



## העולם הנסתר שבתוך הנהר

**Kestin Schulz<sup>1,2</sup>, Mariya W. Smit<sup>1,2</sup>, Lydie Herfort<sup>1,2</sup>, Holly M. Simon<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>המחלקה לתצפיות וחיזוי בשוקלי חופים, אוניברסיטת אורגון לבריאות ומדע, פורטלנד, אורגון, ארצות הברית  
<sup>2</sup>המכון לבריאות סביבתית, אוניברסיטת אורגון לבריאות ומדע, פורטלנד, אורגון, ארצות הברית

### סוקר צעיר

**RICCARDO**  
גיל: 15



כל היצורים החיים זקוקים למזון. יצורים בטבע מקושרים זה לזה באמצעות "מארג מזון". מארג המזון מבטא את קשרי ההזנה בין חיות וצמחים שונים בסביבה מסוימת, למשל ציפורים שניזונות מדגים. אבל איך חוזרים חומרי המזון למארג המזון? בעזרת החיידקים! חיידקים אומנם אינם נראים לעין האנושית, אבל הם נמצאים כמעט בכל מקום וחשובים מאוד למחזור של חומרי מזון בבתי גידול שונים, למשל נהרות. מדענים מנתחים את הדנ"א (DNA) של חיידקים כדי לגלות אלו מיני חיידקים נמצאים בתוך נהר מסוים, ואיך הם ממחזרים בו את חומרי המזון. לפי הממצאים אפשר לזהות שינויים בסביבת מחיה זו – שינויים שעשויים להשפיע בהמשך, למשל על כמות המזון הזמינה לבעלי חיים גדולים יותר. החיידקים נחשבים לבסיס מארג המזון, ואם נשים לב לשינויים מוקדמים המתרחשים אצלם, נוכל אולי למנוע שינויים קיצוניים יותר שיגרמו בעיות בהמשך.

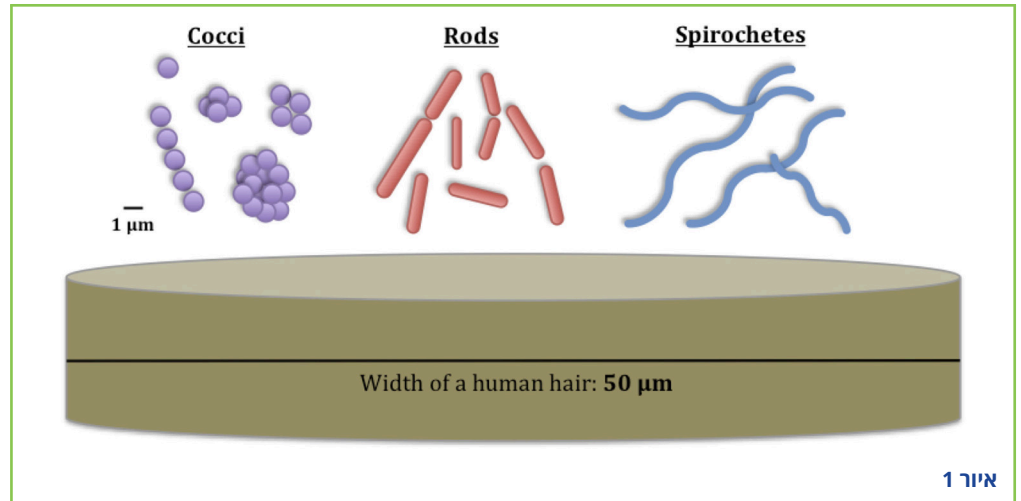
### שאלתם את עצמכם פעם מי חי בתוך הנהר?

קל לדמיין יצורים גדולים יחסית כמו דגים שוחים בנהר, אבל האם חשבתם פעם על היצורים המיקרוסקופיים שגרים בו כגון חיידקים? ומה בכלל עושים חיידקים בתוך נהר?

חיידקים הם יצורים חד-תאיים המצויים בכל היבשות וכמעט בכל סביבת מחיה בעולם, מנהרות ואוקיאנוסים ועד אדמה והרים. הם חיים אפילו על בעלי חיים אחרים ובתוכם, כמונו למשל.

