

מעבדות חיות

מובילים קיימות בקמפוס הטכניון



הקדמה

חוברת זו מציגה את סיכום פרויקטי המעבדות החיות שנערכו בקמפוס הטכניון ביוזמת ובמימון חזית הקיימות, במסגרת הסבב הראשון של התוכנית, בשנת תשפ"ד 2024.

תוכנית המעבדות החיות נולדה מתוך תפיסה הרואה בקמפוס הטכניון זירה ניסיונית ייחודית לפיתוח, בחינה והטמעה של פתרונות קיימות הלכה למעשה. הקמפוס, על מורכבותו התפעולית, האקדמית והאנושית, מאפשר חיבור ישיר בין ידע מחקר, צרכים מערכתיים ואתגרים סביבתיים אמיתיים.

חזית הקיימות יזמה את התוכנית ופועלת כגוף מתכלל המחבר בין מחקר, תפעול וקבלת החלטות מוסדית, במטרה לקדם אחריות סביבתית כחלק בלתי נפרד מהפעילות האקדמית והניהולית של הטכניון. מעבר למימון המחקרים, החזית מלווה את הפרויקטים מתוך ראייה מערכתית, השואפת לייצר ערך ארוך טווח, תשתיות ידע ויכולת הטמעה בקנה מידה מוסדי.

הפרויקטים שנבחרו משקפים מגוון גישות, תחומים ושיטות עבודה, אך כולם חולקים מחויבות משותפת להשפעה סביבתית מדידה ולפוטנציאל יישום ממשי בקמפוס. יחד, הם תורמים לביסוס תפקידו של הטכניון כארגון לומד הפועל באופן אקטיבי לצמצום השפעות סביבתיות ולפיתוח פתרונות בני קיימא.

חוברת זו מרכזת תקצירים תמציתיים של הפרויקטים, הכתובים בשפה נגישה ולא אקדמית, במטרה לאפשר חשיפה רחבה לפעילות שנעשתה, להציג את התובנות המרכזיות שעלו מן השטח, ולשמש בסיס להמשך פיתוח והרחבה של יוזמת המעבדות החיות בשנים הבאות.

ד"ר עטר הרציגר	פרופ"ח אסף שוורץ	פרופ' סבירנה ספטארי
הפקולטה למדעי הנתונים וההחלטות	הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים	הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית
מהו האתגר הסביבתי?	האתגר הסביבתי שמאחורי הפרויקט הוא שחלק גדול מהמשבר האקלימי והאקולוגי נובע מהתנהגויות יומיומיות של אנשים, אך התנהגויות אלו כמעט ואינן נמדדות בצורה שיטתית או משתנות באמצעים יעילים. בחירות יומיומיות כמו מה אנשים אוכלים וכיצד הם משתמשים באנרגיה בבית או בקמפוס יוצרות פליטות פחמן משמעותיות, אך לעיתים קרובות הן נתפסות כרחוקות מ"הבעיה הגדולה" של שינוי האקלים וקשות לשינוי. אוניברסיטאות כמו הטכניון הן זירה מתאימה להתמודדות עם אתגר זה, משום שהן מתפקדות כמעין ערים קטנות ויכולות לשמש כמעבדות חיות לבחינת פתרונות בעולם האמיתי. הפרויקט מתמקד בהבנת התרומה של בחירות יומיומיות אלו לפליטות פחמן ובבדיקת דרכים פשוטות ומעשיות לעידוד התנהגות ידידותית יותר לאקלים. באמצעות חיזוק הקשר של אנשים לטבע והשוואת גישה זו להתערבויות מסורתיות יותר בתחום הרווחה האישית, הפרויקט מבקש להראות כיצד שינוי התנהגותי יכול להפחית פליטות באופן משמעותי, לשפר את איכות החיים, ולהיות ניתן להרחבה מעבר לקמפוס.	הפרויקט מתמקד בפעולות פשוטות ובעלות נמוכה שניתן ליישם באופן מיידי, ללא צורך בהשקעה גדולה. במקום להסתמך רק על טכנולוגיה או מדיניות, הוא מתמקד בשינוי התנהגותי באמצעות עידוד בחירות מקיימות יותר בתחום המזון והשימוש באנרגיה. חיזוק הקשר של אנשים לטבע מאפשר התמודדות עם גורם שורשי לבעיות סביבתיות ותומך בשינוי ארוך טווח. בנוסף, הפרויקט מציע מודל יישומי שניתן לאמץ בקלות גם באוניברסיטאות וארגונים אחרים.
איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות	ההשפעה הישירה כוללת מעבר לתזונה מקיימת יותר והפחתה בצריכת אנרגיה בקמפוס ובבית. כאשר שינויים יומיומיים אלו מיושמים בקנה מידה רחב, הם יכולים להוביל להפחתה משמעותית בפליטות פחמן. באמצעות שילוב בין שינוי התנהגותי לבין ניתוח מחזור חיים, הפרויקט מדגים כיצד בחירות אישיות קטנות מצטברות להשפעה סביבתית ממשית.	אימפקט סביבתי
מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד	המחקר יבחן האם התערבויות קצרות וממוקדות בטבע יעילות יותר מגישות קלאסיות של פסיכולוגיה חיובית בקידום התנהגות ידידותית לסביבה ובשיפור הרווחה האישית. הוא יזהה איזו גישה אפקטיבית יותר ויבהיר את הקשר בין חיבור לטבע, רווחה ובחירות מקיימות. הצעדים הבאים כוללים ניתוח הנתונים, פרסום הממצאים כדי לאפשר למוסדות אחרים ללמוד מהם, שיפור השיטות על בסיס מה שנמצא יעיל, ופיתוח הנחיות ברורות ליישום התכנית ברחבי הקמפוס.	מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד
האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?	כן, הפרויקט ניתן להרחבה במידה רבה. הוא דורש מעט מאוד משאבים, בעיקר שימוש בשטחים ירוקים קיימים, פעילויות קצרות והנחיות פשוטות. ניתן לשלב אותו בקלות בפעילויות קיימות בקמפוס כגון ימי אוריינטציה ותכניות רווחה, והעלות לכל משתתף נמוכה מאוד. כל קמפוס או ארגון שיש לו גישה לשטחים ירוקים יכול ליישם גישה זו.	האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

