

יחידת הוראה

השפעת שינוי האקלים על הטבע ועל החברה

עבור מורים לתלמידי תיכון

מהדורה מותאמת לחינוך החרדי.

הותאם ופותח על ידי

ד"ר דבורה סמט רוטשילד - גב' רות אלמליח

תשפ"ה - 2025



רקע לפרק שני: השפעת שינוי האקלים על הטבע ועל החברה

בפרק השני שלפנינו נמשיך את הפרק הראשון, המציג רקע מקיף על שינוי האקלים העולמי, על הראיות לשינוי האקלים ועל הגורמים לפליטת פחמן דו-חמצני וגזי חממה נוספים, על אפקט החממה ומחזור הפחמן ועוד.

בפרק זה ילמדו התלמידים על חשיבות שימור המערכות הטבעיות והמגוון הביולוגי לאדם וייחשפו להשפעות שיש לשינוי האקלים על גורמים אלה (כגון: שינויים בתפוצת בעלי חיים ובנדידה, השפעה על החמצת האוקיינוסים, הלבנת שוניות אלמוגים ועוד). כמו כן התלמידים יחשפו למגוון תופעות שקיימות במערכות הטבעיות ואשר מושפעות משינויי אקלים (כגון: אובדן בתי גידול, כניסת מינים פולשים לאזור מסוים, זיהום וכו') ועל השפעת האדם על המערכות הטבעיות הללו (כגון: ציד, הרעלה, זיהום אויר ומים, וכו'). התלמידים ייחשפו להשפעות שינוי האקלים על בריאות האדם, על הביטחון התזונתי ועל המחסור במים ויבינו איך כלל הגורמים - שינוי אקלים, מגוון ביולוגי, בריאות, מזון ומים קשורים זה בזה.

יש להביא בחשבון שנושא שינוי האקלים עלול לגרום לפחדים ולחרדות. לכן עלינו להיות קשובים לתלמידים ולתת מקום לביטוי של רגשות וחששות. בשיעורים נשתדל, בכל מקרה, לא להדגיש את התרחיש הגרוע, אלא את הפתרונות האפשריים וגם את המקום של הפרט להשפיע ולשנות. חשוב להציג גישה חיובית - יש לנו אפשרות ויכולת לשנות את המציאות.

בהמשך לפרק שני זה, נעסוק בפרק השלישי בפתרונות לשינוי האקלים - כיצד נצמצם את התלות שלנו בדלקים (נפט, גז וכדומה)?

ביחידות אלו נבחן ונתמקד ברעיונות הגדולים האלה:

- הטכנולוגיה והקדמה נותנות מענה לצרכים ולבעיות החברה האנושית ומשפיעות על החברה, הכלכלה והסביבה.
- לאדם מחויבות לצמצום הפגיעה בסביבה באמצעים טכנולוגיים והתנהגותיים.
- שינוי האקלים הוא תוצאה של התערבות האדם בסביבה ויש לו השלכות על הכלכלה, החברה והסביבה.

כתיבה ופיתוח: ד"ר נירית לביא אלון, ד"ר הגר ליס.

רצף הנושאים בפרק השני:

נושא	שם הנושא	מטרות מרכזיות	מושגים	מיומנויות בשיעור
1.	תלות האדם בסביבה	הבנת התלות של האדם במערכות האקולוגיות; הבנת ההשפעות של האדם על המגוון הביולוגי; הכרה כי לשינוי האקלים השפעות על המערכות האקולוגיות.	בית גידול, מערכת אקולוגית, מגוון ביולוגי, מין ביולוגי, שירותי מערכת אקולוגית, משאבים, גורמים ביוטיים וא־ביוטיים, יחסי גומלין.	אוריינות גלובלית - מודעות גלובלית אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, פרשנות נתונים וראיות חשיבה ביקורתית - הטלת ספק
2.	השפעת האקלים על המגוון הביולוגי	הבנה ששינויי האקלים מאיימים על המגוון הביולוגי, וגם מקצינים את פגיעת בני האדם במערכות הטבעיות; הכרת מקרי בוחן המדגימים את ההשפעות של שינוי האקלים על מערכות אקולוגיות.	ההכחדה השישית, החמצת האוקיינוסים, pH, אינדיקטור, שונית אלמוגים.	אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, פרשנות נתונים וראיות התנהלות חברתית - עבודת צוות חשיבה יצירתית - יצירת הקשרים חדשים
3.	שינוי האקלים ובריאות האדם	הבנה ששינוי האקלים משפיע השפעה ישירה על בריאות האדם (למשל דרך מזג אוויר קיצוני) או השפעה עקיפה (בהשפעתו על מערכות אקולוגיות או על גידולי מזון); הבנה שהשפעות על בריאות האדם מורגשות יותר במדינות מתפתחות, אך גם מדינות מפותחות כמו ישראל אינן חסינות; הבנה ששינוי האקלים מעצים את ההתפשטות של מחלות זואונוטיות בעולם וכך גם פוגע בבריאות האדם.	מחלות זואונוטיות, וקטור מחלה.	אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות אוריינות מידע - ייצוג מידע התנהלות חברתית - עבודת צוות חשיבה יצירתית - יישום
4.	הקשר בין שינוי האקלים למשבר	הבנת ההשלכות של שינוי האקלים על האדם בכלל, והקשר בין שינוי האקלים	ביטחון תזונתי, השמנת יתר, רעב, תת־תזונה, מחסור במים, יעדי האו"ם	אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, פרשנות נתונים וראיות. הערכת

	המזון ולמחסור במים	למשבר המזון ולמחסור במים בפרט; הבנת הקשר בין הכלכלה לביטחון תזונתי, תת־תזונה, רעב והשמנת יתר. הבנת השפעת שינוי האקלים על ביטחון תזונתי; הבנת דרכי התמודדות ופתרונות לשינוי האקלים בדגש על משבר המזון והמחסור במים.	לפיתוח בר־קיימא, מיתון (מיטיגציה) ואדפטציה (הסתגלות).	מידע. חשיבה יצירתית - יצירת הקשרים חדשים.
5.	על שינוי האקלים, מגוון ביולוגי, מזון ובריאות	הבנת הקשר בין בריאות למזון - השפעת חוסר ביטחון תזונתי ורעב ועל הבריאות. הכרת חקרי מקרה המדגימים את כלל הקשרים בין שינוי האקלים למגוון הביולוגי, למחסור במזון ולהשפעתו על בריאות האדם	רעב, ביטחון תזונתי, תת־תזונה, השמנת יתר, גלי חום, מגוון ביולוגי, ארבה, נחיל והדברה.	אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, הערכה ותכנון מחקר התנהלות חברתית - עבודת צוות

הערכה

בסיכום כל נושא בפרק מוצגת הצעה לפעילות הערכה. כמו כן, אפשר להטיל על התלמידים משימת הערכה חלופית במטלות מהשיעורים בפרק. ההצעה אינה מחייבת וכל מורה יוכל לנהוג כהבנתו. להלן רשימת מטלות אפשריות להערכת התלמידים:

הנושא	מטלה	אופן הערכה	הצעה לחלק יחסי בציון %
1. תלות האדם בסביבה	הצעה 1 - חקרי מקרה. חלופות 2 ו-3 - זיהוי מרכיבים, קשרים יחסי גומלין במערכת.	א. רמת תשובות בדף עבודה, הצלחה בזיהוי מרכיבים וקשרים. ב. השתתפות ועבודה בקבוצות.	20%
2. השפעת האקלים על המגוון הביולוגי	הצעה 1 - עבודה בקבוצות על קטעי מידע והצגה לכיתה. הצעה 2 - ניסוי וסרטון סיכום - הכנת תרשים קשרים.	א. רמת התשובות לשאלות; ב. השתתפות ועבודה בקבוצות; ג. רמת מורכבות התרשים והקשרים.	20%
3. שינוי האקלים ובריאות האדם	הצעה 1 – כרזה או עלון מידע. הצעה 2 - מענה על שאלות.	א. רמת התשובות לשאלות ורמת הכרזות או עלוני המידע; ב. השתתפות ועבודה בקבוצות; ג. יצירתיות והנגשת מידע בכרזות או בעלוני מידע.	20%
4. הקשר בין שינוי האקלים למשבר המזון ולמחסור במים	הצעה 1 – סימולציה; הצעה 2 - קריאת מקורות והצגה סיכום - הצעת פתרונות	א. רמת תשובות לשאלות; ב. השתתפות ועבודה בקבוצות; ג. יצירתיות ומורכבות הפתרונות.	20%
5. שינוי האקלים, המגוון הביולוגי, מזון ובריאות	הצעה 1 או 2 - עבודה על קטעי מידע ודיון סיכום; הצעה 1 - הצגה יצירתית של חקרי מקרה; הצעה 2 - הרחבת תרשים קשרים.	א. רמת תשובות לשאלות; ב. השתתפות בדיונים. א. יצירתיות ודיוק בהצגת חקרי מקרה; ב. רמת מורכבות התרשים והקשרים.	20%

הגדרות למושגים שנלמד בפרק זה:

בית גידול - המקום שבו חיים האורגניזמים - כל גורמי הסביבה המשתנים והקבועים שמשפיעים על אורגניזמים במקום חיותם הטבעי. בית הגידול הוא בתוך המערכת האקולוגית. לדוגמה, אבן משמשת בית גידול לבעלי חיים שחיים תחתיה, מספקת תנאים כמו לחות, טמפרטורה ואור. האבן היא חלק ממערכת אקולוגית כמו חורש, מדבר או ערוץ נחל.

