

יחידת הוראה אינטגרטיבית 2

החמצת האוקיינוסים



תוכן עניינים

| | |
|----|--|
| 3 | דבר המפמ"ר |
| 4 | רקע |
| 5 | מהי למידה אינטגרטיבית? |
| 6 | אודות החוברת |
| 7 | רקע |
| 8 | מטרות היחידה |
| 8 | מהלך היחידה |
| 10 | שיעור 1 - הכרת התופעה של החמצת האוקיאנוסים |
| 13 | שיעור 2 - השפעת החומציות על המערכת האקולוגית הימית |
| 27 | שיעור 3 - החמצת האוקיינוסים והשפעתה על האדם |
| 33 | תשובון למורה |

דבר המפמ"ר

מורות ומורים יקרים,

למידה אינטגרטיבית מאפשרת לתלמידים לקחת חלק פעיל בלמידה והופכת את ההוראה להוראה מאתגרת ומשמעותית.

תכנית הלימודים במדעי הסביבה מעודדת עיסוק בסוגיות ובדילמות סביבתיות שהן רלוונטיות ללומדים ולקהילה, דילמות הקשורות למתרחש בארץ ובעולם. הדיון בדילמות יהיה אינטגרטיבי וישקף היבטים מדעיים, סביבתיים, חברתיים, ערכיים ועוד.

מטרת החוברת לסייע למורים לתכנן הוראה אינטגרטיבית, ולהציע לתלמידים הוראה מסוג אחר, הוראה המתבססת על פיתוח לומד אוטונומי, בעל מכוונות עצמית והנעה עצמית ללמידה.

חוברת זו כוללת שלוש יחידות הוראה אינטגרטיבית, כאשר כל יחידה מדגימה מודל אחר של למידה אינטגרטיבית הנדרשת לעבודה חינוכית שיש בה למידה משמעותית.

תודה למל"מ ולצוות מרכז המורים לביולוגיה ולמדעי הסביבה שאפשרו כתיבת חוברת זו.

לד"ר נירית לביא אלון שכתבה את החוברת.

סאמיה אבו חיט

מפמ"ר מדעי הסביבה

תשע"ח

רקע

המקצוע מדעי הסביבה הוא מקצוע אינטגרטיבי (בינתחומי) המשלב תחומי ידע רבים ומושגים מתחום הביולוגיה, הכימיה, הפיסיקה, המתמטיקה וכן היבטים כלכליים, חברתיים ואתיים. עיסוק בנושאים סביבתיים מחייב ראייה אינטגרטיבית הקושרת ידע בנושאי סביבה שונים. עד כה נלמד כל אחד מנושאי הסביבה בתוכנית הלימודים (מערכות אקולוגיות ויחסי אדם סביבה/ משאב המים / משאב האוויר / פסולת כמשאב / רעש וקרינה / תכנון וניהול סביבתי / אתיקה וסביבה), במנותק מהנושאים האחרים מה שיצר (שלא מרצון), תמונת עולם מקוטעת, מבלי לראות את ההקשר לנושאים אחרים ואת התמונה המערכתית של נושאי הסביבה.

בתוכנית הלימודים המעודכנת, הושם דגש על שילוב של נושאי הלימוד במקומות הרלוונטיים, ויצירת הקשרים בין מושגים המופיעים בנושאים השונים או התייחסות למושגים חוצי-נושאים ופיתוחם, לשם יצירת תמונת עולם רחבה, עשירה שלמה ומשמעותית יותר בתחום המקצוע.

בתשע"ד הוגדרו ונוספו לתוכנית הלימודים מושגים "חוצי נושאים" כמו תקן, תקן פליטה, תקן סביבה, עיקרון ההיזהרות המונעת, NIMBY, עלויות פנימיות, עלויות חיצוניות. ההשראה לראייה האינטגרטיבית הזו, הינה מתוך הסטנדרטים החדשים לתוכנית הלימודים במדעים בארצות הברית (NGSS) שבהם הוגדרו רעיונות מרכזיים ומושגים חוצי תחומים.

הראיה האינטגרטיבית מקבלת ביטוי גם במבנה בחינות הבגרות, כאשר אין יותר הצגת שאלות נפרדות לכל נושא מתוכנית הלימודים.

הוראה בינתחומית הוגדרה ע"י המזכירות הפדגוגית כיעד, אולם הראייה האינטגרטיבית חדשה למורים ולא תמיד קלה ליישום, לאחר שנים של הוראה מסורתית בדרך של "מגירות תוכן נושאות". אי לכך נדרש פיתוח של חומרי הוראה, פעילויות ושאלות רב תחומיות שיקלו את ההבנה של התפיסה המערכתית וייתנו למורי כלים נוספים להוראה.

מטרות החוברת:

- פיתוח חומרים העוסקים בראייה אינטגרטיבית של נושאי המקצוע
- פיתוח פעילויות ושאלות רב תחומיות למושגים חדשים שנוספו לתוכנית הלימודים – מושגים חוצי נושאים.

מהי למידה אינטגרטיבית?

למידה אינטגרטיבית מאופיינת בהקשרים, רלוונטיות והתייחסות לדינמיות של מידע והשתנותו בעולמנו המתפתח, לכן מתאימה ואופיינית לנושאים חברתיים ותרבותיים הקשורים לאדם ולאורחות חיו. למידה של תחום דעת אחד, מעמיקה ככל שתהייה, לא מאפשרת ראייה הוליסטית, מערכתית ומורכבת המאפיינת את חיינו ונדרשת בכישורי המאה ה-21.

תחומי הדעת מקיימים קשרי גומלין ביניהם (למשל: ביוטכנולוגיה, ביולוגיה מולקולרית, אסטרופיזיקה וכדומה) והחיבור ביניהם מסייע להבין באופן יעיל את המציאות המורכבת. למידה אינטגרטיבית היא קרובה יותר לחיינו ולכן אותנטית ומשמעותית יותר.

הלמידה האינטגרטיבית נולדה בהשפעת גישה פילוסופית-תרבותית שתחילתה באמצע המאה ה-20. גישה זו חלחלה גם להוראת המדעים תחת הכינוי STS (מדע-טכנולוגיה-חברה) והוטמעה בתכניות הלימודים בשנות ה-80 כדוגמת תכנית מוט"ב (מדע וטכנולוגיה בחברה). בחינוך הקיבוצי, בימי קום המדינה, הייתה נהוגה "שיטת הנושאים" ובמקומות מסוימים השתמרה עד ימינו. בשיטה זו התלמידים לומדים במשך מספר שבועות נושא אחד מרכזי, ממגוון היבטים ובשילוב למידה פעילה של התלמידים, סיורים ועבודת חקר. כיום גישת Problem Based Learning (PBL) ביישום הולם, יכולה לאפשר למידה אינטגרטיבית. משרד החינוך מקדם למידה אינטגרטיבית, למשל ע"י שילוב של טקסטים מנושאים שונים בלימודי הספרות (סוגיות אזרחיות, היסטוריות, מגדריות ואחרות) אשר מאפשרות הבנה עמוקה של יצירה ספרותית לצד דיון ולמידה של דיסציפלינות אחרות.

מודלים ללמידה אינטגרטיבית

הלמידה האינטגרטיבית משלבת תחומים שונים, אך מהו המודל לשילוב? להלן שלושה מודלים אפשריים: **מודל רב תחומי (מולטי-דיסציפלינארי)** - למידה של מושג אחד בהיבטים שונים בתחומי דעת נפרדים – למשל המושג 'מערכת' יכול להילמד בהקשר של מערכת אקולוגית, מערכת הדם או מערכת הנשימה (ביולוגיה), מערכת טכנולוגית במפעל ייצור (טכנולוגיה), או מערכת השמש (פיזיקה) – בכל מקצוע בנפרד.

מודל בינתחומי (אינטרדיסציפלינרי) - למידה המנסה לשבור את המחיצות בינתחומי הדעת ולכן עוסקת במכנה המשותף שמחבר ביניהם, כלומר במושגי יסוד כגון גבולות המערכת, מאפייני המערכת, תת מערכת, השפעות ויחסי גומלין, שיווי משקל/איזון המערכת וכדומה, תוך שימוש בדוגמאות של מערכות שונות. בלמידה בינתחומית מדגישים השוואה וקשרים בין המערכות השונות. ביוטכנולוגיה הוא דוגמה לנושא בינתחומי המחבר בין ביולוגיה לטכנולוגיה.

מודל על תחומי - למידה גמישה ודינאמית יותר. היא מבוססת על מושג-על שנלמד, ללא קשר לתחומי דעת מסוימים אלא על בסיס הקשרים, רעיונות, שאלות שיעלו ע"י התלמידים והמורים, למשל ביחס למושג 'מערכת'. נקודת המוצא ללמידה זו אינה מתחום דעת זה או אחר אלא הקשרית.

אודות החוברת

הקושי ביישום למידה אינטגרטיבית נובע מחוסר התנסותנו בגישה זו ומהעדר חומרי לימוד מתאימים העוסקים בנושאים המגוונים הקשורים בתכניות הלימודים. השילוב בינתחומי דעת שונים קשה ומורכב הן למורים והן לתלמידים. המורים נדרשים לידע נרחב בתחומי דעת שונים ומיומנויות פדגוגיות מגוונות והתלמידים נדרשים לכישורי חשיבה, אינטגרציה ומיומנויות מדרג גבוה יותר בהשוואה ללמידה דיסציפלינארית.

בחוברת זו שלוש יחידות הוראה אינטגרטיביות כאשר כל אחת מהן היא דוגמה למודל אפשרי ללמידה אינטגרטיבית:

יחידת הוראה אינטגרטיבית ראשונה עוסקת בנושא **עיקרון הזהירות המונעת** שהוא מושג חוצה נושאים. יחידה זו מדגימה למידה אינטגרטיבית במודל הרב תחומי, כאשר המושג עיקרון הזהירות המונעת נלמד בהיבטים סביבתיים שונים (קרינה בלתי מייננת, חומרים מסוכנים, מערכות אקולוגיות והנדסה גנטית).

יחידת הוראה אינטגרטיבית שניה עוסקת בנושא של **החמצת האוקיינוסים**. יחידה זו מדגימה למידה אינטגרטיבית במודל הבינתחומי, כאשר הנושא מוצג ללא הפרדה בין ההיבטים השונים (הכימי, הביולוגי והחברתי) אלא במשותף שביניהם.

יחידת הוראה אינטגרטיבית שלישית עוסקת במושג חוצה נושאים נוסף, **NIMBY** וכן בנושא של צדק סביבתי ומדגימה את המודל העל תחומי כאשר הדגש הוא על ההקשרים השונים של המושג.