פרופ"ח שגיא דליות

ד"ר אור אלכסנדרוביץ

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

המחקר נועד לבחון כיצד פריסה מרחבית של חשיפה לקרינת השמש וטופוגרפיה תלולה משפיעה על דפוסי הליכה תוך שימוש בקמפוס הטכניון בנווה שאנן כ"מעבדה חיה". כדי לענות על כך, ערכנו מיפוי מקיף של נתיבי ההליכה בקמפוס ותנאי ההצללה בהם וניטרנו בשיטות של תנועת הולכי הרגל בקמפוס במהלך העונה החמה (מאי-אוגוסט 2025) על ידי איסוף מסלולי GPS דרך אפליקציה ייעודית שהותקנה במכשירים הסלולריים של מתנדבים. למאגר נתונים נוסף ניתוח רחב יותר של מגמות יומיות ועונתיות של הליכה ברגל על פי רישומי כניסה אנונימיים בשערי הטכניון (פברואר 2024 - אוקטובר 2025). על ידי הצלבת נתיבי ההליכה עם מיפוי ההצללה, יכולנו גם להצביע על מוקדים דלי-צל המשמשים את הולכי הרגל בתדירות גבוהה, ובכך לסייע למקבלי ההחלטות בתיעדוף צעדים לעיבוי ההצללה ברחבי הקמפוס.

מהו האתגר הסביבתי?

פרויקט זה הוא צעד ראשון בהתמודדות עם פער ידע משמעותי הנוגע להשפעת היוממות אל קמפוס הטכניון על טביעת הרגל הפחמנית שלו, תוך התמקדות באמצעי התחבורה המקיים ביותר: הליכה. על ידי כימות מספר הסטודנטים ואנשי הסגל הנכנסים לקמפוס ברגל, אמדנו את היקף ההתניידות הלא-ממונעת אל הקמפוס. על ידי מיפוי נתיבי הליכה בתוך הקמפוס ותנאי ההצללה בהם, בחנו כיצד הסביבה הפיזית של הטכניון מעודדת הליכה בתחומי.

איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות

הפרויקט צפוי להכווין שיפורים ממוקדים בתשתיות ההליכה בקמפוס ולקבוע מדדים להגדלת היקף ההליכה והיוממות הרגלית בקמפוס.

