

הבנת מיקרובים ימיים – המְנוּעִים של האוקיינוס

Anna Kopf^{1,2}, Julia Schnetzer^{1,2} and Frank Oliver Glöckner^{1,2*}

¹קבוצת הגנומיקה והביואינפורמציה של מיקרובים, מכון מקס פלנק למיקרוביולוגיה ימית, ברמן, גרמניה
²אוניברסיטת גייקובס, ברמן, גרמניה

סוקרים צעירים

CONNISTON
MIDDLE
SCHOOL:
גיל: 14-15



כשאתם שומעים את המילה מיקרובים, מה עולה בדעתכם? משהו כל כך קטן שאי אפשר לראות ושגורם למחלות? רק בגלל שחלק מהמיקרובים גורמים למחלות אין זה אומר שכולם רעים. למשל, בסביבת האוקיינוס הרוב המוחלט של מיקרובים הם מהסוג הטוב. הם ה"מְנוּעִים" של האוקיינוס והם חיוניים לבריאותו של כל כדור הארץ שלנו. אולם, מרבית תפקודי המיקרובים הימיים וצורות התקשורת שלהם עם הסביבה הימית אינם מובנים כיום. לכן, חשוב לקבל מושג לגבי מי מהמיקרובים עוזרים לנו וכיצד הם עושים את זה. מידע זה יספק למדענים את הידע הדרוש כדי להילחם נגד אתגרים עולמיים כמו שינויי האקלים וזיהום הסביבה. לרוע המזל, קשה מאד לחקור את המיקרובים הימיים בגלל גודלם המיקרוסקופי, שונותם הגדולה וביתם הענק – האוקיינוס. לכן אנחנו מעוניינים לגייס "מדענים אזרחיים" למחקר הזה, שיעזרו לנו לדגום את המיקרובים הימיים כדי שנוכל לזהות ולאפיין אותם.

מיקרובים ימיים: המְנוּעִים של האוקיינוס

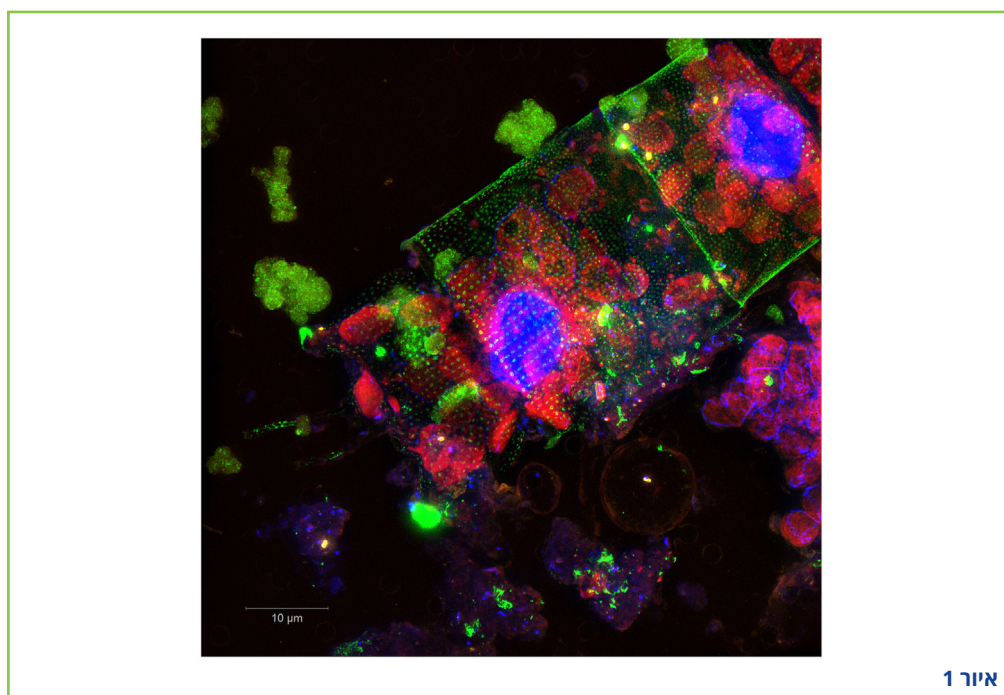
כשאתם שומעים את המילה מיקרובים, מה עולה בדעתכם? משהו שאיננו יכולים לראות בעין בלתי מזוינת? יצורים בלתי נראים שיכולים לפלוש לגופנו ולגרום לנו לחלות? כמעט כל אחד שמע על הדברים הרעים שמיקרובים יכולים לעשות, כמו למשל לגרום לעששת בשיניים, שבה התפרקות השן נגרמת על-ידי חיידקים. שְעֵלָת היא דוגמה ידועה נוספת למחלה חיידקית. הרתיעה שאנשים רבים מרגישים כלפי מיקרובים היא חזקה, ובמקרים רבים גם מוצדקת. אבל,

