

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה



תרומת הטכניון למשק בישראל באמצעות בוגריו

• אמנון פרנקל • שלמה מי-טל

מרס, 2012

הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל



אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן שהוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (סס) נאמן הוא מכון למחקרי מדיניות לאומית, העוסק במגוון רחב של נושאים בתחום הפיתוח המדעי-טכנולוגי, הכלכלי והחברתי של מדינת ישראל. פעילות המחקר מתרכזת בתשתיות הפיזיות, המדעיות-טכנולוגיות, תעשייתיות ותשתיות ההון האנושי הקובעות את חוסנה הלאומי של מדינת ישראל. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגים באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמי"ס - מגנ"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה ותקשורת, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה משה. המוסד פועל במסגרת תקציב של הקרן שהותיר שמואל נאמן להטמעת החזון לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

כתובת המוסד: מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8232329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il, כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il

תרומת הטכניון למשק בישראל באמצעות בוגריו

אמנון פרנקל ושלמה מי-טל

מרס 2012

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן

תודות לורד סגל, ציפי בוכניק, ד"ר ערן לק, גולן תמיר ובלה זלמנוביץ על הסיוע באיסוף, ארגון ועיבוד הנתונים אשר שמשו להכנת דו"ח זה.

אנו מבקשים להודות למשנה לנשיא הטכניון למחקר ופיתוח ולמוסד שמואל נאמן על המימון אשר נתנו למחקר זה אשר סייע בידנו לבצעו.

The research was funded in part by a grant from the Allen A. Stein Family Foundation. We wish to thank Eric Stein for his continued interest, advice and support.

תוכן העניינים

1	פתח דבר
1	1. מבוא
3	2. שיטת המחקר
3	2.1 סקר השדה
4	2.2 ייצוגיות המדגם
7	2.3 שיטת האמידה
9	3. מאפייני בוגרי הטכניון
9	3.1 השכלת בוגרי הטכניון
10	3.2 הכנסת בוגרי הטכניון
12	3.2 מקום המגורים
12	4. השתלבות בוגרי הטכניון במשק ובענפי הכלכלה
12	4.1 ענפי התעסוקה של בוגרי הטכניון
17	4.2 בוגרי הטכניון בתפקידי ניהול בכירים במשק
20	4.3 תרומת הבוגרים ליזמות וחדשנות טכנולוגית במשק
22	5. אמידת ערך ההון האנושי שיוצר הטכניון והחזר ההשקעה למשק
27	6. אומדן התרומה הכוללת לכלכלה של בוגרי הטכניון
29	סיכום
31	רשימת מקורות
32	נספחים
33	נספח 1: התפלגות בוגרי הטכניון וחברי ארגון בוגרי הטכניון לפי מאפיינים ראשיים
34	נספח 2: מתודולוגיה לחישוב אומדן ערך ההון האנושי של בוגרי הטכניון

רשימת לוחות

4	לוח 1: ייצוגיות המדגם על פי מגדר
5	לוח 2: ייצוגיות המדגם על פי סוג התואר של הבוגרים
6	לוח 3: ייצוגיות המדגם על פי ההשתייכות הפקולטית/מחלקתית
7	לוח 4: ייצוגיות המדגם על פי תקופת סיום התואר
9	לוח 5: התפלגות בוגרי הטכניון לפי סוג התואר
11	לוח 6: התפלגות בוגרי הטכניון לפי קבוצת שכר ושכר חודשי ברוטו כולל
14	לוח 7: בוגרי הטכניון לפי השתייכותם לענפי תעסוקה נבחרים וקבוצת פקולטות מהם בגרו
15	לוח 8: משקל בוגרי הטכניון בענפי תעסוקה נבחרים במשק

- לוח 9: משקל בוגרי הטכניון בענפי התעשייה על פי העוצמה הטכנולוגית16
- לוח 10: התפלגות בוגרי הטכניון לפי התפקיד הבכיר אותו הם ממלאים במשק בחלוקה לפי מגדר20

רשימת איורים

- איור 1: התפלגות בוגרי הטכניון לפי שנת סיום התואר 1928-20092
- איור 2: התפלגות הבוגרים לפי סוג התואר אותו למדו בטכניון2
- איור 3: התפלגות בוגרי הטכניון לפי הפקולטה בה סיימו את לימודיהם5
- איור 4: התפלגות בוגרי הטכניון על פי סוג התואר המתקדם ביותר שרכשו10
- איור 5: בוגרי הטכניון לפי מקום המגורים שלהם (%)12
- איור 6: בוגרי הטכניון לפי השתייכותם לענפי תעסוקה (%)13
- איור 7: השוואת התפלגות בוגרי הטכניון והממוצע במשק המועסקים בענפי התעשייה לפי עוצמה טכנולוגית (%)17
- איור 8: התפלגות מדגם בוגרי הטכניון לפי סוג התפקיד הבכיר ביותר שמלאו או ממלאים (%)18
- איור 9: התפלגות בוגרי הטכניון לפי התפקיד הבכיר שהם ממלאים במשק19
- איור 10: התשואה החברתית השנתית הנובעת מהשקעה לבוגר באלפי ₪ במחירי 2005, לפי מחזורי סיום 1960-2010 (סך תחתון וסף עליון)25

פתח דבר

פרופ' אדוארד הוברטס מבית הספר Sloan לניהול באוניברסיטת MIT ערך מספר מחקרים אודות ההשפעה שהייתה ל-MIT על היזמות ועל הכלכלה של ארה"ב. במחקר שערך לאחרונה בשנת 2009 יחד עם דוקטוראנט שלו, צ'ארלס אסלי, ביצעו השניים סקר מקיף על בוגרי MIT אשר ממנו עלה כי "לו ניתן היה להתייחס לחברות הפעילות אשר הוקמו על ידי בוגרי MIT כמשויכות לאומה נפרדת עצמאית, כי אז, על בסיס הערכות שמרניות, הרווחים שהופקו על ידי חברות אלו היו הופכים את המדינה התיאורטית לכלכלה ה-17 בגודלה בעולם"¹. אומדן משוער של נתוני הסקר הצביע על קיומם של 25,800 חברות פעילות כיום אשר נוסדו בידי בוגרי MIT. חברות אלו מעסיקות 3.3 מיליון עובדים ומייצרות הכנסה שנתית בערך של 2 טריליון דולר הזהה לעוצמה הכלכלית של הכלכלה האחת עשרה בגודלה בעולם.

בהשראת המחקר הנ"ל ובהנחה זהירה כי ההשפעה של הטכניון על כלכלת ישראל ובהשוואה עולמית איננה דרמטית פחות, החלטנו לבצע מחקר דומה על הטכניון. הדו"ח המוגש בזאת מציג את ממצאי המחקר.

1. מבוא

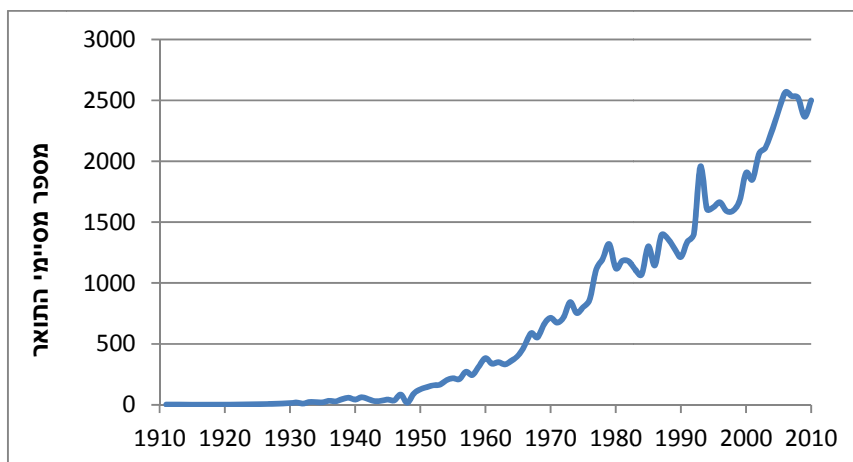
הטכניון כאוניברסיטה טכנולוגית בישראל הוא בית היוצר הראשון במעלה של הון אנושי טכנולוגי אשר השתלב במשק ואחראי במידה רבה להתפתחות וצמיחת המש ותעשיות הטכנולוגיה העילית שהן מנוע הצמיחה העיקרי של המשק הישראלי בעשורים האחרונים. הטכניון אשר הוקם בשנת 1924 היה האוניברסיטה הטכנולוגית הראשונה שהוקמה בישראל ושנים רבות גם היחידה. ככזה הטכניון כמוסד להשכלה גבוהה טכנולוגית תרם ליצירת הון אנושי טכנולוגי ברמה גבוהה שאפשר למשק הטכנולוגי בישראל להתפתח ולהביא לצמיחה כלכלית. למרות זאת, תרומתו של טכניון למשק באמצעות בוגריו הוצנעה שנים רבות ולא ניתן לה ביטוי הולם.

מטרת הדו"ח המוגש בזאת לאמוד את התרומה של הטכניון באמצעות בוגריו על ידי בחינת השתלבות בוגרי הטכניון במשק ובכלכלה. על מנת לאמוד את הכמות והאיכות של בוגרי הטכניון אשר השתלבו במשק ותרומתם ליצירת הון אנושי במדינה, נותחו נתונים אשר אספנו במסגרת סקר בוגרי הטכניון שערכנו בחודשים אוגוסט - דצמבר 2010. בסקר הופץ שאלון אינטרנטי בקרב הבוגרים שהניב 4,052 שאלונים והתשובות שהתקבלו שימשו לניתוח מאפייני בוגרי הטכניון.

¹ Edward B. Roberts and Charles Eesley (2009). *Entrepreneurial Impact: The Role of MIT*. MIT Sloan School of Management.

מאז היווסדו של הטכניון בגרו ממנו כ-70 אלף בוגרים אשר יצאו אל שוק העבודה בארץ ובעולם.¹ איור 1 מציג את מספר המסיימים מידי שנה (בכל התארים) מאז שני הבוגרים הראשונים בשנת 1911 ועד 2,500 הבוגרים שסיימו וקיבלו את התואר בשנת 2010.

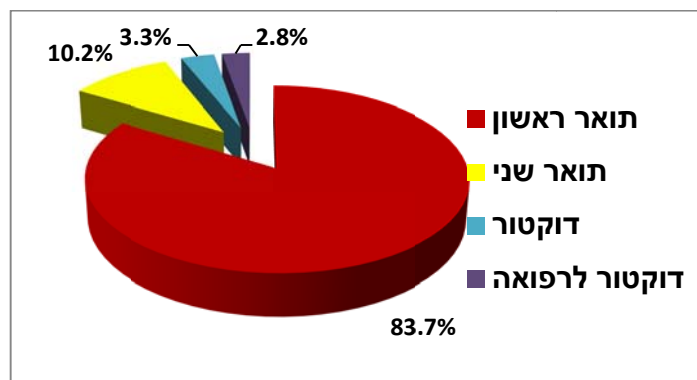
איור 1: התפלגות בוגרי הטכניון לפי שנת סיום התואר 2010-1911



העקומה באיור מצביעה על גידול די עקבי במספר המסיימים מידי שנה בייחוד מאז שנות ה-80. שיא מסיימי התואר עמד על 2,656 בשנת 2006.

כרבע מבין בוגרי הטכניון במהלך השנים הן נשים ומשקלן גדל בהתמדה על פני ציר הזמן. התפלגות הבוגרים לפי סוג התואר האחרון אליו למדו בטכניון מוצגת באיור 2. מההתפלגות עולה כי 18.5% מבין הבוגרים למדו וקיבלו תארים מתקדמים בטכניון.²

איור 2: התפלגות הבוגרים לפי סוג התואר אותו למדו בטכניון



¹ לשם המחשה מספר משרות השכירים בתעשיות הטכנולוגיה העלית כיום בישראל עומד על 92 אלף (שנתון סטטיסטי לישראל, 2010).

² תודתנו למר מוטי אפשטיין ממרכז המחשבים בטכניון אשר סיפק לנו את הנתונים שבמאגר הנתונים של הטכניון.

2. שיטת המחקר

2.1 סקר השדה

סקר השדה נערך באמצעות שאלון אינטרנטי שנבנה במיוחד למטרה זו. על מנת לבצע את הסקר בקרב הבוגרים הסתייענו במאגר כתובות אינטרנטי באמצעותו ניתן להפיץ את השאלון שנבנה במיוחד למטרה זו. מאגר נתוני הבוגרים הכללי של הטכניון לא יכול היה לסייע בכך, שכן הוא מתעדכן מידי שנה רק בפרטי הבוגרים המסיימים באותה השנה, אך לא נעשה מעקב אחריהם לאורך זמן וכמו כן בסיס נתונים זה מכיל רק מיעוט של כתובות דוא"ל הנכונים למועד סיום הלימודים.

מאגר נתונים גדול אשר מכיל כתובות מעודכנות של בוגרי הטכניון והועמד לרשותנו נמצא ברשות ארגון בוגרי הטכניון אשר נאות להעמידו לרשותנו על מנת להפיץ את השאלון בקרב הבוגרים¹. במאגר זה כ-14 אלף כתובות, של בוגרים אשר לגביהם ישנם נתונים בסיסיים, אשר אפשרו לנו לבחון את מידת הייצוגיות של מאפייני הבוגרים במאגר הכללי ואלו הנמצאים במאגר ארגון בוגרי הטכניון. התפלגות המאפיינים הצביעה על דמיון רב וניתן היה להניח כי חברי ארגון בוגרי הטכניון מייצגים היטב את בוגרי הטכניון כפי שניתן לראות בלוח שבנספח 1.

סקר השדה נערך בחודשים אוגוסט – דצמבר 2010. בשלב הראשון בוצע פיילוט אשר שימש למיקוד סופי של השאלות שנכללו בשאלון שהופץ בקרב הבוגרים. הפצת השאלון נעשתה בשתי פעימות. הראשונה הופצה בתחילת ספטמבר 2010 והפצה נוספת הייתה בתחילת דצמבר 2010.

השאלון המפורט הופץ לרשימת התפוצה הבסיסית של ארגון בוגרי הטכניון, ובנוסף לכך למאגרי כתובות נוספים (לא מאורגנים) אשר היו במאגר הכולל של מחלקת עיבוד נתונים של הטכניון ושל ארגון הבוגרים. בסך הכול הועברו השאלונים לכ-24 אלף בוגרים. מספר המשיבים הכולל עמד על 4,337. לאחר הוצאת כפילויות (כאמור השאלון הופץ פעמיים במהלך תקופת הסקר) וכאלה אשר לא מילאו את מרבית השאלות, עמד המדגם של הבוגרים הרלבנטי לניתוח נתונים על 4,052 משיבים שהם כ-17% מכלל האוכלוסייה לה הופצו השאלונים.

איסוף הנתונים נעשה באמצעות שאלון מבוסס אינטרנט שנבנה באמצעות תוכנת OPINIO. בחלק הראשון כלל השאלון שאלות אודות מאפייני הבוגרים, כמו גיל, מין, שנת סיום התואר, מוסד הלימודים ואזור המגורים. בחלקו השני של השאלון, השאלות התרכזו בניסיון לבחון את תרומת הבוגרים למשק

¹ תודתנו לגב' פנינה זיו מנהלת ארגון הבוגרים על שיתוף הפעולה המלא והנכונות הרבה מצידה לסייע לנו בהפצת השאלון בקרב מאגר הבוגרים של הארגון וכן לגב' נועה הכהן-אוזן מנהלת השיווק בארגון הבוגרים של הטכניון אשר הגישה לנו סיוע טכני שנדרש לשם כך.