כל יחידת הוראה נפתחת ברקע קצר, מטרות היחידה, הצעה למשך זמן הפעילות (כל מורה יכול כמובן להתאים לזמן העומד לרשותו), קשר לתכנית הלימודים ומושגים נדרשים.

בפיתוח יחידות ההוראה שמופיעות בחוברת נעשה שימוש רב בחומרים הקיימים באינטרנט (כתבות, סרטונים, תמונות, דפי אתרים ועוד) ולפיכך מצורפים הקישורים למקורות. בחלק מן הפעילויות נעשה שימוש במקורות כלשונם ובחלקם נערך עיבוד קל והתאמה לתלמידים. אנו מתנצלים מראש אם נעשתה הפרת זכויות יוצרים ונפעל לתקנה במידת הצורך. כמו כן, חלק מהפעילויות נכתבו בהשראת עבודות שפותחו ע"י סטודנטים ומורים ונעשה שימוש בחלקים מתוכם, ועל כך אנו מודים לעמית גלקין (החמצת האוקיינוסים) לרואה עזאם, לעינת פילר ולמחמוד פדילה (צדק סביבתי וNIMBY).

בתמונת השער לחוברת נראים מגדלי חוף הכרמל בחיפה. מגדלים אלו מסמלים מאבק למען צדק סביבתי, בו נלחמו תושבי השכונות והגופים הירוקים, למען שמירת קו חוף פתוח, והצליחו למנוע המשך ייבוש החוף ובניית מגדלים נוספים.

רקע

החמצת האוקיינוסים היא נושא סביבתי המאפשר למידה בהיבטים שונים. ביחידה המוצעת קיים שילוב של מספר דיסציפלינות, אשר בלמידה המסורתית לא נהוג לקשר ביניהן, לרבות: חברה וסביבה - השפעת הקידמה (תעשייה, רכב, זיהום אוויר) על הסביבה (היבטים אקולוגיים ומוסריים); כימיה (חומצות ובסיסים); ביולוגיה - שרשרת המזון (בים). הפעילות המוצעת משלבת לימוד כימיה (חומציות, סולם pH, תגובות כימיות), באמצעות "חקירת" תופעה המתרחשת בטבע שלה השלכות על היבטים רבים (היבטים סביבתיים, חברתיים, מוסריים וכיו"ב).



בעיית החמצת האוקיינוסים (Ocean Acidification [OA]) זוכה לתשומת לב הולכת וגדלה בשנים האחרונות. החמצת אוקיינוסים הינה אחת התוצאות, שמתרחשות ברמה הגלובלית, כתוצאה משינויים שחלו בעולם מאז המהפיכה התעשייתית. החמצת מי הים נגרמת כתוצאה של העלייה בריכוז פחמן דו חמצני באטמוספירה. כשליש מהפחמן דו חמצני שמקורו בפעילות האדם (תעשייה, רכב וכד'), ואשר נוצר ב- 200 השנים האחרונות, נספג במי האוקיינוסים. הפחמן דו חמצני

המומס במי הים מגיב איתם ליצירת חומצה פחמתית (H_2CO_3), המתפרקת בהמשך ליוני הידרוניום (H_3O^+) ובי-קרבונט (HCO_3^-). הביקרבונט ממשיך ומתפרק ליוני H_3O^+ וקרבונט (CO_3^{2-}). בתהליכים אלו עולה רמת החומציות של מי הים. מחקרים שונים נערכו בשנים האחרונות על ההשפעה של החמצת האוקיינוסים על אוכלוסיית האלמוגים, על אוכלוסיית בעלי החיים הימיים, על ענף הדייג, ועוד. מחקרים חדשים אף מנסים לבחון טכנולוגיות להיפוך תהליך החמצת האוקיינוסים.

נושא החמצת האוקיינוסים אינו רלוונטי לים התיכון ולכן פחות אקטואלי ונוגע ישירות לתלמידי ישראל (למעט אולי אלו החיים לחופי ים סוף) אולם הוא עשוי ליצור הבנה אצל התלמידים, שבעיות המתעוררות בקצה האחר של העולם, עשויות להיות קשורות גם לאזור בו הם חיים, ועלולות להשפיע על חייהם היומיומיים, בטווח הקצר או הארוך.

יחידה זו היא דוגמה ללמידת נושא במודל בינתחומי (מושג אחד הנלמד תוך חיבור בין ההקשרים השונים שלו).

להרחבת הלמידה, מוצע להיעזר בפעילות המתקשבת ובמאמר מעובד בנושא "[השפעות החמצת האוקיינוסים וההתחממות העולמית על אלמוג ים תיכוני](#)".

מטרות היחידה:

- הכרת תופעה רב תחומית והבנת ההקשרים השונים של התופעה
- הבנת מושגים מדעיים - סולם חומציות (pH), השפעת חומרים חומציים על גיר, יצירת חומצה (פחמתית) בתגובה בין מים לפחמן דו חמצני.
- הכרת תופעה גלובאלית והבנת ההשפעה שלנו עליה וההשלכות האפשריות של התופעה עלינו, בחיי היום יום, בטווח הקצר או הארוך.
- הכרת עולם המדעי והקניית מיומנויות חשיבה מדעית/מחקרית כגון שאילת שאלות, מעבר בין רמות ייצוג שונות.

משך הפעילות: 3 שיעורים

ציוד והכנות: מפורט ציוד לכל שיעור בנפרד

קשר לתכנית הלימודים: קשור לנושא זיהום האוויר: הכרת התופעות הכלל-עולמיות הקשורות בזיהום אוויר, נזקים לאדם ולסביבה, ולנושא מערכות אקולוגיות ויחסי אדם סביבה

מושגים וידע קודם נדרש: pH, יונים, פחמן דו חמצני, סידן פחמתי, אטמוספירה, התחממות גלובאלית, מארג מזון

מיומנויות

- אוריינות לשונית: פרשנות והיסק ממקור בודד, הפקה: הבעה בכתב ובע"פ
- אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות, תכנון, ביצוע והערכת מחקר, פרשנות מדעית של נתונים וראיות
- חשיבה ביקורתית: טיעון
- אוריינות מידע: איתור מידע, שימוש במידע, הצגת מידע
- התנהלות חברתית: עבודת צוות
- אוריינות גלובלית: אחריות גלובלית

מהלך היחידה

1. שיעור 1 - הכרת התופעה של החמצת האוקיאנוסים: ההתנסות במדידת PH בכוס מים שנוסף לה פחמן דו חמצני, צפייה בסרטון אנימציה אשר מציג את השפעת פליטת פחמן דו חמצני המסיבית שחלה מאז המהפכה התעשייתית על האוכלוסייה הימית, כחלק מהשינויים האקלימיים שהיא גורמת/תורמת להם. מוצגת בו שרשרת השפעות החמצת האוקיינוסים על האוכלוסייה הימית, החל מהחלשות השריון של רכיכות, סרטנים, אלמוגים וכיו"ב, ועד לצמצום הדגה, מה שעלול להגביר את בעיית הרעב העולמית. דיון על השפעתנו ואחריותנו לצמצום פליטת פחמן דו חמצני והקטנת התופעה הגלובאלית.

2. שיעור 2 - השפעת החומציות על המערכת האקולוגית הימית: ניסוי של השפעת חומציות המים על גיר ועל צדפים (כולל הנוסחאות הכימיות המתארות את תהליך התמוססות הסיידן הפחמתי), דיון על השפעת החומציות על מארג המזון הימי, קריאת מאמרים מעובדים המציגים מחקרים שונים בנושא השפעת החומציות על המערכת האקולוגית הימית.
3. שיעור 3 החמצת האוקיינוסים והשפעתה על האדם : ניתוח שני חקרי מקרה: התמעטות דיג סלמון באלסקה בעקבות החמצת האוקיינוסים; הלבנת שוניות האלמוגים ודיון בקשר שבין סביבה חברה וכלכלה. התלמידים יחליטו על נכונותם לפעול למען הפחתת פליטת פחמן דו חמצני לאטמוספירה.

שיעור 1 - הכרת התופעה של החמצת האוקיאנוסים

מטרות:

- התלמידים יכירו את המושג חומציות pH וקאת ההקשר בין פחמן דו חמצני לחומציות
- התלמידים יכירו את תופעת החמצת האוקיאנוסים
- התלמידים יתנסו בחשיבה מדעית, ביצוע ניסוי, העלאת השערות והסקת מסקנות
- התלמידים יכירו באפשרויות השונות שבהם יוכלו להשפיע על פליטת פחמן דו חמצני לאטמוספירה
- התלמידים ידונו באחריות שלהם לפעול למען הסביבה, בפרט ביחס לתופעה גלובאלית שמידת ההשפעה עליה היא פחותה

מיומנויות:

- אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות, תכנון, ביצוע והערכת מחקר, פרשנות מדעית של נתונים וראיות
- חשיבה ביקורתית: טיעון
- אוריינות מידע: שימוש במידע
- התנהלות חברתית: עבודת צוות
- אוריינות גלובלית: אחריות גלובלית

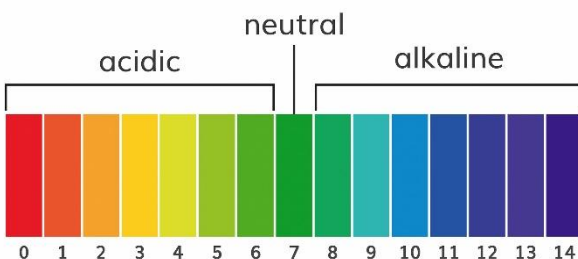
ציוד והכנות: ערכת ציוד לכל קבוצה: כוס כימית (או כוס חד פעמית שקופה); קש לשתייה; נייר pH; מים מזוקקים.

פתיחה - עליית רמת החומציות של המים בנוכחות פחמן דו חמצני

בתחילת השיעור נציג לתלמידים ערכת למדידת pH ונוודא שהם מכירים את המושג חומציות ואת דרך השימוש בערכת הבדיקה. pH הוא מדד לרמת חומציות של תמיסה מימית, המתבסס על ריכוזם של יוני ההידרוניום (H_3O^+ בתמיסה). האות קמ"יצגת חזקה (באנגלית power) במשמעות של ריכוז, והאות H היא הסימול הכימי של היסוד מימן, ומייצגת יוני מימן חיוביים.