אין זה אומר שכל המיקרובים הם רעים. זה אולי יישמע מוזר, אבל מרבית המיקרובים שקיימים הם למעשה מאוד מועילים. הרבה מהמיקרובים ה"טובים" נמצאים, בין השאר, באוקיינוס (איור 1). המיקרובים הימיים האלה הם יצורים חד-תאיים מיקרוסקופיים אשר כוללים חיידקים וארכאונים. הארכאונים נראים כמו חיידקים, אבל יש להם תכונות מיוחדות, כמו למשל היכולת לחיות בתנאי סביבה קיצוניים, במקומות חמים מאוד וקרים מאוד. כמו כן, מיקרובים כוללים יצורים חד-תאיים נוספים כמו אצות מיקרוסקופיות, ואפילו וירוסים. מיקרובים ימיים הם זעירים, אבל הם קיימים בכמויות גדולות ויכולים להימצא בכל חלקי האוקיינוס, החל מחלקי העמוקים ביותר וכלה בשכבות העליונות שלו. מעריכים שֶטֶפָה אחת בלבד של מי אוקיינוס מכילה מיליוני מיקרובים! במילים אחרות, ישנם יותר מיקרובים ימיים באוקיינוס מאשר בני אדם על פני כדור הארץ כולו.

איור 1

התמונה ממחישה את המגוון הביולוגי המיקרובי של האוקיינוס. היא מראה תאים מיקרוביים מגוונים שממוקמים על אצות ולידן. המיקרובים מוצגים בעזרת חומר צביעה צבעוני.

התמונה מסופקת באדיבות
- P. Gomez-Perreira
Fuchs .B.



נוסף על היותם הרוב הבלתי נראה באוקיינוס, שהוא המערכת האקולוגית הגדולה ביותר בעולם, מיקרובים ימיים מהווים את הבסיס לרשת המזון הימית, אחראים למחזור של חומרי מזון ומעורבים בסוגים שונים של פעילויות חשובות נוספות. מסיבה זו הם גם נקראים ה"מנועים" של האוקיינוס, כשהכוונה היא לכך שהם חיוניים לתפקוד של האוקיינוס, ושהאוקיינוס אינו יכול לשרוד בלעדיהם. מאחר שהם חלק מכל כך הרבה תהליכים, למיקרובים ימיים יש השפעה חשובה על חיי היומיום שלנו ועל איכותם, לא משנה היכן אנחנו גרים. דוגמה אחת לתפקוד שמבוצע על-ידי המיקרובים הימיים ומשפיע על בני אדם הוא פוטוסינתזה, תהליך שאולי שמעתם עליו בהקשר לצמחים. בדומה לצמחים, חלק מהמיקרובים הימיים, למשל הכחוליות (Cyanobacteria), יודעים להשתמש באנרגיית אור מהשמש כדי להמיר פחמן דו-חמצני ומים לסוכר. תוך כדי התהליך הזה, חמצן (O_2) מיוצר ומשוחרר אל הסביבה. מעריכים שכחצי מייצור החמצן בעולם מתרחש באוקיינוס, כאשר החצי השני מגיע מבתי גידול יבשתיים. במילים אחרות, מיקרובים ימיים אחראיים לחמצן בכל נשימה שנייה שאתם נושמים. דוגמה נוספת לחשיבותם של המיקרובים באוקיינוס היא יכולתם של חלק מהם לפרק שמן. חלק מהמיקרובים הימיים ניזונים משמן, מה שיכול להיות שימושי ביותר בניקוי אחרי דליפה של שמן לתוך האוקיינוס.

אם כן, ברור מהדוגמאות האלה שמיקרובים ימיים הם לא רק המנועים של האוקיינוס, אלא שהם גם מהווים מרכיב הכרחי בבריאותם של בני האדם ושל כדור הארץ כולו. יחסי הגומלין שבין המיקרובים האלה לבין אורגניזמים גדולים יותר על פני כדור הארץ נמצאים באיזון עדין, ויכולים להיות מאוימים על-ידי גורמים כמו זיהום ושינויים בתנאי הסביבה. כדי להגן ולשמור על סביבה בריאה אנחנו צריכים לרכוש ידע מעמיק יותר על סוגי המיקרובים שקיימים, מה הם עושים ואיך הם מתקשרים זה עם זה ועם הסביבה. לרוע המזל, תהליך איסוף המידע הזה אינו פשוט כמו שזה נשמע.

מדוע אנחנו יודעים כל כך מעט על המיקרובים הימיים?

