

אוצרות בשוניות: חשיפת היצורים החבויים בשוניות אלמוגים

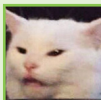
Jennifer Otoadese, Susana Carvalho*

מדעים והנדסה ביולוגיים וסביבתיים, מכון מחקר ים סוף, אוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה, ת'ואאי, ערב הסעודית

סוקרים צעירים

BJORN

גיל: 15



HAZEM

גיל: 14



REBECCA

גיל: 15



SAMUEL

גיל: 14



XENIA

גיל: 15



מתחת לאוקיינוס, מדענים מעריכים שישנם אלפי יצורים ימיים שעדיין לא התגלו. אפשר למצוא את החיות החבויות האלה באוקיינוס הפתוח, בתעלות עמוקות בקרקעית הים ובשוניות אלמוגים. בשוניות אלמוגים טרופיות, חיות חבויות כוללות דגים זעירים, סרטנים, תמנונים, שבלולי ים, כוכבי ים, שבלולים וחיות מסתוריות אחרות שקשה לראות. החיות המסתוריות האלה יכולות לסייע לנו להבין טוב יותר את תפקודן של שוניות האלמוגים. אולם כיצד אנו יכולים לחקור את מה שאיננו יכולים למצוא? מדענים שעובדים לאורך החוף המזרחי של ים סוף בערב הסעודית משתמשים בשתי שיטות חדשות במטרה להביא את היצורים החבויים האלה מהשוניות אל המעבדה. כמו בלשים, החוקרים האלה מוצאים, מתארים ולומדים על התפקידים שהחיות הזעירות האלה מבצעות בשמירה על שוניות אלמוגים בריאות. אנחנו מגינים על מה שאנו יודעים, ולכן המרוץ הוא על מציאה של המגוון הביולוגי של ים סוף, ועל שימורו.

תעלומה מתחת למים

מה אם יכולנו להבין כיצד להגן על האוקיינוס שלנו, כך שהחיים מתחת למים ישגשגו? או, מה אם היינו מוצאים אזור ימי שניזוק, ויכולנו להחזיר את הדגים המקוריים ואת רשת החיים שבה הדגים תלויים? ביסוס אזורי ימיים מוגנים שאי אפשר לגעת בהם עשוי להיות התשובה

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

השוניות בין מאפיינים של יצורים חיים שונים. זה כולל מגוון בתוך מינים (שוני בצורות, בצבעים, בגנטיקה וכדומה) ובין מינים, ומגוון של סביבות מחיה (למשל מדבריות, יערות, אגמים, אזורי חוף, הרים).

מערכת אקולוגית (Ecosystems)

אזור דינמי של צמחים, של חיות, של מיקרואורגניזמים ושל הסביבה הלא חיה שלהם, שכולם מתקשרים זה עם זה.

לשאלות האלה. אזורים כאלה אוסרים כל פעילות אנושית כמו למשל דיג, חציבה, או קידוח שמן, מה שמאפשר לחיים הימיים לשגשג ללא התערבות אנושית. אולם ביסוס האזורים המוגנים האלה הוא לא פשוט. כדי לדעת על מה להגן, אנו צריכים לזהות את כל האורגניזמים באותו האזור. אנו גם צריכים להבין את רמת המגוון הביולוגי והקשר בין מערכות אקולוגיות שהכרחי עבור שגשוג הסביבה הימית הגדולה יותר.

וכאן ניצבת התעלומה: כיצד אנו יכולים להגן על מה שנמצא מתחת לפני השטח של האוקיינוסים שלנו, אם אנו בקושי יודעים מה נמצא שם? לפי מדענים, יותר מ-80% מהאוקיינוסים אינם ממופים ולא נחקרו [1]. המרוץ הוא על מציאה וזיהוי של מינים ימיים, מאחר שהכרת המינים הימיים בעולם חשובה להגנה על האוקיינוסים שלנו. הכחזיות שנובעות מאובדן סביבת מחיה ומשינוי אקלים מתקדמות בקצבים מרתיעים. בסביבות 20% מהמינים הימיים נמצאים בסכנת הכחדה, ואנו צריכים לתעד בדחיפות מה קורה כדי להבין טוב יותר מדוע, וללמוד כיצד למנוע את זה.