ניתן למדוד את רמת ה-pH בעזרת אינדיקטור pH או באמצעות שימוש במד pH אלקטרוני. אינדיקטורים הם חומרים המשנים את צבעם לפי רמת ה-pH של התמיסה שבה הם נמצאים. לכל אינדיקטור יש רגישות לטווח pH מצומצם, שבו הוא משנה את צבעו. נייר לקמוס הוא אינדיקטור המשנה את צבעו לאחר מגע בתמיסה. על מנת לקבוע את רמת החומציות של התמיסה יש להשוות את הצבע שעל נייר הלקמוס לסקאלה שעל גב האריזה. מד pH אלקטרוני מתבסס על השפעת החומציות על התכונות החשמליות של התמיסה. מדי pH אלקטרוניים הם מדויקים מאוד ומאפשרים מדידה ברמת דיוק של מאית יחידת pH.

התחום הנפוץ של סולם ה-pH הוא בין 0 ל-14, ורוב התמיסות בטבע הן בתחום pH זה. מים מזוקקים הם תמיסה ניטרלית שבה רמת ה pH=7. משמעותו של pH=7 היא שריכוז יוני ההידרוניום (H_3O^+) שווה לריכוז יוני ההידרוקסיל (OH^-). מי ברז או מי גשם אינם טהורים,



ומכילים חומרים מומסים שונים, ולכן ה-pH שלהם עשוי להיות שונה במעט מ-7.
מקור: ויקיפדיה

נפתח את השיעור בניסוי קצר המדגים את הקשר בין ריכוז פחמן דו חמצני לחומציות. לשם כך נבקש מהתלמידים לבצע את הניסוי הבא. רצוי לחלק את התלמידים לקבוצות ולהכין ערכת ציוד לכל קבוצה: כוס כימית (או כוס חד פעמית שקופה); קש לשתייה; נייר pH; מים מזוקקים.

מהלך הניסוי

- מלאו את הכוס עד כ-2/3 מנפחה במים מזוקקים.
 - מדדו את רמת ה-pH של המים. רשמו את התוצאה: _____
 - כעת, נשפו לתוך המים, בעזרת הקש, במשך כחצי דקה.
 - מדדו שנית את רמת ה-pH של המים. רשמו את התוצאה: _____
- האם היו הבדלים בין שתי המדידות? ממה לדעתכם נובעים הבדלים אלו?

סיר التجريبية

- اسكبوا مياه مقطرة حتى حوالي 2/3 حجم الكأس.
 - قيسوا مستوى pH الماء. سجّلوا النتيجة: _____
 - الآن، ازفروا إلى داخل الماء بمساعدة قش الشرب، لمدة نصف دقيقة تقريبًا.
 - قيسوا مرة أخرى مستوى pH الماء. سجّلوا النتيجة: _____
- هل كان فرق بين القياسين؟ ممّا ينبع، حسب رأيكم، هذا الفرق؟

דונו עם התלמידים בתוצאות הניסוי – האם בכל הקבוצות התקבלה תופעה דומה? שאלו אותם מדוע לדעתם חל שינוי ברמת החומציות של המים?

הסבירו שהוספת פחמן דו חמצני ע"י נשיפה לתוך המים, גרמה לשינוי בהרכב המים, כך שריכוז יוני ההידרוניום (H_3O^+) עלה והחומציות שלהם עלתה, כלומר $pH < 7$. ההסבר הכימי לתופעה זו מוסבר בהרחבה בשיעור הבא.

גוף השיעור - תופעת החמצת האוקיינוסים

הזמינו את התלמידים לצפות בסרטון YouTube קצר (3 דקות) - הסרטון מלווה בהסבר באנגלית

<https://www.youtube.com/watch?v=6SMWGV-DBnk>

לפני תחילת התצפית בקשו מהתלמידים לכתוב שאלות העולות להם כתוצאה מהצפייה בו. ניתן לבצע כמישימה אישית או קבוצתית.

למורה: סרטון האנימציה מציג את השפעת פליטת פחמן דו חמצני המסיבית שחלה מאז המהפכה התעשייתית, על האוכלוסייה הימית. מוצגת בו שרשרת השפעות החמצת האוקיינוסים על האוכלוסייה הימית, החל מהיחלשות השיריון של רכיכות, סרטנים, אלמוגים וכיו"ב, ועד לצמצום הדגה, מה שעלול להגביר את בעיית הרעב העולמית.

בסרטון יש נגיעה בתחומי הידע הבאים:

כימיה - תגובת הפחמן דו חמצני עם המים ליצירת יוני הידרוניום. ; תחרות בין יוני ההידרוניום לבין הצדפות על יוני הקרבונט (הדרושים לבניית השיריון). העלייה בהחמציות גורמת להתמוססות השיריון.

ביולוגיה - השקעת אנרגיה רבה יותר על ידי הצדפות בהשגת יוני קרבונט לבניית השיריון שלהם, מותרה פחות אנרגיה פנויה להשגת מזון, מה שמשפיע את התפתחות הצדפות, לרבות הגודל הפיזי שלהם; השפעת השינוי שחל במין אחד, על כל שרשרת המזון שמעליו, כולל האדם; השפעה על 1/4 מהאוכלוסייה הימית, תביא בהכרח להשפעה על שאר האוכלוסייה.

חברה –סביבה - כנגד הטענה שהעולם ידע, מאז ומתמיד, שינויים גדולים מאד, והצליח להתאים את עצמו לשינויים אלה, מובאת העובדה כי בעבר, השינויים הגדולים התרחשו במהלך מיליוני שנים, בעוד שהשינוי הנוכחי חל במהלך עשרות שנים, וכי המערכת האקולוגית לא מסוגלת להתאים את עצמה לשינויים בקצב כזה.

נזמין את הקבוצות להציג את השאלות שעלו תוך כדי הצפייה בו. נסביר את הנושאים שלא הובנו ו/או נזמין את התלמידים לחפש מידע נוסף על מנת לענות על השאלות הללו (כשיעורי בית)

סיכום: דיון בקשר שבין ריכוז הפחמן הדו חמצני לתופעת החמצת האוקיינוסים.

נערוך עם התלמידים דיון בעקבות הסרטון והניסוי.

- נוודא שהתלמידים הבינו את כל הנאמר בסרטון, ואת הקשר בינו לבין הניסוי מפתחת השיעור
- ניצור דיון כיתתי במהלכו יועלו נקודות המתייחסות לקשר שלנו ולאחריות שלנו ביחס לפליטת פחמן דו חמצני הגורם לתופעה:

➤ נשאל את התלמידים האם לדעתם יש לנו השפעה על התופעה? נדון בכך שגם אנחנו גורמים בדרכים שונות לפליטה מוגברת של פחמן דו חמצני (למשל שימוש בחשמל, שימוש ברכבים פרטיים בתחבורה, צריכת יתר של מוצרים, ייצור מוגבר של פסולת...)

➤ נשאל מה אנחנו יכולים בנידון? נבקש מכל קבוצה לחשוב על דרכים שונות לצמצום פליטת הפחמן הדו חמצני לאטמוספירה

➤ נשאל – מה דעתם, האם שינוי בהרגלים שלנו שיגרום לשינוי (מזערי) בפליטת פחמן דו חמצני ישפיע על תופעת החמצת האוקיינוסים? קרוב לוודאי שלא ובכל זאת, מה דעתם – האם כדאי לעשות את המאמץ לשם כך? נדון בתופעות גלובאליות וביכולת שלנו להשפיע עליהן

שיעור 2 - השפעת החומציות על המערכת האקולוגית הימית

מטרות:

- התלמידים יבינו את השפעת החומציות בים על בעלי חיים ועל המערכת האקולוגית הימית
- התלמידים יבינו את הכימיה של התהליך והתגובות שבבסיסו
- התלמידים יתנסו בחשיבה מדעית, ביצוע ניסוי, העלאת השערות והסקת מסקנות.
- התלמידים יתנסו בקריאת מאמר מעובד והצגתו

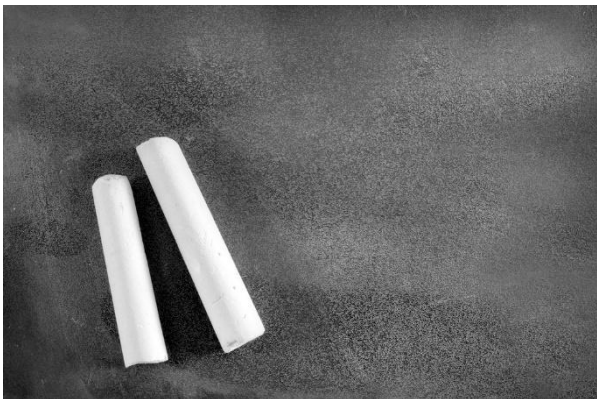
מיומנויות:

- אוריינות לשונית: פרשנות והיסק ממקור בודד, הפקה: הבעה בע"פ
- אוריינות מדעית: הסבר מדעי של תופעות, תכנון, ביצוע והערכת מחקר, פרשנות מדעית של נתונים וראיות
- חשיבה ביקורתית: טיעון
- אוריינות מידע: איתור מידע, שימוש במידע, הצגת מידע
- התנהלות חברתית: עבודת צוות
- אוריינות גלובלית: אחריות גלובלית

ציוד וחומרים: 4 כוסות כימיות (או כוסות חד פעמיות שקופות); מוט זכוכית או כלי אחר לערבוב; 2 גירים לבנים, רגילים (של פעם); 2 צדפות קטנות (מחוף הים או מחנות מזכרות, בתנאי שאינם מכוסות שכבת מגן וכד'); מים (רגילים או מזוקקים, לשיקול המורה); חומץ; נייר pH; מגבוני נייר.

פתיחה: השפעת החומציות על גיר

נפתח בניסוי הבוחן השפעת החומציות על גיר. הניסוי מבוסס על הדגמה המוצגת באתר: <https://www.youtube.com/watch?v=8vuKPGQTo5I>. אם ניתן, נחלק שוב את התלמידים לקבוצות וניתן לכל קבוצה את ערכת הציוד להתנסות קבוצתית. במידה ולא ניתן – נערוך הדגמה. במהלך ההדגמה חשוב לשתף את התלמידים, לשאול אותם מה הם חושבים שיקרה, לשאול אותם למה הם חושבים שקרה מה שקרה, ולעודד אותם לשאול שאלות שעולות בהם. במקרה ולא ניתן להעמיד ניסוי אפשר גם להשתמש בסרטון ההדגמה (ניתן להוסיף תרגום אוטומטי לעברית או ערבית) ולעצור אותו בצורה כזו שהתלמידים ישערו את התוצאות לפני שיצפו בהן.



למורה – בשלב א', בכוס החומץ צפויה תגובה חזקה, לעומת חוסר התגובה (כמעט מוחלט) בכוס המים. בשלב ב', תוצאות הניסוי יהיו שונות בהשוואה לגיר. תהליך התסיסה והפירוק איטי בהרבה. נסביר שיש בטבע תהליכים שקצב התרחשותם קטן, וקשה לראות את השינויים בעין, ללא מעקב ממושך.

