



ביומימיקרי: הטבע כמרחב למציאת פתרונות

חיקוי תכונות של יצורים חיים פותח עולם שלם של חדשנות ויזמות, יחד עם ערכי שמירה על הטבע וקיימות. בעיניים ביומימטיות מקבלים הערכים הללו משמעות מעשית, אפילו דרך חיים. ההטמעה של ענף הביומימיקרי בחינוך והוראה נראית מבטיחה. ד"ר יעל הלפמן-כהן היא מהנדסת שרואה בענף זה פתח של עידן חדש. בריאיון היא פורשת את החזון של ארגון הביומימיקרי שהיא מנהלת, ומשאירה הרבה מקום לאופטימיות.



דיוקן

ד"ר יעל הלפמן-כהן

ד"ר יעל הלפמן-כהן בעלת תואר ראשון בהנדסה, תואר שני במנהל עסקים ותואר שלישי בתכנון ביומימטי. יחד עם ד"ר דפנה חיים לנגפורד הקימה את ארגון הביומימיקרי הישראלי ומנהלת אותו.

מראיינת: גילת בריל

מה זה ביומימיקרי?

ביומימיקרי, או ביומימטיקה, הוא ענף העוסק בחקר של מערכות ביולוגיות ואקולוגיות על מנת להעביר את הידע על המנגנונים במערכות אלה לעולם הטכנולוגי. הרעיון העיקרי בענף הוא שבטבע יש פתרונות מדהימים לצרכים שונים, ולכן כדאי מאוד לבדוק אותו כמקור ידע, כמרחב למציאת פתרונות - לפני שממשיכים הלאה בתהליך פיתוח מוצרים.

אחד היתרונות הטמונים בביומימיקרי הוא הרב-תחומיות. כל חיבור בין ידע ביולוגי לידע הנדסי יכול להוליד שאלת מחקר כלשהי בהתאם ליישום שבו מתעניינים. למשל, בהקשר של חומרים חכמים, של תנועה ומודלים של תנועה, וכן: טקסטיל, אנרגיה, מכניקה, אופטיקה, אדריכלות - במגוון נרחב של תחומים. מה שיפה בענף הזה הוא שהחדשנות היא רב-תחומית, חוצת תעשיות ומגיעה לכל תחומי החיים. זה מה שהופך את התחום למושך בעיני כל כך הרבה אנשים, כי כל אחד מוצא בו ענין מנקודת מבטו. תני לי תחום ואספר לך על החדשנות הביומימטית בתחום הזה.

מה הקשר בין ביומימיקרי לשמירה על הסביבה?

יש מחקרים ביומימטיים שבהם מפתחים כלים ושיטות שיאפשרו להשתמש בעקרונות הקיימות בטבע כדי לנהל תהליכים של קיימות בתעשייה. כך למשל, מערכות בטבע מבוססות על עיקרון "מעריסה לעריסה", לפיו, חומרים בטבע זורמים בצורה מעגלית, מזינים מערכות ביולוגיות אחרות או מתפרקים וחוזרים כמשאב לסביבה. בטבע, זבל הוא מזון. מהנדס יכול לתכנן מראש מוצרים שבסוף חייהם יתפרקו לרכיבים שיתווספו למעגל הטכנולוגי או למעגל הביולוגי ויזינו את הטכנולוגיה או את הטבע. נוסף על כך, תהליכי הייצור בטבע מתקיימים בסביבת החיים. בסביבה כזאת אין שימוש ברעלים,בטמפרטורות גבוהות במיוחד, או בלחצים גבוהים כמו בתעשייה, כי החיים לא ישרדו אותם. ולכן שווה ללכת וללמוד מהעכביש, למשל, איך הוא מייצר חומר החזק פי שישה מפלדה, בלי להכניס את החומר לתנור ולחמם אותו באלפי מעלות, כפי שמתבצע היום בתהליך ייצור פלדה; או ללמוד מהצדפה הכחולה איך היא מייצרת דבק שמאפשר לה להידבק לסלעים מתחת למים בלי להשתמש ברעלים שאנחנו משתמשים בהם בתעשיית הדבקים; או ללמוד מצדף האבלון איך מייצרים חומר קרמי החזק יותר מקרמיקות, בלי להכניס אותו למכבשים בתהליך הייצור.