עד לאחרונה, מדענים נזקקו לגידול "תרבית טהורה" של מיקרובים כדי לקבל תשובות לשאלות פשוטות, כמו למשל מה המאפיינים שלהם ואלו תפקידים הם מסוגלים לבצע. תרבית טהורה משמעה שמיקרוב בודד צריך לגדול במעבדה בהיעדר כל זן אחר. מאחר שתנאי מעבדה הם שונים מאוד מאלה של האוקיינוס, קשה מאוד לגדל במעבדה מיקרובים ימיים. מעריכים שרק 1%-10% מהמיקרובים הימיים ניתנים לתרבית במעבדה [1]. איננו יודעים עדיין מהן בדיוק הסיבות לקושי הזה, אבל למזלנו במשך השנים האחרונות הומצאו שיטות חדשות המאפשרות לחקור מיקרובים ימיים ללא צורך בגידולם בתרבית טהורה במעבדה. אחת השיטות האלה נקראת שיטת "ריצוף מהדור החדש" (NGS - Next Generation Sequencing).

ריצוף מהדור החדש (NGS - Next Generation Sequencing)

זו שיטה חדשה יחסית לקריאה של דנ"א ותיעודו. היא מאפשרת למדענים לקרוא כמויות גדולות של "אותיות דנ"א" עם או בלי גידול האורגניזמים במעבדה.

כיצד שיטות ריצוף מהדור החדש עוזרות למדענים להבין מיקרובים ימיים?

כל המידע על מיקרוב, או כל סוג תא אחר, נמצא בדנ"א (DNA) של התא. דנ"א הוא המולקולה שמכילה את המידע הגנטי של אורגניזמים, ולכן יכולה להיות מתוארת בתור "תוכנית המְתָאָר" של התא, מאחר שהיא אומרת לתא מה לעשות ומתי לעשות זאת. ניתן לחלק את הדנ"א ליחידות קטנות יותר שנקראות גֵנִים. ישנם אלפי גנים בדנ"א של אורגניזם, וכל גֵן אחראי על תפקוד מסוים. למשל, הדנ"א של בני אדם מכיל בין 25,000 ל-30,000 גנים, אבל רק מספר קטן מאוד מהם אחראי על צבע העיניים שלכם. טכנולוגיית הריצוף מהדור החדש מאפשרת למדענים "לקרוא" את הדנ"א מקהילת מיקרובים שלמה ללא הצורך בתרביות טהורות של מיקרובים. גישה זו נקראת "ריצוף מטא-גנומי", והיא מספקת למדען רשימת גנים של כל המיקרובים שחיים באזור מסוים.

חלק מהגנים קיימים בכל האורגניזמים על פני כדור הארץ, אבל הם מופיעים עם הבדלים קטנים ביניהם. דוגמה אחת לסוג כזה של גן הוא זה של "רנ"א ריבוזומלי" (rRNA). מאחר שהגן הזה הוא ייחודי לכל זן, מדענים יכולים להשתמש בו בתור סוג של טביעת אצבע של זן מיקרובי מסוים. יכול להיות ששמעתם על שימוש בניחוח טביעות אצבע כחלק מחקירה פלילית. משרדי אכיפת חוק כמו למשל המשטרה, מאחסנים את כל טביעות האצבע בבסיסי נתונים גדולים לשם השוואה עם טביעות אצבע שנלקחות מזירות פשע. זה מאפשר למשטרה לזהות את האנשים שביצעו את הפשעים. מדענים עושים את אותו הדבר עם טביעות אצבע של מיקרובים שהושגו באמצעות מחקר. הם משתמשים בגן הרנ"א הריבוזומי כדי לערוך

דנ"א (DNA)

ראשי תיבות באנגלית של חומצה דאוקסיריבונוקלאית. יכול להיות מתואר בתור הוראות ההפעלה או "תוכנית המתאר" הגנטית של כל מיקרוב או תא חי אחר. המידע הגנטי מקודד כרצף שמורכב מארבע מולקולות שונות, אשר מיוצגות בעזרת האותיות האנגליות (A, G, C, T).

גן

כל מולקולת דנ"א מכילה תת-חלקים שנקראים גנים, אשר אומרים לכל תא מה עליו לעשות ומתי. ישנם אלפי גנים בדנ"א של אורגניזם, ולכל גן יש תפקוד מסוים.

ריצוף

בגנטיקה, ריצוף משמעותו קריאה ותיעוד של רצף אותיות הדנ"א (A, G, C, T) אשר מרכיבות את הדנ"א של התא.

גן רנ"א (rRNA gene)

הגן הזה מקודד את הרנ"א הריבוזומי של התא. גן הרנ"א הריבוזומי הוא חשוב מאוד עבור פעילות חילוף החומרים התאית, והוא לוקח חלק מרכזי בייצור של חלבונים. לכל אורגניזם על פני כדור הארץ יש את הגן הזה בדנ"א שלו, והוא ייחודי לכל זן וזן. לכן ניתן להשתמש בו בתור סמן של טביעת האצבע הגנטית של הזן המסוים אותו חוקרים.