אימפקט סביבתי

בשיאה, היוממות הרגלית לטכניון אינה עולה על 1,800 כניסות יומיות במהלך תקופת הסמסטר. שיעור הולכי הרגל מכלל היוממים הוא נושא למחקר עתידי, אם כי נראה שהתניידות רגלית שולית בלבד ביחס לתנועה ממונעת. בנוסף, ההליכה בקמפוס מתרכזת לאורך הציר המרכזי בכיוון מזרח-מערב, העובר בתוואי שטוח יחסית, בעוד שהחלקים התלולים של הקמפוס מעליו ומתחתיו משמשים פחות להליכה. לאורך הציר המרכזי, מוקדים מרכזיים סובלים מהצללה לקויה, וחושפים את הולכי הרגל בין בנייני הקמפוס המרכזיים לעומס חום שניתן היה למנוע. ראוי לציין כי הולכי רגל השתמשו גם בדרכים עוקפות דרך מגרשי חניה ומדרכות צרות כדי להימנע מהליכה בציר המרכזי. ניטור נוסף של הולכי רגל עשוי לחשוף האם מגמות אלו נמשכות גם בעונה הקרה, והאם הגדלת מספר המתנדבים וגיוון הייצוג של אוכלוסיות הקמפוס השונות בקרבם יניבו תמונה שונה.

מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד

הפרויקט כבר יושם בקנה מידה של קמפוס וניתן לשחזר בסביבות מבוקרות דומות. עם זאת, ניתן ליישם שיטות דומות גם על מחקר שיעסוק הליכה ברשת רחובות עירונית, הנעדרת נקודות כניסה וגבולות ברורים.

האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

פרופ' יורם שיפטן	פרופ' ליאת לבונטין	ד"ר נירית לביא אלון
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית	הפקולטה למדעי הנתונים והחלטות	הפקולטה לחינוך, מדע וטכנולוגיה
מהו האתגר הסביבתי? התחממות גלובלית ומשבר האקלים נובעים מפליטות גזי חממה מעשה ידי אדם. צמצום טביעת הרגל הפחמנית (סך הפליטות לאדם או ארגון) היא אמצעי חשוב להקטנת השפעת האדם על הסביבה. מרבית האנשים אינן מודעים לטביעת הרגל הפחמנית שלהם או של הארגון בו עובדים. לשם כך פותח משחק הבריחה "צופן הפחמן" בקמפוס הטכניון. מטרת המשחק לעורר מודעות בקרב המשתתפים לטביעת הרגל הפחמנית כמושג ולחשיבותו בהקשר למשבר האקלים, לחשוף בפני המשתתפים את מרכיבי טביעת הרגל של הטכניון (נסועה, אנרגיה, צריכת משאבים וקיצוז פחמן באמצעות עצים) וכן להציג את הפעילויות שנעשות בטכניון בהקשר זה (למשל התייעלות אנרגטית, רכבי הסעות, חנות יד שניה, גן אקולוגי ועוד). בין מטרות המשחק להניע את המשתתפים ממודעות לעשייה – לצמצום טביעת הרגל הפחמנית ברמה האישית, היחידתית וכלל טכניונית. משחק הבריחה מתקיים ב 4 תחנות בלב הקמפוס, במשחק מקוון באמצעות טאבלטים. המשחק מיועד לעובדי הטכניון – סגל אקדמי ומנהלי, חוקרים וסטודנטים לתארים מתקדמים, הפועלים בקבוצות קטנות לפתרון חידות ואתגרים.	איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות הפרויקט מעורר מודעות לנושא סביבתי מרכזי – משבר האקלים ולפעולות שיש לבצע על מנת לצמצם את השפעתינו על הסביבה ולפעול באורי מקיים כגון התייעלות אנרגטית, צמצום משאבים והקטנת נסועה.	אימפקט סביבתי האימפקט הסביבתי מושג בזכות הגברת המודעות וכן כתוצאה מפעולות ברמה האישית, היחידתית והכלל טכניוניים לצמצום פליטות גזי חממה.
מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד המשחק מהנה מאוד, תורם לשיתוף פעולה וגיבוש של צוותים, תורם להכרה פיזית של מקומות בטכניון וליצירת זיקה וחיבור למוסד, תורם להגברת המודעות בנושא. אולם, השינוי ההתנהגותי ופעולות לצמצום פליטות כמעט ולא הושגו. לשם כך אנו ממליצים: ליצור המשכיות לתהליך המתחיל בפעילות המשחקית, למשל ליווי ותמיכה לפקולטות, לפעול ישירות מול דרג מקבלי החלטות, להגביר אמון של העובדים בהיתכנות הפעולות לצמצום טביעת רגל פחמנית ובתמיכה בהן, ליישם מדיניות שמעודדת פעולות לצמצום טביעת רגל פחמנית למשל: להחזיר מהלך שהופסק להתייעלות אנרגטית באמצעות תמריצים כספיים; לקדם פעולות כמו עבודה מהבית, עידוד נסיעות משותפות, לפעול יותר בהקשר של חינוך והסברה למשל: להגביר את הנראות של העשייה בטכניון בנושא - לפרסם מידע על פעולות ותוצאותיהן בערוצי התקשורת של הטכניון, לתלות שלטים. לשלב ביקורים במעבדות הממחישות את תרומת הטכניון בנושא, להבהיר איך כל אחד יכול לצמצם את פליטות הפחמן ברמה האישית, לקדם מדיניות חיצונית כמו חובת דיווח פליטות, אכיפה ותמריצים	האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל? ניתן לפתוח את המשחק לסטודנטים ולאורחים מחוץ לטכניון – תלמידים, ציבור רחב. ניתן לעודד מוסדות אקדמיים ואחרים ליצור משחקי בריחה דומים להעלאת המודעות ועידוד לפעולה. לשם כך יש לתקצב מדריך שירכז את הפניות ויתפעל את המשחק.	