איך נוצר רעיון ביומימטי?

בשנים האחרונות מושקעת הרבה עבודה בקידום המתודולוגיה של הענף, בגלל שזו דיסציפלינה בהתהוות, והמתודולוגיה חסרה. מטרת הכלים והשיטות המפותחים היא לאפשר תהליך ביומימטי שיטתי. איך אנחנו גורמים לכך שהמהנדס שראה שלדג צולל למים בלי להתיז טיפות לכל עבר, והפך את מבנה המקור שלו למודל מבני של קטר, יגיע לשלדג בצורה שיטתית ולא במקרה? אנחנו לא יכולים לסמוך על המזל, לצאת לטבע ובמקרה לראות משהו. בדיוק בזה מתעסק היום העולם האקדמי של הביומימיקרי: פיתוח שיטות לניהול התהליך שיאפשרו

למצוא אורגניזם אחד בין מיליונים של אורגניזמים, המדגים פתרון מתאים לבעיה מסוימת. לאחר שכבר נמצא פתרון אפשרי - חשוב לפתח שיטות שיסייעו לזקק את הידע הרלבנטי לפתרון הטכנולוגי, ההנדסי.

מכיוון שיש כאן שתי דיסציפלינות שונות האתגר המרכזי הוא לגשר על הפער בין הביולוגיה להנדסה ולמצוא שפה משותפת בעלת משמעות בשתי הדיסיפלינות.כך למשל, לחשיבה מערכתית-פונקציונאלית יש משמעות בביולוגיה ובהנדסה. בשתי הדיסציפלינות יש מערכות ולהן פונקציות. דוגמה נוספת היא חשיבת תכנון (design thinking) ותהליכים שמתרחשים בתכנון. כמו כן, יש לפתח תהליך שיטתי של העברת ידע מביולוגיה להנדסה, הנתמך בשיטות למידול והפשטה, שיטות חיפוש חכם במאגרי מידע ביולוגיים להפקת מידע (data mining) ומאגרי מידע ביומימטיים במיוחד למטרות האלה.



איך נראה סדר יום של מי שעוסק בביומימיקרי?

חברת פסטו הגרמנית עוסקת בפיתוח רובוטים והיא מעניינת במיוחד משום שיש לה מחלקה קבועה שעוסקת בביומימיקרי, שנקראת רשת למידה ביונית. צוות המחלקה מורכב מביולוגית, מהנדסים מתחומי הנדסה שונים, מעצב, איש שיווק/כלכלן. מדי שנה הם משיקים שניים או שלושה פרויקטים ביומימטיים, אחרי שהצוות חקר, למד, והעביר את המידע הביולוגי לעולם האוטומציה והרובוטיקה.

בעבר, ראיינתי את הביולוגית שמועסקת בחברה, כי אני חושבת שזה מודל מאוד ייחודי של צוות שיושב בתעשייה העוסק בפיתוח ביומימטי באופן קבוע. זה בדיוק מה ששאלתי אותה: איך אתם עובדים? מה אתם עושים כל היום? כמו כל תהליך של מחקר ופיתוח, יש תהליך של חקר: איסוף מידע, אולי ניסוי אם יש צורך. מה שייחודי בצוות הזה בחברת פסטו הוא שיש ממשק עם ביולוגיה וחקר של פתרונות ביולוגיים שבדרך כלל ביולוג מביא לשולחן התכנון. במהלך העבודה יש המון אינטראקציות בין האנשים: הביולוג מציע כיוון מסוים, המהנדס בודק אותו, שואל את הביולוג שאלה, הביולוג חוזר לחפש תשובה, תוך כדי ניסוי רוצים לברר עוד משהו, אז חוזרים לברר. הצוות בחברה הגרמנית חקר את מנגנון התנועה של השפירית ופיתח רובוט קטן שעף בדרך דומה. הכנפיים הראשונות לא נעו ביציבות כמו בטבע, והם חזרו לבדוק את מנגנון התנועה של כנפי השפירית על מנת לשפר את היציבות.