מגוון ביולוגי (Biodiversity)

מונח זה מציין את המגוון של צורות החיים השונות שנמצאות על פני כדור הארץ.

www.microb3.eu¹

מטא-גנומיקה (Metagenomics)

מונח זה מתאר את חקירת הדנ"א ששוחזר ישירות מדגימות סביבתיות. מערך המידע שמתקבל מכיל את הדנ"א של כל המיקרובים בדגימה, ולא את הדנ"א של זן יחיד בלבד.

חיפוש בבסיס נתונים מסוים, כמו למשל בבסיס הנתונים "סילבה" (SILVA) [2], כדי למצוא התאמה. בעזרת גישה זו הם יכולים לזהות את המיקרובים שנמצאים בדגימות שלהם ולמצוא תשובה לשאלה "איזה סוגי מיקרובים ימיים נמצאים שם בחוץ?".

אבל, הדנ"א מכיל הרבה יותר מאשר טביעת אצבע בלבד. כפי שצוין לעיל, זוהי תוכנית הבנייה של האורגניזם אשר כוללת הוראות לכל מאפייניו ותכונותיו. אם מדענים יכולים "לקרוא" את המידע שמקודד בדנ"א, הם מסוגלים להפיק מידע רב על אותו האורגניזם. למרבה הצער, פיענוח המידע של הדנ"א שנלקח ממיקרובים ימיים הוא כמו ניסיון להבין שפה עתיקה או להרכיב פאזל. זה לוקח זמן מה, ומדענים עשויים להצטרך לאסוף "חתיכות" נוספות, אבל במוקדם או במאוחר הם יהיו מסוגלים לפתור את החידה. כל יום מדענים מגלים חלק חדש בפאזל ויותר ויותר מידע על המיקרובים הימיים מפוענח. למרות ששיטת הריצוף מהדור החדש היא חדשה יחסית, הטכנולוגיה הזו בפירוש עוזרת לנו להגיע לרמה חדשה של הבנה של המיקרובים הימיים מכל חלקי האוקיינוס. אולם הידע שצברנו עד כה על המיקרובים הימיים הוא רק "טיפה קטנה בים" – יש עוד כל כך הרבה ללמוד! מטרת מחקר "יום דגימת האוקיינוס" [The Ocean Sampling Day (OSD)] [3] היא להגדיל במידה משמעותית את הידע שלנו על המיקרובים הימיים על-ידי הבאת אנשים רבים לחקור יחד את המיקרובים במערכות אקולוגיות באוקיינוס בכל רחבי העולם.