מדענים במרכז מחקר ים סוף בערב הסעודית משתמשים בשני כלים מדעיים כדי לחקור את החיים הקטנים יותר בשוניות ים סוף. אם נפענח את תעלומות החיים בשוניות אלמוגים, אנו עשויים להצליח לעצב טוב יותר אזורים ימיים מוגנים שיוכלו לשגשג עבורם ועבור הדורות הבאים.

מה נמצא מתחת?

מתחת למים, שוניות אלמוגים יכולות להציע יופי מרהיב עם האלמוגים הצבעוניים שלהן, הדגים, הספוגים, הצדפות הענקיות והצבים. שוניות אלמוגים הן יערות הגשם של הים. הן מספקות לאנשים טובין ומוצרים רבים מספור כולל מזון; הגנה על החוף; מקומות קדושים ויחסות על תהליכים בכדור הארץ שמאפשרים לנו לחיות עליו.

עבור מינים אחרים, שוניות אלמוגים מספקות חיים. בסרט "מוצאים את נמו", נמו חי בשושנת ים, תחת הגנתה של שונית אלמוגים. אלמוגים הם "חדרי ילדים" חשובים לדגים צעירים, והם מסייעים להגן עליהם מפני טורפים ומספקים חומרי מזון לגדילה. אולם אם תסתכלו אפילו מקרוב יותר על החיים בשונית, אתם יכולים למצוא כמות יצורים מדהימה לא פחות שגודלם כגודל הציפורן שלכם, או אפילו קטן יותר. יצורים כמו סרטנים, תמנונים, תולעים, חלזונות, כוכבי ים ודגים זעירים (איור 1) קיימים שם. בשל גודלם, קשה למצוא את היצורים האלה באמצעות מדדים ימיים מסורתיים, שתופסים רק את מה שהעין שלנו מסוגלת לראות. השיטות המסורתיות האלה כוללות שימוש בצוללנים כדי לצלם אורגניזמים שקל לראות, והסתכלות על תמונות שצולמו מהחלל על ידי לוויינים. כדי לקבל את התמונה המלאה של המגוון הביולוגי, אנו צריכים למצוא דרך להגיע ליצורים קטנים יותר, מאחר שהמיקרו-יצורים האלה, שחלקם מתחבאים או יוצאים רק בלילה, ככל הנראה מרכיבים כ-70% משוניות האלמוגים.

היצורים החבויים האלה מייצגים את מרבית המגוון הביולוגי של השונית, אולם אם איננו מסתכלים עליהם, כיצד אנו יכולים לדעת אם אנו מאבדים מינים כתוצאה משינוי האקלים או מזיהום, או רואים מינים חדשים שלא היו שם קודם? השינויים האלה בשוניות האלמוגים יכולים לאיים על בריאותה של הסביבה הימית.

איור 1

דוגמאות לחיות שחיות על שוניות אלמוגים, שנאספו באמצעות ARMS בים סוף. משמאל לימין, בשורה העליונה: סרטן, תמנון ותולעת; בשורה התחתונה: חלזון ים, כוכב ים ודג. קרדיט לתמונות: ג'ון ק. פירמן.



איור 1

מינים זקיפים (Sentinel Species)

מינים חשובים במערכות אקולוגיות שיכולים ליידע מדענים בנוגע לבריאות של מערכת האקולוגית. אובדן של מינים זקיפים יכול לספק אזהרה מוקדמת לכך שהמערכת האקולוגית נמצאת בסכנה.

ARMS

קיצור של Autonomous reef monitoring structures - מבנים אוטונומיים לניטור שוניות, שמורכבים מהרבה צלחות שממוקמות אחת על גבי השנייה, ומחקות מבנה תלת-ממדי של שוניות אלמוגים. ARMS מאפשרים לחקור אורגניזמים חבויים, שבשל גודלם הקטן או מאחר שהם יוצאים בעיקר בלילה, לעיתים קרובות אי אפשר לראותם באמצעות מדדים ויזואליים של שוניות אלמוגים, או באמצעות צוללנים.

