



מוסד שמואל נאמן  
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

# סקר חוקרים פעילים במסגרת המכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי דו"ח מסכם

לריסה איידלמן, יאיר אבן-זוהר  
הנחייה: ד"ר דפנה גץ

2008

השתתפו בהכנת החוברת "סקר חוקרים פעילים במסגרת המכון  
לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי – 2008"

ד"ר דפנה גץ	עמיתת מחקר בכירה במוסד נאמן
לריסה איידלמן	עוזרת מחקר
יאיר אבן-זוהר	מידען

# מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

## 1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביחזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי וציבור קובעי המדיניות, ויצילו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

## 2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם כפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, זאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה גלום ביכולתם להשפיע על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה, כלכלה וחברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין, כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

## 3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו ככל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

## 4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד [www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il).

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי החלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה, תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

## תקציר

סקר זה הוא סקר ראשון שנערך במהלך שנת 2007. כשהמטרה לערוך סקר מעקב נוסף שיבוצע במהלך שנת 2009 על מנת לאמוד את התפתחות תחום הננו בטכניון ולבחון את השפעת התוכניות השונות, המופעלות במסגרת מכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי, על פעילות החוקרים בתחום הננו לטווח הארוך. הסקר נערך בקרב החוקרים הפעילים במכון בתקופה בין יוני עד לנובמבר 2007. הממצאים והמסקנות המובאים בדו"ח זה מתבססים על תשובות החוקרים לסקר וניתוחן, על ראיונות שהתקיימו עם חלק מהחוקרים, בשילוב מידע משלים שמסתמך רק על פרסומי המכון הזמינים לכלל הציבור. חשוב להדגיש שהממצאים והמסקנות נכונים לזמן איסוף הנתונים וכתיבת הדו"ח. בינואר 2008 נמסר הדו"ח המסכם את הסקר להנהלת מכון ראסל ברי. במהלך התקופה ממועד הגשת הדו"ח ועד לפרסום דו"ח זה (דצמבר 2008), יישם מכון ראסל ברי בהצלחה חלק מההמלצות שהובאו בדו"ח. עדכונים לגבי פעילות המכון בתקופה שבין סיום כתיבת הדו"ח עד לפרסומו שהובאו לידיעתנו, מצוינים בגוף הדו"ח בהערות שוליים.

לאחר שנת פעילות של המכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי (RNBI) יזמו מוסד ש. נאמן ו-RNBI מחקר למיפוי הפעילויות השונות בתחומי הננומדעים והננוטכנולוגיה המתבצעים במסגרת המכון. מטרת המחקר לבחון את פעילותו של המכון לננוטכנולוגיה לאורך זמן ולאמוד את התוצאות וההשפעות על פעילות החוקרים במסגרת המכון. הערכת פעילות המכון מתבססת על בחינת ההתקדמות שהושגה בתחומי הננו השונים, ואת מידת ההשפעה הנובעת מהשקעות המכון בתחומים אלה. על בסיס הערכות אלה, מספק מוסד ש. נאמן בדו"ח זה משוב על הפעילויות והתוכניות של RNBI בשנתיים הראשונות.

המכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי הוקם בשנת 2005 כמאמץ משותף של קרן ראסל ברי וה-ATS (American Technion Society), ממשלת ישראל דרך פורום תשתיות לאומיות למו"פ (תל"מ), INNI (Israel National Nanotechnology Initiative) והטכניון עם תקציב התחלתי כולל של \$78 מיליון לחמש שנים. חזון המכון הינו מיצוב הטכניון ומדינת ישראל בחזית המחקר והפיתוח העולמיים בתחומי הננוטכנולוגיה. כיום, מעורב RNBI בתחומים רבים בחיי הקמפוס.

לצורך המחקר נבנה שאלון מקיף, שהועבר ביוני עד נובמבר 2007, לחוקרים הפעילים במכון. ההערכות המובאות בדו"ח מתבססות על תשובות החוקרים לסקר ועל שיחות שהתקיימו עם חלק מהחוקרים במהלך פגישות אישיות עימם. בנוסף לניתוח תוצאות הסקר, נעשה גם שימוש בשיטות ניתוח ביבליומטרי של פרסומים לצורך הערכת התוצאות של פעילות החוקרים במסגרת המכון.

בקמפוס הטכניון התגבשה קהיליית ננו המונה יותר מ-110 חברי סגל ו-300 סטודנטים לתארים מתקדמים ופוסט דוקטורנטים מ-13 פקולטות שונות. עובדה זו מדגימה את אופיו הרב תחומי של המחקר בננומדעים ובנוטכנולוגיה. הטכניון מהווה קרקע פורייה להשקעות שמטרתן לקדם מחקרים בתחומי ננומדעים ונוטכנולוגיה עקב המעורבות הגדולה של החוקרים בתחום, הן מבחינה מספרית והן מבחינת הייצוג הרחב של התחומים בהם הם עוסקים.

פעילות המכון נשענת על יוזמות המכון ועל היענות הקמפוס לקולות הקוראים שמפרסם המכון במגוון תחומים, המזמינים את החוקרים לקחת חלק פעיל בפעילויות RBNI. כיום קיימים 15 ערוצי "קולות קוראים" המציעים תמיכה כספית בתחומים שונים. ערוצים אלו כוללים בין השאר תמיכה ברכישת ציוד למרכזי תשתית, למעבדות סטודנטים ולמעבדות חוקרים, תמיכה בשימוש ובהכשרה לשימוש בציוד תשתיתי, תמיכה במחקרים חדשניים, תמיכה בארגון כנסים, בנסיעות סטודנטים לכנסים, במסחור טכנולוגיה ועוד. בנוסף, יוזם המכון תוכניות חינוכיות למגוון אוכלוסיות כמו ילדים ונוער.

בדו"ח מוצגים ממצאי הסקר על: מאפייני הרקע של החוקרים, הפעילות המחקרית בתחומי ננומדעים ונוטכנולוגיה, מקורות התמיכה, ההון האנושי, התמיכה בסטודנטים, המעורבות בחיי הקהילה, ההוראה, השימוש בציוד, הקשרים ושיתופי הפעולה עם מוסדות אקדמיה, הקשרים ושיתופי הפעולה עם התעשייה, המסחור, הניסיון הקודם בעבודה עם התעשייה, הפעילות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי והניתוח הביבליומטרי. להלן סיכום המסקנות והממצאים העיקריים:

**מאפיינים אודות מחקרי ננו המתבצעים ע"י חוקרים החברים במכון ראסל ברי:** מספר החוקרים הרב ביותר הינו בתחום הננו חומרים ולאחר מכן בתחומי הננואלקטרוניקה והפוטוניקה. ● ננו מהווה תחום מחקר עיקרי עבור מרבית החוקרים שעוסקים בתחום. ● 58 אחוז מהמחקרים מסווגים על-ידי החוקרים כמחקרים בסיסיים. ● 57 אחוז מהמחקרים כבר הניבו תוצאות.

