



## במעבדה של ד"ר מיכאל ורנברג הצליחו לייצר שערות מלאכותיות המדמות את אופן ההידבקות של חיפושיות למשטח

22 עמוד

### 400 מהנדסי מכונות מ-36 מדינות השתתפו בכנס ESDA 2008 שנערך בפקולטה

"ביום בו אנשים יתייחסו לכנס בחיפה באופן טבעי כמו לכנס במנצ'סטר או טורינו, נדע שהשגנו את מטרתנו"



4 סיקור הכנס בעמוד

### המרכז הראשון לטיפול רובוטיקה יוצא לדרך



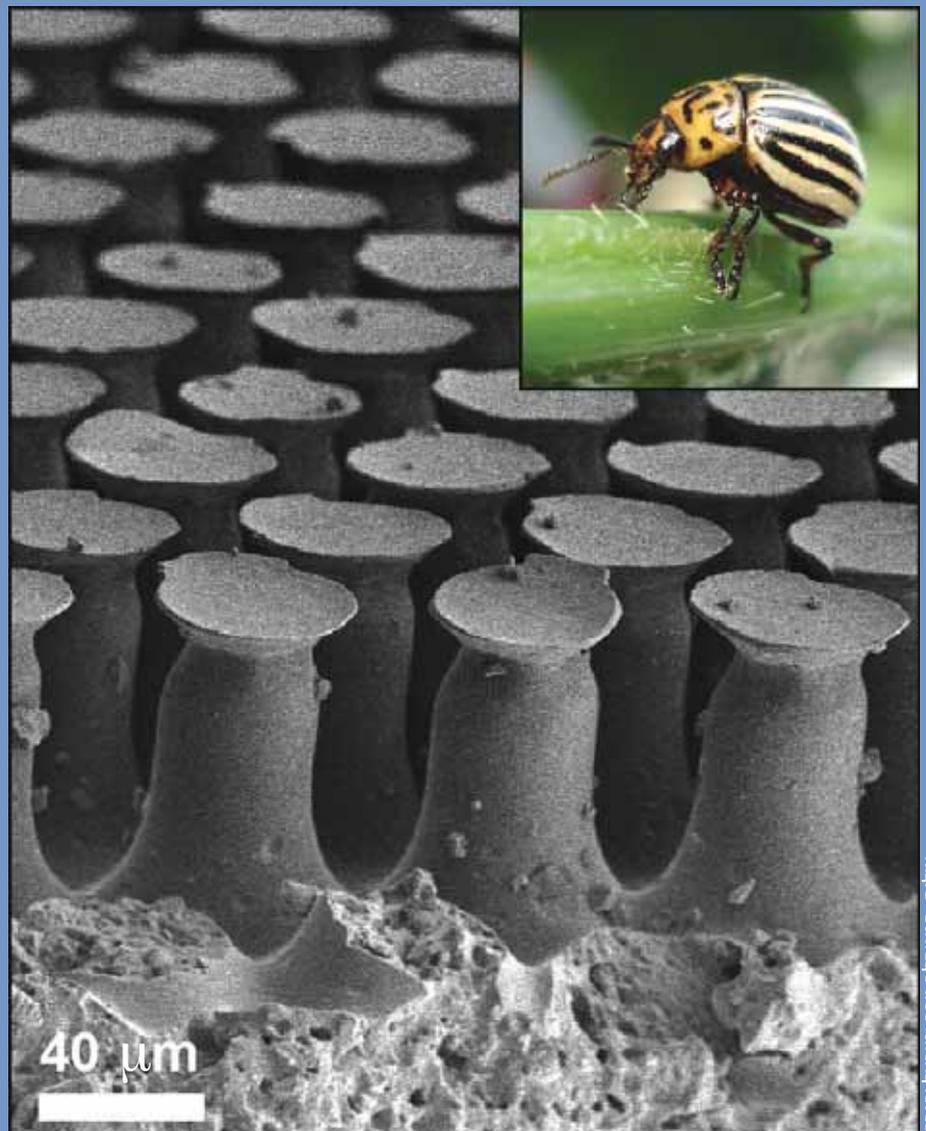
הנהלת בנק לאומי אישרה מתן חסות להקמת מרכז לרובוטיקה בפקולטה בהובלת פרופסור משה שוהם ודר' יבגני קורצ'נוי

6 כתבה בהרחבה בעמוד

### אנרגיה חלופית

"המודעות לאיכות הסביבה ולמגבלות מקורות האנרגיה הביאה יותר מ-65 מדינות להקציב משאבים לתמיכה בפיתוח תשתיות אנרגיה חדשות"

12 מאמר מאת פרופ' איסה בר-און עמוד



צילום: טוניסלב גור, מיכאל ורנברג

24

להצטרפות למאגר בוגרי הפקולטה:

[mealumni@technion.ac.il](mailto:mealumni@technion.ac.il)

ראה עמוד

9

להצטרפות וקבלת מידע על המועדון התעשייתי של הפקולטה להנדסת מכונות:

[merittel@technion.ac.il](mailto:merittel@technion.ac.il)

ראה עמוד

## תוכן העניינים

- **הוכחות בשטח**  
ראיון אישי עם בוגרת הפקולטה דר' אנייס כהן  
עמוד 3
- **אירועים בפקולטה**  
כנס הנדסת מכונות ESDA 2008  
עמוד 4-5  
מרכז בנק לאומי לטיפול רובוטיקה  
עמוד 6-7
- **המועדון התעשייתי**  
עמוד 9
- **מוציאים לפועל**  
מכשור רפואי  
עמוד 10-11
- **סדרת הרצאות "חלון להנדסת מכונות"**  
עם חטיבת מנור וטכנולוגיות - "רפאל"  
עמוד 11
- **אנרגיה חלופית**  
עמוד 12-15
- **עשור של התפתחות בלימודי מוסמכים**  
עמוד 16-17
- **מבוא יצירתי להנדסת מכונות**  
עמוד 17
- **מעבדה חדשה - קירוגניקה**  
עמוד 18-19
- **קוראים כותבים**  
עמוד 20
- **ידיעות בקצרה**  
עמוד 20
- **פרסים לסטודנטים ומשתלמים מצטיינים**  
לשנת תשס"ז - תשס"ח  
עמוד 21
- **חברי סגל חדשים בפקולטה**  
עמוד 22
- **מן העיתונות**  
עמוד 23



עלון מידע של הפקולטה להנדסת מכונות

עורך אחראי: אלכסנדר אורון  
עורכת וכתבת ראשית: תהילה גפני  
הקלדה: פנינה אורן  
ועדת המערכת: יצחק בוכר, עודד גוטליב,  
מרים זקסנהויז, ארז חסמן, זלמן פלמור  
עיצוב והפקה: יחידת הדפוס הטכניון

כתובת אלקטרונית:  
MEyedion@technion.ac.il  
אתר הבית:

<http://meeng.technion.ac.il/Home/News/Newsletter.pdf>

## דבר הדיקן



בין הארועים הפקולטיים בלט השנה כנס ESDA של האגודה האמריקאית למהנדסי מכונות. כנס זה, בתחום תכן ואנליזה של מערכות מכניות, התקיים בפקולטה בחודש יולי בהשתתפות מסיבית של חוקרים מישראל ומחול. אני מברך את פרופ' יורם הלוי ופרופ' ענת פיישר על העבודה המצויינת בניהול וארגון אירוע זה.

הכשרה וחינוך של מהנדסים באקדמיה אינם משיגים את יעדם ללא קשר עם התעשייה. הפקולטה מזמינה נציגים מכל התעשיות המבקשות להעסיק את בוגריה ליצור ולהדק קשרים עם חברי הסגל והסטודנטים. לצורך זה הקמנו פורום תעשייתי המאפשר לחברות להציג את הפרופיל המקצועי של החברה ולעדכן את חברי הסגל והסטודנטים על הנעשה בתעשייה. נציגי החברות מוזמנים להשתתף בהוראה ובהדרכת הסטודנטים כמורים ומדריכי פרויקטים. בראש התכנית עומד פרופ' דניאל ריטל אשר מרכז את הפעילות של קשרי הפקולטה עם חברות תעשייתיות.

השנה אנו קלטנו שני חברי סגל חדשים ואני סמוך ובטוח שחברי הסגל הוותיקים וצוות העובדים יעזרו להם להיקלט ולהתאקלם בפקולטה. ד"ר דוד גרינבלט הצטרף לפקולטה בתחום בקרת הזרימה ואנרגיה וד"ר מיכאל ורנברג הצטרף בתחום טריבולוגיה של מיקרו-מערכות. בשנה הבאה מצטרף לפקולטה חבר סגל חדש נוסף - ד"ר ספי גיבלי בתחום של מכניקת מוצקים וביו-מכניקה. כמו כן, אנו מציינים את פרישתו של פרופ' אברהם שיצר לגימלאות ומאחלים לו שנים ארוכות של המשך פעילות פוריה בפקולטה ומחוצה לה.

אנו נמשיך במאמצינו לזהות חוקרים מצויינים ולהביאם לפקולטה כחברי סגל בתחומים שונים, כולל אנרגיה, תכן, ייצור ועוד. בהקשר זה אני מודה לפרופ' איסה בר-און, פרופ' אורח בפקולטה, על תרומתה האקדמית ובפרט על ההוראה בנושאי אנרגיה. בשנה הבאה יצטרף לפקולטה ד"ר עמיהוד הרי כמדען אורח בתחום התכן.

ברצוני לברך את 155 בוגרי מחזור ע"ט ולאחל להם הצלחה בהמשך דרכם. אני פונה לכל הבוגרים וקורא להם לשמור על קשר עם הפקולטה. ניתן לכתוב אלינו באמצעות דוא"ל [mealumni@technion.ac.il](mailto:mealumni@technion.ac.il)

**ב ב ר כ ה ,**  
**פרופ' מיכאל שפירא**  
**דיקן הפקולטה להנדסת מכונות**

השנה האקדמית תשס"ח היתה מיוחדת מכל הבחינות. עקב שביתת הסגל האקדמי הבכיר שפרצה באוקטובר 2007 שובש כל מערך הלימודים, סמסטר חורף גלש לסמסטר אביב וסמסטר אביב כמעט הפך לסמסטר קיץ. כתוצאה מכך, נוצרו בעיות רבות בקיום ההוראה, התאמת היקפה ללוח הזמנים המקוצר, רישום הסטודנטים ועוד.

אני מודה לסטודנטים, אסיסטנטים, סגל אקדמי, מורים נלווים, צוות טכני ומינהלי של הפקולטה על המאמצים וההתגייסות להוראה תוך שמירה על רמתה האקדמית, מהותה ותוכנה. אני תקווה שבזה הסתיימה שרשרת שנות הוראה "רעות" ושלא נדע עוד תקופות כאלה בעתיד.

למרות הארועים ששיבשו את השיגרה האקדמית המשכנו בבניה ושיפוצים בפקולטה. בבניין לידי דיוויס הושלמה בניית מזכירות לימודי הסמכה ומוסמכים, מבואה לסטודנטים וחדרי שירותים. החלה בנייה של מעבדות מחקר חדשות: המעבדה לטריבולוגיה של מקרו-מערכות בבנין אנרגיה ומעבדה למכניקת זורמים בבנין שריפה. הושלמה בניית המעלית והכניסה לבניין אנרגיה. כמו כן, בבנין המרכז לייצור רובוטיקה נעשית הרחבה של מעבדת הוראה ברובוטיקה וגם קירוי ומיזוג של המעבדה לניווט רובוטים וזאת מכספי תרומה של אלמנתו של פרופ' F. Freudenstern.

אנו פועלים באופן קבוע לגיוס בני נוער איכותיים ללימודים בפקולטה להנדסת מכונות ומעודדים הצטיינות אקדמית. מחזור ז' של "תכנית ברקים" - תכנית המצויינים הפקולטית בשיתוף עם צה"ל - מונה 12 בני ובנות נוער מבריקים שיתחילו את לימודיהם בשנת הלימודים תשס"ט. 5 סטודנטים מצטיינים חדשים הצטרפו לתכנית "רעמים" המאפשרת לימודי המשך לתואר גבוה במסגרת לימודים לתואר ראשון. סטודנטים אלו קיבלו מלגות עידוד מקרן אדמונד ספרא. אחת הדרכים לגיוס בני נוער מצטיינים לפקולטה היא עידוד וחיוזוק הקשר בין תלמידי בתי הספר וחברי הסגל האקדמי והמשתלמים בפקולטה. המרכז לחינוך הנוער ברובוטיקה שהוקם השנה בעקבות תרומה של בנק לאומי, מרחיב את פעילויותיו בהדרכת ובהנחה תלמידי בתי ספר לתחרויות FIRST ברובוטיקה ומושך תלמידים מצויינים להתנסות בתחרויות רובו-נו, רובו-טרפיק ורובו-קפ.

# בוגרת הנדסת מכונות בתעשייה הצבאית: ד"ר אנייס כהן

ד"ר אנייס כהן, היא בעלת תואר ראשון באווירונוטיקה ותואר שני ושלישי בבקרה מהפקולטה להנדסת מכונות בטכניון. ד"ר כהן משמשת כרכזת תחום הבקרה והסימולציה למערכת רקטיות בתעשייה הצבאית.



"בשנה שעסקתי במחקר בתל אביב, הציעו לי תפקידים מהם בחרתי לעבוד בתעשייה הצבאית. התחלתי כמהנדסת ומהר מאוד נכנסתי לתחום מחקרי. היום אני מרכזת את תחום הבקרה והסימולציה למערכות רקטיות בחטיבת המערכות ועובדת על פרויקטים משותפים עם חטיבה נוספת שעוסקת בחימוש רקטי. התפקיד שלי מאתגר ומעניין וחשוב לי מאוד לתרום לתחום ולהמשיך להתפתח."

אנייס נשואה כיום לבוגר הטכניון, אמא לזואל בת 16 ויובל שבכיתה א'.

**אז איך משלבים עבודה ומשפחה?**

"העבודה דורשת מאוד, אבל יש הבנה של הצרכים ולא הייתי צריכה להתפשר. לפני שנתיים ההורים שלי עלו לארץ והם עוזרים לנו."

**איך בא לידי ביטוי היחס בין מספר הנשים לגברים בעבודה?**

בתעשייה הצבאית ידוע שאחוז הגברים גבוה מאוד ולכן עד לפני כשנתיים כשכמה מהוותיקים יצאו לפנסיה לא היתה לנשים כמעט אפשרות להיכנס. מאז הגיעו כמה נשים אבל מספרן עדיין זעום לעומת הגברים. ההבדל בולט בעיקר בזמן ניסויים, בהם היחס עומד על 3 נשים לעומת כ-100 גברים.

**ידוע שמספר הנשים המתמחות בתחום נמוך. האם זה הורגש בזמן הלימודים?**

"ללא ספק הרגשתי במיעוט. בהמשך הלימודים כשתרגלתי, הייתי לפעמים הבת היחידה בכיתה. בתור בחורה במיעוט מסתכלים עליך כל הזמן, הרגשתי שאני צריכה להסביר מה אני עושה שם. אני אפילו זוכרת שהיה מרצה ששאל אותי מה בחורה כמוך עושה במקום של בנים."

"לצערי קיים בארץ מחסום פסיכולוגי חברתי שלא מאפשר לבנות ללכת לתחומים האלו. הבת שלי לשמחתי בחרה ללמוד בתיכון במגמת פיזיקה, אבל מתייחסים אליה ולחברות שהלכו ללמוד איתה כ"חכמות". העובדה שבנות הולכות למגמות ריאליז, נחשב לדבר לא רגיל כמו אצל הבנים וחבל. לכן, אני חושבת שצריך לעניין את הבנות בתחומי ההנדסה כבר בכיתה ו' ולא רק ב"ב. אין דבר שנשים לעומת גברים לא יכולות לעשות, והן צריכות לדעת את זה."

ד"ר אנייס כהן נולדה בצרפת ועלתה לבד לישראל בגיל 18. אנייס, שגדלה בפרבר של פריז, למדה בבתי ספר יהודיים, שתמכו בישראל ועודדו עלייה. במסגרת טיול בית-הספר ביקרה אנייס בישראל, נחשפה למוסדות אקדמיים בארץ והחליטה ללמוד בטכניון. אנייס, שהוריה, מורה ומהנדס מחשבים, נשארו בצרפת, התגוררה יחד עם חברים איתם הגיעה לישראל במעונות שבטכניון.

**מה גרם לך לרצות לעלות לישראל?**

"הייתי בת 18, התחנכתי בתנועת נוער יהודית ובית ספר ציוני, וזה הורגש כדבר הנכון לעשות. זהות היהודית שלי היתה חזקה מאוד, הרגשתי חלק מהעם ורציתי להיות ישראלית. בסוף שנות ה-80, כולם הפגינו בשביל משהו, זו היתה תקופת הרפיוזניקים. היו אלו שהפגינו נגד מה שקרה בניקרגואה, ואנחנו הפגנו ברגליים ועלינו לישראל." איך הגיבו הוריך לצעד זה? "ההורים האמינו שזה צעד חיובי אבל היו מאוד מודאגים. יש לנו משפחה בארץ אבל לא הכרתי אותם."