פרופ' אהרן שפרכר

פרופ' ארנון בן טור

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

שיעורי תמותה גבוהים בשלבי התבססות של שתילים מהווים מכשול מרכזי בשיקום מערכות אקולוגיות, ייעור והסתגלות למשבר האקלים. תנאי קיצון מקומיים – כגון קרינה סולארית גבוהה, אידוי מוגבר, לחות קרקע מוגבלת ותנודתיות מיקרו-אקלימית – מפחיתים משמעותית את סיכויי ההישרדות של שתילים, במיוחד באזורים צחיחים וצחיחים למחצה. במקביל, פתרונות הגנה קיימים רבים נשענים על חומרים פולימריים מבוססי נפט וחסרים אינטגרציה אקולוגית תלוית-אתר.

מהו האתגר הסביבתי?

מחקר זה בוחן מבני אדמה בהדפסת תלת-ממד באסטרטגיה חומרית-אדריכלית ליצירת תנאי מיקרו-אקלים מיטביים עבור שתילים צעירים. הפרויקט שואב השראה משיטות חקלאיות עתיקות באזורים צחיחים, בהן שימוש מעטפות אדמה או אבן להגנה על צמחים, ומפרש אותן מחדש באמצעות ייצור רובוטי מתקדם. תוך שימוש באדמה מקומית וחומרים ממקורות ביולוגיים (Bio-based), המבנים משמשים כ"מעטפות חיות" זמניות המווסתות חשיפה לשמש, טמפרטורה, זרימת אוויר ואצירת לחות. בניגוד לחלופות תעשייתיות, מעטפות אלו תוכננו לאורך חיים מוגדר, כך שהן מתכלות בהדרגה ומתמזגות חזרה בקרקע.

מתודולוגיית המחקר הינה רב-תחומית וכוללת:

- מדע חומרים: פיתוח תערובות מבוססות קרקע וחומרים ממקור ביולוגי תכונותיהן המכניות ועמידותן בתנאי מזג אוויר משתנים.
- ייצור רובוטי: הערכת יכולת ההדפסה (Printability) והיציבות המבנית של התערובות בהקשר של ייצור מוסף (Additive Manufacturing).
- עיצוב פרמטרי: פיתוח כלי חישובי להתאמת הגיאומטריה של המבנה לנתונים אקלימיים ספציפיים באתר.
- ניטור סביבתי: שימוש במערכי חיישנים להשוואת טמפרטורה, לחות ולחות קרקע בתוך המבנים ומחוצה להם.

הפרויקט עולה בקנה אחד עם חזון חזית הקיימות על ידי קידום פתרונות מבוססי טבע הנתמכים בטכנולוגיות מתקדמות. הוא מדגיש שימוש בחומרים מקומיים בעלי טביעת רגל פחמנית נמוכה ומאמץ תפיסת מחזור חיים המעודדת זמניות והשתלבות חוזרת במערכות טבעיות. הפרויקט מגשר בין מחקר חומרי, עיצוב חישובי ואקולוגיה יישומית.

איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות

הפרויקט פועל בנקודת המפגש בין שימור מדיד לבין תיאוריה אדריכלית-אקולוגית:

אימפקט סביבתי

- יעילות משאבים וצמצום פסולת: על ידי החלפת פלסטיק מבוסס נפט בתרכובות אדמה בשינוע אפס (Zero-kilometer), הפרויקט מונע זיהום מיקרו-פלסטיק וממזער את טביעת הרגל הפחמנית של פעולות השיקום.
- מיקרו-אקלים מותאם: גיאומטריה פרמטרית מייעלת את המיקרו-אקלים סביב השתיל (לחות, צל, רוח), מה שעשוי להעלות את הישרדות השתילים ולהפחית את הצורך בהשקיה מלאכותית.