דנ"א (DNA)

סלילים ארוכים של כימיקלים שמכילים את הגנים - או תוכניות המתאָר - של אורגניזמים. הגנים בדנ"א של אורגניזמים מכילים מידע שמסייע לקבוע את הצורה, את הגודל ואת ההתנהגות שלו.

בעזרת מידע על צורות החיים הימיות הקטנות ביותר, אנו יכולים:

- (1) למצוא קווי דמיון והבדלים - בין שוניות אלמוגים; בין סביבות קרובות ורחוקות מהחוף; בין ימים ובין כל האוקיינוסים על פני כדור הארץ;
- (2) לחקור אם ישנם מיני מפתח, שנקראים **מינים זקיפים**, אשר מסייעים למדענים להבין אם המערכת האקולוגית בריאה או פגועה;
- (3) לבסס סימני אזהרה מוקדמים. אם ישנם מינים זקיפים שאנו יודעים שהם אמורים להיות נוכחים במערכת בריאה, ואנו מגלים שהיצורים האלה חסרים, אנו יכולים להזהיר ממשלות ומנהלים ימיים על כך שנדרשות פעולות כדי להגן על הסביבה הימית. חלק מהפעולות האלה עשויות לכלול שליטה על שפיכת ביוב; שיפור הטיפול במים, או אפילו הגבלת פעילויות דִיג.

שתי שיטות שולבו לאחרונה במטרה למצוא את היצורים שחיים מחוץ לשדה הראייה. השיטות האלה נקראות **ARMS** (קיצור של autonomous reef monitoring structures), וברקוד **דנ"א**.

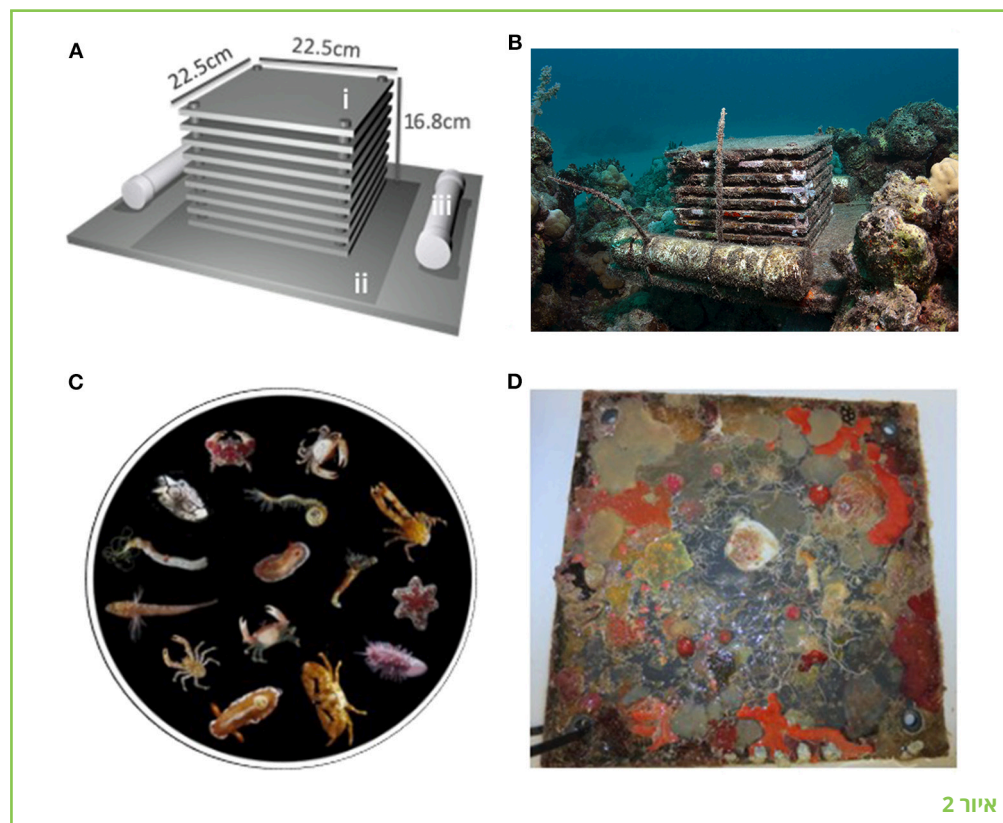
מעשייה בשתי שיטות: מהאוקיינוס למעבדה

מהם ARMS?