**איך הסתדרת עם העברית?**

"השפה לא היתה זרה לי, למדתי בצרפת עברית כשפה זרה ונבחנתי על עברית גם בבגרות. כשהגעתי לטכניון גרתי במעונות רוממה של הסוכנות ביחד עם שאר החברים שעלו איתי, מה שללא ספק הקל על ההסתגלות."

**למדת תואר ראשון באווירונוטיקה ותואר שני ושלישי בבקרה. מדוע החלטת ללמוד אווירונוטיקה?**

"הייתי אז מוקסמת ממטוסים ועצמים באוויר. חיל האוויר היה מבחינתי שייא של ישראליות ורציתי להיות חלק מזה. הייתי גם מאוד ריאליז ועניינה אותי מאוד הפיזיקה של כלי טיס."

**ומדוע עברת לתחום הבקרה?**

"לקראת סיום התואר הראשון בהנדסה אווירונוטית הייתי צריכה לחשוב מה לעשות הלאה והחלטתי להתמקצע ולעשות תואר שני בבקרה, תחום מתימטי שהיה קרוב אלי מאוד. רוב החברים אמנם המשיכו לתואר שני בפקולטה להנדסה אווירונוטית אבל לא מצאתי שם מנחה בתחום הבקרה. בקרה קיימת בהרבה תחומים ומערכות ולכן בדקתי כמה פקולטות ביניהן גם את הפקולטה

להנדסת מכונות. לא הכרתי אף אחד במכונות אבל התרשמתי מהתשתיות, היו להם הרבה מחשבים, ספרייה גדולה, מעבדות גדולות, מעבדה לרובוטיקה, והרושם הראשוני שקיבלתי היה שמשקיעים הרבה במחקר. נפגשתי עם מרכז לימודי הסכמה בפקולטה למכונות, פרופ' פנואלי ז"ל, והתייעצתי איתו לגבי האפשרויות העומדות בפניי. הוא היה נגיש ונחמד מאוד והציע לי לא להחליט באופן מיידי בנוגע למנחה, אלא בתחילת הסמסטר. בינתיים הוא הבטיח ללוות אותי עד שאמצא מנחה."

אנייס קיבלה המלצה מידידה ונרשמה לפקולטה. לא הרבה זמן אחרי היא פגשה את פרופסור יורם הלוי שבהנחייתו עשתה את התואר השני והשלישי בבקרה.

**אנייס:** "זו היתה בחירה מצוינת, האווירה שהיתה בין הסטודנטים ללימודי מוסמכים היתה נהדרת. היינו חבורה גדולה, בילינו במסיבות. כולם היו משוכנים ביחד במעבדה והיתה אווירה נהדרת של קמפוס אוניברסיטאי." "במהלך התארים תרגלתי בקורס של פרופסור פלמור שהשפיע עלי רבות והיה דמות מאוד אהודה ומוערכת על ידי הסטודנטים."

אחרי התואר השלישי עשתה אנייס פוסט דוקטורט באוניברסיטת תל אביב, עם פרופ' אורי שקד מהפקולטה להנדסת חשמל.

# 400 מהנדסי מכונות מ-36 מדינות השתתפו בכנס, ESDA08, הגדול ביותר, שנערך בפקולטה



בין התאריכים 7-9 ביולי 2008 נערך בטכניון כנס בינלאומי להנדסת מכונות ESDA 2008,

(9<sup>th</sup> Biennial ASME Engineering Systems Design and Analysis Conference)



דיקן הפקולטה מברך את באי הכנס

גם לאחר פרוץ מלחמת לבנון כשבוע לאחר מכן.

הכנס אורגן במשותף על ידי ASME ועל ידי הטכניון כאשר האחריות בפועל הייתה של אנשי הפקולטה להנדסת מכונות בטכניון. פרופ' ענת פישר הייתה יו"ר ועדת המערכת, פרופ' יורם הלוי - יו"ר הכנס ופרופ' אמריטוס גד חצרוני - יו"ר כבוד. גם הועדה המארגנת וועדת המערכת הורכבו ברובן מאנשי הטכניון בתוספת חברים מאוניברסיטת תל-אביב ואוניברסיטת בן-גוריון.

בכנס השתתפו מעל 400 איש מהם כ-250 מ-35 מדינות. הנציגויות הגדולות היו מארה"ב, איטליה, גרמניה ובריטניה, אך משתתפים הגיעו גם מברזיל, מקסיקו, יפן, קוריאה ודרום אפריקה. בכנס הוצגו 363 מאמרים מהם כ-75% על ידי חוקרים מחו"ל.

ESDA הוא כנס מקיף של האגודה האמריקאית להנדסת מכונות - ASME, המונה כ-100,000 חברים ועוסק בכל נושאי הנדסת מכונות במובנה הרחב ביותר. הכנס הוא האירוע המרכזי של אזור אירופה ונערך בשנים קודמות באיסטנבול (2002), מנצ'סטר (2004) וטורינו (2006). בעקבות מעורבות מתמשכת של נציגי ישראל בהנהלת האזור האירופאי של ASME אירופה, פרופ' אמריטוס יהושע דיין ופרופ' יורם הלוי, הוחלט בשנת 2006 כי הכנס ב-2008 יערך בישראל, החלטה שעמדה בעינה



יו"ר הועדה המארגנת של הכנס, פרופ' יורם הלוי מברך את באי הכנס. על הבמה (מימין) פרופ' ענת פישר, פרופ' מיכאל שפירא, ד"ר פלבינו פרנקו, פרופ' יצחק אפלוני, פרופ' גד חצרוני

ברוח מסורת ESDA, בה הכנס נערך בשטח האוניברסיטה המארחת, כל הפעילות של ESDA08 נעשתה בקמפוס הטכניון. טקס הפתיחה, שבו ברכו את המשתתפים נשיא הטכניון, פרופ' יצחק אפלוני, Dr. Flavio Franco יו"ר ההנהלה האירופאית של ASME ודיקן הפקולטה להנדסת מכונות פרופ' מיכאל שפירא נערך באודיטוריום צ'רצ'יל. קבלת הפנים למשתתפי הכנס בנוכחות ראש העיר, מר יונה יהב, והמשנה לנשיא למחקר, פרופ' משה איזנברג, נערכה במוזיאון הלאומי למדע, הבניין ההיסטורי של הטכניון. שאר הפעילות, כולל מושבים מקבילים, תערוכה מסחרית, ארוחות והפסקות נערכו בבניין ליידי דיוויס ובחצר המרכזית שלו.



הפקת הכנס שנת עבודה מלאה בגלל סיבות ציוניות, ומתוך נאמנות חיפאית וטכניונית. פרופסור הלוי: "לישראל מעמד בכיר בעולם המדעי וחשוב שיהיה לכך ביטוי גם ברמה הפיזית של מיקום הכנסים. ביום בו אנשים יתייחסו לכנס בחיפה באופן טבעי, כמו לכנס במנצ'סטר או טורינו, מדע שהשגנו את מטרתנו".

בנוסף לפן המדעי, הכנס כלל גם פעילות חברתית בה נתאפשר למשתתפים להכיר פנים נוספות של ישראל. ארוחת ערב חגיגית נערכה בקיסריה וקדם לה סיור קצר בנמל ובעתיקות. במסגרת הכנס אורגנו גם טיולים לגליל, לירושלים ולים המלח.

המבנה של הכנס היה בדומה לכנסים המרכזיים של ASME בארצות הברית וכל המאמרים שהוצגו בו עברו שיפוט מדעי מלא וקפדני ופורסמו באסופת המאמרים שלו. הכנס כלל 21 מסלולים מכל שטחי הנדסת המכונות במובנה הרחב ביותר עם דגש על נושאים חדשניים ומתקדמים. בין היתר הוצגו מאמרים בנושאי יישומים רפואיים, ננו-מערכות, תכן ויצור ממוחשבים, בקרה, רובוטיקה, חומרים, טריבולוגיה, ועוד.

הרצאות המליאה הציגו בפני המשתתפים את חזית המחקר, הפיתוח והמעשה בנושאים המרכזיים בהנדסת מכונות כיום. Prof. Nam-pyu Suh - נשיא אוניברסיטת KAIST שבקוריאה ובעל תואר דוקטור כבוד של הטכניון, דיבר על התהליך הקונספטואלי והמעשי המתבצע בעת תכן מוצר חדש. מר יהודה ברניצקי - נשיא אורמת וחבר הוועד המנהל של הטכניון הציג בפני המשתתפים את החזון והמציאות בנושא ניצול אנרגיה גיאותרמית. פרופ' אורי סיוון, ראש מרכז ראסל ברי לננו-טכנולוגיה שבטכניון, הראה כיצד בסדרי הגודל של ננו חלקיקים האלקטרוניקה והביולוגיה נפגשות בהשפעה דו-סטרית, כלומר בקרה אלקטרונית על תהליכים ביולוגיים מחד, ובניית רכיבים זעירים באמצעים ביולוגיים מאידך. Prof. Dawn M. Tilbury מאוניברסיטת משיגן דברה על ניצול מידע לצורך בקרה של מערכות יצור גדולות ומורכבות. היא הציגה כיצד ניתן להשתמש בכלים מתמטיים שפותחו בתחום הבקרה של מערכות פיסיקליות, ובשפע המידע



באי הכנס

הזמין במערכת על מנת להשיג מערכות יצור גמישות ויעילות. ממארגני הכנס נמסר כי: "מבחינת מספר המשתתפים בכלל ומספר הארצות המשתתפות בפרט זהו אחד הכנסים הגדולים ביותר שנערכו בטכניון בשנים האחרונות. מספר המשתתפים גם גבוה במידה נכרת מכנסי ESDA קודמים ואנחנו מקווים שהצלחתו תתרום לקיום כנסים נוספים של ASME ושל ארגונים אחרים במדינת ישראל בכלל ובטכניון בפרט.

במהלך הכנס נוצרה זיקה ברורה בין המשתתפים והטכניון ומתגובות שקיבלנו אנו מאמינים כי הם יהיו שגרירי הטכניון בארצותיהם לשנים רבות".

פרופסור ענת פישר ופרופסור יורם הלוי מספרים כי הקדישו לטובת



קבלת פנים במוזיאון המדע. מארגני הכנס, פרופ' ענת פישר ופרופ' יורם הלוי עם ראש העיר מר יונה יהב

# מרכז בנק לאומי לטיפוח רובוטיקה יוצא לדרך

ראיון עם פרופסור משה שהם וד"ר יבגני קורצ'נוי

מטרת המרכז להוות ארגון גג חינוכי להדרכה והכוונה בתחום הרובוטיקה ולשמש ככתובת לכל העוסקים בתחום בארץ. הדרכתם של טובי המרצים בטכניון, תאפשר לקבוצות ולמנחי הקבוצות להתכונן בדרך המקצועית והנכונה ביותר לתחרויות ומתחם המרכז יספק מרחב הרכבה, בנייה וניסוי. עם התמסדותו של המרכז כארגון גג, יתאפשר בהמשך סיוע כלכלי לקבוצות ברכישת הציוד, באיתור חסויות, מימון נסיעות ועוד.



מימין לשמאל: פרופ' משה שהם וד"ר יבגני קורצ'נוי



מתחרות קדם First

כפרויקט ראשון של המרכז, עובדים מקימו על הקמת תחרות ישראלית חדשה בשם "רובוטראפיק". הרובוט בתחרות זו הוא רכב עם חיישנים המזהה חיישנים אחרים המשולבים בכביש תוך כדי נסיעה, מתריעים על בעיות, מזהים תמרורים, שומרים על מרחק וכדו'.

שאלנו את ד"ר יבגני קורצ'נוי מרכז הפעילות במרכז מדוע מעוניין הטכניון בהובלת תחרות חדשה.

ד"ר קורצ'נוי: "אנו מאמינים שדרך התחרות ניתן להעביר מסר חזק של זהירות בדרכים בגיל צעיר. המשתתפים ששמימתם לבנות תפאורה שלמה מבוססת חיישנים של כבישים, גשרים, צמתים וכדו' יבינו כך, אנו מקווים, את המגבלות של הרכב, של הנהג (מרחק עצירה, מהירות) ושל הכביש וילמדו את חוקי התנועה".

הרעיון לתחרות עלה בעקבות הודעת חברת IBM שיצאה לאחרונה על כך שבחמש השנים

בפקולטה להנדסת מכונות הוקם לאחרונה, מרכז בנק לאומי לטיפוח רובוטיקה בניהולו של פרופסור שהם ובהדרכת ד"ר יבגני קורצ'נוי.

מאות תלמידים וסטודנטים ברחבי הארץ משתתפים מידי שנה בתחרויות רובוטיקה ישראליות ובינלאומיות, וקוטפים פרסים יוקרתיים. בתחרויות אלו על הקבוצות המשתתפות להרכיב דגמים של רובוטים שימלאו תפקידים מוגדרים מראש.

כיום משתתפות קבוצות ישראליות בתחרויות הרובוטיקה היוקרתיות ביותר בעולם ביניהן בתחרות "רובוקאפ", בה מתחרות הקבוצות על הרכבת רובוט שמשחק כדורגל; תחרות "רובונר", בה מתחרים על הרכבת רובוט שהולך במבוך ויודע לזהות ולכבות מקור אש ובתחרויות נוספות.

אחת התחרויות המוכרות אם לא המוכרת ביותר היא תחרות הרובוטיקה של ארגון FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology) 16 שנה בארה"ב ומשתתפות בה גם קבוצות מישראל. בישראל מתקיים זו השנה הרביעית "קדם" FIRST, כשהמנצחים בו נוסעים לתחרות העולמית המתקיימת בארה"ב (ראה הרחבה בהמשך).

לתחום הרובוטיקה בארץ לא קיים כיום ארגון גג שיכול לעזור לקבוצות במימון או במציאת חסויות לרכישת החומרים, לשעות הדרכה, נסיעות לתחרויות בעולם וכדו'. כיום נוסעות הקבוצות בעיקר על חשבון המשתתפים ומשפחותיהם.

הקבוצות הישראליות המשתתפות פועלות בד"כ במסגרת בית-ספרית תיכונית, ללא תקציב והן מונעות בעיקר מכוח הרצון של התלמידים ומהנחייה צמודה של מורה נלהב.

פרופסור שהם ראש המרכז לחקר רובוטיקה בטכניון המעורב מזה שנים בהנחיית קבוצות רובוטיקה יחד עם דיקן הפקולטה להנדסת מכונות פרופסור מיכאל שפירו מצאו כי מלבד החוסר בתמיכה כלכלית, לקבוצות ולמנחי הקבוצות גם אין הדרכה מקצועית. הם הגיעו למסקנה כי זוהי מחויבותו של הטכניון כמוסד טכנולוגי אקדמי מוביל לאפשר לקבוצות אלו לקבל הדרכה מקצועית מאוגדת ולכן הוחלט על הקמת המרכז לטיפוח רובוטיקה (Center for fostering robotic education).

**מטרת המרכז להוות ארגון גג חינוכי להדרכה והכוונה בתחום הרובוטיקה ולשמש ככתובת לכל העוסקים בתחום בארץ. הדרכתם של טובי המרצים בטכניון, תאפשר לקבוצות ולמנחי הקבוצות להתכונן בדרך המקצועית והנכונה ביותר לתחרויות ומתחם המרכז יספק מרחב הרכבה, בנייה וניסוי. עם התמסדותו של המרכז כארגון גג, יתאפשר בהמשך סיוע כלכלי לקבוצות ברכישת הציוד, באיתור חסויות, מימון נסיעות ועוד.**



אנו זקוקים כעת לתקציב נוסף במטרה לשפץ את המקום המיועד למרכז, למימון כוח אדם, בניית רובוטים נוספים וכדו', כך שכל עזרה תתקבל בברכה.

**למידע נוסף ניתן לפנות  
לדר' קורצ'נוי בדוא"ל:  
evgenyk@technion.ac.il**

ללימודי המדעים והטכנולוגיה בקרב בני הנוער ואנו מאמינים כי חינוך לרובוטיקה יכול להצליח דרך תחרויות. בנוסף אני מאמין כי המפגש עם סטודנטים במהלך התחרויות וחשיפת תלמידים למוסד אקדמי תורמת רבות לעידודם להתמחות בתחום גם בעתיד באקדמיה".

מאין מגיע המימון להקמת המרכז? בינתיים התחלנו עם תרומה נדיבה של בנק לאומי שמימן את קניית הציוד הראשוני (ראה הרחבה בהמשך), אבל זוהי רק ריית הפתיחה.

הקרובות תנוסח תכנית לפיתוח כבישים "חכמים" בהם ישולבו בכביש חיישנים ומתוך ההכרה בכך שהתלמידים של היום יכנסו לכבישים של העתיד אשר יכללו גם אם חלקית, חיישנים.

"אנו מקווים להפוך את התחרות לבינלאומית ובכך לשים את ישראל על המפה כדוגמא חדשנית להתמודדות עם חינוך הדור הצעיר לזהירות בדרכים בסביבה המשתנה.