מערכת אקולוגית - סביבה הכוללת מערכת של תנאים ביוטיים וא־ביוטיים שמקיימים ביניהם יחסי גומלין. מערכת אקולוגית מורכבת מבתי גידול רבים.

מגוון ביולוגי - השונות בטבע הבאה לידי ביטוי בכל רמות הארגון הביולוגיות - המגוון הגנטי (שונות גנטית) בתוך כל מין, מגוון מינים (שונות בין מינים) ומגוון המערכות האקולוגיות.

מין ביולוגי (**species**) קבוצה של פרטים שיכולים להתרבות זה עם זה ולהעמיד צאצאים פוריים, למעשה או בתיאוריה. מין כולל את כל הפרטים שחולקים מאגר גנים משותף.

שירותי מערכת אקולוגית - אספקה של מגוון מוצרים או תנאים חיוניים לקיומנו ולרווחתנו. אנו נהנים מכמה סוגים של שירותים של המערכות האקולוגיות: שירותי אספקה - כמו מזון, מים וחומרי גלם לתעשייה; שירותי ויסות ובקרה - כמו טיהור מים וטיהור אוויר; שירותי תרבות ופנאי - כמו טיולים וסדנאות בטבע, תיירות אקולוגית; ושירותי תמיכה.

גורמים ביוטיים - כל מרכיבי הסביבה החיים: הצמחים, בעלי החיים, האצות, הפטריות, החיידקים והנגיפים המתקיימים בה, וכמובן גם האדם.

גורמים א־ביוטיים - כל מרכיבי הסביבה הדוממים (שאינם חיים): האדמה והסלעים, המים, האוויר, תנאי מזג האוויר וכל שאר החומרים שבסביבה והכוחות הפיזיקליים הפועלים בה.

יחסי גומלין - ההשפעות ההדדיות בסביבה בין המרכיבים הביוטיים לבין עצמם ובין המרכיבים הביוטיים לגורמים א־ביוטיים.

הכחדת המינים המתרחשת בעידן שלנו מעשי האדם והשפעתם.

החמצת האוקיינוסים - עלייה ברמת החומציות של מי האוקיינוסים עקב עלייה בריכוז הפחמן הדו־חמצני באטמוספירה. בשנים האחרונות העלייה בריכוז פחמן דו־חמצני באטמוספירה גורמת לעליית ריכוז הפחמן הדו־חמצני המומס במי הים, וכתוצאה מתהליכים כימיים לעלייה ביוני ההידרוניום (H^+) שגורמת להחמצה של מי הים, כלומר לירידה ב־ pH . לתופעה זו השלכות רבות כגון פגיעה בשוניות האלמוגים ובבעלי חיים גירניים.

pH - מדד לרמת חומציות של תמיסה מימית, המתבסס על ריכוזם של יוני ההידרוניום (H^+) בתמיסה. האות p מייצגת חזקה (באנגלית power) במשמעות של ריכוז, והאות H היא הסימול הכימי של היסוד מימן, ומייצגת יוני מימן חיוביים (שמופיעים כיוני ההידרוניום).

אינדיקטור - חומר המאפשר לנו לדעת על נוכחות חומר אחר, באמצעות שינויים החלים בסביבה הנבדקת (בדרך כלל צבע). אינדיקטור pH הוא תרכובת כימית המוספת בכמויות קטנות לתמיסה כדי לקבל מדד חזותי של גובה ה־ pH של התמיסה.

שונית אלמוגים - מושבה של אלמוגים. אלמוג הוא אורגניזם שיש בו יחסי הדדיות בין פוליפ לאצה - האצה הצמחית מייצרת מזון לפוליפ (פוטוסינתזה), והפוליפ נותן לאצה מקום לגדול.

מחלות זואוונטיות (**zoonotic diseases**) - מחלות מידבקות אשר מועברות בין מינים ביולוגיים - מבעלי חיים אל בני אדם (או הפוך) כמו HIV-AIDS, SARS, שפעת העופות, וירוס הקורונה CoVID-19, סלמונלה, אבולה ועוד. התפרצותן של מחלות אלו הולכת וגדלה בעת האחרונה בעקבות פעילות האדם.

וקטור מחלה - גורם הנושא ומעביר מחלה. הכוונה לאורגניזם שאינו גורם למחלות, אלא מעביר אותן, משום שהוא הפונדקאי של גורם המחלה. לדוגמה, זני יתושים מסוימים מעבירים מחלות כמו קדחת מערב הנילוס.

ביטחון תזונתי - יכולתו של אדם לספק לו ולמשפחתו מזון בריא ומזין הכולל את כל אבות המזון, בכמות ובאיכות מתאימות ומספיקות, באורח סדיר ובדרכים מקובלות חברתית.

השמנת יתר - השמנת יתר מתפתחת כשאין איזון בין כמות האנרגיה הנכנסת לגוף באכילה לבין הוצאת האנרגיה בפעילות גופנית. השמנת יתר היא השמנה חריגה וחולנית הנובעת מאכילת יתר ומפעילות גופנית מועטה. לעיתים ההשמנה נובעת מאכילה של מזון מעובד ולא טרי או מזון לא מאוזן בהרכבו.

תת-תזונה - חוסר איזון בין רכיבי התזונה הדרושים לגוף לבין אלה שהוא מקבל בפועל.

רעב - תת-תזונה כרוני. מדד הרעב העולמי (Global Hunger Index) המשווה בין מדינות מחבר שלושה מדדים בעלי משקל שווה: אחוז האנשים הסובלים מתת-תזונה מתוך כלל האוכלוסייה, שכיחות ילדים מתחת לגיל חמש הסובלים מתת-משקל, אחוז תמותת הילדים מתחת לגיל חמש.

מחסור במים - מחסור במשאבי מים נקיים (freshwater) יחסית לצריכת המים. יכול להיגרם בגלל בצורת, מחסור בגשמים או זיהום מקורות מים.

יעדי האו"ם לפיתוח בר-קיימא - תוכנית פעולה הכוללת 17 יעדים שיש להטמיע במדינות החברות כדי להוביל להתפתחות עולמית בת-קיימא עד 2030, והם מכונים Sustainable Development Goals – SDGs. היעדים מופיעים ב"אג'נדה 2030 לפיתוח בר-קיימא" של האו"ם.

מיתון (מיטיגציה): פעילות שמטרתה למנוע, להפחית או לדחות שינויי אקלים בעיקר בהפחתה של פליטות גזי חממה לאטמוספירה. לדוגמה: התייעלות בשימוש באנרגיה, שימוש באנרגיה חלופית או ירוקה, שינוי דפוסי התנהגות, נקיטת מדיניות לצמצום פליטות.

הסתגלות (אדפטציה): תגובה לשינויי אקלים שכבר בלתי נמנעים בגלל פליטות גזי חממה בעבר. לדוגמה: פיתוח זני צמחים עמידים יותר לעלייה בטמפרטורה, ייצור פתרונות למשברי מזון, מים או בריאות, הגנה מפני עליית מפלס פני הים, היערכות למקרי בצורת או הצפה.

ארבה - הופעה של חגבים בלהקות שעשויות לכלול מאות מיליוני חרקים ולעבור 150 קילומטר ביום. הארבה מתרבה במהירות רבה ומכיוון שהוא צמחוני הוא יכול לגרום נזק רב לגידולים חקלאיים.

פויקילותרמי - יצור בעל טמפרטורת גוף המשתנה בהתאם לסביבה. בשפת היום-יום מכונה בעל דם קר. לדוגמה: הארבה הוא יצור פויקילותרמי הזקוק לחום השמש כדי לצבור אנרגיה לתעופה.

נחיל - להקה של בעלי חיים. חגבים, למשל, הופכים בתנאים מסוימים (שינויי אקלים או ירידת גשמים) לארבה המתלהק ללהקות גדולות.

הדברה - הרחקה או צמצום השפעה או הריגה של מזיקים כמו חרקים, מכרסמים ועופות. אפשר להדביר הדברה כימיקלית שלה השלכות סביבתיות ובריאותיות או להדביר הדברה ביולוגית או על ידי חומרים טבעיים.

עוד בנושא שינוי האקלים למורים:

בשנים האחרונות גוברת המודעות והחשיפה התקשורתית לנושא שינוי האקלים. אפשר למצוא חומרי הוראה רבים ברשת בנושא - הרצאות מוקלטות, מערכי שיעור, פעילויות לא פורמליות ועוד. למשל:

- [אתר של מרכז המורים בידינו](#)
- [אתר אקלים ישראל – חינוך: https://climatechangeisrael.org/education/](https://climatechangeisrael.org/education/)
- [אתר זווית בחינוך - שינוי אקלים](#)



התלות של האדם בסביבה

יחידה 1: פתיחה - תלות האדם בסביבה

ידע למורה: ביחידת הפתיחה יבינו התלמידים כיצד האדם תלוי במערכות האקולוגיות, התלמידים ילמדו מהו מגוון ביולוגי ויבחנו את ההשפעות של האדם על המגוון הביולוגי (כגון פגיעה וקטועו בתי גידול, זיהום, ניצול יתר, כניסת מינים פולשים, פגיעה ישירה במינים למשל בציד והרעלות). כמו כן, ייחשפו התלמידים חשיפה ראשונית להשפעות שינוי האקלים על המערכות האקולוגיות, כגון השפעת העלייה בטמפרטורה על תפוצת מינים, השפעת העלייה בחומציות האוקיינוסים על המערכת האקולוגית הימית ועוד. בנושא זה יעמיקו התלמידים יותר ביחידה הבאה.