ARMS הם קבוצות של תשע צלחות שממוקמות אחת על גבי השנייה, עם מרווחים ביניהן שמאפשרים ליצורים לזחול פנימה, ולמים לזרום דרכן (איור 2A,B). העיצוב של ה-ARMS האלה מְחַקֵּה את מבנה שונית האלמוגים התלת-ממדי הטבעי, עם חלק מהאזורים שחשופים לאור, אזורים אחרים עם אור מוגבל ואזורים מסוימים שמאפשרים לחיות למצוא מקלט ולברוח מטורפים. ARMS מיוצרים בסדנת ייצור לפני שצוללנים מדעיים לוקחים אותם מתחת למים

איור 2

(A) ציור של מבנה ARMS, שמראה את הממדים ואת המרכיבים העיקריים: (i) תשע צלחות פלסטיק חזקות עם רווחים שבהם חיות יכולות לגור או להתחבא; (ii) בסיס; (iii) משקולות שמאפשרות יציבות כנגד גלים וזרמים. (B) יחידת ARMS אחת שיושבת על שוניות אלמוגים בים סוף. (C) דוגמאות ליצורים בגודל של יותר מ-2 מילימטרים שנאספו בים סוף באצעות ARMS. (D) צלחת ARMS אחת אחרי שנתיים מתחת למים, שמראה חלק מהאורגניזמים שהתיישבו וגדלו שם. קרדיט לתמונות: ג'ואאו קורדייה (A), ג'סיקה בואומיסטר (B) וג'ון ק. פירמן (C, D).



איור 2

וממקמים אותם בקרקעית שונית האלמוגים. אחרי 1-3 שנים, הצוללנים חוזרים לאסוף את ה-ARMS מהאתר. ה-ARMS אז מכוסים בחיים ימיים, כולל חיות, צמחים, אצות וחיידקים. מדענים ימיים מצלמים בזיהרות את כל החיים שהם מוצאים על ה-ARMS (איור 2D). היכן שניתן, היצורים הגדולים ביותר (מעל ל-2 מילימטרים; איור 2C). שאותרו על כל ARMS, מזהים על ידי מדענים שנקראים טקסונומים, שעבודתם היא לסווג חיות למשפחה או למין מסוים (זוהי **טקסונומיה**). אם טקסונומים לא מזהים אורגניזם, ישנה כיום דרך חדשה לזהות את היצורים האלה באמצעות הדנ"א שלהם – כלי שנקרא ברקוד דנ"א.

מהו ברקוד דנ"א וכיצד אנו משתמשים בו?

ברקוד דנ"א הוא שיטה חדשה ומדהימה שיכולה לסייע למדענים לגלות את המגוון הביולוגי של האוקיינוסים שלנו ולקטלג אותו. אורגניזמים ימיים מאבדים תאים כל הזמן, והתאים האלה משוחררים לסביבת האוקיינוס. כל תא בודד מכיל דנ"א (מידע גנטי) של המינים, שאפשר לאסוף אותו מהמים, ממשקעים, או מ-ARMS. המידע הגנטי הזה נקרא **דנ"א סביבתי**, או באנגלית eDNA, מאחר שהוא נאסף מהסביבה, ואפשר להשתמש בו כדי לקבל רשימת מצאי של המינים שנמצאים באזור ובזמן מסוימים. הדנ"א של כל אורגניזם מתפקד כ"ברקוד" ייחודי, כמו הקודים שאתם מוצאים על גבי מוצרים בסופרמרקט. ככל ששני מינים קרובים יותר, כך הדנ"א שלהם דומה יותר. על ידי בחינת דנ"א סביבתי, אנו יכולים למצוא לאלה מינים או משפחות אורגניזמים שייכים בסביבה מסוימת (איור 3). קודי הדנ"א הייחודיים האלה יכולים להיות מושווים למאגר נתונים ברשת שמקשר בין הקוד הייחודי לבין שמו של המין. לעיתים, מתגלים מינים חדשים שלא נכללים במאגר הנתונים. מעריכים שרק 86% מהחיים על פני כדור הארץ התגלו ותועדו – עדיין ישנם הרבה דברים שאיננו יודעים [2].