זהו תהליך של מחקר ופיתוח הנדסי כמו כל תהליך מחקר ופיתוח, רק שהביולוגיה נמצאת בתמונה ומספקת תשובות אפשריות. תפקיד הביולוג להביא את המידע הנוגע למנגנון מסוים בטבע. תפקיד המהנדס ליישם את המנגנון, להעלות את מגבלות היישום, ולהציע מה לעשות כדי ליישם אותו. לפעמים יש מנגנון שעובד בטבע אבל במרחב ההנדסי הוא לא יעבוד. תפקיד המהנדס הוא לבחון את התהליך בעיניים הנדסיות טכנולוגיות ולראות מה אפשר להעביר ואיך, ומה אי אפשר להעביר.

מיהי לדעתך דמות ראויה להערכה בתחום הביומימיקרי?

ג'ינין בניוס, המובילה את ארגון הביומימיקרי האמריקאי, היא הגורו של התחום. היא מתמחה בייעוץ ולא הגיעה מהאקדמיה. בשנות התשעים יצא לאור ספרה, "biomimicry innovation inspired by nature", ובעקבותיו חלה עלייה משמעותית במודעות לביומימיקרי. הארגון האמריקאי,פועל "להביא את הביולוגים לשולחן התכנון". זאת אומרת שבכל תכנון מוצר, בכל חברה, ישב ביולוג, מתוך מחשבה שבכל אתגר תכנוני שעוסקים בו כדאי לבדוק איך עושים זאת בטבע.

היום זו ממש אקוסיסטמה: יש בכל העולם ארגוני ביומימיקרי שמאורגנים ברשת עולמית, בדרום אפריקה, ביפן, בכמה מקומות באירופה, בארצות הברית, כמובן, ובקנדה.

מה תפקידו של ארגון ביומימיקרי?

את הארגונים האלה ברחבי העולם הקימו אנשים שרוצים להביא את הבשורה של התחום המרתק הזה - כל אחד במקום שבו הוא נמצא.

זה גם מה שאנחנו עושים בארגון הביומימיקרי הישראלי שהקמנו. המטרה שלנו היא לקדם את תחום הביומימיקרי בארץ

אילו נושאים ביומימטיים קיימים בהקשרים לא הנדסיים?

ככל שהשנים עוברות היישומים מתרחבים. הרעיון הוא שאם יש פתרונות בטבע, אפשר להעביר אותם למגוון תחומים, לא רק להנדסה. היום יש יישומים בתחום הניהול, במדעי החברה. במסגרת ארגון הביומימיקרי העברנו במרכז הבין-תחומי בהרצליה קורס בניהול במסלול מנהל עסקים לתואר שני, שנקרא ביומימיקרי בסביבת הארגון. בקורס נתנו למנהלים תובנות וכלים להסתכל על הארגון העסקי שלהם דרך הטבע. לדוגמה, תהליכי תפעול בארגונים יכולים לקבל השראה מתפעול תהליכים בטבע: ארגון עצמי, אלגוריתמים שנלמדים מנמלים או מדבורים. יש היום תחום שנקרא business ecosystems, כלומר, הסתכלות על הארגון כחלק מהאקוסיסטמה שלו. זו אמנם תפיסה אקולוגית ביולוגית, אבל יש לה משמעות רבה גם בהקשר העסקי מפני שגם בעסקים יש מי שמוביל את האקוסיסטמה ויש אינטראקציה עם גופים נוספים.

הקשר אחר הוא של ביומימיקרי ופסיכולוגיה. למשל, נחקר איך ציפורים נודדות מתמודדות עם העקה שנוצרת בעקבות מסע של אלפי קילומטר בתנאים קשים. את העקרונות שנלמדו יישמו בניהול מצבי לחץ באנשים ויצרו מודל פסיכולוגי למצבים של לחץ ועקה.

כמנוף לחדשנות בכלל ולחדשנות סביבתית בפרט. הארגון הוקם ב-2009 על ידי ד"ר דפנה חן-לנגפורד ועל יְדי, לאחר שנחשפנו לתחום דרך פרויקט יזמי אחר שהיינו מעורבות בו. מעט מאוד מידע היה קיים אז בארגון האמריקאי, ובעברית לא היה מידע. אבל גילינו תחום מעניין שהתאים למה שעשינו באותה תקופה, זיהינו את הפוטנציאל שגלום בו והתחלנו לעקוב אחריו.