מיומנויות בשיעור: אוריינות גלובלית - מודעות גלובלית, אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, פרשנות נתונים וראיות, חשיבה ביקורתית - הטלת ספק

מושגים: בית גידול, מערכת אקולוגית, מגוון ביולוגי, מין ביולוגי, שירותי מערכת אקולוגית, משאבים, גורמים ביוטיים וא־ביוטיים ויחסי גומלין.

בית גידול - המקום שבו חיים האורגניזמים - כל גורמי הסביבה המשתנים והקבועים שמשפיעים על אורגניזמים במקום חיותם הטבעי. בית הגידול הוא בתוך המערכת האקולוגית. לדוגמה, אבן משמשת בית גידול לבעלי חיים שחיים תחתה, מספקת תנאים כמו לחות, טמפרטורה ואור. האבן היא חלק ממערכת אקולוגית כמו חורש, מדבר או ערוץ נחל.

מערכת אקולוגית - סביבה הכוללת מערכת של תנאים ביוטיים וא־ביוטיים שמקיימים ביניהם יחסי גומלין. מערכת אקולוגית מורכבת מבתי גידול רבים.

מגוון ביולוגי - השונות בטבע הבאה לידי ביטוי בכל רמות הארגון הביולוגיות - המגוון הגנטי (שונות גנטית) בתוך כל מין, מגוון מינים (שונות בין מינים) ומגוון המערכות האקולוגיות.

מין ביולוגי (**species**) - קבוצה של פרטים שיכולים להתרבות זה עם זה ולהעמיד צאצאים פוריים, למעשה או בתיאוריה. מין כולל את כל הפרטים שחולקים מאגר גנים משותף.

שירותי מערכת אקולוגית - אספקה של מגוון מוצרים או תנאים חיוניים לקיומנו ולרווחתנו. אנו נהנים מכמה סוגים של שירותים של המערכות האקולוגיות:

- שירותי אספקה – מוצרים שאנו מקבלי מהטבע - מים, מזון שאנו מקבלים או מפיקים מהצמחים, בעלי חיים, דגים וכן סיבים המשמשים אותנו כמו עץ, כותנה ומשי, דלק ביולוגי ותרופות.
- שירותי ויסות ובקרה – תהליכי בקרה טבעיים של המערכות האקולוגיות. תהליכי בקרה אלו חיוניים לנו לטיהור האוויר, טיהור המים, ויסות האקלים, מניעת סחף ושיטפונות, בקרה על מחלות ומזיקים, האבקה, הפחתת ההשפעה של אירועי קיצון כמו צונמי וכו'.
- שירותים תרבותיים – בני האדם מוצאים ערך רוחני וחינוכי בטבע ונהנים מטיול בילוי ופנאי במערכות הטבע.
- שירותי תמיכה – התהליכים הטבעיים של המערכות האקולוגיות מספקים לכלל המגוון הביולוגי, כולל לאדם, שירותים בסיסיים התומכים בכל שאר שירותי המערכת האקולוגית כמו יצירת קרקע, פוטוסינתזה, מחזור המים, מחזור חומרים (כמו חנקן וזרחן) ועוד.

גישות לשמירת טבע בהתפתחות החשיבה הסביבתית:

גישת שימור הטבע הרומנטית (הביוצנטרית) בלטה בשנות השישים והשבעים, ולפיה הטבע והאדם הם גורמים נפרדים. שימור הטבע הוא ערך עליון ויש לשמור את הטבע מתוך ערכיו הפנימיים – לפיכך התנגדה הגישה לפיתוח אנושי באשר הוא. גישה זו באה לידי ביטוי בהקמת החברה להגנת הטבע, הכרזה על שמורות טבע וייסוד רשות שמורות הטבע. חסרונה שאינה נותנת מענה להתפתחות המואצת בתחומי הטכנולוגיה, הכלכלה והחברה.

גישת המדעים הסביבתיים (האגוצנטרית או האנתרופוצנטרית) – בשנות השמונים התפתחה הגישה המדעית הרואה במדע כלי מרכזי לפתרון בעיות הסביבה והשפעותיה על האדם, ולפיה האדם הוא חלק מההתפתחות המתבקשת, והסביבה היא כלי לשירותו. גישה זו באה לידי ביטוי בהקמת מסלולי לימוד באוניברסיטאות לנושאי סביבה והקמת השירות לשמירת איכות הסביבה שהייתה בסיס למשרד להגנת הסביבה. חסרונה היה בכך שהיא לא העמידה כלים ערכיים לשיפוט הנתונים המדעיים.

הגישה האקולוגית-חברתית (אתנוצנטרית או אקוצנטרית) – הדגם השלישי התפתח כסינתזה של שני הדגמים הקודמים. גישה הוליסטית זו רואה באדם חלק בלתי נפרד מעולם הטבע, והיא אינה פועלת לשימור עולם הטבע כמו שהיה. לפי גישה זו, יש קשר בלתי נפרד בין החברה למערכת האקולוגית, והאדם הוא חלק ממנה לצד יצורים אחרים. על האדם לכבד את המינים שלצידו ויש לשפוט כיצד פעולותיו משפיעות על הסביבה כולה ולא רק על בני האדם.

ברוח זו מתפתחת בימים אלו גישה חדשה, גישת המגוון הביולוגי. גישה זו, בדומה לגישה האגוצנטרית, דוגלת בשמירה על ערכי הטבע – המגוון הביולוגי, בתי הגידול והמערכות האקולוגיות – בשל חשיבותם לקיומו ולרווחתו של האדם. ואולם, ברוח הגישה השלישית, המשלבת בין צורכי הטבע לצורכי האדם, גם גישה זו פועלת לשמירת המגוון הביולוגי.

פתיחה ליחידה:

הצעה 1:

נציג לתלמידים את הגישות לשמירת הטבע (המפורטות בידע למורה) ונשאל את התלמידים:

- לאיזו גישה אתם מתחברים יותר?
- מהם היתרונות והחסרונות של כל גישה?

נדון בתלות של האדם במערכות האקולוגיות (למשל באספקת חמצן לנשימה, מזון, חומרי גלם לתרופות, לתעשייה וכו').

למתקדמים אפשר להסביר את המושג "שירותי מערכת אקולוגית" – השירותים שהטבע נותן לנו. נסביר את המשבר הסביבתי - אנו צורכים משאבים רבים יותר ממה שכדור הארץ מסוגל לספק ואנחנו מזהמים ופוגעים במערכות הטבעיות. ונדגיש כי בפעולותינו עלינו להתחשב במשאבי כדור הארץ.

מיומנויות: חשיבה ביקורתית – הטלת ספק

הצעה 2: מגוון ביולוגי בישראל

המורה יסביר מהו מגוון ביולוגי ויתן דוגמאות (ניתן לחלק לתלמידים תמונות להמחשה) ואח"כ יבקש מהתלמידים לענות על השאלות ומלא את הטבלה שלהלן:

השאלות:

1. מהו מגוון ביולוגי?
2. מדוע המגוון הביולוגי של ישראל כה עשיר?
3. מלאו את טבלת יחידות הנוף הקיימות בארץ:

שם יחידת הנוף	מאפיינים כלליים	מינים בולטים
החרמון, הגולן והגליל		
הכרמל		
מישור החוף		
הים התיכון		
הרי ירושלים		
מדבר יהודה		
הנגב והערבה		
אילת		

4. מהם יחסי הגומלין בין האדם למגוון הביולוגי?

לסיום, נעבור על תשובות התלמידים ונחדד בדיון את התלות של האדם במערכות האקולוגיות (למשל באספקת חמצן לנשימה, מזון, חומרי גלם לתרופות, לתעשייה וכו').

למתקדמים אפשר להסביר את המושג "שירותי מערכת אקולוגית" – השירותים שהטבע נותן לנו. נסביר את המשבר הסביבתי - אנו צורכים משאבים רבים יותר ממה שכדור הארץ מסוגל לספק ואנחנו מזהמים ופוגעים במערכות הטבעיות. ונדגיש כי בפעולותינו עלינו להתחשב במשאבי כדור הארץ.

נציג לתלמידים את הגישות לשמירת הטבע (המפורטות בידע למורה) ונשאל את התלמידים:

- לאיזו גישה אתם מתחברים יותר?
- מהם היתרונות והחסרונות של כל גישה?

מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות

תשובות למורה:

1. המגוון הביולוגי הוא מגוון של מינים, של יחידות נוף (בתי גידול) והשונות הגנטית בין המינים.
2. המגוון הביולוגי בישראל עשיר כי ישראל משמשת גשר בין שלוש יבשות ובגלל מגוון יחידות הנוף ובתי הגידול בארץ.
3. יחידות הנוף הקיימות בארץ:

שם יחידת הנוף	מאפיינים כלליים	מינים בולטים
החרמון, הגולן והגליל	רכס מושלג, מצוקי בזלת, נחלים, צמחייה עשבונית, חורש	נשרים, חרקים, פרפרים, צפרדעים, יחמוס, ציפורים, שועל
הכרמל	חורש ים-תיכוני, מצוקים סלעיים	פרחי אביב, זעמן שחור ונחשים, פרפרים, צבי ישראלי
מישור החוף	סלעי כורכר, חולות	צבים, לטאות, חומטים, חיפושיות, צמחי חוף
הים התיכון	מי מלח, גלים	מיני אצות, סרטני חולות, דגים, מדוזות, צבי ים
הרי ירושלים	מערות חשוכות, מדרונות סלעיים	עטלפים, יערות אורנים
מדבר יהודה	צחיח, מצוקים	צמחי מדבר, שפנים, יעלים, חרקים
הנגב והערבה	מרחבים פתוחים, שטח צחיח	פסמון, קרקל, צבי הנגב, רותם, נחשים
אילת	מלחות, ים סוף	דגים, אלמוגים

4. האדם הוא חלק מהמערכת האקולוגית ותלוי בה לצורך קיומו. על האדם לשמור, להגן ולשקם את המגוון הביולוגי.