**איור 1**

צורות של חיידקים שונים, וגודלם יחסית לשערת אדם. הסימן  $\mu\text{m}$  פירושו "מיקרומטר" והוא שווה ל-1/10,000 סנטימטר.  
 נקדים = Cocci  
 מתנים = Rods  
 סלילונים = Spirochetes  
 = Width of a human hair  
 עובי שערת אדם



איור 1

רוב החיידקים קטנים מרוחב של שערת אדם, וכדי לראות אותם במדויק אנו משתמשים במיקרוסקופ. כאשר רואים אותם, בולט מאוד לעין שיש חיידקים בעלי מגוון רחב של צורות ושל גדלים (בטווח המיקרוסקופי) אפילו בסביבת מחיה משותפת אחת, כמו נהר. חלקם עגולים (חיידקי נקד, ובלועזית Cocci או Coccus), חלקם דמויי מקל (חיידקי מֶתֶג, ובלועזית Rods), ואחרים סליליים (סלילונים, ובלועזית Spirochetes). דוגמאות תוכלו לראות באיור 1. כל מין של חיידקים שונה משאר המינים, באותו אופן שבני אדם, למשל, שונים מחיות אחרות. יש חיידקים הנראים דומים מאוד תחת מיקרוסקופ, אך שייכים למינים שונים.

