בשיווי משקל?

- א. אוכלוסייה יציבה לאורך זמן.
- ב. אוכלוסייה בסכנת הכחדה.
- ג. אוכלוסייה שמשתלטת על אוכלוסיות אחרות.
- ד. אוכלוסייה שאין לה טורפים.

54. איזו מההגדרות הבאות מתאימה לתיאור מין פולש?

- א. מין שהוא טורף-על, בלא אויבים טבעיים, המגדיל את מקורות המזון שלו.
- ב. מין שמלווה את האדם ומתרבה באזורים שהאדם מתגורר בהם.
- ג. מין שהועבר על ידי האדם לאזורים חדשים, כדי לספק את צורכי האדם.
- ד. מין שמתרבה בסביבה חדשה, פוגע במינים מקומיים ותופס את מקומם.

יישום

55. חקלאים מבקשים לייבא ארצה מין של עוף הניזון מחרקים, כדי להדביר חרקים המזיקים לחקלאות.

- א. מהי הסכנה בהכנסתו של מין עוף חדש לארץ?
- ב. ציינו שני נתונים שחייבים לברר העוף לפני שמחליטים לייבא אותו ארצה, כדי להימנע מהסכנה שהזכרתם.

56. דייגים הציעו להכניס לאגם הכנרת דג חדש, המבוקש מאוד בשוק : דג טרוטה.

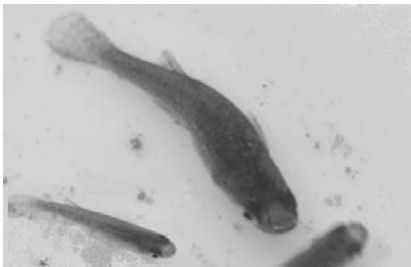
- דגי הטרטה גדלים בטבע במי נהרות זורמים, והם ניזונים מצמחים, מחרקים ומחסרי חוליות קטנים. דג הטרטה משמש מזון לעופות מים בבית הגידול הטבעי שלו.
- לפניכם ארבע תוצאות אפשריות להכנסת דגי הטרטה לכנרת.
- איזו תוצאה אינה אפשרית לפעולה זו?

- א. הדג יתחרה במינים מקומיים על מזון ועל מקום להטלת ביצים.
- ב. הדג לא יצליח לשרוד במקום החדש, בשל קשיי הסתגלות לתנאים בכנרת.
- ג. הדג יטרף מיני דגים מקומיים, ויפר את האיזון האקולוגי בכנרת.
- ד. הכנסת הדג עשויה לגרום להגדלת אוכלוסיות עופות המים בכנרת.

לפניכם קטע מידע על דגים ויתושים.

שאלות 57–60 עוסקות בקטע המידע הזה.

דגי הגמבוזיה ויתושי הבית



דגי גמבוזיה
צילום: ד"ר סלעית רון

יתושים הם מטרד קשה, בעיקר בימות הקיץ. נקבות היתוש מטילות ביצים במקווי מים עומדים, 3–4 פעמים בשנה. הזחלים הבוקעים מן הביצים, אוכלים שאריות צמחים שנמצאים במים וגם מתגלמים במים. היתושים הבוגרים, הבוקעים מן הגלמים, חיים ביבשה. היתושים ניזונים ממיצי צמחים, אך הנקבות גם עוקצות בעלי חוליות, ומוצצות את דמם. הדם חיוני להתפתחות הביצים בגופן.

שנים רבות הדבירו את זחלי היתושים על ידי ריסוס מקווי המים בחומרי הדברה. אלא שיעילותם של חומרי ההדברה הלכה ופחתה עם הזמן, והיה צורך לפתח עוד ועוד חומרים חדשים רעילים יותר. פתרון יעיל יותר נמצא, כאשר התגלה כי דגי גמבוזיה ניזונים מזחלי היתושים. השימוש בדגי הגמבוזיה יעיל וחסכוני: קל לפזר אותם במקווי המים והשימוש בהם זול בהרבה מאשר השימוש בחומרי הדברה. לשימוש בדגי גמבוזיה יש יתרון נוסף: הוא מונע את זיהום המים בחומרי הדברה שמצטברים בסביבה, ואף מחלחלים למי התהום ופוגעים באיכותם.

57. כתבו את שרשרת המזון, הנזכרת בקטע המידע.

58. על פי קטע המידע, איזה סוג של הדברה מתרחש בעזרת דגי הגמבוזיה?

- א. הדברה כימית
- ב. הדברה ביולוגית
- ג. הדברה משולבת

59. ציינו לפחות שני יתרונות של השימוש בדגי הגמבוזיה להדברת היתושים, לעומת השימוש בחומרי הדברה.

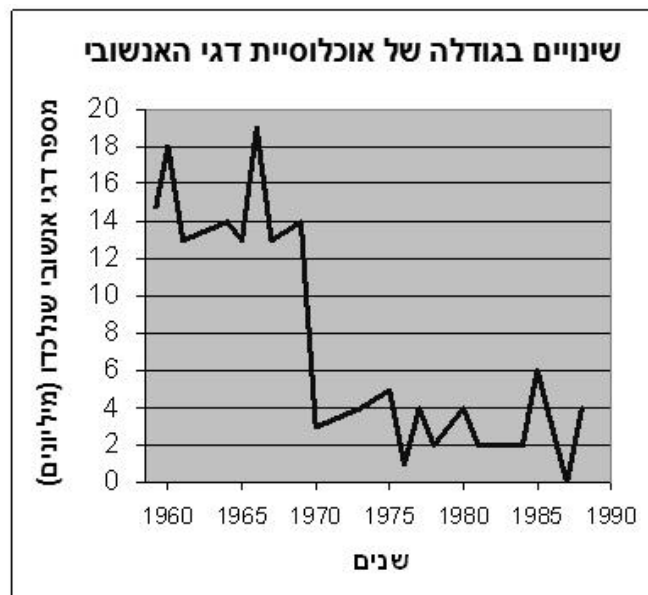
60. השימוש בדגי הגמבוזיה מפר את שיווי המשקל של אוכלוסיית היתושים. הסבירו כיצד.

לפניכם קטע מידע על דגי אנשובי.

שאלות 61–65 עוסקות בקטע המידע הזה.

אוכלוסיית דגי האנשובי

שנים רבות היה ליד חופי פרו אוכלוסייה יציבה של דגי אנשובי, ששימשה מקור מזון לתושבי הסביבה. בשנת 1965 הפך דג האנשובי למקור הכנסה חשוב לתושבי פרו, והדייגים התחילו לדוג כמויות דגים עצומות. הגרף שלפניכם מציג את השינויים באוכלוסיית דגי האנשובי, בין השנים 1958–1988.