גוף היחידה:

הצעה 1: התערבות האדם בטבע

נציג לתלמידים חקרי מקרה של התערבות האדם בטבע ודרכם יתוודעו התלמידים למושגים מגוון ביולוגי, מערכת אקולוגית ולחשיבות שלהם.

למשל: חוסן של מערכת אקולוגית מותנה במגוון שלה, הטבע מספק שירותי מערכת לאדם, לטבע יש ערך בפני עצמו - ערך מוסרי.

כל קבוצה תקרא קטע קצר ותענה על השאלות בעקבותיו (נספח). לאחר מכן תציג את הנושא והתשובות שלה במליאה.

נשאל את התלמידים:

- מה משותף לכל הדוגמאות שהובאו בחקרי המקרה?

נסכם שקל מאוד לגרום לשרשרת אירועים הרת אסון אם מתערבים במערכות האקולוגיות בלי "לפסוע לפני כן כמה צעדים גדולים לאחור" כדי לנסות לראות את התמונה המלאה. הדוגמאות שהובאו ממחישות שהתמקדות בגורם "מפריע" אחד עלולה לא רק להחטיא את המטרה, אלא גם להביא לתוצאות חמורות הרבה יותר.

מיומנויות: אוריינות גלובלית - מודעות גלובלית. אוריינות מדעית - פרשנות נתונים וראיות.

הצעה 2: מרכיבי המערכת האקולוגית והקשרים ביניהם

התלמידים יבנו מערכת אקולוגית על כלל מרכיביה ויסמנו בחיצים את הקשרים ביניהם. נבחן מה קורה אם מוציאים את אחד המרכיבים. לאחר מכן נדון בשאלה זו:

- כיצד תושפע המערכת אם יחול שינוי במגוון המינים, או אם יחולו שינויים באקלים?

שלב א

נשאל את התלמידים:

- מי היה בחוף הים?

- האם חוף הים הוא מערכת אקולוגית?

נבקש מהתלמידים למנות גורמים ביוטיים וא־ביוטיים הרלוונטיים לחוף הים.

לחלופין אפשר לבחור בכל מערכת אקולוגית אחרת, כמו חורש ים־תיכוני, רכסי כורכר וחמרה, חולות מישור החוף, שלולית חורף וכו'. רצוי לבחור מערכת אקולוגית המוכרת לתלמידים מסויר, או שאפשר לצאת לסויר בסביבה הקרובה בשטח עשיר בחי ובצומח.

שלב ב

נחלק לתלמידים את הכרטיסיות על מרכיבי הסביבה החופית (שבנספח 2). נדביק אותן על הלוח, על בריסטול או נניח על הרצפה ונבקש מהתלמידים לסמן בחץ את הקשרים שבין הגורמים בכרטיסיות או בין הגורמים שבפתקים שהכינו - החץ מצביע על השפעה בין גורם אחד לאחר. נזכיר שבמקרה של יחסי טורף-נטרף כיוון החץ מהנטרף לטורף (כיוון זרימת האנרגיה בשרשרת המזון).

שלב ג

נשאל את התלמידים:

- מה יקרה אם גורם אחד יצא מהמערכת?

נבקש מהתלמידים להעלות השערות שיסייעו להם לענות על השאלה. למשל עלייה בטמפרטורת המים גרמה לכניסת מינים פולשים המתחרים במקומיים ולהכחדת מינים; עלייה בחומציות המים גרמה לתמותת אלמוגים; הוקם שובר גלים ואין עוד גלים בחוף; או זיהום בים גרם לתמותה של הדגים ושל בעלי חיים ימיים אחרים וחל שינוי במגוון המינים בחוף.

- האם המערכת האקולוגית תושפע? כיצד? מה יקרה לה?

- האם המערכת תצא מאיזון לחלוטין או שתתייצב כעבור פרק זמן?

נבקש מהתלמידים להוציא את הכרטיסים של הגורמים שהושפעו וכך נמחיש את תגובות השרשרת במערכת. נשאל את התלמידים:

- אילו מקרים נוספים יכולים להשפיע על המערכת בחוף?

למשל כתוצאה משינוי האקלים - שינוי בטמפרטורת המים, עלייה בחומציות הים, התגברות של הרוחות.

מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות

הצעה 3: מהי אקולוגיה?

פעילות זו מבוססת על מצגת ותרגיל מתוך אתר מפמ"ר מדעי הסביבה שחיברה אורה בר. נציג לתלמידים את [המצגת](#). במצגת מופיעים תקצירים ממאמרים בנושאים אקולוגיים שפורסמו בעיתון הארץ. נבקש מהתלמידים למלא את הטבלה שלהלן בעת הצגת המצגת. בטבלה עליהם לזהות את המרכיבים הביוטיים, המרכיבים הא-ביוטיים בכל תמונה ואת קשרי הגומלין ביניהם. אם חסר לתלמידים רקע מקדים על יחסי הגומלין כדאי להזכיר את המושג ולתת כמה דוגמאות לפני המשימה.

תוכן המאמר בקצרה	הגורמים החיים המוזכרים - גורמים ביוטיים	הגורמים הדוממים המוזכרים - גורמים א־ביוטיים	יחסי הגומלין המוזכרים בין הגורמים הביוטיים לבין עצמם	יחסי הגומלין המוזכרים בין הגורמים הביוטיים לא־ביוטיים

לסיום נדון בשאלות האלה:

1. מה המשותף בין המאמרים?
 2. מי מבין הדוגמאות קשורה לשינוי האקלים?
 3. האם בכל הדוגמאות הופיעו יצורים חיים? האם רק בעלי חיים או גם צמחים?
 4. האם המאמרים עוסקים ברמת התא, ברמת היצור הבודד או ברמת היצור וסביבתו?
- מיומנויות: אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות

תשובות למורה:

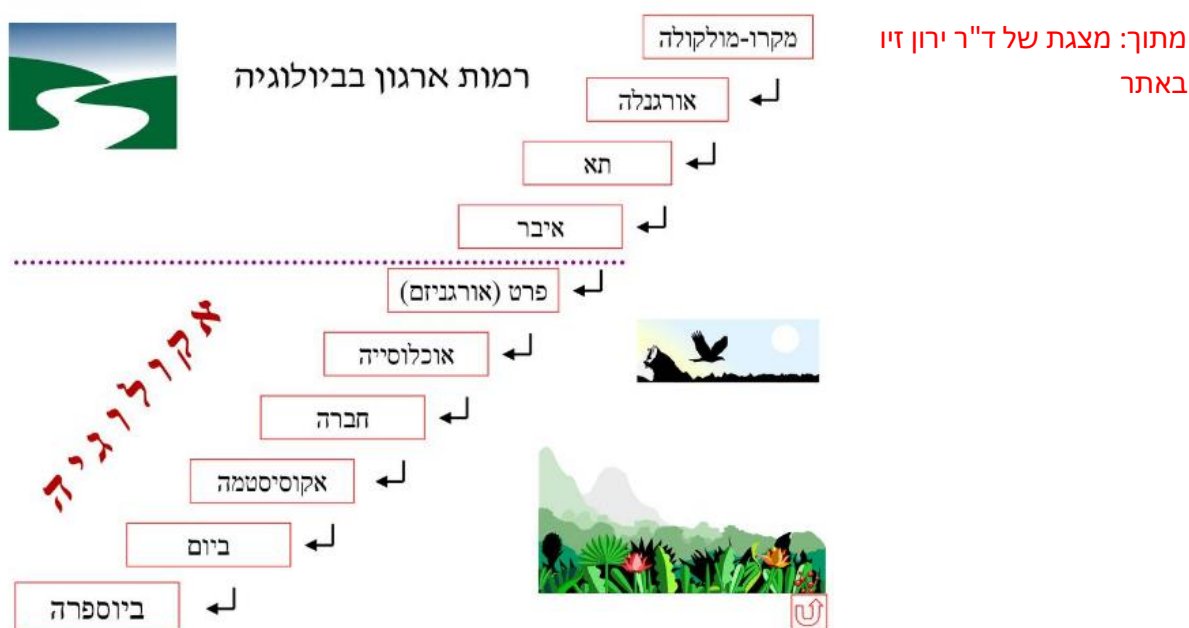
תוכן המאמר בקצרה	הגורמים החיים המוזכרים - גורמים ביוטיים	הגורמים הדוממים המוזכרים - גורמים א־ביוטיים	יחסי הגומלין המוזכרים בין הגורמים הביוטיים לבין עצמם	יחסי הגומלין המוזכרים בין הגורמים הביוטיים לא־ביוטיים
עלייה במספר התנים גרמה לירידה במספר הצבאים	תנים, צבאים		טורף־נטרף	
נמרים מילים יעלים ממצוקים וכך הם צדים אותם. אוכלוסיית הנמרים בסכנת הכחדה עקב ציד וצמצום בתי הגידול	נמרים, יעלים, בני אדם	מצוק	טורף־נטרף	שימוש במצוק למלכודת
חיפושיות זבל מסייעות לצמחים בהפצת גללים והגדלת פוריות הקרקע והפצת זרעי הצמחים	צמחים, חיפושיות זבל	גללים, חומר אורגני, פוריות הקרקע	הדדיות בין חיפושיות לצמחים	פירוק הגללים מעשיר את הקרקע, קרקע פורייה תורמת לצמחים
שיקום הקישון - ירידה ברמת החומציות וחזרת האצות והצבים לנחל	אצות, צבים	שפכים, הרכב המים (pH)		רמת חומציות משפיעה על בעלי החיים בנחל
כתם נפט בים גרם למותן של איגואנות באיי גלפגוס.	איגואנות, חיידקים, אצות	נפט	חיידקים מאפשרים פירוק אצות במעי האיגואנה	נפט הרג חיידקים
שימוש בעטלפים כמדבירי חרקים כתחליף לשימוש בחומרי הדברה כימיים	עטלפים, חרקים, צמחי חקלאות	חומרי הדברה	טורף־נטרף: חרקים אוכלי גידולים, עטלפים אוכלי חרקים	
התחממות כדור הארץ - הכחדת דובי הקוטב ועצי אדר בצפון אמריקה	דובי קוטב, עצי אדר	פחמן דו־חמצני, טמפרטורת האוויר		השפעת כמות הפחמן הדו־חמצני על הטמפרטורה, השפעת האקלים על המינים

1. המשותף למאמרים שכולם מתארים מערכות אקולוגיות ויחסי גומלין בין מרכיביהן.