כדאי להשאיר את הכוסות עם הצדפות לשיעור הבא (אחרי שבוע), או שניתן להכין מראש כוסות עם צדפות וכעת להציג אותן. לאחר שבוע (או בעזרת הכוסות שהוכנו מראש), נציג בפני התלמידים את שתי הצדפות, וניתן להם לאחוז בהן ולהרגיש את השוני ביניהן. הצדפה שהיתה בחומץ, אמורה להיות פריכה, מתפוררת, מתקלפת, וכד'.

מהלך הניסוי שלב א: גיר

- הניחו 2 כוסות לפניכם על השולחן.
- מלאו כוס אחת במים, עד כ- 2/3 מנפחה.
- מלאו את הכוס השניה בחומץ, עד כ- 2/3 מנפחה.
- בדקו את החומציות בכל אחת מהכוסות בעזרת נייר pH. רשמו את התוצאות:
רמת החומציות של המים: _____
רמת החומציות של החומץ: _____
- עליכם להכניס חתיכת גיר לכל אחת משתי הכוסות. - הקפידו על כך שאודל החתיכות יהיה דומה ככל האפשר. לפני כן – שערו – מה יקרה? האם יהיה הבדל בין שתי הכוסות מדוע?
כתבו את השערותכם: _____
- כעת הכניסו את הגיר - מה קורה בכל אחת מהכוסות? האם השערותכם הייתה נכונה?

סיר التجريبية مرحلة أ: طبشورة

- ضعوا كأسين، أمامكم، على الطاولة.
- اسكبوا ماء في كأس واحد حتى حوالي 2/3 حجمه.
- اسكبوا خل في الكأس الثاني حتى حوالي 2/3 حجمه.
- افحصوا حامضية كل كأس بمساعدة ورقة pH. سجّلوا النتائج:
مستوى حامضية الماء: _____
مستوى حامضية الخل: _____
- يجب عليكم إدخال قطعة من الطبشورة في كل كأس. شدّدوا على أن يكون كبر القطعتين متشابهًا قدر الإمكان.
- قبل ذلك – افترضوا ماذا يحدث؟ هل يكون فرق بين الكأسين؟ لماذا?
اكتبوا فرضيتكم: _____
- الآن/ أدخلوا قطعة الطبشورة – ماذا يحدث في كل كأس؟ هل كانت فرضيتكم صحيحة؟

מהלך הניסוי שלב ב: צדפה

- כעת נחזור על הניסוי בשנית עם 2 כוסות נקיות שנמלא במים וחומץ בדומה לשלב הקודם.
- נחזור שוב על בדיקת ה- pH (במחקר מדעי מקובל לחזור ככל האפשר על בדיקות ולא לסמוך על הנחות).
רמת החומציות של המים: _____
- רמת החומציות של החומץ: _____
- עליכם להכניס צדפה אחת לכל כוס – לפני כן העלו השערה: מה לדעתכם צפוי לקרות בכל כוס? האם יתפתח תהליך דומה לזה שקרה עם הגיר? מדוע?
- כתבו את השערותכם והסבר: _____
- הכניסו את הצדפה. מה קרה בכל אחת מהכוסות? האם השערותכם הייתה נכונה?

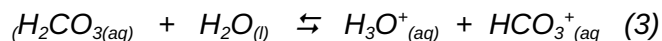
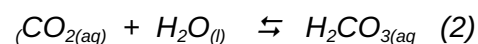
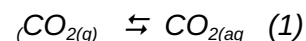
סיר התגובה מרחה ב: צדפה

- נكرر التجربة مع كأسين نظيفين، في أحدهما نضع ماء وفي الثاني خل كما وضعنا في المرحلة السابقة.
- نفحص الـ pH (من المقبول في البحث العلمي أن نكرر التجربة، قدر الإمكان، ولا نعتد على الفرضيات).
مستوى حامضية الماء: _____
- مستوى حامضية الخل: _____
- يجب عليكم أن تضعوا صدفة في كل كأس - قبل ذلك افترضوا فرضية: ماذا من المتوقع أن يحدث، حسب رأيكم، في كل كأس؟ هل تتطور عملية تشبه العملية التي حدثت مع الطباشيرة؟ لماذا؟
- اكتبوا فرضيتكم والشرح: _____
- أدخلوا الصدفة. ماذا حدث في كل كأس؟ هل كانت فرضيتكم صحيحة؟

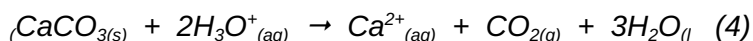


גוף השיעור: הבנת הכימיה של התהליך

נציג לתלמידים את התגובות המתלוות לקליטת הפחמן הדו חמצני במי הים:



השריון של רכיכות ושל סרטני ים, ושלד האלמוגים, בנוי בעיקר מסידן פחמתי, $CaCO_{3(s)}$, המגיב עם החומצה על פי תגובה (4):



הפחמן הדו חמצני היא מולקולה שמצויה בדרך כלל במצב גזי בכדור הארץ, אך היא גם מסיסה במידה מסוימת במים. עקב עלייה מהירה בריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה, גם ריכוזו במים עולה באופן קיצוני. תהליך זה מעלה גם את החומציות במים משום שהפחמן הדו-חמצני מתמוסס במים בתור יון (מולקולה טעונה במטען חשמלי) חומצי בשם חומצה פחמתית. לכן, ככל שריכוז הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה ובים יעלה, המים יהפכו חומציים יותר.

לשיקול המורה - בהתבסס על הידע הקודם של התלמידים, עד כמה מהמפורט לעיל ראוי להציג בפני התלמידים, ולאיזו רמת עומק להיכנס בהסבר התגובות. ניתן להיעזר בסרטון הממחיש תהליכים אלו:

<https://www.youtube.com/watch?v=kxPwbhFeZSw>

סיכום: השפעת החמצת האוקיינוסים על המערכת האקולוגית הימית

נשאל את התלמידים – מה לדעתם ההשלכות של השינויים בשריון בעלי החיים על המערכת האקולוגית הימית? נציג לתלמידים את התמונה של מארג המזון בים ונבקש מהם לחשוב על ההשלכות של החמצת האוקיינוסים.



מקור התמונה: https://celebrating200years.noaa.gov/breakthroughs/ecopath/food_web_600.html

נשאל – האם צפויים לכך השפעות על האדם? כיצד? נספר שזה יהיה מוקד השיעור הבא.
לחילופין או בנוסף, ניתן לתלמידים קטעי קריאה נוספים להכרת מחקרים אודות השפעת החמצת האוקיינוסים על
המערכת הימית. ניתן לחלק אותם לארבע קבוצות ולבקש מכל קבוצה להציג את עיקרי המחקרים המוצגים
בכתבה.

להרחבה נוספת בנושא ניתן להראות [סרטון TED של הרצאתה של טריאונה מקגראת'](#) על השלכות של החמצת
האוקיינוסים (כולל תרגום לעברית).



החמצת הימים, הדגיגים והמדוזות

עיבוד [לכתבה של מכון דוידסון](#), 2016



חוקרים גילו עדויות לכך שלפני כ-250 מיליון שנה, אירעה עלייה חדה בפחמן הדו-חמצני באטמוספירה ובים, ולכן בחומציות המים. רמת הפחמן הדו-חמצני אז הייתה גבוהה משמעותית מזו שאנו רואים כיום ונגרמה כנראה מהתפרצויות של הרי געש, בלי קשר לבני האדם, שעוד לא היו קיימים אז. העלייה החדה הזו גרמה לאירוע הכחדה המוני של בעלי חיים – אז נכחדו 96 אחוז ממיני בעלי החיים שחיו על פני כדור הארץ בהכחדה, שהייתה אחת מחמשת אירועי ההכחדה הגדולים שהתרחשו בהיסטוריה של כדור הארץ.

גם לשינויים קטנים יותר ברמת החומציות עלולות להיות השלכות לא רצויות. באוסטרליה בדקו השפעת החומציות ע"י ניסוי שבו שמו דגים צעירים במי ים רגילים ובמי ים בריכוז גבוה של פחמן דו-חמצני – אותו ריכוז שצפוי להיות במי האוקיינוסים לקראת סוף המאה. מטרתם הייתה לבדוק אם דגים משנים את התנהגותם במים חומציים יותר, ובמיוחד עד כמה הם מתרועעים עם המדוזות. המדוזות מגינות על הדגיגונים מפני טריפה.

החוקרים מצאו שדגיגים החיים במי ים רגילים שהו פי שלושה יותר זמן בחברת המדוזות, לעומת אלה שחיו במים החומציים יותר – כלומר, החמצת המים פגעה משמעותית בקשר בין המדוזות לדגים. בנוסף, רק 63 אחוז מהדגיגים שנמצאו במים החומציים יותר שחו לעבר המדוזות ובילו את זמנם בחברתן, לעומת 86 אחוז מהדגיגים במים הרגילים. בנוכחות טורפים אחרים, ההבדל הזה עלול להיות קטלני.

מה במים החומציים גורם לדגים לשנות כך את התנהגותם? התשובה עדיין לא ברורה. החוקרים בדקו אם הדגים מזהים איפה המדוזות נמצאות לפי הריח, אך נמצא שגם במים רגילים הדגים לא נמשכו לריחן של המדוזות, ונראה שאותות ריח אינם חשובים ליצירת הקשר ביניהם.

ככל שממדי שינוי האקלים מתבהרים, יותר ויותר מחקרים בודקים את ההשלכות האפשריות שלהם על בעלי חיים, צמחים ועל המערכת האקולוגית כולה, לא רק מבחינה פיזיולוגית אלא גם מבחינה התנהגותית. גם לשינוי קטן, כמו פגיעה ביחסים בין הדגיגים למדוזות, יכולות להיות תוצאות הרסניות: בלעדי המדוזות הדגיגים יהיו חשופים יותר לטריפה, דבר שעלול להוביל לפגיעה משמעותית באוכלוסייתם.

حموضية البحار، السمك الصغير وقنديل البحر

أعدّ من [كتבה של מכון דוידסון](#) , 2016



اكتشف باحثون دلائل أنه قبل حوالي 250 مليون سنة طرأ ارتفاع حاد في ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي وفي البحر، لذا ارتفعت حموضية الماء. كان مستوى ثاني أكسيد في تلك الفترة عاليًا جدًا مقارنة بالمستوى اليوم، وقد حدث ذلك، على ما يبدو، من انفجار جبل بركاني، دون أي علاقة بالإنسان الذي لم يكن على قيد الحياة في تلك الفترة. أدى هذا الارتفاع الحاد إلى انقراض أنواع كثيرة من الحيوانات، ففي هذا الحدث انقرض 96 بالمائة من أنواع الحيوانات التي عاشت على سطح الكرة الأرضية، وقد كان هذا الانقراض أحد الانقراضات الخمسة الكبرى التي حدثت في تاريخ الكرة الأرضية.