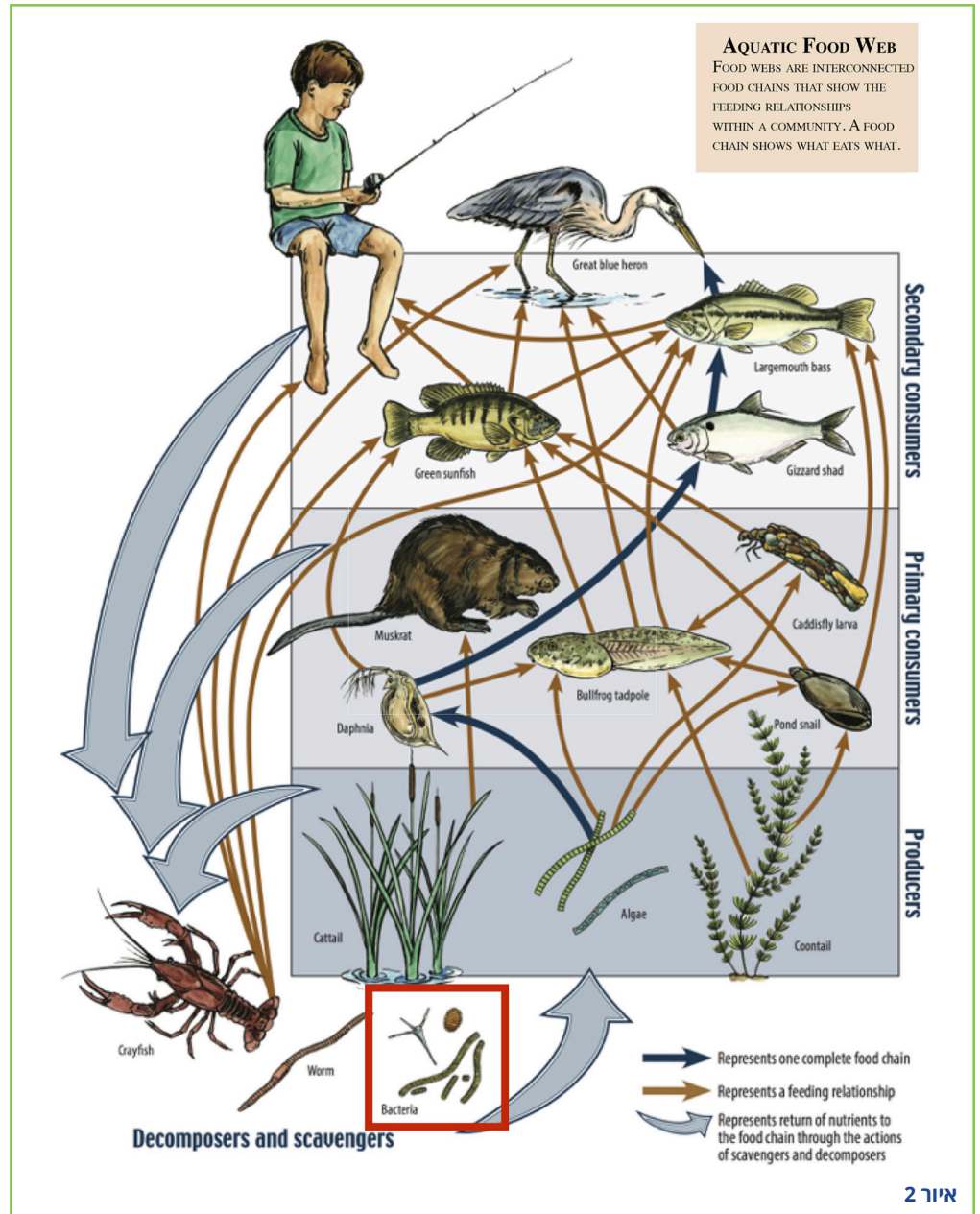
**מה כל כך מעניין בחיידקים?**

רבים מקושרים את המילה "חיידקים" עם מחלות. אבל, מינים רבים, כולל רוב החיידקים בנהרות, אינם מזיקים כלל לבני אדם. לחיידקים יש חשיבות רבה, כי בסביבות מחיה רבות הם תורמים למעגל המזון. בכל סביבת מחיה יש חיידקים, ואפשר להיעזר בהם כדי לעקוב אחר בריאותה. בריאות של סביבת מחיה תלויה בשאלה עד כמה היצורים החיים בה מצליחים לשרוד. כל היצורים - בני אדם, חיות אחרות, וצמחים - זקוקים למים, מזון וויטמינים. חיידקים ממלאים תפקידים חשובים בהפיכת חומרים אורגניים מורכבים לחומרים שיכולים להזין חיות וצמחים אחרים. חומר אורגני עשוי מרקמות צמחים ובעלי חיים מתים שהתפרקו. יש לו חשיבות רבה כמזון ומקור אנרגיה ליצורים החיים בנהר, או בכל בית גידול אחר. כשחיידקים מפרקים חומר אורגני בנהר, הם מזינים את מארג המזון של הנהר.

מארגי מזון הם מכלול הקושרים השונים בין יצרני מזון וצרכני מזון בטבע (ראו לדוגמה איור 2). בנהר, למשל, עופות אוכלים דגים, ודגים אוכלים חרקים. החרקים הללו אוכלים צמחים וגם חרקים קטנים יותר, שהם בתורם אוכלים צמחים וחיידקים. החיידקים נמצאים בבסיס מארג המזון, והם ממחזרים את החומר האורגני שמקורו בקרקע או בשרידי צמחים ובעלי חיים, ומחזירים אותו למארג המזון. הם חיוניים למארג המזון כי הם מעבדים חומר אורגני שאורגניזמים אחרים אינם יכולים להשתמש בו, והופכים אותו לחומרים אכילים עבורם. חלק מהאורגניזמים גם אוכלים את החיידקים עצמם. חיידקים, אם כן, הם חלק מבסיס מארג המזון. אילו הם יוצרים מפרקים אחרים לא היו קיימים, החומר האורגני שמארג המזון מפיק היה מצטבר בלי לעבור עיבוד, ובסופו של דבר היה נשאר מעט מאוד מזון לבעלי החיים הנמצאים גבוה במארג.

**איור 2**

דוגמה למארג מזון בנהר. חיידקים מופיעים בהגדלה במסגרת האדומה למטה. הם, ומפיקים אחרים כגון תולעים, עוסקים בפירוק של אורגניזמים מתים, ממחזרים את חומרי המזון הנוצרים כתוצאה מכך, ומחזירים אותם אל סביבת המחיה (ראו חיציים בצבע תכלת). לולא החיידקים, היצורים הנמצאים גבוה יותר במארג המזון היו גוועים ברעב בגלל מחסור בחומרי מזון מתאימים. החיציים הכתומים-כהים מראים אלה יצורים במארג אוכלים יצורים אחרים - לדוגמה, בני אדם אוכלים סרטני נהרות. החיציים הכחולים-כהים מראים שרשרת מזון שלמה אחת - הדפן! אוכלת אצות ונאכלת על-ידי דג קטן, הנאכל על-ידי דג גדול, שאותו טורפת לבסוף אפנה. (האיור, בשינויים קלים, באדיבות המשרד להגנת הטבע של מדינת מיזורי).