טקסונומיה
(Taxonomy)

המדע של סיווג יצורים חיים לקבוצות שנקראות, בין השאר, משפחות או מינים, שחולקות מאפיינים דומים.

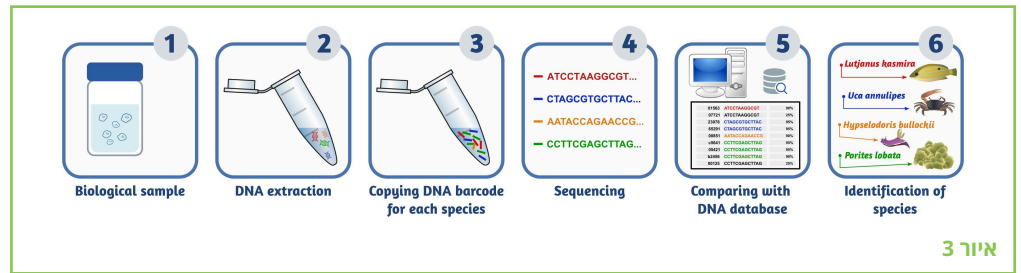
דנ"א סביבתי
(eDNA -
Environmental DNA)

חומר גנטי מתאים שנמצא בדגימות בסביבה, כמו למשל במים, במשקעים, בשוניות אלמוגים, או ב-ARMS – שאפשר להשתמש בו כדי לזהות אלה מינים היו נמצאים בזמן ובמיקום מסוים.

איור 3

זיהוי אורגניזמים באמצעות ברקוד דנ"א סביבתי. (1)

דגימה סביבתית שמכילה תאים ודנ"א מאורגניזמים (eDNA), מעורבת עם חומר ניקוי מיוחד כדי לשחרר את הדנ"א שבתוך התאים. (2) הדנ"א מופרד מרכיבי התאים האחרים באמצעות סדרות של כימיקלים. (3,4) הדנ"א שהוצא מנותח (מרוצף) עבור "ברקוד" שמזהה את מין האורגניזם. (5) הרצפים מושוים עם מאגר נתונים ברשת, ו-(6) המין יכול להיות מזוהה.¹



איור 3

בים סוף, ברקוד דנ"א של דנ"א סביבתי מסייע לנו למצוא יצורים ימיים שאף אחד בעולם לא תיאר קודם לכן. כאשר אוסף הדנ"א הסביבתי מתרחב, חוקרים יכולים להתחיל למצוא תבניות שאומרות להם היכן מינים חיים, והאם המינים מופיעים או נעלמים.

חשיפת היצורים המסתוריים של ים סוף

מדענים במרכז המחקר של ים סוף השתמשו ב-ARMS ברחבי חוף ערב הסעודית, מצפון ועד דרום, משנת 2014. המדענים האלה מצאו יותר מ-10,700 מינים מובחנים שמקושרים עם שוניות האלמוגים של ים סוף. זוהי כמות גדולה פי 10 מכמות מיני הדגים, וגדולה פי 30 מכמות מיני האלמוגים שזוהו קודם לכן באותו האזור. רוב המינים שייכים לקבוצה שנקראת פרוקי רגליים (כמו סרטנים), ואחריה דגים, רכיכות (חיות עם קונכיות, כולל חלזונות) ותולעים (איור 4). מספר מינים לא שויכו לאף קבוצה ידועה. לאחר איסוף ה-ARMS בחלק המרכזי של ים סוף, יושמו שיטות של ברקוד דנ"א ב-11 שוניות. מדענים מצאו שקבוצות האורגניזמים שזוהו השתנו כאשר השוניות נעשו רחוקות יותר מקו החוף, לעבר מרכזו של ים סוף.