قد تؤدي تغييرات قليلة في مستوى الحموضة إلى انعكاسات غير مرغوبة أيضًا. في أستراليا فحصوا تأثير الحموضة بواسطة تجربة وضعوا فيها أسماك صغيرة في مياه بحر عادية، وفي مياه بحر تحتوي على تركيز عالٍ من ثاني أكسيد الكربون – نفس التركيز الذي من المتوقع أن يكون في مياه البحيرات في نهاية القرن الحالي. كان الهدف من التجربة فحص ما إذا تغيرت الأسماك من سلوكها في مياه أكثر حموضة، وبشكل خاص مدى اختلاطها مع قنديل البحر. يحمي قنديل البحر الأسماك الصغيرة من الافتراض.

وجد الباحثون أن الأسماك الصغيرة التي تعيش في مياه بحر عادية تبقى ثلاثة أضعاف الوقت بالقرب من قنديل البحر مقارنة بالأسماك الصغيرة التي عاشت في مياه أكثر حموضة، هذا يعني أنّ حموضة الماء أدت إلى ضرر كبير في العلاقة بين قنديل البحر والأسماك الصغيرة. بالإضافة إلى ذلك، 63 بالمائة من الأسماك الصغيرة التي وجدت في المياه الأكثر حموضة سبحت اتجاه قنديل البحر وقضت وقتها برفقة قنديل البحر، مقارنة بـ 86 بالمائة من الأسماك الصغيرة في مياه البحر العادية. بوجود مفترسات أخرى قد يكون هذا الفرق قاتلاً.

لماذا تؤدي المياه الحامضة إلى تغيير في سلوك الأسماك الصغيرة؟ الإجابة غير واضحة حتى الآن. فحص الباحثون هل تميّز الأسماك الصغيرة مكان قنديل البحر حسب الرائحة؟ لكنهم وجدوا أن الأسماك الصغيرة لا تنجذب إلى رائحة قنديل البحر في مياه البحر العادية، وعلى ما يبدو أن إشارات الرائحة غير مهمة لإنتاج العلاقة بينهما.

كلما أصبحت قياسات تغييرات المناخ أوضح يزداد عدد الأبحاث التي تفحص انعكاساتها الممكنة على الحيوانات، النباتات والنظام البيئي كله، ليس من ناحية فسيولوجية فقط، بل من ناحية سلوكية أيضًا. التغيير القليل أيضًا، مثلًا: إصابة العلاقات بين الأسماك الصغيرة وقنديل البحر يمكن أن تكون لها نتائج مدمرة: تتعرض الأسماك الصغيرة إلى افتراض دون وجود قنديل البحر، مما يؤدي ذلك إلى ضرر كبير جدًا في تعداد عشيرة الأسماك الصغيرة.

תחושה של החמצה

עיבוד [כתבה של זווית](#), 2015

על פי דו"ח של המכון לחקר ימים ואגמים לישראל ירדה רמת ה pH בים התיכון מאז המהפכה התעשייתית מערכים של כ-8.3 יחידות pH לכ-8.1. מדובר בירידה משמעותית, ועל פי התחזיות צפויה ירידה מהותית נוספת עד לסוף המאה הנוכחית.

בין היצורים הרגישים ביותר לתהליך ההחמצה, נמצאים מינים שלהם שלד גירני (כדוגמת אלמוגים מסוימים, חלזונות וצדפות בעלי קונכייה וכן אצות גירניות). קצב בניית השלד של יצורים אלה מושפע מההרכב הכימי של המים: ריכוז גבוה של CO₂ שגורם לחומציות מוגברת, עשוי להפריע לתהליך השקעת השלד.

במערב הים התיכון, מתבצעים בשנים האחרונות כמה מחקרים פורצי דרך, שבודקים את השפעת ההחמצה על יצורים ימיים שונים. עיקר העבודה נעשית באיטליה, באזורים של פעילות געשית שבהם קיימות נביעות טבעיות של CO₂, שמורידות את pH במים במרחק של עשרות ואפילו מאות מטרים. נביעות אלו מהוות אפוא מעבדות טבעיות מעולות לבחינת התופעה. המחקרים שהתבצעו שם אכן הראו פגיעה משמעותית באלמוגים וביצורים אחרים באזורים שסמוכים לנביעות.

בישראל אין נביעות טבעיות של CO₂ באזור החוף, אך במכון לחקר ימים ואגמים, מתבצעים מחקרים שתפקידם לבדוק בין היתר את השפעות ההחמצה על החברות האקולוגיות של השוניות הסלעיות במזרח הים התיכון. "על מנת לבחון מה קורה למין בודד אנו אוספים פרטים מהמין הנחקר ובוחנים את תגובתו הפיזיולוגית תחת רמות pH שונות, גבוהות ונמוכות מהרמה הטבעית", מסבירה החוקרת. "עד עתה נבחנו שני מיני אצות גירניות, שהן נפוצות ביותר בשוניות הים התיכון – גנית ואלמוגנית. הניסויים הראו ששני המינים היו רגישים לעלייה בהחמצה וברמות גבוהות 'הלבינו' ומתו, אך מידת הרגישות של האלמוגנית היתה גבוהה מזאת של הגנית. כלומר, מינים שונים הם בעלי רגישות שונה להחמצת האוקיינוסים. כמו כן, בניסוי רחב היקף שבחן השפעות ברמת החברה, בשילוב תהליכי התחממות המים כחלק מן ההתחממות הגלובלית, מצאנו שלא כל היצורים מושפעים בהכרח לרעה מירידת ערכי ההגבה, וחלקם אפילו מרוויחים מן העלייה בריכוז ה-CO₂ במים".

حسب تقرير معهد أبحاث البحار والبحيرات، في إسرائيل، انخفض مستوى الـ pH في البحر الأبيض المتوسط منذ الثورة الصناعية من قيمة 8.3 وحدات تقريبًا إلى pH قيمته 8.1 تقريبًا. ويدور الحديث عن انخفاض كبير جدًا، وحسب التنبؤات من المتوقع أن يحدث انخفاض كبير جدًا إضافي حتى نهاية القرن الحالي.

من بين الكائنات الحيّة الحساسة لعملية الحموضة، هي أنواع كائنات حيّة هيكلها جيري (مثل: مرجان معيّن، حلزونات، أصداف ذات قوقعة وطحالب جيرية أيضًا). تتأثر وتيرة بناء هيكل هذه الكائنات الحيّة من المكونات الكيميائيّة للماء، مثلًا: التركيز العالي لثاني أكسيد الكربون CO2 يؤدي إلى حامضية عالية، وقد يشوش على عملية رسوب الهيكل.

في غرب البحر الأبيض المتوسط، تتمّ في السنوات الأخيرة عدّة أبحاث لفحص تأثير الحموضة على كائنات حيّة بحرية مختلفة. تتمّ هذه الأبحاث في إيطاليا بالأساس، في مناطق يوجد فيها نشاط بركاني، وهناك ينابيع طبيعية لـ CO2 تؤدي إلى انخفاض الـ pH في الماء على بُعد عشرات وحتى مئات الأمتار. تشكل هذه الينابيع مختبرات طبيعية ممتازة لفحص الظاهرة. بيّنت الأبحاث التي أجريت أنّ هناك إصابة كبيرة جدًا في المرجان وفي كائنات حيّة أخرى في المناطق المجاورة للينابيع.

لا يوجد في إسرائيل ينابيع طبيعية لـ CO2 في منطقة الشاطئ، لكن تُنفذ في معهد أبحاث البحار والبحيرات أبحاث وظيفتها فحص تأثير الحموضة على المجتمعات البيئية للشعاب المرجانية الصخرية في شرق البحر المتوسط. " لفحص ما يحدث لنوع معيّن نجتمع أفراد من النوع الذي نبحثه، ونبحث ردود فعله الفسيولوجية في مستويات pH أعلى وأقل من المستوى الطبيعي". "حتى الآن تمّ فحص نوعين من الطحالب الجيرية، وهما شائعتان في شعبات مرجان البحر الأبيض المتوسط – *Jania rubens* و *coralline*. بيّنت التجارب أنّ النوعين حساسين لارتفاع الحموضة، وفي مستويات عالية "ابيضت" وماتت، لكن مدى حساسية *coralline* أعلى من حساسية *Jania rubens*. هذا يعني أنّ الأنواع المختلفة ذات حساسية مختلفة لحموضة المحيطات. بالإضافة إلى ذلك، في تجربة واسعة النطاق تمّ فحص التأثير على مستوى مجتمع الكائنات الحيّة، من خلال دمج عمليّات ارتفاع درجة حرارة الماء كجزء من الاحتباس الحراري العالمي، وقد وجدنا أنّ جميع الكائنات الحيّة لا تتأثر بالضرورة سلبيًا من انخفاض قيم الـ pH ، لأنّ قسمًا منها يستفيد من ارتفاع تركيز CO2 في الماء".

חמוץ לו: השפעת החמצת מי הים על האלמוג ומכלול המיקרואורגניזמים החיים איתו בשיתוף

עיבוד [לכתבה מאתר Sustainability-org-il](http://Sustainability-org-il), 2012

תהליך ההחמצה של הים משפיע בעיקר על יצורים בעלי שלד דוגמת אלמוגים ורכיכות בעלי קונכיות. עליית החומציות בים מביאה להתמוססות השלד הגירני אשר אותם יצורים משקיעים ופוגעת בשרידותם. חוקרת מהפקולטה למדעי החיים באוניברסיטת בר אילן חקרה את השפעת החמצת הים על אוכלוסיית המיקרואורגניזמים החיים באלמוג וסביבתו הקרובה.

ד"ר מירון מסבירה כי היום הגישה הרווחת בביולוגיה וברפואה היא להסתכל על יצור חי כמכלול האורגניזמים החיים בתוכו. כלומר כשבאים לבחון כיצד גורם מסוים (לדוגמה שינוי סביבתי) משפיע על האורגניזם, חשוב לבחון את ההשפעה על כל האוכלוסייה החיה בתוכו. האלמוג הוא דוגמה טובה לסימביוזה החשובה הקיימת בין האורגניזם המארח (האלמוג עצמו) לבין המיקרואורגניזמים החיים סביבו, מסייעים לו והכרחיים לשרידותו. לדוגמה, ברקמת האלמוג יש אצות חד תאיות המספקות לו את תוצרי הפוטוסינתזה שלהן. כמו כן באלמוג קיימים חיידקים מקבעי חנקן אשר מספקים חומרי הזנה מהם האלמוג יכול להנות. חשיבות נוספת של האוכלוסייה המיקרוביאלית היא להקנות לאלמוג הגנה ועמידות מפני גורמי מחלות והתמודדות יעילה יותר בפני שינויים בתנאים הסביבתיים (כגון טמפ' וחומציות).