61. על פי הגרף, באילו שנים הייתה אוכלוסיית דגי האנשובי בשיאה?

62. מה קרה לאוכלוסיית דגי האנשובי אחרי שנת 1970?

63. באילו שנים, משנת 1958 ועד 1988, הייתה אוכלוסיית דגי האנשובי יציבה?

א. האוכלוסייה הייתה יציבה לאורך כל השנים : 1958–1988.

ב. האוכלוסייה הייתה יציבה רק בין השנים 1958–1968.

ג. האוכלוסייה הייתה יציבה רק בין השנים 1970–1988.

ד. האוכלוסייה הייתה יציבה גם בין השנים 1958–1968 וגם בין השנים 1970–1988.

64. בשנת 1965, עם התגברות דג האנשובי, הזהירו מדענים את ממשלת פרו, שאם יימשך דג היקף של דגי האנשובי, ייפגע שיווי המשקל של אוכלוסיית הדגים והיא לא תצליח להתאושש ולחזור למצבה הקודם. על פי הנתונים בגרף, האם צדקו המדענים בטענתם?

65. מה הייתה צריכה ממשלת פרו לעשות כדי למנוע את הפגיעה בדגי האנשובי?

לפניכם קטע מידע על רעיית עזים.

שאלות 66–70 עוסקות בקטע המידע הזה.

רעיית עזים ומגוון המינים

בצפון הנגב נערך ניסוי, שבו נבדקה השפעתה של רעיית עזים על מגוון המינים בשטח. הניסוי בוצע בחלקות בגודל שווה, בעלות כמות צמחים דומה ומגוון מיני צמחים דומה. החלקות חולקו ל-2 קבוצות:

- חלקות שנסגרו מפני רעייה של בעלי חיים;
- חלקות שמדי יום הביאו אליהן עדר עזים, לרעות בשטח.

החוקרים מצאו שהחלקות שהעזים רעו בהן היו עשירות יותר במיני הצמחים, אף על פי שכמות הצמחים הייתה נמוכה יותר.

66. מדוע בחרו החוקרים בחלקות שהן דומות בגודלן, בכמות הצמחים ובמיני הצמחים הגדלים בהן?

67. מדוע סגרו החוקרים חלק מהחלקות לרעיית צאן?

68. סמנו: מהי המסקנה העולה מתוצאות הניסוי?

- א. רעיית העזים אינה משפיעה על מגוון הצמחים בחלקות.
- ב. רעיית העזים מגדילה את מגוון הצמחים בחלקות.
- ג. רעיית העזים מפחיתה את מגוון הצמחים בחלקות.
- ד. רעיית העזים משפיעה רק על חלק ממיני הצמחים בחלקות.

69. סמנו את כל המשפטים שסביר להניח כי הם ההסבר לתוצאות המחקר.

(אפשר לסמן יותר ממשפט אחד).

- העזים מסייעות לפיזור זרעים על ידי אכילתם ואחר כך הפרשתם בשטח.
- העזים אוכלות חרקים ופרוקי רגליים אחרים, שאוכלים את הצמחים ומזיקים להם.
- חלק מן הזרעים נצמדים לפרוות העזים, וכך מתפזרים למקומות אחרים.
- העזים מדללות את הצמחים, ומגדילות את החשיפה לאור של הזרעים והצמחים.
- העזים עודדות ברגליהן את האדמה, ומאפשרות למי הגשם לחלחל לתוכה בקלות.
- בשל נוכחות העזים, לא נכנסו בני אדם לשטח ולא קטפו בו את הצמחים המוגנים.
- הגללים והשתן שהעזים מפרישות בשטח, משפרים את פוריות האדמה.

70. בחרו את אחד המשפטים שסימנתם, ונמקו מדוע הוא עשוי להסביר את תוצאות המחקר. לפניכם קטע מידע על החיים באוקיינוס.

שאלות 71–74 עוסקות בקטע המידע הזה.

החיים באוקיינוס ליד אלסקה

מי הם לאורך החופים של אלסקה עשירים באצות. אצות אלו משמשות מזון לבעלי חיים רבים, ביניהם: דגים וקיפודי ים.

במקום זה מתקיימת גם אוכלוסייה גדולה של לוטרות ים, שניזונה מקיפודי ים ומאצות. הלוטרות טורפות את קיפודי הים, וכך שומרות על יציבות גודלה של אוכלוסיית קיפודי הים.

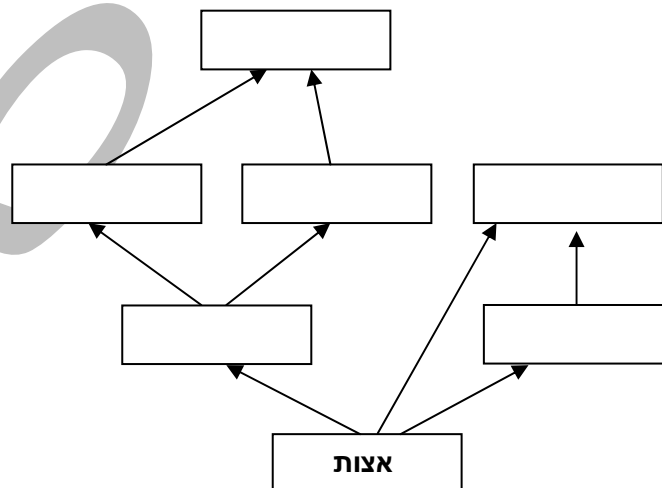


© לווייתן קטלן

הדגה העשירה במי הים לאורך החופים של אלסקה, היא מקור מזון לכלבי ים ולאריות ים, ואלו נטרפים על ידי לווייתנים מן הסוג קטלן.

אבל, לפני כעשרים שנים הבחינו החוקרים שאוכלוסיית הלוטרות התחילה להידלדל. התברר כי הייתה ירידה בגודל האוכלוסיות של כלבי הים ושל אריות הים, ולכן התחילו לווייתני הקטלן לטרוף גם לוטרות ים.

71. על פי המתואר בקטע המידע, השלימו את הפרטים בתרשים מארג המזון שלפניכם, כפי שהתקיים לפני השינוי שהתרחש לפני כעשרים שנים.



72. האם נכון לומר כי לפני השינוי, נשמר שיווי המשקל האקולוגי של אוכלוסיית קיפודי הים? על סמך מה קבעתם את תשובתכם?

73. כיצד השתנה המארג אחרי שהלווייתנים הקטלנים התחילו לטרוף את הלוטרות? – הוסיפו את השינוי בתרשים של מארג המזון.

74. איזה מהמשפטים הבאים מתאר בדרך הנכונה ביותר את ההשפעה שהייתה ללווייתני קטלן על שיווי המשקל האקולוגי בחופי אלסקה, בעשרים השנים האחרונות?

