

יעל הלפמן כהן

ארגון הביומיקרי הישראלי

שלומציון שן

סיביקס מטריאל סאינסס

עזרא אורלובסקי

מרכז ידע גליל (מיגל)

ציטוט מומלץ

הלפמן י, שן ש ואורלובסקי ע.
2017. ביומימטיקה – טכנולוגיות
סביבתיות פורצות דרך. *אקולוגיה
וסביבה* 8(3): 9–10.



תמונה המשלבת רשת קורים טבעית ופקעת של סיבים סינתטיים (בירוק), המחקים את תכונותיהם של קורי העכביש. בניגוד לנראה בתמונה, עובי הסיבים הסינתטיים קטן פי 30-30 מעובי קורי העכביש – כשליש מיקרון (300 ננומטר) לעומת כ-10 מיקרון | באדיבות חברת סיביקס מטריאל סאינסס

ביומימטיקה – טכנולוגיות סביבתיות פורצות דרך

[בקצרה](#)

גיליון סתיו 2017 / כרך 8(3)

24 ביולי, 2017

הטבע מזוהה כבסיס ידע לפתרונות טכנולוגיים מקיימים בתחומי הלכה הסביבתית: טכנולוגיות חומר, מים ואנרגיה. ביומימטיקה, חיקוי פתרונות הטבע, היא תחום דעת בצמיחה בעולם האקדמי והתעשייתי, ומזוהה כמנוע לחדשנות סביבתית. עדידה זו נסקור שתי טכנולוגיות ביומימטיות מבטיחות המפותחות בימים אלה בארץ.

חיקוי קורי העכביש

קורי העכביש הם חומר מרתק שזכה לתשומת לב האדם באלפי השנים האחרונות. במהלך עשרות השנים האחרונות השכילו מדענים להבין את הפוטנציאל הגלום בשימוש בקורי עכביש לטובת האנושות, תוך ניצול תכונותיהם המכניות יוצאות הדופן. שלא כמו זחל טוואי המשי, שבית ומפקעות הגולם שלו מופק המשי הרגיל בכמויות מסחריות, העכביש הוא חיה טריטוריאלית, וגידול המוני שלו לצורך הפקת כמות מסחרית של קורי עכביש אינו אפשרי. לכן, מציאת פתרון שיעקוף את הצורך בעכביש עצמו לשם יצירת קורי עכביש תסלול את הדרך לייצור המוני של סיבים מיוחדים אלה, ותאפשר את שילובם ביישומים שונים.

העכבישה הטווה את הרשת יודעת ליצור סיבים שונים שנבדלים ביניהם בתכונותיהם. הסיב החזק ביותר שהיא יודעת לטוות נקרא dragline, והוא משמש אותה לסיבים הרדיאליים ברשת, למסגרת הרשת ואף כסיב מילוט. סיב זה, טבעי או מלאכותי, נחשב לסיב החזק ביותר בנמצא. המחשה של חוזק הסיב היא העובדה כי הוא חזק פי שישה מסיב פלדה בעובי מקביל, וקל ממנו באופן משמעותי.

במהלך שני העשורים האחרונים נעשה מספר רב של ניסיונות לסנתוז מלאכותי של החלבונים המרכיבים את סיב ה-dragline במערכות ביטוי שונות לחלבונים – אצל שמרים, חיידקים, צמחים ואפילו עזים טרנסגניות. ניסיונות אלה התאפשרו הודות להתקדמות הטכנולוגיה המשמשת להנדסה גנטית. למרות זאת, הסיבים שהצליחו לטוות באמצעים מלאכותיים נחותים באופן משמעותי בתכונותיהם ביחס לסיב ה-dragline הטבעי.

סיביקס מטריאל סאינסס, חברה ישראלית הממוקמת בירושלים, הצליחה לייצר סיבים שזהים בתכונותיהם לסיב קור העכביש. במערכת הביולוגית ובתהליכי הייצור שפיתחה החברה, היא מייצרת לראשונה בעולם סיבי קורי עכביש בהדירות גבוהה ובכמויות מסחריות. התכונות יוצאות הדופן שלו – חוזק, אלסטיות, עמידות ומשקל נמוך – מאפשרות לחברה לפתח מגוון רחב של מוצרי עילית ויקרתיים ברמה גבוהה בתעשיות שונות, כגון תעשיית הרכב, התעופה, המיגון והספורט, שיש בהן צורך בחומרים חזקים וקלים. גם בתעשיית המכשור הרפואי יש לסיב ביקוש בשל העובדה שהוא ביו-פולימר עם פרופיל מועדף של תאימות ביולוגית. לסיביקס שיתופי פעולה עם חברות מובילות שוק לפיתוח הדור הבא של המוצרים.