**איור 2**

בגלל תפקידם החשוב, מצב החיידקים בסביבת מחיה מסוימת הוא מדד מוצלח לבריאות הכללית שלה. מדענים גילו שקהילות חיידקים מגיבות במהירות לשינויים בבתי גידול, למשל בטמפרטורת המים או בכמות החומר האורגני בנהר [1]. שינויים כאלה עשויים גם להשפיע משמעותית על חיות גדולות יותר, כמו ציפורים ודגים, אבל זאת בשלב מאוחר יותר, שבו השינויים כבר עלולים להיות מסוכנים. אם השינויים גורמים בעיות לחיידקים המספקים חומרי מזון לשאר בעלי החיים, גם בעלי החיים האלה עלולים לסבול מבעיות. כלומר, אפשר לצפות מראש את רמת הבריאות של הסביבה, אם עוקבים אחרי רמת הבריאות של החיידקים שבה. מעקב אחרי סוגי החיידקים ומספרם יכול לתת למדענים התרעה מוקדמת על שינויים קטנים בסביבות המחיה אשר עלולים להשפיע עליה יותר בהמשך.

## האם המדענים יודעים כמה מיני חיידקים בנהר?

במחקרים התברר כי כפית אחת של מי נהר עשויה להכיל מיליוני חיידקים [2]! אבל, קשה לספור בדיוק כמה חיידקים נמצאים בסביבת מחיה מסוימת. לעומת זאת יש שיטות מדעיות להעריך את מספר החיידקים וסוגיהם, ולהגדיר אותם לפי צורת ההישרדות או סגנון החיים שלהם.

כל מין של חיידקים הוא ייחודי ובעל תפקידים מסוימים במחזור חומר אורגני בסביבת המחיה שלו (נהר, למשל). הייחוד של כל מין מתבטא גם במראה שלו, בצורת השחיה שלו, או במיקום שלו בנהר. לדוגמה, יש חיידקים הנצמדים לחלקיקים הצפים במים. בדרך כלל אלו הן פיסות קטנטנות של חומר, חול, או צמחים מתים. הן מקנות למים לפעמים מראה עכור או מלוכלך, אבל מבחינת החיידקים הן מקום מצוין להיאחז בו – וגם מקור מזון. לעומתם, יש חיידקים שצפים או שוחים באופן חופשי במי הנהר. חברי הצוות שלנו היו סקרנים לדעת אם לשני סוגי החיידקים האלה יש גם תפקידים שונים במחזור חומרי מזון בנהר. בדקנו מינים שונים של חיידקים החיים בנהר קולומביה ובֶּשֶׁפֶךְ שלו (בו מתערבבים מי הנהר עם מי האוקיאנוס) בצפון-מערב ארצות הברית, לחוף האוקיאנוס השקט.

## האם המדענים גילו הבדלים בין תפקידי החיידקים החופשיים והחיידקים הנצמדים לחלקיקים?

כן. מתברר שלשני סוגי החיידקים האלה יש סגנונות חיים שונים, והם גם תורמים באופן שונה למארג המזון בנהר. במים עכורים נמצאו יותר חיידקים החיים על חלקיקים [3]. זה הגיוני, כי במים כאלה יש יותר חלקיקים. הם אולי נראים לנו פחות מושכים ממים צלולים, אבל הם מספקים מקום מחייה לחיידקים הממלאים תפקידים חשובים. לעומת זאת התברר לנו שבמים צלולים יש יותר חיידקים שאינם נצמדים לחלקיקים. כלומר, בסביבות המחיה השונות מתרבים חיידקים עם סגנונות חיים שונים בגלל הברירה הטבעית, ומחזור של חומרי מזון מתרחש בשתי הסביבות.