- א. אוכלוסיית קיפודי הים פחתה, ולכן התרחשה עלייה באוכלוסיית הדגים.
- ב. אוכלוסיית קיפודי הים גדלה, ובה־בעת גדלה גם אוכלוסיית הדגים.
- ג. אוכלוסיית קיפודי הים נשארה בלי שינוי, ולכן גדלה אוכלוסיית האצות.
- ד. אוכלוסיית כלבי הים גדלה, ובה־בעת פחתה אוכלוסיית הדגים.

לפניכם קטע מידע על עופות פולשים.

שאלות 75–78 עוסקות בקטע המידע הזה.

דררה ירוקה ומיינה מצויה

שני מיני הציפורים: **דררה ירוקה** (מין של תוכי) ו**מיינה מצויה**, הובאו לארץ מאסיה בתור חיות מחמד, לפני יותר מעשרים שנים. מאז, דררות ומיינות שברחו מהכלובים, הצליחו להתקיים בארץ ואף להתפשט לרוב האזורים, הודות לכמה תכונות: הן מתרבות במהירות; הן אוכלות מזון מגוון: פירות, זרעים, ירקות וצוף; מיינות גם טורפות חרקים, שלשולים, זוחלים, גוזלים וביצים של ציפורים ממינים אחרים; הן מתחרות על מקומות קינון בתוקפנות מול עופות מקומיים – שחרור, דוכיפת, בולבול ועוד – ומצליחות לגרש אותם ממקומם.

דררות ומיינות גורמות נזק גם למגוון המינים בישראל וגם לחקלאות, בעיקר לגידולי פירות (מטעים וכרמים). המיינה, שפלשה לארצות רבות אחרות, נחשבת מזיקה במיוחד, והוגדרה על ידי האו"ם כאחד ממאה **המינים הפולשים** המסוכנים בעולם. בימינו, יבוא של מיינה לארץ נאסר כליל.

75. מדוע נכון לטעון כי דררה ירוקה ומיינה מצויה הן **מין פולש**?

- א. כי הן חיות ומתרבות בעיקר בקרבת מגורי האדם.
- ב. כי הן מגדילות בהתמדה את מגוון מקורות המזון שלהן.
- ג. כי הן הובאו לארץ על ידי האדם, כדי לגדל אותן בתור חיות מחמד.
- ד. כי הן מתרבות, פוגעות במינים מקומיים ותופסות את מקומם.

76. ציינו שתי תכונות חשובות המאפשרות לעופות פולשים להשתלט על שטחי מחיה מקומיים.

77. כיצד מינים פולשים כמו דררה ומיינה, פוגעים במגוון הביולוגי במקום שפלשו אליו? הסבירו.

78. האם יש להשמיד את המינים הפולשים בארצות שהם פלשו אליהן? נמקו את עמדתכם.

לפניכם קטע מידע על צמח פולש בישראל.

שאלות 79–82 עוסקות בקטע המידע הזה.

שיטה מכחילה

הצמח **שיטה מכחילה**, הוא עץ קטן (או שיח גדול), שהובא לארץ מאוסטרליה בשנות ה-20 של המאה ה-20 כדי לייבש ביצות, לעצור חולות נודדים, לשם ייעור ולשתילה בגינות נוי. העץ מתרבה וגדל במהירות רבה וכיום הוא נחשב **צמח פולש**. העץ נפוץ בחלקים רבים בארץ: באזורי החולות בצפון הנגב, לאורך חוף הים התיכון ובאזורים הרריים שחורש ים תיכוני גדל בהם. הוא נפוץ בעיקר בצדי דרכים ובשטחים שהאדם התערב בהם (לצורכי חקלאות, לדוגמה).

צמח זה קולט מן הקרקע כמויות גדולות של חנקן, צורך מים רבים ויוצר צל המקשה על גידולם של צמחים עשבוניים ועל נביטה של זרעי שיחים ועצי בר בקרבתו. קשה מאוד לפגוע בצמח משום שהוא עמיד לשחפה ולכריתה – הוא מצמיח במהירות ענפים חדשים מן השורשים הנשארים בתוך האדמה, הוא יוצר כמויות אדירות של זרעים וכן מתרבה בעזרת שלוחות שהוא מצמיח בתוך האדמה.

79. מדוע נכון לטעון כי שיטה מכחילה היא **מין פולש**?

- כי הוא קולט מן האדמה הרבה מאוד חנקן ומים.
- כי הוא מתרבה בקצב מהיר ועמיד לשחפה ולכריתה.
- כי הוא מונע התרבות של צמחי בר מקומיים.
- כי הוא הובא לארץ על ידי האדם, לצרכים שונים.

80. ציינו שתי תכונות חשובות, המאפשרות לצמח פולש להשתלט על שטחי מחיה מקומיים.

81. כיצד מין פולש, כמו השיטה המכחילה, פוגע במגוון הביולוגי, במקום שפלש אליו? הסבירו.

82. האם צריך להשמיד כל צמח פולש שמתרבה בישראל? נמקו את עמדתכם.

לפניכם קטע מידע על כרמי גפן בצרפת.

השאלות 91–93 עוסקות בקטע המידע הזה.

מי מזיק לגפנים בצרפת?

צרפת היא אחת מיצרניות היין הגדולות בעולם, ומסורת ייצור היין נמשכת בה כבר מאות שנים. בשנת 1863 סבלה תעשיית היין ממשבר חמור בשל תמותה של 75% מהגפנים. חקלאים שבדקו את הגפנים, גילו שמקור הפגיעה הוא מין של חרק, שלא היה בצרפת קודם לכן. התברר שחרק זה הגיע לצרפת כ"נוסע סמוי", באניות ששייטו בין ארצות הברית לצרפת.

הגפנים שגדלו בארצות הברית היו עמידות לחרק זה, ולא נפגעו ממנו. אך הגפנים בצרפת לא היו עמידות נגדו, והוא פגע בשורשים שלהן.

כמו מקור המחלה, גם התרופה למחלה הגיעה, בסופו של דבר, מארצות הברית. החקלאים בצרפת לקחו גזעים ושורשים של גפנים מארצות הברית, והרכיבו עליהם ענפים של גפנים מצרפת. תחילה חששו החקלאים הצרפתיים שפעולת ההרכבה תפגע באיכות הגפנים שלהם, ובעקבותיה – גם ביינות המיוחדים להם. אבל לשמחתם ולשמחת כל חובבי היין בעולם, הצליח ה"שידוך". הגפנים המורכבות לא ניזוקו מהחרק, ואיכות הענבים אפילו השתבחה בעקבות ההרכבה.

83. מה גרם לפגיעה בגפנים שגודלו בצרפת?