והתמקדו בהשתלבות של הבוגרים בענפי התעסוקה במשק, במשלח היד, בתפקידים שהם ממלאים בחברות בהן הם עובדים, הקמת חברות על ידי הבוגרים ומידת מעורבותם בפיתוח חדשנות טכנולוגית.

2.2 ייצוגיות המדגם

על מנת לבחון את מידת הייצוגיות של המדגם נערכה השוואה בין התפלגות מאפייני המדגם להתפלגות מאפייני הבוגרים שבמאגר הנתונים של הטכניון שהכיל כ-67 אלף בוגרים בפרמטרים לגביהם היו נתונים במאגר הכולל: התפלגות הבוגרים לפי מגדר, לפי שנת סיום התואר, לפי סוג התואר אשר נרכש בטכניון כאשר למטרה זו נספרו בעלי התארים פעם אחת בלבד על פי התואר הגבוה ביותר שרכשו והתפלגות לפי הפקולטה/מחלקה בה סיימו את התואר.

בהתפלגות לפי מגדר התברר כי לגברים יש ייצוג יתר בנתוני המדגם בהשוואה להתפלגות הכוללת של בוגרי הטכניון (לוח 1). בעוד אשר בקרב בוגרי הטכניון כשלושה רבעים הם גברים ורבע נשים, אחוז הגברים בקרב המשיבים לשאלון גבוה יותר ועומד על כ-83%.

לוח 1: ייצוגיות המדגם על פי מגדר

המדגם	מאגר נתוני בוגרי הטכניון	מגדר
83.3%	75.8%	גברים
16.7%	24.2%	נשים
100.0%	100.0%	סה"כ
3,851	66,813	N

בלוח 2 מוצגת התפלגות בוגרי הטכניון על פי התואר הגבוה ביותר אליו למדו בטכניון.¹ אחוז המשיבים בסקר שהם בעלי תארים מתקדמים (להם למדו בטכניון) גבוה יותר מפי שניים מהאחוז המקביל בקרב אוכלוסיית הסקר, כאשר ההטיה היא בעיקר בקרב בעלי תואר שני. כלומר ישנה ייצוגיות יתר במדגם לבעלי תארים מתקדמים.²

¹ הבוגרים נספרו פעם אחת בלבד בהתאם לתואר הגבוה ביותר אליו למדו בטכניון.

² כמובן שחלק מבוגרי הטכניון במדגם אשר ענו על השאלון סיימו את לימודיהם לתארים גבוהים במוסדות אחרים. מאחר ומידע זה לא קיים לגבי כלל בוגרי הטכניון, הוא לא נכלל בנתונים המוצגים בלוח 2, ויוצג בהמשך כאשר נדון במאפייני הבוגרים על בסיס המדגם שהתקבל.

לוח 2: ייצוגיות המדגם על פי סוג התואר של הבוגרים

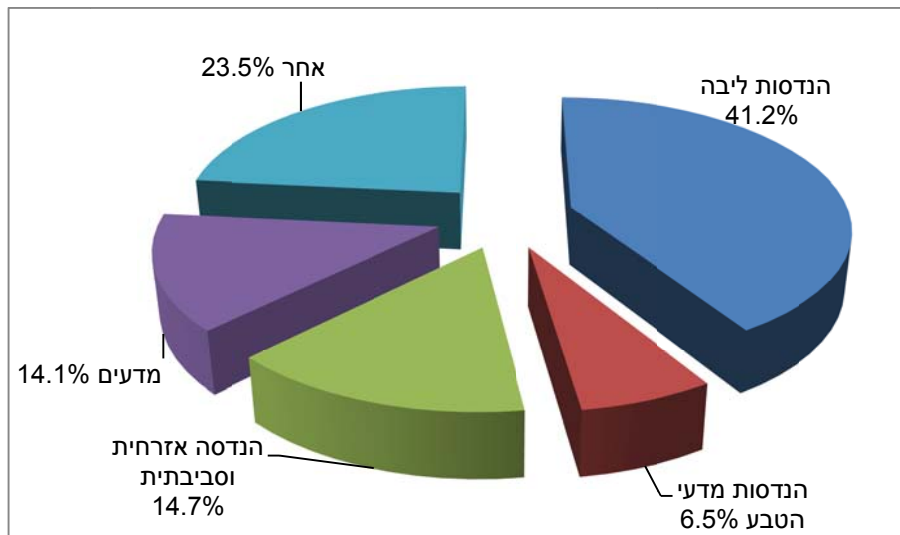
המדגם	אוכלוסיית הבוגרים	סוג התואר
66.7%	83.7%	תואר ראשון
24.2%	10.2%	תואר שני
9.1%	6.1%	תואר שלישי*
100.0%	100.0%	סה"כ
3,971	66,744	N

* כולל 1,838 בעלי תואר דוקטור רפואה המהווים 2.8% מכלל הבוגרים

לשם בחינת ההתפלגות של בוגרי הטכניון לפי הפקולטה בה סיימו הבוגרים את לימודיהם קיבצנו את הפקולטות/מחלקות בטכניון לחמש קבוצות כמוצג באיור 3.

הקבוצה הגדולה ביותר של בוגרים (41%) הם מהפקולטות ההנדסיות המייצרות את כוח האדם הטכנולוגי המיומן לתעשיות טכנולוגיה העילית אותן כינינו הנדסות ליבה. אלה כוללים בתוכם את הפקולטות הבאות: הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת מכונות, הנדסת חשמל, מדעי המחשב, הנדסת ביו-רפואה והתוכנית הבין יחידתית להנדסת מערכות.

איור 3: התפלגות בוגרי הטכניון לפי הפקולטה בה סיימו את לימודיהם



N = 66,694

הקבוצה השנייה ובה רק כ-7% מהבוגרים, כוללת את הפקולטות והמחלקות ההנדסיות הקשורות למדעי הטבע והם: הפקולטה להנדסה כימית, הפקולטה להנדסת ביו-טכנולוגיה ומזון, הפקולטה להנדסת חומרים והתכנית הבין יחידתית להנדסת פולימרים.

קבוצת הפקולטות/מחלקות השלישית בה סיימו את לימודיהם כ-15% מבוגרי הטכניון, כוללת את הפקולטות: הנדסה חקלאית, הנדסה אזרחית, הנדסה גיאודטית והנדסת בניין. במהלך השנים התאחדו פקולטות אלו שהיו נפרדות תחת קורת גג אחת בפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית.

הקבוצה הרביעית כוללת את הפקולטות המדעיות מהן בגרו כ-14% מבין בוגרי הטכניון ובהן: הפקולטה למתמטיקה, הפקולטה לפיזיקה, הפקולטה לכימיה, הפקולטה לביולוגיה והפקולטה לרפואה.

לבסוף, בקבוצה החמישית (אחר) כללנו את הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה והפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, כולל תוכניות למינהל עסקים, לכלכלה וכו'.

התפלגות אוכלוסיית המדגם על פי ההקבצה לקבוצות של פקולטות/מחלקות הנ"ל בהן סיימו הבוגרים את התואר המתקדם שלהם, דומה יותר להתפלגות אוכלוסיית הבוגרים כולה כמוצג בלוח 3 בהמשך. יחד עם זאת, קיימת הטיה מסוימת כלפי מעלה בקרב הבוגרים במדגם המשתייכים לקבוצת הנדסות הליבה והנדסות מדעי הטבע, לעומת הטיה כלפי מטה בקרב המשתייכים להנדסה אזרחית וסביבתית, ובעיקר מהפקולטות המדעיות בהשוואה לכלל האוכלוסייה.

לוח 3 : ייצוגיות המדגם על פי ההשתייכות הפקולטית/מחלקתית

קבוצת פקולטות/מחלקות	אוכלוסיית הבוגרים	המדגם
הנדסות ליבה	41.2%	57.3%
הנדסות מדעי הטבע	6.5%	8.1%
הנדסה אזרחית וסביבתית	14.7%	11.0%
מדעים	14.1%	8.2%
אחר	23.5%	15.4%
סה"כ	100.0%	100.0%
N	66,694	3,942

בהתפלגות על פי תקופת סיום התואר, ניתן לראות דמיון רב יותר בין התפלגות אוכלוסיית המדגם ואוכלוסיית הבוגרים, עם ייצוגיות גבוהה במקצת במדגם לשנות ה-80 וה-90, לעומת מצב הפוך בשנות ה-60 וה-70 כמוצג בלוח 4.

לוח 4: ייצוגיות המדגם על פי תקופת סיום התואר

המדגם	אוכלוסיית הבוגרים	תקופת הסיום
3.5%	4.2%	1940-1959
29.3%	20.1%	1960-1979
35.9%	41.5%	1980-1999
31.4%	34.2%	2000-2010
100.0%	100.0%	סה"כ
3,830	67,067	N

לסיכום, מדגם הבוגרים אשר השיב לשאלונים דומה לאוכלוסיית בוגרי הטכניון בעיקר בהתפלגות לפי תחומי הלימוד בהם הוכשרו, ובמידה רבה גם לפי שנת סיום התואר, כאשר בסוג התואר יש ייצוגיות רבה יותר של בעלי תארים מתקדמים במדגם בהשוואה לכלל האוכלוסייה. כמו כן קיימת ייצוגיות גבוהה יותר לגברים.

2.3 שיטת האמידה

על מנת לאמוד את התרומה הנוכחית של בוגרי הטכניון למשק הוחלט להתייחס לבוגרים אשר נמצאים כיום בשוק העבודה ותורמים על כן בתחומים שונים. לשם כך הבאנו בחשבון את הבוגרים הנמצאים כיום בגיל העבודה, דהיינו עד גיל 67. מאחר ומאגר הנתונים של הבוגרים איננו כולל את גיל הבוגר אלא רק את שנת הסיום, הנחנו הנחה גורפת כי הגיל הממוצע לסיום התואר הוא 26 שנים. בהתאם לזאת שנת החיתוך הרלבנטית לסיום התואר לשם הכללתה בחישוב האומדנים נקבעה לשנת 1968. בנוסף לזאת, היה צריך להתחשב בתמותה הטבעית לאורך השנים ולכן הופעלו שיעורי תמותה (ל.מ.ס, 2010) על התפלגות הבוגרים שהתקבלה לפי קבוצות שנים וגילים. התוצאה הסופית הצביעה כי אומדן כמות הבוגרים אשר נמצאו במועד הסקר בשוק העבודה ואשר השפעתם על המשק כיום תימדד בדו"ח זה עומדת על כ-60 אלף בוגרים שהם 87% מכלל בוגרי הטכניון מאז היווסדו.

לשם אמידת תרומתו של הון אנושי זה נדרשנו לאפיין את הבוגרים על ידי משתנים אשר באמצעותם ניתן לחשב אומדנים מקורבים המעידים על השתלבות הבוגרים בענפי התעסוקה במשק, על הכנסתם, על התפקיד שהם ממלאים בחברות בהם הם עובדים, ועל תרומתם כיוזמים. המידע הישיר אודות תכונות

אלו לא נמצא כאמור במאגר הבוגרים הכולל של הטכניון, אך ניתן היה ללמוד על מאפיינים אלה מניתוח התשובות שקיבלנו בסקר הבוגרים שביצענו. התפלגויות אלו שימשו אותנו ביצירת מקדמי ניפוח של המדגם לכלל האוכלוסייה כפי שיפורט להלן. לשם התאמה מרבית לאוכלוסייה הרלבנטית כאמור לעיל, גזרנו את ההתפלגויות של מדגם הבוגרים רק לאלה הנמצאים בקבוצת גיל העבודה המקבילה, דהיינו עד גיל 67. בוגרים אלה היוו 85% מכלל המשיבים בסקר הבוגרים.

הקושי העיקרי איתו נדרשנו להתמודד בהחלת ההתפלגויות של המדגם על כלל האוכלוסייה קשור למידת הייצוגיות של המדגם. כפי שפורט למעלה, בשלושה משתנים מרכזיים, אשר צפויה להם השפעה על המשתנים שבאמצעותם ניתן לאמוד את התרומה של הון אנושי זה, נמצאו הטיות בין המדגם למאגר הכולל.

הטיה ראשונה נמצאה בהתפלגות לפי תארים אשר נרכשו בטכניון. במדגם, שיעור בעלי תואר שני ושלישי אשר נלמד בטכניון נמצא גבוה מאשר במאגר הכולל. חשיבותו של משתנה זה קשורה לעובדה שחלק מבוגרי הטכניון המשיך ללימודים לתארים גבוהים במוסדות אחרים, נתון שאין לגביו מידע במאגר הכולל של הבוגרים. לאור הקשר הצפוי בין התואר לבין משתנים כמו תעסוקה, הכנסה, תפקיד וכו' יש צורך להעריך את ההתפלגות של התוספת של התארים שנרכשו על ידי בוגרי הטכניון במהלך השנים, בניכוי ההטיה בין המדגם לכלל האוכלוסייה (לגבי התארים שנרכשו בטכניון). לשם כך חישבנו במדגם את אחוז הגידול בכל אחד מהתארים המתקדמים בין מקבלי התואר שנרכשו בטכניון, לבין כלל בעלי התואר בעת ביצוע הסקר. כמו כן, הובא בחשבון שיעור בעלי התואר השני והשלישי אשר למדו לתארים גבוהים מחוץ לטכניון. מקדמים אלו הופעלו על ההתפלגות של כלל הבוגרים לפי סוג התואר שנרכשו בטכניון על מנת להימנע מההטיה שנוצרה במדגם.

שתי הטיות אחרות שיש להן השפעה על אמידת השתלבות הבוגרים בענפי התעסוקה, על הכנסתם ועל התפקידים שהם ממלאים, קשורות בהתפלגות לפי השתייכות פקולטית/מחלקתית וההשתייכות המגדרית. בקרב העונים על שאלון הסקר נמצאו שיעורים גבוהים בהשוואה להתפלגות של כלל בוגרי הטכניון בעיקר בפקולטות להנדסת אווירונאוטיקה וחלל והנדסת מכונות. מצד שני, נמצא שיעור נמוך בקרב העונים לשאלון בהשוואה להתפלגות האמיתית של הבוגרים בפקולטה לרפואה, לתעשייה וניהול ולארכיטקטורה ובינוי ערים. באשר להתפלגות המגדרית במדגם, שיעור הגברים אשר ענה על השאלון נמצא גבוה יותר ועמד על 86%, בעוד שלפי מאגר הבוגרים, שיעור הגברים בוגרי הטכניון נמוך יותר, 75%. בהתאם לכך, את הפילוחים למשתנים השונים הרלבנטיים, שנגזרו מהמדגם, הפעלנו על ההתפלגות האמיתית של הבוגרים (במאגר הכולל) בחלוקה לפי פקולטות ומחלקות ובהפרדה בין גברים ונשים. התוצאות סוכמו יחד על מנת לקבל את האומדנים המקורבים בנטרול ההטיות.

הטיה נוספת, שניתן לשער שקיימת, קשורה בנטייה הטבעית של ה"מצליחים" יותר להשיב לשאלון, שבו הם נשאלים על הישגיהם. אין לנו כל יכולת להתמודד עם סוג זה של הטיה מלבד לציין זאת כהסתייגות לאומדנים שנציג. יחד עם זאת, נראה לנו כי ניתן לראות את התמונה השלמה המתקבלת המעידה על התרומה הגדולה של הטכניון ליצירת הון אנושי במדינה, כפי שיפורט להלן.