המטרה הראשונה שלנו הייתה להפיץ כמה שאפשר את ענף הביומימיקרי כצורת חשיבה אחרת, אופטימית, סביבתית, חדשנית, יזמית וטכנולוגית. אני חושבת שכבר הגענו למודעות יפה מאוד לעומת מה שהיה לפני 2009. אנחנו עושים את זה באמצעות הידיעון שאנחנו מפיצים ומגיע לאלפי אנשים, ובאמצעות כנסים, קורסים ותכניות לימודים.

יש לנו מיפוי של הפרויקטים הביומימטיים המתקיימים בארץ. יש הרבה מאוד פרויקטים, גם באוניברסיטת תל אביב וגם במכון ויצמן. לפעמים יזמים ומחפשי פתרונות בתעשייה ובאקדמיה לא מודעים למונח ביומימיקרי, אך עושים זאת בצורה טבעית.

המטרה השנייה הייתה ליצור למידה מסודרת של התחום. צריך להביא לארץ ידע מחו"ל, ולהנגיש כלים, מתודולוגיות ושיטות לאנשים שרוצים לבצע את התהליך. אנחנו מנסים לגבש קהילה מקומית העוסקת בכך, שנפגשת בכנס ביומימיקרי פעם בשנה. בכנס נערכים מושבים בעלי אופי אקדמי ומושבים בעלי אופי תעשייתי. המטרה היא להיות גורם מחבר בין הידע האקדמי שיש בעיקר בביולוגיה ובין צרכים הקיימים בתעשייה, כל זאת כדי להוות מנוף לחדשנות.

ברמת החזון הלאומי אנחנו באמת מאמינים שלמדינת ישראל יש יכולת להוביל את התחום הזה, גם ברמה עולמית. 50% מבוגרי תואר שלישי בארץ הם מתחום מדעי החיים. זהו הון אנושי אדיר, ויש הזדמנות לקחת את ההון הזה ולהפוך אותו למנוע חדשנות, שמקדם את התעשייה המקומית. יש פה ידע עצום בביולוגיה ברמה מאוד גבוהה, יש פה הנדסה חזקה, ויש פה רוח יזמית. וזה מה שצריך בשביל לקדם את התחום הזה.

מה באמת קיים בתחום הביומימיקרי בתעשייה בארץ?

באתר שלנו יש כבר מעל עשרה תיאורי חברות, ובכל העולם מדובר על כמה מאות יישומים ביומימטיים. דוגמה לכך היא חברת אמורפיקל הישראלית המתבססת על חיקוי מבנה הסידן האמורפי בשלד של סרטנים. סרטנים משילים את השלד שלהם ובונים אותו שוב בתוך שלושה עד ארבעה ימים. לשם כך דרוש הרבה מאוד סידן, וסרטנים אינם חיים בסביבה עתירת סידן. נשאלת השאלה, מאיפה מגיע הסידן? מתברר שסרטנים בולעים סידן ואוגרים אותו במעין גסטרוליט, ומשתמשים בו בתהליך בניית השלד. כשחקרו את הסידן שבגסטרוליט גילו מבנה של סידן אמורפי, שיש לו הרבה מאוד יתרונות ביכולת הספיגה בגוף. היום מפתחים בחברה זו תוספי סידן המבוססים על הסידן האמורפי של הסרטן. דוגמה אחרת, בתחום הרפואי, היא חברת ננוסייט, שחקרה את מנגנון הצריבה של שושנת הים, שיורה מיקרו-מזרקים כדי לתפוס את טרפה. בחברה זו פיתחו פלטפורמה להחדרה תת-עורית של חומרים לצרכים רפואיים ואסתטיים.

כמו כן קיימות שתי חברות שעשו אקזיט. האחת, חברת סייברה. בהשראת המנגנון שמשמש את הגוף להתמודדות עם התקפות של וירוסים, פיתחה החברה טכנולוגיית אבטחה לסייבר. חברה זו עשתה ב-2014 אקזיט של 220 מיליון דולר. דוגמה אחרת היא חברת סטורדוט. פרופ אודי גזית מאוניברסיטת תל אביב חקר פפטידים מסוימים במחקר על אלצהיימר. גזית גילה פפטיד בעל תכונות חשמליות ואופטיות מיוחדות שאפשר לנצלו לטעינה מהירה; כלומר, אפשר להניח את הטלפון הנייד בעמדת טעינה ובתוך 30 שניות הסוללה טעונה. בעקבות זאת הוקמה חברת סטורדוט, שהציגה כבר הוכחת היתכנות ומעוררת הרבה מאוד עניין בעולם. טכנולוגיית טעינה מהירה יכולה למשל לחולל מהפכה בתעשיית כלי הרכב החשמליים. זוהי דוגמא לפיתוח ביומימטי שהגיע מהשטח: תחילה זוהו הפפטידים הייחודיים האלה, בהמשך תורגם ויושם הידע בפתרון הטכנולוגי.