84. האם אפשר לכנות את החרק שפגע בגפנים "מין פולש"? נמקו תשובותיכם.

85. שילוב תכונות של שני זנים של גפנים עזר להתגבר על נזקי החרק. הסבירו את ההיגד.

הנמקה

86. הנשר הוא עוף גדול, הניזון מפגרים של בעלי חיים.

בעבר קיננו בארץ זוגות רבים של נשרים בנגב, בכרמל, בגליל ובגולן. אך בשנים האחרונות אוכלוסיית הנשרים הידלדלה עד מאוד, בעיקר בשל פעולות האדם, וכיום היא בסכנת הכחדה בישראל.

כיצד הכחדת הנשרים עלולה להשפיע על שיווי המשקל האקולוגי בסביבות החיים שהנשר הוא חלק מהן?

א. שיווי המשקל לא יופר, כי בעלי חיים ממינים חדשים יתחילו לאכול את הפגרים.

ב. שיווי המשקל לא יופר, כי בלי הנשרים תפחת גם התמותה של בעלי חיים אחרים.

ג. שיווי המשקל יופר כי יגדלו האוכלוסיות של בעלי החיים הניזונים מן הפגרים.

ד. שיווי המשקל יופר, כי בלי הנשרים תגדל מאוד התמותה של בעלי חיים אחרים.

נמקו את בחירתכם:

87. חוקרים חששו שהדברה ביולוגית עלולה להכחיד מינים שאין ברצונם לפגוע בהם.

אם המין המשמש כמדביר יצליח במשימתו, אוכלוסייתו עלולה לגדול הודות לשפע המזון, והוא יטרף גם יצורים חיים אחרים שאינם מזיקים.

אילו מהפעולות הבאות יכולות למנוע בעיה זו?

א. לצוד בדרך מבוקרת את המדביר הביולוגי.

ב. לפזר חומרי הדברה שפוגעים במדביר הביולוגי.

ג. להשתמש במדביר ביולוגי שטרף רק את המזיק.

ד. להשתמש במדביר ביולוגי שיש לו אויבים טבעיים.

נמקו את בחירתכם :

88. השבה לטבע של בעלי חיים שחיו בעבר באזור כלשהו ונכחדו היא תהליך מורכב מאוד מבחינה מקצועית, והיא גם עולה כסף רב.

התבקשתם לבחור במינים שכדאי להשיבם בטבע.

באילו מהמינים הבאים תבחרו בעדיפות ראשונה?

א. מינים שהם ייחודיים לסביבה מסוימת, ואינם נמצאים במקום אחר בעולם.

ב. מינים מושכים במיוחד בשל גודלם, צורתם או תכונות מעניינות אחרות שלהם.

ג. מינים שהם מרכיב חשוב במארג המזון, וחשובים לשמירה על יציבותה של המערכת האקולוגית.

ד. מינים שאין עליהם מידע רב, וחשוב להמשיך ולעקוב אחריהם.

נמקו את בחירתכם :

לפניכם קטע מידע על צבי ארץ-ישראלי.

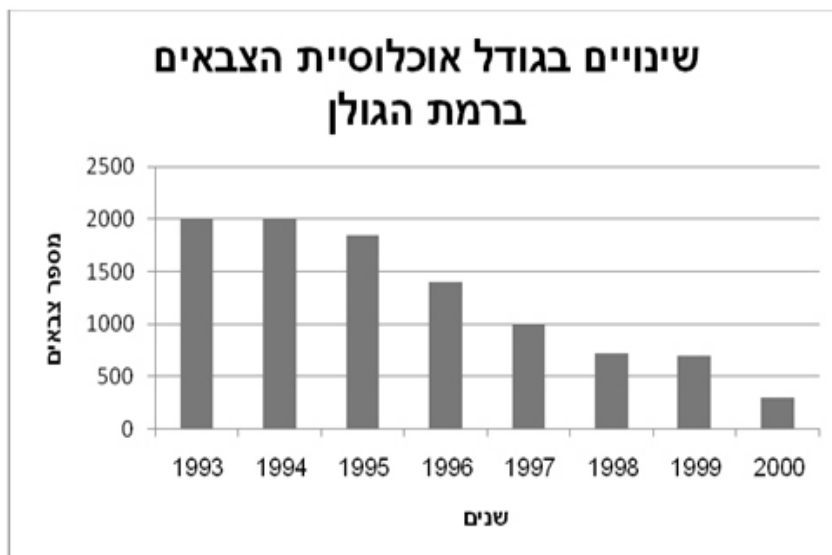
השאלות 89–92 עוסקות בקטע מידע זה.

צבי ארץ-ישראלי

חוקרים עקבו אחרי שתי אוכלוסיות של צבי ארץ-ישראלי: אוכלוסייה שחיה ברמת הגולן ואוכלוסייה שחיה ברמת יושכר.

בגרפים שלפניכם מוצגים השינויים בגודל אוכלוסיית הצבאים ברמת יושכר, בין השנים 1986–1997, והשינויים בגודל אוכלוסיית הצבאים ברמת הגולן בין השנים 1993–2000.





89. תארו במילים את הגודל של אוכלוסיית הצבאים **ברמת יששכר**, בין השנים 1986 ל-1996.

90. האם אוכלוסיית הצבאים **ברמת הגולן** קטנה, גדלה או נשארה יציבה בתקופת המחקר? הסבירו תשובתכם על סמך הגרף.

91. הציעו **שתי סיבות** אפשריות לשינויים שחלו באוכלוסיית הצבאים **ברמת יששכר** בתקופת המחקר.

93. הציעו **שתי סיבות** אפשריות לשינויים שחלו באוכלוסיית הצבאים **ברמת הגולן**, בתקופת המחקר.

93. כלבים וחתולי בית בורחים מדי פעם לטבע.

בארץ מוכרת התופעה של להקות של כלבים ושל חתולי בית שברחו אל הטבע, והם טורפים זוחלים, ציפורים ואף יונקים קטנים.

אך החוקרים טוענים כי הם לא יוכלו לשרוד בטבע לאורך זמן, בלי נוכחות של האדם בסביבה.

א. האם אפשר לראות בכלבים ובחתולי הבית **מינים פולשים**? נמקו.

ב. כיצד כלבים וחתולים עלולים להשפיע על שיווי המשקל האקולוגי של מערכות טבעיות? הסבירו.

לפניכם קטע מידע על התפרצות הר געש.

שאלות 94–95 עוסקות בקטע המידע הזה.