כדי להבין את אורח החיים של חיידקים הנצמדים לחלקיק, אפשר להשוות אותו לזה של מלחים בסירה או בספינה. כמוהם, החיידקים חיים בדרך כלל בצפיפות על המשטח הצף, וכמוהם הם ממלאים תפקידים שונים. במטבח של ספינה, למשל, אתם עשויים לראות טבא אחד קוצץ ירקות בזמן שחברו מתבבל צלי. בדומה לכך, יש מיני חיידקים המוצאים חומר אורגני ומשנים אותו כך שהוא יכול לשמש מזון לאורגניזם אחר. אפשר לדמיין את החיידקים עוסקים בפעילויות דומות על החלקיק. יש חיידקים בררנים, שניזונים רק מחומרים מסוימים מאוד. אחרים אינם מסוגלים לפרק מזון מורכב, אלא צריכים למצוא במי הנהר מזון פשוט שאותו הם יכולים לצרוך כמו שהוא. חיידקים אחרים הם פחות בררנים, והם ניזונים מכל מה שהם מצליחים למצוא. אחרי ש"אכלו" את החומר האורגני, החיידקים עצמם (ולפעמים גם החלקיק שעליו הם חיים!) עשויים להפוך למזון של יצור אחר, גדול יותר, אם כי עדיין מיקרוסקופי.

אם כן, חיידקים הם חשובים מאוד לתפקוד סביבת המחיה שלהם, אבל אי אפשר לראותם בלי מיקרוסקופ. לכן, כדי להבין מה הם מסוגלים לעשות החליט הצוות שלנו לחקור את הגנים שלהם – "הוראות ההפעלה" שגופם מכיל. גילינו שלחיידקים הנצמדים יש יותר גנים

מאשר לחיידקים אחרים. בדקנו את סוגי הגנים השונים של החיידקים כדי להבין טוב יותר איך הם חיים בנהר. מתברר שלחיידקים הנצמדים יש, למשל, גם יותר גנים המאפשרים להם לפרק אורגניזמים קטנים אשר מְבַצְעִים פוטוסינתזה (הם נקראים "פיטופלנקטון", Phytoplankton), מאשר לחיידקים השוחים בחופשיות במים [4]. כלומר, בגופם של חיידקים הנצמדים לחלקיקים יש יותר הוראות לגבי מחזור של יצורי פיטופלנקטון מתים. זה הגיוני, מאחר שיש יותר חיידקים כאלה במקומות שבהם יש גם יותר חומר אורגני ויותר חלקיקים – ששניהם נוצרים לפעמים משרידים של יצורי פיטופלנקטון. לעומת זאת במים צלולים יש יותר חיידקים חופשיים מאשר חיידקים הנצמדים לחלקיקים. מסתבר, אם כך, שחיידקים הנצמדים לחלקיקים הם חשובים למחזור חומרי מזון במי נהר עכורים, ואילו חיידקים חופשיים חשובים למחזור חומרי מזון במי נהר צלולים. בזכות התגלית הזו ברור לנו קצת יותר כיצד חיידקים עם סגנונות חיים שונים תורמים למארג המזון בנהרות. בעתיד, אם נראה שינויים יוצאי-דופן באוכלוסיית החיידקים במי נהר עכורים או צלולים, נדע שסביבת המחיה בנהר משתנה עוד לפני שהשינוי ישפיע על דגים ועופות הנמצאים גבוה יותר במארג.

## אבל איך יודעים אם החיידקים בסביבה מסוימת משתנים?

כשבוחנים חיידקים דרך מיקרוסקופ, אפשר רק לדעת איך הם נראים. הצורות השונות עוזרות לנו אומנם להבחין ביניהם, אבל לא פעם חיידקים שונים עם תפקידים שונים בסביבה נראים דומים מאוד תחת המיקרוסקופ. למעשה, לפי הצורה בלבד אי אפשר לדעת הרבה על מין החיידק או על תרומתו למארג המזון. כדי לענות על השאלות האלה אנו בודקים את הדנ"א שלו. דנ"א (DNA) הוא צופן ייחודי לכל מין של אורגניזם. מולקולות הדנ"א מורכבות מארבעה סוגים של אבני בניין הנקראות "בסיסים". הבסיסים מסומנים בקיצור באותיות A, T, C ו-G. הגנים – כלומר ההוראות שהן חלק מכל יצור חי וקובעות איך הוא נראה ומתנהל – עשויים מדנ"א. אפשר לקרוא את רצף הבסיסים בדנ"א כפי שקוראים צופן. כך אנו יכולים לדעת מה הגנים של כל חיידק ולהסיק מהם לאיזה מין הוא שייך ואלה תפקידים הוא מבצע בנהר.