3. מאפייני בוגרי הטכניון

3.1 השכלת בוגרי הטכניון

ניתוח הנתונים ממאגר הבוגרים מעלה כי שיעור בוגרי הטכניון בעלי התארים המתקדמים אשר נרכשו בטכניון עומד על 17.2%. בוגרי הטכניון, בחלקם, ממשיכים לתארים גבוהים במהלך הקריירה שלהם גם במוסדות להשכלה גבוהה אחרים בארץ ובחו"ל. השיעור הכולל של בעלי תארים מתקדמים אשר למדו תואר כלשהו בטכניון (ללא קשר היכן למדו את התואר המתקדם ביותר שלהם), נאמד בכ-27%, ממצא המצביע על רמת ההון האנושי שבוגרים אלה מספקים למשק (לוח 5 ו-איור 4).

הנטייה ללמוד לתואר שלישי שכיחה יותר בקרב הבוגרים מהפקולטות המדעיות (בעיקר רפואה) והנטייה ללמוד לקראת תואר שני שכיחה יותר בקרב אלה אשר למדו בפקולטות לארכיטקטורה, תעשייה וניהול ומקצועות אחרים

לוח 5: התפלגות בוגרי הטכניון לפי סוג התואר*

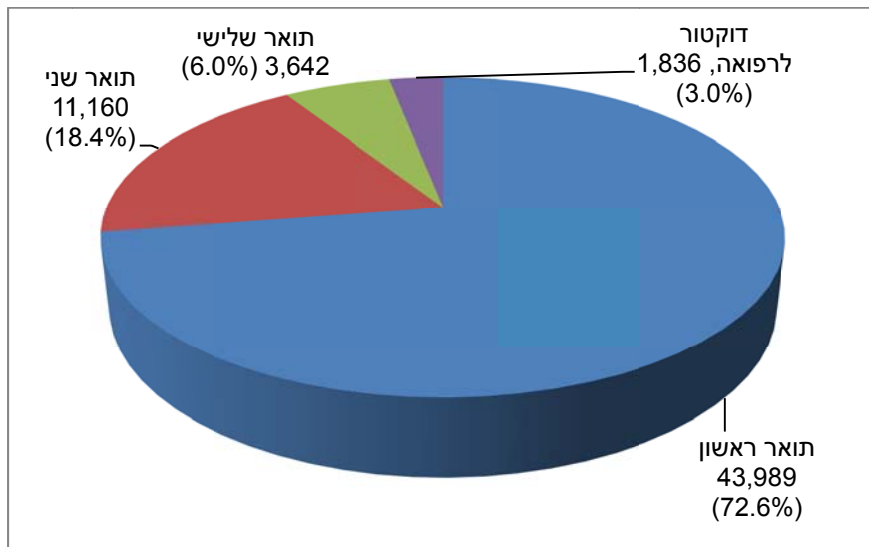
התואר	נרכש בטכניון ¹		כלל בעלי תארים ²	
	סה"כ	%	סה"כ	%
תואר ראשון	50,146	82.7	43,989	72.6
תואר שני	6,515	10.7	11,160	18.4
תואר שלישי	2,129	3.5	3,642	6.0
דוקטור לרפואה	1,836	3.0	1,836	3.0
סה"כ	60,626	100.0	60,626	100.0

* התפלגות הבוגרים לפי תארים נעשתה על פי התואר הגבוה ביותר שרכשו על מנת למנוע כפילויות

¹ עיבוד מנתוני מחלקת עיבוד הנתונים בטכניון

² אומדן מקורב של ההתפלגות הכוללת של בוגרי הטכניון לפי סוג התואר הגבוה ביותר שרכשו ללא קשר מאיזה מוסד הוענק להם התואר הגבוה.

איור 4: התפלגות בוגרי הטכניון על פי סוג התואר המתקדם ביותר שרכשו



מפילוח נתוני המדגם לגבי בעלי התואר השני (N=1197), התברר כי רק 60% למדו לתואר זה בטכניון, 29% במוסד להשכלה גבוהה אחר בישראל ו-11% במוסד להשכלה גבוהה בחו"ל. בין הבוגרים במדגם אשר יש להם דוקטורט (N=618) דומה האחוז של אלה אשר למדו לתואר שלישי מחוץ לטכניון כמו האחוז שעשו זאת בתואר השני, 41%, כאשר מרביתם (28%) למדו בחו"ל. 10% מאלה שלמדו את התואר הגבוה ביותר שלהם (תואר שני או שלישי) בטכניון, סיימו את התואר הראשון שלהם במוסד לימודים אחר בארץ או בחו"ל.

3.2 הכנסת בוגרי הטכניון

על מנת לאמוד את השכר החודשי ברוטו של בוגרי הטכניון, השתמשנו בהתפלגות הבוגרים שבמדגם לפי קבוצות שכר, בחיתוך לפי מגדר והפקולטה/מחלקה בה רכשו את התואר המתקדם שלהם. ההנחה היא כי למשתנים אלה השפעה על רמת השכר. מאחר וכאמור בהתפלגות המדגם לפי פקולטות הייתה הטיה בהשוואה להתפלגות בקרב כלל הבוגרים, הופעלו בשלב ראשון המקדמים של התפלגות המדגם לקבוצות שכר בכל פקולטה/מחלקה על ההתפלגות בפועל של הבוגרים לפי פקולטה/מחלקה ובחלוקה לגברים ונשים והנתונים סוכמו בהקבצה לקבוצות השכר. התוצאות שימשו לקבלת אומדן השכר של בוגרי הטכניון לפי קבוצות שכר כמוצג בלוח 6. בנוסף אמדנו את השכר החודשי ברוטו הכולל של בוגרי הטכניון על ידי הכפלת מספר הבוגרים בכל קבוצת שכר, כפי שהתקבל מהשלב הקודם בשכר החציוני של כל קבוצת שכר.

לוח 6: התפלגות בוגרי הטכניון לפי קבוצת שכר ושכר חודשי ברוטו כולל

קבוצת השכר (ברוטו חודשי בש"ח)	מספר הבוגרים	אחוז	אחוז מצטבר	אומדן שכר ברוטו חודשי (כולל אלפי ₪)
5000-7499	3,687	6.2	6.2	23,043.3
7500-9999	4,077	6.9	13.1	35,669.6
10000-14999	7,625	12.9	26.0	95,317.2
15000-19999	10,323	17.5	43.5	180,655.5
20000-24999	8,799	14.9	58.4	197,978.1
25000-29999	6,978	11.8	70.2	191,894.4
30000-34999	5,795	9.8	80.0	188,332.2
35000-39999	3,280	5.5	85.6	122,994.1
40000-49999	3,605	6.1	91.7	162,238.8
50000 ומעלה	4,929	8.3	100.0	271,076.9
סה"כ	59,098	100.0		1,469,200.3

ההכנסה של בוגרי הטכניון גבוהה משמעותית בהשוואה לנתונים המקבילים במשק, כתוצאה מהקשר האמיץ שבין רמת השכלה ורמת הכנסה. תורמת לכך גם העובדה שמרבית הבוגרים מועסקים בענפי תעסוקה במשק שבהם רמת השכר היא גבוהה. קבוצת ההכנסה החציונית של בוגרי הטכניון היא קבוצת השכר של 20-25 אלף ₪ ברוטו לחודש. רמת שכר זו גבוהה במידה ניכרת לא רק מהשכר הממוצע במשק, אשר בחודש ינואר 2010 עמד על 8,120 ₪ ברוטו לחודש (על פי נתוני הביטוח הלאומי), אלא גם בהשוואה לממוצע השכר ברוטו לשכיר בעל 16+ שנות לימוד, שהגיע בשנת 2008 ל-11,602 ₪ (על פי נתוני סקר כוח אדם של הל.מ.ס.).

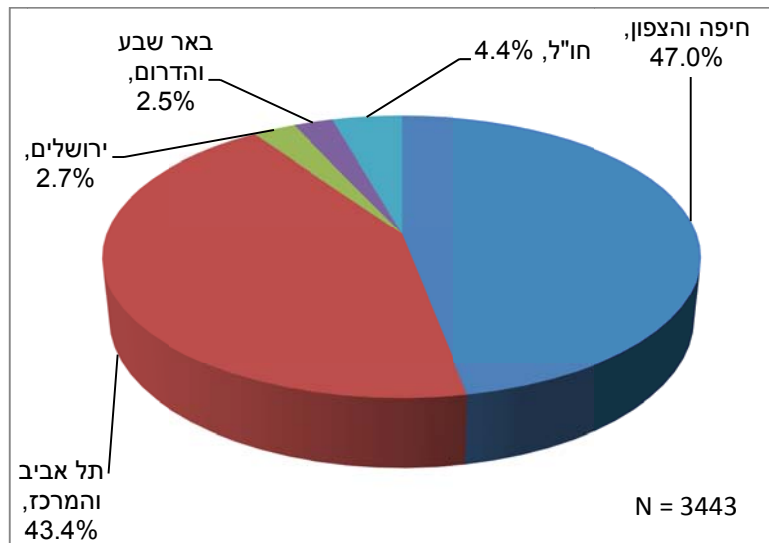
סך כולל השכר החודשי של כלל הבוגרים במשק נאמד בכ-1.5 מיליארד ₪ שהם בקירוב כ-6.4% מהשכר החודשי הכולל במשק לשנת 2009 אשר עמד על 22.9 מיליארד ₪ (ל.מ.ס., שנתון סטטיסטי לישראל, 2010), למרות שבוגרים אלה מהווים פחות מ-2.5% מכלל המשרות במשק.

בדומה לכלל המשק, גם בקרב בוגרי הטכניון הכנסתם של הגברים גבוהה יותר מזו של הנשים. בעוד שרבע מהגברים משתכרים שכר ברוטו חודשי העולה על 35 אלף ₪, בקרב הנשים רק 7% נמצאות ברמת הכנסה מקבילה ואילו הכנסתן החודשית ברוטו של כשני שלישים מהנשים נמוכה מ-20 אלף ₪. הבדלים אלה במדגם בין גברים ונשים נמצאו מובהקים סטטיסטית ($\chi^2=315.8$; $df=9$; $\alpha=0.00$).

3.2 מקום המגורים

הבוגרים התבקשו לציין בסקר שנערך גם את מקום מגוריהם. הממצאים, במידה והם מייצגים את בוגרי הטכניון¹, מצביעים על התרומה הרבה של הטכניון לפיתוח אזור חיפה והצפון (איור 5). קרוב למחצית מהבוגרים, אשר ענו על השאלה, מתגוררים באזור חיפה והצפון ועוד 43% באזור תל אביב והמרכז.

איור 5: בוגרי הטכניון לפי מקום המגורים שלהם (%)



4. השתלבות בוגרי הטכניון במשק ובענפי הכלכלה

4.1 ענפי התעסוקה של בוגרי הטכניון

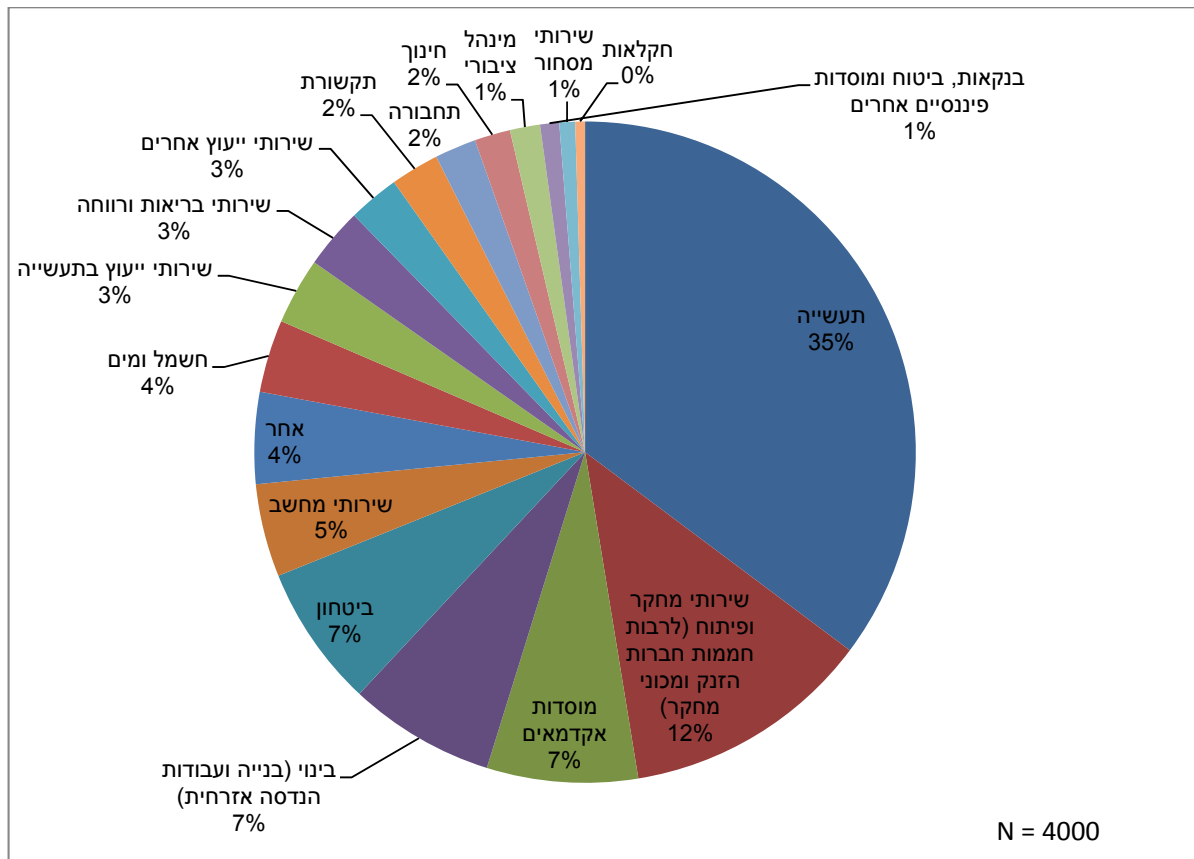
התפלגות בוגרי הטכניון, על פי השתייכותם לענפי התעסוקה, מצביעה כצפוי על הבולטות הרבה שלהם בענפי התעשייה, שירותי המו"פ, שירותי המחשב, באוניברסיטאות ובביטחון כפי שעלה מנתוני המדגם (איור 6).

אמידת ההתפלגות של כלל בוגרי הטכניון לענפי תעסוקה עיקריים חושבה על בסיס ההתפלגות של נתוני המדגם (איור 6). התפלגות זו חולקה על פי ההשתייכות לפקולטה/מחלקה ומגדר על מנת לנטרל את ההטיה שנמצאה בין המדגם להתפלגות בפועל של הבוגרים במאפיינים אלה. האומדנים שהתקבלו הצביעו כצפוי על הבולטות הרבה של בוגרי הטכניון בענפי התעשייה, שירותי המו"פ, שירותי המחשב, תקשורת ואוניברסיטאות, אשר בהם מועסקים כ-58% מהבוגרים. בכל הענפים הללו אחוז הבוגרים עולה במידה משמעותית על האחוז המקביל של המועסקים במשק כפי שיוצג בהמשך. אם נביא בחשבון

¹ בשאלת מקום המגורים אין מידע במאגר הכולל של בוגרי הטכניון כך שלא ניתן לבדוק את מידת הייצוגיות בסוגיה זו.

שהבוגרים משמשים בתפקידים בכירים לאור כישוריהם, כפי שיוצג בפרק נפרד בדו"ח זה, הרי שמשקלם הסגולי אף גדול בהרבה בהשוואה להתפלגות הארצית של המועסקים.