הר הגעש סנט הלן

הר הגעש סנט הלן בצפון ארצות הברית מכוסה בכיפה של שלג־עד. הגשמים הרבים היורדים על מדרונות ההר (כ־3,600 מ"מ גשם בשנה), מתנקזים אל נהרות אחדים וזורמים אל העמקים שמסביב להר. בשנת 1980 התפרץ הר געש זה בהתפרצות החזקה ביותר שתועדה אי פעם בהיסטוריה של ארצות הברית. כמויות אדירות של לבה זרמו במדרונות ההר, והרסו בדרכן שטחים גדולים של יערות. יותר מ־7,000 דובים, איילים וצבאים נספו בהתפרצות, יחד עם מיליוני דגים שחיו בנהרות היורדים מן ההר. מזלם של מקצת היצורים החיים שיחק להם, והם ניצלו. עצים ושיחים שהיו מכוסים בשלג ובקרח, ולא היו קרובים מדי אל הלוע שפלט לבה רותחת, לא נפגעו. מקצת בעלי החיים ניצלו, בעיקר בעלי חיים שהיו שרויים בתרדמת חורף במחילות ובמערות בתוך הקרקע (דובים, סנאים, עכברי שדה, צפרדעים וחרקים שונים), וכן מקצת הדגים, בנהרות שהלבה לא הגיעה אליהם. שנה אחרי ההתפרצות הגדולה, כבר היו רוב מורדות ההר מכוסים בשטיח צפוף של עשבים, ובמעט שיחים ועצים צעירים. סייעו לכך המשקעים הרבים היורדים באזור, בעלי החיים שניצלו וזרעים של צמחים, שהובאו למקום בעזרת הרוח או על ידי בעלי החיים. אך עברו עוד שנים רבות, עד שהתחדש היער הצפוף, כמו היער שגדל במקום לפני ההתפרצות.

94. כיצד הפכה התפרצות הר הגעש את שיווי המשקל האקולוגי של המערכות הטבעיות במורדות ההר: הסבירו.

95. בחרו שני גורמים שסייעו להתחדשות המהירה של החיים בסביבת ההר, והסבירו כיצד הם סייעו לכך.

בשאלות 96–100 שלפניכם, נזכרות פעולות הנעשות על ידי האדם, אשר משפיעות על המגוון הביולוגי.

96. בני האדם קוטפים צמחי בר בולטים ביופיים, וביניהם: סחלבים, כלניות וצבעונים. מספרם של הצמחים יורד במידה ניכרת, עד כדי סכנת הכחדה. הציעו פתרון לבעיה, ונמקו את הצעתכם:

97. סלילתו של כביש חוצה ישראל (כביש 6) גרמה לחצייה של אזורי מחיה של בעלי חיים שונים, וביניהם: צבאים, דרבנים, לטאות וצבים. הציעו פתרון לבעיה, ונמקו את הצעתכם:

98. בניית שכונות חדשות בנתניה פוגעת באזורי הגידול של איריס הארגמן. הציעו פתרון לבעיה, ונמקו את הצעתכם:

99. מטוסים שטסים בגובה נמוך ותנועת מטיילים, מפריעים לדגירת הנשרים בצוקי הנחלים בגולן. ההפרעה גורמת לנשרים לנטוש את הביצים ואת הגוזלים שבוקעים מן הביצים.

הציעו פתרון לבעיה, ונמקו את הצעתכם: _____

100. תכנית להרחבת כביש בהרצלייה עלולה לפגוע באחת משלוליות החורף הגדולות בארץ.

הציעו פתרון לבעיה, ונמקו את הצעתכם: _____

מטח

תשובונים לפריטי הערכה

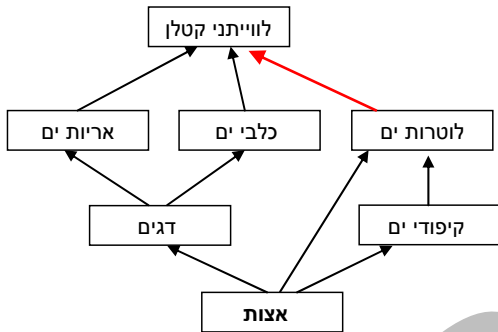
יחסי גומלין בין יצורים חיים במערכת האקולוגית

מס' פריט	תשובה
1.	תשובה ב'
2.	תשובה ג'
3.	תשובה ד'
4.	תשובה א'
5.	תשובה ד'
6.	תשובה א'
7.	<u>יצרנים</u> : חיטה, עץ אלון; <u>צרכנים ראשוניים</u> : עכבר, זחל; <u>צרכנים שניוניים</u> : נחש, שחרור; <u>טורף-על</u> : בז אדום; אוכלוסיית הבזים לא תיכחד, מפני שהבז ניזון גם משחרורים.
8.	1. מפרקים; 2. צרכנים; 3. טורפים; 4. מארג מזון; 5. יצרנים
9.	א. לא נכון – אנרגיית האור נקלטת בחלקים הירוקים של הצמח; ב. לא נכון – הצמחים הירוקים הם היצרנים, בעלי החיים הם הצרכנים; ג. נכון. ד. לא נכון – טורפי-העל הם החוליה האחרונה, בקצה שרשרת המזון; ה. נכון.
10.	תשובה א'
11.	תשובה ג'
12.	תשובה ד'
13.	תשובה ד'
14.	תשובה ג'
15.	תשובה ד'
16.	א. טחבים <----- אייל הצפון <--- דוב לבן; ב. זרעי חיטה <----- נמלה <---- דוכיפת; ג. חיטה <----- עכבר <----- תנשמת; ד. אצות <----- דגים <----- דולפין
17.	א. שתי האוכלוסיות יגדלו בשלב ראשון, מכיוון שמספר הטורפים שלהם ירד. ב. מכיוון שאוכלוסיות הנחשים והלטאות יגדלו, הם יטרפו יותר עכברים וחגבים, ולכן יקטנו אוכלוסיות העכברים והחגבים.
18.	א. אם יורעלו העכברים, הנחשים שייזונו מהם יורעלו גם כן ולכן תקטן אוכלוסייתם. בה בעת תגדל אוכלוסיית החיטה, כיוון שיהיו לה פחות צרכנים (פחות עכברים). ב. חיטה <----- עכברים <----- נחשים
19.	מים, שמש, סלעים
20.	אצות <----- זואופלנקטון <----- דגים אצות <----- דגים