**הון אנושי:** לרוב החוקרים יש קבוצת מחקר בתחום הננו שכוללת מגוון רחב של כוח אדם מדעי וטכנולוגי. ● בממוצע כל חוקר מנחה מעל 3 סטודנטים. ● כשני שלישי מהחוקרים מלמדים או משלבים בהוראתם נושאים הקשורים לננומדעים או ננוטכנולוגיה.

**שימוש בציוד:** ל- 64 אחוז מהחוקרים מעבדה בנושא ננו ו/או הם שותפים למעבדת ננו. 35 אחוזים מהחוקרים רכשו למעבדתם ציוד לצורכי מחקר בתחום ננומדעים או ננוטכנולוגיה במהלך שנת 2006 ששוויו מעל \$10.000 שלא במסגרת ערוצי RBNI. ● לאור התמיכה שנותן מכון ראסל ברי בשדרוג ציוד במעבדות האישיות של החוקרים ובהקמת מעבדות לאנשי סגל חדשים שגויסו בסיוע RBNI, צפוי שיעלה מספר המעבדות האישיות הקשורות לננוטכנולוגיה בשנים הבאות. ● כ-70 אחוזים מהחוקרים משתמשים באחד או יותר ממרכזי התשתית בטכניון לצורך ביצוע מחקרם, וגם כאן צפוי שיעלה מספר המשתמשים בעתיד לאור תנופת הפעילות של RBNI בתחום זה.

**קשרים ושיתופי פעולה עם מוסדות אקדמאיים:** כמעט לכל החוקרים מחקרים משותפים בתחומי הננומדעים והננוטכנולוגיה עם חוקרים אחרים בטכניון ומחוצה לו. • קיום קרנות חיצוניות רבות הנותנות עדיפות ברורה לשיתוף פעולה בין-לאומי על פני שת"פ מקומי, תורם לכך שמספר שיתופי הפעולה עם חוקרים מחוץ לישראל הינו כפול (אבסולוטית ובממוצע) ביחס למספר שיתופי הפעולה עם חוקרים במוסדות אחרים בארץ.

**קשרים ושיתופי פעולה עם תעשייה ומסחור:** ל-45 אחוז מהחוקרים שיתופי פעולה בתחומי הננומדעים וננוטכנולוגיה עם התעשייה בארץ ו/או בחו"ל. • רוב החוקרים הביעו רצון להרחיב ולהעמיק את שיתופי הפעולה עם התעשייה. • מאחר ומספר מחקרים הגיעו לשלבים מאוד מתקדמים ועשויים להבשיל עד לשלבי התאמת העברת הידע לתעשייה, צפוי שיגדל העניין של התעשייה ליצירת שיתופי פעולה. • מאחר ולכ-75 אחוז מהמחקרים צפויים יישומים תעשייתיים, קיים פוטנציאל רב לפיתוח אפליקציות ולמסחורם של המחקרים. • תחומי האלקטרוניקה, הביוטכנולוגיה, הרפואה והאופטיקה הם התחומים בעלי הפוטנציאל הרב ביותר ליהנות מפרי מחקרים של החוקרים. • תשעה אחוזים מהחוקרים התנסו בעשור האחרון (2006-1996) בהקמת חברת הזנק העוסקת בננוטכנולוגיה. הוקמו לפחות שש חברות הזנק בתחום הננו על-ידי חוקרים מהטכניון.

**פעילות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי:** אחוז ניכר מהחוקרים מביעים מידה רבה של שביעות רצון מפעילות המכון. • ערוצים הדורשים את תנאי ה- matching, כדוגמת שדרוג מעבדות חוקר או רכישת ציוד תשתיתי, זוכים למספר הגשות נמוך יחסית (למרות שהחוקרים מכירים את הערוצים), כיון שתנאי ה- matching מהווים מחסום<sup>1</sup>. • מהסקר עלה שיש מקום ליעל את ערוצי הקשר עם החוקרים.

**ניתוח ביבליומטרי של פרסומי הננו של חוקרי המכון:** ניתוח היקף הפרסומים מעלה כי בין השנים 1996-2007 פרסמו 56 חוקרים (שנענו לפנייתנו לסווג את פרסומיהם ליננו ו'לא-ננו') כ-2,350 פרסומים, כאשר 1,041 מתוכם סווגו על ידי החוקרים כפרסומים בתחומי ננו (44% מכלל פרסומיהם). התפלגות הפרסומים לפי שנת הפרסום מצביעה על מגמת גידול לאורך השנים. • ניתוח הציטוטים של פרסומי ננו אלה מעלה כי בכל שנה צובר פרסום ננו ממוצע כ-2.4 ובסה"כ כל פרסום ננו זוכה ל-15.3 ציטוטים בממוצע. • ניתוח של השותפים למאמרים מראה שלכ-15% מהפרסומים היה שותף לפחות מחבר אחד מארה"ב. מדינות נוספות איתן התבצע שיתוף פעולה מחקרי משמעותי הן צרפת וגרמניה (9% מהפרסומים כללו חוקר ממדינות אלה).

<sup>1</sup> מספר ההגשות עלה דרמטית בשנתיים האחרונות.



## תוכן עניינים

3	תקציר
7	תוכן עניינים
9	רשימת איורים
11	הקדמה
13	מכון ע"ש ראסל ברי- תיאור כללי
17	שיטת ההערכה
19	תהליך ההערכה
19	בניית השאלון
19	ניתוח ביבליומטרי של פרסומים
19	מדגם הסקר
23	מסקנות וממצאים עיקריים
27	מאפייני רקע של החוקרים
31	פעילות מחקרית בתחומי ננומדעים וננוטכנולוגיה
37	מקורות תמיכה
39	הון אנושי
39	צוות המחקר
39	מעורבות סטודנטים בפעילות מחקרית בננומדעים וננוטכנולוגיה
41	תמיכה בסטודנטים
43	מעורבות בחיי הקהילה
45	הוראה
47	שימוש בציוד
47	מעבדות פרטיות
47	מרכזי תשתית
49	קשרים ושיתופי פעולה עם מוסדות אקדמיה
55	קשרים ושיתופי פעולה עם תעשייה
57	מסחור
61	ניסיון קודם בעבודה עם תעשייה
63	פעילות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי



75.....	ניתוח ביבליומטרי של פרסומי הננו של חוקרי ראסל ברי
75.....	מבוא
75.....	שיטת העבודה
76.....	ממצאים עיקריים