הטכניון מעוניין לעודד ולהחזיר מוטיבציה

## הנהלת בנק לאומי אישרה מתן חסות למרכז לרובוטיקה בפקולטה



ב- 3 באוגוסט 2008 ביקרו אנשי בנק לאומי בפקולטה. במהלך הביקור ולאחר מפגשים עם סגל הפקולטה החליטה הנהלת בנק לאומי לאשר מתן חסות למרכז לרובוטיקה בפקולטה להנדסת מכונות בטכניון שמטרתו עידוד וקידום המצוינות המדעית.

מטעם הבנק השתתפו בסיוור: גב' תמר יסעור, ראש מערך קשרי חוץ ויחסי ציבור, מר יהודה ברגר, מנהל הפרסום, גב' אבישג ברטל, האחראית על נושא התרומות, גב' קרן שרון, ממערך הפרסום והגב' אורנה לוי, ממערך קשרי החוץ ויחסי הציבור.

ההיענות החיובית של הבנק היתה לאור שיתוף הפעולה עם פרויקט FIRST, תכניות כגון Robotraffic, Robocup וכן בשל שיתוף פעולה עם התכנית העתידית "צוערי טכנולוגיה" בחסות נשיא המדינה- תכנית אשר עתידים להשתתף בה אלפי תלמידים מבתי-ספר רבים בארץ.

מהנהלת הבנק נמסר כי בנק לאומי רואה חשיבות רבה בעידוד צעירים ללמוד מדע וטכנולוגיה ולהגיע בסופו של דבר ללימודים בטכניון.

מאגודת דורשי הטכניון נמסר כי כדי לאפשר לפקולטה לרכז את כל הפעילות בתחומה ואף להרחיבה, הוחלט להקצות לכך שטח בבניין האנרגיה השייך לפקולטה, לשדרג את המקום ולרכוש ציוד מתאים. עוד נמסר כי כאשר יוקם בניין חדש לפקולטה, ניתן יהיה לאתר לכך מקום ייעודי.

## תלמידי תיכון משגב בהנחיית מר חיים דריבלין ניצחו בתחרות קדם FIRST שהתקיימה בפקולטה ב-23 במרץ 2008

תחרות FIRST המיועדת לבני נוער, נוסדה בשנת 1992 על ידי החוקר והממציא דין קיימן, במטרה לסייע לתלמידים לפתח יכולות ומיומנויות הנדסיות תוך התנסות במדע ובטכנולוגיה. כל קבוצה מתחרה כוללת תלמידי תיכון, שהודרכו על ידי מורים ומהנדסים מתנדבים מהתעשייה, בעלי ניסיון בתכן הנדסי. קבוצות התלמידים המשתתפות בתחרות, לומדות רובוטיקה ומתחרות בפיתוח, בנייה והפעלת רובוטים על פי המשימות שהוגדרו על ידי ועדת שיפוט. תחרות הרובוטים FIRST מאתגרת את קבוצות התלמידים והמהנדסים לפתור בעיות הנדסיות מקוריות, בתקופה בת שישה שבועות טרם התחרות. זאת, באמצעות הגדרת המשימה, עמידה בחוקי התחרות ובניית רובוט מרכיבים שבחלקם מסופקים על ידי מארגני התחרות.

בחנוכה תשס"ח פנה למרכז מערכות ייצור הרובוטיקה בוגר של פרויקט First וכיום סטודנט הטכניון לירן גורביץ'. הוא יזם תחרות mini-FIRST בטכניון בהשתתפות רובוטים שכבר התחרו ב- FIRST הקודם. המטרה היתה לנצל זמן חופשה ולהתכונן טוב יותר לתחרות הקרובה. דיקן הפקולטה להנדסת מכונות פרופ' מיכאל שפירא, ראש המרכז למערכות ייצור הרובוטיקה פרופ' משה שהם ומנכ"ל FIRST - ISRAEL תא"ל אסף אגמון תמכו ביוזמה והתחרות יצאה לדרך ב- 23 במרץ 2008. חלק פעיל בהכנת התחרות לקחו ד"ר יבגני קורצ'נוי וגב' לאה שטרן מהפקולטה להנדסת מכונות וכן גב' אלישה מקנטייר ומר אדם הילל מאיגרון - FIRST-ISRAEL. בתחרות השתתפו שבע קבוצות תלמידי תיכון מיושבים שונים, כגון חדרה, שוהם, משגב, עמק הפר, תמרה, ראש העין ומכפר הנוער "ימין אורד". בתחרות נכחו אורחים ממשד החינוך וצופים רבים: מורים לטכנולוגיה ותלמידי בתי-הספר. בתחרות ניצחו תלמידי תיכון משגב (מורה מנחה - מר חיים דריבלין). זו הייתה הזדמנות מצויינת לסטודנטים מהפקולטה להנדסת מכונות המתכננים להשתתף בהנחייה במסגרת FIRST, להיחשף לתחרות, ללמוד את כלליה ולצפות באווירה המיוחדת המאפיינת תחרות רובוטיקה זו.



## ביקור משלחת רמת דרג מצרפת

במשלחת השתתפו אדית קרסון, לשעבר ראש ממשלת צרפת, פרופ' ברנרד בלוק, יועץ לנשיא צרפת בנושא חינוך ומחקר ואחרים.

# האסיפה הכללית החמישית של "רשת המצוינות – VRL-KCiP של האיחוד האירופי"

סוגיות של זכויות יוצרים. בהמשך היום, אישרה האסיפה הכללית את הנהלת EMIRAcle (הכוללת את פרופ' שפיטלני שנבחר לסגן הנשיא), נערכו דיונים טכניים וכן הוסכם על הרחבת השירותים החדשים שינתנו ב-EMIRAcle, ביניהם שירותי ייעוץ והדרכה. האסיפה הסתיימה בהרמת כוסית לכבוד EMIRAcle והבעת תודה למארגנים הישראליים.

הטכניון היה אחת מחמשת הקבוצות הפעילות ברשת המצוינות עם נציגים בהנהלה - פרופ' משה שפיטלני, באסיפה הכללית - פרופ' ח' ענת פיישר ובקבוצת הניהול - ד"ר גילה מולכו. חברי סגל נוספים: פרופ' יורם הלוי, פרופ' אבי שטוב ופרופ' דוב דורי מהפקולטה לתעשייה וניהול, ופרופ' אורח מסין Zhi Wu Li חוקרים ומשתלמים מהמעבדה לתיב"ם וחיי המוצר שהשתתפו בפרויקט: דנה בוסין (עורכת מדעית), רותי שניאור, ד"ר סיגל אר, דלית גולדשטיין וד"ר מיכאל פלדמן. תרומה חשובה למחקר נתנו המשתלמים: גיל גוטמן, אלי שטיאסני, עודד זיידמן ואלכס מירופולסקי.



פתיחת האסיפה: פרופ' משה שפיטלני, Prof. Serge Tichkiewitch

השביעית של האיחוד האירופי (FP7) במהלך אפריל 2008. נקודות מבט מעניינות על הנעשה בתעשייה הישראלית נתנו ד"ר אבנר קלונובר מהתעשייה האווירית ומר סגי בריטמן מדאסו ישראל.

אחר הצהריים של היום הראשון היה מוקדש למצגות ובעיקר להתנסות מעשית של 14 כלי תוכנה שפותחו במסגרת ה-VRL המעשיים KCiP שנערכה בחוות המחשבים בפקולטה. מושב ההתנסות היה דוגמא טובה של שיתוף פעולה מדעי. עבור חלק מהמשתתפים, הייתה זו ההזדמנות הראשונה להכיר את כל הכלים ולהתנסות בהם במקום אחד. לאחר יום ארוך ועמוס, המשתתפים נהנו מארוחת ערב חגיגית באווירה המיוחדת של קיסריה העתיקה.

היום השני של האסיפה התמקד בפרויקטים של ה-FP7 ובארגון החדש, EMIRAcle. עו"ד מיני ברויד נתן הרצאה מפורטת ומעניינת ביותר על

האסיפה הכללית החמישית והאחרונה של "רשת המצוינות VRL-KCiP של האיחוד האירופי התקיימה בתאריכים 4-6/3/2008 בפקולטה להנדסת מכונות בטכניון. רשת המצוינות פעלה במשך ארבע שנים כמעבדה וירטואלית ועסקה בפעילות מבוזרת ברשת בנושאי היצור ומחזור החיים של מוצרים. לקראת סיום פעילותה המוצלחת של רשת המצוינות ייסדו המשתתפים את הארגון האירופי למחקר EMIRAcle (חברה בלגית ללא מטרת רווח).

האסיפה החמישית נערכה לציון שני מאורעות אלו. מעל 100 אנשים מ-21 מעבדות המחקר של ה-VRL-KCiP השתתפו באירוע מרתק ופורה זה. עבור חלק נכבד מהמשתתפים, זה היה ביקורם הראשון בארץ.

קבלת פנים באולם ה"רונדו" במלון דן כרמל בחיפה ציינה באופן רשמי את פתיחתה של האסיפה הכללית בערב יום ג' ה-4/3. המשתתפים נהנו מהנוף המדהים, מהכיבוד ובעיקר מפגישת החברים. האווירה המהנה והנינוחה ששררה באירוע השפיעה כמובן על המשך האירוע.

הישיבות הרשמיות החלו למחרת באודיטוריום המחודש בפקולטה. נמשכו יומיים. יו"ר האסיפה פרופ' משה שפיטלני פתח את המושב והזמין את המנ"ל פרופ' משה איזנברג לברך בשם הטכניון ואת דיקן הפקולטה פרופ' מיכאל שפירא לברך בשם הפקולטה להנדסת מכונות. מנהל ISERD - מר מרסל שטון הביא את ברכת המנהלת הישראלית לתוכניות המסגרת למו"פ של האיחוד האירופי. פרופ' משה שפיטלני שמכהן גם כדיקן ביה"ס ללימודי מוסמכים בטכניון הוסיף דברים בשם הקבוצה המארחת. האסיפה נפתחה רשמית ע"י Prof.



מושב ההתנסות בכלי התוכנה בחוות המחשבים בפקולטה



משתתפי האסיפה



# המועצון העשיתי של הפקולטה להנדסת מכונות

## שינה עם פרופ' דניאל ריטל



פרופסור דניאל ריטל

במהלך השנים התחזקו הקשרים בין חברות בתעשייה לפקולטה להנדסת מכונות בעיקר בהיבטים של פיתוח ומחקר. בשנה האחרונה התקבלו בקשות רבות מהתעשייה לחזק את הקשר גם עם סטודנטים ובוגרים בפקולטה.

על מנת לתת מענה לצורך זה החליט דיקן הפקולטה, פרופסור מיכאל שפירא, למסד את הקשר עם התעשייה ומינה לאחרונה את פרופסור דניאל ריטל, ראש המרכז למכניקת חומרים, לסגן הדיקן לקשרים עם התעשייה. במסגרת תפקיד זה אחראי פרופ' ריטל על הקמת מסגרות לשיתופי פעולה עם התעשייה והובלתן.

לאחרם בשלבים מוקדמים. השותפות תוכלנה לארגן ימי עיון, ימי גיוס עובדים, להעניק מלגות, חסויות ועוד. בנוסף, יוכלו נציגי החברות להשתתף וללמוד מקצועות של הפקולטה ואף לפקח על פרויקטים של סטודנטים. לחברות שתהיינה מעוניינות תינתן האפשרות לארגן קורסים וסמינרים לעובדי החברה, לקבל גישה חופשית לספרייה ועוד.

### כיצד ניתן להצטרף למועדון?

פרופסור ריטל: "תמורת דמי חבר שנתיים תוכלנה חברות תעשיות להצטרף למועדון. גובה דמי החבר תלוי בהיקף החברה וכמובן, ברצונה ויכולתה לתרום לשיתוף הפעולה".

פרופסור ריטל: "אנו רואים את התעשייה כלקוחה שלנו וככזאת, אנו מעוניינים לספק לה את הטוב ביותר. מערכת יחסים הדוקה של הפקולטה עם התעשייה תאפשר לנו להכשיר את העובדים והמנהלים הטובים ביותר באופן המותאם לצרכי השוק. אני מאמין שקשר של אקדמיה עם תעשייה מייצר בדרך כלל תוצאות שניתן להמיר למעשים בשטח ואני משוכנע כי הוא יוכח כמשתלם לשני הצדדים. אנחנו מזמינים את החברות להצטרף למועדון שלנו, להכיר את הפקולטה, את הסטודנטים ואת בוגריה ולקבל הזדמנות אמיתית להשפיע."

### מה כוללות המסגרות לשיתוף פעולה?

פרופסור ריטל: "שיתוף הפעולה מבוסס על פורום חברות מייעצות ועל המועדון התעשיתי.

"הפורום המייעץ" מיועד לאנשי תעשייה בכירים וכולל כ-15 חברים בעלי זיקה לתחום הנדסת המכונות. מטרת הפורום לייעץ לפקולטה בנושאים שונים וביכולתו להשפיע על פרופיל הפקולטה בהווה ובעתיד ועל הסטודנטים הלומדים בה. השותפים בפורום בוחנים את תכניות הלימוד, את המקצועות הנלמדים, מזהים צרכים חדשים, מאתרים מורים, מציעים שטחי מחקר וכל זאת כדי לחבר את הלימודים בפקולטה למציאות בשטח.

מטרתו של "המועדון התעשיתי" (*Industrial Affiliates Program*), לתמוך בצרכים ההדדיים של התעשייה ושל האקדמיה. כל חברה במועדון תקבל חבילת הטבות המבוססת על שיתופי פעולה וגישה לסטודנטים ובוגרים של הפקולטה בהיבט התעסוקתי והן בהיבטים של חילופי מידע".

### מה כוללת חבילת ההטבות?

פרופסור ריטל: "מועדון זה הינו מועדון אקסקלוסיבי המאפשר לחברות בו להיות מעורבות בפעילות בפקולטה ובטכניון. החברות מקבלות גישה לסטודנטים ובוגרים איכותיים ואפשרות

**לפרטים נוספים והצטרפות יש לפנות לפרופסור דניאל ריטל בדוא"ל:**

**[merittel@technion.ac.il](mailto:merittel@technion.ac.il)**

# מכשור רפואי

ראיון עם ערן אטלס מהמרכז לטכנולוגיות בסוכרת של המכון לאנדוקרינולוגיה וסוכרת במרכז הרפואי לילדים שניידר

וכעת נמצא המרכז בעיצומם של ניסויים ראשונים בחולים בוגרים. במרכז הטכנולוגי עובדים כיום מלבד ראש המכון לסוכרת, 2 מהנדסי ביו-רפואה, מהנדס חשמל ורופאה.

אחראי הפיתוח ההנדסי במרכז הוא ערן אטלס – (M.Sc) מהנדס ביו-רפואי, בן 29, בוגר המחזור הראשון של הנדסה ביו-רפואית באוניברסיטת תל אביב: "אנו מאמינים כי פיתוח של לבלב מלאכותי יוכל לשפר באופן משמעותי את איכות החיים של חולי סוכרת הנעורים. המשאבה אינה יודעת להתאים את מינון האינסולין לרמת הסוכר באופן עצמאי. לכן, ישמש הבלב החדש כמוח שידע לקבל קלט מחיישן המודד באופן רציף את רמות הסוכר ולהתאים את פעולת הזרקת האינסולין דרך המשאבה לרמות הסוכר הרצויות. הפעילות התחילה בשנה שעברה ואנו נמצאים כיום בראשיתו של תהליך הפיתוח כשהמטרה היא להגיע בסוף השנה הבאה לאב טיפוס שיחבר בין הקלט לפלט."

שהקלה מאוד על חייהם של החולים. המשאבה נמצאת מחוץ לגוף בדומה לאיתורית וממנה יוצאת צינורית המוחדרת אל מתחת לעור. לעומת זריקות האינסולין, מחקה המשאבה את הצורה הפיזיולוגית של קבלת האינסולין והיא אף ניתנת לתכנות.

במרכז הרפואי לילדים שניידר פועל המכון לאנדוקרינולוגיה וסוכרת ובו נמצאים כיום כ-1600 מטופלים בטווח הגילאים של בין מספר חודשים עד 35. כ-600 מתוכם משתמשים במשאבות אינסולין מסוגים שונים.