21.	יחסי טריפה, כי דגי האמנון אוכלים את האצות.
22.	הוצאת הסרדינים מאפשרת לזואופלנקטון להתרבות. הזואופלנקטון אוכל אצות ומונע התרבות גדולה מדי שלהן במים. (ובהמשך גם תהליכי הפירוק של אצות מתות קטנים, וגם נמנעת הפגיעה בהטלת ביצי הדגים ובהתפתחות הדגיגים במים.)
23.	דגי הבורי ניזונים משאריות האצות שמתו והתפרקו, וכך מקטינים את הפגיעה בהטלת ביצי הדגים ובהתפתחות הדגיגים במים.
24.	דיג לא מבוקר של דגי אמנון יגרום להצטברות אצות ולהגדלת כמות החומר האורגני במים; שאיבת יתר של מים תגרום לחשיפת דגים לדיג ותמנע את הצלחת ההטלה והתפתחות הדגיגים; דיג באזורי הטלה ישבש את התבגרותם של הדגים; הכנסת מינים חדשים לאגם, עלולה לגרום לשינויים במארג המזון באגם.
25.	המפרקים ניזונים מהפרשות היצורים החיים ומשרידי היצורים שמתו, וכך הם ממחזרים את החומרים האורגניים (תוצרי הפירוק). בדרך זו הם מאפשרים את קליטת תוצרי הפירוק על ידי היצרנים (האצות), ואת השימוש החוזר בהם ליצירת חומרים אורגניים ולהשלמת מחזורי החומרים במים.
26.	יש להפחית את הדיג בכנרת כדי למנוע אסון אקולוגי. הדיג עלול להקטין במידה ניכרת את מספר הדגים. הדבר יביא להצטברות אצות, לריקבון ולירידה באיכות המים, שהם מקור מי שתייה חשוב מאוד בישראל. דיג רב עלול לגרום לשינוי המאזן האקולוגי בכנרת, דבר שעלול לפגוע בעתיד ענף הדיג בכנרת.
27.	תשובה ג'
28.	
29.	תשובה א'
30.	תשובה ד'
31.	תשובה ב'
32.	תשובה ג'
33.	תשובה ד'
34.	תשובה ג'
35.	תשובה ד'
36.	פחמן אורגני: בגופם של הצמחים ובעלי החיים, בהפרשותיהם של בעלי חיים ובשרידי יצורים שמתו (לפני שהתפרקו). פחמן אי-אורגני: בפחמן דו-חמצני שבאוויר (והמומס במים), בסלעים (סלעי משקע ימיים) ובקרקע (לאחר תהליכי הפירוק של החומרים האורגניים).
37.	נשימה, שפפה, פירוק חומרים אורגניים על ידי המפרקים
38.	פוטוסינתזה

39.	תשובה ב'. ההסבר: אחד התוצרים בתהליך הפוטוסינתזה הוא חמצן, ולכן, אם ייפסק התהליך, תרד כמותו של החמצן באוויר.
40.	א. גרף א' מראה כי בבוקר אחוז החמצן באוויר נשאר קבוע לזמן מה, ואז הוא החל לעלות עד שהגיע לשיא בשעות הצהריים. אחר כך החל לרדת אחוז החמצן, עד שהגיע לאחוז החמצן ההתחלתי, ומאז ועד סוף הניסוי נשאר אחוז החמצן באותה רמה. ב. גרף ב' נמדד אחוז חמצן התחלתי דומה לזה שבגרף א', והוא הלך וירד בהדרגה וכמעט הגיע עד אפס בסוף הניסוי. ג. עקומה א' מתארת את התוצאות בחממה השקופה, ועקומה ב' את התוצאות בחממה האטומה לאור. הצמחים בחממה השקופה היו חשופים לאור וביצעו פוטוסינתזה (בד בבד עם נשימתם), ולכן בשעות שבהן עצמת האור גבוהה, חלה עלייה באחוז החמצן באוויר (תוצר הפוטוסינתזה). הצמחים בחממה האטומה לא נחשפו לאור, לא ביצעו פוטוסינתזה, אלא רק נשמו, ולכן הלך ופחת אחוז החמצן במהלך הניסוי. ד. כדי לדעת שההבדלים באחוזי החמצן בשתי החממות אכן נובעים מחשיפה לאור או מהיעדר אור, ולא מגורמים אחרים.
41.	תשובה ב'. ההסבר: בכלי התרחשה פוטוסינתזה, שבמהלכה פלטו צמחי המים חמצן, שהצטבר במבחנה ההפוכה.
42.	תשובה א'
43.	תשובה ד'
44.	התלמיד טעה כי אנרגיה אינה "נעלמת". מקצתה עובר אל המפרקים (שמחוץ לפירמידה) ומקצתה מותמר מצורה אחת (אנרגיה כימית שנמצאת בחומרי המזון) לאחרת (אנרגיה של חום), שאיננה זמינה לרמות ההזנה הבאות.
45.	משפטים ג, ד – נכונים; משפטים א, ב, ה – אינם נכונים.
46.	היצרנים, מכיוון שהם מקור המזון של כל שאר היצורים החיים במערכת האקולוגית.
47.	בבסיס מארגי המזון ופירמידת המזון נמצאים היצרנים המייצרים מזון, וכל שאר היצורים החיים תלויים בהם. היצרנים מסוגלים לייצר חומר אורגני בתהליך הפוטוסינתזה, ולתהליך זה נחוצה אנרגיית האור. לפיכך, בלא קרינת אור השמש לא היה מתקיים תהליך הפוטוסינתזה ולכן גם לא היו מתקיימים שאר היצורים שבפירמידה.
48.	הצמחים הטורפים, שהם גם ירוקים, מבצעים פוטוסינתזה ומייצרים חומרים אורגניים מחומרים אי-אורגניים, ולכן הם יכולים להשתייך לקבוצת היצרנים בפירמידה. אך מכיוון שהם גם ניזונים מחרקים, הם גם יכולים להשתייך לקבוצת הצרכנים הראשוניים, שנמצאת בשלב השני בפירמידה.
49.	התלמידה צודקת, מכיוון שכמות האנרגיה העולה בפירמידה מרמה לרמה, הולכת ומתמעטת. זה קורה מפני שמקצת האנרגיה בכל רמה יוצא מהפירמידה אל המפרקים, ומקצתה משתחרר בצורת חום (בתהליך הנשימה). רק מקצת האנרגיה שאינו משתחרר, יכול לעלות לקומה הבאה. ולכן, ברגע שכמות האנרגיה ברמה כלשהי, שיכולה לעלות הלאה, היא קטנה מדי, היא לא תהיה מספקת בעבור יצורים חיים ברמה שמעליה.
50.	בתהליך הפוטוסינתזה הצמחים מייצרים חומרים אורגניים שמהם ניזונים שאר היצורים בפירמידה האקולוגית. נוסף על כך, בתהליך זה נפלט לאוויר חמצן המשמש את כל היצורים החיים. הצמחים גם תורמים להפחתת של כמות הפחמן הדו-חמצני באוויר.
51.	הפעולה: שרפה של דלק מחצבי. הפתרון: מעבר למקורות אנרגיה חלופיים. הפעולה: כריתת יערות. הפתרון: נטיעה של עצים במקום העצים שנכרתים או נשרפים.
52.	תשובה ג'
53.	תשובה א'
54.	תשובה ד'