אילו נושאים ביומימטיים קיימים בהקשרים לא הנדסיים?

ככל שהשנים עוברות היישומים מתרחבים. הרעיון הוא שאם יש פתרונות בטבע, אפשר להעביר אותם למגוון תחומים, לא רק להנדסה. היום יש יישומים בתחום הניהול, במדעי החברה. במסגרת ארגון הביומימיקרי העברנו במרכז הבין-תחומי בהרצליה קורס בניהול במסלול מנהל עסקים לתואר שני, שנקרא ביומימיקרי בסביבת הארגון. בקורס נתנו למנהלים תובנות וכלים להסתכל על הארגון העסקי שלהם דרך הטבע. לדוגמה, תהליכי תפעול בארגונים יכולים לקבל השראה מתפעול תהליכים בטבע: ארגון עצמי, אלגוריתמים שנלמדים מנמלים או מדבורים. יש היום תחום שנקרא business ecosystems, כלומר, הסתכלות על הארגון כחלק מהאקוסיסטמה שלו. זו אמנם תפיסה אקולוגית ביולוגית, אבל יש לה משמעות רבה גם בהקשר העסקי מפני שגם בעסקים יש מי שמוביל את האקוסיסטמה ויש אינטראקציה עם גופים נוספים.

הקשר אחר הוא של ביומימיקרי ופסיכולוגיה. למשל, נחקר איך ציפורים נודדות מתמודדות עם העקה שנוצרת בעקבות מסע של אלפי קילומטר בתנאים קשים. את העקרונות שנלמדו יישמו בניהול מצבי לחץ באנשים ויצרו מודל פסיכולוגי למצבים של לחץ ועקה.



[1] Science Technology Engineering and Math (STEM) היא מדיניות של קידום פרויקטים בחינוך המשלבים את ארבע הדיסציפלינות: מדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה, מתוך מחשבה ששילוב בין התחומים האלה הוא מנוע לקידום ולחדשנות.

מה למדת בתיכון?

למדתי במגמה ריאלית 5 יחידות פיזיקה, כימיה ומתמטיקה. מאוד הצטערתי שלא למדתי ביולוגיה. הייתי לומדת אם היו מאשרים לי, אבל באותה תקופה אם בחרתי במגמות פיזיקה וכימיה - אי אפשר היה לבחור גם את מגמת הביולוגיה. זה פספוס גדול מבחינתי. ללא ספק בביומימיקרי חסר לי ידע ביולוגי. אני קוראת המון, על כל נושא חדש, אני לומדת הרבה, אבל זה לא אותו דבר כמו ללמוד את היסודות.

יש משהו שאת זוכרת מלימודי התיכון?

אני זוכרת את הניסויים בפיזיקה. כנראה בסופו של דבר זוכרים את הדברים החווייתיים: לבנות, לעשות, להזיז, לראות בעיניים; ואת המורה שאמר בשיעור הראשון: אני באתי ללמד. לא באתי להתעסק עם בעיות משמעת. כל מי שלא רוצה שלא יהיה פה. פשוט היה שקט מופתי בשיעורים שלו. הוא לימד טוב.

איך מגיעים למסלול באוניברסיטה המוביל לביומימיקרי?

בעולם נפתחו אפשרויות חדשות ללמוד תואר ראשון ותואר שני בביומימיקרי: בגרמניה יש היום תואר ראשון בשתי אוניברסיטאות. מסלולים לתואר שני קיימים בגרמניה וגם בארצות הברית, חלקם נפתחו רק לפני כשנה. תואר שלישי בביומימיקרי תמיד אפשר ללמוד במסלול אישי, כמו שאני עשיתי.