בניסוי מעבדה, חשפה החוקרת אלמוג ממפרץ אילת, למים עם חומציות נמוכה ממי הים והשוותה את אוכלוסיית החיידקים המתפתחת באלמוג בתנאים אלו לאוכלוסיית החיידקים המתפתחת באלמוג החשוף למי ים רגילים. התוצאות הראו כי באלמוג ישנה רגישות לחומציות וחל בו שינוי בהרכב אוכלוסיית החיידקים עם ירידת ה-pH במים - באלמוג החשוף ל pH נמוך חלה עליה במגוון הכללי של החיידקים (יותר מינים של חיידקים) וכן נראתה עלייה בנוכחות חיידקים גורמי מחלות ועלייה בפעילות שלהם.

ניסוי מעבדה אומנם מאוד חשובים ומבוקרים, אך אינם יכולים לחקות באופן מוחלט את התנאים הטבעיים. לכן יש חשיבות גדולה לבחון את אותם ניסויים בסביבה הימית, שם קיימים מכלול התנאים אליו נחשף האלמוג באופן טבעי ורציף. לשם כך בצעו ניסויים, באזור בים התיכון בו ישנו מדרג טבעי של pH במים. המדרג נוצר כתוצאה מבעבוע של פחמן דו חמצני טבעי באזור. לאזור הניסוי בים הובאו אלמוגים ונבחנה השפעת החומציות המשתנה על האלמוגים. בניסוי הימי נמצא כי אוכלוסיית המיקרואורגניזמים באלמוג לא השתנתה בצורה משמעותית ולא הייתה עלייה בנוכחות חיידקים גורמי מחלות כפי שנראו בניסויי המעבדה. כמו כן האלמוגים עצמם שרדו ולא הראו סימני עקה (מחלה או מוות). התנהגות זו בים מעידה כי שינוי ה-pH שנבחן לא השפיע משמעותית על אלמוגים אלו ועל הסביבה המיקרוביאלית החיה עימו.

ממצאים אלו של ניסוי הים שופכים אור חיובי על שרידות האלמוג בתנאים של חומציות גדלה, אך בעיית התמוססות השלד הגירני כתוצאה מהגדלת החומציות בים עדין קיימת ובלתי נמנעת.

حامضي له: تأثير حموضة مياه البحر على المرجان وعلى مجمل الكائنات الحيّة التي تعيشها معها بتعاون

أعدّ من Sustainability-org-il, 2012 [כתבה מאתר](http://www.sustainability-org-il)

تؤثّر عملية حموضة البحر، بالأساس، على كائنات حيّة ذات هيكل، مثل: المرجان والرخويات التي يوجد لها صدف. يؤدّي ارتفاع حموضة البحر إلى ذوبان الهيكل الجيري في تلك الكائنات الحيّة ويؤدي بقائها على قيد الحياة. فحصت باحثة من كلية العلوم الحياتية في جامعة بار إيلان تأثير حموضة البحر على عشيرة كائنات حية دقيقة تعيش في المرجان وفي بيئته المحيطة. شرحت الدكتورة ميرون أن النهج السائد اليوم، في البيولوجيا والطب، أن ننظر إلى الكائن الحي وإلى مجمل الكائنات الحيّة التي تعيش داخله. هذا يعني أنّه عندما نريد أن نفحص كيف يؤثّر عامل معيّن (مثلاً: تغيير في البيئة المحيطة) على الكائن الحيّ، من المهم فحص التأثير على كلّ العشيرة التي تعيش داخله. المرجان هو مثال جيد للحياة المشتركة المهمة بين الكائن الحيّ المضيف (المرجان) والكائنات الحيّة الدقيقة التي تعيش من حوله، وهي تساعد وضرورية لبقائه. مثلاً: يوجد في نسيج المرجان طحالب أحادية الخليّة تزوّده بنواتج عمليّة التركيب الضوئي التي تُنتجها. بالإضافة إلى ذلك، يوجد في المرجان بكتيريا تقوم بتثبيت النيتروجين وهي تزوّده بمواد غذائية يستفيد منها. هناك أهميّة إضافية لعشيرة الكائنات الحيّة الدقيقة التي تكسب المرجان حماية ومقاومة لمسببات أمراض، كما أنّها تكسبه قدرة على مواجهة تغييرات في ظروف البيئة المحيطة (مثل: درجة الحرارة والحامضية) بطريقة ناجحة.

فحصت الباحثة في المختبر مرجان من خليج إيلات، وقد فحصت تأثير مياه البحر التي حامضيتها منخفضة، وقارنت بين عشيرة البكتيريا التي تتطوّر داخل المرجان في هذه الظروف والبكتيريا التي تتطوّر في مرجان تعرض لمياه بحر عادية. بيّنت النتائج أنّ المرجان حساس للحامضية، وتغيّرت فيه مكوّنات عشيرة البكتيريا مع انخفاض pH الماء – في المرجان الذي تعرّض لـ pH منخفض طراً ارتفاع في التنوع العام للبكتيريا (أنواع بكتيريا كثيرة)، كما تبيّن ارتفاع في تعداد البكتيريا المسببة للأمراض وفي نشاطها.

التجارب في المختبر مهمة جدّاً وتخضع للمراقبة، لكن لا تتوفر فيها جميع الظروف الطبيعية تماماً. لذا من المهم فحص هذه التجارب في البيئة المحيطة المائيّة التي تتوفر فيها مجمل الظروف التي يتعرّض إليها المرجان بشكل طبيعيّ ومتواصل. لذا نُفذت التجارب، في البحر الأبيض المتوسط، في منطقة فيها تدرّج طبيعيّ في pH الماء. يُنتج التدرّج نتيجة لانتشار ثاني أكسيد كربون طبيعيّ في المنطقة. تمّ إحضار المرجان إلى منطقة التجربة في البحر، وتمّ فحص تأثير الحامضية المتغيّرة على المرجان. لم تتغيّر عشيرة الكائنات الحية الدقيقة بشكل كبير جدّاً في التجربة التي أُجريت في البحر، ولم يطرأ ارتفاع بوجود البكتيريا المسببة للأمراض كما تبيّن في تجارب المختبر. كما أن المرجان نفسه بقي على قيد الحياة ولم تظهر عليه علامات التوتر (مرض أو موت). يدل هذا التصرف، في البحر، على أنّ تغيير الـ pH الذي تمّ فحصه لم يؤثّر بشكل كبير على هذا المرجان وعلى البيئة المحيطة للكائنات الحيّة الدقيقة التي تعيش معه.

بيّنت نتائج التجربة، في البحر، أنّ هناك إيجابية لبقاء المرجان في ظروف حامضية متزايدة، لكن مشكلة ذوبان الهيكل الجيري نتيجة لازدياد الحامضية، في البحر، ما زالت موجودة ولا مفر منها.

מחקר: שיעור חומציות מי הים עולה - סכנה לדגים

עיבוד [לכתבה מתוך אתר nrg](#), 2009

על פי תחזיות עדכניות יש עליה מתמדת בשיעור החומציות של מי הימים והאוקיאנוסים. עד שנת 2050 המים, הממלאים 2/3 משטח כדור הארץ, יהיו חומציים ב-150% יותר מאשר היום. המשמעות: הפרת האיזון בטבע הנשמר לאורך מיליוני שנים. מחקר ישראלי חדש התמקד בחומצה הפחמנית ושלל נגזרותיה, שהם בעלי חשיבות ראשונה במעלה בטבע. את המחקר הזה הוביל פרופ' אהוד פינס, מאוניברסיטת בן-גוריון בנגב, יחד עם עמיתים מברלין.

בגופם של בעלי החיים ובני האדם קיימים אנזימים המווסתים את חומציות הגוף בעזרת נגזרות החומצה הפחמתית. מה שלא ברור עדיין, מה יקרה לבעלי החיים הימיים, אם הריכוז שלה במים יעלה בקצב החזוי, על פי עליית ריכוז הפחמן הדו חמצני. השאלה היא כיצד יושפעו בעלי החיים הימיים וצמחיית המים. ההערכה היא, שהם יינזקו קשה. במיוחד יצורים בעלי שלד גירי, או סידני, כמו קונכיות, סרטנים ואלמוגים.

בניסויים שנעשו ביפן, שהיא מהמובילות בתחום המחקרי בנושא זה, הכניסו מי ים למיכלים גדולים, אליהם הוסיפו מבחוץ פחמן דו חמצני כדי להעלות את הריכוז שלו במים. מה שמסתמן הוא - גם לפי מדענים ישראליים שחקרו אלמוגים - כי יצורים ימיים שונים, ובמיוחד האלמוגים, נפגעים מעליית החומציות ועמם בעלי-החיים התלויים בהם כמו סרטנים, חסילונים וכל אלו שהם בעלי שלד-גוף ושריון גירי. השלדים והשריון פשוט מתפרקים עקב החומציות. התהליך איטי. חוזק השלדים, קשיחותם ועובי השריון (בקונכיות למשל, ביתן של הרכיכות) פשוט נחלשים עם הזמן. צפוי לכן שהם יסבלו. סיכוייהם לשרוד - קטנים. תמותתם - תגדל. עקב כך יתכן ונאבד חלקים גדולים משוניות האלמוגים על-פני כדור הארץ. רואים כבר סימנים ברורים לכך, בנזקים הנגרמים להם במקומות שונים על פני כדור הארץ, כמו במחסום השוניות הגדול שמול חופי אוסטרליה. חלק מהיצורים הפגיעים מהווים את החוליה הכי חלשה בשרשרת המזון ופגיעה ביצורים הללו משמעותה, הפחתה בדגה המתקיימת עליהם. אין זה אומר שכל הדגים ייעלמו בבת אחת, אבל הפגיעה באוכלוסיות הדגה תהיה עקבית ומתמשכת. המחקרים הנעשים היום בודקים את השפעת העלייה בחומציות המים על מיני דגים ספציפיים, שהם חיוניים לתזונתם של מאות מיליוני בני-אדם בעולם.