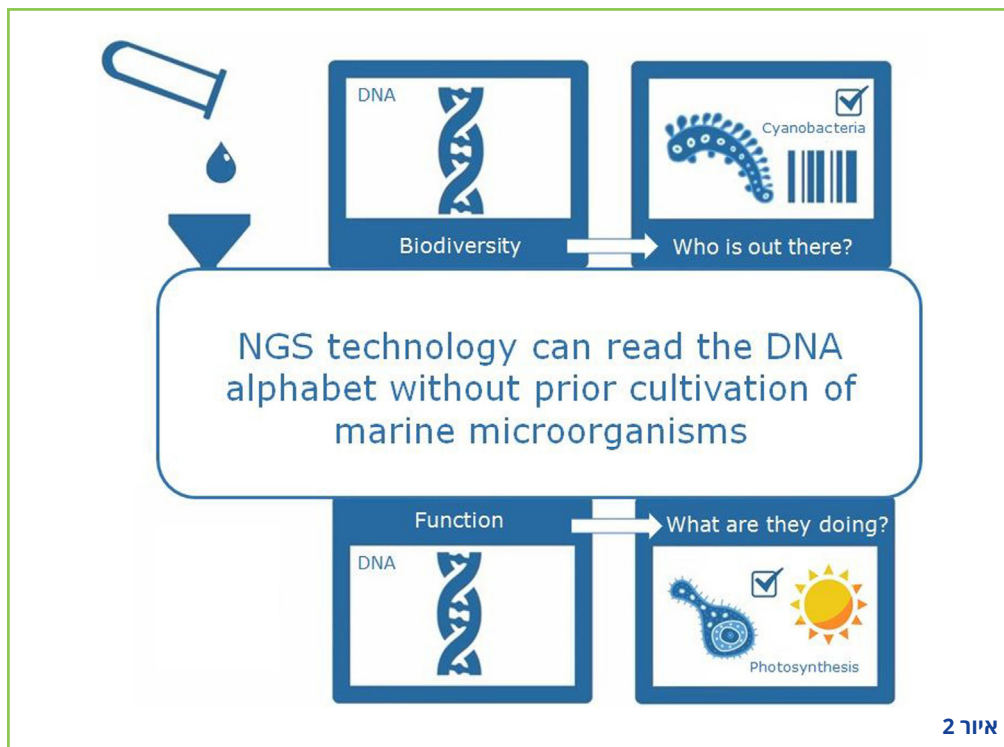
יום דגימת האוקיינוס

חוקרים אשר עובדים על מחקר שנקרא Micro B3 (מגוון ביולוגי, ביו-אינפורמציה וביוטכנולוגיה של מיקרובים ימיים)¹, ארגנו יום דגימת אוקיינוס [3] ב-21 ביוני בשנים 2014 ו-2015 במטרה לחקור את המיקרובים הימיים ברחבי העולם, בעזרתה של קבוצת חוקרים בינלאומית גדולה. ה-21 ביוני ידוע בתור "נקודת היפוך", כלומר זהו היום הקצר ביותר בשנה בחצי הכדור הצפוני והיום הארוך ביותר בשנה בחצי הכדור הדרומי. יום זה נבחר לאיסוף המיקרובים כדי לבחון אם אורך היום משפיע על סוגי המיקרובים שנאספים [4]. עבור אירועי יום דגימת האוקיינוס ביוני 2014 ו-2015, מדענים מרחבי העולם אספו דגימות של מיקרובים ימיים. כל קבוצה סיננה מי ים דרך פילטר מיוחד שמכיל חורים קטנטנים, יותר קטנים מהמיקרובים עצמם, כך שהמיקרובים יתקעו על פני השטח של הפילטר. זו הדרך שבה מדענים תופסים מיקרובים מהים או מכל מערכת מיימית. לאחר מכן, המדענים הסירו את המיקרובים מהפילטר והשתמשו בכמה כימיקלים כדי לאסוף את הדנ"א מכל האורגניזמים שנמצאו. לבסוף, המידע של הדנ"א נותח בעזרת טכנולוגיית ריצוף מהדור החדש.

מטרת יום דגימת האוקיינוס היא לענות על כמה שאלות: אלו סוגי מיקרובים נמצאים שם בחוץ? (כלומר אפיון של **המגוון הביולוגי** אשר מבוסס על "טביעת אצבע" של דנ"א), מה המיקרובים האלה עושים? (ניתוח תפקודי שמבוסס על **מטא-גנומיקה**), וכיצד המיקרובים האלה מתקשרים בינם לבין עצמם ועם הסביבה? (איור 2). מדענים עדיין מנתחים את המידע שנאסף ביום דגימת האוקיינוס, כך שעדיין אין תוצאות מהימנות. התקווה היא שמידע זה יעזור לנו להבין דברים כגון איך משתנים המיקרובים בין סביבות טרופיות לסביבות הקטבים, ואיך הם מצליחים לשרוד בסביבות מזוהמות, כמו למשל אחרי דליפת שמן.

איור 2

טכנולוגיית ריצוף מהדור החדש היא כלי רב עוצמה. היא מאפשרת למדענים לקרוא בצורה מהירה דנ"א ממיליוני מיקרובים ללא צורך ביצירת תרבית של המיקרובים במעבדה. דנ"א מיקרובי נלקח ממיקרובים ימיים שנמצאו בדגימות ממי האוקיינוס, והוא יכול להיקרא בעזרת שיטת ריצוף מהדור החדש. הדנ"א, בהיותו "תכנית המִתָּאָר" של תא מיקרובי, מכיל את כל המידע שאנחנו צריכים כדי לענות על שאלות כמו אלו מיקרובים יש? (מגוון ביולוגי) ומה המיקרובים האלה עושים? (תפקוד).



לבני אדם יש מערכת יחסים קרובה מאוד וחשובה עם האוקיינוס. לא רק שכחצי מאוכלוסיית כדור הארץ מתגוררת בטווח של עד 200 ק"מ מרצועת החוף [5], אלא שהאוקיינוס גם חשוב לכלכלה בתור מקום של תיירות, בילוי, דיג ומגוון פעילויות אחרות. כל הפעילויות האנושיות האלה משפיעות על השינויים אשר מתרחשים באזורי החוף. מאחר שמרבית אתרי הדגימה של יום דגימת האוקיינוס ממוקמים באזורי חוף (איור 3), אנחנו מעוניינים ללמוד על הדרכים שבהן פעילויות של בני אדם ואורח החיים שלהם משפיעים על קהילות של מיקרובים ימיים. לדוגמה, אנחנו יכולים ללמוד על האופן שבו סוגים שונים של זיהום (מתכות כבדות, אנטיביוטיקות, דשנים) משפיעים על בריאותם של המיקרובים הימיים.