דבר נוסף שמדענים למדו הוא שכדי לשמר את המינים ולהגן עליהם, צריך לבסס אזור ימי מוגן שכולל רשת של שוניות אלמוגים מוגנים, ולא רק להגן על הריף העשיר ביותר במינים. הסיבה לכך היא שחלק מהשוניות מכילות מינים שונים מאוד מאלה שנמצאים בשוניות אחרות, ולכן הגנה על שונית אחת בלבד לא מבטיחה שהמגוון הביולוגי של האזור כולו יהיה מוגן.

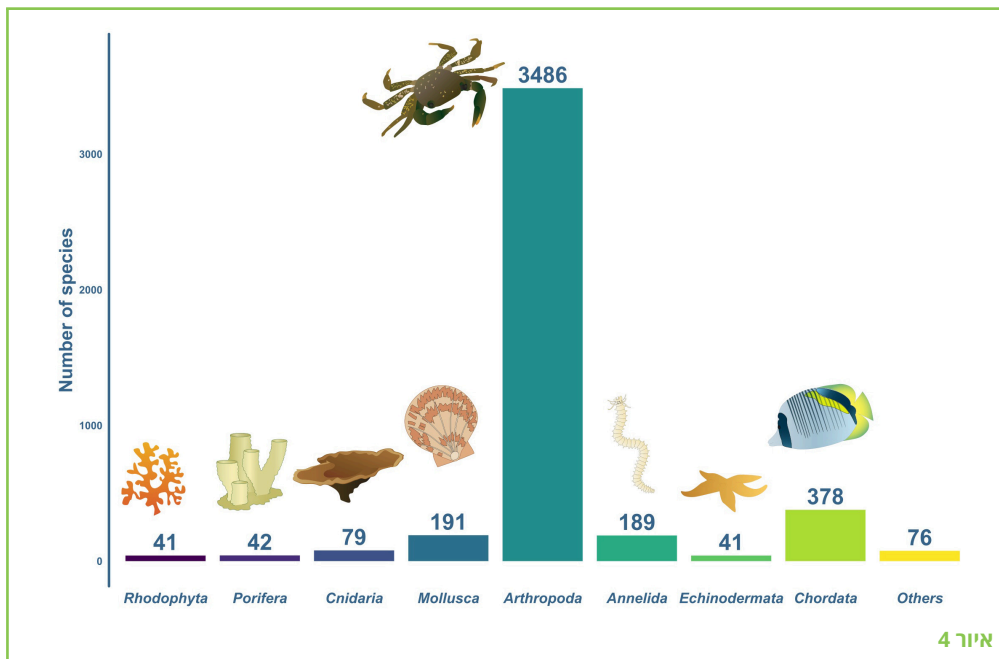
האם אפשר לפתור את תעלומת הים?

האם אנו יכולים לדעת לגמרי מה נמצא מתחת לפני הים? כן ולא. כן, מאחר שיש לנו כלים כמו ARMS ודנ"א סביבתי שמאפשרים דרכים מהירות יותר וזולות יותר לזיהוי המגוון המדהים של חיים בימים שלנו. בזמן שהכלים האלה מתפתחים וטכנולוגיות המחשבים שלנו גדלות, אנו יכולים לצפות להתפתחות של שיטות חדשות ויצירתיות לזיהוי חיים ימיים. לא, מאחר ששינויים גלובליים גם גורמים לחלק מהמינים האלה להיאבד לפני שאנו יכולים לזהות אותם. כמו כן, ישנם הרבה חלקים בימים שלנו שאינם נגישים ובהם איננו יכולים להשתמש ב-ARMS או לאסוף דגימות של דנ"א. מה שאנו כן יודעים הוא שמערכות אקולוגיות עם הרבה מינים שונים הן עמידות יותר בפני שינויים בתנאים. רישום והבנה של כל החיים הימיים שמאכלסים שונית אלמוגים בים סוף הם אחת מהתרומות שמדענים מספקים כדי להגן על האוצרות הימיים של כדור הארץ ולשמר אותם.