עם זאת, מדגיש פרופ' פינס, התמונה עדיין אינה ברורה. יש מינים של יצורים ימיים הסובלים יותר ואחרים פחות שדווקא משגשגים במים היותר חומציים. אלא שגם השגשוג הזה הוא בגדר הפרה של האיזון הכמותי של מיני בעלי החיים בטבע. אנחנו עשויים לראות עלייה באצות, צמחייה מזהמת במים. כבר עתה רואים מינים פולשניים זרים של אצות, שהגיעו לים התיכון. הן משגשגות במים שנעשים יותר חומציים ויותר מזהמים. אבל השגשוג שלהן יגרום לצרות שונות.

"ב-20 מיליון השנים האחרונות, אומר פרופ' פינס, לא חלו שינויים ברמת החומציות של מי הימים כמו השינויים שהתרחשו כאן ועכשיו, בקצב מואץ בתוך מאה השנים האחרונות. יש מחקרים הטוענים כי שיעור החומציות עלה במהירות גדולה בתוך פרק זמן כה קצר, מה שאיננו מאפשר ליצורים הימיים להסתגלות אבולוציונית. אם מצב זה

יימשך, אזי קיימת סבירות גבוהה שבעשר השנים הקרובות, שעור החומציות אפילו יגדל בקצב מהיר יותר מכפי שהיה במאה השנים האחרונות. וזה באמת מצב הגורם לנדודי שינה ללא מעט מדעני סביבה בעולם"

بحث: ارتفاع حامضية مياه البحر: خطر على الأسماك

أعدّ من [كتبة متورخ اتر](#) 2009 , nrg

حسب التنبؤات المحتملة هناك ارتفاع مستمر بنسبة حموضة مياه البحار والمحيطات. حتى سنة 2050 الماء الذي يغطي ثلثي مساحة الكرة الأرضية يكون أكثر حامضياً بنسبة 150% مقارنة باليوم. معنى ذلك أنه حدث تغيير في الاتزان الطبيعي الذي تم الحفاظ عليه ملايين السنين. ركّز بحث إسرائيلي جديد على حامض الكربونيك ومشتقاته، وهي ذات أهمية كبيرة في الطبيعة. قاد هذا البحث بروفيسور بنيس من جامعة بن غوريون، في النقب، بالتعاون مع باحثين من برلين.

يوجد في أجسام الحيوانات وفي الإنسان إنزيمات تنظم حامضية الجسم بمساعدة مشتقات حامض الكربونيك. غير واضح حتى الآن، ماذا يحدث للحيوانات البحرية إذا ارتفع تركيزها في الماء بالوتيرة المتوقعة، حسب ارتفاع تركيز ثاني أكسيد الكربون؟ السؤال هو كيف تتأثر الحيوانات البحرية والنباتات البحرية؟ التقدير أنها تتضرر بشكل كبير جداً، خاصة الحيوانات التي هيكلها جيري أو كالسيوم، مثل: القواقع، السرطانات والمرجان.

أجريت في اليابان تجارب رائدة في بحث هذا الموضوع، أدخلوا مياه بحر إلى حاويات كبيرة جداً، وأضافوا إليها من الخارج ثاني أكسيد الكربون لرفع تركيزه في الماء. اتضح حسب هذا البحث والأبحاث الإسرائيلية التي بحثت المرجان أنّ كائنات حيّة بحرية مختلفة، والمرجان بشكل خاص تتضرر من ارتفاع الحامضية، كما تتضرر حيوانات مرتبطة بها، مثل: السرطانات، القريدسات وكلّ من يوجد له هيكل ودرع جيري. يتحلل الهيكل والدرع في أعقاب الحامضية. العملية بطيئة. متانة الهيكل، قساوته وسمك الدرع (في قواقع الرخويات) تضعف مع مرور الوقت. لذا من المتوقع أن تعاني. واحتمال بقائها على قيد الحياة قليل، ويزداد موتها. لذلك يمكن أن نخسر أقسام كبيرة من الشعاب المرجانية على سطح الكرة الأرضية. نرى علامات واضحة لذلك، وهي الأضرار التي تحدث في أماكن مختلفة على سطح الكرة الأرضية، مثلاً: في حاجز الشعاب المرجانية الكبير مقابل شواطئ أستراليا. قسم من الكائنات الحيّة الحساسة تشكل الحلقة الأضعف في السلسلة الغذائية، وإصابة هذه الكائنات الحية معناه انخفاض في صيد الأسماك التي تعيش عليها. لا يعني أنّ الأسماك تختفي مرّة واحدة، لكن إصابة المجموعات التي تعتمد على الصيد تكون متناسقة ومستمرّة. تفحص الأبحاث التي تُنفذ اليوم تأثير ارتفاع حامضية الماء على أنواع أسماك خاصة ضرورية لتغذية مئات الملايين من الناس في العالم. على الرغم من ذلك، شدّد بروفيسور بينس أنّ الصورة غير واضحة حتى الآن. هناك أنواع من الكائنات الحيّة البحرية التي تعاني من ارتفاع الحموضة، وهناك أنواع تزداد في المياه الأكثر حموضة، إلّا أنّ هذا الازدياد يعتبر خلل في الاتزان الكميّ لأنواع الحيوانات في الطبيعة.

قد نرى ارتفاعاً في الطحالب والنباتات التي تلوث الماء. نرى الآن أنواع غازية غريبة من الطحالب التي وصلت البحر الأبيض المتوسط. تزداد في الماء الذي ترتفع حموضته ويصبح أكثر تلوثاً. لكن ازديادها يؤدي إلى مصائب مختلفة.

قال بروفيسور بينس: "في الـ 20 مليون سنة الأخيرة، لم يطرأ تغيير في مستوى حامضية مياه البحار كالتغيرات التي حدثت بوتيرة سريعة خلال المائة سنة الأخيرة. هناك أبحاث تدعي أنّ الحامضية ازدادت بسرعة كبيرة خلال فترة زمنية قصيرة، وهذا لا يُتيح للكائنات الحيّة البحرية التكيف من حيث النشوء والارتقاء. إذا استمرّ هذا الوضع، فمن المتوقع أن ترتفع الحامضية في السنوات العشر الأخيرة بوتيرة أسرع مما كانت في المائة سنة الأخيرة. وهذا الوضع يؤدي إلى قلق لدى علماء في العالم، ولدى مختصين في البيئة المحيطة.

שיעור 3 - החמצת האוקיינוסים והשפעתה על האדם

מטרות:

- התלמידים יכירו דוגמאות של השלכת החמצת האוקיינוסים על האדם
- התלמידים יבינו את הקשר שבין סביבה חברה וכלכלה
- התלמידים יכירו ביכולתם להשפיע על פליטות פחמן דו חמצני, ויקבלו החלטה על מחויבותם לעשייה

מיומנויות:

- אוריינות לשונית: פרשנות והיסק ממקור בודד, הפקה: הבעה בכתב ובע"פ
- חשיבה ביקורתית: טיעון
- אוריינות מידע: שימוש במידע, הצגת מידע
- התנהלות חברתית: עבודת צוות
- אוריינות גלובלית: אחריות גלובלית

ציוד והכנות: קטעי קריאה לפי מספר הקבוצות בכיתה

פתיחה – מה בין חברה, סביבה וכלכלה?

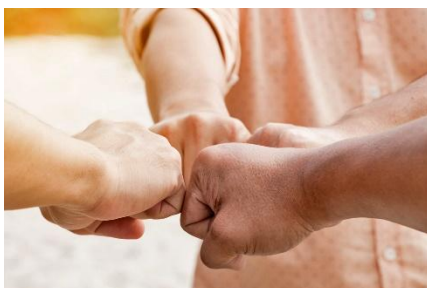
נצייר לתלמידים על הלוח את האיור המוכר המשקף את שלושת המרכיבים של המושג קיימות. נשאל את התלמידים אם הם מכירים דוגמאות שממחישות קשרים בין שלושת המרכיבים הללו. לאחר שיציגו מספר דוגמאות נציין שגם לתופעה של החמצת האוקיינוסים יש השלכות חברתיות וכלכליות שנכיר בעזרת שני חקרי מקרה לדוגמה.

גוף השיעור - חקרי מקרה של השלכת החמצת האוקיינוסים על האדם

נחלק את הכיתה לקבוצות ולכל קבוצה ניתן קטע קריאה קצר של אחד משני חקרי מקרה שונים בהם ידונו על ההשלכות השונות. כל קבוצה תקרא את קטע המידע ותחשוב מי הם בעלי העניין וכיצד המקרה עשוי להשפיע עליהם.

סיכום – התחייבות אישית לשינוי

נבקש מקבוצה מתנדבת בכל נושא להציג את חקר המקרה ובעלי העניין שמצאה. נבדוק עם שאר הקבוצות אם יש להם בעלי עניין נוספים.
נדון בקווי הדמיון של שני חקרי המקרה – בשניהם לגורם סביבתי של החמצת האוקיינוסים, יש השפעות חברתיות וכלכליות משמעותיות.



נשוב לדיון מהשיעור הראשון העוסק בגורם לבעיה – פליטת פחמן דו חמצני לאטמוספירה – נשאל את התלמידים האם לאור העיסוק בתופעת

החמצת האוקיינוסים בהקשרים השונים, יהיו מוכנים לשנות התנהגותם? נבקש מכל תלמיד (כמובן אין להכריח – רק מי שמוכן לכך) לכתוב על דף על מה הוא מוכן להתחייב ולחתום על הדף. את הדפים נתלה על קירות הכיתה.

חקר מקרה 1: מה לסלמון באלסקה ולפליטת גז CO2 לאטמוספירה?

עיבוד למאמר שהופיע בבחינת הבגרות בכימיה קיץ תש"ע, מעובד על פי Jeremy Mathis, University of Alaska Fairbanks, (<http://sfos.uaf.edu/oa>) (האתר לא פעיל).

דייגים באלסקה מדווחים על ירידה בשלל דגי הסלמון.

חוקרים מאוניברסיטת אלסקה מצאו במי מפרץ אלסקה רכיכות וסרטני ים כמעט ללא שריון הנחוץ לקיומם. אחד מסוגי הרכיכות - "פרפר ים" - הוא מרכיב חשוב במזון של דגי סלמון. החוקרים סבורים שהידלדלות השריון של הרכיכות היא תוצאה של עלייה בחומציות של מי מפרץ אלסקה. ליד חופי אלסקה העלייה בחומציות של מי האוקיינוס מהירה וגדולה יותר מאשר במקומות אחרים. הדבר נובע מתנאי האקלים הייחודיים, ביניהם הטמפרטורה הנמוכה של המים. ככל שטמפרטורת המים נמוכה יותר, המסיסות במים של $\text{CO}_2(\text{g})$ גדולה יותר.