איור 6: בוגרי הטכניון לפי השתייכותם לענפי תעסוקה (%)



בהתייחס לחלוקה לפי פקולטה/מחלקה (לוח 7) בולטות בוגרי הטכניון גבוהה יותר כפי שניתן היה לצפות בקרב הבוגרים מקבוצת הנדסות הליבה ומפקולטות ומחלקות הקשורות למדעי הטבע, בהם למדו מעל 75% מהבוגרים המועסקים בענפים אלו. השיעור נמוך יותר בקרב הבוגרים מהפקולטות המדעיות ומאלו שבקבוצת ה'אחר' (בעיקר בוגרי הנדסת תעשייה וניהול), בהם פחות מ-50% מהבוגרים מועסקים בענפים אלו. הפקולטה בה השיעור הוא נמוך ועומד על 26% היא כפוי בקרב בוגרי הנדסה אזרחית וסביבתית. מרבית המועסקים בענפים אלו הם מקרב בוגרי הנדסה חקלאית.

לוח 7: בוגרי הטכניון לפי השתייכותם לענפי תעסוקה נבחרים וקבוצת פקולטות מהם בגרו

ענף תעסוקה	סה"כ	הנדסות ליבה ¹	הנדסות מדעי הטבע ²	הנדסה אזרחית וסביבתית	מדעים ³	אחר ⁴	סה"כ
תעשייה	סה"כ	10,290	2,068	978	1,381	2,716	17,433
	אחוז	54.7	72.6	48.5	33.2	42.5	50.9
שירותי מו"פ	סה"כ	4,809	360	328	1,073	968	7,538
	אחוז	25.5	12.7	16.3	25.8	15.2	22.0
שירותי מחשב	סה"כ	1,527	20	250	252	1,396	3,444
	אחוז	8.1	0.7	12.4	6.0	21.9	10.1
תקשורת	סה"כ	955	26	75	110	295	1,461
	אחוז	5.1	0.9	3.7	2.6	4.6	4.3
אוניברסיטאות	סה"כ	1,244	374	386	1,349	1,012	4,366
	אחוז	6.6	13.1	19.1	32.4	15.8	12.8
סה"כ	סה"כ	18,825	2,848	2,018	4,164	6,387	34,242
	אחוז	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
אחוז מסה"כ הבוגרים		77.9	75.9	25.8	47.3	44.0	57.9

1. הנדסת אוירונאוטיקה וחלל, הנדסת מכונות, הנדסת חשמל, מדעי המחשב, הנדסת ביו-רפואה והתוכנית הבין יחידתית להנדסת מערכות.
2. הפקולטה להנדסה כימית, הפקולטה להנדסת ביו-טכנולוגיה ומזון, הפקולטה להנדסת חומרים והתכנית הבין יחידתית להנדסת פולימרים
3. הפקולטה למתמטיקה, הפקולטה לפיזיקה, הפקולטה לכימיה, הפקולטה לביולוגיה והפקולטה לרפואה
4. הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה והפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, כולל תוכניות למינהל עסקים, לכלכלה וכו'.

כמחצית מכ-34 אלף הבוגרים, העובדים בחמשת ענפי תעסוקה הנ"ל, עובדים בענף התעשייה ועוד למעלה מחמישית בשירותי המו"פ. השיעור בולט בעיקר בשתי הקבוצות הראשונות של הפקולטות והמחלקות ההנדסיות המוגדרות כליבה ואלה הקשורות למדעי הטבע, כאשר למעלה מ-80% מהבוגרים מפקולטות/מחלקות אלה מועסקים בשני ענפי התעסוקה הללו (לוח 7). בענף התקשורת, בולטים יותר בוגרי הנדסות הליבה והפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, בענף שירותי המחשב בולטים אבסולוטית בוגרי מדעי המחשב ובוגרי הנדסת תעשייה וניהול ובאוניברסיטאות בולט שיעורם של הבוגרים מהפקולטות המדעיות המגיע לכשליש מהבוגרים המועסקים בחמשת ענפי תעסוקה אלו.

בלוח 8 מוצגת התפלגות הבוגרים בענפי תעסוקה הללו יחסית להתפלגות המשרות במשק כולו. בחמשת ענפי התעסוקה הללו הועסקו ב-2009 קרוב ל-600 אלף עובדים במשק בישראל (ל.מ.ס., שנתון סטטיסטי לישראל 2010), שהם כחמישית מכלל המועסקים בישראל בשנה זו (2.78 מיליון עובדים). מכלל העובדים בענפים אלה במשק, בוגרי הטכניון מהווים כ-6%, אולם בקרב בוגרי הטכניון שיעור הבוגרים המועסקים בענפים אלה, הוא כמעט פי שלושה בהשוואה לשיעורם במשק כולו, כ-58%.

לוח 8: משקל בוגרי הטכניון בענפי תעסוקה נבחרים במשק

ענף תעסוקה	בוגרי הטכניון	אחוז מסה"כ הבוגרים	סה"כ מועסקים 2009	אחוז מסה"כ מועסקים במשק	אחוז בוגרי הטכניון מסך המועסקים בענף
תעשייה	17,433	29.5	407,700	14.6	4.3
שירותי מו"פ	7,538	12.8	26,380	0.9	28.6
שירותי מחשב	3,444	5.8	83,080	3.0	4.1
תקשורת	1,461	2.5	45,930	1.6	3.2
אוניברסיטאות	4,366	7.4	29,200	1.0	15.0
סה"כ	34,242	57.9	592,290	21.3	5.8

הענף הדומיננטי ביותר מבין חמשת ענפי תעסוקה אלו הוא כאמור ענף התעשייה. בענף זה, שבו אחוז המועסקים במשק עומד על 14.6%, מהווים בוגרי הטכניון 4.3% מכלל המועסקים בענף וכ-30% מכלל בוגרי הטכניון. יחד עם זאת, מן הראוי לציין כי ענף התעשייה הוא ענף הטרונגני מאוד מבחינת רמת כוח האדם שבו, בעוד שבוגרי הטכניון מהווים את השכבה הדקה יותר של כוח האדם המיומן. אינדיקציה לכך ניתן לראות במשקל המשמעותי של בוגרי הטכניון בענפים בהם כוח האדם האיכותי הוא גבוה, כמו ענף שירותי המו"פ ובאוניברסיטאות. בענף שירותי המו"פ משקלם של בוגרי הטכניון מתקרב ל-30% מכלל המועסקים במשק בענף, בהשוואה לפחות מאחוז מכלל המועסקים במשק העובדים בענף זה. אין ספק על כן כי תרומתם של עובדי הטכניון למעמדה של ישראל כמעבדת מו"פ בינלאומית היא משמעותית ביותר. שיעור בוגרי הטכניון המועסקים באוניברסיטאות הוא מרשים ועומד 15% בהשוואה לאחוז אחד בכלל העובדים במשק. גם בשני ענפי התעסוקה הנוספים, תקשורת ושירותי מחשב, בולט שיעור בוגרי הטכניון מכלל העובדים בענפים אלו בהשוואה לשיעורם בכלל המשק.

משקלם של בוגרי הטכניון בענפי תעסוקה אלו אף מתחזק במהלך השנים. נתוני המדגם הצביעו על כך כי בקרב הבוגרים אשר סיימו את לימודיהם ב-20 השנים האחרונות השיעור המועסק בתעשייה עמד על 38.8% ובשירותי מו"פ 15.8%. נתונים אלה מדגישים את תרומתם הסגולית של בוגרי הטכניון לענפים אלה המהווים את חוד החנית בפיתוח של חדשנות טכנולוגית במשק.

את ענף התעשייה, שבו מועסקת הקבוצה הגדולה ביותר של הבוגרים, מקובל כיום בעולם ובישראל לאפיין על פי ארבע קטגוריות בהתאם לעצמה הטכנולוגית של הענף, כדלהלן:

תעשיות טכנולוגיה עלית - ענפי תעשייה בתחום ההייטק (תרופות לבני אדם ולשימוש וטרינרי; מכונות למשרד לחשבונאות ומחשבים; רכיבים אלקטרוניים; ציוד תקשורת אלקטרוני; ציוד תעשייתי לבקרה ולפיקוח וציוד רפואי ומדעי וכלי טיס).

תעשיות טכנולוגיה מעורבת עילית - כימיקלים ומוצרים כימיים (למעט תרופות); זיקוק נפט ומוצריו ודלק גרעיני; מכונות וציוד; מנועים חשמליים ואביזרים לחלוקת חשמל וכלי הובלה (למעט כלי טיס).

תעשיות טכנולוגיה מעורבת מסורתית - כרייה וחציבה; מוצרי פלסטיק וגומי, מוצרים מינרליים אל-מתכתיים, מתכות אל-ברזיליות ויקרות; מוצרי ברזל ופלדה ומוצרי מתכת.

תעשיות טכנולוגיה מסורתית - מוצרי מזון; משקאות חריפים וקלים וטבק; טקסטיל, הלבשה ונעליים; עור ומוצריו; נייר דפוס ומוצרי נייר ומוצרי עץ ורהיטים.

תרומתם הגדולה של בוגרי הטכניון לצמיחה במשק קשורה במשקלם הגבוה יחסית בקרב המועסקים בתעשיות הטכנולוגיה העילית. חשיבותה של קבוצת תעשיות אלו היא רבה שכן למרות שהם מכילים רק כרבע מהמשרות בענף התעשייה ו-3.2% מהמשרות בכלל המשק, ענפים אלו תורמים ל-51% מהיצוא התעשייתי ו-39.5% לערך המוסף הגולמי של התעשייה (למ"ס, שנתון סטטיסטי לישראל 2010).

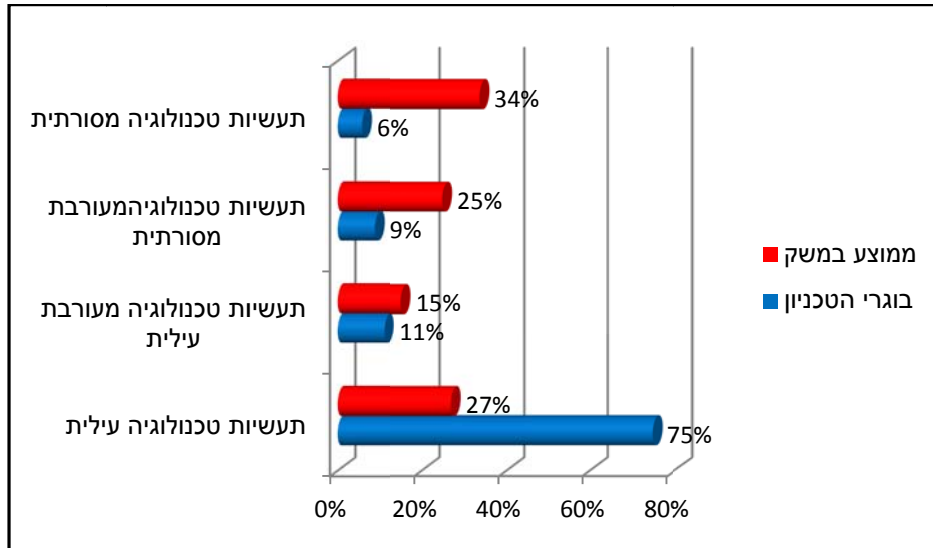
תרומתו של הטכניון לכוח האדם בקבוצה זו היא משמעותית ביותר. מפילוח הנתונים עולה כי מכלל בוגרי הטכניון המועסקים בתעשייה, 75% עובדים בתעשיות הטכנולוגיה העילית, או כ-13 אלף מועסקים (לוח 9). בתעשיות אלה המהוות כ-27% מכלל המשרות בתעשייה במשק¹ מהווים בוגרי הטכניון כ-14%. כלומר, השיעור בקרב בוגרי הטכניון המועסקים בתעשיות הטכנולוגיה העילית גבוה פי 2.8 מהשיעור של כלל המועסקים בענף התעשייה העובדים בתעשיות הטכנולוגיה העילית (איור 7).

לוח 9: משקל בוגרי הטכניון בענפי התעשייה על פי העוצמה הטכנולוגית

ענף תעסוקה	בוגרי הטכניון	אחוז מסה"כ הבוגרים	סה"כ משרות במשק	אחוז מסה"כ משרות	אחוז בוגרי הטכניון מסך המשרות בתעשייה
תעשיות טכנולוגיה עילית	13,071	75.0	92,424	26.8	14.1
תעשיות טכנולוגיה מעורבת עילית	1,915	11.0	51,510	14.9	3.7
תעשיות טכנולוגיה מעורבת מסורתית	1,478	8.5	85,465	24.8	1.7
תעשיות טכנולוגיה מסורתית	971	5.6	115,829	33.6	0.8
סה"כ תעשייה	17,434	100.0	345,228	100.0	5.1

¹ הנתון בל.מ.ס. אודות ההתפלגות בתעשיות על פי העוצמה הטכנולוגית היא במספר משרות ולא במספר מועסקים. לכן בסעיף זה חישוב שיעור מועסקים הוא מכלל המשרות. בסך כול בתעשייה היחס של מספר עובדים למשרות עומד על 1.2.

איור 7: השוואת התפלגות בוגרי הטכניון והממוצע במשק המועסקים בענפי התעשייה לפי עוצמה טכנולוגית (%)

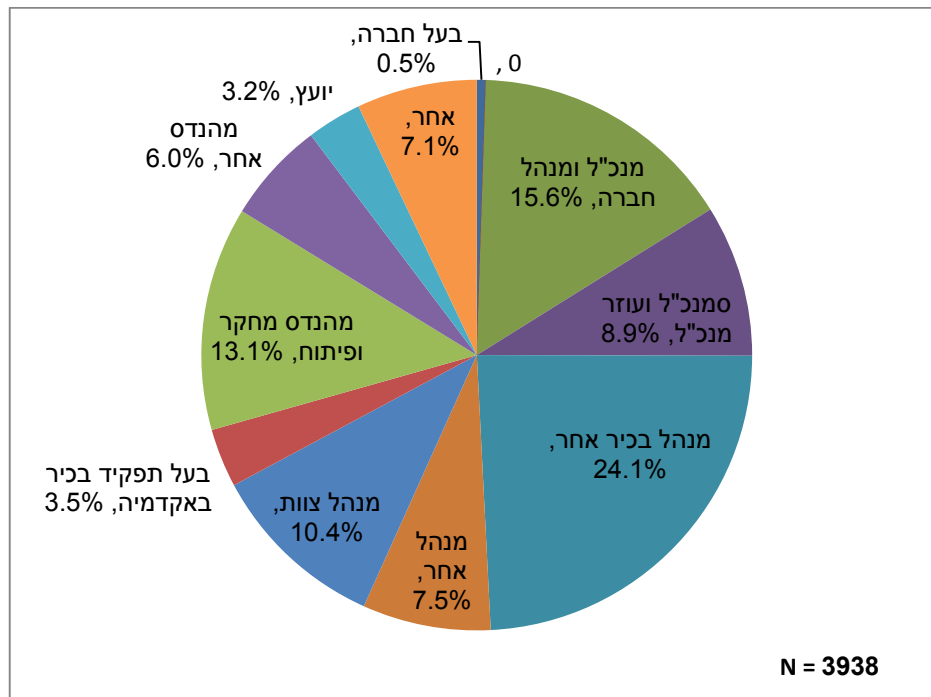


חשיבות הממצאים הללו נובעת מהיותם של ענפי טכנולוגיית העילית ה"קטר" של המשק הישראלי. בהשוואה בינלאומית ניצבת ישראל במקום ראשון בקרב המדינות במערב באחוז המועסקים בתעשיות ההיי-טק אשר עמד בשנת 2007 על 26.3% מהמועסקים בתעשייה (במקום השני ניצבה אירלנד עם כ-19%) ו-6.7% מהמועסקים בתחום שירותי הי טק, או בסך הכול 9.3% מכלל המועסקים במשק. אין ספק לכן כי תרומתם של בוגרי הטכניון לחזית התעסוקה הטכנולוגית היא משמעותית כאשר 75% מהבוגרים המועסקים בתעשייה משתייכים לתעשיות הטכנולוגיה העילית, פי 2.8 מהשיעור הממוצע במשק כולו (ל.מ.ס., 2010)

4.2 בוגרי הטכניון בתפקידי ניהול בכירים במשק

נתוני המדגם סיפקו לנו מידע אודות התפלגות הבוגרים, אשר השיבו לשאלון, לפי סוג התפקיד אותו הם ממלאים או מילאו בעבר בחברות בהם הם עבדו/עובדים. לנתון זה חשיבות רבה ויש בו בכדי להעיד על חשיבותם של בוגרי הטכניון במערך התעסוקתי של המשק הישראלי. הממצאים העידו שמרבית הבוגרים נשאו בתפקידי ניהול שונים (איור 8).