## רשימת איורים

- איור 1 : התפלגות החוקרים לפי מגדר (N=72)..... 27
- איור 2 : התפלגות החוקרים לפי פקולטת האם (N=72)..... 27
- איור 3 : אחוזי היענות לפי פקולטות (N=72)..... 28
- איור 4 : התפלגות החוקרים לפי דרגה אקדמית (N=72)..... 29
- איור 5 : שכיחות עיסוק בתחומי מחקר עיקריים בננומדעים וננוטכנולוגיה (N=72)..... 31
- איור 6 : שכיחות עיסוק בתחומי מחקר עיקריים בננומדעים וננוטכנולוגיה – פירוט..... 32
- איור 7 : סכומים וממוצעים של כלל המחקרים ומחקרים בננומדעים וננוטכנולוגיה (N=69)..... 33
- איור 8 : התפלגות החוקרים לפי מידת התמקדותם במחקר בננומדעים וננוטכנולוגיה..... 33
- איור 9 : התפלגות המחקרים לפי סוג מחקר (N=63)..... 34
- איור 10 : התפלגות המחקרים לפי שלב התקדמות (N=64)..... 35
- איור 11 : התפלגות מחקרים לפי גובה מימון..... 38
- איור 12 : התפלגות צוותי מחקר לפי תפקיד (למעט סטודנטים לתואר גבוה)..... 39
- איור 13 : סכומים וממוצעים של מספר הסטודנטים בהנחיית החוקרים (N=69)..... 40
- איור 14 : ממוצע סטודנטים לחוקר על פי דרגה אקדמית..... 40
- איור 15 : מספר סטודנטים שקיבלו מימון חלקי מ-RBNI (N=67)..... 41
- איור 16 : שכיחות השימוש של החוקרים במרכזי תשתית בטכניון (N=70)..... 48
- איור 17 : מספר וממוצע שיתופי פעולה אקדמיים שונים..... 49
- איור 18 : מספר שיתופי פעולה עם חוקרים במוסדות שונים בארץ..... 50
- איור 19 : מספר שיתופי פעולה עם מוסדות בחו"ל לפי מדינות..... 53
- איור 20 : מספר וממוצע שיתופי פעולה תעשייתיים שונים..... 55
- איור 21 : פרופיל דרכי מסחור (N=35)..... 57
- איור 22 : תחום למימוש הטכנולוגיה..... 57
- איור 23 : שכיחות ואחוז המחקרים לפי אופי היישומים התעשייתיים הצפויים (N=62)..... 58
- איור 24 : שכיחות ואחוז המחקרים לפי שוקי יעד של היישומים הצפויים..... 59
- איור 25 : התפלגות מידת ניסיון קודם בעבודה בתעשייה (N=67)..... 61
- איור 26 : שכיחות סוגי מעורבות במחקר בשיתוף עם התעשייה (N=50)..... 62
- איור 27 : מידת השתתפותם של החוקרים בתוכניות השונות במסגרת פעילותם במכון ע"ש ראסל ברי..... 66
- איור 28 : זמינות מידע שוטף על התוכניות השונות (N=69)..... 67
- איור 29 : מידת תרומת המכון לטווח הארוך (N=66)..... 67
- איור 30 : מידת שביעות רצון מפעילות המכון (N=68)..... 68
- איור 31 : מידת תרומת המכון לפי המדדים השונים..... 70
- איור 32 : תרומת המכון לפי מדדים שונים בממוצע..... 71
- איור 33 : הצעות החוקרים לפעילויות נוספות במסגרת RBNI..... 73

איור 34 : התפלגות הפרסומים לפי שנים.....76

איור 35 : שיתוף הפעולה עם חוקרים ממדינות זרות בפרסומי הננו בשנים 1996-2007 (באחוזים)

79.....

## הקדמה

לאחר שתי שנות פעילות של המכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי (RNBI) יזמו מוסד ש. נאמן ו-RNBI מחקר למיפוי הפעילויות השונות בתחומי הננומדעים והננוטכנולוגיה המתבצעים במסגרת המכון.

מטרת המחקר לבחון את פעילותו של המכון לננוטכנולוגיה לאורך זמן ולאמוד את התוצאות וההשפעות על פעילות החוקרים במסגרת המכון. התוצאות מספקות בסיס נתונים אליו ניתן יהיה להשוות נתונים בשנים הקרובות. הערכת פעילות המכון מתבססת על בחינת ההתקדמות שהושגה בתחומי הננו השונים, ואת מידת ההשפעה הנובעת מהשקעות המכון בתחומים אלה. על בסיס הערכות אלה, מוסד ש. נאמן יספק משוב על הפעילויות והתוכניות של RNBI בשנתיים הראשונות. לצורך המחקר נבנה שאלון מקיף, שהועבר לחוקרים הפעילים במכון ביוני עד נובמבר 2007. ההערכות המובאות בדו"ח מתבססות על תשובות החוקרים לסקר ועל שיחות שהתקיימו עם חלק מהחוקרים במהלך פגישות אישיות עימם. כל מידע משלים על רקע המכון מתבסס רק על פרסומי המכון הזמינים לכלל הציבור.

הדוח הנוכחי כולל מספר חלקים. בחלק הראשון מתואר מכון ראסל ברי, השיטה והתהליך של ההערכה, לאחר מכן מוצג סיכום של המסקנות בהתבסס על ממצאי הדו"ח. בהמשך מוצגים ממצאי הסקר על פי ראשי הפרקים הבאים: מאפייני רקע של החוקרים, פעילות מחקרית בתחומי ננומדעים וננוטכנולוגיה, מקורות תמיכה, הון אנושי, תמיכה בסטודנטים, מעורבות בחיי הקהילה, הוראה, שימוש בציוד, קשרים ושיתופי פעולה עם מוסדות אקדמיה, קשרים ושיתופי פעולה עם תעשייה, מסחור, ניסיון קודם בעבודה עם התעשייה והצעות החוקרים לפעילויות נוספות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי. הפרק האחרון של הדו"ח מסכם את הניתוח הביבליומטרי.



## מכון ע"ש ראסל ברי- תיאור כללי

המכון לננוטכנולוגיה ע"ש ראסל ברי הוקם בשנת 2005 כמאמץ משותף של קרן ראסל ברי וה-ATS (American Technion Society), ממשלת ישראל דרך פורום תשתיות לאומיות למו"פ (תל"מ), (Israel National Nanotechnology Initiative) INNI והטכניון עם תקציב התחלתי כולל של \$78 מיליון לחמש שנים.