השריון של רכיכות ושל סרטני ים בנוי בעיקר מסידן פחמתי, $\text{CaCO}_3(\text{s})$, המגיב עם החומצה ותגובה זו גורמת להרס השריון. החוקרים משערים שהפגיעה בשריון של הרכיכות מביאה לירידה בגודל האוכלוסייה שלהן, ולפיכך לצמצום במקורות המזון של דגי הסלמון.

בעקבות קריאת הקטע על הירידה בדיג סלמון באלסקה חישבו מי הם בעלי העניין אשר יושפעו ממצב זה – כתבו כל גורם והסבירו כיצד יושפע. האם גם אנחנו בישראל עשויים להיפגע מכך? כיצד?



بحث حدث رقم 1: ما العلاقة بين سمك السلمون في ألاسكا وانبعاث غاز CO2 إلى الغلاف الجوي؟

أعد من مقال ظهر في امتحان بجروت في موضوع الكيمياء، صيف 2009، حيث تمّ إعداده حسب Jeremy Mathis, University of Alaska Fairbanks, <http://sfos.uaf.edu/oa> (الموقع لا يعمل).

أعلن صيادو الأسماك في ألاسكا عن انخفاض في كمّية أسماك السلمون.

وجد باحثون من جامعة ألاسكا في مياه خليج ألاسكا رخويات وسرطانات دون دروع تقريبًا، ومن المعروف أنّ هذه الدروع ضرورية لبقائها. أحد أنواع الرخويات هو "فراشة البحر" وهو مكّون مهم في غذاء أسماك السلمون. يعتقد الباحثون أنّ تناقص دروع الرخويات هو نتيجة لارتفاع حامضية مياه خليج ألاسكا. بجانب شواطئ ألاسكا ارتفاع حامضية مياه المحيط سريعة وأكبر من أماكن أخرى. ينبع ذلك من ظروف المناخ الخاصة، من بينها درجة حرارة الماء المنخفضة. كلما انخفضت درجة حرارة الماء ازدادت ذائبية CO_{2(g)} في الماء.

دروع الرخويات وسرطانات البحر مبنية بالأساس من كربونات الكالسيوم CaCO_{3(s)} الذي يتفاعل مع الحامض، ويؤدّي هذا التفاعل إلى هدم الدرع. يفترض الباحثون أن إصابة دروع الرخويات يؤدّي إلى انخفاض تعداد عشيرتها، وإلى تقليل مصادر تغذية أسماك السلمون.

في أعقاب قراءة القطعة عن انخفاض صيد أسماك السلمون في ألاسكا، فكّروا من هم أصحاب المصلحة الذين يتأثرون من هذا الوضع- اكتبوا عن كلّ طرف واشرحوا كيف يتأثر؟ هل يمكن أن يحدث أذى لسكان إسرائيل أيضًا؟ كيف؟



חקר מקרה 2: סכנת ההיכחדות של שוניות האלמוגים

כשליש ממיני האלמוגים האחראים לבניית השוניות בעולם עומדים בפני הכחדה, כך עולה מהמחקר העולמי שנועד להעריך את סכנת ההיכחדות של האלמוגים. כתוצאה מכך אנו עלולים לאבד חלקים גדולים של המערכות האקולוגיות האלה תוך 50 עד 100 שנים. המשמעות של זה הן עצומות – לא רק מבחינת קיום מגוון החי והצומח, אלא גם מבחינה כלכלית - ערכן הכלכלי של שוניות האלמוגים בעולם מוערך ביותר מ-30 מיליארד דולר לשנה מתיירות, דיג ושימור חופים.

חלק מהאיומים על השוניות הם טבעיים, כמו מחלות, סערות, רעידות אדמה והתפרצויות וולקניות, אבל האיום המרכזי נובע מפעילות בני האדם כגון דיג יתר ושיטות דיג הרסניות, תיירות לא אחראית, זיהום, סחר לאקווריומים. האיום המרכזי הוא ההתחממות הגלובלית והחמצת האוקיינוסים המאיימים על שרידות שונות האלמוגים. עליית חומציות מי-הים מהווה בעיה ליצורים בוני שלד גירני ובפרט לאלמוגים.

ההתחממות הגלובלית גורמת לעליית הטמפרטורה בים וכתוצאה מכך, אצות שחיות באלמוגים מתרחקות, מה שמביא להלבנת אלמוגים. במשך השנים התרחבה מאוד התופעה של הלבנת אלמוגים, ופגעה במערכת האקולוגית בים. היום המחלה נפוצה באוקיינוסים הגדולים, והיא פוגעת בשוניות האלמוגים ברחבי העולם.



בעקבות קריאת הקטע על סכנת ההיכחדות של שוניות האלמוגים חישבו מי הם בעלי העניין אשר יושפעו ממצב זה – כתבו כל גורם והסבירו כיצד יושפע. האם גם אנחנו בישראל עשויים להיפגע מכך? כיצד?

بحث حدث رقم 2: خطر انقراض الشعاب المرجانية

حوالي ثلث أنواع المرجان المسؤولة عن بناء الشعاب، في العالم، مهددة بالانقراض، هكذا تبين من البحث العالمي الذي أُعدّ لتقييم خطر انقراض المرجان. نتيجة لذلك، قد نخسر أقسام كبيرة من هذه الأنظمة البيئية خلال 50 حتى 100 سنة. يؤثر ذلك على بقاء تنوع الحيوانات والنباتات، وعلى الناحية الاقتصادية أيضًا، لأن القيمة الاقتصادية لشعاب المرجان في العالم أكثر من مليار دولار، في السنة، من السياحة، الصيد والحفاظ على الشواطئ. قسم من الأخطار التي تهدد الشعاب المرجانية طبيعية، مثل: الأمراض، العواصف، الهزات الأرضية وانفجارات بركانية، لكن الخطر المركزي ينبع من نشاط الإنسان، مثل: الصيد الزائد، طرق الصيد المدمرة، سياحة لا تحافظ على البيئة المحيطة، تلوث، تجارة أحواض السمك. الخطر المركزي هو الانحباس الحراري العالمي وحموضة المحيطات التي تهدد بقاء الشعاب المرجانية. يشكّل ارتفاع حامضية مياه البحر مشكلة للكائنات الحيّة التي تبني هيكلها من جير، وبشكل خاص المرجان. يؤدي الانحباس الحراري العالمي إلى ارتفاع درجة حرارة البحر، ونتيجة لذلك تبتعد الطحالب التي تعيش في المرجان، مما يؤدي ذلك إلى تبيض المرجان. على مرّ السنين، توسّعت ظاهرة تبيض المرجان بشكل كبير جدًا، وأصابت أنظمة بيئية في البحر. اليوم، هذا المرض شائع في المحيطات الكبرى وهو يؤدي شعاب مرجانية في جميع أنحاء العالم.



في أعقاب قراءة القطعة عن انخفاض صيد أسماك السلمون في الأسكا، فكروا من هم أصحاب المصلحة الذين يتأثرون من هذا الوضع- اكتبوا عن كل طرف واشرحوا كيف يتأثر؟ هل يمكن أن يحدث أذى لسكان إسرائيل أيضًا؟ كيف؟

תשובון למורה

חקר מקרה 1: מה לסלמון באלסקה ולפליטת גז CO2 לאטמוספירה?

בעלי העניין השונים יכולים להיות:

- דייגים שנפגעה פרנסתם ואין להם מה למכור
- סוחרים העוסקים בתיווך ומכירת הדגים לשווקים
- מפעלים לעיבוד תוצרת דיג הסלמון שלא יוכלו לעבד ולשווק את תוצרתם
- חברות שילוח בקירור העוסקות בייצוא והובלת הדגים או חברות להובלת תוצרת של סלומון מעובד
- צרכני הסלמון בכל העולם שיסבלו מצד אחד ממחסור בדג ומצד שני, ככל הנראה, בעליית המחירים.
- המדינה ורשויות מקומיות הנפגעות מאבדן הכנסה מקומית ולאומית

להרחבה - רק שליש מדגי הסלמון שאנו אוכלים נלכדים בטבע, שני השליש האחרים, בשווי של כ-1.7 מליארד דולר, מגיעים מחוות סלמון אטלנטי אשר גדלים בכלובים צפים מול חופי קנדה, צ'ילה, נורבגיה וסקוטלנד. בשנים האחרונות, בגלל הביקוש הרב והמחסור בדגי סלומון החלה חקלאות ימית של גידול דגי סלומון בחוות, אולם בתנאים אלו חסרים לו המזון והמים שלהם הוא זקוק באופן טבעי ולכך עלולות להיות השלכות בריאותיות. ממשלת נורבגיה פרסמה אזהרה מפני אכילת דגים שגדלו בחוות גידול ולא בטבע. על פי בכדי להפוך את הסלמון הגדל בחוות גידול למוצר בעל טעם ומראה מגרה, הדגים בחוות הגידול מוזנים בחומרים שונים שאינם תואמים את תזונתם הטבעית וגורמים להם לזיהומים ומחלות קשות המועברים ישירות לבני האדם שאוכלים את הסלמונים. כיום, בחוות הגידול הצפיפות הגבוהה גורמת לדגי הסלמון לרגישות ולמחלות כמו אנמיה, זיהומים וכיני ים. למניעת הנחלות נעשה שימוש נרחב בחומרי הדברה ואנטיביוטיקה אשר גורמים לנזק סביבתי אדיר ומהווים סכנה לאדם.

בנוסף החל גידול בחוות של דג סלומון מהונדס גנטית, הגדל לגודל גדול יותר, בזמן קצר יותר ובעלות נמוכה יותר, בהשוואה לסלומון הגדל בטבע או סלומון רגיל הגדל בחוות. סוגיית המזון המהונדס גנטי הוא כמובן סוגיה חברתית-סביבתית נפרדת.

מקור למידע: [מדוע לא לאכול סלומון](#), 2013; [מה מסתתר מאחורי הסלמון שאתם אוכלים?](#), 2014.

חקר מקרה 2: סכנת ההיכחדות של שוניות האלמוגים

בעלי העניין השונים יכולים להיות:

- תיירים וצוללים שפעילות פנאי ונופש שלהם, הקשורה בשוניות האלמוגים נפגעה
- תיירנים מקומיים המספקים שירותי תיירות לצוללנים – בתי מלון ומסעדות המספקים שירותי לינה ומזון
- מועדוני צלילה המספקים ציוד ושירותי הדרכה
- מרכזי מבקרים, אקווריומים, ספינות שיט ומיזמים תיירותיים נוספים
- חברות נסיעות וחברות תעופה המתפרנסות מהובלה של תיירים לאתרי צלילה
- המדינה ורשויות מקומיות הנפגעות מאבדן הכנסה מקומית ולאומית
- דייגים באזורי השוניות