צוות החוקרים שלנו אסף דנ"א של חיידקים נצמדים וחיידקים חופשיים. לשם כך השתמשנו בשני מסננים צפופים מאוד, זה על גבי זה, שהפרידו את החלקיקים (עם החיידקים הצמודים אליהם) ואת החיידקים החופשיים מהמים. קל לסנן חלקיקים מתוך מים – זה מה שעושים מסננים ביתיים של מי שתייה (רק שבמקרה שלנו התעניינו כמובן במה שנשאר במסנן ולא במים הנקיים). החלקיקים, עם החיידקים שעליהם, נאספו במסנן הראשון, שבו הנקבוביות היו בקוטר של 3 מיקרומטר (מיקרומטר מסומן באות  $\mu$  ושווה לאלפית המילימטר), והחיידקים החופשיים נאספו במסנן השני, שהנקבוביות שלו היו זעירות עוד יותר (0.2 מיקרומטר). לאחר שאספנו את החיידקים, הפקנו מהם את הדנ"א. כדי לעשות זאת שוברים את דפנות התאים של החיידקים ומוסיפים סדרת כימיקלים שמפרידים את הדנ"א מהשרידים של דופן התא ומרכיבים אחרים של התא, כמו חלבונים. חשוב לזכור שהתוצאה היא תערובת של דנ"א מכל סוגי החיידקים השונים שהיו בדגימת המים.

כאשר נשארה לנו תערובת של דנ"א נקי, השתמשנו בשיטה הנקראת מֶטַגֶנוֹמִיקָה (Metagenomics) – חקר של חומר גנטי שנלקח מהסביבה – כדי לבדוק אלה חיידקים נמצאים במי הנהר ואלה תפקידים הם ממלאים שם. הכנסנו את הדנ"א למכשיר ריצוף, הקורא את רצף הדנ"א של כל דגימה ורושם אותו. את הרצפים האלה השווינו לאלה שכבר מופיעים

ברשימה של מיני חיידקים מוכרים. יש רצפים של דנ"א שלא השתנו עם האבולוציה במשך תקופה ארוכה מאוד. הם נקראים רצפים שמורים. שינויים קטנים ברצף הבסיסים של הרצפים השמורים עוזרים לנו להבדיל בין מיני חיידקים שונים. לפי רצפי הדנ"א אפשר לדעת אלה חיידקים נוכחים בדגימות מים. אפשר לומר שזאת "רשימת נוכחות" לחיידקים.

אפשר להיעזר בדנ"א גם כדי לדעת מה התפקידים של חיידקים שונים בסביבתם. הדנ"א הוא מעין "חוברת הפעלה", שאם קוראים אותה אפשר להבין מה החיידקים מסוגלים לעשות [5]. "הוראות הפעלה" האלה מסבירות לכל מין של חיידק אלה משימות הוא יכול לבצע, למשל איך למצוא מזון, ואלה סוגי מזון מתאימים לו. כדי לצרוך סוגים שונים של מזון, דרושות הוראות שונות. בדנ"א של חיידקים המייצרים מזון באמצעות אור שמש (כלומר מבצעים פוטוסינתזה) יש הוראות שונות מאשר אצל חיידקים המפרקים חומר אורגני מורכב, כמו עץ. מדענים חוקרים את התפקידים השונים שחיידקים צריכים למלא כדי למחזר חומרי מזון בסביבה מסוימת, וכך מבינים טוב יותר את חשיבותם של החיידקים במארגי המזון בנהרות.