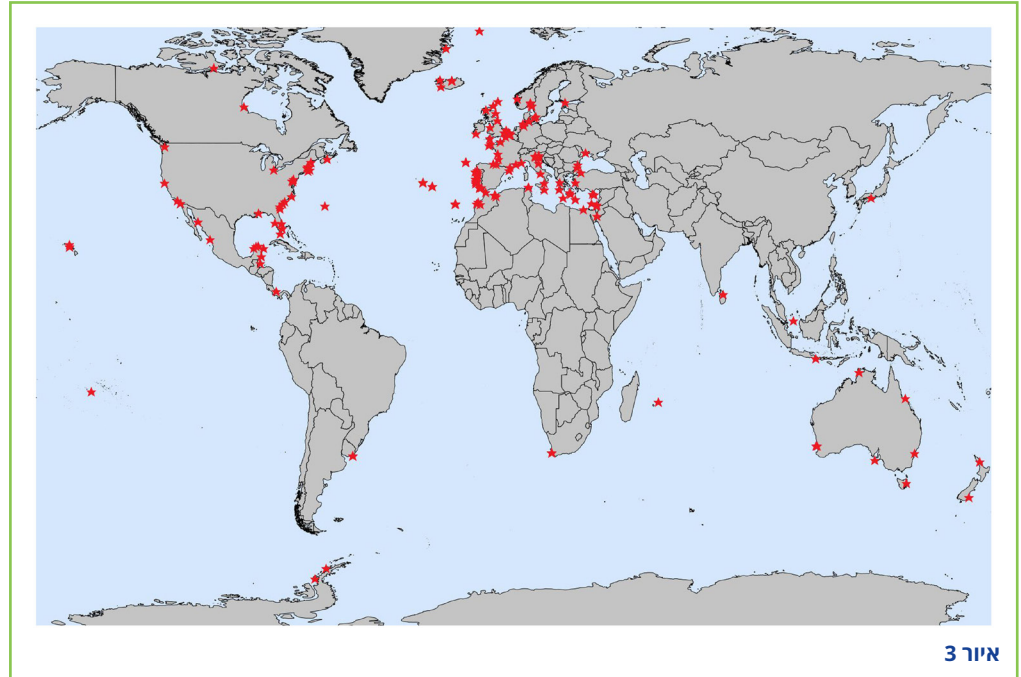
הידעתם שיותר מ-70% מפני השטח של כדור הארץ מכוסים על-ידי האוקיינוס [6]? בעודנו מתקדמים קדימה, נמשיך להרחיב את היקף יום דגימת האוקיינוס כדי לחקור עוד מהאוקיינוס. ימי דגימת האוקיינוס ב-2014 ו-2015 כבר כללו יותר מ-150 קבוצות מחקר מכל היבשות, שאספו דגימות מהמים הסאב-טרופיים של הוואי ועד לסביבות הקוטב, ובכללן אוקיינוס הקרח הצפוני.

אולם ישנם עדיין אזורים רבים שלא נחקרו במפת יום דגימת האוקיינוס (איור 3). כדי להגביר את מאמצינו, אנחנו מזמינים גם "מדענים אזרחיים", כמובן, להצטרף למחקר המדעי האזרחי שלנו שנקרא "יום דגימת האוקיינוס שלי".

פיתחנו עֶרְכָּה מיוחדת וגם יישומון (אפליקציה) טלפון חכם, אשר מאפשר למדענים אזרחיים לתרום למדע תרומה משמעותית. הערכה כוללת את כל הציוד שצריך כדי לאסוף מיקרובים ימיים, כמו גם חומרים אחרים שמשמשים למדידות חשובות נוספות, למשל טמפרטורת המים ומליחותם (איור 4). כל ערכה מגיעה עם הנחיות ברורות אשר מתארות בפירוט כל שלב. הרעיון הוא פשוט וישיר, כך שכל אחד יכול להצטרף. ערכות הדגימה זמינות חינם באמצעות