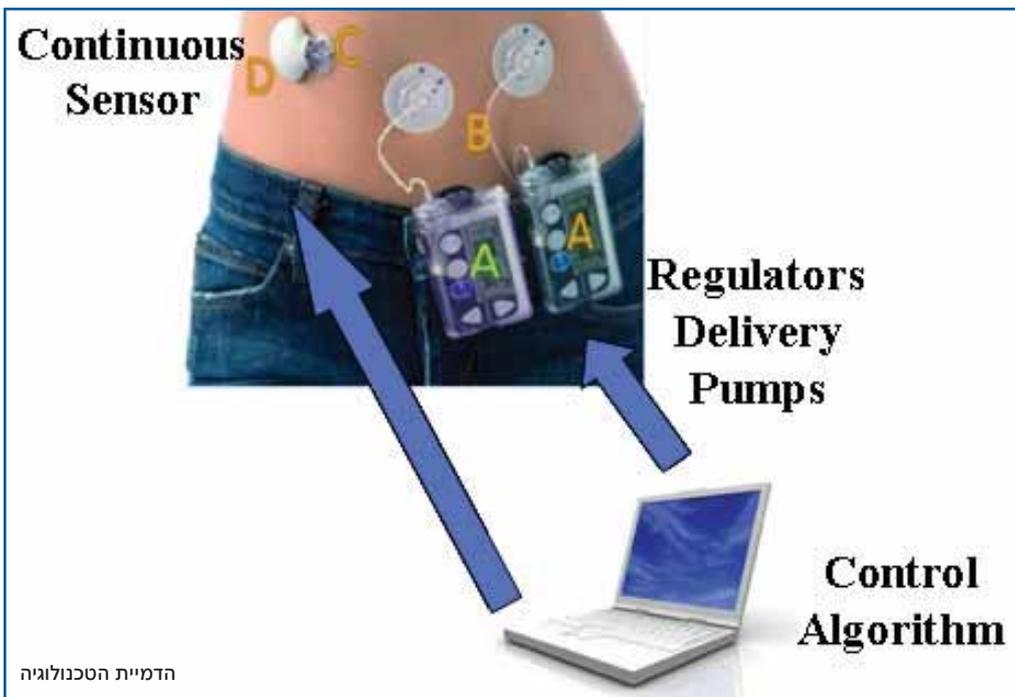
במכון זה פועל זה שנה מרכז טכנולוגי חדש העוסק בפיתוח לבלב מלאכותי. משימתו של הבלב להוות מנגנון בקרה אוטומטי למערכות הסוכר בדם, בין משאבות אינסולין וחיישני סוכר מסחריים המוחדרים ברקמה התת-עורית או בין טכנולוגיות חדשות המתרכזות בחישה של רמות הסוכר בווריד. עד כה נעשו ניסויים ראשונים בבעלי חיים שהניבו תוצאות טובות

הנדסה ביו רפואית היא תחום הנדסי בו משולב ידע בהנדסה, פיזיקה, כימיה, מתמטיקה, מדעי המחשב, ביולוגיה ורפואה על מנת לספק פתרונות הנדסיים לבעיות רפואיות, לתכנן ולפתח מכשור רפואי ולחקור בעיות מתחומי מדעי-החיים והרפואה. אחת הדוגמאות לצורך הרב בפיתוח כלים הנדסיים לפתרון בעיות רפואיות היא מחלת הסוכרת

סוכרת נעורים היא מחלה הפוגעת בתאים בלבלב ומונעת ייצור תקין של הורמונים המווסתים את רמות הסוכר בדם. שני ההורמונים המרכזיים האחראים על וויסות רמות הסוכר בדם הם אינסולין וגלוקגון.

מירב המאמץ בטיפול בחולי סוכרת מושקע בהבאתם לרמות סוכר בדם הדומות לרצויות. מרבית החולים נאלצים למדוד לעצמם את ערכי הסוכר ובהתאם לתוצאות להזריק אינסולין.

בשנות ה-70 פותחה משאבת האינסולין



המרכז לטכנולוגיות בסוכרת נמצא כיום בשלבי קליטת מהנדס לחשרה פנויה, עם רקע בחחום בקרה (עדיפות לבקרה בחחום מערכות פיסיולוגיות).

הדמיית הטכנולוגיה



כי המהנדס בעיקר בתחום המכשור הרפואי חייב ידע הנדסי חזק במכונות. תואר כזה מאפשר למהנדס להיות אינטגרטור של כל המערכת, להתמודד עם כל בעיה ולתקשר עם כל גורם בשפה שלו. היתרון של מהנדס בינתחומי הוא היכולת לקחת בעיה מסובכת מתחום אחד ולפשטה ע"י העברה לניתוח באמצעות כלים מתחום אחר.

בכך ניתן להשתמש בכלים פשוטים יותר לפתרון בעיה מורכבת.

האם יש ביקוש בענף למהנדסי פיתוח בעלי תארים גבוהים מגיסטר ודוקטור? "בטח. עבודות הפיתוח הן עבודות מחקר. ולכן תארים מתקדמים הם בונוס רציני בעיקר לתפקיד של ראש צוות פיתוח. חשוב לציין שהנושא בא לידי ביטוי גם ברמת השכר. אך אין חוקיות. לעתים החשיבה היצירתית מנצחת את מספר התארים האקדמיים".

**לפרטים נוספים נא לפנות לערן אטלס בדוא"ל:**  
[Eran\\_Atlas@dia-tech-center.com](mailto:Eran_Atlas@dia-tech-center.com)

**" היכולת להשתמש בידע שצברתי כדי לייצר משהו מוחשי בתחום הרפואה קסמה לי. רציתי ליצור משהו שיקנה לי סיפוק, משהו מוחשי שאפשר לראות ולהרגיש "**



ערן אטלס

**מדוע החלטת לפנות לתחום המכשור הרפואי?**

"היכולת להשתמש בידע שצברתי כדי לייצר משהו מוחשי בתחום הרפואה קסמה לי. רציתי ליצור משהו שיקנה לי סיפוק, משהו מוחשי שאפשר לראות ולהרגיש".

**כיצד יכולים בוגרי הנדסת מכונות המתמחים בתחומים של רובוטיקה רפואית, ביו-מכניקה, מעבר חום וזרימה, מכניקה חישובית ועוד להשתלב?**

במהלך הפיתוח של מכשור רפואי מתקדם משולב ידע הנדסי מתחומים שונים, החל מהנדסת חשמל (עיבוד אותות, תמונה, בקרה), הנדסת מכונות (פיתוח בקרים, מערכות להולכת חום, קרינה, חוּזק), הנדסת חומרים (חומרים משחררי תרופה, פולימרים) ועוד. מהנדס המכונות נדרש להתערב ברוב תהליכי פיתוח המכשירים. לדוגמה, תכנון חוּזק העטיפה של מכשיר רפואי מסוים, ניתוח מערכת השלד והשרירים בפיתוח מכשור בתחום האורתופדיה, פיתוח של שתלים למפרקים, ניתוח מהלך הזרימה בכלי דם לצורך פיתוחים שונים ומגוונים".

**האם יש כיום ביקוש למהנדסים בתחום?**  
 "יש כיום בארץ הרבה מאוד חברות ומרכזי מחקר בתחום, אבל למרות זאת קשה למצוא עבודה. זהו תחום שמושך כיום הרבה מהנדסים מכל מיני התמחויות משום שהוא מאתגר יותר מפתרון בעיות הנדסיות מוכרות".

**בקרום עשוי להפתח מסלול חדש משותף לפקולטה להנדסת מכונות והפקולטה להנדסה ביו-רפואית "הנדסה ביו-מכנית", כיצד יכול בוגר מסלול כזה להשתלב בתעשייה?**  
 "פעם נתפש מהנדס בינתחומי, כמהנדס כלבויניק ולא מקצועי. אבל כיום השוק מבין

## סדרת הרצאות "גאון הנדסה מכונות" ע"מ

# חטיבת חנור וטכנולוגיות - רפאל



בוגר הפקולטה במחלקת מערכות זעירות ומיוחדות, הציג את מורכבות עבודת מהנדס המכונות במסגרת צוותי עבודה רב-תחומיים לתכנון מיקרו-מערכות אלקטרו-מכניות (MEMS) הכוללות גירוסקופים זעירים, מיקרו-שסתומים ומתגים זעירים.

מר מורן שפיצר, מהנדס מכונות, בוגר הפקולטה במחלקת נפיצים, הציג את פעילות המחלקה לפיתוח ראשי קרב, מרעומים ורכיבים פירוטכניים לטילים ורקטות. ניתנה דוגמה לתהליך פיתוח מלא של מוצר לדוגמה והוצגו סרטי ניסוי.

בצהרי יום ד', 12.12.2007, ניתנו שתי הרצאות במסגרת "חלון להנדסת מכונות" על ידי מהנדסי מכונות ממחלקת מערכות זעירות ומיוחדות ומחלקת נפיצים, מחטיבת חנור וטכנולוגיות ברפאל.

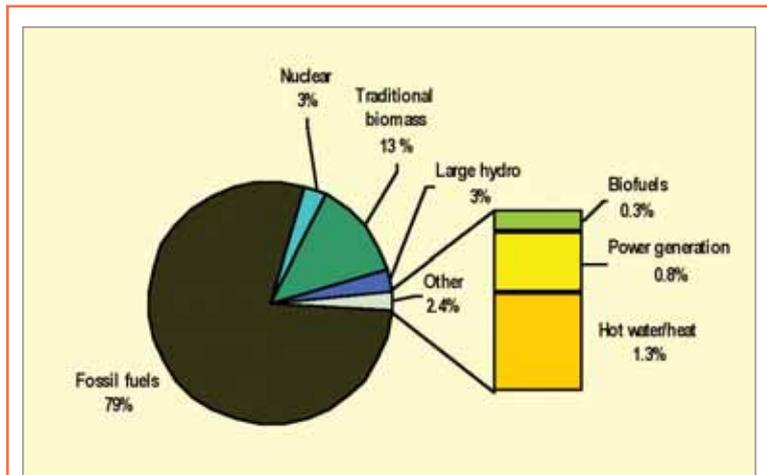
מטרת סדרת הרצאות זו, המאורגנת בשיתוף פעולה עם אגודת הסטודנטים של הפקולטה, להציג בפני קהל הסטודנטים בפקולטה את מגוון העיסוקים בהנדסת מכונות בתעשייה, ואת תהליך התפתחות מהנדס המכונות לאחר סיום לימודי התואר הראשון.

מר רועי נוה, מהנדס מכונות,

# אנרגיה חלופית: אנרגיה מתחדשת ואנרגיה נקיה

מאת פרופ' אורח איסה בר-און, פרופסור ב- Worcester Polytechnic Institute, ארה"ב

העולמית הינה סופית, קיימת עליה בביקוש לאנרגיה הנובעת במיוחד מגידול באוכלוסיה העולמית ומהתפתחות כלכלית של מדינות אסיאתיות מרובות אוכלוסין, כך שהצפי הוא לעליה נוספת ומתמשכת בביקוש לאנרגיה. מתווספת לכך המודעות ההולכת וגוברת כי לשריפת דלקים פוסיליים יש השפעה שלילית על איכות הסביבה. נושא איכות הסביבה, שהיתה בשוליים בשנות השבעים של המאה ה-20, הפך לנחלת הרוב. מזכיר רק בהקשר זה את פרס נובל לשלום לסנטור אל גור ול-IPCC.

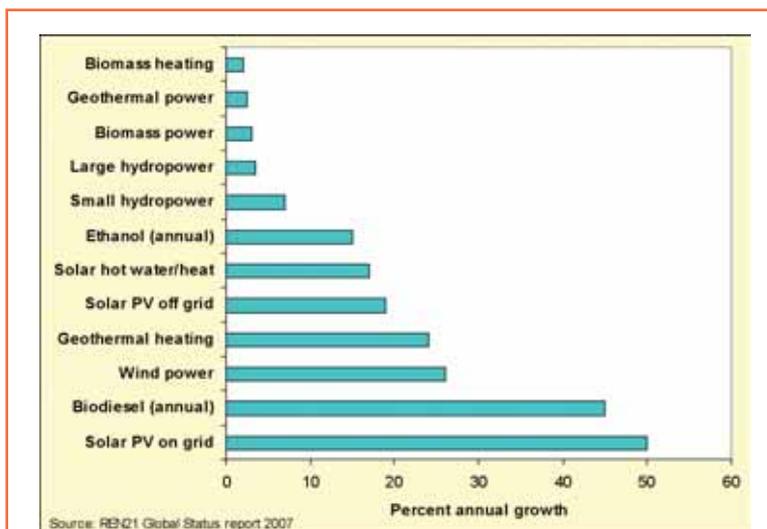


תרשים 1: צריכת אנרגיה עולמית בשנת 2006 וחלקן של אנרגיות נקיות ומתחדשות. מבוסס על נתונים מ-REN21, Renewable 2007 ומקורות נוספים.

המודעות לאיכות הסביבה מחד גיסא, ולמגבלות מקורות האנרגיה מאידך גיסא, הביאה מדינות רבות לתמוך בפיתוח תשתיות לאנרגיות חלופיות. יותר מ-65 מדינות בכל חמש היבשות קבעו יעדים והקציבו משאבים לתמיכה בפיתוח תשתיות אנרגיה חדשות. משאבים אלה כוללים צירוף של הקלות מס, חובת קניית חשמל על ידי חברות החשמל מיצרנים פרטיים (electricity buy back schemes), תמיכה זאת בפיתוח ובתעשייה. תמיכה זאת חשובה כי כיום אין אפילו פתרון אחד המתחרה כלכלית עם הדלקים הפוסיליים המזמינים. זאת אפילו במחיר של יותר מ-\$100 לחבית נפט.

הטבות כלכליות אלו יצרו מצב נוח למשקיעים. אפשר לראות את הגידול בהשקעות בתרשים 3 ממנו עולה כי למעשה הוכפלו ההשקעות באנרגיה נקיה בין 2004 ל-2006. השקעות אלה מאפשרות פיתוח טכנולוגי של מוצרים תעשייתיים שעדיין אינם תחרותיים מבחינה כלכלית, כגון תחנות רוח, מתקני אנרגיה שמש, והפקת דלקי ביו. כמו

אנרגיה חלופית, שמקורה אינו בשמן אדמה או פחם (פוסילית), מהווה כיום כ-21% מכלל צריכת האנרגיה העולמית. ניתן לראות בתרשים 1 שמתוך 21% אלה, 3% הם אנרגיה גרעינית וכ-18% הן אנרגיות מתחדשות (ביו-מסה, ביו-דלק, אנרגיית רוח ומפלי מים). כמו כן, אפשר לראות שמתוך הדלקים המתחדשים, חלק הארי הוא ביו-מסה מסורתית: עץ לבישול וחימום ופסולת אורגנית. הטכנולוגיות החדשות לאנרגיות המתחדשות, כגון אנרגיית שמש, רוח ואנרגיית המים מהוות כיום רק חלק זעיר (2.4%) מכלל צריכת האנרגיה הנוכחית בעולם. התמונה שונה לחלוטין אם נראה את העליה בהספק המותקן של טכנולוגיות חדישות אלה, ובמיוחד בשנים האחרונות. תרשים 2 מראה שהעליה בהתקנות של תאים סולריים, תחנות רוח, ויצור ביו-דיזל, הנה בשעור ממוצע בין 20-50% בשנה, מה שמראה את ההתעניינות הרבה באנרגיות מתחדשות אלו.



תרשים 2: עליה שנתיים ממוצעת לאנרגיה מתחדשת, הספק מותקן, לשנים 2002-2006.

התעניינות דומה באנרגיה חלופית היתה בתחילת שנות השבעים של המאה ה-20 בעקבות משבר הנפט המלאכותי לאחר מלחמת יום כיפור. עליית מחירי הדלק אז נגרמה בעקבות צמצום ההיצע על ידי מדינות אופ"ק וחברות הנפט. התעניינות זאת היתה קצרת מועד ודעכה עם ירידת מחירי הדלק. השאלה היא האם המצב כיום דומה למצב בשנות השבעים. הפעם, המצב נראה שונה. בנוסף לידיעה שכמות הנפט



הדרישה הרבה לתאים פוטו-וולטאיים גרמה בשנים האחרונות לירידה באספקת הסיליקון הנדרש כחומר גלם לתאים. הביקוש הביא לעלית המחירים למרות שסיליקון הינו אחד החומרים השכיחים בכדור הארץ ונוצר צורך להגדיל את יכולת היצור של סיליקון נקי לכמויות הנדרשות. לאחרונה הודיעו חברות רבות שהשלימו את הגדלת יכולת היצור שלהן וניתן כעת לצפות לירידה במחירי הסיליקון.

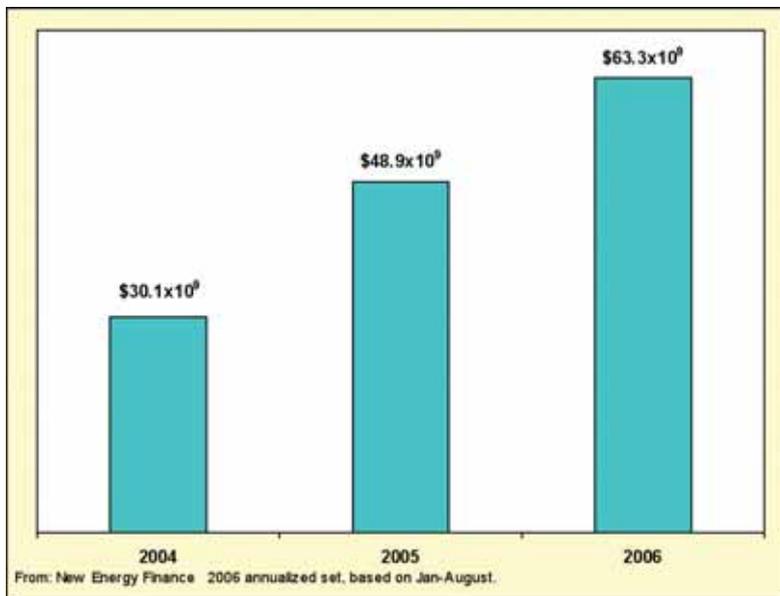
למעשה, הדרישה אינה רק לאנרגיות מתחדשות אלא, ואולי במיוחד, לאנרגיות נקיות מהמקובל כיום. השאיפה היא שכמות הזיהום בייצור האנרגיה ובשימושיה תקטן. דרישות "ניקיון" אלו הובילו לפיתוח תאי דלק, סוללות ושיטות לקשירת פחמן. נזכר שהאנרגיה הנקיה ביותר היא זאת שאין משתמשים בה ולפיכך יש תפקיד נכבד לטכנולוגיות המביאות לחסכון באנרגיה או בצריכת דלק.