2. מבין הדוגמאות רק התחממות כדור הארץ והכחדת דובי הקוטב ועצי האדר קשורות לשינוי האקלים.

3. בכל הדוגמאות הופיעו יצורים חיים, לעיתים רק בעלי חיים ולעיתים גם בעלי חיים וגם צמחים.

4. המאמרים עוסקים על פי רוב ביצור וסביבתו. אם לתלמידים חסר ידע קודם אפשר להיעזר באיור הזה:



<https://slideplayer.com/slide/14761419/>

אורגנלה היא אברון בתוך התא.

אקוסיסטמה היא מערכת אקולוגית, היינו מערכת של תנאים ביוטיים וא-ביוטיים שמקיימים ביניהם יחסי גומלין.

ביום היא חברה אקולוגית אזורית מקיפה של יצורים המשתרעת על פני אזור טבעי רחב מימדים כגון יער או מדבר. בכל ביום מצויות כמה מערכות אקולוגיות.

כל אחת מהפעילויות בשלוש חלופות אלו תוכל לשמש להערכה חלופית.

סיכום:

נסכם כי המערכות האקולוגיות הן מורכבות וסבוכות, וגם המומחים אינם תמיד מבינים אותן עד תום. כל בעל חיים וצמח במערכת אקולוגית קשורים קשרים רבים ושונים ליצורים אחרים - ביחסים של טורף ונטרף; מתחרה על מזון או על משאבים אחרים כמו אור, מים ומקום קינון; או ביחסים של הדדיות. אם משנים גורם אחד, יש חשש של ממש שתיגרם תגובת דומינו הרסנית. היציבות של המערכת האקולוגית גדולה יותר ככל שהמערכת מגוונת יותר.

נספר לתלמידים שהיחידה הבאה תעסוק בהשפעת שינוי האקלים על מערכות הטבע ועל המגוון הביולוגי.

נספח 1 (עבור הצעה 1 בגוף היחידה): חקרי מקרה של התערבות האדם בטבע

קבוצה 1: איים קסומים, נמיות, חולדות וקנה סוכר

הוואי היא קבוצת איים שנוצרו מהתפרצויות געשיות בתוך הים. בהתחלה היו האיים חשופים ולא היו עליהם כל אדמה או צמחייה, אך לאורך שנים האיים הפכו לגן עדן. חופים מדהימים, זרעים שנישאו ברוח או על ציפורים נודדות נטמנו באדמה שנוצרה בתהליכי בליה, והאיים שגשגו.

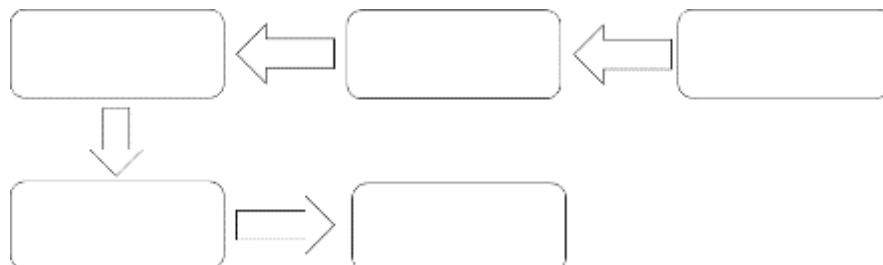
לפני 1,000 שנה הגיע האדם להוואי וגילה את גן העדן האבוד: שוניות עשירות, מפלי מים מתוקים, דגה, פירות וציפורים. באיים לא היו יונקים, אבל עכברים וחולדות הגיעו כנוסעים סמויים בסירות של הפולינזים הקדומים, והפולינזים הביאו איתם לאיים גם חזירים ותרנגולות, חתולים, חרקים וזוחלים פולשים. ככל שהגיעו עוד עוברי אורח לעולם המבודד הזה, כך המערכת האקולוגית הלכה והשתנתה, הלכה ונפגעה.

חולדות מצויות הן מינים מלווי אדם. כשהגיעו להוואי הן גרמו שם נזקים כבדים, עקב היעדר אויבים טבעיים. ב־1883 החליטו חקלאים בהוואי שצריך לעשות משהו נגד החולדות, שפגעו קשות ביבולי קנה הסוכר שלהם. הם בחרו בפתרון שנראה מתקדם: הדברה ביולוגית. לשם כך הם ייבאו לאי 72 נמיות אסיאתיות שיטרפו את החולדות. אבל שכחו פרט קטן: הנמיות פעילות ביום, החולדות – בלילה. החולדות המשיכו לחרסם את הקנים, הנמיות, שבהיעדר מתחרים התרבו בינתיים למאות אלפים, גרמו נזקים חמורים לבעלי החיים האחרים באי. בין היתר, טרפו הנמיות את ביצי הציפורים אשר התרגלו לחיים חסרי סכנה מטורפים וגרמו להכחדה של הציפור המקומית נָהָה.

פעילות האדם באיים גרמה להכחדת זני עצים בגלל בנייה והתיישבות ובגלל מינים פולשים, שוניות נהרסו והדגה דולדלה עד לקו האדום. בכל מקום בעולם עקבות האדם ההרסניים ניכרות, אבל בהוואי המרחק בזמן בין הופעת האדם והיונקים על האי הוא כה קצר, והמערכת האקולוגית הייתה כה ערומה מיונקים, עד שאפשר לראות במו עיננו ממש את האפקט ההרסני של התערבות האדם.

קראו את הקטע וענו על השאלות:

1. מהו המגוון הביולוגי של הוואי המתואר בקטע?
2. אילו מרכיבים ביוטיים וא־ביוטיים מוזכרים בקטע ואילו קשרים ביניהם מתוארים בו?
3. מהם תהליכי השרשרת (פעולה ותוצאה) המתוארים בסיפור?



4. מהו הגורם הישיר שפגע במערכת הטבעית באי הוואי? תארו כיצד הוא פגע ישירות ובעקיפין.

קבוצה 2: הדברת דרורים בסין

ב-1957 הכריז מאו טסה־דונג, שליטה של הרפובליקה העממית של סין, על "קמפיין ארבעת המזיקים". הקמפיין, אחד מני רבים שיזמה המפלגה הקומוניסטית במטרה להפוך את סין לאומה מודרנית, בריאה, יצרנית ומשגשגת כלכלית, קרא לציבור להשמיד ארבעה מינים של בעלי חיים: יתושים, חולדות, זבובים ודרורים. השלושה הראשונים הושמדו בשל נזקיהם למשק הבית ולבריאות הציבור, המלחמה בדרורים הייתה בגלל נזקיהם ליבול החקלאי. סרטונים שצולמו בסין באותה תקופה מראים המוני אדם יוצאים לשדות מצוידים מקלות ארוכים, רוגטקות, רובים ותופים להפחדת הציפורים. סלים מולאו בגוויות הציפורים והובאו לנקודות ביקורת, שם מי שהציג שלל רב זכה לשבחים ומי שלא קטל די – ננזף. נוסף על כך, הציבור, שהיה נתון לפיקוח חברתי וממסדי חמור, הרס קנים, שבר ביצים והרג גוזלי דרורים.

על פי הערכות נקטלו בעקבות מסע התעמולה הזה מאות מיליוני דרורים. המבצע הצליח, הציפורים הקטנות נעלמו משדותיה של סין, אך התוצאה הייתה טרגדיה אנושית מחרידה שכונתה "הרעב הגדול". כשהדרורים נעלמו מהשדות, נחילי ארבה, שעד אז שימשו מזון לדרורים, התרבו והתפשטו בלי הפרעה וכילו את יבולי האורז. האוכלוסייה הכפרית של סין איבדה את המרכיב העיקרי בתזונתה. על פי הערכות שונות, 30 עד 45 מיליון בני אדם מתו ברעב (הפער המספרי קשור כנראה לטווח הזמן שאליו מתייחסים האומדנים). מעניין לציין שהתעמולה שהמריצה את חיסול הדרורים גובתה בנתונים וחישובים שהעריכו שכל דורר אוכל 4.5 קילוגרם זרעים בשנה, ושעל כל מיליון דרורים שימותו אפשר יהיה להציל מזון שיספיק ל־60 אלף בני אדם. מדענים סינים בני ימינו אומרים שמאו טסה־דונג התעלם מחוות דעת מדעיות שהזהירו מפני תוצאות המבצע.