- עידוד תפיסת מטבוליסטית בארכיטקטורה: הפרויקט מסיט את פרדיגמת התכנון בארכיטקטורה ממבני קבע למעטפות זמניות שמשתתפות במחזור המטאבולי של האתר: השחיקה ההדרגתית של המבנה אינה נחשבת ככישלון, אלא כהצלחתו בה החומר ממנו עשוי המבנה חוזר לקרקע ומזין את השתיל.
- אינטגרציה רגישה: המעבר הוא משליטה בטבע לעבר טכנולוגיה שמעודדת השתלבות במערכות וחומרים מקומיים. המבנה פועל כ"ממברנה חיה", המטפחת מערכת יחסים הדדית שבה ייצור מתקדם משרת את הצרכים הביולוגיים של השתיל וסביבתו.

התוצאות מצביעות על פוטנציאל ברור לשיפור המיקרו-אקלים באמצעות מבני אדמה מודפסים, לצד אתגרים הקשורים לעמידות מכנית וניהול קצבי שחיקה.

מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד

עבודת ההמשך תתרכז סביב:

- ניסויי שדה מבוקרים: מחקר ארוך טווח עם שתילים חיים לכימות ההצלחה הביולוגית.
- אופטימיזציה של החומר: שיפור מקשרים ביולוגיים (ללא צמנט) לעמידות טובה יותר בתנאי מזג אוויר משתנים.

פרויקט "בוסתן": פיתוח גרסה בקנה מידה מלא "מקלט אקולוגי רב-מיני" המקדמת קיום משותף של מינים שונים סביב עץ מרכזי. הפרויקט יוצג לציבור במוזיאון העיצוב חולון בקיץ 2026.

יישום פיילוט בקמפוס הטכניון הוא בר-ביצוע ודורש:

1. תיאום: שיתוף פעולה עם יחידות התחזוקה והסביבה של הקמפוס לבחירת אתר.
2. התרחבות: מעבר לקמפוס, המודל ניתן להרחבה באמצעות שיתופי פעולה עם עיריות, קק"ל וארגוני שיקום סביבתי, כ"ערכת כלים" מודולרית לשיקום אקולוגי.

האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

לצפייה בהצגת המחקר יש ללחוץ כאן

למגר את הניגוב? סילוק לא נאות של מגבונים? טיפול בסילוק פסולת ממגבונים למערכת השפכים באמצעות שינוי התנהגותי

פרופ"ח מישל פורטמן

פרופ' ערן פרידלר

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

מהו האתגר הסביבתי?

האתגר הסביבתי העיקרי נובע מסילוק לא נאות של מגבונים לחים, הנכנסים למערכות ביוט תחת התווית "ניתנים להדחה" או "מתכלים". למרות טענות אלו, המגבונים אינם מתפרקים בקלות בעת ההדחה, מה שמוביל לסתימות בצנרת ביוט, תחנות שאיבה ומתקני טיפול בשפכים. הם גורמים נזק משמעותי לתשתיות, תורמים להצפה של ביוט (CSOs) ופוגעים בסביבה בכך שהם נותרים מושלכים בשטח, מזהמים את המים ויוצרים זיהום של מיקרופלסטיק. לאורך זמן המגבונים מחמירים את הנזק הסביבתי, ומשפיעים על חיות הבר ואיכות המים.

איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות

הפרויקט תורם ליעדי קיימות על ידי קידום מודעות ושינוי התנהגותי בנוגע לסילוק נאות של מוצרי היגיינה אישית בקרב דיירי מעונות הטכניון. באמצעות מעורבות קהילתית הכוללת העלאת המודעות לנושא באמצעות פוסטרים והרצאות, הפרויקט שואף להפחית את הנזקים לסביבה ולתשתיות.

אימפקט סביבתי

הפרויקט הראה שהעלאת מודעות באמצעות התערבויות ממוקדות יכולה להוביל לשינויים התנהגותיים, כגון שיעור גבוה יותר של אנשים שנמנעים מהדחת מגבונים באסלה. בניטור בצנרת הביוב בטכניון גילינו הפחתה משמעותית בנוכחות מגבונים לחים לאחר ההתערבויות, כאשר בנקודות הביוב המנוטרות התקבלה ההפחתה של יותר מ-80% במספר המגבונים בביוב. שינויים התנהגותיים אלה מקטינים סתימות במערכת הביוב, עלויות תיקון תשתיות וזיהום סביבתי, ובכך משפיעים לטובה על איכות המים, הגנת חיות הבר ובריאות הציבור.

מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד

המסקנה העיקרית היא שהתערבויות חינוכיות והעלאת מודעות מסוגלות לשנות את התנהגות הציבור בנוגע לניהול פסולת ויכולות להפחית נזקים לסביבה ולתשתיות הנגרמים מהדחת מגבונים למערכת הביוב. בהמשך, יתכן שיהיה צורך בחיזוק מתמשך של מסרי המודעות לאורך זמן, במיוחד לאור תחלופת הסטודנטים הגבוהה בטכניון.

האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

כן, הפרויקט התקיים כולו בקמפוס וניתן להרחיבו לאזורים נוספים בתוך הקמפוס ומחוצה לו. ייתכן שיהיה צורך להתאים את אופן העברת המסרים לאוכלוסייה שבה אנו רוצים להתערב.

לצפייה בהצגת המחקר יש ללחוץ כאן

פרופ' ח' שני ברט	פרופ' יחזקאל קשי
הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים	הפקולטה להנדסת ביוטכנולוגיה ומזון

מהו האתגר הסביבתי?	הפרויקט מתמודד עם האתגר הכפול של פליטות פחמן ממוסדות ועם תעשיית הבנייה עתירת פלטות פחמן. הוא מציע להפוך את פלטות הפחמן למשאב באמצעות שימוש במיקרואורגניזמים פוטוסינתטיים הלוכדים פחמן ויכולים במקביל לשקע מינרלים כחומר גלם בתעשיית הבניין. הפרויקט הוא שיתוף פעולה בין הפקולטות לביוטכנולוגיה ולאדריכלות, המשלב מחקר ביולוגי עם ייצור בקנה מידה אדריכלי. במסגרת הפרויקט הוקמה מעבדה חיה (בחממה) בקמפוס, שבה גודלו מיקרואורגניזמים בתנאי סביבה אמיתיים ונחשפו לפליטות משריפה של גנרטור דיזל. זן מיקרו-אצות עבר סלקציה, הותאם בהדרגה לעמידות לתנאים משתנים אלה, והראה שיפור משמעותי בקצב הגדילה. ניסויי הגידול הראו כי קיבוע פחמן באמצעות גזי פליטה אמיתיים הוא אפשרי כאשר הרכב הגז מווסת. בנוסף, הפרויקט הדגים הדפסה תלת-ממדית רובוטית של רכיבי בניה מבוססי מיקרו-אצות בקנה מידה אדריכלי תוך שמירה על פעילות ביולוגית, ובכך הציג תהליך מלא מלכידת פחמן ועד ייצור חומר בניה.
איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות	הפרויקט מממש את ייעוד הטכניון ליישום מדע, הנדסה וטכנולוגיה להגנת הסביבה ולקידום פיתוח בר-קיימא. הוא מתמודד עם זיהום אוויר ועם פליטות הקשורות לאנרגיה בקמפוס באמצעות בחינת שיטה מעשית לשימוש חוזר ב-CO₂ לצרכים של בנייה בת-קיימא שמחליפה תהליך בעל פלטות פחמן משמעותיות. הפרויקט ממשיך את גישת "הקמפוס הירוק" בכך שהוא משתמש בקמפוס כאתר ניסוי מציאותי, למחקר בסיסי התורם לפתרונות סביבתיים יישומיים.
אימפקט סביבתי	הפרויקט מדגים, בקנה מידה ניסיוני, כי ניתן לעשות שימוש ביולוגי חוזר בפליטות הפחמן משריפה, ולא רק לצמצמן. הוא מניח תשתית טכנולוגית לפיתוח חומרי בנייה קושרי פחמן, שיכולים להחליף חלקית חומרים מבוססי מלט שיצורו אחראי לפלטות פחמן כבדות. במונחים מעשיים, הפרויקט מראה כי: 1. פחמן מגזי פליטה אמיתיים יכול לתמוך בגידול מיקרו-אצות. 2. ניתן לייצר ולעצב חומרים חיים בעלי חוזק מספק ובקנה מידה אדריכלי. 3. בעתיד, ניתן יהיה ללכוד מחדש חלק מהפחמן הנפלט בקמפוס ולאגור אותו ברכיבי בניין במקום לשחררו לאטמוספירה.
מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד	המחקר מראה כי מיקרואורגניזמים פוטוסינתטיים יכולים לפעול בתנאי סביבה אמיתיים, כי קיבוע פחמן מפליטות שריפה הוא אפשרי מבחינה טכנית, וכי ניתן לשלב חומרים חיים בתהליכי ייצור בקנה מידה אדריכלי. הצעדים הבאים כוללים הוספת מערכות סינון גזים הנוצרים בשרפת סולר או מעבר למקורות שריפה נקיים יותר, והגדלת היקפי הגידול.
האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?	החזון ארוך הטווח הוא "מפעל ירוק" לגידול מקומי של חומרי בנייה חיים, המשולב בתשתיות הקמפוס והעיר. הגדלת המערכת תדרוש פיתוח הנדסי של מערכות ללכידה, סינון והולכת גזים, המשך פיתוח זני מיקרואורגניזמים יעילים יותרת אופטימיזציה של מערכות גידול חיצוניות לנפחים גדולים, ופיתוח תהליכי ייצור בקנה מידה גדול באתר עצמו.