אנשים מגיעים לביומימיקרי משני תחומים עיקריים: מדעי החיים והנדסה. קיימת עדיפות כלשהי להנדסה מכנית, מפני שטווח הפתרונות בטבע הקשור לאלמנטים מכניים, כנראה נגיש יותר ליישום. כמובן, הטוב ביותר הוא ללמוד את שני התחומים. יש ויכוח בעולם הביומימיקרי מה מוטב להיות: ביולוג או מהנדס. מובן שלביולוג אין הידע ההנדסי, למהנדס אין הידע הביולוגי, ועליהם לעבוד יחד, בצוותים. לכן, כדי להגיע לעיסוק בתחום אפשר ללמוד תואר ראשון בהנדסה, בעדיפות להנדסת מכונות, ובתואר השני להתמחות בביומימיקרי; או ללמוד ביולוגיה ובתואר השני ללמוד את ההשלמות.

היית רוצה שיפתח כאן מסלול ביומימיקרי באוניברסיטה?

אנחנו מאוד רוצים שיפתח כאן מסלול כזה! זה חלק מהחזון של ארגון הביומימיקרי בארץ. זה יקרה, אבל בעוד כמה שנים. אנחנו רואים את המגמות בעולם: בכל העולם קמים מרכזי מחקר ביומימטיים באוניברסיטאות מובילות, ומתחילות תכניות לימודים לתארים ראשון ושני; חל גידול במספר הפטנטים בתחום; יש יותר ויותר מענקי מחקר שמושקעים בו, אפילו קיים מענק מחקר ייחודי של האיחוד האירופי. יש המון עניין, המון התפתחות, הכול פונקציה של בשלות ושל משאבים, ואני בטוחה שגם בארץ זה יקרה. היום, למשל, באוניברסיטת תל אביב התחום מתפתח: יש מעבדה לביומימיקרי בבית הספר ללימודי סביבה, מוצעים קורסים אקדמיים גם באוניברסיטת תל אביב וגם במרכז הבין-תחומי בהרצליה. כדי להגיע לרמה של מכון מחקר או מסלול לתואר יידרש עוד זמן.

איך אתם מנסים לפתח את תחום הביומימיקרי בארץ?

כדי לממש את החזון אנחנו מאמינים שצריך להתחיל במערכת החינוך ולזרוע את הזרעים שם. להקנות לילדים את צורת החשיבה האופיינית לתחום, לפתח את הסקרנות המדעית הזאת - של החקר, של ההתבוננות. אלה תהליכים שיש לילדים באופן טבעי, ואולי הטכנולוגיה של היום קצת מרחיקה אותם מהם.

יש דוגמאות רבות לפיתוחים ביומימטיים שנזרעו עוד בשלבי הילדות של המפתחים. לאחרונה כתבתי לידיעון שלנו על פיתוח מאוד מעניין: חוקר (לא ישראלי) שגילה שבתוך עין של חסילון (לובסטר) יש מבנה של עדשות, קצת בדומה לעין של זבוב, שמכוונות קרינה אינפרה-אדומה וגם מרכזות אותה. על פי המבנה הזה הוא פיתח שיטה שבה חום של תנורים מפזרי-חום יגיע אל האדם שיושב לצדם ולא יתפזר בכל החדר. זה מאוד יפה, אבל יותר יפה היה איך הוא מתאר את מה שהוביל אותו לעיסוק הזה. הוא מספר על ילדותו בדרום אמריקה, באמזונס, ביערות, וכמה אהב כבר אז להסתובב בטבע, להתבונן ולחקור. כילד תמיד שאל את עצמו איך דברים מנצנצים וברקים. כשגדל ולמד הנדסה חזר למקומות האלה.

ביומימיקרי, מעבר להיותו תחום דעת בפני עצמו, יכול לקדם משמעותית מיומנויות בתחומי ה- STEM (Science, Technology, Engineering and Math). בתחום הביומימיקרי יש מיומנויות הנדרשות בעולם הטכנולוגי-מדעי: חשיבת חקר, חשיבה אנלוגית, חשיבה מערכתית, חשיבה פונקציונלית. אפשר להבנות את הכישורים האלה בצורה מושכלת, באמצעות למידה חווייתית מהטבע.

נוסף לתכנים מדעיים ולמיומנויות חשיבה וחקר, טמון בביומימיקרי ערך מוסף של ערכים סביבתיים וחברתיים הנלווים ללמידה מהטבע.