חיקוי התפלה ביולוגית

תהליכי התפלה מתרחשים בטבע אצל צמחי מלחות. הבנה של תהליך ההתפלה יכולה לקרב את העידן של התפלה טבעית, שאינה כרוכה בהשקעת אנרגיה וחומרים כימיים, ויש לה מעט תוצרי לוואי. קיימים שלושה מנגנונים עיקריים להתמודדות עם עודפי מלח בטבע – הפרדה במקור (מנגרוב), הפרשה דרך העלים (אשל, מלוח) ואגירה בעלים בשרניים (שרשר *Sarcocornia* sp), בן-טיון בשרני [*Limbarda crithmoides*], אוכם [*Suaeda* sp]. במיגל נחקר כעת מנגנון האגירה בעלים של מגוון צמחי מלחות ארץ-ישראליים בהתפלת שפכים תעשייתיים-חקלאיים. הלופיטים (צמחים ששורדים היטב בריכוזי מלח של 300 מילימולר או 8,600 מ"ג לליטר) נאספו ממקומות שונים בארץ שריכוזי המלח בהם גבוהים למדי, כמו ברכות המלח בעתליה שמייבשים בהן מלח מהים, ואזור ים המלח. תוצאות ראשוניות מראות שצמחים אלה אוגרים מלח בעלים בהתאם לריכוזי המלח הנמצאים בסביבתם, וכי ריכוז המלח בעלים יכול להגיע ל-5% ממשקלו הטרני של הצמח. יכולת האגירה הזו מיושמת במתקן ניסיוני לצורך טיפול מקומי בשפכי רפחות המתאפיינים בריכוזי נתרן גבוהים (איור 1). בשלב הנוכחי יש עדיין שימוש בטבע, כלומר בצמחי המלחות עצמם. בעתיד, לאחר שיובנו עקרונות ההתפלה, ייתכן שנוכל לבנות מערכת טכנולוגית ביומימטית המתפקדת באופן דומה. המחקר ממומן על-ידי האיחוד האירופי במסגרת הורייזון 2020: Brigade – גישור בין מחקר וטכנולוגיה להתמודדות עם שינוי האקלים.

היתרונות הסביבתיים של הטכנולוגיות הללו ברורים. פלדה מיוצרת כיום בתהליכי ייצור עתירי אנרגיה הכרוכים בחימום לטמפרטורות גבוהות ובזיהום הסביבה. פיתוח סיב המחקר את תכונות קור העכביש יבטיח לא רק חומר חזק וגמיש יותר מפלדה, אלא גם חומר מקיים יותר, שתכונותיו הן נגזרת של מבנה ולא של תהליכי ייצור עתירי אנרגיה. גם תהליכי ההתפלה הקיימים כיום כרוכים בהשקעת אנרגיה לא מבוטלת. ככל שנתקרב בתפקוד מערכות ההתפלה לתפקוד של מערכות טבעיות, נזכה בפתרונות חסכוניים יותר באנרגיה ומקיימים יותר.

איור 1. מערכת ניסיונית לטיהור שפכי רפחות והתפלה ביולוגית,

בכפר בלום

באגנים מלפנים שתולים צמחי מלחות בתוך זאוליט - מצע מינרלי מחליף יונים. הצמחים מימין לשמאל: ססוביום (*Sesuvium portulacastrum*), סקר ימי (*Juncus maritimus*), שרשר שיחני (*Sarcornia fruticosa*), בן-טיון בשרני (*Limbarda crithmoides*), אוכס חד-ביתי (*Suaeda monoica*). ברקע: תאים מאונרים לפירוק חומר אורגני | צילום: ד"ר עזרא אורלובסקי



איור 1

מערכת ניסיונית לטיהור שפכי רפחות והתפלה ביולוגית, בכפר בלום

באגנים מלפנים שתולים צמחי מלחות בתוך זאוליט - מצע מינרלי מחליף יונים. הצמחים מימין לשמאל: ססוביום (*Sesuvium portulacastrum*), סקר ימי (*Juncus maritimus*), שרשר שיחני (*Sarcornia fruticosa*), בן-טיון בשרני (*Limbarda crithmoides*), אוכס חד-ביתי (*Suaeda monoica*). ברקע: תאים מאונרים לפירוק חומר אורגני | צילום: ד"ר עזרא אורלובסקי

שתי הטכנולוגיות הוצגו בכנס השלישי לבימימיקרי - אקדמיה ותעשייה, שהתקיים באוניברסיטת תל-אביב ב-8.6.2017.