חזון המכון הינו מיצוב הטכניון ומדינת ישראל בחזית המחקר והפיתוח העולמיים בתחומי הננוטכנולוגיה. כיום, מעורב RBNI בתחומים רבים בחיי הקמפוס: החל מגיוס אנשי סגל, דרך רכישת ציוד והקמת מרכזי תשתית, יוזמה ופיתוח תוכניות לימוד חדשות, הצגת כיווני מחקר חדשים ומימון של מחקרים חדשניים, וכלה בשיתופי פעולה ויצירת קשרים עם התעשייה ומוסדות אקדמיים שונים, במדינת ישראל ומחוצה לה.

שני גופי ניהול הוקמו לצורך ניהול פעילות המכון:

- ועדת היגוי "Managing Committee" המונה 13 חברים, מנהלת את כלל פעילויות המכון ומאשרת את תוכנית העבודה והתקציב השנתי. הרכב הוועדה המנהלת: בראש הוועדה עומד ראש המכון ועמו המשנה הבכיר לנשיא הטכניון, משנה הנשיא למחקר, שבעה נציגים מקרב החוקרים מתחום הננוטכנולוגיה מהקמפוס שנבחרו כך שייצגו דיסציפלינות שונות, המדען הראשי של משרד התמ"ת, יו"ר ות"ת (המייצגים את הממשלה), ונציג קרן ברי. ועדה זו מתכנסת ארבע פעמים בשנה.
- ועדה מדעית בין-לאומית מייעצת "International Scientific Advisory Committee" (ISAC) - המונה תשעה חברים ותפקידה להתוות כיווני פיתוח ולבקר את ביצוע התוכנית של המכון. הרכב הוועדה המייעצת: משנה הנשיא למחקר עומד בראש הוועדה ועימו מנהל המכון, נציג קרן ברי, נציג הממשלה ומדענים בינלאומיים וישראלים. ועדה זו מתכנסת אחת לשנה.

בקמפוס הטכניון התגבשה קהיליית ננו המונה יותר מ-110 חברי סגל ו-300 סטודנטים לתארים מתקדמים ופוסט דוקטורנטים מ-13<sup>2</sup> פקולטות שונות. פעילות המכון נשענת על יוזמות המכון ועל היענות הקמפוס לקולות הקוראים שמפרסם המכון במגוון תחומים, המזמינים את החוקרים לקחת חלק פעיל בפעילויות RBNI. כיום קיימים 15<sup>3</sup> ערוצי "קולות קוראים" המציעים תמיכה כספית בתחומים שונים. ערוצים אלו כוללים בין השאר תמיכה ברכישת ציוד למרכזי תשתית, מעבדות סטודנטים ומעבדות חוקרים, תמיכה בשימוש ובהכשרה לשימוש בציוד תשתיתי, תמיכה במחקרים חדשניים, תמיכה בארגון כנסים, נסיעות סטודנטים לכנסים, מסחור טכנולוגיה ועוד. בנוסף, יוזם המכון תוכניות חינוכיות למגוון אוכלוסיות כמו ילדים ונוער.

<sup>2</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) נוספה פקולטה, וכיום מייצגת קהיליית ננו בטכניון 14 פקולטות שונות.  
<sup>3</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) נוספו 3 ערוצי "קולות קוראים" נוספים.

התכנית הרב תחומית ע"ש נורמן סיידן ללימודי מוסמכים בננוטכנולוגיה וננו מדעים נפתחה באוקטובר 2005 והורחבה באוקטובר 2006 לכלול גם לימודים לקראת תואר דוקטור. התוכנית מיועדת לסטודנטים מצטיינים, בוגרי הפקולטות המדעיות השונות, המעוניינים לרכוש השכלה רב תחומית בננו מדעים וננוטכנולוגיה. כל המועמדים עברו תהליך קבלה שכלל בין השאר ראיון אישי בוועדה, בחינת הישגים לימודיים ועוד.

התוכנית גדלה משישה סטודנטים בשנה הראשונה ל-32<sup>4</sup> סטודנטים שלמדו בתוכנית בתחילת 2007. הסטודנטים נבחרו מתוך עשרות מועמדים רלוונטיים שהגישו מועמדות, בעקבות פרסומים בעיתונות הכתובה, באינטרנט ובימים פתוחים שנערכו על-ידי RBNI. המתקבלים לתכנית זוכים למלגות ולפטור מלא משכר לימוד. בנוסף, יזם RBNI פיתוח תוכנית חינוך בתחומי ננו לקהל הרחב בשיתוף פעולה עם המוזיאון הלאומי למדע בחיפה והיחידה לחינוך קדם אקדמי בטכניון. מטרת תכנית זו היא חשיפת קהל ילדים, נוער ומשפחות לתחום זה. פעילות ראשונה התקיימה במהלך חודש ספטמבר 2006, במסגרת אירועי "חכמים בליה", שהתקיימו כחלק מתוכנית גדולה יותר בישראל ובאירופה לחשיפת ילדים ונוער למדע. שבעה חוקרים וסטודנטים מתחומי הננומדעים והננוטכנולוגיה הציגו את מחקריהם בחגיגה המדעית, ולצרכי הסברה, הופקה וחולקה לקהל הרחב חוברת בשפה העברית, המבהירה מושגים בסיסים בתחום זה. פעילויות נוספות בתחום התקיימו במהלך 2007, כגון מערכי שיעור להכרת הננוטכנולוגיה שהועברו ביחידה לחינוך קדם אקדמי בטכניון.<sup>5</sup>

בנוסף למימון הלימודים לסטודנטים הלומדים בתכנית הרב תחומית ע"ש נורמן סיידן, RBNI תומך במגוון פעילויות סטודנטים הקשורות לתחומי הננו כגון: מימון נסיעות סטודנטים לכנסים, השתתפות בכנסים הנערכים בטכניון, תמיכה במימון הכשרת סטודנטים לשימוש בציוד תשתיתי, תמיכה ברכישת ציוד למעבדות הוראה ותמיכה בהכנסת ניסויים הקשורים לננו לתוכניות הלימודים של לימודי מוסמכים ולימודי הסמכה.

במסגרת עידוד המצוינות של סטודנטים הלומדים לתארי מגיסטר ודוקטור ותחום מחקרם ננומדעים או ננוטכנולוגיה, העניק RBNI ב-2007, 34 מלגות ופרסים לסטודנטים מצטיינים.<sup>6</sup>

לצורך העשרה ופיתוח קשרים הדדיים מקיים RBNI מפגשים בין קהל החוקרים במכון לבין מומחים בעלי שם עולמי מארצות שונות. חוקרים מובילים מישראל ומחו"ל נתנו הרצאות בעשרות סמינרים שנערכו בשלוש השנים האחרונות. כמו כן, בפברואר 2008 יקיים RBNI "כנס חורף ראשון של RBNI" בים המלח, שיתרכז בנושאי ננומדעים וננוטכנולוגיה. מדענים ישראלים ובינלאומיים בעלי שם הוזמנו לתת הרצאות בכנס, שצפויים להשתתף בו כ- 120 סטודנטים לתארים גבוהים ופוסט דוקטורנטים מאוניברסיטאות שונות בישראל.<sup>7</sup>

<sup>4</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) לומדים בתוכנית 42 סטודנטים.