קראו את הקטע וענו על השאלות:

1. מהי תגובת השרשרת המתוארת בקטע?
2. האם השמדת יתושים, חולדות וזבובים גם גרמה להערכתכם לתגובות שרשרת? תארו תגובות אפשריות.
3. מה הייתם מציעים לשליט סין לעשות במקום "קמפיין ארבעת המזיקים"?



קבוצה 3: תנים, כלבת ונחשים

ב-1964 התחיל משרד החקלאות בישראל במבצע להשמדת תנים במטרה למנוע את הפצת מחלת הכלבת בשל הנזק שהתנים גרמו ללולים. בהנחיית משרד הבריאות והשירותים הווטרינריים פוזרו באזורי המחיה של התנים אפרוחים מורעלים. אך במשרד החקלאות לא הביאו בחשבון שלא רק התנים יתפתו לארוחת חינם, ויחד איתם הושמדו גם עופות דורסים, שועלים, זאבים, חתולי בר, חתולי ביצות ונמיות.

המחיר הכלכלי היה כבד: בעקבות הירידה התלולה באוכלוסיית הטורפים חלה צמיחה ניכרת באוכלוסיות הארנבים, החוגלות ומכרסמים רבים – כולם מזיקים לחקלאות. מחיר נוסף היה התרבות יתר של נחשי צפע בגלל היעדר הנמיות שטורפות אותם. בשנתיים שלאחר ההרעלה הוכפל מספר ההכשות מצפצפ בישראל. עד 1977 כשאוכלוסיית הנמיות התייצבה מחדש, חלה עלייה חדה במספר הנפגעים מהכשות נחשים ארסיים.

הרעלה ראשונית היא הרעלה מכוונת של בעלי חיים שנחשפו חשיפה ישירה למזון מורעל ששימש פיתיון בעבורם. הרעלה משנית פוגעת, שלא בכוונה, בבעלי חיים הניזונים מגוויות של בעלי חיים שהורעלו בידי האדם.

עשרות נשרים בגולן הורעלו ומתו לאחר אכילת פגרים מורעלים. הנשרים, מחוסרי חוש הריח, נוחתים על הפגר המורעל, אוכלים אותו וגם מביאים ממנו מזון לגוזלים בקן.

תמונה: תן זהוב. מקור התמונה: [ויקיפדיה](#)

קראו את הקטע וענו על השאלות:

1. מה קרה למערכת האקולוגית בעקבות הרעלת התנים?
2. מי הושפע מהרעלה ראשונית ומי מהרעלה משנית?
3. מה היו ההשפעות על האדם כתוצאה מהרעלה זו?

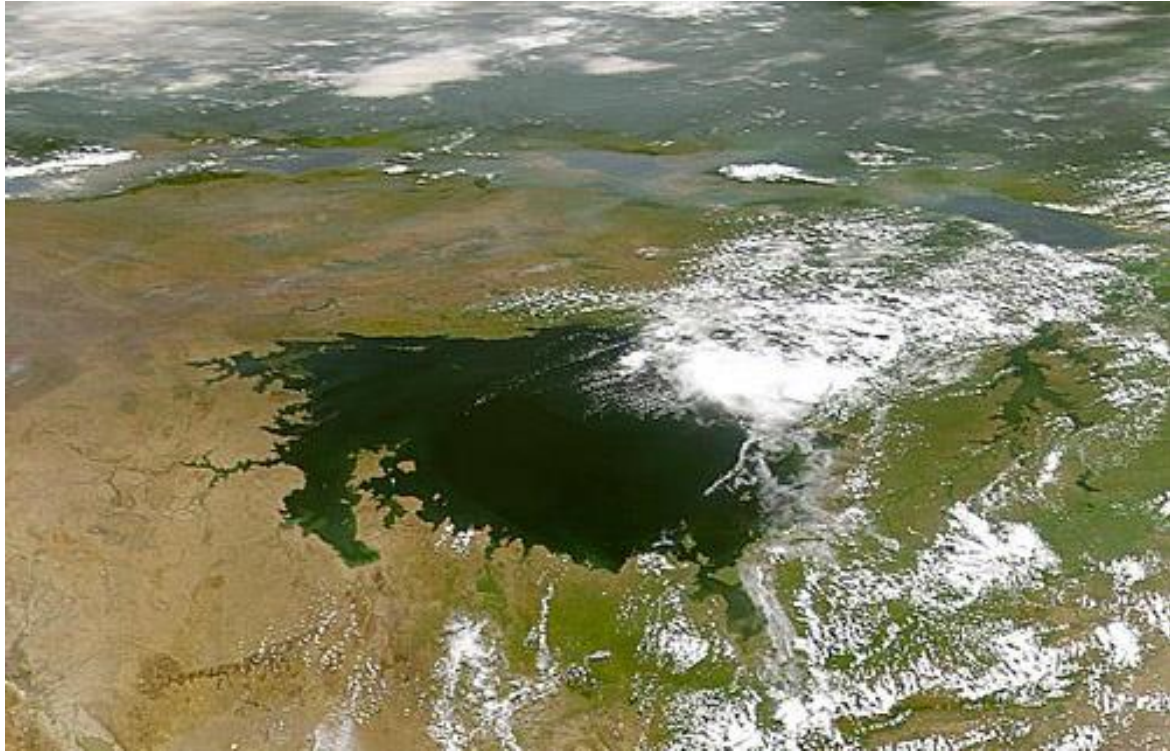
קבוצה 4: סיפורו העגום של אגם ויקטוריה

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 מארבע מאות מינים שונים מסוג זה!

מתיישבים שהגיעו מאירופה בתחילת המאה העשרים 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 ונעשו חומרי רקב בתהליכים הצורכים חמצן רב. וכך, בשל מחסור בחמצן, נפגעו הדגים באגם. ואם לא די בכל המפגעים האלה, בשנות החמישים של המאה העשרים הכניסו לאגם את דג נסיכת הנילוס כדי להגדיל את יבול הדגה.

דג נסיכת הנילוס הוא דג טורף ענק – אורכו יכול להגיע קרוב לשני מטרים ומשקלו למאה ק"ג! בתוך שנים אחדות התרבה הדג באגם, טרף את רוב הדגים שחיו במים וגרם להכחדה של יותר ממאתיים מיני דגים. התושבים המקומיים התקשו לדוג את נסיכת הנילוס, שהוא דג של מים עמוקים, בהיעדר אמצעי דיג משוכללים שיאפשרו להם להגיע ללב האגם. הדג הוא דג שמן ולא התאים לשיטה המקומית של ייבוש דגים בשמש. כדי להכין מדורות עישון לעשן את הדג, החלה כריתה מסיבית של עצים והתוצאה הייתה סחף של הקרקע. את הדיג העיקרי ערכו תאגידים מסחריים זרים. בשל כך, נפגעה גם אוכלוסיית דג נסיכת הנילוס מדיג יתר, ממחסור במקורות מזון (לאחר שטרף את רוב הדגים שחיו באגם) וממחסור בחמצן במי האגם. כתוצאה מכך, החלה לאט להשתקם אוכלוסיית שאר מיני הדגים. אגם ויקטוריה הוא מקרה בוחן לאגמים בכל העולם, ונעשים מאמצים בין-לאומיים להצלתו.

הדג נסיכת הנילוס נחשב מין פולש, וארגון IUCN הכריז עליו אחד ממאה המינים הפולשים המזיקים ביותר. באוסטרליה מוטלים קנסות כבדים על מי שמכניס דג נסיכת הנילוס חי לתחומיה, שכן הוא מתחרה בדג מקומי ודוחקו.



תמונה: מבט לוויין על אגם ויקטוריה, צילום, NASA, [ויקיפדיה](#)

קראו את הקטע וענו על השאלות:

1. שנים רבות נשמר שיווי המשקל האקולוגי באגם ויקטוריה.
 - א. ציינו אילו מרכיבים ביוטיים התקיימו באגם בשנים אלו.
 - ב. תנו דוגמה לשרשרת מזון שהתקיימה באגם בשנים אלו וציירו שרטוט שלה.
2. מה פגע באיכות המים של האגם? כיצד?
3. ציינו לפחות שני שינויים שחלו באגם ויקטוריה וגרמו להפרת האיזון. לכל אחד מהם תארו מה גרם לשינוי.
4. ציינו שני גורמים ביוטיים שהפרו את שיווי המשקל האקולוגי באגם, ציינו בנוגע לכל גורם על מי השפיע ומה הייתה השפעתו.

תשובות למורה:

תשובות לקבוצה 1: איים קסומים, נמיות, חולדות וקנה סוכר

1. בקטע מתוארים מגוון מערכות אקולוגיות ובתי גידול (חופים, שוניות, מפלים) ומגוון מינים (דגים, ציפורים, צמחים). כמו כן, מוזכרים מינים פולשים שהאדם הביא: יונקים - חולדות ונמיות, זוחלים, חתולים וחרקים.

2. מרכיבים א־ביוטיים: אדמה, רוח ומים.

מרכיבים ביוטיים: צמחייה, שוניות, זרעים, ציפורים, דגים, פירות ומינים פולשים.

קשרים: הפצת זרעים ברוח או על ציפורים; יחסי טורף-נטרף - החולדות ניזונות מצמחים כמו קנה סוכר. נמיות טורפות חולדות ובעלי חיים אחרים.