55.	א. מין חדש עלול לשנות את מערך יחסי הגומלין בין המינים הקיימים בסביבה ולהפר את שיווי המשקל האקולוגי. ב. יש לברר מיהם הטורפים הטבעיים שלו ואם הם נמצאים בארץ. כמו כן יש לבדוק שהוא ניזון אך ורק מהחרקים המזיקים שאותם מעוניינים להדביר, ולא מחרקים מועילים שנמצאים בסביבה.
56.	תשובה ג' (דג הטרוטה אינו טורף דגים אחרים).
57.	צמחים <---- יתושים <---- דגי גמבוזיה (ואפשר גם שרשרת אחרת, או שילוב של שתיהן): בעלי חוליות <---- יתושים <---- דגי גמבוזיה (עם צמחים בתחילת שרשרת זו, או בלעדיהם).
58.	תשובה ב'
59.	1. דגי הגמבוזיה פוגעים רק בזחלי היתושים, ולא בבעלי חיים אחרים החיים במקווי המים. 2. חומרי הדברה מצטברים בטבע, והשפעתם הרעילה יכולה להימשך שנים רבות. 3. חומרי הדברה עלולים לחלחל למי התהום ולפגוע באיכותם.
60.	דגי הגמבוזיה ניזונים מהזחלים של היתושים ופוגעים במחזור החיים של היתוש: הזחלים אינם מתפתחים עד לשלב הבוגרים. בהעדר בוגרים, לא תימשך התרבות היתושים ואוכלוסייתם תיכחד.
61.	אוכלוסיית דגי האנשובי הייתה בשיאה בין השנים 1958–1968 (במיוחד בשנת 1966).
62.	אחרי שנת 1970 חלה ירידה חדה בגודל אוכלוסיית דגי האנשובי והיא נשארה ברמה נמוכה.
63.	תשובה ד'
64.	המדענים צדקו. אוכלוסיית דגי האנשובי לא הצליחה להתאושש והיא נשארה קטנה הרבה יותר משהייתה לפני שנת 1968.
65.	ממשלת פרו הייתה צריכה לצמצם או להגביל את ממדי הדיג של האנשובי, למידה שהייתה מאפשרת לדגים להמשיך להתרבות, להשלים את החסר ולשמור על גודל אוכלוסייה יציב.
66.	כדי לבדוק את השפעת רעיית העזים צריך להבטיח שכל המשתנים והתנאים זהים, פרט למשתנה הנבדק.
67.	חלקות אלו משמשות בקרה – כדי לבדוק את השפעת העזים יש להשוות את מצב החלקות שהעזים רעו בהן לחלקות שכלל לא רעו בהן, וכך להיות בטוחים שרעיית העזים היא המשפיעה על השוני בתוצאות.
68.	תשובה ב'
69.	המשפטים שאינם יכולים להסביר את תוצאות המחקר: - העזים אוכלות חרקים ופרוקי רגליים אחרים, שאוכלים את הצמחים ומזיקים להם – לא סביר כי העזים צמחוניות. - העזים עודדות ברגליהן את האדמה, ומאפשרות למי הגשם לחלחל לתוכה בקלות – לא סביר, להפך: הן מהדקות את האדמה. - בשל נוכחות העזים, לא נכנסו בני אדם לשטח ולא קטפו בו את הצמחים המוגנים – לא סביר, דווקא הצמחים המוגנים הם שלא התרבו בשטח.
70.	המשפטים שיכולים להסביר את תוצאות המחקר: - העזים מסייעות לפיזור זרעים על ידי אכילתם ואחר כך הפרשתם בשטח – סביר כי כך העזים יכולות להביא זרעים של צמחים שאינם גדלים באותו השטח. - חלק מן הזרעים נצמדים לפרוות העזים, וכך מתפזרים למקומות אחרים – סביר כי גם כך העזים יכולות להביא זרעים של צמחים שאינם גדלים באותו השטח. - העזים מדללות את הצמחים, ומגדילות את החשיפה לאור של הזרעים והצמחים – סביר כי יש מיני צמחים שנובטים או מתפתחים טוב יותר בחשיפה לאור. - הגללים והשתן שהעזים מפרישות בשטח, משפרים את פוריות האדמה – סביר כי ההפרשות מוסיפות חומר אורגני – דשן – זבל לאדמה.

71.	 (החץ המסומן בצבע אדום, שייך לשאלה הבאה)
72.	כן, כי כתוב בקטע שאוכלוסיית קיפודי הים הייתה בגודל יציב.
73.	יש להוסיף חץ בתרשים, מתיבת לטורות הים אל לווייתני קטלן – החץ המסומן בצבע אדום.
74.	תשובה ב'
75.	תשובה ד'
76.	הם מצליחים למצוא מזון מתאים בכל מקום, הם מתרבים במהירות, הם מפריעים למינים מקומיים לגדל צאצאים ולפעמים הם טורפים את הצאצאים של מינים מקומיים.
77.	מינים פולשים מרחיקים מינים מקומיים מסביבות החיים, מתחרים במינים מקומיים על מקורות מזון ומצמצמים את מקומות הקיום של המינים המקומיים עד כדי הכחדתם.
78.	<u>עמדות בעד</u>: הם מסכנים מינים מקומיים ועלולים לגרום להכחדתם. העניין חמור במיוחד במינים הייחודיים למקום, שאינם גדלים במקומות אחרים בעולם. המינים הפולשים חיים גם במקומות אחרים בעולם ולכן לא תפגע השמדתם בקיומם במקום חייהם הטבעי. <u>עמדות נגד</u>: אין לנו זכות להשמיד יצורים חיים, בייחוד אם אנחנו הבאנו אותם לכאן לצורכינו. אבדן השליטה עליהם אין פירושו שיש להשמידם, אלא לאפשר לטבע לפעול עד שייווצר איזון מחודש.
79.	תשובה ג'
80.	הוא מתרבה במהירות בעזרת ייצור כמויות גדולות של זרעים או בדרכים אחרות, סופג מן הקרקע מים ומינרלים על חשבון צמחים מקומיים, מטיל צל הפוגע בנביטה ובהתפתחות של צמחי בר.
81.	צמחים פולשים הם בעלי כושר התרבות מהיר, מצליחים להתחרות בצמחי בר מקומיים ולהשתלט על שטחי קרקע, פוגעים בפוריות הקרקע, הם חסרים אויבים טבעיים, ובעלי עמידות גבוהה בפני מפגעים כגון שרפה וכריתה.
82.	<u>עמדות בעד</u>: הוא מסכן מינים מקומיים ועלול לגרום להכחדתם. העניין חמור במיוחד אם הפגיעה היא בצמחים ייחודיים לארץ, שאינם גדלים במקומות אחרים בעולם. הצמחים הפולשים חיים במקומות אחרים בעולם ולכן השמדתם לא תפגע בקיומם במקום גידולם הטבעי. <u>עמדות נגד</u>: צמחים הם יצורים חיים ואין לנו זכות להשמידם, בייחוד אם אנחנו הבאנו אותם לכאן לצורכינו. יש לאפשר לטבע לפעול עד שייווצר איזון מחודש.
83.	הגפנים בצרפת נפגעו מחרקים הפוגעים בשורשי הצמחים וגורמים למותם.
84.	כן. מין פולש הוא מין שהועבר על ידי האדם לאזור שבו לא התקיים קודם לכן, וגורם שם נזק. החרק הועבר באניות מארצות הברית לצרפת, ופגע בגפנים.
85.	בהרכבה מוזגו התכונות הטובות של צמחי הגפן האמריקאיים (ששורשיהם עמידים לחרקים) עם התכונות של צמחי הגפן הצרפתיים (שמהם מכינים יין איכותי).
86.	תשובה ג', כי לרשות אוכלי פגרים ממינים אחרים תעמוד כמות גדולה יותר של מזון, וסביר שאוכלוסיותיהם יגדלו.