<sup>5</sup> פעילות זו נמשכה גם במהלך 2008.

<sup>6</sup> בשנת 2008 העניק RBNI 30 מלגות ופרסים לסטודנטים מצטיינים.

<sup>7</sup> 15 מדענים ישראלים ובינלאומיים בעלי שם נתנו הרצאות בכנס והשתתפו בו 120 סטודנטים לתארים גבוהים.

על מנת לאתר שיתופי פעולה פוטנציאליים, מארגן המכון גם סדנאות עבודה. במהלך חודש נובמבר 2005, ערך המכון סדנת עבודה שבה השתתפו נציגים של משרד הביטחון, הטכניון ומעבדת החומרים של חיל האוויר של ארה"ב. במהלך יוני 2006, התקיים בחסות של RBNI כנס ישראל סרביה בנושא מיקרו/ננומדעים וטכנולוגיה. במהלך 2007 התקיימו עשרות כנסים משותפים שהביאו לשיתופי פעולה עם מוסדות אקדמיה בעולם.<sup>8</sup>

גיוס אנשי סגל מצטיינים הינו המפתח להצלחת המכון והטכניון. במהלך שלוש השנים האחרונות גויסו בתמיכת RBNI תשעה חברי סגל חדשים מאוניברסיטאות מובילות ברחבי העולם.<sup>9</sup>

RBNI מעודד ותומך ביזום מחקרים חדשניים. לצורך כך המכון מפעיל שני ערוצים:

תכנית "נבט", שמטרתה עידוד מחקרים רב תחומיים המצויים בשלבים ראשוניים בננוטכנולוגיה. הרעיון הוא ליצור תוכנית מחקר רב תחומית חדשנית, לגייס סטודנטים, לקבל תוצאות ראשוניות ולאחר מכן להגיש לקרנות מחקר חיצוניים להמשך מימון. בתחילת 2008, הורחבה התוכנית ויצאו לאור שתי תוכניות משותפות עם אוניברסיטת בן גוריון ואוניברסיטת בר אילן למענקי מחקר במסגרת תוכנית "נבט".

תכנית "בראשית", מעודדת כיווני פעילות חדשים ותומכת בהתאגדות של חמישה חוקרים ומעלה לצורך פיתוח שטחי מחקר או יישומים חדשים לחלוטין. במסגרת התוכנית הוגשו חמש בקשות אך הן לא נמצאו מתאימות לתכנית.

עידוד ותמיכה בערוצי מחקר חדשניים ויצירת תוכניות שיתופי פעולה עם מוסדות אקדמיים אחרים הביאו להשקת 30<sup>10</sup> מחקרים חדשים על-ידי חוקרי הטכניון.

הטכניון ו-RBNI מנסים ליזום ללא הרף שיתופי פעולה מחקריים עם אוניברסיטאות ומוסדות מחקר ברחבי העולם. במהלך שלוש השנים האחרונות נערכו סדנאות שהפגישו בין חוקרים ממוסדות שונים כגון עם אוניברסיטאות NTU / NUS מסינגפור שהובילו לחתימת שני הסכמי שיתוף פעולה ועם מרכז המחקר ביוליה ואוניברסיטת אאכן שבגרמניה, שהוביל להסכם הכולל מספר ערוצים כגון שיתוף פעולה בין המרכז למיקרוסקופיית אלקטרוניים בפקולטה להנדסת חומרים ומרכז דומה ביוליה ואאכן ותוכנית חילופי סטודנטים. בעקבות הסכמים אלה הוגשו 23 בקשות מצד החוקרים, שהניבו 14 פרויקטי מחקר משותפים.

בנוסף, התקיימו לאורך השנים ביקורים רבים נוספים, כמו גם הסכמים ושיחות לגבי שיתופי פעולה עתידיים עם מגוון אוניברסיטאות באירופה, ארה"ב, אסיה ואוסטרליה.

חיזוק הקשר עם התעשייה הישראלית עומד בראש מעייניו של RBNI. על מנת לצמצם את הפער שזוהה בין מעבדות החוקרים ונקודה שממנה התעשייה יכולה להתחיל בפיתוח טכנולוגיה, פותח "קול קורא" יעודי שצפוי להתרחב ב-2008. המכון משקיע גם בחיזוק הקשרים שבין התעשייה

<sup>8</sup> פעילות זו נמשכה גם במהלך 2008

<sup>9</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) גויס בתמיכת RBNI חבר סגל נוסף.

<sup>10</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) הושקו 42 מחקרים חדשים על ידי חוקרי טכניון.



לחוקרי הטכניון. לשם כך נערכו מפגשים רבים במהלך שלוש השנים האחרונות, שכללו גם שני ימים פתוחים, עם נציגים של חברות שונות כגון אינטל, י.ב.ס, אלביט, רפאל ועוד.

קרוב ל 20 מיליון דולר הושקעו ע"י RBNI בהקמה ושדרוג מרכזי תשתית וציוד אישי במהלך 2005-2007. השקעה זו כללה שדרוג ציוד בשמונה מרכזי תשתית קיימים וחדשים בקמפוס, שדרוג 20 מעבדות מחקר ושלוש מעבדות סטודנטים בפקולטות שונות, והקצאת מימון ראשוני להקמת תשע מעבדות עבור חברי סגל חדשים. בסה"כ, השקיע RBNI בשנים 2005-2007 סכום הקרוב ל-\$1,200,000 בשדרוג מעבדות החוקרים ברחבי הקמפוס. השימוש בציוד התשתיתי פתוח לקהל החוקרים בישראל מהאקדמיה ומהתעשייה, ומספר רב של אוניברסיטאות וחברות מהתעשייה עושות שימוש בציוד שנרכש בתמיכת המכון. מרכזי התשתית הבאים נתמכים על-ידי RBNI ומשרתים את האקדמיה הישראלית והתעשייה הכלל ארצית:

Transmission Electron Microscopy (פקולטה להנדסת חומרים)

Micro and Nano Fabrication Unit (MNFU) (פקולטה להנדסת חשמל)

Cryo Electron Microscopy (פקולטה להנדסה כימית)

Surface Characterization Center (מכון למצב מוצק)

X-Ray and Particle Characterization Facilities (פקולטה להנדסה כימית ופקולטה להנדסת )  
(ביוטכנולוגיה ומזון)

Infrastructure Center for Life Sciences (פקולטה לביולוגיה)

Center for Computational Nanoscience and Nanotechnology

Biomechanics and Tissue Engineering (פקולטה להנדסה ביו רפואית)

השקעה זו תימשך גם בשנים הקרובות ותגיע לכ- 30 מיליון דולר בסוף הפאזה הראשונה של התכנית שמתוכננת להסתיים בסוף דצמבר 2009<sup>11</sup>.