איור 8: התפלגות מדגם בוגרי הטכניון לפי סוג התפקיד הבכיר ביותר שמלאו או ממלאים (%)

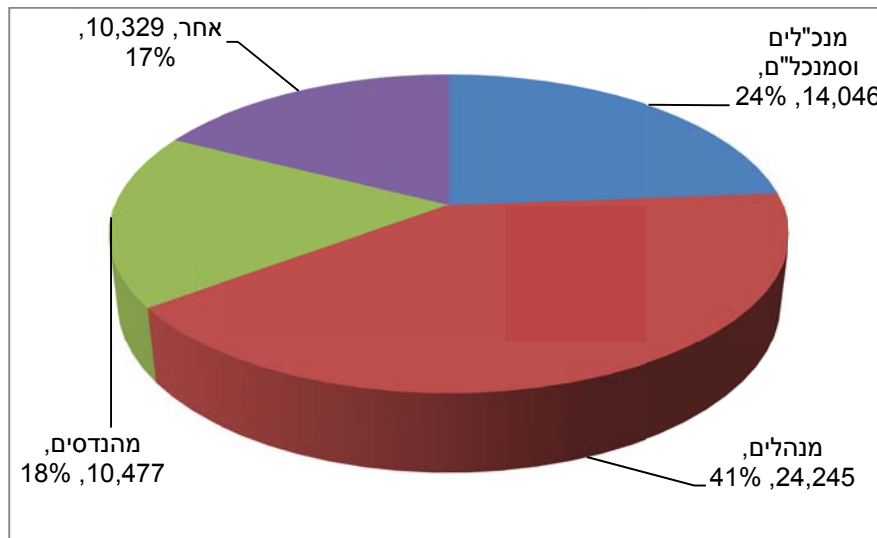


מקרא:

- **מנכ"ל - מנכ"ל** - מנהל כללי בשירותים ממשלתיים, מנהל חברה ומנהל כללי במגזר העסקי
- **סמנכ"ל - סמנכ"ל/מנהל יצור**, סמנכ"ל/מנהל מחקר ופיתוח, סמנכ"ל/מנהל שירותי מחשוב, סגן ראש אגף/חטיבה, שותף בכיר בחברה/
- **מנהל בכיר אחר** - מנהל בשירותים פיננסיים ומיסוי, מנהל כספים ובקרה, מנהל מחלקה, מנהל מחקר ופיתוח, מנהל מעבדה, מנהל מפעל, מנהל שירותים קהילתיים ורפואיים, מנהל תחום, מנהל תחום במוסד חינוכי, משנה למנהל/מנהל מוסד חינוכי, סגן מנהל, סגן מנהל מחלקה, ראש אגף/ מנהל חטיבה, ראש מדור.
- **מנהל אחר**: מנהל אבטחת איכות, מנהל אספקה, מנהל משרד, מנהל פיתוח, מנהל פרויקט, מנהל שיווק
- **מנהל צוות** - ראש צוות פיתוח, מנהל צוות
- **מהנדס אחר** - מהנדס אבטחת איכות, מהנדס חברה, מהנדס יצור, מהנדס מערכות, מהנדס מרחב/עיר, מהנדס פרויקט, מהנדס ראשי, מהנדס תוכנה,
- **אחר** - ארכיטקט, תפקיד במוסד חינוכי, כלכלן, מתכנת, תפקיד באקדמיה, סטודנט, קצין בכיר בצה"ל, שר בממשלה, רופא וכו'.

על מנת לחלץ אומדנים על היקף הבוגרים בסוגי התפקידים השונים, פילגנו את התפקידים המרכזיים בחלוקה על פי הפקולטה/המחלקה ממנה בגרו ובחלוקה מגדרית והפעלנו את השיעורים על ההתפלגות האמיתית של הבוגרים לפי מגדר ופקולטות כפי שזו נגזרה מהמאגר הכולל. תיקון הטיה זו במדגם התבססה על העובדה שנמצאו הבדלים סטטיסטיים מובהקים בפילוח במדגם של בעלי התפקידים לפי הפקולטות מהם בגרו. באיור 9 מוצג האומדן המקורב של בוגרי הטכניון לפי התפקיד הבכיר שהם ממלאים במשק.

איור 9: התפלגות בוגרי הטכניון לפי התפקיד הבכיר שהם ממלאים במשק



ניתן לראות כי בוגרי הטכניון ממלאים תפקידים בכירים במשק ושמרביתם עוסקים בתפקידי ניהול מגוונים. כרבע מהם משמשים בתפקידי מנכ"לים וסמנכ"לים, 41% בתפקידי ניהול אחרים ורק 18% בתפקידי מהנדסים. מניתוח נתוני המדגם נראה כי התפקיד קשור לוותק העובד ומרבית הבוגרים שמתחילים לעבוד בתפקיד מהנדס, עוברים במהלך השנים לתפקידי ניהול. אינדיקציה לכך נמצאה בהתפלגות הגילים של ממלאי התפקידים השונים. ממוצע הגיל של קבוצת המנכ"לים והסמנכ"לים עומד על 59 שנים, בעוד שממוצע גיל המנהלים האחרים הוא 53 שנים והמהנדסים 42 שנים (הבדלים אלו נמצאו מובהקים סטטיסטית במבחן שונות One Way ANOVA, ברמה של 99.9%).

התפקידים הבכירים אותם ממלאים בוגרי הטכניון במשק מתגמלים אותם בשכר ברמה גבוהה. כפי שעלה מניתוח נתוני המדגם, כאשר בחנו את רמות השכר החציוניות (לפי קבוצת שכר) בין בעלי התפקידים השונים, בחלוקה שלהם לארבע קטגוריות ראשיות, התקבלו הבדלים מובהקים סטטיסטית: הקבוצה הכוללת את בעלי החברות, מנכ"לים וסמנכ"לים ניצבת בראש סולם השכר כאשר חציון קבוצת השכר הוא 30-35 אלף ש"ח לרוטו לחודש. מתחתם נמצאת קבוצת המנהלים עם חציון קבוצת שכר של 20-25 אלף ש"ח לרוטו לחודש. במקום השלישי נמצאים המהנדסים ובעלי התפקידים האחרים עם חציון קבוצת שכר של 15-20 אלף ש"ח לרוטו לחודש. ההבדלים בין קבוצות בעלי התפקידים וקבוצות השכר נמצאו מובהקים סטטיסטית ($\chi^2 = 868.6$; $df=27$; $\alpha=0.000$).

הבדל משמעותי במילוי תפקידים בכירים נמצא בין הגברים והנשים בוגרי הטכניון כפי שניתן לראות בלוח 10. בעוד ש-27% מהגברים בוגרי הטכניון משמשים כמנכ"לים וסמנכ"לים בחברות בהם הם עובדים, רק

13% מקרב הנשים בוגרות הטכניון משמשות בתפקידים בכירים אלה (מחצית משיעור הגברים). אולם בתפקיד 'מנהלים', שיעור הממלאים תפקיד זה זהה בקרב הגברים לזה שבקרב הנשים.

לוח 10: התפלגות בוגרי הטכניון לפי התפקיד הבכיר אותו הם ממלאים במשק בחלוקה לפי מגדר

נשים		גברים		בוגרי הטכניון		תפקיד בכיר
אחוז	סה"כ	אחוז	סה"כ	אחוז	סה"כ	
12.9	1,903	27.4	12,143	23.8	14,046	מנכ"לים וסמנכ"לים
41.2	6,097	41.0	18,148	41.0	24,245	מנהלים
16.0	2,366	18.3	8,111	17.7	10,477	מהנדסים
29.9	4,421	13.3	5,908	17.5	10,329	אחר
100.0	14,788	100.0	44,310	100.0	59,098	סה"כ

4.3 תרומת הבוגרים ליזמות וחדשנות טכנולוגית במשק

ליזמות תפקיד מפתח בקידומה של הכלכלה במשק. בסקר הבוגרים ניסינו לעמוד על היקפי היזמות. מהנתונים שהתקבלו ניתן היה לבחון את שיעור הבוגרים אשר הקימו חברות חדשות כאינדיקציה לקיומה של יזמות. הפעלת השיעורים שהתקבלו בחיתוך לפי פקולטות/מחלקות ומגדר על ההתפלגות של סה"כ הבוגרים הנמצאים כיום בגילי העבודה, מראה כי בקירוב כ-23% או 13.5 אלף מהבוגרים הללו היו מבין המקימים והמייסדים של חברות חדשות במשק. השיעור גבוה יותר, כצפוי, בקרב הגברים מאשר בקרב הנשים, אם כי גם בקרב הנשים נמצא שכ-15% מהן הקימו חברה חדשה במהלך הקריירה שלהן.

ביטוי משמעותי ליזמות הישראלית נמצא בהקמתן של חברות הזנק בתחומי הטכנולוגיה שיש להן תרומה משמעותית לצמיחה של המשק. ישראל ידועה כמדינה בעלת השיעור הגבוה ביותר של חברות הזנק בהשוואות בינלאומיות יחסית לגודלה של המדינה. עובדה זו מציבה אותה בחזית הידע הטכנולוגי בעולם ותורמת רבות לפיתוחה של חדשנות טכנולוגית. יצוא שירותים מחברות ההזנק בישראל עמד בשנת 2010 על 2.2 מיליארד ₪ (הלמ"ס, חשבונות לאומיים). אחוז המשרות בחברות ההזנק, המחשוב והמו"פ מכלל המשרות במשק עמד על כ-6% (למ"ס, שנתון סטטיסטי לישראל, 2010).

נתוני המדגם, בהקשר זה, אפשרו לנו לאמוד את מעורבותם של בוגרי הטכניון בחברות ההזנק בישראל. הפעלת המקדמים על כלל אוכלוסיית הבוגרים, אשר נמצאת בגיל העבודה כיום, הצביעה כי 10,882 מבין הבוגרים (18.4%) עובדים או עבדו בחברות הזנק, מהם 83% גברים ו-17% נשים, פי שלושה מהשיעור במשק כולו. מבין אלה, כ-2,600 (24%) שימשו בתפקיד מנכ"ל, כ-1,600 (15%) בתפקיד סמנכ"ל וכ-1,450 (כ-13%) כמנהלי מו"פ.

קיומה של חדשנות טכנולוגית קשורה ישירות לפיתוח של מוצרים חדשים או שיפור של תהליכים קיימים. בעוד שחדשנות של תהליכים נועדה להקטין את עלויות הייצור, הרי שחדשנות של פיתוח ושיפור מוצרים מטרתה להגדיל את שוק המכירות. זאת ועוד, החדשנות הטכנולוגית הקשורה בפיתוח של מוצרים חדשים ותמיכה בה על ידי הממשלה גורמת לצמיחה מהירה של המשק בטווח הארוך. על מנת לבחון את תרומתו של הטכניון באמצעות בוגריו לסוגיה זו ביקשנו מהמשיבים במדגם לציין את מעורבותם בפיתוח ושיפור של מוצרים חדשים, תהליכים חדשים ופיתוח מודלים עסקיים חדשים. הנתונים מצביעים על מעורבות גדולה של בוגרי הטכניון בפיתוח של חדשנות טכנולוגית, בעיקר חדשנות של מוצרים חדשים. באמצעות ההתפלגויות, אשר התקבלו במדגם הבוגרים בהקשר זה תוך נטרול ההטיות של ההתפלגות הפקולטית והמגדרית, יכולנו לאמוד את היקף הבוגרים אשר היו שותפים לתהליכים אלו. התוצאות מצביעות על כך כי מבין סה"כ הבוגרים, כמחציתם שהם 29,800 בוגרים, היו מעורבים בפיתוח חדשני כלשהו. מרביתם בפיתוח מוצרים חדשים ו/או תהליכים חדשים.

מדד נוסף המשמש מחקרים שונים כאינדיקציה לקיומה ורמתה של חדשנות טכנולוגית במדינה הוא מספר הפטנטים הנרשמים במדינה בשנה. בהקשר זה נתונים עדכניים אודות רישום פטנטים בינלאומיים מלמדים כי ישראל ממוקמת במקום ה-13 בעולם מבחינת מספר בקשות הפטנט הבינלאומיות ובמקום הרביעי ביחס לגודלה¹.

גם בהקשר זה תרומת הטכניון באמצעות בוגריו היא משמעותית. ממצאי סקר הבוגרים מלמדים כי 24% מבוגרי הטכניון שבמדגם הגישו בקשה לרישום פטנט ו/או רשמו פטנט. התפלגותם של המגישים והרושמים פטנטים לפי קבוצת פקולטות מלמדת כצפוי על הקשר בעיקר לפקולטות אשר משתייכות לקבוצת הנדסות הליבה. מביניהם ראוי לציין כי מרבית הבקשות ורישום הפטנטים הם של בוגרים מהפקולטות להנדסת חשמל והנדסת מכונות.

מספר הבקשות שהוגשו על ידי בוגרי הטכניון שבמדגם עמד על 3,775. נתון זה חושב מתשובות שהתקבלו מ-71% בלבד מאלה אשר ציינו כי הגישו בקשה לרישום פטנט. בהתאם לכך ממוצע הבקשות לפטנט לבוגר מאלה שהגישו בקשות עומד על 5.5 בקשות, והחציון על 2 בקשות. מספר הפטנטים הרשומים של בוגרי הטכניון שבמדגם עומד על 2,607 או במוצע 4.9 פטנטים לבוגר אשר רשם פטנט.

¹ בתוך: אתר משרד המשפטים - אגף הפטנטים בכתובת: <http://www.justice.gov.il/MOJHeb/RashamHaptentim>

5. אמידת ערך ההון האנושי שיוצר הטכניון והחזר ההשקעה למשק

מחקרים רבים אשר תועדו בספרות על ידי כלכלנים הצביעו ללא כל ספק על כך שהחזר ההשקעה החברתי (ההחזר לחברה ככלל) וכמו כן החזר הפרטי מההשקעה (ההחזר הבלעדי לבעלי ההון האנושי) שניהם מתבטאים במספר דו ספרתי בכל מדינה בה נערך מחקר בנושא זה.