ההתעניינות בתאי דלק נובעת מכך שזאת אחת הטכנולוגיות המעטות שעשויות להוביל לתחבורה נקיה יותר. תאי הדלק עשויים להחליף את מנועי השריפה של כלי רכב התורמים כיום כשליש מפליטת גזי החממה. כמו כן, הם עשויים להחליף את הסוללות במכשירים ניידים, כגון מחשבים וטלפונים ניידים כמקור אנרגיה יעיל ונקי יותר. בנוסף, ניתן להתקין אותם בתחנות כוח בהספקים הנעים בין קילו-וואטים בוודדים למאות מגה-וואט. תאי דלק המופעלים באמצעות

כן, השקעות אלה מאפשרות פיתוח של מוצרים שטרם הגיעו לרמה שמבטיחה פעולה תקינה לאורך זמן כמו במקרה של תאי דלק. התוצאות של מדיניות התמיכה בשימוש באנרגיה המתחדשת מתוארות בתרשים 4 בו מומחשת עלית ההספק המותקן של תחנות רוח, תאים פוטו-וולטאיים המחוברים לרשת וייצור של ביו-אתנול.

תחנות רוח הותקנו ביותר מ-70 מדינות עם תפוקה כוללת של יותר מ-95 GW, נכון לשנת 2006, כאשר 65% מהגידול בתחנות הרוח ב-2006 התרכז בחמש מדינות בלבד - ארה"ב, גרמניה, הודו, ספרד וסין. תאים פוטו-וולטאיים המחוברים לרשת מספקים כיום כ-8 GW בלבד, אך תחום זה מתפתח בקצב המהיר ביותר כפי שעולה מתרשים 2. מחצית מהמתקנים החדשים ב-2006 היו בגרמניה בשעור שווה ערך ל-1.5 מיליון בתים עם תאים על הגג. יצור שנתי של ביו-דלק הגיע ל-39 מיליארד ליטר ב-2006 כאשר הגידול העיקרי בתחום זה היה בארה"ב, ברזיל, צרפת, גרמניה וספרד.

השוק המתרחב מאפשר ליצרנים לעבור לשיטות ייצור המוניות ורווחיות יותר. כמו כן, הם יכולים למשוך השקעות שמאפשרות פיתוח של הדור הבא לטכנולוגיה, כגון תהליכי הפקת אתנול מפסולת צמחים במקום מהחלק האכיל שלהם (Cellulosic Ethanol). תהליכים אלה מבטיחים מאזן הפקת דלק מן הצומח בצורה יעילה יותר. שימוש בפסולת הצומח מונע לחץ תחרותי על מחירי מוצרי המזון המבוססים על תירס וסוכר, שכן ייצור דלק (אתנול) מתירס מעלה את מחיר התירס למאכל.

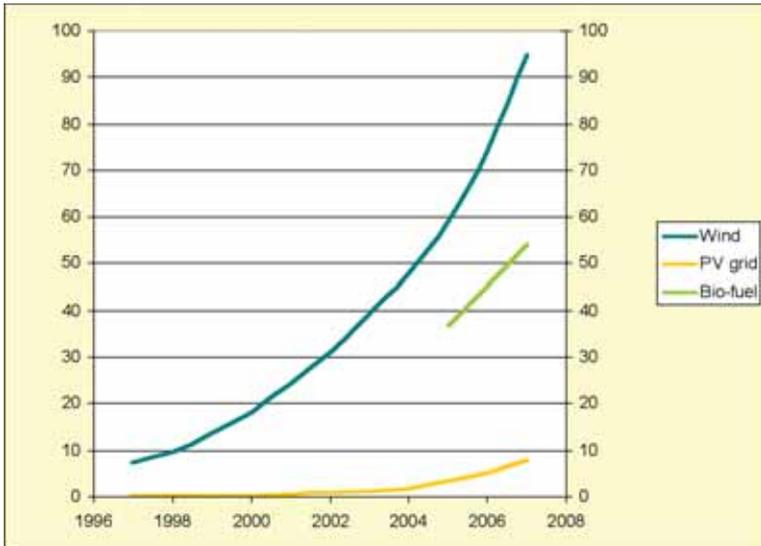


תרשים 3: השקעה עולמית בפיתוח אנרגיה נקיה לשנים 2004-2006.

מחירי תאים פוטו-וולטאיים ירדו בהתמדה בשנים האחרונות, ראה תרשים 5, ועומדים כיום על כ-4800 \$/kW מותקן, שווה ערך ל-0.40 \$/kW בערך. במחיר זה התאים אינם מתחרים בחשמל מסורתי. תהליכי היצור של התאים אמנם דומים בחלקם לתהליכי ייצור של תעשיית המיקרו-אלקטרוניקה, אך המימדים של תאי השמש שונים מאד מאלה שמקובלים בתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה. עובי השכבות הדרושות הינו כעשירית העובי המקובל בתהליכים התעשייתיים הקיימים כיום. אחידות העובי חייבת להשמר במימדים הגדולים בסדר גודל ממה שנהוג עתה. לכן נדרשות השקעות ופיתוחים של שיטות יצור, מדידה ואוטומציה על מנת למלא אחרי הדרישות החמורות ולהוריד את עלות הייצור באופן משמעותי.



## אנרגיה חלופית: אנרגיה מתחדשת ואנרגיה נקיה



תרשים 4: הספק מותקן, תחנות רוח ותאים פוטו-וולטאים המחברים לרשת, ויצור ביו-דלקים לשנים 1996-2007, מבוסס על מקורות שונים.

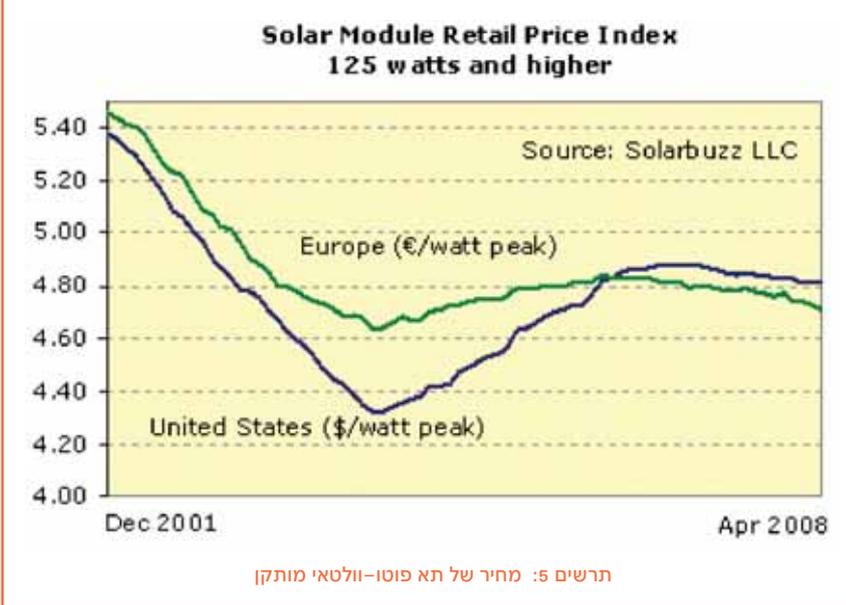
מימן וחמצן יפלטו אדי מים בלבד וכך ישמשו כתחליף נקי ויעיל למנועי שריפה. כיום נראה כי לפחות בעתיד הקרוב מימן לא יהיה נושא האנרגיה וזאת בשל עלויות היצור ובעיות באחסונו. ניתן להפעיל תאי דלק במגוון של דלקים, כגון דיזל, גז טבעי, מתנול, מתן ופחמן דו-חמצני. יתרון השימוש בתאי דלק הוא בנצילות יותר מכפולה ממנוע בעירה פנימית. בשנים האחרונות חלה התקדמות ממשית בביצועים של תאי הדלק, במיוחד בצפיפות ההספק הניתנת להשגה ליחידת שטח. האתגרים העיקריים להיום הם פעולה אמינה לטווח ארוך בתנאי



תנודות קיצוניות בטמפרטורה. עם זאת, הבעיה העיקרית היא עלות ההתקן. בעוד שתחנת כוח מודרנית עולה 1000-1500 דולר ל-kW הספק מותקן, העלות הנוכחית של תאי דלק מוערכת בכ-5000 \$ ל-kW מותקן או אף יותר. תא דלק הוא התקן אלקטרו-כימי ההופך אנרגיה כימית של דלק ישירות לאנרגיה חשמלית. התא מורכב משתי אלקטרודות, אלקטרודת הדלק - אנודה, ואלקטרודת

למעגל החיצוני. בקתודה חמצן מיון על ידי תפיסת שני אלקטרונים ( $1/2O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$ ). האלקטרונים נעים דרך המעגל החיצוני לקתודה כדי לאפשר את ינון החמצן. קצב התגובה מוגבל על ידי יכולת יוני החמצן לעבור את האלקטרוליט כדי לסגור את המעגל, ולעבור תגובה עם יוני המימן באנודה וליצור מים. תפקוד התא תלוי אם כך במוליכות יוני ה- $O^{2-}$  דרך האלקטרוליט. סמפרטורה גבוהה (מעל 800...) משפרת את מוליכות האלקטרוליט, אך סמפרטורה גבוהה יותר מאריכה את תוחלת חייו התא ומקטינה מאמצים תרמיים, משפרת אמינות, ומורידה את עלות ההתקן כולו. לדוגמה, בטמפרטורות מתחת ל-800...C ניתן להשתמש במתכות זולות יחסית לחיבורים במקום סגסוגות יקרות הנדרשות בטמפרטורות הגבוהות. המוליכות מושפעת גם מעובי האלקטרוליט ומשפתת ככל שהאלקטרוליט דק יותר (עד למיקרונים בודדים). רצוי להשתמש באלקטרוליט דק ככל האפשר כל עוד ניתן לייצר אותו בעובי אחיד ובעלות סבירה. יש יתרון להשתמש בחלקיקי ננו בחומר הגלם על מנת להגיע לשכבות דקות אחידות, אך חלקיקי ננו נוטים ליצור גושים השכבה. דרוש מחקר ופיתוח לפתרון בעיה זו.

תנודות קיצוניות בטמפרטורה. עם זאת, הבעיה העיקרית היא עלות ההתקן. בעוד שתחנת כוח מודרנית עולה 1000-1500 דולר ל-kW הספק מותקן, העלות הנוכחית של תאי דלק מוערכת בכ-5000 \$ ל-kW מותקן או אף יותר. תא דלק הוא התקן אלקטרו-כימי ההופך אנרגיה כימית של דלק ישירות לאנרגיה חשמלית. התא מורכב משתי אלקטרודות, אלקטרודת הדלק - אנודה, ואלקטרודת

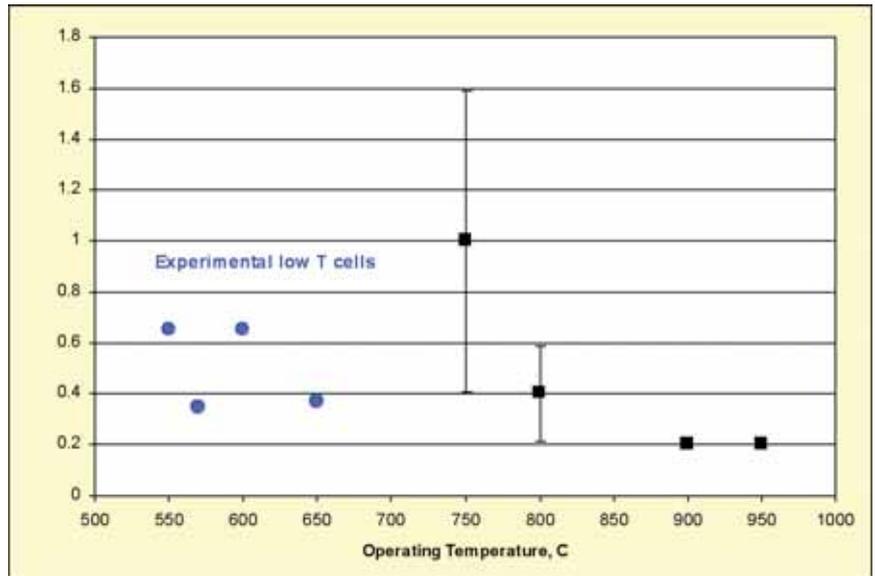


תרשים 5: מחיר של תא פוטו-וולטאי מותקן

בשנים האחרונות הושקע מאמץ רב בפיתוח תאי דלק שיופעלו בטמפרטורות בין 750...C - 850...C ולאחרונה הגיעו אף להספק של  $2 - 1.6 \text{ W/cm}^2$ . ההספק המרבי המתקבל מתא בודד בתאים קיימים מתואר כתלות בטמפרטורת ההפעלה בתרשים 6. תרשים זה מתייחס לתאים מחומרים שונים ושכבות בעלות מאפיינים שונים. המתקנים בעלי הביצועים הטובים ביותר מורכבים מחומרים חדישים ושכבות רבות

החמצן - קתודה וביניהן נמצא אלקטרוליט שהוא חומר מוצק או מלח מותך. בתא דלק קרמי (SOFC) למשל, האלקטרוליט הוא Zirconia. מימן (או CO) מוחזר באנודה ( $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$ ) ותורם שני אלקטרונים

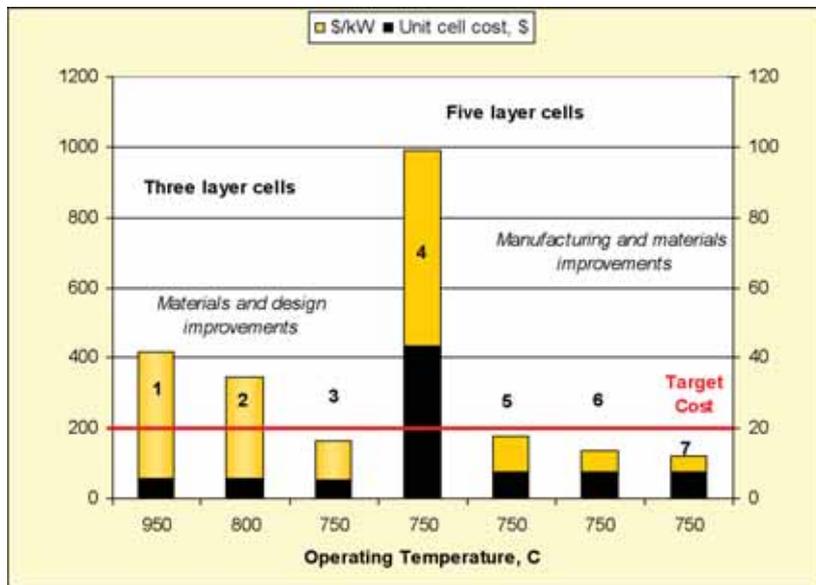




תרשים 6: הספק מרבי בוואט לסמ"ר עבור תאי דלק קרמיים בעלי מבנה שונה וטמפרטורות שונות. סיכום של ערכים המדווחים בספרות. הקיום מתארים תחום של הערכים המדווחים.

עלות תאי השמש לרמה של \$1000 ל-kW מותקן. במחיר זה תאי השמש יוכלו להתחרות כלכלית עם ייצור חשמל מסורתי. מעניין שפיתוח טכנולוגי זה יסייע לפיתוח תאי הדלק, דבר העשוי להוריד את מחיר יצור תאי הדלק לרמה הנדרשת לתחרות כלכלית כפי שהונח במקרים 5-7 בתרשים 7.

ודקות. לכן קשה לייצר אותם בצורה מבוקרת ואמינה. נעשו ניסיונות להוריד את הטמפרטורה ל-500-600...C מה שדורש חומרים קטליטיים יקרים. תאים אלה מצויים עדיין בשלבי פיתוח מוקדמים. כיום, אין יצור המוני של תאי דלק ומכאן שאין מידע על עלויות הייצור. קבוצת המחקר שלנו פיתחה מודל מפורט המחשב את עלות ההתקן כתלות במימדים, פרטי הייצור, ההספק ועוד. כמו כן, המודל מחשב את מספר התאים העומדים בדרישת אחידות עובי שכבות (process yield) במסגרת תהליכי הייצור הנוכחיים.



תרשים 7: מחיר מחושב של תא דלק קרמי. ציר הימין – מחיר ליחידה (שחור), ציר שמאל – מחיר לקילו-וואט (צהוב). מקרים 1-4 נלקחו מהספרות עם יכולת הייצור הקיימת. מקרים 5-7 חושבו עבור יכולת הייצור העתידית.