---

<sup>11</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) הפאזה השנייה של התוכנית נמצאת בשלבי תכנון והפעילות בתחום הממשק בין ננוטכנולוגיה למדעי החיים תהיה בשיתוף פעולה עם המרכז הבין תחומי למדעי החיים וההנדסה ע"ש לורי לוקיי בראשות פרופ' מחקר אהרון צ'חנובר. במקביל, המכון מתכנן את הפעילות שאינה משיקה לביולוגיה סביב מספר תחומי מיקוד נוספים.

## שיטת ההערכה

מטרת ההערכה לבחון את פעילות RBNI לאורך זמן ולאמוד את התוצאות וההשפעות של פעילות החוקרים במסגרת המכון. ניתן לבחון את פעילות המכון ומידת הצלחתו באמצעות מדידה של התוצאות והתולדות שנבעו מהפעלת התוכניות השונות; בחינת ההשפעות הבלתי ישירות של פעילות המכון; וכן באמצעות בניית בסיס נתונים של פעילות המכון וחוקריו, שיאפשר מעקב לטווח ארוך אחר ההשפעות של פעילות המכון.

להערכה ראשונית של פעילות RBNI בחרנו להשתמש בשיטת הסקר, שיתרונה הבולט הוא בכך שהוא מאפשר לספק מידע אגרגטיבי אודות פעילות המכון ומשתתפיו כבר בשלבי הפעילות המוקדמים. סיבה נוספת לשימוש בסקר היא בכך שהוא מאפשר ליצור בסיס נתונים שניתן יהיה לנתח בהמשך בדרכים שונות, ולהשתמש בעתיד בבסיס נתונים זה לצורך מעקב אחר התקדמות פעילות המכון. באמצעות הסקר ניתן לאסוף מידע מהחוקרים הפעילים במכון, אשר אינו זמין דרך מקורות אחרים.

בנוסף לניתוח תוצאות הסקר, נעשה שימוש גם בשיטות ניתוח ביבליומטרי של פרסומים לצורך הערכת התוצאות של פעילות החוקרים במסגרת המכון. ביבליומטריה היא אחת השיטות המקובלות כיום להערכת איכות המחקר המדעי (לצד שיטות מסורתיות כגון הערכת עמיתים). על פי שיטה זו, פרסומים מדעיים משמשים כמדד לפוריות המחקר המדעי והציטוטים להם זוכים פרסומים אלה בפרסומים מדעיים אחרים, משמשים כמדד לאיכות המחקר.

הסקר הראשון נערך במהלך שנת 2007. כשהמטרה לערוך סקר מעקב נוסף שיבוצע במהלך שנת 2009 על מנת לאמוד את התפתחות תחום הננו בטכניון ולבחון את השפעת התוכניות השונות, המופעלות במסגרת המכון, על פעילות החוקרים בתחום הננו לטווח הארוך.



## תהליך ההערכה

### בניית השאלון

בשלב ראשון, לקראת הערכת תוצאות פעילות החוקרים במסגרת המכון, התבצע סקר מקדים בקרב 11 חוקרים הפעילים ב-RBNI. רשימת החוקרים שהשתתפו בפילוט התקבלה מהמכון. החוקרים ייצגו פקולטות שונות, דרגות אקדמיות שונות והיו בעלי ותק שונה הן בטכניון והן בתחומי הננו. במהלך הפילוט נאספו נתונים לגבי חוקרים אלה על מנת להכיר אותם, להתחיל ביצירת בסיס נתונים ולשפר את שאלון המחקר. על סמך הנתונים שנאספו על חוקרים אלה נערך ניתוח ביבליומטרי של פרסומים. בנוסף נערכו ראיונות עם כל 11 החוקרים באמצעות שאלון שנבנה במיוחד למטרה זו. השאלון שונה ושופר מספר פעמים במהלך הראיונות בהתאם למשוב שנתנו החוקרים. היזון חוזר זה מצד החוקרים הביא ללימוד ראשוני של הנושא ולגיבוש שאלון המחקר הסופי.

לצורך ביצוע הסקר נעשה שימוש בתוכנה אלקטרונית להעברת שאלוני מחקר. עם תחילת העברת הסקר ביוני 2007 קיבלו כל החוקרים הזמנה אלקטרונית המבקשת מהם לענות על השאלון. בהמשך, נשלחו לחוקרים שטרים ענו על הסקר תזכורות. כמו כן, עם כל החוקרים שלא ענו לסקר לאחר שקיבלו תזכורות נערכה שיחת טלפון אישית בה התבקשו להקדיש זמן למילוי הסקר בהקדם האפשרי (תוך מתן הסבר והדגשת חשיבות העניין). עם חלק מהחוקרים התקיימו פגישות אישיות, שבמהלכן קיבלו החוקרים סיוע במילוי השאלון האלקטרוני. מילוי השאלונים התבצע עד סוף נובמבר 2007.

### ניתוח ביבליומטרי של פרסומים

בצמוד למועד הפצת הסקר, נשלחה לכל חוקר רשימה של פרסומיו המדעיים שראו אור משנת 1996 ועד 2007 כפי שאוחזרה על ידינו בחודש יוני 2007 ממאגר ISI. החוקרים התבקשו לציין עבור כל פרסום אם ניתן לסווגו כפרסום בנושא ננו. פרסומי הננו של כל חוקר (שנענה לפנייתנו) נותחו בכלים ביבליומטריים הכוללים מדדי כמות (מספר פרסומי הננו), קדימות (היקף פרסומי הננו מכלל פרסומי החוקר) ואיכות (ממוצע הציטוטים לפרסום), בנוסף, נותחה התפלגות הפרסומים לפי נושאים על פי סיווג הנושאים של ISI.

### מדגם הסקר

באתר RBNI מופיעה רשימה של חוקרים הפעילים בתחום הננו. רשימה זו שימשה אותנו לצורך הפצת השאלונים.