¹מסד נתוני חיפוש אייקון – תואם ממסד נתוני החיפוש על ידי מרקוס, NO. thenounproject.com איורי חיות – באדיבות רשת האינטרנט והאפליקציה, המרכז למדעי הסביבה של אוניברסיטת מרילנד (ian.umces.edu/symbols/

איור 4

מינים שנמצאו בים סוף באמצעות ARMS. ציר ה-X (קבוצות של אורגניזמים חיים קשורים שמופיעות דרגה מתחת לממלכה) של אורגניזמים שנאספו, בעוד שציר ה-Y מראה את מספר המינים. אתם יכולים לראות מהגרף שמרבית המינים שנאספו שייכים למערכת פרוקי הרגליים, שכוללת את הסרטנים.



איור 4

תודות

המחברות מודות לג'ואאו קורדייה עבור התאמת איור 3, ולמחברים השותפים של המאמרים המקוריים. תודה מיוחדת לעורכים רובן קוסטה וקריסטיאן וולסטר, לסוקרים, למנטור המדעי (רוייל ס. הארדנסטין) עבור הערכותיהם הקריטיות וברות המחשבה על המאמר שלנו. ההערות הבונות שלהם חיזקו את הפרסום הזה. לבסוף, אנו רוצות להודות לסוזן דבאד על הנגשת המאמר שלנו לקהל הצעיר. המחקר שעליו המאמר הזה מתבסס נתמך על ידי מרכז Aramco-KAUST Center for Marine Environmental Observations.

מאמר המקור

Pearman, J. K., Leray, M., Villalobos, R., Machida, R. J., Berumen, M. L., Knowlton, N., et al. 2018. Cross-shelf investigation of coral reef cryptic benthic organisms reveals diversity patterns of the hidden majority. *Sci. Rep.* 8:8090. doi: 10.1038/s41598-018-26332-5

Carvalho, S., Aylagas, E., Villalobos, R., Kattan, Y., Berumen, M., and Pearman, J. K. 2019. Beyond the visual: using metabarcoding to characterize the hidden reef cryptobiome. *Proc. R. Soc. B* 286:20182697. doi: 10.1098/rspb.2018.2697

מקורות

1. NOAA. 2019. Available online at: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/exploration.html> (accessed May 30, 2019).

2. Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., and Worm, B. 2011. How many species are there on earth and in the ocean? *PLoS Biol.* 9:e1001127. doi: 10.1371/journal.pbio.1001127

פורסם אונליין: 24 בפברואר 2022

נערך על ידי: Christian Robert Woolstra

מנחה מדעי: Royale Hardenstine

ציטוט: Otoadese J and Carvalho S (2022) אוצרות בשוניות: חשיפת היצורים החבויים בשוניות אלמוגים. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2020.00011-he

תורגם והותאם: Otoadese J and Carvalho S (2020) Treasure Reef: Revealing the Hidden Creatures of Coral Reefs. *Front. Young Minds* 8:11. doi: 10.3389/frym.2020.00011

הצהרת ניגוד אינטרסים: המחברים מצהירים כי המחקר נערך בהעדר כל קשר מסחרי או פיננסי שיכול להתפרש כניגוד אינטרסים פוטנציאלי.

COPYRIGHT © 2020 © 2020. Otoadese and Carvalho. זהו מאמר בגישה פתוחה שמופץ תחת תנאי רישיון Creative Commons Attribution License (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים (ים) המקוריים ולבעל זכויות היוצרים, ושהפרסום המקורי בעיתון זה מצוטט בהתאם למקובל באקדמיה. השימוש, ההפצה או ההעתקה אינם מותרים אם הם אינם עומדים בתנאים אלה.