האם יש פרויקטים בביומימיקרי שמורים יכולים לבצע עם תלמידים?

יש לנו פרויקט לכיתות ט' בבית ספר אורט בנימינה, בשיתוף עם רמת הנדיב. מדובר בתכנית מובנית שבה התלמידים לומדים ביומימיקרי, אבל הייחוד של התכנית הוא בכך שחוקרים מהשטח מאמצים את התלמידים. התלמידים מתחילים ביום חשיפה, שבו חושפים אותם לאורגניזמים מעניינים, בעלי חיים וצמחים שאפשר למצוא ברמת הנדיב, וגם למחקרים שמתבצעים שם. לאחר מכן הם חוזרים לכיתות ומציעים רעיון לפיתוח. כדי לעזור להם בתהליך החדשנות מתקיים יום של יועצים ביומימטים מטעם הארגון שלנו שבאים לבית הספר ועוזרים לתלמידים. לסיום התוצרים שלהם מוצגים ביום שיא מיוחד. בשנה הבאה אנחנו רוצים להפעיל את המודל הזה בבתי ספר נוספים ובמקומות נוספים בארץ: למשל, חוקרים באוניברסיטת תל אביב יאמצו תלמידים באזור המרכז, וחוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון יאמצו תלמידים באזור באר שבע. במפגש עם החוקר יש הזדמנות להכיר את החוקר, להבין מה הוא עושה באוניברסיטה, לשמוע על המחקר שלו. בדומה לתכנית הזאת אנחנו רוצים לקדם תכנית של תעשייה מאמצת. תהליך הלמידה יתחיל מביקור של קבוצת תלמידים בתעשייה. התהליך ימשיך באתגר מעשי כלשהו שהתעשייה מעלה בפני התלמידים, ואלה יציעו לבעיה בתעשייה פתרון בהשראת הטבע.

תכנית אחרת, ותיקה יותר, היא תוכנית לגילאי ד-ו: ביומימיקרי-טכנולוגיה וחדשנות. במסגרת התכנית תלמידים לומדים בצורה מובנית את התחום, תוך תרגול חשיבה ביומימטית והתנסות בפרויקט מעשי, המוצג בסוף השנה בכנס חגיגי.

החזון שלנו הוא לייצר פלטפורמה פדגוגית רב גילאית, הנקראת



Bio-X, לגילאי א-י, לקידום מיומנויות STEM, לצד ערכים סביבתיים וחברתיים, באמצעות למידה מהטבע (ביומימיקרי). בפלטפורמה הזו יהיה דגש תוכני שונה לכל שכבת גיל, בהתאם לתוכנית הלימודים הנלמדת בבית הספר.

כל הפרויקטים האלה מוצעים בשלב זה למערכת החינוך כהעשרה, ואולי יוצעו בעתיד כחלק מתוכנית הלימודים המובנית.

מה עשויה להיות המטרה בהוראת ביומימיקרי בבתי ספר?

יש כמה מטרות. קודם כול זה תחום מצוין להקנות באמצעותו מיומנויות STEM, לחזק ולתרגל אותן. מהתגובות שאנחנו רואים בשטח אנחנו יודעים שזו סביבה מאוד אטרקטיבית לתלמידים: לחקור, להמציא (הם נורא אוהבים להמציא) באמצעות חשיבה חדשנית ויזמית. מטרה אחרת היא ערכית: ערכים של טבע וסביבה מתחברים מאוד לעשייה שלנו. לדוגמה, חיזוק השמירה על מגוון המינים. בתחום שלנו נהוג לומר ש"כל מין שנכחד הוא מורה שאבד". כבוד לטבע, התבוננות בטבע, הסתכלות אחרת על הטבע: הטבע הוא לא רק מחסן של חומרים אלא גם מחסן של ידע ותובנות. מבחינה ערכית יש לתחום המון מה לתת לתלמידים. נוסף על כך טמונה בתחום זה גישה אופטימית בהקשר הסביבתי: במקום להפחיד תלמידים (חסכו במים כי ייגמרו המים בכנרת; או חסכו באנרגיה כי ייגמרו לנו מקורות האנרגיה) - אפשר להסביר להם שיש פתרונות בטבע, בואו נלך ונלמד ממנו. יש בתחום הרבה יותר אופטימיות בהתמודדות מול הנושא הסביבתי.