87.	תשובה ג', כי מדביר ייחודי למזיק מסוים לא יפגע במינים אחרים, וגודל אוכלוסייתו יושפע מגודל האוכלוסייה של המזיק. [הערה: גם תשובה ד' נראית סבירה לכאורה, אלא שאויבים טבעיים עלולים לצמצם את אוכלוסיית המדביר והוא לא יצליח להדביר את המזיק].
88.	התשובה ד', כי אם הם ייחודיים, הם עלולים להיכחד לעד. [הערה: בנוגע לתשובה ב' – ייתכן שמינים יפים ומושכים נמצאים גם במקומות אחרים בעולם; בנוגע לתשובה ג' – יש לברר אם סביבת החיים היא ייחודית, ואם כן, אפשר להכריז עליה בתור שמורות טבע; בנוגע לתשובה ד' – אם המינים אינם מוכרים, אי-אפשר לדעת אם צריך להגן עליהם או לא].
89.	האוכלוסייה ברמת יששכר נשארת יציבה, ונעה סביב כ-1,600 פרטים בתנודות קטנות משנה לשנה, פרט לשנים 1987 ו-1993, שבהן היה גידול חריג.
90.	האוכלוסייה ברמת הגולן פחתה בהתמדה, משנת 1994, וירדה מ-2,000 פרטים בשנת 1993 לכ-300 בשנת 2000.
91.	תנודות שנתיות יכולות לנבוע משינויים בכמויות הגשם או בכמויות הצמחים (המזון לצבאים); משינויים בקצב הרבייה של הצבאים; משינויים בגודל האוכלוסיות של מינים אחרים, המתחרים עם הצבאים על אותו מזון; משינויים בגודל אוכלוסיות הטורפים של הצבאים; משינויים בכמויות ציד הצבאים (אף על פי שהציד אסור על פי חוק) וכדומה.
92.	ירידה מתמדת בגודל האוכלוסייה יכולה לנבוע ממחלה שפוגעת בצבאים, ממחסור קבוע במזון (שנות בצורת רציפות יכולות להביא לתופעה כזו) או מנוכחות של טורפים (ובמחקר התברר שזו אכן הסיבה – אוכלוסיית תנים בגולן טורפת את הצבאים הצעירים עוד בטרם מלאו להם שלושה חודשים).
93.	<u>חלק א'</u> : האדם ביית כלבים וחתולים, והם אינם חיים בטבע. אך כל עוד יש להם אויבים טבעיים שטורפים אותם והם אינם מתרבים ופוגעים במיני הבר, אין לראות בהם מינים פולשים. [בדרך כלל הם גם רגישים לחיים בטבע יותר מחיות בר, ואין להם יתרון על פני מינים מקומיים]. <u>חלק ב'</u> : חדירת מינים חדשים לסביבת חיים מפרה את שיווי המשקל האקולוגי (ולכן כלבים וחתולי בית שברחו אל הטבע, מגדילים את התחרות בין מינים הניזונים מסוגי מזון דומים), ועלולה לדלדל מקורות מזון אלו.
94.	ההתפרצות הכחידה את רוב הצמחים ובעלי החיים בשטח גדול. האוכלוסיות הדלילות ששרדו המשיכו להתפתח, אך תנאי הסביבה השתנו מאוד אחרי ההתפרצות.
95.	תרדמת חורף של בעלי חיים שישנו במחילות ובמערות בתוך האדמה; שכבה עבה של שלג, שכיסתה צמחים במקומות שחוס הלבנה לא הגיע אליהם; ריבוי המשקעים שיצרו תנאים נוחים להתחדשות הצמחים המשמשים מקור מזון לבעלי החיים; הגירה של בעלי חיים מאזורים שלא נפגעו אל האזור שנפגע, בעקבות המזון שהתחדש שם; העברת זרעים של צמחים על ידי הרוח ועל ידי בעלי חיים שהיגרו לאזור.
96.	איסור על קטיפה מונע הכחדה ומאפשר לאוכלוסיית הצמחים להתאושש; הקמת גנים בוטניים ("גני מקלט") מאפשרת שימור מינים שכבר נפגעו.
97.	הקמה של מעברי חצייה מתחת לכביש בעבור בעלי חיים, מאפשרת מעבר של בעלי חיים מצד אחד של הכביש לצד האחר ויוצרת "מסדרונות אקולוגיים" השומרים על רצף של שטחים בעבור בעלי החיים.
98.	איסור על הקמת שכונה או הכרזה על שמורת טבע במקום שהאירוסים גדלים בו, מאפשרים להגן על הצמחים שעדיין נשארו באזור; איסוף הצמחים והעברתם לגן בוטני או העתקתם אל שמורת טבע אחרת באזור, מאפשרת להם להמשיך לגדול, וכך לא ייכחדו.
99.	איסור על טיסות ועל תנועת מטיילים באזור הנשרים בעונת הדגירה וגידול הצאצאים, תגדיל את הסיכויים להצלחת גידול דור חדש של צאצאים ולהתחדשות האוכלוסייה.
100.	הזזת הכביש או הכרזה על המקום בתור שמורת טבע, מאפשרות להגן על סביבת חיים זו; העברת היצורים החיים בשלולית ובסביבתה אל שלולית חורף מוגנת באזור או אל גן בוטני או אל גן זואולוגי, תאפשר להם להמשיך להתקיים במקום מוגן.