סוקרים צעירים

BJORN, גיל: 15

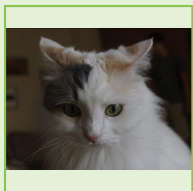
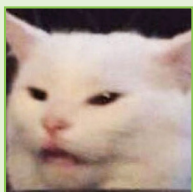
אני נהנית ממידול ותכנות בתלת-ממד, מלמוד, ומלעשות ספורט בזמני החופשי. אני מגיעה מקנדה, ואני מאמינה שהפיכת מידע לנגיש לכולם היא חשובה מאוד בהתכוננות לעתיד.

HAZEM, גיל: 14

אני Hazem. אני בן 14. אני אוהב ללמוד דברים על ביולוגיה.

REBECCA, גיל: 15

אני ילדת תרבות שלישית, וכיום אני גרה בבית ספר בינלאומי בערב הסעודית. אני חצי קנדית וחצי קיווית. אני מנגנת על כינור, משחקת רוגבי (כמו גם סוגי ספורט אחרים), ואוהבת אומנות וגסטרונומיה. אני אוהבת את הטבע, טיפוס ויערות.





SAMUEL, גיל: 14

קוראים לי Samuel ואני מניו-זילנד. אני ממש אוהב להיות מסוגל לקרוא ולהבין מאמרים מדעיים על התגליות המדעיות האחרונות. גרתי בלטיביה במשך שנתיים ובקטאר במשך 7 שנים. אני אוהב לנסות דברים חדשים, ואני מרגיש שאני צריך לחוות את כל החוויות שאני יכול לפני שאהיה מבוגר מדי לחוות אותן.

XENIA, גיל: 15

קוראים לי Xenia. אני אוהבת מדע ואני חושבת שזה מגניב שאני מסוגלת לקרוא מאמר מדעי וממש להבין מה כתוב בו. בזמני הפנוי אני אוהבת לקרוא, להתעמל ולצלם.

הכתבות

JENNIFER OTOADESE

אחרי שכבר גרתי ליד חופיהם של האוקיינוסים הארקטי, הפסיפי, האטלנטי וההודי, אני הכי מאושרת בתוך המים או לידם. חוויית השנורקלינג הראשונה שלי הייתה בים סוף לפני 17 שנים; יופיו של המגוון הימי היה מרהיב. אני רוצה שלילדים שלי, לכם ולילדיכם תהיה אותה הזדמנות להתרגש מיופיו של כדור הארץ הכחול שלנו. זו הסיבה לכך שהקריירה שלי תמשיך לעסוק בתמיכה במדע טרנספורמטיבי ובקבוצות פעילות כדי שיבצעו את העבודה הטובה ביותר האפשרית. הייתה לי הזכות לתאם מחקר ימי; לנהל שיחות ברמה גבוהה בין מגזרים שונים לקראת תרחישי פחמן נמוך ב-2050; לתעד ידע מערבי ומקומי על שינויי אקלים באזור הארקטי; לתאם הערכות סביבתיות גלובליות שמונעות על ידי אנשים צעירים ולשנות מדיניות במטרה להגן על יערות ועל אזורים שמספקים תנאי מחיה הכרחיים.

SUSANA CARVALHO

אני אקולוגית ימית עם תשוקה להבנה של מגוון ביולוגי ולהגנה עליו. אני גרה בערב הסעודית מ-2012, ומאז אני עובדת באוניברסיטת המלך עבדאללה למדע ולטכנולוגיה. אני חוקרת כיצד המגוון הביולוגי והתפקוד של מערכות אקולוגיות בים סוף משתנים כתוצאה מהפרעות אנושיות או טבעיות. אני מעורבת במיוחד במחקרים שמשלבים כלים מבוססי דנ"א בפרויקטים של ניטור ביולוגי ימי ושל מגוון ביולוגי, ממוקרים ועד לדגים. אני גם מתעניינת מאוד באופן שבו מגוון ביולוגי מופרע ברחבי העולם. *susana.carvalho@kaust.edu.sa

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem



הוצאת פרונטירז מדע לצעירים ישראל
Hebrew version provided by



THE SAGOL NETWORK