מדגם הסקר התבסס על רשימת החוקרים, כפי שהופיעה באתר RBNI בספטמבר 2007, וכללה 117 חוקרים הפעילים בתחום הננו. ניתוח הנתונים בדו"ח זה מתבסס על תשובותיהם של 72 חוקרים שמהווים 65% מהמדגם (כמפורט בטבלה 1)

**טבלה 1: מדגם הסקר**

מס' חוקרים	
117	מדגם התחלתי
2	כבר לא בטכניון (שמות החוקרים נמסרו להנהלת המכון)
3	ביקשו להוריד את פרטיהם מאתר המכון (שמות החוקרים נמסרו להנהלת המכון)
2	פרשו לגמלאות (שמות החוקרים נמסרו להנהלת המכון)
<b>סה"כ: 110</b>	<b>מדגם בפועל</b>
<b>72 (65%)</b>	<b>ענו על הסקר</b>

לא כל השאלות נענו על-ידי כל החוקרים ולכן בניתוח תשובות החוקרים תמיד מצוין מספר המייצג את מספר החוקרים שענו על שאלה מסוימת בסקר.

לאורך כל תקופת ביצוע הסקר נעשה מאמץ מאסיבי להגדיל את מדגם החוקרים שענו על הסקר עד למקסימום (110 חוקרים). בטבלה 2 מפורט מצב ההיענות של החוקרים לסקר.

טבלה 2: סטאטוס היענות לסקר

מס' חוקרים	סטאטוס היענות	דוגמאות לתשובות שהתקבלו מהחוקרים
72	ענו על הסקר	
12	ענו שאינם מתעסקים במחקר בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה	"לא עושה מחקר בתחום ננו אבל לא מתנגד לקבל מידע בנושא ולכן רוצה להישאר ולהופיע באתר"; "לא חוקר בננו וגם לא מפרסם בננו אז אין מה לתרום"; "רשום באתר אבל לא מעורב בתחום אין אף מחקר פעיל".
2	נמצאים בשנת שבתון מחוץ לטכניון	
3	לא משתמשים בשירותי המכון ולכן לא מעוניינים למלא את השאלון	"לא פעיל במכון ולכן אין מה לענות"; "לא משתמש בשירותי המכון ומתעסק בתחומים שרק גובלים בננו".
6	אינם מעוניינים למלא	"לא מעוניין למלא סקרים"; "לא מתכוון למלא כי לא קיבל כלום מהמכון כולל הדוקטורנט המצטיין שלא קיבל כלום"; "אין שום סיכוי למלא- אין זמן".
15	לא ענו על הסקר	עם חוקרים אלה נקבעו פגישות אישיות לצורך מילוי הסקר והחוקרים ביטלו; לא ענו לטלפונים וגם לא למיילים האישיים; או הבטיחו למלא מספר פעמים וסירבו להיפגש באופן אישי לצורך קבלת עזרה.
סה"כ: 110		

כאשר גורעים מהמדגם הפוטנציאלי של הסקר את קבוצת החוקרים שטענו כי אינם מתעסקים במחקר בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה (12 חוקרים) ולכן אינם נחשבים למשתמשים פוטנציאליים של שירותי המכון, המדגם כולל 98 חוקרים בעלי פוטנציאל להיות פעילים במכון. לפי חישוב זה אחוז ההיענות לסקר הוא 73%.



## מסקנות וממצאים עיקריים

### 1. מאפייני רקע ומחקר של החוקרים

- 1.1 החוקרים הרשומים במסגרת המכון מייצגים 13 פקולטות שונות מתוך 18 הפקולטות הקיימות בטכניון. עובדה זו מדגימה את אופיו הרב תחומי של המחקר בנומדעים ובנוטכנולוגיה. הטכניון מהווה קרקע פורייה להשקעות שמטרתן לקדם מחקרים בתחומי ננומדעים ונוטכנולוגיה עקב המעורבות הגדולה של החוקרים בתחום, הן מבחינה מספרית והן מבחינת הייצוג הרחב של התחומים בהם הם עוסקים.
- 1.2 מספר החוקרים הרב ביותר הינו בתחום הננו חומרים ולאחר מכן בתחומי הננואלקטרוניקה והפוטוניקה.
- 1.3 מתוך סה"כ המחקרים המנוהלים על ידי חוקרים שהשתתפו בסקר, 63% הם מחקרים בנומדעים ונוטכנולוגיה. בממוצע יש לכל חוקר שלושה מחקרים בתחום הננו.
- 1.4 רוב החוקרים שהשתתפו בסקר דיווחו כי הם משקיעים את רוב זמנם במחקר בתחום ננומדעים ונוטכנולוגיה, כלומר ננו מהווה תחום מחקר עיקרי עבור מרבית החוקרים שעוסקים בתחום.
- 1.5 58 אחוז מהמחקרים מסווגים על-ידי החוקרים כמחקרים בסיסיים.
- 1.6 57 אחוז מהמחקרים כבר הניבו תוצאות. רבע מהמחקרים כבר הגיעו לשלבים מאוד מתקדמים ונמצאים בשלבי הוכחות היתכנות, אב טיפוס, בדיקת יישומים והעברה לתעשייה ולמסחר.
- 1.7 כרבע מהחוקרים קבלו פרסים או מענקי הצטיינות על מחקרם בתחום ננומדעים ונוטכנולוגיה.
- 1.8 לחוקרים מגוון אפשרויות לקבלת מימון עבור מחקרים בתחום ננומדעים ונוטכנולוגיה. פרויקטי מחקר ספורים בלבד זוכים למימון הגבוה מחצי מיליון דולר.
- 1.9 רבע מהחוקרים מעורבים בחיי הקהילה והחברה הלא מדעית בנושאים הקשורים לננומדעים או ננוטכנולוגיה.

### 2. הון אנושי

- 2.1 כמעט 75 אחוז מהחוקרים מחזיקים צוותי מחקר בתחום ננו. צוותי המחקר כוללים מגוון רחב של כוח אדם מדעי וטכנולוגי שלטענת החוקרים הכרחי לקידום המחקר בתחום הננו.
- 2.2 מתוך סה"כ הסטודנטים שמנחים החוקרים 67 אחוזים הם סטודנטים בנומדעים ונוטכנולוגיה. בממוצע לכל חוקר 3.4 סטודנטים בנונו.



### **3. תמיכה בסטודנטים**

- 3.1 הסיבה העיקרית לאחוזי מימון נמוכים מצד RBNI להשתתפות סטודנטים בכנסים היא באי הגשת בקשות מצד החוקרים. אמצעי הפרסום של ערוץ מימון זה לא יעילים מספיק<sup>12</sup>.
- 3.2 כשני שלישי מהחוקרים מלמדים או משלבים בהוראתם נושאים הקשורים לננומדעים או ננוטכנולוגיה.