פרופ' צ'רלס דיזנדרוק

פרופ' עזרי טרזי

הפקולטה לכימיה

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

מהו האתגר הסביבתי?
 הפרויקט עוסק בהצטברות ההולכת וגדלה של פסולת פלסטיק, המהווה אתגר משמעותי לקיימות סביבתית. באופן ספציפי, הוא מתמקד בפלסטיק שאינו ניתן למיחזור באמצעות שיטות מוניציפליות מקובלות, כגון פסולת PP ממעבדות הפקולטה לביולוגיה, וכן בטביעת הרגל הסביבתית הגבוהה של תהליכי ייצור מסורתיים של ריהוט וציוד משרדי.
 המחקר בוחן את היתכנות הפיכת פסולת פלסטיק מהקמפוס לאובייקטים פונקציונליים באמצעות הדפסת תלת-ממד. המעבדה שואפת לבחון תהליך ייצור של מוצרים מכדורי פלסטיק שיועדו במקור לפסולת, ללא מגבלות על גיאומטריה או סוג הפלסטיק.
התהליך: איסוף (נאספים סוגי פלסטיק שונים כגון PP, PET, PE ועוד ממעבדות הביולוגיה בטכניון), **עיבוד** (הפלסטיק נשטף, נגרס ומיובש לפיתיתים או כדורים, המשמשים כחומר גלם), **ייצור** (החומר מודפס באמצעות מדפסת WASP 4070 HDP. למדפסת נפח הדפסה גדול (קוטר 400 מ"מ וגובה 600 מ"מ), תא אטום בטמפרטורה גבוהה ומערכת הזנה ייחודית המאפשרת הדפסה מחומרים ממוחזרים עם מינימום קדם-עיבוד. מערכת סינון אקטיבית מבטיחה תהליך שאינו רעיל).
 הפרויקט משולב בקורסי התואר השני בעיצוב תעשייתי בהובלת פרופ' עזרי טרזי, שבהם הסטודנטים מתכננים מוצרים ארגונומיים וברי-קיימא.

איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות?
 הפרויקט מיישם עקרונות של כלכלה מעגלית ועיצוב מקיים. באמצעות הפיכת פסולת פלסטיק למשאבים בעלי ערך, כגון ריהוט וציוד משרדי, המיוצרים ישירות בקמפוס, הפרויקט מפחית את התלות בשרשראות ייצור חיצוניות ויוצר מערכת סגורה לניהול פסולת בתוך הטכניון.

אימפקט סביבתי
 ההשפעה המרכזית של הפרויקט היא הפניית פסולת פלסטיק מהטמנה וצמצום פליטות הפחמן הכרוכות בייצור ובהובלה של ריהוט חדש. הפרויקט מדגים כי פלסטיק שמקורו בטכניון יכול לשמש מחדש לצרכים מחקריים ופונקציונליים, וליצור ערך סביבתי משמעותי.

מסקנות עיקריות ותוכניות לעתיד
 השימוש במדפסת WASP 4070 HDP מאפשר הדפסה של כדורי פלסטיק ממוחזרים ללא צורך בטיפול כימי נרחב, הודות לתא האטום ולבקרת הטמפרטורה. אבטיפוס של כיסא מודולרי מוכיח כי ניתן לבנות מבנים חזקים ופונקציונליים בשיטה זו.