3. תהליכי השרשרת המתוארים הם: האדם הביא חולדות (שלא במתכוון) < החולדות התרבו, אכלו את קני הסוכר ופגעו בחקלאות < האדם הביא את הנמיות שישמשו אויבים לחולדות < הנמיות התרבו ופגעו במינים המקומיים.

4. הגורם שפגע במערכת הטבעית הוא האדם! האדם גרם באופן ישיר לנזק למערכות הטבעיות ע"י הרס (למשל בנייה), ניצול יתר (למשל דגה) ובאופן עקיף ע"י הכנסה של מינים שאינם מקומיים (מינים פולשים) שהובילו להכחדת מינים מקומיים.

תשובות לקבוצה 2: הדברת דרורים בסין

1. מהי תגובת השרשרת המתוארת בקטע: הכחדת הדרורים < התפשטות הארבה < פגיעה ביבול האורז < רעב שגרם למותם של כ־30-45 מיליון בני אדם.

2. תגובות שרשרת אפשריות:

השמדת יתושים או זבובים < פגיעה בדו־חיים, זוחלים או ציפורים אוכלי חרקים < פגיעה בטורפים של אוכלי החרקים (למשל עופות דורסים).

השמדת חולדות < פגיעה בנחשים או בחתולים הניזונים מחולדות < פגיעה בטורפים (נמיות, תנים, עופות דורסים).

השמדת החולדות < במקום חולדות נחשים וחתולים ניזונים בעיקר מלטאות, גוזלים וציפורים קטנות < פגיעה בטורפים שלהן.

3. המלצות אפשריות במקום "קמפיין ארבעת המזיקים":

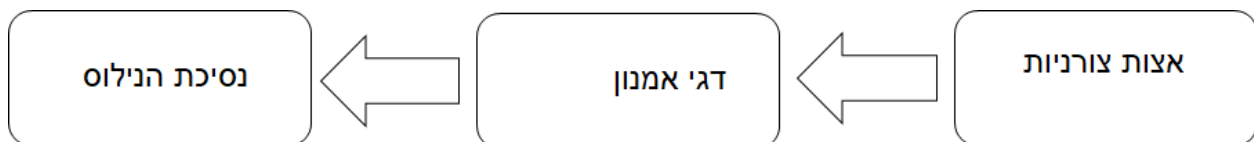
- להתייעץ ולהקשיב לדעת המומחים ולחזות מראש תרחישים אפשריים של המהלך;
- לערוך פעולות בהדרגה ולבחון את ההשלכות שלהן לפני הכחדה מלאה;
- להשלים פעולות נקודתיות כדי לטפל בבעיות שגורמות להתפשטות המזיקים ולמנוע אותן - למשל שמירה על סניטציה תרחיק חולדות; שמירה על איזון אקולוגי במקווי מים תמנע יתושים וכו'.

תשובות לקבוצה 3: תנים, כלבת ונחשים

1. בעקבות ההרעלה דוללה אוכלוסיית התנים, אבל המערכת האקולוגית כולה ניזוקה מאוד - גם עופות דורסים, שועלים, זאבים, חתולי בר, חתולי ביצות ונמיות נפגעו. כתוצאה מכך החלה תגובת שרשרת < הייתה עלייה באוכלוסיות מכרסמים ועלייה באוכלוסיית נחשי הצפע עד שאוכלוסיית הנמיות התייצבה מחדש.
2. התנים הורעלו הרעלה ראשונית מהאפרוחים המורעלים, אבל גם עופות דורסים, שועלים, זאבים, חתולי בר, חתולי ביצות ונמיות אכלו את האפרוחים המורעלים וניזוקו.
- בהרעלה משנית נפגעו בעלי חיים שניזונים מפגרים של בעלי חיים שהורעלו בידי האדם, למשל הנשרים בגולן.
3. ההשפעות על האדם כתוצאה מההרעלה: העלייה באוכלוסיות מכרסמים גרמה נזק לחקלאות. עלייה באוכלוסיית נחשי צפע גרמה לעלייה בהכשות.

תשובות לקבוצה 4: סיפורו העגום של אגם ויקטוריה

1. א. מרכיבים ביוטיים: דגי אמנון, דגי אמנונית ואצות.
- 1.ב. דוגמה לשרשרת מזון באגם: אצות צורניות נאכלו על ידי דגי אמנון, דגי אמנון נטרפו על ידי נסיכת הנילוס.



2. פעילות האדם ותוצריה הביאו לפגיעה באיכות המים של האגם: מהשדות החקלאיים נשטפו לאגם חומרי דשן וחומרי הדברה, ומהמפעלים זרמו לאגם שפכים לא מטופלים. בשפכים ובחומרי הדשן שזרמו לאגם היו תרכובות חנקן ותרבות זרחן, שהאיצו התרבות של אצות ירוקות באגם.
3. שינויים באגם ויקטוריה שהפרו את האיזון והגורמים להם:
 - שינוי המאזן הכימי בתוך האגם - כניסת תרכובות חנקן ותרבות זרחן כתוצאה מחקלאות ותעשייה.
 - שינוי המאזן האקולוגי בתוך האגם - פריחת אצות ירוקות ותמותת אצות צורניות בגלל השינוי הכימי במים, הכחדת מינים מקומיים בגלל מחסור באצות צורניות ובחמצן, הכחדת דגים מקומיים בגלל הכנסת מין פולש טורף.
 - שינוי חברתי תרבותי - כניסת תאגידים מסחריים לדיג במקום אוכלוסייה מקומית.
 - שינוי סביבתי - בירוא שטחי יערות לצורך עישון הדגים גרם לסחיפת קרקע.
4. גורמים ביוטיים שהפרו את שיווי המשקל האקולוגי:

גורם ביוטי 1: אצות ירוקות - הן השפיעו על דגי האמנון בשני אופנים:

א. האצות התחרו באצות צורניות ששימשו מקור מזון יחיד לדגי האמנון, ובהיעדר האצות המתאימות, פחתה אוכלוסיית האמנונים.

ב. אצות שמתו שקעו לקרקעית האגם ונעשו חומרי רקב בתהליכים הצורכים חמצן רב. וכך, בשל מחסור בחמצן, נפגעו הדגים באגם.

גורם ביוטי 2: דגי נסיכת הנילוס השפיעו על האמנונים והאמנוניות המקומיים:

בלי אויבים טבעיים התרבה הדג באגם, טרף את רוב הדגים שחיו במים וגרם להכחדה של יותר ממאתיים מיני דגים.

נספח 2 (עבור הצעה 2): מרכיבי הסביבה החופית

סרטן חולות - הסרטן מותאם לחיים בחול – יש לו צבתות לחפירת מחילות ומברשות על העיניים להסרת החול. הסרטן אוכל בעלי חיים קטנים הנפלטים מהים על גבי הגלים, וגם שלדים ושרידים של חיות ים אחרות כולל פגרי דגים ושאריות מזון אדם. הביצים שלו מוחזקות אצל הנקבה עד בקיעתן. אז הפגיות משוחררות במים, ושם הן משלימות את הגלגול עד לצורת הסרטן הצעיר שחוזר ליבשה לאחר שבועות מספר. בקיץ, בגלל החום, הסרטן פעיל בשעות הלילה או בשעות הבוקר המוקדמות.

חול - החול מגיע לים התיכון מהרי הגרניט באפריקה. הסלעים שם מתפוררים לגרגרי החול שהיו מוסעים בעבר בזרם הנילוס ונשפכו בדלתא לחוף הים. משם החול לוקח "טרמפ" צפונה עם הזרמים בים, והגלים מסיעים אותו מערבה וזורקים אותו אל החוף. הגרגרים קלים מאוד, והרוח מעיפה אותו בקלות לכל עבר.

בעלי חיים רבים מתחפרים ומסתתרים בחול, וצמחי החוף גדלים עליו. גרגרי החול מתחממים מאוד מקרינת השמש וקשה ללכת עליו בשעות הקיץ החמות. גם האדם אוהב את החול ולפעמים רבות משתמש בו למגוון שימושים כחומר בנייה ועוד.

שמש - קרני השמש מספקות אור המשמש את צמחי החוף בתהליך הפוטוסינתזה ויוצרות חום. חום רב מדי גורם לאיבוד מים והתייבשות של הצמחים. קרני השמש מחממות את גרגרי החול, ובקיץ החול חם ואפילו לוהט. בעלי חיים רבים, כמו למשל סרטן החולות, גרבילים וחיפושיות מתחבאים ביום במחילות ויוצאים לפעילות רק בלילה.

רוח - בחוף הים יש לעיתים רוח חזקה. הרוח מעיפה את גרגרי החול. כתוצאה מכך הצמחים עלולים להיפגע מהגרגרים, להתכסות בחול או שהשורשים שלהם ייחשפו, לכן יש בחוף צמחים שרועים או גמישים.

הרוח מעיפה גם טיפות מלוחות של רסס ים, שעלולות לפגוע בעלים ולכן יש צמחים שלהם שערות או שכבת מגן קשיחה. הרוח יוצרת את הגלים ומעיפה את הפסולת ממקום למקום.

צומח חוף הים - יש סוגי צמחים רבים בחוף הים. צמחי החוף החולי - כמו ידיד החולות, מד חול דוקרני, לפופית, חבצלת החוף ואחרים - מותאמים כולם לתנאים הקשים בחולות: לתנועה של החול בזמן הרוח, לרסס של מלח מגלי הים, לכיסוי בחול או לחשיפה לחול ולקושי במציאת מי תהום המחלחלים עמוק בחול. גם לצמחי הכורכר התאמות דומות. בעלי חיים כמו לטאות, מכרסמים, חיפושיות וחלזונות מסתתרים בשעות החמות בינות לצמחים, מתחתם ועליהם ויש כאלו הניזונים מהעלים ומהזרעים שלהם.