הצוות שלנו שואף להבין איך חיידקי נהר מגיבים לשינויים בסביבה, בייחוד בשלב מוקדם, לפני שהשינויים משפיעים גם על חיות גדולות יותר במארג המזון. היינו בין הראשונים שחקרו חיידקים בנהר בשיטה מטגנומית, בעזרת מסננים בצפיפויות שונות. הודות לממצאים שלנו יכולים מדענים אחרים לדעת יותר על מיני החיידקים בנהר – גם אלה הנצמדים לחלקיקים וגם אלה השוחים באופן חופשי – ועל תפקידיהם השונים. ידע על החיידקים שבבסיס מארג המזון יאפשר לנו לזהות השפעות שליליות של שינויים סביבתיים בנהרות, ואולי אף למנוע אותן. יש לקוות שבזכות חקר החיידקים ותפקודם בסביבת המחיה שלהם נוכל לאתר בשלב מוקדם שינויים במארג המזון, וכך לצמצם את הסיכוי שישפיעו לרעה ולאורך זמן על אורגניזמים אחרים בסביבה. בעזרת המטגנומיה יכולים מדענים לקבל החלטות נכונות יותר כדי לשמור על בריאותן של סביבות מחיה בנהרות – לטובת בני אדם כמו גם לטובת יצורים חשובים אחרים כגון דגים ועופות.

## מאמר המקור

Simon, H. M., Smith, M. W., and Herfort, L. 2014. Metagenomic insights into particles and their associated microbiota in a coastal margin ecosystem. *Front. Microbiol.* 5:466. doi: 10.3389/fmicb.2014.00466

## מקורות

1. Fortunato, C. S., Eiler, A., Herfort, L., Needoba, J. A., Peterson, T. D., and Crump, B. C. 2013. Determining indicator taxa across spatial and seasonal gradients in the Columbia River coastal margin. *ISME J.* 7, 1899. doi: 10.1038/ismej.2013.79
2. Maranger, R., and Bird, D. F. 1995. Viral abundance in aquatic systems: a comparison between marine and fresh waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 121, 217–226. doi: 10.3354/meps121217
3. Crump, B. C., Baross, J. A., and Simenstad, C. A. 1998. Dominance of particle-attached bacteria in the Columbia River estuary, USA. *Aquatic Microb. Ecol.* 14, 7–18. doi: 10.3354/ame014007



4. Smith, M. W., Allen, L. Z., Allen, A. E., Herfort, L., and Simon, H. M. 2013. Contrasting genomic properties of free-living and particle-attached microbial assemblages within a coastal ecosystem. *Front. Microbiol.* 4:120. doi: 10.3389/fmicb.2013.00120
5. Markowitz, V. M., Ivanova, N. N., Szeto, E., Palaniappan, K., Chu, K., Dalevi, D., et al. 2007. IMG/M: a data management and analysis system for metagenomes. *Nucleic Acids Res.* 36(Suppl 1), D534–D538. doi: 10.1093/nar/gkm869

פורסם אונליין: 31 בינואר 2019

נערך על ידי: Gianpiero Vigani, Università degli Studi di Torino, Italy

ציטוט: Schulz K, Smit MW, Herfort L and Simon HM (2019) העולם הנסתר שבתוך הנהר. *Front. Young Minds.* doi: 10.3389/frym.2018.00004-he

#### תורגם והותאם:

Schulz K, Smit MW, Herfort L and Simon HM (2018) The Unseen World in the River *Front. Young Minds* 6:04. doi: 10.3389/frym.2018.00004

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

**COPYRIGHT** © Schulz, Smit, Herfort and Simon 2018. 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.

## סוקר צעיר

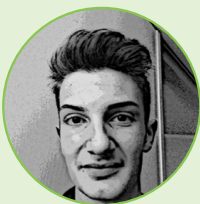
### RICCARDO, גיל: 15

הי, שמי ריקרדו ואני בן 15. אני מתעניין במדעים, בייחוד ביולוגיה ופיזיקה. משנת 2014 אני עוסק בשיט בקאנו, כי אני אוהב ספורט בטבע. אני אוהב לקרוא מאמרים מדעיים וללמוד על מדע, ושמח מאוד להיות חלק מקהילת *Frontiers for Young Minds*.