איור 3

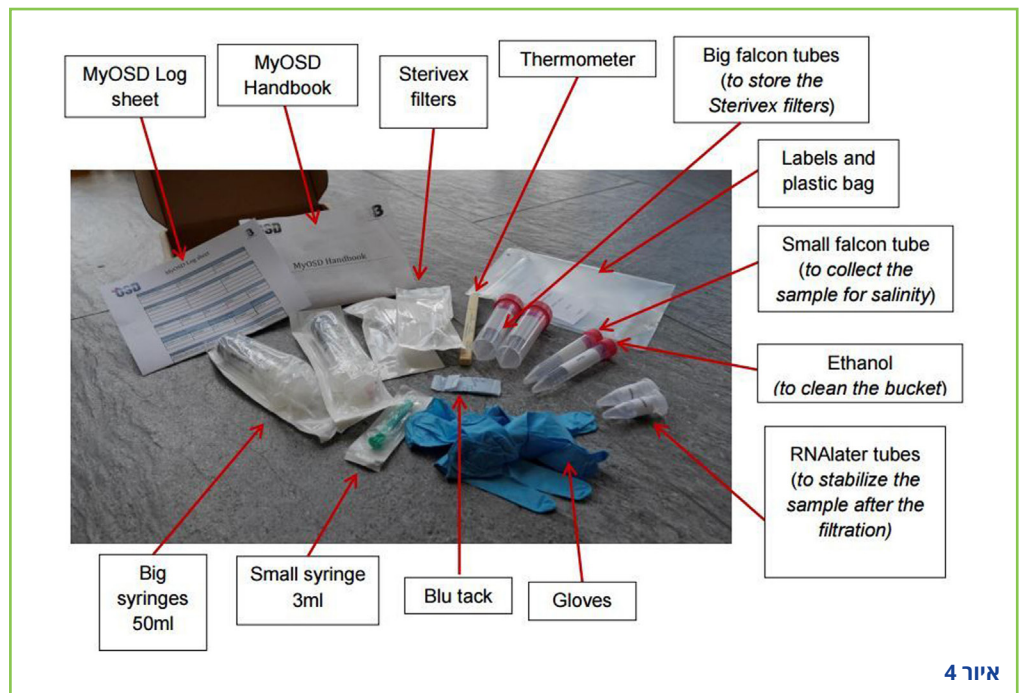
מפה שמראה את האתרים הרשומים של יום דגימת האוקיינוס מ-2014. האתרים האלה ממוקמים בדרך כלל באזורי החוף. הכוכבים האדומים מסמנים את המיקומים שבהם מדענים יצאו לאסוף דגימות מי ים במהלך יום הדגימות.



איור 3

איור 4

תכולתה של ערכת "יום דגימת האוקיינוס שלי". החומרים שמסופקים בערכה כוללים את כל מה שמדען אזרחי צריך כדי לאסוף את הדגימות ממי האוקיינוס. אז הן יכולות להישלח חזרה למפקדה הראשית של המחקר ולעבור שם ניתוח מסודר.



איור 4

הרשמה למחקר, ומחולקות ב'האבים', או מרכזים של הפרויקט למדענים אזרחיים שנמצאים באזור או במדינה שלהם.

רשימה של כל המרכיבים אפשר למצוא באתר הבית של המחקר². אחרי איסוף הדגימות, המדענים האזרחיים צריכים להחזיר את הדגימות שלהם לאחד ממרכזי המחקר, כדי שהם ישלחו אותן למפקדה הראשית של המחקר, שנמצאת במכון מקס פלנק למיקרוביולוגיה ימית³ בברמן, גרמניה. כאן כל הדגימות מעובדות ומתקיים ניתוח המידע. אם אין מרכז של המחקר באזור שלכם, אתם עדיין יכולים להשתתף על-ידי מדידת מאפיינים סביבתיים כמו טמפרטורת המים ו/או מליחותם. כל המידע יכול להישלח דרך יישומון יום דגימת האוקיינוס או באינטרנט

² www.my-osd.org

³ www.mpi-bremen.de

דרך טופס שזמין באתר. כל פיסת מידע היא חשובה! למשל, אם המידע שלכם עוזר לזהות פרופיל טמפרטורה שהוא ייחודי עבור אזור ימי מסוים, זה עשוי לעורר את תשומת ליבם של מדענים, אשר בעקבות כך יעצבו ויתכננו מחקרי המשך. בסופו של דבר, כל המידע יהיה זמין לכול חנינם באינטרנט, כך שהמידע של יום דגימת האוקיינוס יוכל לעזור לדורות של מדענים ושל אזרחים. ימי דגימת האוקיינוס 2014 ו-2015 סימנו רק את התחלתו של המחקר הזה, ואנו מקווים לערב עוד אנשים רבים בשנים הבאות!

מקורות

1. Amann RI, Ludwig W, Schleifer KH. (1995), Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation. *Microbiol. Rev.*, 59, 143–169.
2. Quast C, Pruesse E, Yilmaz P, Gerken J, Schweer T, Yarza P, et al. (2013), The SILVA ribosomal RNA gene database project: improved data processing and web-based tools. *Nucleic Acids Res.*, 41, D590–596.
3. Kopf A, Bica M, Kottmann R, Schnetzer J, Kostadinov I, Lehmann K, et al. (2015), The Ocean Sampling Day Consortium. *GigaScience*, 4, doi:10.1186/s13742-015-0066-5
4. Gilbert JA, Somerfield P, Temperton B, Huse S, Joint I, Field D. (2010) Day-length is central to maintaining consistent seasonal diversity in marine bacterioplankton. Available from Nature Precedings: <http://precedings.nature.com/documents/4406/version/1>
5. Creel, L. (2003). *Ripple Effects: Population and Coastal Regions*. Meas. Commun. Wash. Popul. Ref. Bur.
6. Costello MJ, Cheung A, De Hauwere N. (2010) Surface area and the seabed area, volume, depth, slope, and topographic variation for the world's seas, oceans, and countries. *Environ. Sci. Technol.*, 44, 8824–8828.