כורכר - סלע הכורכר הנפוץ בחוף הסלעי בנוי מגרגרי חול, משברי צדפים ומחלזונות שהתאבנו לפני שנים רבות. גלי הים ממיסים את הסלעים ומתחתרים בהם ויוצרים בהם צורות כמו משטחי סלע וטבלאות גידוד, ציורים ומערות. האדם חצב בסלעי הכורכר מערות ובריכות והשתמש בסלעים לחומרי בנייה. על רכסי הכורכר צומחים צמחים רבים כקרייתמון ימי, צבעוני השרון, קורנית ועוד.

אדם - מאז ומתמיד השתמש האדם בחוף הים לשימושים רבים – למקור למזון כדוגמת דגים, חלזונות ואצות; למקור של חומרים לבנייה כחול וכורכר; לתעשייה וייצור של צבע ארגמן מחלזונות, מלח ומים מותפלים. לאורך החוף הוקמו יישובים רבים ונבנו נמלים. חופים משמשים לבילוי, נופש ותיירות - רחצה, פעילות ספורט, מקום להשראה ועוד. לעיתים רבות האדם משפיע על החוף השפעה שלילית אם בניצול יתר של המשאבים אם בפגיעה בחוף ובזיהומו.

דגים - בים ובחוף הים עשרות מינים של דגים החיים בינות הסלעים או בגוף המים. הם נושמים חמצן בעזרת זימים. הדגים ניזונים לרוב מאצות או מבעלי חיים אחרים ומשמשים בעצמם טרף לבעלי חיים אחרים כמו כרישים, שחפיות ושקנאים או לאדם שדג אותם, אם בחכות אם בספינות דיג. במקרים של זיהום נפלטים דגים לחוף.

ציפורים - עופות רבים נהנים מחוף הים: עופות נודדים, למשל שקנאים וחסידות, נהנים מחופי הים כתחנת מנוחה ותדלוק במסעם. עופות אחרים כשחפיות וסיקסקים מוצאים מקום לקנן על איי הכורכר או בחוף החולי. יש הניזונים מדגים, מסרטנים או מבעלי אחרים שבחוף.

זיהום ופסולת - במשך שנים רבות סבל חוף הים מזיהום והזנחה. נחלי החוף נעשו צינורות שהובילו ביוב מזוהם אל הים. כיום, מרבית הביוב מטופל במתקני טיהור שפכים, ורק מפעלים בודדים מקבלים היתר זמני להולכת השפכים שלהם בצינור אל הים. הפסולת שכיחה מאוד בחופים. מקצתה מגיעה מהים עם הגלים, מהיבשה על ידי הרוח ומקצתה מקורה בחוסר הקפדה של משתמשי החוף על הניקיון. הזיהום והפסולת הם מפגע בריאותי הן לאדם הן לבעלי החיים בים ובחוף.

אצות - אצות רבות מכסות את משטחי הגידוד בחוף הסלעי. האצות הן צמחים המשתמשים באור השמש בתהליך הפוטוסינתזה ומייצרות חמצן, וממנו נהנים בעלי החיים בים כמו הדגים, הסרטנים, החלזונות והצדפים. בעלי חיים רבים גם מסתתרים באצות וניזונים מהן. האצות משמשות גם מזון לאדם, מספוא לבעלי החיים, דשנים בחקלאות ומרכיב בתכשירים קוסמטיים.

צדפות וחלזונות - רכיכות רבות חיות בים ובחוף החולי והסלעי. להגנתן הן יוצרות כיסוי גירני קשה של צדפים וקונכיות. יש הנצמדות בחוזקה לסלע הכורכר כהגנה מפני הגלים ויש המתחפרות בחול. יש בהן רכיכות צמחוניות הניזונות מאצות, ויש רכיכות טורפות. הגלים משליכים את השלדים הריקים אל החוף. האדם ניזון מהן ואף למד להשתמש בהן לתעשיית צבע, לנוי ולרפואה.

מלח - ריכוז המלח במי הים גבוה יחסית. גלי הים והרוח מעיפים טיפות מלוחות מהים (רסס) אשר פוגעים בצמחי החוף. לצמחים רבים התאמות שונות למליחות הגבוהה המצטברת. בחוף הסלעי נוצרים גבים מלוחים. האדם למד מקדמת דנא לנצל את מי הים וליצור מהם מלח למגוון שימושים ובעת האחרונה להפיק גם מים מותפלים.

מי תהום - טיפות הגשם מחלחלות במהירות בין גרגרי החול לעומק הקרקע ועל כן צמחי חוף הים מסתפקים במעט מים ונדרשים לשורשים עמוקים. אם נחפור בחוף החולי, נגיע לשכבת מי תהום. לעיתים מי התהום המתוקים מתערבבים במי הים המלוחים ונעשים מליחים.

גלים - גלי הים נוצרים על פני הים במפגש שבין האוויר לבין המים. הרוח דוחפת את המים בכיוון תנועתה. בהגיעם אל החוף הגלים נשברים ועוצמתם גורמת להמסה ולעישוב של סלעי הכורכר ולהסעה של גרגרי החול. לגלים השפעה רבה גם על צמחים ועל בעלי חיים. הגלים מעשירים את כמות החמצן המומס במים, אך לעיתים גורם שקשה להתמודד איתו.

גאות ושפל - גאות ושפל היא תופעה שבה גובה המים "עולה" או "יורד" מעל הגובה המסומן על המפה במחזוריות קבועה. תופעה זאת מתרחשת בגלל כוח המשיכה של הירח. מחזור גאות ושפל (כִּרְיָת) מתרחש פעמיים ביום. בישראל ההפרש בגובה המים בין הגאות לשפל אינו גדול, אולם נוצרים הבדלים ניכרים בכיסוי המים ובטמפרטורה שלהם, ולפיכך בעלי החיים חייבים להתאים עצמם לתופעה זו.

גרביל החולות - מכרסם ממשפחת העכבריים המצוי בחולות חוף הים והמדבר. גרביל החולות ניזון בעיקר מזרעים אך גם מחרקים וצמחים. הוא פעיל בעיקר בשעות הלילה. הגרביל נוטה להשתמש בשיחים כמסתור בשעת חיפוש מזון, גם את המחילה שלו הוא חופר בחול בקרבת צמחים.

נמלה - הנוטת השחורה היא חיפושית גדולה הנפוצה באזורים יבשים. היא חופרת מחילות בחול באמצעות הלסתות והרגליים הקדמיות שלה. הרגליים של הנוטת ארוכות, והיא רצה במהירות. הנוטת מעדיפה מקומות עשירים בצמחים. היא ניזונה בעיקר מחרקים גדולים למדי, לרוב חרקים מתיים, בזחלים של חיפושיות ועוד.

סרטן נזיר - סרטני הנזיר שוכנים ברובם בתוך קונכיות ריקות של חלזונות. הם חיים על משטחי הגידוד בחוף הסלעי, בלגונות ובבורות מים בתחום הגאות והשפל. עם גדילתו של הסרטן, בעת תהליך ההתנשלות, הסרטן מוצא לעצמו קונכיה גדולה ומתאימה יותר להמשך חייו. הסרטן ניזון מחומרי רקב וחלקיקים אורגניים.

סירה קטומה - צדפה החיה באזור הגאות והשפל של החוף החולי, באזור החשוף לפעילות גלים וזרמים. בהתאמה לתנועת הגלים, בני המין יכולים להתחפר במהירות בחול. הצדפה ניזונה באמצעות סינון. הצדפות נפוצות מאוד גם בחופים מזהמים ומשמשות ביומוניטור לזיהום ביולוגי.

שחאורית - השחאורית היא חיפושית קרקע הפעילה ביום, אופיינית לבתי גידול יובשני. הצבע השחור משמש צבע אזהרה, שכן יש בגופה חומרים בעלי טעם רע הנועד לדחות טורפים. הצבע השחור קולט קרינת חום שמעלה את טמפרטורת הגוף ועלולה לגרום לסכנת התחממות יתר. לכן יש להן התאמות, ולעיתים מתחבאות החיפושיות תחת הצמחים.

אשל - האשל הוא עץ קטן או שיח מעוצה. העץ מקבל צורה כללית של דגל מכיוון שענפיו ועליו הפונים אל הים וסופגים את מרב רסס המלח נפגעים וצמיחתם קטנה, ואילו הענפים והעלים הפונים הרחק מהים לצד מזרח מוגנים וצומחים היטב. האשל מסוגל להיפטר מעודפי מלח מזיקים ולהפריש מלח מבלוטות מיוחדות שבעליו. מערכת השורשים כוללת שורשים אופקיים המתפשטים למרחק ושורשים אנכיים היורדים לעומק רב כדי למצוא מי תהום.

צבי ים - בעונת ההטלה נקבות צבי הים עולות אל החוף החולי, אל מעבר לקו הגאות, כדי להטיל את ביציהן. הנקבה חופרת גומה, מטילה בתוכה את הביצים ומקפידה לכסותן בחול. הביצים מודגרות בחום השמש במשך כחודשיים. הצבונים בוקעים במשך כמה לילות ופונים היישר אל הים. האור הבהיר המוחזר מקצף הגלים מסמן להם את הדרך אל הים. צבי הים בסכנת הכחדה. אחת הסיבות היא חנק בעקבות אכילת פסולת ושקיות ניילון שהם טועים לחשוב שהן מדוזות.