## הכותבים

### KESTIN SCHULZ

שמי קסטין שולץ ואני סטודנטית לתואר שני במדעי הסביבה באוניברסיטת אורגון לבריאות ולמדע בפורטלנד, אורגון. אני מתלהבת ממיקרואורגניזמים, כמו חיידקים למשל, ומההשפעה שלהם על חיי היומיום שלנו. כרגע אני חוקרת את חיידקי המעי של סלמון בצפון-מערב ארצות הברית, והקשר שלהם לעמידות בפני אנטיביוטיקה. אתם יכולים לדמיין איך נראיתי כשעבדתי איתם, עם ידיים מרוחות מעיים של דגים... דווקא די נהנית! אני גם מתלהבת לחלוק עם אחרים את ההתעניינות שלי בחיידקים, ולשוחח על החשיבות של החיידקים לבריאותנו וגם לבריאות הסביבה.





**MARIYA W. SMIT**

הי, אני מריה סמית. העבודה שלי מתמקדת בפיתוח שיטות לחקר יצורים חיים המתבססות על דנ"א, ויישומן. בדרך כלל אנו מְבֹדְדִים את כל הדנ"א מתוך דגימה שמייצגת סביבה טבעית מסוימת, או דגימה שנלקחה מבן אדם. בשלב הבא אנו עושים אחד משני דברים – מְרַצְפִים את כל הדנ"א כדי ליצור דְיֹוֹקָן מולקולרי של כל היצורים החיים בדגימה, או משתמשים בגְלָאִים מיוחדים כדי לְאָתֵר אורגניזם מסוים שמעניין אותנו. אפשר להשתמש בחיישנים ביולוגיים שונים, שחלקם מבוססים על שִׁבְבֵי מחשב לקליטת אותות אלקטרוניים. כביולוגית, תפקידי הוא לְפַתֵּחַ את החלק בניסוי של הקישור בין הדנ"א מהדגימה לבין החיישן הביולוגי.



**LYDIE HERFORT**

אני לידי הֶרְטְפּוֹרְט. אני ביולוגית ימית החוקרת יצורים זעירים שאינם נראים לעין ללא מיקרוסקופ. אני מתעניינת באקולוגיה ובפיזיולוגיה של מיקרואורגניזמים החיים במים, ובעיקר בפעילות של חיידקים, ארכיאה (Archaea) ופיטופלנקטון (Phytoplankton) באוקיינוסים ונהרות. את התואר הראשון והתואר השני קיבלתי בצרפת ובאנגליה, אבל כבר יותר מעשר שנים אני עובדת כמדענית מחקר בארצות הברית, במרכז לתצפית וחיזוי בשוּׁלֵי חופים שבאוניברסיטת אורגון לבריאות ומדע. בשנים אלה חקרתי בעיקר דנ"א ורנ"א של מיקרואורגניזמים מתוך דגימות מים שנאספו מספינות מחקר. אני סובלת מאוד ממחלת ים, ולכן אני מאושרת מאוד מכך שבארבע השנים האחרונות, במקום לצאת לִשְׁיט, פיתחתי שיטה להשתמש בדוֹגִם רובוטי של חיידקים במים. הוא לוקח דגימות מעל מִזַח בְּשִׁפְךְ נהר קולומביה, ובהן אני משתמשת כדי לחקור מיקרואורגניזמים החיים במים.



**HOLLY M. SIMON**

אני הוֹלִי סִימון, ואני פרופסורית עמיתה למיקרוביולוגיה באוניברסיטת אורגון לבריאות ולמדע שבפורטלנד, אורגון. המחקר שלי עוסק בניטור בריאות הסביבה, כי לסביבה בריאה יש השפעות רבות על בריאות האדם. מיקרואורגניזמים נמצאים בכל מקום, ויש להם השפעות חיוביות רבות על חיינו. רוב המיקרואורגניזמים החיים בתוך גופנו ועל מועילים לנו, ועוזרים לנו להתגונן מפני מיקרואורגניזמים מזיקים. כלומר, אם תתגלגלו בבוץ ותקבלו נשיקות מהכלב שלכם – תישארו בריאים יותר! בצוות שלי משתמשים בטכנולוגיות מולקולריות מתקדמות, כמו מְטֶגְנוֹמִיקָה שהוזכרה במאמר, כדי לחקור איך קהילות של חיידקים מועילים פועלות לטובת בריאות הסביבה. \*simonh@ohsu.edu

Hebrew version provided by

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