במחיר זה תאי השמש יוכלו להתחרות כלכלית עם ייצור חשמל מסורתי. מעניין שפיתוח טכנולוגי זה יסייע לפיתוח תאי הדלק, דבר העשוי להוריד את מחיר יצור תאי הדלק לרמה הנדרשת לתחרות כלכלית כפי שהונח במקרים 5-7 בתרשים 7. ייצור עם יכולת הייצור הנוכחיים. תרשים 7 מראה עלות ייצור תא בודד ועלות מחושבת ל-1kW. התאים הבודדים בעלי שלוש שכבות זולים יותר, בעלות נמוכה מ-\$6 ליחידה של 100 סמ"ר, אך במחיר ל-kW גבוה יותר עקב כך שההספק ליחידת שטח קטן. ייצור התאים החדשים בעלי חמש שכבות (חלקן דקות מאוד) דורש בקרת תהליכים העולה על יכולת הייצור הקיימת כיום. העלות בתנאים אלה גבוהה מאוד, ראה תרשים 7, מקרה 4. שלושת הפתרונות בצד ימין (5-7) מניחים יכולת ייצור עם בקרה המתקרבת לזו הקיימת כיום לשכבות עבות.

בחדש מרס הודיע ה-Financial Times שחברת Applied Materials חתמה על חוזה יצור ופיתוח ציוד לייצור תאי שמש עם קבוצת יצרנים מסין בהיקף של 1.9 מיליארד דולר. Applied Materials היא אחת החברות המובילות בתחום הייצור והפיתוח של ציוד לתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה, ומטרת הפרויקט היא פיתוח שיטות ייצור ובקרה שיורידו את

## עשור של התפתחות בלימודי מוסמכים בפקולטה להנדסת מכונות

**חאת: פרופי אלי אלטוס,  
סגן דיקן ללימודי מוסמכים**

לידיעת הקוראים, ובמיוחד לאלה המעוניינים להתפתח לכיוונים חדשים, להלן רשימה חלקית של המקצועות (השמות מדברים בעד עצמם) לתואר גבוה המוצעים כיום ולא היו קיימים לפני עשור, עם שמות המרצים. עוד שני מקצועות חדשים נמצאים "בצנרת". נראה כי תדמית המרצה עם דפי ההרצה המצהיבים שתוכנם איננו משתנה שנים על שנים כבר לא רלוונטית.

- |   |          |
|---|----------|
| 1. מערכות MEMS                            | אילתה    |
| 2. מיקרו-מכניקה של מוצקים                 | אלטוס    |
| 3. שיטות ניסוי במיקרו-מכניקה              | זוסמן    |
| 4. חלקיקים בזרימה                         | שפירא    |
| 5. מעבר חום במיקרו-תעלות                  | חצרוני   |
| 6. תופעות פני שטח ופני ביני בזרימה        | אורון    |
| 7. עיבוד תמונה למיקרו-מערכות              | מני פישר |
| 8. מכניקת מגע                             | קליגרמן  |
| 9. אלקטרו-ומגנטו-מכניקה לשפעול וחישה      | שילה     |
| 10. טריבולוגיה (3 מקצועות)                | עציון    |
| 11. היבטים מיקרו-מכניים בכשל חומרים       | ריטל     |
| 12. היבטים מיקרו-מכניים של חומרים מרוכבים | בתכנון   |
| 13. אמיונות מערכות (2 מקצועות)            | בן-חיים  |
| 14. מכניקת מגע                            | קליגרמן  |
| 15. ניווט רובוטים                         | רימון    |
| 16. תרמו-אלסטיות                          | רובין    |
| 17. בקרה תרמית ברקמה חיה                  | שיצר     |
| 18. דינמיקה כאוטית                        | גוטליב   |
| 19. רשתות עצביות לבקרה ודיאגנוסטיקה       | זקסנהויז |
| 20. תיאוריות קוסרה לחלקי מבנים            | רובין    |
| 21. דינמיקה של מערכות מסתובבות            | בוכר     |
| 22. בקרת מבנים גמישים                     | הלוי     |
| 23. ניווט טילים                           | גוטמן    |
| 24. השהיות בבקרה ובשערוך                  | מירקין   |
| 25. מודלים ורעיונות בדינמיקה לא-ליניארית  | גנדלמן   |
| 26. ננו-אופטיקה                           | חסמן     |

תחום המכניקה ההנדסית, שהיה מוגבל בעבר לנושאי מכניקת זורמים, מוצקים ומבנים, הפך בשנים האחרונות לבסיס לנושאים רחבים הרבה יותר, על ידי צימוד עם שלל תחומים בפיזיקה יישומית: חשמל ואלקטרוניקה (MEMS, Piezoelectrics), ביולוגיה ורפואה (Biomechanics), מגנטיות (Ferromagnetics), אופטומכניקה, קריאוגניקה (תכונות בטמפרטורות נמוכות) ועוד נושאים מיוחדים (Shape Memory alloys), תופעות כאוטיות בדינמיקה ועוד.

התפתחות זו שינתה באופן דרמטי את פני הפקולטה. מספר המעבדות החדשות הוא ללא תקדים. להלן חלק מהן: רובוטיקה רפואית, טריבולוגיה, מיקרו-מערכות (MEMS), קריאוגניקה, תכן משולב, ביו-רובוטיקה, מיקרו-דינמיקה, ניווט רובוטים, אופטיקה ועוד. התפתחות זו נובעת מתחומי המחקר המתחדשים של חברי הסגל בפקולטה, ובמיוחד הצעירים. תוצאה בולטת של שינויים אלה היא שלל מקצועות לימוד חדשים בשנת הלימוד האחרונה של התואר הראשון ובעיקר לתארים גבוהים. בנוסף, פיתוח במגוון של כיוונים מוליד צורך בהתמקצעות בכיוונים נוספים, כגון "עיבוד תמונה", "שיטות סטטיסטיות", ונושאים מתקדמים במתימטיקה.

לאחרונה, עמדה הפקולטה בפני ועדת בדיקה בהרכב של ארבעה ראשי יחידות אקדמיות מן המובילות בעולם בהנדסת מכונות, ששיבחה את ההתפתחויות הנ"ל וציינה את המעבדות החדשות כעומדות באמות המידה הגבוהות ביותר במסגרת אקדמית בינלאומיות. מכאן יוצא, כי בוגרי הפקולטה ומהנדסי מכונות ככלל, שסיימו לימודיהם לפני שנים ספורות בלבד, אינם מודעים כלל לאפשרויות ולנושאים החדשים.

### האם יש מכנה משותף ברור לתחומי לימוד אלה? כן.

- דרישות גבוהות במדעי היסוד: מתימטיקה, חומרים, פיסיקה, שיטות חישוב נומריות.
- תופעות ומנגנונים בסקאלות מיקרו- וננו-.
- חפיפה מרובה עם פקולטות אחרות, גם מדעיות (פיסיקה, מתימטיקה, כימיה). התמונה הכוללת המתקבלת מהרשימה משקפת יותר "פיזיקה יישומית" ו"מדעי ההנדסה" במובן הכללי, יותר מאשר "הנדסת מכונות" במובן הקלאסי.

**מה ניתן להסיק לגבי העתיד?** נראה כי המימד החשוב והמודגש ביותר בלימודי מוסמכים הוא פיתוח כלים מדעיים בסיסיים, שישמשו לזמנים שבהם המהנדס המודרני יידרש לעבור מנושא לנושא או ממקום עבודה אחד לאחר בתדירות גבוהה.

בד בבד עם ההתפתחות ירד בתקופה זאת מספר חברי הסגל הבכיר

בפקולטה בכ-15 אחוז ומכאן שרבים מהמקצועות "הקלאסיים", שאך לפני זמן לא רב היוו את הבסיס בלימודי מוסמכים, נדחים שוב ושוב מחוסר מרצים. דוגמאות מכיוון מכניקת מוצקים הן "חומרים מרוכבים (שלווה מקצועות בעבר), פלסטיות וויסקו-אלסטיות, ואנליזה של מבנים. הניסיון לגייס מרצים מן החוץ איננו תמיד מצליח, גם עקב מגבלות תקציביות.

### בלימודים לתואר מתקדם (מגיסטר ודוקטור) מסתמנות ההתפתחויות הבאות:

1. למשתלמים למגיסטר המגלים הישגים מיוחדים, מוצע מסלול ישיר לדוקטורט.
2. ניכרת מגמה של משתלמים בוגרי פקולטות אחרות: פיסיקה, כימיה, אזרחית, אירונאוטיקה, הנדסה ביו-רפואית, חומרים ורפואה.
3. משתלמים בוגרי מכללות. קבוצה זאת נדרשת למקצועות השלמה הנקבע אישית לפי רקע המועמד. המדיניות היא לא לדחות על הסף ככל האפשר אלא לבנות "תוכנית אתגר" המגלה את יכולות המועמד.



8. מתחדשות יוזמות ליצירת תוכניות ME לקבוצות משתלמים מחברות גדולות עם הדגש לכיוון הנדרש (תע"ש, ישקר (בתכנון) ועוד).

**מועמדים המעוניינים ליטול חלק בהתפתחות המחקרית המתרחשת בפקולטה מוזמנים להתקשר למזכירות לימודי מוסמכים בטל' 3189-829. המעוניינים לקבל מידע קצר על פעילות המחקר של חברי הסגל מוזמנים לבקר באתר הפקולטה, תחת כותרת משנה research. מספר נושאי מחקר רב-תחומיים מפורסמים גם באתר הטכניון < לימודי מוסמכים > מידע כללי < הצעות מחקר לסטודנט.**

4. עידוד להשתלמות בחו"ל בכיווני מחקר, כגון בבי"ס למחקר באיטליה - Udine (<http://www.cism.it>).

5. אילוצים תקציביים גרמו להקפדה יתרה על משך ההשתלמות ובעיקר על תקופת מתן המלגות. יש חשש כי אילוצים אלו יפגעו ברמת התזות.

6. ההבדל בין שכר המהנדס בשוק העבודה והמלגות המוצעות למשתלמים פנימיים בתקופה זאת הוא הגדול ביותר אי-פעם. יש לכך השפעה דרמטית על רצונם של מצטיינים רבים להמשיך לתואר גבוה.

7. קיימת התפתחות בלתי פוסקת של תמריצי הצטיינות על ידי פרסים ומלגות נוספות. קיימות גם יוזמות חיצוניות (מפא"ת, Intel, Applied Materials) לעידוד מחקר בכיוונים מועדפים על ידם.

## מעכשיו ילמדו גם תלמידי תיכון איך לבנות גשר מספגטי...

### מבוא יצירתי להנדסת מכונות

ומפקחים נוספים ממשרד החינוך. המפקחים שהתלהבו מאוד מהקורס, ביקשו להשתתף בקורס דומה בטכניון במטרה להעבירו בהמשך בבתי-ספר תיכוניים בעלי זיקה לתחום הטכנולוגי. במטרה לתרום לביסוס החינוך הטכנולוגי בישראל החליט ד"ר וולף יחד עם דיקן הפקולטה פרופ' שפירא לשתף פעולה וכיום מתקיים הקורס הראשון בו משתתפים 20 מפקחים. בדומה לסטודנטים, מקבלים המפקחים משימות בנושאים שונים. להרמת משקל מרבי לגובה של 10 ס"מ באמצעות אנרגיה של נר בלבד.

בשיתוף פעולה עם הפקולטה, החליטו המפקחים כי מורים בחינוך הטכנולוגי המעוניינים להעביר את הקורס בתיכוניים צריכים לעבור הכשרה בטכניון. הכשרת המורים החלה השנה והפקולטה מצידה מסייעת בפיתוח תכנית הלימודים בנושא. בהמשך צפויות להיערך תחרויות המנהלות על ידי הפקולטה בין בתי-הספר שישתתפו בתכנית.

**ד"ר וולף:** "כוונתנו בשיתוף פעולה זה עם מערכת החינוך להדק את הקשר בין האקדמיה והמחקר לחינוך הטכנולוגי. אני מאמין בחשיבותה של הוראת טכנולוגיה בארץ מגיל צעיר, ובחשיפת תלמידים לאקדמיה ולפקולטה בפרט כדי לחזק את המחקר בישראל בעתיד. מטרתנו היא להביא לביסוס הקורס בבתי-ספר בחינוך הטכנולוגי ואנו מקווים כי בשנה הראשונה לפעילות ישתתפו בין 10 ל-15 בתי-ספר בהעברת הקורס לתלמידים".

לפירוק מודרך של דיסק קשיח וכוון כס הם לומדים על המכניקה של ההתקנים ועל השיקולים של מהנדס בבנייה. בקורס, שמועבר זה מספר שנים, תחילה על ידי פרופ' ח אילתה וכיום על ידי ד"ר וולף, משתתפים כ-60 סטודנטים. הקורס נחשב להצלחה גדולה ומשום כך, קשה מאוד להירשם אליו עקב רשימת המתנה ארוכה.

לפני כחצי שנה ביקרו בפקולטה להנדסת מכונות המפקח על נושא החינוך הטכנולוגי



סטודנטים בתואר ראשון בטכניון, אינם מכירים בדרך כלל את הפקולטה אליה הם שייכים, לפחות לא בשנה הראשונה ללימודים. בקורס "מבוא יצירתי להנדסת מכונות" שפותח לראשונה ע"י פרופ' ארתור שביט ופרופ' ח דוד אילתה וכעת מועבר בהנחייתו של ד"ר אלון וולף, זוכים הסטודנטים בפקולטה בהצצה לתחום בו בחרו כבר ביום הראשון ללימודיהם. ד"ר וולף שם לו למטרה לטפח ולעודד סטודנטים בראשית דרכם האקדמית לחשוב "מחוץ לקופסא" ולא לפחד מיצירתיות בפתרון בעיות. בכדי לגרום לסטודנטים לחשוב באופן מקורי ויצירתי הם מתבקשים במהלך הקורס להתמודד עם משימות מיוחדות במינן.

"על מנת להמחיש את תחום האנרגיה הנלמד בפקולטה, על הסטודנטים, לדוגמה, לפתח דרך להניע מכונות בעזרת ליטר מים רותחים, או בעזרת נר. על מנת להמחיש את תחום הדינמיקה והתנודות, עליהם להרכיב מבנה חדשני שמונע זליגת מים מכוס הממוקמת על מבנה בעת שהאחרון מורעד בתחום תדרים רחב (כפי שניתן לראות בתמונה) ובתחום תכן צריכים הסטודנטים, לדוגמה, לבנות גשר מיוחד מספגטי ומרשמלו. הסטודנטים נדרשים לחשיבה יצירתית על מנת לעמוד במשימות וצוות ההוראה נדרש לחשיבה יצירתית לא פחות בפיתוח והגדרת משימות חדשות בכל סמסטר", אמר ד"ר וולף.

במהלך הקורס זוכים הסטודנטים בין היתר גם לחוות בפעם הראשונה פירוק ואנליזה של מנגנונים. במעבדה

# קריוגניקה

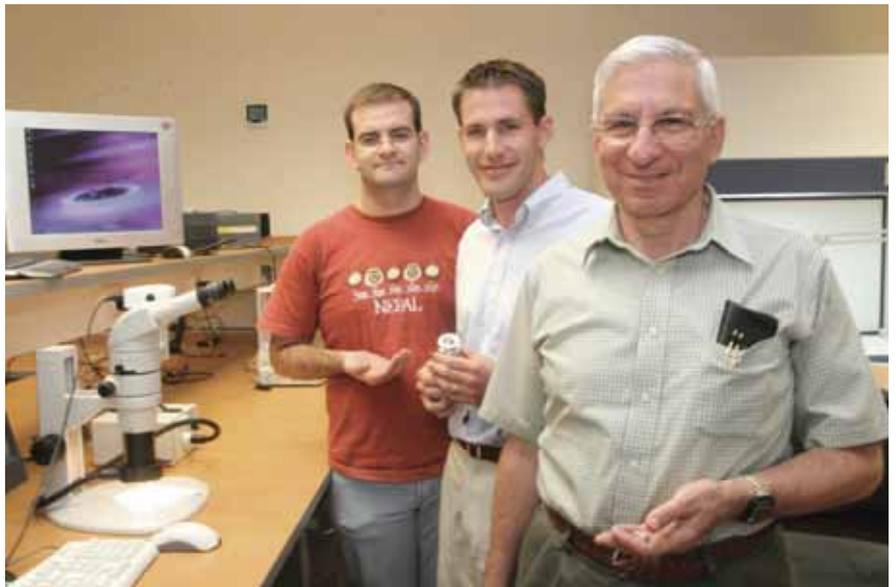
המרכז למחקר בהנדסת אנרגיה ושימור הסביבה

פרופ' גרשון גרוסמן

בטמפרטורות קריוגניות, או על מנת לבצע ניתוחים תוך שימוש בהקפאה או צריבה קריוגנית (cryo-ablation) במקום בחיתוך או בצריבה בחום. שימוש נוסף הוא למטרת קירור על-מוליכים (superconductors) לייצור שדות מגנטיים חזקים במכשירי הדמיה מסוג MRI, ברכבות מרחפות (MAGLEV), במנועי ענק של אניות, ועוד.

המחקר בתחום הקריוגניקה בפקולטה להנדסת מכונות החל לפני כשש שנים, בשיתוף פעולה עם קבוצת מחקר מרפא"ל. המחקר בתחילתו היה בעיקרו תיאורטי, וכלל מידול של מקררים קריוגניים והתופעות המתרחשות בזמן פעולתם. עד מהרה התרחבה הפעילות וזכתה לתמיכה מטעם משרד הביטחון (מפא"ת).