ההיסטוריה עצמה אימתה תוצאות אלו. כך ניתן לטעון כי המשטר הסובייטי בבריה"מ, בהשפעתו של קרל מרקס אשר כתב כי מדינות מעצימות את עושרן על ידי צבירת הון פיסי ופיננסי, פיתח תעשיות עתירות הון והקים מפעלי ענק בהשוואה לאלו שצמחו במערב. אולם התוצאה הייתה כלכלה כושלת. לעומת זאת במערב, בהשפעת מחקרם של Theodore Schultz חתן פרס נובל ו-Gary Becker מאוניברסיטת שיקגו, ו-Robert Solow מ-M.I.T., קובעי המדיניות הגיעו להכרה כי הדרך להשגת צמיחה כלכלית ועושר תלויה בהון האנושי ולא בהון הפיסי, דהיינו בכישורים, בידע ובמוטיבציה של אנשים יצירתיים, העובדים במערכות השונות אשר נותנות בידיהם את החופש לחדש וליישם את המצאותיהם.

מדינת ישראל הידועה בכינוי "אומת הסארט-אפ" (Start-Up Nation), בצדק יכולה גם להיחשב כאומת ההון האנושי. מחקר שבוצע במוסד שמואל נאמן על 34 מדינות ה-OECD (ארגון המדינות המפותחות), העלה כי בישראל כ-44% מהאוכלוסייה בגיל העבודה היו בעלי השכלה תיכונית או יותר, שיעור מהגבוהים בקרב מדינות ה-OECD. בישראל כמחצית מתלמידי יב' זכאים לבגרות ו-44% עומדים בדרישות הכניסה למוסדות להשכלה גבוהה (גץ ואח', 2007).

ב-2008/9 כ-8,700 סטודנטים סיימו את לימודי התואר הראשון שלהם במדעים ובהנדסה, למעלה ממחציתם למדו הנדסה וארכיטקטורה, כחמישית למדו מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב; 15% למדו ביולוגיה ו-7% פיסיקה (ל.מ.ס., 2010). במקביל, סגל ההוראה והמחקר הבכיר בכול המוסדות להשכלה גבוהה בישראל מנה בשנים אלו 4,722 חברים¹, בהשוואה ל-5,137 בשנים 1999/0, כלומר ירידה של 8% במהלך העשור האחרון (ל.מ.ס., 2010). הסגל באוניברסיטאות בישראל מזדקן. כ-46% מהסגל הבכיר באוניברסיטאות הוא מעל גיל 55, הרבה מעל לשיעור המקביל לו במדינות המפותחות האחרות בעולם (דוח ות"ת בתוך: גץ ואח', 2007).

חלק משמעותי של ההון האנושי בישראל עוסק בחדשנות. בשנת 2008 היקף המשרות (המלאות) במו"פ במגזר העסקי בישראל עמד על 54,620 משרות אשר היוו 12.2% מסה"כ המועסקים במגזר, שיעור גבוה משמעותית מחציון המדינות המפותחות אשר עמד בשנה זו על 4% בלבד (ל.מ.ס., 2011, פרסום

¹ לפי שווה ערך של משרות שלמות במוצע חודשי.

1425). ישראל באופן ישיר על כן מתקיימת למעשה מההון האנושי שיש לה (ראו דיון תמציתי על מהות ההון האנושי בתיבה למטה).

הפרדוקס עבור רבים מהאוחזים בתפקידי מפתח ליצירת ההון האנושי בישראל, קשור בכך שלמרות החשיבות של האוניברסיטאות בישראל באספקת והצמחת הון אנושי חדש ברמה גבוהה, המימון הממשלתי שהן מקבלות קוצץ עד לאחרונה משמעותית. מאז המיתון הכלכלי שהחל בשנים 2001/2 בעקבות בועת ה-dot.com, הוצאות הממשלה צומצמו בניסיון להפחית את הגרעון התקציבי של ישראל ובהתאם מימון האוניברסיטאות, כולל מימון פעולות המחקר והפיתוח קוצצו באופן חד. נתוני התקציב של משרד האוצר מראים כי התקציב לסטודנט במערכת ההשכלה הגבוהה פחת במחירים ריאליים בשנים 1996-2008 ב-34.2% (בר, 2011). קיצוץ זה נמשך כמעט עשור שלם ורק לאחרונה בוטל.

הון אנושי: קרל מרקס לעומת תיאודור שולץ

מדוע חלק מאומות העולם הן עשירות ואחרות עניות? סוגיה זו העסיקה רבים מהכלכלנים והפוליטיקאים במדינות רבות. תשובה אחת ניתנה על ידי קרל מרקס. לטענתו מדינות צומחות להיות עשירות כאשר הן מצליחות לצבור הון פיסי בהיקף משמעותי (מפעלים, מכונות וכו') אשר באמצעותו הם מניעות את התעשייה במדינה. תשובה אחרת לשאלה זו ומנוגדת לה ניתנה על ידי פרופ' תיאודור שולץ, פרופ' יעקב מינסר ופרופ' גרי בקר. לטענתם, מדינות מגדילות את עושרן בעיקר על ידי הצמחת הון אנושי – יצירת מלאי של יכולות, ידע ומיומנויות אשר ביחד בונים את היכולת לחולל ערך כלכלי. ההון הפיסי והאנושי גם יחד יוצרים זרימה של תועלות עתידיות (הכנסה, או תוצרת) אשר ניתן לכמת אותן ולהעריך. בהתאם לכך ניתן לחשב את שיעור התשואה על ההשקעה המושגת הן מההון הפיסי והן מההון האנושי, על ידי מדידת היחס שבין ערך ההון האנושי וערך המשאבים המושקעים ביצירתו. מחקרים רבים הראו כי התשואה על ההשקעה בהון אנושי עולה משמעותית על התשואה מההשקעה בהון פיסי (Becker, 1964, 1993).

בהקשר זה מן הראוי לצטט את אחד המומחים למדידת התפוקה מהון אנושי, Jack Phillips אשר טען כי (http://www.trainingreference.co.uk/training_roi/roi9.htm):

"המחקר תומך בעקביות בעובדה שלהון אנושי יש הערכת חסר כהזדמנות להשקעה. המחקר בעבר הדגים שההחזר מההשקעות בהון פיננסי ופיסי הוא נמוך משמעותית מערך המושג על ידי נכסים בלתי מוחשיים כגון הון אנושי".
פיליפ טוען כי "ניתן לראות את שיעור התשואה להשקעה עולה על 800% ורשות הניקוז של טנסי... הצביעה על שיעור התשואה להשקעה בסביבות 1000%. מחקרים על שיעור התשואה להשקעה אשר נעשו על ידי תאגידים אוניברסיטאיים ידועי מוניטין הצביעו על שיעור של 15,612%".

מדיניות זו של קוצר ראייה ופגיעה עצמית עומדת בניגוד גמור לממצאים של מחקר השוואתי אשר מצא כי הגדלת השקעות המו"פ לסטודנט באוניברסיטאות בישראל (עד לרמה הקיימת בשבדיה

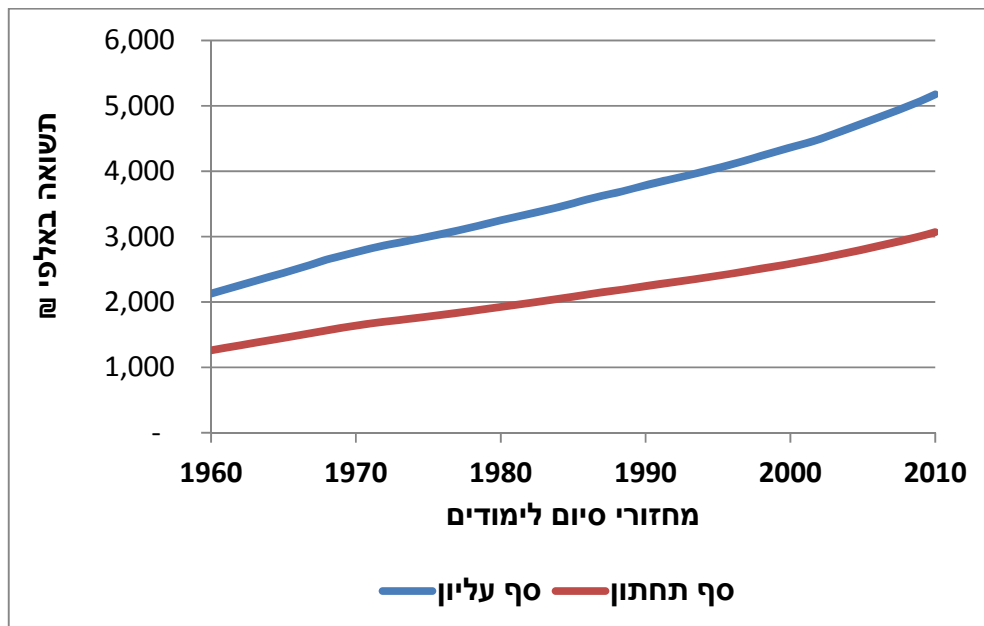
שנמצאה כבעלת הרמה הגבוהה ביותר בקרב מדינות ה-OECD), הוערכה בעלות של 375 מיליון דולר לשנה, כאשר בד בבד היא עשויה להביא לגידול של 600 מיליון דולר לשנה בתמ"ג (Frenkel and Leck, 2006). ממצאי המחקר הנ"ל מצביעים על 60% שיעור ריבית ללא סיכון שהתשואה עליה מובטחת כתוצאה מההשקעה במו"פ באוניברסיטאות במדינות ה-OECD. בהתאם, ניתן לטעון כי לא קיימת השקעה דומה בתנאי סיכון זהים היכולה להשתוות להשקעה זו. מדוע אם כן ישראל במהלך של כעשור צמצמה את שיעור ההשקעה שלה בתשואה מובטחת שכזו בנכסיה במקום להגדילה?

מקובל ביותר כיום להניח כי ההון האנושי הוא המנוע העיקרי התורם ליצירת רווחה וצמיחה כלכלית הפועל כמובן בהתאמה עם ההון הפיסי, ובעיקר התשתיתי. במידה רבה, אין ספק שכושרה התחרותי הגלובאלי של ישראל שהוא מרכיב מפתח בהצלחת המשק הישראלי, תלוי בצורה מכרעת בהון האנושי שלה. ה-World Competitiveness Yearbook (IMD, 2011) האחרון הראה כי ישראל מדורגת במקום 17 בעולם במדד התחרותיות. ההסבר לדירוג הגבוה של ישראל היא התשתית המדעית שהתפתחה כאן אשר מדורגת במדד זה במקום רביעי בעולם! והתשתית הטכנולוגית בה מדורגת ישראל במקום חמישי בעולם.

המומחים אשר העריכו את כושרה התחרותי של ישראל התבקשו לזהות את גורמי המפתח אשר הפכו את כלכלת ישראל ל"אטרקטיבית". ארבעת הגורמים הראשונים שדורגו (לפי רמת החשיבות) מבין 15 הגורמים שהוצגו היו (לפי סדר יורד): רמת השכלה גבוהה, הדינמיות של הכלכלה, רשתות מו"פ חסונות וכוח עבודה מיומן. יתר הגורמים שברשימה דורגו בידי המומחים כבעלי חשיבות פחותה בהרבה. מן הראוי לציין כי כל ארבעת הגורמים שבראש סולם החשיבות קשורים ישירות להיקף ולאיכות ההון האנושי במדינה. מכאן ברורה החשיבות של הניסיון לאמוד ולכמת את ערך ההון האנושי אשר הטכניון הוא בית היוצר שלו ובהינתן זאת, לאמוד את ההחזר החברתי על השקעת המשאבים בטכניון הנדרשים ליצירת הון אנושי זה.

תוצאות אמידה זו שביצענו מוצגות באיור 10 וכן בלוח 2'א' שבנספח 2. להלן יוצגו הממצאים העיקריים שהתקבלו מהאמידה שבוצעה ואילו את פירוט המתודולוגיה ניתן לראות בנספח 2. יצוין כי הגבלנו את התחשיב למחזורי הסיום של בוגרים בטכניון החל משנת 1960 מאחר שקיימות מגבלות על נתונים מהימנים בנושאי שכר ותמ"ג אשר אינם זמינים לשנים קודמות וכן בשל העובדה שבתקופה המיוחסת בגרו מהטכניון 65,361 אשר מהווים 97% מכלל בוגרי הטכניון מאז היווסדו.

איור 10: התשואה החברתית השנתית הנובעת מהשקעה לבוגר באלפי ₪ במחירי 2005, לפי מחזורי סיום 1960-2010 (סך תחתון וסך עליון)



הממצאים העיקריים העולים מהתחשיב שבוצע הם כדלהלן:

- התחשיב שביצענו (ראו נספח 2 לדו"ח) מראה כי התשואה למשק הנובעת מההשקעה בהכשרת בוגרי טכניון במהלך 50 שנות מחזור בוגרים במונחים מוחלטים נאמדת בטווח שבין 35-60 מיליארד דולר. ביוני 2010 סיימו 2,500 סטודנטים את לימודי התואר הראשון שלהם בטכניון. התשואה השנתית של מחזור בוגרים זה נאמדת בטווח של 1.759-2.968 מיליארד דולר שהוא סך כול הערך הנוכחי הנקי של תוספת התפוקה העתידה לנבוע למשק משנות העבודה הצפויות של הון אנושי זה.
- הוצאות התפעול השנתיות של הטכניון עומדות על 1.1 מיליארד ₪. מסכום זה ההערכה של בכיר בהנהלת הטכניון כ-900 מיליון ₪ מוצאים ישירות להכשרת הבוגרים בתואר הראשון, או כ-265 מיליון דולר. בהנחה שזוהי ההוצאה שהושקעה מידי שנה בהכשרת כ-2,500 הבוגרים שסיימו את לימודיהם בשנת 2010, הרי שההוצאה הכוללת שנדרש הטכניון להשקיע במהלך ארבע השנים, על מנת להכשיר בוגרים אלה, נאמדת בכמיליארד דולר.
- מה הייתה התפוקה למשק מהשקעה זו במונחים נקיים של תזרים מזומנים של התוספת לתמ"ג שבוגרים אלה הפיקו בהשוואה לערך שהם היו מפיקים לו הם לא בגרו בטכניון?

התשובה לשאלה זו ניתנת בלוח 2' שבנספח 2 והיא נאמדת כאמור לעיל בטווח של 1.759-2.968 מיליארד דולר. אם כן, שיעור ההחזר – היחס שבין התפוקה שנוצרת על ידי ההשקעה וערך ההשקעה הנדרשת הוא $1.76/1.0-2.97/1.0$, או $76\%-197\%$.

• חישוב זה נעשה בהנחה מוטה לסף התחתון לאמידת הערך של התשואה על ההשקעה. האומדן לא הביא בחשבון תוספת פריון עבודה של בוגרי הנדסה שיצר הטכניון בהשוואה לבעלי תארים ראשונים מקבילים ממקומות אחרים הכוללים גם מכללות, כמו גם לא נכללה בתחשיב זה תוספת הערך שנוצר על ידי חברות ההזנק, יזמים, חדשנות טכנולוגית והנפקת מניות בבורסה שמקורם בהון האנושי שנוצר בטכניון. לכן ניתן להניח שהערך האמיתי הוא גבוה עוד יותר.

• יש לציין כי זו איננה השקעה בסיכון גבוה ולמעשה ניתן לראותה כהשקעה ללא סיכון מאחר שבעוד אשר פוטנציאל ההשתכרות של בוגר בודד איננה ודאית, הרי שפוטנציאל ההשתכרות של 2,500 בוגרים, על פי חוק המספרים הגדולים, הוא ודאי, שכן השונות בתרומתו לתמ"ג היא שולית.