תוכניות עתידיות:

- תערוכה:** פרויקטים של סטודנטים, כולל מוצרים יומיומיים שעוצבו מחדש כגון שולחנות ארגונומיים ואגרסלים, יוצגו בתערוכה ייעודית ביוני 2026.
- אופטימיזציה:** המשך עבודה להגדרת פרמטרי הדפסה מדויקים ויצירת פרופילים לשימוש חוזר עבור חומרים ממוחזרים שונים.
- התרחבות:** פיתוח שיטה סדורה לאיסוף פלסטיק מכל רחבי הקמפוס.

יכולת הרחבה: כן. לאחר שיוגדרו פרמטרי ההדפסה והפרופילים המתאימים, ניתן יהיה לעשות בהם שימוש חוזר לאורך זמן, מה שיאפשר ייצור עקבי של מודלים מפלסטיק לצרכים מגוונים בקמפוס.
דרישות: הדרישה המרכזית להרחבת הפרויקט היא השלמת פרופילי ההדפסה המותאמים לסוגי פסולת שונים, וכן הקמת מערך איסוף פלסטיק יציב ורחב היקף בקמפוס.

האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

פרופ' סברינה ספטארי

פרופ' דניאל אורנשטיין

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית

הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים

בנייה של מבנים כוללת תהליכים רבים, חומרים, תשומות אנרגיה ותנועת אנשים. לכל אחד מתהליכים אלה יש השפעה סביבתית, המתבטאת בפליטות גזי חממה ובייצור פסולת מוצקה במהלך שלב הבנייה. מאחר שבקמפוס הטכניון מתקיימים מדי שנה כ-5-6 פרויקטי בנייה חדשים או מתמשכים, קיים צורך להבין את תרומת הבנייה לטביעת הרגל הפחמנית הכוללת של הטכניון. מטרת הפרויקט הייתה לכמת את פליטות גזי החממה בהתאם לפרוטוקול ה-GHG בשני פרויקטי בנייה בטכניון, על מנת ליצור נקודת ייחוס להבנת ההשפעה והמשמעות של פרויקטי בנייה בקמפוס. הפרויקט בחן כיצד תהליכי בנייה תורמים לטביעת הרגל הפחמנית של הטכניון, וכיצד ניתן לשפרם, בין היתר באמצעות שיטות בנייה מתקדמות כגון Lean Construction, במטרה לצמצם את ההשפעה האקלימית של הבנייה בקמפוס. הפרויקט עוסק בשאלה סביבתית הנוגעת לפעילות התפעולית היומיומית של הטכניון. צוות המחקר, בהובלת שני חברי סגל מתחומי ההנדסה והתכנון העירוני, ובביצוע של דוקטורנט וסטודנט לתואר ראשון, ביצע תהליך של איסוף נתונים ומידול שנמשך כשנה, תוך שיתוף פעולה עם גורמי תכנון ואחזקה בטכניון. מטרת התהליך הייתה לכמת את טביעת הרגל הפחמנית של בנייה חדשה, ולתרום לחזון חזית הקיימות בטכניון של מדידה, השוואה והכוונת החלטות תפעוליות המשפיעות על שינוי האקלים.

מהו האתגר הסביבתי?

הפרויקט מספק בסיס נתונים ויכולת השוואה (benchmarking) לפעילויות בקמפוס התורמות לשינוי האקלים, ומאפשר קבלת החלטות מושכלת יותר בבחירת חלופות בעלות השפעה סביבתית נמוכה.

איך הפרויקט תורם לחזון ומטרות חזית הקיימות

השפעת פליטות גזי חממה של בנייה חדשה בקמפוס הטכניון.

אימפקט סביבתי

איסוף הנתונים והניתוח עדיין בעיצומם. בכוונת הצוות להשוות את הנתונים שנאספו בפרויקטי בנייה חדשים בטכניון למאגר נתונים רחב שניתח פרויקטי בנייה בבריטניה.

מסקנות עיקריות ותובניות לעתיד

פרוטוקול ה-GHG יכול לשמש כלי להשוואה ומדידה של פעילויות ותהליכים נוספים בקמפוס הטכניון. השיטה שיושמה בפרויקט מתאימה גם לבנצ'מרקינג של פרויקטי בנייה בישראל ובעולם. איסוף נתונים מתמשך על פי פרוטוקול זה יאפשר להבין טוב יותר את השפעת הבנייה על שינוי האקלים, וכן לבחון לאורך זמן הפחתה בהשפעות אלה.

האם ישנה יכולת יישום בקמפוס ומחוצה לו? ומה נדרש לעשות כדי להוציא לפועל?

לצפייה בהצגת המחקר יש ללחוץ כאן