פורסם אונליין: 31 במאי 2018

נערך על ידי: Berend Smit, University of California, Berkeley, USA

ציטוט: Kopf A, Schnetzer J and Glöckner FO (2018) הבנת מיקרובים ימיים – המנועים של האוקיינוס *Front. Young Minds*. doi:10.3389/frym.2016.00001-he

תורגם והותאם מ:

Kopf A, Schnetzer J and Glöckner FO (2016) Marine Microbes, the Driving Engines of the Ocean. *Front. Young Minds* 4:1. doi:10.3389/frym.2016.00001

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

Kopf, Schnetzer and Glöckner 2016 © **COPYRIGHT** רישיון Creative Commons Attribution (CC BY). השימוש, ההפצה או ההעתקה מותרים לשימוש בפורומים אחרים ובלבד שיינתן קרדיט למחברים) 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

15-14, GIL: CONNISTON MIDDLE SCHOOL

קחו 28 מוחות צעירים ומבריקים, תנו להם כלים להצטיין, ואז פנו את הדרך וצפו בהם זורחים! זהו מיזם מדע נסיוני בבית הספר קוניסטון. הכיתה שלנו ממוקדת בניתוח תחומי מדע רבים ובחינת התהליך המדעי, בפרט בעיצוב ואופן הבנייה של ניסויים. אנחנו עובדים גם על לימוד שמבוסס על התמודדות עם בעיות ויצירת פתרונות, אשר כולל את פרויקט שירותי IB (ארגון חינוכי בינלאומי ללא מטרת רווח) בתחום המים בהודו; שם אנחנו עובדים עם ארגון "מים לאנשים" (ארגון בינלאומי המספק עזרה במדינות מתפתחות) על בניית תשתית ברת-קיום בשטחים כפריים בהודו, שתספק מי שתייה נקיים ושירותי תברואה. אנחנו נרגשים להצטרף לצוות של העיתון המדעי Frontiers for Young Minds וללמוד על הצד הפרסומי של המדע.



הכותבים

ANNA KOPF

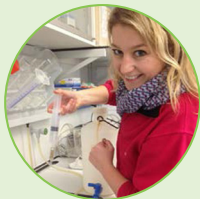
הכשרתי אני חוקרת מיקרוביולוגיה מולקולרית. בשנת 2012 סיימתי את הדוקטורט שלי עם התמחות במיקרוביולוגיה ימית והמשכתי את עבודתי בקבוצת המחקר של פרופ' Frank Oliver Glöckner באוניברסיטת ג'ייקובס ובמכון מקס פלנק למיקרוביולוגיה ימית בברמן, גרמניה. כיום אני מנהלת את פרויקט המחקר "יום דגימת האוקיינוס", שהוא קמפיין עולמי של ניתוח אבולוציה גנטית מולקולרית אשר מטרתו לאפיין את מגוון המיקרובים באוקיינוסים ברחבי העולם.

JULIA SCHNETZER

את התואר הראשון שלי עשיתי בביולוגיה באוניברסיטת קלן, גרמניה, בדגש על גנומיקה (מחקר שעוסק בגנום) של אלמוגים. אחרי מספר התמחויות בארצות הברית ובפנמה סיימתי את התואר השני שלי במיקרוביולוגיה ימית בברמן, גרמניה, עם דגש על וירוסים ימיים, והמשכתי לעבוד כתלמידת דוקטורט בקבוצה של פרופ' Frank Oliver Glöckner. בדצמבר 2015 הגשתי את עבודת הדוקטורט שלי על איסוף מידע, העשרתו ושיתופו כחלק ממחקר "יום דגימת האוקיינוס" והיוזמה האזרחית של אותו המחקר.

FRANK OLIVER GLÖCKNER

הוכשרתי בביולוגיה ימית ומיקרוביולוגיה באוניברסיטה הטכנית במינכן, וסיימתי את הדוקטורט שלי בשנת 1998. מאז, הביולוגיה הייתה למדע הכרוך בארגון של כמויות מידע עצומות. לכן החלטתי להרחיב את כישורי בכיוון של מדעי המחשב. בשנת 2001 מוניתי לראש קבוצת מחקר חדשה במכון מקס פלנק לביולוגיה ימית בברמן, אשר מתמקד בביולוגיה חישובית (ביואינפורמטיקה) - שילוב של מדעי המחשב ומיקרוביולוגיה. ב-2004 התמניתי לפרופסור לביולוגיה חישובית באוניברסיטת ג'ייקובס בברמן, גרמניה. אני תמיד אוהב לחקור דברים חדשים ולחשוב "מחוץ לקופסה". *fog@mpi-bremen.de



Hebrew version
provided by

מוזיאון המדע ע"ש בלומפילד ירושלים (נ.ר.)
متحف العلوم على اسم بلومفيلد القدس
Bloomfield Science Museum Jerusalem