לסיכום, ניתן לקבוע כי לא קיימת השקעה פיננסית היכולה להתקרב בשיעור ההחזר שלה לזו שנוצרת בעקבות השקעה בהון האנושי ובייחוד ההשקעה שנעשתה בטכניון ואשר הביאה ליצירת הון אנושי ברמה גבוהה, למעט השקעה נדירה בעלת מזל ייחודי, כמו לדוגמה ההשקעה בזמנו במניות מיקרוסופט בשנה בה הפכה לחברה נסחרת בבורסה. משרד האוצר בממשלת ישראל מחיל קריטריונים קשיחים לבקשות המופנות אליו ממשרדי ממשלה אחרים למימון, ופקידי האוצר שמרביתם בעלי תואר שני בכלכלה מעריכים בזהירות רבה השקעות בפרויקטים על מנת להבטיח שהן בעלות כדאיות כלכלית ולכן ראויות למימון. לפיכך קשה להבין מדוע שבע אוניברסיטאות המחקר בישראל במשך שנים מומנו בחסר? כאשר הדבר הביא להזדקנות סגל ההוראה והמחקר באוניברסיטאות, מדוע אפשרה המדינה ליצור מחסור בכוח אדם של מהנדסים? ומדוע הועדפו המכללות על פני אוניברסיטאות המחקר והצורך לראות אותם כמרכזי עלות המטילים נטל על המערכת הפיננסית הציבורית במקום לראות בהם מרכזי רווח אשר ההון האנושי שהם מייצרות אחראי למרבית הצמיחה, הפיתוח והרווחה של כלכלת ישראל במהלך 35 השנים האחרונות.

6. אומדן התרומה הכוללת לכלכלה של בוגרי הטכניון

בחלק האחרון של הדו"ח אנו מביאים אומדנים זהירים אשר מספקים אינדיקציה חלקית להיקף התרומה הכלכלית של בוגרי הטכניון למשק ולכלכלה. אומדנים כלליים אלו מבוססים על הערכות מקובלות במשק בדבר התרומה הכלכלית הנובעת ממהנדסי היי-טק. אין אנו מתיימרים להעריך במדויק ובאופן מדעי את התרומה הכלכלית הכוללת מאחר וקביעת מספר כמותי הגיוני המשקף את התרומה של 67,000 בוגרי הטכניון לכלכלת ישראל היא משימה קשה ביותר. באופן עקיף הצגנו את התרומה של בוגרי הטכניון בפרק הקודם כאשר הצבענו על השיעור הגבוה של התשואה החברתית מההשקעה בהכשרת הון אנושי זה.

בפרק זה מטרטנו כאמור להציג אומדנים ראשוניים וזהירים אשר יכולים לתת אינדיקציה כללית להיקף התרומה שיש להון אנושי זה על הכלכלה. לשם כך עשינו שימוש בהערכות אשר סיפק יהודה זיסאפל המייסד של קבוצת ראד ויו"ר איגוד תעשיות האלקטרוניקה והתוכנה בישראל אודות הערך של תרומת מהנדס המועסק בתעשיית ההיי-טק הישראלית¹. מן הראוי לציין כי שיעור גבוה יחסית של מהנדסים אשר בגרו מהטכניון מועסקים בתעשייה זו.

בהתאם לכך קובע זיסאפל כי התרומה של מהנדס בתעשיית ההיי-טק למשק ולכלכלה מתבטאת במדדים הבאים:

תעסוקה: "כל מהנדס בענף ההיי-טק מייצר תעסוקה לשישה עובדים "תומכי היי-טק" שאינם מהנדסים או מדענים בשכר ממוצע של 15 אלף ₪ לעובד לחודש", שהוא כמעט כפול מהשכר הממוצע במשק.

ערך מוסף ותפוקה: "כל מהנדס בענף ההיי-טק מייצר תפוקה של מיליון דולר בשנה". לכאורה יראה מספר זה גבוה לחלקו, אולם ניתן לציין כי המספר הקטן יחסית של מהנדסים המועסקים בתעשיית ההיי-טק בישראל יצר בשנת 2010 ייצוא כולל של 20 מיליארד דולר (ל.מ.ס. 2011) בנוסף ל-12 מיליארד דולר נוספים בתעשיית הטכנולוגיה המעורבת עילית, כלומר סך של 32 מיליון דולר יצוא.

רווחי מיסוי: בדרך כלל זהו היבט שלא מביאים אותו בחשבון בתרומה של הון אנושי זה לכלכלה והוא מתבטא ביצירת הכנסות משמעותיות לממשלה. מחקרו של זיסאפל מראה שהמשכורת הממוצעת החודשית של מהנדס, בתעשיית האלקטרוניקה, היא 23,000 ₪. תעסוקה נוספת הנובעת מפעילות מהנדס זה בתוך הארגון המעסיק אותו, יוצרת משכורות חודשיות נוספות בסך 30,000 ₪ לחודש. תעסוקה נוספת הנובעת מפעילות המהנדס מחוץ לארגון המעסיק אותו מוסיפה כ-45,000 ₪ לחודש.

¹ צוטט בכתבה מאת: גיא גרימלנד, "ההשקעה בהיי טק תייצר למדינה רווח גבוה יותר מההשקעה בגז ובנפט", הדה מרקר, 5 בדצמבר 2012.

לכן, סך המסים ותשלומי ביטוח הלאומי הנובעים מהעסקת מהנדס אלקטרוניקה נוסף הינם: א) במישרין, 110,000 ₪ לשנה, בהנחה ששעיור המס הוא 40 אחוז, ב) בעקיפין, 108,000 ש"ח לשנה, ממסים על תעסוקה נוספת בתוך הארגון, בהנחה ששעיור המס הוא 30 אחוז, ו-ג) 163,000 ש"ח לשנה, ממסים הנובעים מתעסוקה נוספת מחוץ לארגון, בהנחה ששעיור המס הוא 30 אחוז. סך תקבולי המס ותשלומי ביטוח לאומי: 381,000 ₪ לשנה. זהו אומדן חסר, בגלל שהוא אינו כולל, למשל, מס רווחי (ממכירת חברות הנזק, רווח החייב במס) וכן מס חברות על הרווחים בפעילות המהנדס יוצרת. כאשר מוסיפים כ-72,000 ₪ לשנה של מס חברות, וכ-150,000 ₪ לשנה מס רווחי הון, **מגיעים לסכום מעל 600,000 ₪ לשנה הנוצר מפעילות המהנדס.** [זיסאפל מניח, על בסיס מחקר, ש-6 מתוך כל 1,000 מהנדסי חשמל יקימו חברת הזנק, שמגיעה או להנפקה (IPO) היוצרת רווחי הון או ל-"אקזיט" שגם יוצר רווחי הון].

על מנת לאמוד את התרומה הכללית של בוגרי הטכניון לכלכלה עשינו שימוש באומדנים שהוצגו לעיל והפעלתם על מספרי הבוגרים לפי השתייכותם לענפי התעסוקה הרלבנטיים כפי שהוצגו בפרקים הקודמים בדו"ח.

הממצאים העיקריים העולים מהתחשיב שבוצע הם כדלהלן:

- מהנדסים בוגרי הטכניון המועסקים בתעשיית הטכנולוגיה העילית מייצרים תפוקה שנתית כוללת של כ-13 מיליארד דולר. אם נוסיף להם את המהנדסים בוגרי הטכניון העובדים בשירותי מחשב, תקשורת ובמחקר ופיתוח, בהנחה כי הם מייצרים תפוקה בסדר גודל של שני שלישי מתפוקת מהנדסי ההי-טק,¹ הרי שהתפוקה השנתית של בוגרי טכניון אלו מגיעה ל-8 מיליארד דולר נוספים. כלומר, התפוקה השנתית הכוללת של המהנדסים בוגרי הטכניון בענפי תעסוקה אלו נאמדת במינימום של 21 מיליארד דולר, או כ-20% מסה"כ התפוקה הגולמית השנתית של ענפי התעשייה בכללותם שירותי המחשב, התקשורת ומחקר ופיתוח.
 - בהיבט התעסוקתי מהנדסים בוגרי הטכניון המועסקים בתעשיית ההי-טק מייצרים מכפיל תעסוקתי המתבטא ביצירת 78,000 מקומות עבודה תומכי הי-טק בשכר גבוה במשק.
 - תרומת בוגרי הטכניון בהכנסה השנתית ממיסוי שהם מייצרים לממשלה נאמדת בכ-15.2 מיליארד ₪, שהם כ-12% מכלל הכנסות המדינה ממיסים ישירים ועקיפים.
- כל האומדנים הללו מתייחסים לבוגרי הטכניון בענפי הטכנולוגיה העילית והשירותים התומכים. אלה מהווים כ-43% מכלל בוגרי הטכניון במועסקים בענפי התעסוקה. המשמעות היא כי התרומה הכוללת היא גדולה בהרבה.

¹ זהו היחס בתפוקה הכוללת לעובד בכלל בין שני ענפי תעסוקה אלו

סיכום

בדו"ח זה הוצגה תרומת הטכניון למשק באמצעות בוגריו. מאז היווסדו בגרו מכותלי המוסד כ-67 אלף בוגרים אשר השתלבו בחיי המשק, הכלכלה והחברה בישראל. על מנת לאמוד את הכמות והאיכות של בוגרי הטכניון אשר השתלבו במשק ותרומתם להון אנושי במדינה, הסתייענו בנתונים אשר נאספו במסגרת סקר הבוגרים שנערך בחודשים אוגוסט - דצמבר 2010. במסגרת הסקר הופץ שאלון אינטרנטי בקרב הבוגרים עליו השיבו 4,055 בוגרים.

החלת ההתפלגויות של מדגם הבוגרים על כלל בוגרי הטכניון נעשתה בשיטה אשר אפשרה לנו לנטרל הטיות שנתגלו בין המדגם לבין ההתפלגות של כלל הבוגרים במאגר הנתונים של מחלקת עיבוד הנתונים בטכניון, במאפיינים של חלוקה פקולטית/מחלקתית, בעלי תארים ומגדר. באומדנים אשר ביצענו התייחסנו לאוכלוסיית הבוגרים הנמצאת כיום בגיל העבודה במטרה לאמוד את השפעתם העכשווית על שוק העבודה.

תוצאות האמידה מצביעות על הרמה הגבוהה של הבוגרים, כאשר כ-27% מהם בעלי תארים מתקדמים שחלקם נרכשו בטכניון וחלקם במוסדות להשכלה גבוהה אחרים בארץ ובחו"ל. השתלבותם של בוגרי הטכניון בענפי המשק השונים היא מרשימה, בייחוד בענפי התעסוקה ובתפקידים בהם רמת השכר היא גבוהה. האומדנים מצביעים כי ההכנסה החציונית של בוגרי הטכניון היא קבוצת השכר 20-25 אלף ₪ ברוטו לחודש והיא גבוהה משמעותית הן ביחס לשכר הממוצע במשק (כ-8 אלף ₪ ברוטו לחודש), אך גם ביחס לשכר השכירים בעלי השכלה גבוהה +16 שנות לימוד. חמישית מבוגרי הטכניון (כ-12,000 בוגרים) משתכרים למעלה מ-35 אלף ₪ לחודש ברוטו.

בוגרי הטכניון משתלבים בענפי תעסוקה מובילים במשק. בחמשת ענפי תעסוקה הכוללים את התעשייה, שירותי המו"פ, שירותי מחשב, תקשורת והאוניברסיטאות, אומדן המועסקים בוגרי הטכניון נאמד בכ-34 אלף מועסקים, כאשר שיעור בוגרי הטכניון המועסקים בהם גבוה פי שלושה מהשיעור הכללי במשק. בכלל זה בולט במיוחד היקף הבוגרים המועסקים בתעשיות הטכנולוגיה העילית שנאמד בכ-13 אלף בוגרים. אלה מהווים 75% מכלל בוגרי הטכניון ו-14% מכלל המשרות במשק בענפים אלו. כ-14 אלף מהבוגרים (24%) משמשים בתפקידי הניהול הבכירים ביותר (מנכ"לים וסמנכ"לים) בחברות בהן הם עובדים. תרומה ייחודית יש גם לבוגרי הטכניון לפיתוח חברות הזנק במשק, מרכיב סגולי בתרבות הטכנולוגית של ישראל. למעלה מ-10 אלפים מהבוגרים עובדים או עבדו בחברות הזנק וכ-39% מהם משמשים בתפקיד ניהולי בכיר (מנכ"ל או סמנכ"ל). חלק ניכר של הבוגרים (כ-30 אלף) אף היה מעורב בפיתוח חדשני של מוצרים ו/או תהליכים.

ישראל ידועה בעולם כמדינה בעלת שיעור גבוה ביותר של חברות הזנק המהוות פלטפורמה ליצירת רעיונות חדשניים טכנולוגיים בקנה מידה בינלאומי. גם בהקשר זה יש לבוגרי הטכניון תרומה סגולית משמעותית ביותר. כ-18% מהבוגרים עובדים או עבדו בחברות הזנק, שיעור שהוא פי שלושה מהשיעור הממוצע במשק כשגם לו אין לו אח ורע בעולם המפותח כולו. עדות למעורבות הרבה של בוגרי הטכניון בפיתוח של חדשנות טכנולוגית ניתן לראות בממצא שלמעלה ממחצית מהבוגרים היו מעורבים בפיתוח של מוצרים חדשים ו/או תהליכים חדשים. הדבר בא גם לידי ביטוי בכמות הגדולה של בקשות לרישום פטנטים ופטנטים רשומים של בוגרי הטכניון אשר בהם מעורבים כרבע מהבוגרים.

באמצעות הנתונים שאספנו ביצענו בנוסף אמידה של התשואה הנובעת מההשקעה בהכשרת בוגרי טכניון במהלך 50 שנות מחזור בוגרים נאמדת במינימום של 35 מיליארד דולר. החישוב אשר בוצע הראה כי עלות ההכשרה של מחזור בוגרים מתואר ראשון בטכניון מגיע לכמיליארד דולר. בהשוואה לכך התפוקה למשק מההשקעה זו במונחים נקיים של תזרים מזומנים של התוספת לתמ"ג שבוגרים אלה הפיקו בהשוואה לערך שהם היו מפקים לו הם לא בגרו בטכניון, נאמדה בכ-1.76-2.97 מיליארד דולר. ממצאים אלה מצביעים על כך שההשקעה של הממשלה בהכשרת בוגרי הטכניון אכן מוכיחה את עצמה, שכן התשואה המתקבלת מההשקעה זו למשק בישראל נאמדת ב-76%-197%, שהיא תשואה גבוהה מאוד בהתחשב בעובדה שמדובר בהשקעה ללא סיכון מה עוד שאמידה זו היא אמידת חסר.

לבסוף לא ניתן לסכם ללא התייחסות לאומדן התרומה הכוללת של בוגרי הטכניון לכלכלה ולמשק, הגם שאומדן זה נעשה הוא הערכה זהירה שאיננו מבוסס על נוסחה מדעית. התוצאות הראו כי התפוקה השנתית הכוללת של המהנדסים בוגרי הטכניון בענפי ההי-טק ושירותי המחשב, התקשורת ומחקר ופיתוח נאמדת במינימום של 21 מיליארד דולר, או כ-20% מסה"כ התפוקה הגולמית השנתית של ענפים אלה. מהנדסים אלה אף תורמים ליצירת 78,000 מקומות עבודה תומכי הי-טק בשכר גבוה במשק. תרומת בוגרי הטכניון באה לידי ביטוי גם בהכנסה השנתית ממיסוי שהם מייצרים לממשלה הנאמדת בכ-16.6 מיליארד ₪, שהם כ-13% מכלל הכנסות המדינה ממיסים ישירים ועקיפים

הממצאים אשר הובאו בדו"ח זה יש בהם בכדי להצביע על התרומה הייחודית של בית הטכניון למשק באמצעות בוגריו. הכמות הגדולה של ההון האנושי אשר נוצר בין כותלי המוסד במהלך עשרות השנים מאז הקמתו והאיכות הגבוהה של בוגריו אשר באה לידי ביטוי במשתנים השונים שהוצגו בדו"ח, מלמדת על השתלבותם של הבוגרים והובלתם את ענפי הצמיחה במשק בישראל.