המעבדה לקירור קריוגני על שם מורטון וברברלי רכלר בטכניון, שנחנכה בפברואר 2005, נבנתה במרכז להנדסת אנרגיה בתרומה שניתנה על ידי משפחת רכלר מניו יורק, באמצעות אגודת דורשי הטכניון בארה"ב. המטרות שהוצבו היו להוות מרכז לאומי למצוינות בנושא קירור קריוגני, לקדם מחקר ופיתוח אקדמי באוריינטציה יישומית, הכשרת כוח אדם מיומן-סטודנטים ומשתלמים וקידום שיתוף פעולה עם התעשייה

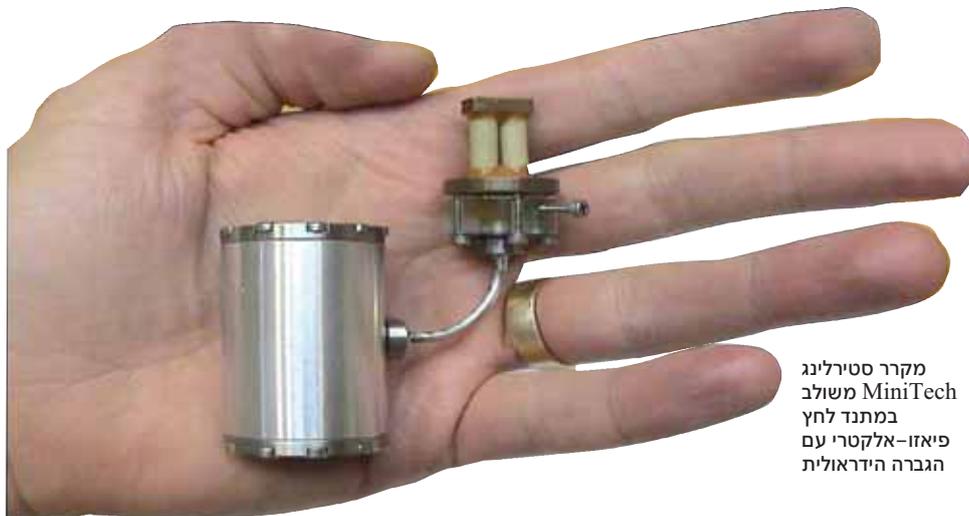


פרופ' גרשון גרוסמן, דוקטורנט יצחק גראווי ומגיסטרנט מרדכי רייזנר ליד המיקרוסקופ.

ארה"ב להלחם בלילה, עקב יתרון משמעותי על צבא עיראק בנושא. שימוש נוסף הינו בתחום הרפואי, למטרת שימור רקמות ביולוגיות מסוגים שונים

קריוגניקה (מיוונית: יצירת קור), היא ענף בפיסיקה העוסק בקירור חומרים לטמפרטורות נמוכות מאוד, מ-150°C ועד סמוך לטמפרטורת האפס המוחלט (273.15°C-). הענף שבמשך שנים רבות היה מוגבל לשימושים מיוחדים, תופס תאוצה והופך להיות בסיס לתעשייה המגלגלת עשרות מיליארדי דולרים בשנה בעולם כולו. תעשיית ניזול האוויר בארה"ב לדוגמא, הסתכמה בשנה האחרונה בכשמונה מיליארדי דולרים.

השימוש העיקרי בעבר בקירור הקריוגני היה למטרת ניזול גזים שונים, כגון ניזול גז טבעי להובלה במיכליות. לשימוש זה מתווספים כיום שימושים רבים אחרים. ביניהם, אחד השימושים העיקריים הוא לקירור חיישנים שונים להקטנת רעשים אלקטרוניים, כחיישני אינפרא אדום (IR) לראיית לילה, חיישני קרינת גאמה למעקב אחרי פעילות גרעינית וחיישנים אחרים לחקירת תופעות אטמוספיריות ולחקר החלל. מעניין לציין כי במלחמת המפרץ, בחר צבא



מקרר סטירלינג MiniTech משולב במתנד לחץ פיאזו-אלקטרי עם הגברה הידראולית



ומתמשך, כגון מכשירים נישאים לראיית לילה. מקררי ג'אול-תומסון (Joule-Thomson) מבוססים על האפקט התרמודינמי בשם זה של ירידת הטמפרטורה תוך כדי התפשטות הקיים בגזים בתנאי עבודה מתאימים. תהליך בלתי-הפיך זה גורם למקררים

להיות בעלי נצילות נמוכה, אך יתרונם הגדול בפשטות המבנה ובהעדר חלקים נעים (פרט למדחס). הם מתאימים, למשל, לקירור חיישני אינפרה-אדום במערכות עקיבה של טילים.

המקרר מטיפוס סטירלינג גדול עשור מונים מן הגלאי אותו הוא משרת, וזקוק לסוללות בגודל רב עוד יותר לאספקת חשמל. במכשירים רפואיים יש צורך במקרר זעיר שניתן להחדירו לתוך הגוף לצורך בדיקות או ניתוחים. לכן, מתמקדת הפעילות במעבדה בפיתוח מקררים זעירים לצד אמצעי הנעה שתפקידם להחליף את המדחסים הקונבנציונליים.

## תעשייה

במטרה לקדם את המחקר הקריוגני וכחלק מן המטרות שהוצבו שבראשית הדרך מקיימת הפקולטה שיתופי פעולה עם תעשיות מובילות בתחום ובמיוחד עם רפא"ל, בתחום מקררי ג'אול-תומסון, ו"ריקור מערכות ואקום וקריוגניקה", יצרנית מקררי סטירלינג. בנוסף מקיימת הפקולטה קשר הדוק עם National Institute of Standards and Technology (NIST) - ממכוני המחקר הקריוגני המובילים בעולם, בבולדר, קולורדו.

פרופ' גרשון גרוסמן: "עם התפתחות המעבדה בכונתנו להרחיב את תחומי הפעילות בנושאים הביולוגיים והרפואיים. מחקר ראשון בנושא הקפאת תאים תחת לחץ מתבצע כבר, בשיתוף פעולה עם המכון לחקר ימים ואגמים. אני מאמין כי המשך עבודתנו בתחום מיעור המקררים ירחיב את מגוון השימושים האפשריים ויאפשר ישומים רבים נוספים, הן בתחום הצבאי והן בתחומים תעשייתיים".



שורה של מקררי סטירלינג שנבנו במעבדה (סידרת MiniTech), שגובה הקטן מביניהם (הימני ביותר) 12 מ"מ בלבד. התוצאות הטובות ביותר שהתקבלו עד כה במקררים אלה הן: טמפרטורת ראש קר ללא עומס - 146K בתדירות עבודה 128Hz; וטמפרטורת ראש קר של 160K עם הספק קירור נטו של 100 מיליוואט. אלו הם ככל הנראה המקררים הקטנים ביותר בעולם כיום, אך נדרשת עוד עבודה רבה לשיפור נצילותם ואמינותם ולהבנת מנגוני פעולתם של רכיבים שונים בתוכם.

עבור מרבית השימושים המתקדמים של קירור קריוגני קיים צורך בהקטנה ניכרת של מימדי המקררים, במקביל לשיפור נצילותם, עד כדי מזעור. בכך נפתחת דרך לשימושים חדשים ומעניינים, כגון במכשירי ראיית לילה קומפקטיים, מכשור רפואי לדיאגנוסטיקה ולניתוחים עדינים, מעגלים אלקטרוניים הכוללים אלמנטים על-מוליכים (SQUID), ועוד.

המקררים הקריוגניים המתאימים למטרות הנ"ל מתחלקים לשני סוגים עיקריים: מקררי סטירלינג

(על שם הממציא, Robert Stirling, 1790-1878) מבוססים על מחזור תרמודינמי הפיך, המאפשר באופן תיאורטי פעולה הן כמשאבת חום והן כמוע חום, בנצילות המכסימלית האפשרית בין הטמפרטורה הקרה והחמה. מקררים אלה משתמשים בגז הליום כחומר עובד, ללא שינוי פאזה, וקיימים במספר קונפיגורציות. הם מתאימים למערכות הדורשות קירור רציף

תוך הפריה הדדית.

המחקר בתחום מעורר כיום עניין רב בקרב הסטודנטים בפקולטה ומתחילת הפעילות טיימו ארבעה סטודנטים עבודות לתוארי מגיסטר ודוקטור ועוד ארבעה נמצאים בשלבי השתלמות בתחום.

## המקררים

במחקרים רבים בהם נדרשות טמפרטורות נמוכות, משתמשים בנוזלים קריוגניים, כגון חנקן נוזלי (77K) והליום נוזלי (4K) המופקים במתקני ניזול מתאימים על מנת להשיג ולשמר טמפרטורות אלה.

הפקולטה להנדסת מכונות מתמקדת כיום בפיתוח מקררים, במטרה לשלבם במערכות שונות לקבלת פעולה אוטונומית. ניתן להשוות זאת לקירור מזון שבעבר דרש אספקה של קרח שיוצר בנפרד, ואילו כיום מצויד כל בית במקרר חשמלי אוטונומי.



### גיל בנש-רביב, בוגר הנדסת מכונות במגמה 'הנדסה אופטית'

עקיבה אלקטרו-אופטיות. בהמשך, עיקר הפיתוח עסק בתת-מערכות המשלבות מקורות תאורה ו-Micro-Display למערכות תצוגה לטייס.

בסוף השנה השלישית מוניתי כראש צוות Micro-Display במינהל מערכות ראש. בתוקף תפקידי הייתי אחראי על מחקר טכנולוגיות שונות בתחום הצגים והטמעתן במערכות העתידיות של אלביט. בשנתיים שלאחר מכן הצטרפתי לפרויקט ה-R&D הגדול ביותר במינהל שעסק בפיתוח קסדה עתידית לטייסי מסוק. במערכות מסוג זה בכלל, ובפרויקט זה בפרט, נדרשתי גם לשלב פן של הנדסת מערכת היות וכל מערכת לתצוגה מחייבת פיתוח רב-תחומי.

בשנה וחצי האחרונות לעבודתי באלביט מערכות מוניתי כמנהל טכני של שני פרויקטים, בהם נמינתי בעבר על צוות הפיתוח שלהם. מינוי זה היה בנוסף להיותי אחראי על תחום ה-Micro-Display. תפקיד

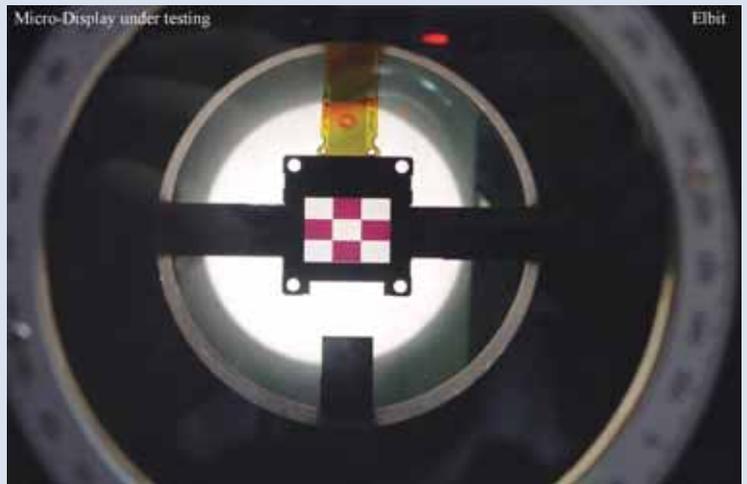
שמי גיל בנש-רביב, בן 33, בעל שני תארים מהטכניון: תואר ראשון במגמת הנדסה אופטית של הפקולטה להנדסת מכונות, ותואר שני בהנדסת מערכת. אני משמש כיום כמנהל קבוצת פיתוח וניהול פרויקטים בחברת OREE, חברת הזנק בתחום ההארה המשטחית, בעיקר עבור שוק המסכים הדקים (LCD). חברת OREE רשמה מספר פטנטים בתחום מוליכי האור המשטחיים ותחומים נוספים (חלקם בפיתוח שלי) בטכנולוגיות המשלבות מספר תחומים: אופטיקה/פיסיקה, כימיה/חומרים, הנדסת מכונות ואלקטרוניקה. עד היום החברה גייסה 10 מיליון דולר להמשך פיתוח, ואנחנו במגע עם שלוש החברות הגדולות ביותר בעולם בתחום צגי ה-LCD.

עד לפני שנה וחצי עבדתי בחברת "אלביט מערכות" במגוון תפקידים. התקבלתי לאלביט בשנה השנייה ללימודי בטכניון למשרת סטודנט והצטרפתי לקבוצת האופטיקה. במהלך השנתיים הראשונות עסקתי במחקר ופיתוח של מקורות תאורה מורכבים ומערכות

זה ביצעתי עד סיום עבודתי בחברה.

כיום, כשאני מתבונן בצוותי הפיתוח בחברות שונות בתחומי האופטיקה, והנדסה אופטית אני מזהה מספר רב של יוצאי המגמה המשולבים בתחומי הפיתוח השונים. לראיה - באלביט מערכות (במחלקת האופטיקה) - שלושה מתוך שבעה אנשי הפיתוח הם יוצאי המגמה. בנוסף, בכנסים וימי עיון, נוכחות המהנדסים יוצאי המגמה הינה דומיננטית ומעוררת כבוד.

גיל בנש-רביב  
gil@oree-inc.com



## ידיעות בקצרה

● **פרופ' גרשון גרוסמן** התמנה כחבר בוועדה הלאומית למחקר ופיתוח בתחום האנרגיה מטעם המועצה הלאומית למחקר ופיתוח.

● **פרופ' משה שהם** נבחר כ-Fellow באגודת מהנדסי מכונות של ארה"ב.

● **פרופ' דניאל ריטל** מונה כחבר במועצה האקדמית של המכללה האקדמית להנדסה בירושלים.

● **פרופ"ח עווד גוטליב** מונה כחבר בוועדת המערכת של כתב עת "Journal of Mathematical Problems in Engineering".



# פרסים אסטרונומיים ומתמטיים מצטיינים

להלן רשימת הפרסים לשנת תשס"ז - תשס"ח:

## 🏆 הפרס ע"ש אהרון ועובדיה ברזאני ז"ל שנה"ל תשס"ח

הוענק למשתלמים:

**מר יונתן וישניצר** על עבודת מגיסטר בנושא "רובוט מקבילי המונע על ידי כבלים: הרחבת נפח העבודה ע"י התרת התנגשויות בין הכבלים". העבודה בוצעה בהנחיית **פרופ' מ. שהם**.

**מר רומן גודין** על עבודת מגיסטר בנושא "בקרה רובוטית באמצעות מפצי זמן מתים". העבודה בוצעה בהנחייתו של **פרופ"ח ל. מירקין**.

**מר יואב גבריאלי** על עבודת דוקטורט בנושא "בעיות תכנון תנועה רובוטית בזמן אמת". העבודה בוצעה בהנחייתו של **פרופ"ח א. רימון**.

**גב' פטריסיה בן חורין** על עבודת דוקטורט בנושא "אנליזה גיאומטרית של רובוטים מקביליים". העבודה בוצעה בהנחייתו של **פרופ' מ. שהם**.

## 🏆 הפרס ע"ש דוד פנואלי ז"ל ואולגה פנואלי שנה"ל תשס"ח

הוענק למשתלמים:

**גב' חגית שגיא** על עבודת דוקטורט בנושא "גילוי סדקים במוליכים מתכתיים בשיטת פוטנציאל חשמלי" העבודה בוצעה בהנחייתו של **פרופ' ד. ריטל**.

**מר יזהר אור** על עבודת דוקטורט בנושא "תנחות שיווי משקל חיכוכי של רובוטים נידים". העבודה בוצעה בהנחייתו של **פרופ"ח א. רימון**.

## 🏆 טקס חלוקת פרסים מקרן ספרא למצטייני תכנית "רעמים" לשנת תשס"ח התקיים בפקולטה ב-12/3/08

זוכי הפרסים הם:

**מר יאן איטוביץ** על עבודתו "בדיקה השוואתית של חומרים בעלי ננו-מבנה המאוחסנים במיקרו-מירקם של פני שטח להקטנת חיכוך ובלאי" בהנחייתם של **ד"ר ג. הלפרין** ו**פרופ' י. עציון**.

**מר נדב כהן** על עבודתו Energy harvesting system for smart "PILLCAM" בהנחייתו של **פרופ"ח י. בוכר**.

**גב' לאה סירוטה** על עבודתה "הנחתת תנודות במבנים גמישים בגישת הגל המתקדם" בהנחייתו של **פרופ' י. הלוי**.

**מר אייל סתר** על עבודתו Boundary control of traveling waves in 2D structures בהנחייתו של **פרופ"ח י. בוכר**.

**מר לאוניד רפפורט** על עבודתו "השוואת מודלים לתאור חדירה בליסטית" בהנחייתו של **פרופ' מ. רובין**.

## 🏆 תחרות פרס חדשנות טכנולוגית תשס"ח

לתחרות כלל-טכניונית הוגשו 17 עבודות, רובן המכריע עבודות יצירתיות ומקוריות. בפרס השני זכו הסטודנטים של הפקולטה **אריאל בראונשטיין** ו**זיו לוי** בנושא "רובוט מטפס בצנרת למטרות חילוץ והצלה" בהנחיית **ד"ר אלון וולף**. בציון לשבח זכתה עבודה בנושא "מרסן תנודות בעל אי-ליניאריות חזקה עם אילוף פרמטרי" של סטודנט הפקולטה **יצחק שירוקי** בהנחיית **פרופ"ח אולג גנדלמן**. טקס הענקת הפרסים לזוכים התקיים יחד עם טקס פרסי מצטייני נשיא ביום ה', 31/7/2008, באולם צ'רצ'יל.