איזה מסר היית רוצה להעביר למורים?

הייתי רוצה להציע לכל מורה לביולוגיה או למדעי הסביבה לחשוף את התלמידים לתחום הזה לפחות פעם אחת. לדוגמה, לפתוח שיעור בהמצאה כלשהי מהטבע. יש חומרים רבים מאוד ברשת (גם באתר שלנו) שיכולים לחשוף את התלמידים ולעניין אותם, לעודד אותם להסתכל אחרת על הטבע, או להביא דברים מעניינים לכיתה. זה ברמה החווייתית והערכית.

מעבר לזה, חשוב שתלמידים ידעו כשהם לומדים מדעים בתיכון ואולי אחר כך באוניברסיטה, שיש עוד אפשרויות תעסוקתיות ולימודיות שקשורות בביולוגיה ובמדעי הסביבה. זה צוהר חדש שנפתח בפניהם שרק ילך ויתפתח. חשוב שהם ידעו שהוא קיים. זו עוד מוטיבציה ללמוד ביולוגיה ומדעי הסביבה ברמה גבוהה. יש היום מגמה שנקראת התכנסות (convergence) שעוסקת בחיבור בין בסיסי ידע ביולוגיים לבסיסי ידע טכנולוגיים. תחת המגמה הזאת יש תחומים כמו ביוטכנולוגיה, ביוהנדסה, ביורפואה, ביומכניקה וביומימיקרי. החיבור הזה זוהה כמקור החדשנות של המאה העשרים ואחת על ידי אנשים רבים, והמפורסם שבהם הוא סטיב ג'ובס. העידן שבו אנחנו חיים הוא עידן הביו וההנדסה יחד.

קצת היסטוריה

מאז ומעולם התבונן האדם בטבע, אבל בערך משנות השבעים של המאה העשרים נכנסה עדנה לתחום. עם השנים התפתחו טכנולוגיות כמו מיקרוסקופיה אלקטרונית המאפשרת זיהוי מבנים ביולוגיים גם ברמת הננו; התפתחו יכולות מידול ממוחשב שמאפשר לחקור אורגניזמים ולהבין טוב יותר את פועלם, וגם להעביר את הידע לתחום היישומי. כך למשל בדוגמה המפורסמת של מקור השלדג שהיה מודל לעיצוב קטר הרכבת היפנית המהירה, שבה ללא יכולות מידול אי אפשר היה להעתיק את צורת המקור על כל הפרמטרים שלה ולמדל קטר. בדומה לכך, בלי יכולת לרדת לרמת הננו מבחינה מיקרוסקופית לא היו מבינים את מבנה העלה של הלוטוס שהוא מודל לייצור משטחים דוחי מים ולכלוך, וגם לא היו מכירים את מבנה עור הכריש שהיה השראה לפיתוח חליפות לשחיינים.

בהתפתחות תחום הביומימיקרי לאורך השנים מזוהות מספר מגמות: המגמה הראשונה היא חיקוי צורות ומבנים והפונקציות הקשורות אליהם, לרוב ברמת המקרו, והעתקה שלהם למקומות אחרים. לדוגמה, הסקוטש שכולם מכירים: מבנה של זיזים (שמקורם בזרעי צמחים) מצד אחד, שמתחבר ללולאות (שהן מבנה הפרווה של בעלי חיים) מצד שני. הרכבת היפנית היא דוגמה נוספת, כמובן. המגמה השנייה קשורה לפיתוחים רובוטיים המבוססים למשל על מנגנוני תנועה בטבע. דוגמא לכך היא חברת פסטו הגרמנית, העוסקת בפיתוח רובוטים, ויש לה מחלקה קבועה שעוסקת בביומימיקרי. המגמה השלישית בהתפתחות הביומימטית מתרחש בתקופה האחרונה, והיא כוללת פיתוחים ברמת הננו: חיקוי עור הכריש, עלי הלוטוס, כף הרגל של השממית. מה שמאפשר לחקור היום ברמת הננו הוא הטכנולוגיות המתפתחות מצד אחד, והידע הביולוגי ההולך ומצטבר מהצד האחר.