רשימת מקורות

- בר, א. (2010), *ניתוח הצעת תקציב ההשכלה הגבוהה לשנות הכספים 2012 – 2011*, הכנסת מרכז המחקר והמידע, המחלקה לפיקוח תקציבי, ירושלים.
- גץ, ד. בוכניק, צ., זלמנוביץ ב., תחאוכו, מ. ופרנקל, ס. (2007), *כוח אדם טכנולוגי ומדעי בישראל*, מוסד שמואל נאמן, הטכניון, חיפה.
- לשכה מרכזית לסטטיסטיקה (2010), *התפתחות תחום ההייטק בישראל בשנים 1995-2007*, פרסום מספר: 1389, לוח 20.
http://www.cbs.gov.il/webpub/pub/text_page.html?publ=73&CYear=2007&CMonth=1
- לשכה מרכזית לסטטיסטיקה (2010), *שנתון סטטיסטי לישראל 2011*.
http://www.cbs.gov.il/reader/shnatonhnew_site.htm
- לשכה מרכזית לסטטיסטיקה (2011), *שנתון סטטיסטי לישראל 2011*.
http://www.cbs.gov.il/reader/shnatonhnew_site.htm
- לשכה מרכזית לסטטיסטיקה (2011), *ההוצאה הלאומית למחקר ופיתוח אזרחי 1989-2009*, פרסום מס' 1435
http://www.cbs.gov.il/webpub/pub/text_page.html?publ=36&CYear=2009&CMonth=1
- Becker, G.S. (1964), *Human capital : A Theoretical and Empirical Analysis, with Special Reference to Education*, New York : National Bureau of Economic Research.
- Becker, G.S. (1993), Nobel Lecture: The Economic Way of Looking at Behavior, *Journal of Political Economy*, 101(3): 385-409.
- Phillips, J. (2011), Part 9 - ROI in Human Capital vs. Non-Human Capital ROI.
http://www.trainingreference.co.uk/training_roi/roi9.htm
- Frenkel and Leck, E. (2006) "Investments in Higher Education and the Economic Performance of OECD Member Countries. Paper presented to The 46th Congress of the European Regional Science Association, Volos, Greece, 23-27 August 30th – September 3rd, 2006.
- IMD World Competitiveness Yearbook* (2011), Lausanne, June 2011.

נספחים

נספח 1: התפלגות בוגרי הטכניון וחברי ארגון בוגרי הטכניון לפי מאפיינים ראשיים

המשתנה	הקבוצות	כלל בוגרי הטכניון	חברי ארגון בוגרי הטכניון
תואר אקדמי	תואר ראשון	86%	83%
	תואר שני	11%	13%
	תואר שלישי	3%	4%
	סה"כ	100%	100%
	N	63,413	16,450
שנת סיום התואר המתקדם	1940-1959	4%	5%
	1960-1979	20%	22%
	1980-1999	41%	33%
	2000-1010	34%	40%
	סה"כ	100%	100%
	N	67,067	13,193
הפקולטה בה סיימו את לימודיהם ¹	הנדסות ליבה ¹	41%	48%
	הנדסות מדעי הטבע ²	7%	9%
	הנדסה אזרחית וסביבתית	15%	11%
	מדעים ³	14%	13%
	אחר ⁴	23%	20%
	סה"כ	100%	100%
	N	66,661	16,342

1. הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת מכונות, הנדסת חשמל, מדעי המחשב, הנדסת ביו-רפואה והתוכנית הבין יחידתית להנדסת מערכות.
2. הפקולטה להנדסה כימית, הפקולטה להנדסת ביו-טכנולוגיה ומזון, הפקולטה להנדסת חומרים והתוכנית הבין יחידתית להנדסת פולימרים
3. הפקולטה למתמטיקה, הפקולטה לפיזיקה, הפקולטה לכימיה, הפקולטה לביולוגיה והפקולטה לרפואה
4. הפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים, המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה והפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, כולל תוכניות למינהל עסקים, לכלכלה וכו'.

נספח 2: מתודולוגיה לחישוב אומדן ערך ההון האנושי של בוגרי הטכניון

המודל אשר באמצעותו אמדנו את ערך ההון האנושי של בוגר טכניון HC_j מוצג במשוואה מס' 1

$$[1] \quad HC_j = \sum_{t=j}^{j+45} \frac{(\Delta GDP_t)}{(1+R)^{t-j}}$$

כאשר:

HC_j = ערך ההון האנושי שנוצר בטכניון באמצעות מחזור בוגרים בשנה j המחושב כערך מוחלט ובהמשך כשיעור תשואה.

j = שנת סיום הלימודים (כאשר $1960 - j$)

t = שנה קלנדרית כאשר $(1960-2010)$

N_j = מספר הבוגרים בשנה j

ΔGDP_t = ערך התוספת לתמ"ג הנוצר מבוגר טכניון בשנה t

R = שיעור הניכיון

הנחות המודל:

- א. השכר הממוצע של בוגר טכניון גבוה מהשכר הממוצע במשק.
- ב. אנו מניחים כי התוספת לתמ"ג הנוצרת על ידי תואר שניתן על ידי הטכניון הינה פרופורציונאלית להפרש שבין השכר הממוצע של בוגר טכניון והשכר הממוצע במשק.
- ג. לשם חישוב הפער הנ"ל נקטנו במשנה זהירות והקבלנו את השכר הממוצע של בוגר טכניון לשכר עובד אקדמאי בעל +16 שנות לימוד. מנתוני הל.מ.ס נמצא כי השכר הממוצע לאקדמאי גבוה ב-46% מהשכר הממוצע במשק וב-78% מהשכר הממוצע במשק לכלל העובדים עם השכלה עד 16 שנות לימוד. אנו מניחים כי טווח זה משקף סף תחתון וסף עליון בפער השכר במשק לטובת בוגרי הטכניון. יחד עם זאת יצוין כי הקבלה של שכר אקדמאי בעל +16 שנות לימוד לשכר בוגר הטכניון היא הערכת חסר משמעותית מאחר ומהנדסים ובוגרים של פקולטות מדעיות משתכרים מעל הממוצע של בוגרי אוניברסיטאות במדעי החברה והרוח ושל בוגרי מכללות.
- ג. המודל מביא בחשבון כי מספר שנות העבודה של הבוגרים יעמוד על 45 שנים בהנחה של המשך מגמת העלייה בתוחלת החיים בעתיד. על כן חישוב ΔGDP_t במודל (הערך הנוסף לתמ"ג שנוצר על ידי בוגר טכניון) הוערך במכפלת $0.46 - 0.78$ בתמ"ג לעובד בשנים 1960-2055.
- ד. הונח גידול של 2% בתמ"ג לעובד לשנה בשנים 2010-2055.

ה. ההנחה במודל כי R (שער הריבית) הוא כ-5%.

הסבר: ההון האנושי אשר יוצר הטכניון מבוגר אחד אשר בגר מהמוסד בשנה 'j', הוא הערך הנוכחי הנקי של התוספת לתמ"ג שבוגר טכניון זה יצר, מסוכם על פני 45 שנות עבודה פעילות מהשנה ה'0' במהלך 45 שנים, כך ש:

$$[2a] \Delta WAGE_t = 0.46 \times GDP_t,$$

או

$$[2b] \Delta WAGE_t = 0.78 \times GDP_t$$

כאשר GDP_t הוא הניפוח המתואם בתמ"ג לנפש בשנה t ו- $\Delta WAGE_t$ מסמל את ההפרש בשכר במשק אשר מספק בוגר הטכניון בעל תואר B.Sc. (אקוויולנטי לשכר עובד בעל +16 שנות לימוד) אשר בהתבסס על נתוני ההכנסה הוא מוערך ב-46%-78% מהתמ"ג לנפש (כלומר, בוגר טכניון בעל תואר B.Sc. מספק 46%-78% תוספת ליצרניות במשק יחסית לעובד חסר תואר אקדמי מקביל).

התשואה במנוחים מוחלטים הנובעת מההון האנושי הכולל למחזור j היא על כן

$$[3] \quad N_j * HC_j$$

כאשר: N_j הוא מספר הבוגרים בשנה 'j' ו- HC_j היא התשואה החברתית השנתית הנובעת מהשקעה בבוגר טכניון בשנה 'j'.

חישוב זה בוצע ל-50 שנות מחזור בוגרים 1960-2010. התוצאות מוצגות בלוח א.2.

לוח 2א: התשואה הנובעת מהשקעה בהכשרת הון האנושי (HC) שנוצר בטכניון בשנים 1960-2010 (הנתונים בש"ח במחירי 2005)

השנה	מספר הבוגרים	תשואה הנובעת מהשקעה בהון האנושי לבוגר באלפי ₪ HC		סה"כ התשואה הנובעת מהשקעה בהון האנושי באלפי ₪ HC		תשואה הנובעת מהשקעה בהון האנושי באלפי \$		סה"כ תשואה הנובעת מהשקעה בהון האנושי באלפי \$	
		Upper Th	Lower Thr	סך עליון	סך תחתון	סך עליון	סך תחתון	סך עליון	סך תחתון
1960	383	1,262	2,130	815,638	483,497	488	290	110,894	187,073
1961	338	1,300	2,194	741,432	439,509	503	298	100,805	170,053
1962	350	1,338	2,257	789,875	468,225	518	307	107,391	181,164
1963	332	1,376	2,321	770,413	456,688	532	315	104,745	176,700
1964	363	1,413	2,384	865,222	512,890	547	324	117,635	198,445
1965	402	1,450	2,446	983,410	582,949	561	333	133,704	225,553
1966	484	1,488	2,510	1,214,831	720,132	576	341	165,168	278,631
1967	588	1,529	2,580	1,516,768	899,115	592	351	206,219	347,883
1968	554	1,571	2,650	1,468,241	870,349	608	360	199,621	336,753
1969	662	1,604	2,707	1,791,723	1,062,104	621	368	243,602	410,946
1970	714	1,638	2,763	1,972,586	1,169,316	634	376	268,192	452,428
1971	675	1,671	2,819	1,902,629	1,127,847	646	383	258,681	436,383
1972	718	1,700	2,868	2,059,377	1,220,765	658	390	279,992	472,334
1973	843	1,725	2,909	2,452,441	1,453,766	667	396	333,433	562,486
1974	754	1,752	2,955	2,227,940	1,320,686	678	402	302,910	510,996
1975	802	1,779	3,000	2,406,233	1,426,375	688	408	327,150	551,888
1976	864	1,805	3,045	2,630,585	1,559,368	698	414	357,653	603,345
1977	1,110	1,833	3,092	3,432,035	2,034,454	709	420	466,618	787,164
1978	1,198	1,864	3,144	3,766,118	2,232,493	721	427	512,040	863,789
1979	1,320	1,895	3,196	4,219,031	2,500,972	733	435	573,617	967,668
1980	1,122	1,927	3,250	3,646,460	2,161,562	745	442	495,771	836,344
1981	1,182	1,957	3,301	3,901,436	2,312,707	757	449	530,437	894,825
1982	1,178	1,985	3,349	3,945,108	2,338,595	768	455	536,375	904,841
1983	1,111	2,016	3,401	3,778,314	2,239,722	780	462	513,698	866,586
1984	1,072	2,047	3,453	3,701,279	2,194,057	792	469	503,224	848,917
1985	1,301	2,081	3,511	4,568,132	2,707,913	805	477	621,081	1,047,737
1986	145	2,117	3,570	517,715	306,893	819	485	70,388	118,742
1987	1,392	2,149	3,625	5,045,831	2,991,085	831	493	686,029	1,157,301
1988	1,364	2,178	3,674	5,010,884	2,970,369	843	499	681,277	1,149,285
1989	1,286	2,209	3,727	4,792,485	2,840,906	855	507	651,584	1,099,194
1990	1,214	2,245	3,787	4,597,609	2,725,387	869	515	625,089	1,054,497
1991	1,340	2,277	3,841	5,147,422	3,051,307	881	522	699,841	1,180,601
1992	1,405	2,306	3,890	5,464,849	3,239,472	892	529	742,998	1,253,406
1993	1,957	2,337	3,942	7,714,136	4,572,813	904	536	1,048,810	1,769,297
1994	1,609	2,368	3,995	6,428,263	3,810,568	916	543	873,984	1,474,372
1995	1,623	2,401	4,051	6,574,022	3,896,972	929	551	893,801	1,507,803
1996	1,663	2,436	4,110	6,834,728	4,051,514	943	559	929,246	1,567,598
1997	1,592	2,473	4,172	6,641,431	3,936,931	957	567	902,966	1,523,264
1998	1,594	2,512	4,237	6,753,672	4,003,466	972	576	918,226	1,549,007
1999	1,673	2,549	4,301	7,195,352	4,265,286	986	585	978,277	1,650,310
2000	1,904	2,588	4,366	8,311,955	4,927,190	1,001	594	1,130,089	1,906,412
2001	1,851	2,622	4,423	8,186,691	4,852,935	1,014	601	1,113,059	1,877,681
2002	2,061	2,663	4,492	9,257,687	5,487,804	1,030	611	1,258,671	2,123,323
2003	2,113	2,709	4,570	9,656,890	5,724,445	1,048	621	1,312,946	2,214,883
2004	2,255	2,758	4,652	10,491,150	6,218,980	1,067	633	1,426,372	2,406,227
2005	2,413	2,806	4,734	11,422,871	6,771,289	1,086	644	1,553,048	2,619,925
2006	2,565	2,855	4,816	12,354,261	7,323,402	1,105	655	1,679,679	2,833,546
2007	2,536	2,905	4,900	12,427,615	7,366,885	1,124	666	1,689,653	2,850,370
2008	2,520	2,955	4,986	12,563,716	7,447,564	1,143	678	1,708,157	2,881,586
2009	2,366	3,009	5,076	12,009,384	7,118,965	1,164	690	1,632,790	2,754,446
2010	2,500	3,069	5,177	12,943,335	7,672,595	1,187	704	1,759,770	2,968,655
סה"כ	65,361			259,911,213	154,071,079			35,337,406	59,612,663

12/008

אמנון פרנקל הוא חוקר בכיר במוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה בטכניון הוא משמש כראש המסלול לתכנון ערים ואזורים בפקולטה לארכיטקטורה ובינוי ערים בטכניון וחבר הנהלת המרכז לחקר העיר והאזור. פרנקל הוא נציג הטכניון במועצה הארצית לתכנון ולבנייה ונשיא הסקציה הישראלית באיגוד האירופאי למדע האזור. פרסומיו כוללים ספרים, פרקים בספרים ומאמרים רבים בתחומי מדינות טכנולוגיות והשפעת החדשנות הטכנולוגית על צמיחה כלכלית במרחב.

שלמה מי-טל הוא חוקר בכיר במוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה. בתקופה 1999-2009 הוא שימש כמנהל אקדמי של TIM מכון הטכניון לניהול, בו עבד עם כאלף מנהלים וכ-200 חברות היי-טק, כולל חברות הזנק. בין ספריו: Innovation Management (מהדורה שנייה, 2012), ו-Executive Economics, שתורגם למספר שפות. יחד עם פרופ' פרנקל הוא משתתף בפרויקט מחקר עבור המסגרת השביעית (EU) על מיפוי מערכות חדשנות לאומיות.



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
טל. 04-8292329, פקס 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il