## 🏆 פרס לפרויקט מצטיין מטעם קרן ספרא

פרויקטים שהגיעו לשלב הגמר הם:

"SIMULATION OF ERYTHROCYTE'S DEFORMATION USING CONFORMATIONAL CHANGES IN CYTOSKELETON"  
הפרויקט התבצע על ידי הסטודנט **יניב רייכנברג** בהנחייתו של **פרופסור א. אלטוס**.

"ESSENTIALLY NONLINEAR VIBRATION ABSORBER IN PARAMETRICALLY EXCITED SYSTEMS"  
הפרויקט בוצע על ידי הסטודנט **יצחק שירוקי** בהנחיית **פרופ"ח א. גנדלמן**.

"A MULTI-LAYER OPTICAL DISC FOR MEDIA AND DRIVER"  
העבודה בוצעה על ידי הסטודנט **דני גורביץ** בהנחייתו של **פרופ"ח א. חסמן**.

"רובוט מטפס בצנרת"  
הפרויקט בוצע על ידי הסטודנטים **אריאל בראונשטיין** ו**זיו לוי** בהנחייתו של **ד"ר אלון וולף**.

## 🏆 הפרס לפרויקט המצטיין במכטרוניקה ע"ש פרופסור מרק דרלו ז"ל

"רובוט מטפס בצנרת" הפרס מוענק לסטודנטים **אריאל בראונשטיין** ו**זיו לוי** בהנחייתו של **ד"ר אלון וולף**.

"ניתוח תמונה עבור תחרות ROBOCUP" הפרס מוענק לסטודנט **אוריאל ברזילי** בהנחייתם של **מר עודד סלומון** ו**מר רן רטיג**.

🏆 הפרס מטעם חברת APPLIED MATERIALS ניתן לסטודנטים בעלי הישגים לימודיים מצטיינים. מקבלי הפרס השנה הם **מר גלעד פגי** ו**מר ניר שטרית**.

🏆 תעודות הוקרה מטעם הסטודנטים למתרגלים מצטיינים ניתנו ל**שי יולזרי** ול**דימיטרי שניידרמן**.

🏆 מלגת השתלמות ע"ש לוי אשכול לתשתיות מדעיות מטעם משרד המדע, התרבות והספורט ניתן למשתלם **ירי גורודצקי** הלומד לקראת תואר דוקטור בהנחיית **פרופ"ח א. חסמן**

🏆 מלגה מקרן ראסל ברי ניתנה למשתלם **גבי ורברנה** המשתלם לקראת תואר דוקטור בהנחיית **פרופ' יצחק עציון** בנושא עבודתו "טריבולוגיה לרקמות ביולוגיות". המחקר מתבצע בשיתוף פעולה עם **בי"ס לרפואה של האוניברסיטה העברית**.

🏆 מלגת השתלמות לקידום נשים במדע לשנת 2008 הנהלת הקרנות במשרד המדע התרבות והספורט החליטה להעניק מלגה זאת **לגבי שרון הורנשטיין**. שרון הורנשטיין משתלמת לדוקטורט בפקולטה להנדסת מכונות בטכניון בהנחיית **פרופ"ח עודד גוטליב** בנושא מחקרה הוא "דינמיקה לא ליניארית תלוית זמן ומרחב ובקרה של מיקרו-קורות במיקרוסקופיה אטומית סורקת".



## Biomimetic fibrillar microstructure



בפרויקט רב-תחומי החוקר יכולת של בעלי חיים שונים לנוע על משטחים מאונכים. המחקר התמקד באפיון תכונות טריבולוגיות של מיקרו-מבנים נדבקים (adhesive) המחקים משטחי מגע של חיפושית תפוחי-אדמה מסוג קולוראדו.

בימים אלה מקים מיכאל את מעבדתו המיועדת לחקר טריבולוגיה של מיקרו-מערכות שתעסוק בבעיות חיכוך ובלאי של משטחים הנדסיים, מיקרו-וננו-טריבולוגיה של משטחי מגע במערכות מיקרו-אלקטרו-מכניות (MEMS), אדהזיה וחיכוך של מבני חיבור ביו-חקייניים, טריבולוגיה של שכבות ננו-גבישיות הנוצרות בעקבות עיבור פלסטי בפני שטח, פיתוח כלי מדידה טריבולוגיים ומכניקת מגע. המחקרים הניסויים יבוצעו על ידי שימוש ופיתוח של שיטות מדידה ואנליזה של תכונות פני שטח טריבולוגיות המתבססות על scanning probe microscopy (SPM) microscopy וטריבומטרים (SEM) scanning probe שונים.

## ד"ר מיכאל ורנברג

ד"ר מיכאל ורנברג עשה את שלושת התארים בפקולטה. בטרם סיומו של התואר הראשון, הוא הגיע במקרה למעבדה לטריבולוגיה, בלי לדעת דבר על הנושא, שם הוצע לו לבצע פרויקט במסגרת עבודת סטודנט במעבדה. כעבור חצי שנה של עבודה במיחשוב כלי מדידה טריבולוגיים בה הוא נחשף לעבודת מחקר ניסויית, הוא החליט להמשיך במחקר בתחום. במשך השתלמות לתואר שני שנעשה בחקירת מנגנון בלאי מסוג fretting בעזרת טכנולוגיית עיבוד פני שטח בלייזר, הוא השתתף בהקמת מעבדת הוראה ופיתוח מקצוע "מעבדה לטריבולוגיה שימושית". כמו כן, שימש מיכאל כאסיסטנט הראשון במקצוע זה. עם קבלת התואר השני, הוצע לו לעשות דוקטורט בפקולטה בנושא "היבטים טריבולוגיים של fretting בסקאלת ננו" והוא נענה בחיוב.

לאחר שסיים את הדוקטורט, עבר מיכאל לגרמניה בעקבות עבודת הבת-דוקטורט שלו במכון ע"ש מאכס פלאנק לחקר מתכות שבשטוטגרט. שם השתתף

## ד"ר דוד גרינבלט



ובפתרון בעיות הקשורות במניעת סכנת מערבולות מאחורי מטוסי נוסעים. במקביל, חקר את נושא הבקרה האקטיבית של זרימות תלת-ממדיות. בהמשך למסע המחקר שלו, עבד במשך שנתיים באוניברסיטה הטכנית של ברלין, גרמניה כמרצה וחוקר בכיר בתחום רעש סילונים, בקרת מערבולות, שריפה והתפתחות של "מרעידי-פלזמה".

כיום, ניתן למצוא את ד"ר גרינבלט מקים את מעבדתו המיועדת לחקר זרימות עם דגש על נושאי אנרגיה השונים: (א') מניעת הזקקות דינמית על להבי טורבינות רוח, (ב') שיפור ביצועים של מאווררים, (ג') בקרת הינתקות במדחסים, וכד'. ניסויים במעבדה יבוצעו תוך שימוש בשיטות מדידת כוח, לחץ ושדה הזרימה באמצעות שיטות PIV.

"לנגלי" בוורג'יניה, ארה"ב במשך שלוש שנים, ושם עסק באימות קודים לחישובי זרימות

ד"ר דוד גרינבלט, יליד דרום-אפריקה, קיבל את התארים הראשון והשני באוניברסיטת "ויטס" שבארץ מולדתו. שם, עבד במועצה למחקר מדעי ותעשייתי במשך שש שנים. בשנת 1994 עלה לארץ עם משפחתו ועסק בהיי-טק במשך שנה. במהלך ארבע השנים הבאות השתלם לקראת תואר דוקטור באוניברסיטת תל-אביב ושימש כמורה מן החוץ. לאחר קבלת התואר היה בהשתלמות בתר-דוקטורט במכון לטכנולוגיה של אילינוי בשיקגו, שם עסק בבקרה אקטיבית של להבי מטוסים בזרימות דחיסות. באותה תקופה קיבל מענק מחקר של כבוד מאוניברסיטת "ויטס".

בתקופת השליחות עם משפחתו, עבד כחוקר שותף במועצת המחקר הלאומית של NASA

# השמש הלוהטת יודעת גם לקרר

**אם אתם ממש סובלים ממזג האוויר החם בישראל, בטכניון מצאו לכם פתרון מפתיע: צוות בראשות פרופ' גרשון גרוסמן פיתח אבטיפוס של מערכת מיזוג אוויר הפועלת באמצעות החום המגיע מקרני השמש.**

## מאת פז וייסמן ידה מרקר

בתחום אנרגיית השמש בישראל אין דבר טבעי יותר מאשר לנצל את קרינת השמש כדי להפיק מים חמים. לפי נתוני משרד התשתיות, יותר מ-90% מבתי האב במדינה מצוידים בקולטי שמש שמפיקים מים חמים במשך רוב חודשי השנה, וחוסכים כך כ-3% מסך האנרגיה הראשונית (חומרי הבעירה) למשק, אלא שבאופן מפתיע, ניתן אף להשתמש בחום השמש כדי לקרר חדר - במשרד, ובעתיד אף בבית. צוות מפתחים מהטכניון בחיפה, בראשות פרופ' גרשון גרוסמן, פיתחו אבטיפוס של מערכת מיזוג אוויר הפועלת באמצעות החום המגיע מקרני השמש.

כדי להבין כמה אנרגיה יקרה ניתן לחסוך באמצעות הפיתוח, להלן כמה נתונים מעניינים שפרופ' גרוסמן רוצה שנדע: בכל שנה ישראל מייבאת כ-22 מיליון טון של חומרי בעירה ("שווה ערך טון נפט" - מוצרי דלק השווים מבחינה אנרגטית לנפט). בתהליך הזיקוק וההמרה לחשמל הולך לאיבוד חלק רב מהכמות הראשונית, כך שלשימוש סופי נשארים רק כ-13 מיליון טונות של חומרי בעירה. כמות זו מופנית (בערכים שווים) ליצירת חשמל, לדלק לתחבורה וליצירת אנרגיית חום בעיקר למגזר התעשייתי והעסקי. כלומר, אם נרצה, ניתן יהיה לחסוך די בקלות בזיהום הנגרם משריפת כמה מיליוני טונות של מוצרי דלקים, 70% מתצרוכת האנרגיה בבניין משרדים סטנדרטי הולכים למיזוג אוויר, אומר פרופ' גרוסמן.

"שיא הביקוש לחשמל של חברת החשמל הוא בשעות הצהריים בקיץ, בדיוק כשיש שפע של אנרגיית שמש - שאינה מזהמת". פרופ' גרוסמן אף מגלה כי כדי לספק את ביקושי השיא, חברת החשמל משתמשת בטורבינות גז הניתנות להפעלה ולכיבוי באופן מהיר יותר. מטורבינות הפועלות באנרגיה פחמי, החיסרון הוא שחשמל המופק בשיטה זו יקר יותר מחשמל פחמי.

למערכת מיזוג האוויר יש שני תפקידים עיקריים: הורדת הטמפרטורה של האוויר, והורדת הלחות.

בתנאים מסוימים, למשל, בתנאים השוררים בקיץ במישור החוף, הורדת הלחות היא משימה לא פחות קלה מאשר הורדת הטמפרטורה. פרופ' גרוסמן מסביר כי "החידוש במערכת שיצרו בטכניון הוא המעגל הסגור של מיזוג



האוויר, שמשלב בתוכו מנגנון לייבוש החומר סופג הלחות, מה שמאפשר פעולה רציפה של המיזוג, ממש כמו מזגן אוטומטי". פרופ' גרוסמן אופטימי לגבי יכולות המערכת: "המערכת הניסיונית, המותקנת על גג בניין הפקולטה להנדסת מכונות בטכניון, מייצרת 16 קילו וואט חשמל למיזוג אוויר, ומשתמשת בחום המסופק על ידי קולטי שמש שטוחים, שהם די דומים לאלה שיש לנו בדודי השמש הביתיים. בשלב זה המערכת לא מסוגלת לספק את צרכי מיזוג האוויר של בניין שלם, אלא רק של קומה אחת בבנין, אך בעתיד ניתן יהיה לשכלל את המערכת להגדיל את היקף תפוקת מיזוג האוויר". לפי הערכות מומחים, יש כדאיות כלכלית ברכישת המערכת, משום שעלותה יכולה להשתוות לעלות של הפעלת מזגן רגיל בשעות השיא במשך כמה שנים.

לבעיית האנרגיה ואיכות הסביבה יש היבט כלכלי, שלעיתים נראה כי אנשים נוטים להזניח. כיום המצב במשק הוא שעסקים קונים אנרגיה (חשמל או דלקים) וזה נחשב להם כהוצאה המוכרת במס. בינתיים מחירי האנרגיה נמוכים יחסית, ומערכות מיזוג האוויר לא יקרות מדי, לכן נראה כי אין תמריץ כלכלי לעבור לשימוש

במזגנים ירוקים.

"יש בעיה כיום שארגונים לא משלמים על הזיהום שאותו הם גורמים, אלא משלמים רק בעבור האנרגיה שהם צורכים", אומר פרופ' גרוסמן. "אפילו ארגונים רגילים שלא מזהמים באופן ישיר, אלא פשוט צורכים הרבה מאוד חשמל, לא משלמים על זיהום האוויר שנוצר בגין ייצור החשמל. יש להכניס את מרכיב הפגיעה בסביבה בתוך עלות החשמל". פרופ' גרוסמן מסביר למי כדאי להתחיל להשתמש באנרגיה ירוקה: "מכיוון שהמערכות הירוקות יקרות יותר בהשוואה למערכות המזהמות, החזר גבוה יותר על השקעה (ROI) יתקבל בארגונים ובמערכות הצורכים מיזוג אוויר באופן תמידי, לדוגמה בתי חולים המשתמשים במיזוג אוויר ללא הפסקה".

פרופ' גרשון גרוסמן מכהן כראש פורום האנרגיה במוסד נאמן למחקר מתקדם במדע ובטכנולוגיה. מוסד

נאמן עוסק במחקר אסטרטגי בסוגיות הקשורות בטכנולוגיה, מדע ומו"פ. המוסד מגייס את מיטב המומחים בישראל כדי למצוא פתרונות בסוגיות שמעצבות את עתיד המדינה. המוסד עוסק, בין היתר, בשאלות כגון, מה יקרה כאשר מלאי הנפט בעולם ייאזל, מה צריך לפתח כדי להתכונן למצב זה וכיצד אפשר להתמודד בינתיים עם עליית מחירי הנפט.

פרופ' גרוסמן סבור כי עם השנים ניכרת עלייה בצריכת האנרגיה עקב גידול האוכלוסייה ועלייה ברמת החיים. אך האנרגיה תיגמר בשלב מסוים. "ב-200-300 שנים בני האדם מכלים את משאבי הטבע, שלקח מאות מיליוני שנים לצבור אותם. צריך להיערך ליום שבו הנפט יהיה יקר מדי".

לאור מגמות אלה התבקש מוסד נאמן על ידי המשרד לאיכות הסביבה לגבש המלצות ולמצוא דרכים לנצל את פוטנציאל אנרגיית השמש בישראל. המוסד המליץ על מספר צעדים בתחום המו"פ וכלים כלכליים כדי להתמודד עם בעיות איכות הסביבה וחיסכון באנרגיה.



המועדון התעשייתי  
של הפקולטה להנדסת מכונות

## Industrial Affiliates Program

**הפקולטה להנדסת מכונות מזמינה  
חברות בתעשייה להצטרף למועדון אקסלוסיבי**

**להיחשף לסטודנטים ולבוגרים**

**ולקבל הזדמנות אמיתית**

**להשפיע על מהנדסי העתיד**

ראה כתבה  
בע' 9

[merittel@technion.ac.il](mailto:merittel@technion.ac.il)

לקבלת מידע נוסף ניתן לפנות  
לפרופסור דניאל ריטל בדוא"ל:

# הזמנה

להצטרף לרשימת בוגרי הפקולטה  
להנדסת מכונות של הטכניון

## הפקולטה להנדסת מכונות מחדשת את הקשר עם בוגריה

מאגר נתונים חדש יאפשר לפקולטה  
לשמור על קשר הדוק עם הבוגרים ולזווח  
על הישגיהם בארץ ובעולם. הבוגרים ייהנו  
מאפשרות ליצור שיתופי פעולה ולקבל  
היזון חזור על המתרחש בחיי הפקולטה,  
בהוראה, במחקר ובפיתוח.

להצטרפות למאגר הבוגרים ולפרטים  
נוספים ניתן ליצור קשר ב-

[mealumni@technion.ac.il](mailto:mealumni@technion.ac.il)

(ההצטרפות תתאפשר עם קבלת מספר משתמש וסיסמא אישיים).