### **4. שימוש בציוד**

- 4.1 ל- 64 אחוז מהחוקרים מעבדה בנושא ננו ו/או הם שותפים למעבדת ננו.
- 4.2 35% מהחוקרים רכשו למעבדתם ציוד לצורכי מחקר בתחום ננומדעים או ננוטכנולוגיה במהלך שנת 2006 ששווי מעל \$10.000 שלא במסגרת ערוצי RBNI.
- 4.3 לאור קיום ערוצי מימון לשדרוג ציוד במעבדות האישיות של החוקרים וכן עזרה בהקמת מעבדות לאנשי סגל חדשים שגויסו בסיוע RBNI ניתן לצפות לעליה בכמות המעבדות האישיות הקשורות לננו טכנולוגיה בשנים הבאות<sup>13</sup>.
- 4.4 קיימת אי בהירות מצד החוקרים בהגדרתם של מרכזי תשתית ומעבדות. החוקרים לא מייחסים חשיבות למקור הציוד או מקום הימצאו.
- 4.5 69 אחוזים מהחוקרים משתמשים באחד או יותר ממרכזי התשתית בטכניון לצורך ביצוע מחקרם.
- 4.6 סך הכול הוקמו ושודרגו 8 מרכזי תשתית בטכניון ע"י המכון.
- 4.7 ניתן לצפות לעליה במספר המשתמשים במרכזי התשתית בעתיד לאור תנופת הפעילות של RBNI בתחום זה.

### **5. קשרים ושיתופי פעולה עם מוסדות אקדמאיים**

- 5.1 כפי שניתן היה לצפות לאור אופיו המולטידיסציפלינארי של התחום, כמעט לכל החוקרים מחקרים משותפים בתחומי הננומדעים והננוטכנולוגיה עם חוקרים אחרים בטכניון ומחוצה לו.
- 5.2 קיום קרנות חיצוניות רבות הנותנות עדיפות ברורה לשיתוף פעולה בין-לאומי על פני שת"פ מקומי, תורם לכך שמספר שיתופי הפעולה עם חוקרים מחוץ לישראל הינו כפול (אבסולוטית ובממוצע) ביחס למספר שיתופי הפעולה עם חוקרים במוסדות אחרים בארץ.
- 5.3 יש לצפות שבסקר הבא ניתן יהיה לראות עליה במספר שיתופי פעולה עם אוניברסיטת בן-גוריון ואוניברסיטת בר-אילן בהשוואה לסקר זה הודות לפרסום של שני ערוצי עידוד שת"פ עם אוניברסיטאות אלה.

<sup>12</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) שודרגו אמצעי הפרסום לפרסום שכולל גם עלונים אישיים בתיבות הדואר, פוסטרים במזכירות הפקולטות, בנוסף לפרסום באתר המכון ודיוור ישיר.

<sup>13</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) שודרגו סה"כ 29 מעבדות אישיות ע"י RBNI.

5.4 יש לצפות שבסקר הבא ניתן יהיה לראות עליה במספר שיתופי הפעולה עם גרמניה וסינגפור בהשוואה לסקר זה הודות לפרסום של שלושה ערוצי עידוד שת"פ עם מדינות אלה.

#### **6. קשרים ושיתופי פעולה עם תעשייה**

- 6.1 ל-45 אחוז מהחוקרים שיתופי פעולה בתחומי הננומדעים וננוטכנולוגיה עם התעשייה בארץ ו/או בחו"ל.
- 6.2 70 אחוז מהחוקרים היו מעוניינים ליצור שיתופי פעולה תעשייתיים חדשים/נוספים בתחומי ננו, לכן קיימים סיכויי היענות גבוהים מצד החוקרים ליוזמות RBNI בנושאי קידום שיתופי פעולה תעשייתיים.
- 6.3 ייתכן וניתן יהיה לראות בסקר הבא עליה במספר שיתופי פעולה תעשייתיים בעקבות פרסום קול קורא למימון פיתוח יישומים בננומדעים וננוטכנולוגיה.
- 6.4 שיתופי פעולה תעשייתיים חדשים צפויים להיווצר בשנים הקרובות בעקבות מחקרים שהגיעו לשלבים מאוד מתקדמים ועשויים להבשיל עד לשלבי התאמת העברת הידע לתעשייה.
- 6.5 למחצית מהחוקרים ניסיון קודם בעבודה בתעשייה או בשיתוף פעולה עם התעשייה, דבר העשוי להקל על יצירת שיתופי פעולה תעשייתיים בתחום הננו.

#### **7. מסחור**

- 7.1 מאחר ולכ-75 אחוז מהמחקרים צפויים יישומים תעשייתיים, קיים פוטנציאל רב לפיתוח אפליקציות ולמסחורם של המחקרים.
- 7.2 תחומי האלקטרוניקה, הביוטכנולוגיה, הרפואה והאופטיקה הם התחומים בעלי הפוטנציאל הרב ביותר ליהנות מפרי מחקרם של החוקרים.
- 7.3 ניתן לצפות לעליה משמעותית במספר החוקרים שיפנו לערוץ מסחור רעיון או טכנולוגיה הודות לפעילות ענפה של RBNI בתחום זה, שהחלה לאחרונה וצפויה לגדול בעתיד.
- 7.4 תשעה אחוזים מהחוקרים התנסו בעשור האחרון (2006-1996) בהקמת חברת הזנק העוסקת בננוטכנולוגיה. הוקמו לפחות שש חברות הזנק בתחום הננו על-ידי חוקרים מהטכניון.

#### **8. פעילות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי**

- 8.1 אחוז ניכר מהחוקרים מביעים מידה רבה של שביעות רצון מפעילות המכון.
- 8.2 ערוצים הדורשים את תנאי ה - matching, כדוגמת שדרוג מעבדות חוקר או רכישת ציוד תשתיתי, זוכים למספר הגשות נמוך יחסית (למרות שהחוקרים מכירים את הערוצים)<sup>14</sup>. יתכן שתנאי ה - matching שדורשים ערוצים אלה מהווים מחסום עבור חלק מהחוקרים או שקיימים ברשותם מקורות מימון אטרקטיביים יותר.

<sup>14</sup> בשנתיים האחרונות 2008/2009 עלה מאד מספר הפניות בערוץ זה.

- 8.3 ערוצי מימון שקיימים יותר זמן מוכרים יותר בקרב קהילת חוקרי הננו בטכניון.
- 8.4 פרסום של תוכניות המכון בקרב החוקרים אינו יעיל דיו. דואר אלקטרוני מפורט מדי ועומס יתר של החוקרים בהודעות דואר אלקטרוני באופן כללי, מורידות מאוד את מידת האפקטיביות של פרסום הערוצים בדרך זו<sup>15</sup>.
- 8.5 עצם מילוי הסקר העלה את החשיפה לתוכניות השונות ולפעילות המכון בקרב החוקרים.
- 8.6 הדרישה למספר שותפים בערוצי מימון מחקרים והעדר ערוצים למימון מחקר אישי, מקשים על החוקרים.
- 8.7 דרישה שהמכון יהיה המממן הבלעדי למימון המחקרים מונעת חלק מההגשות, במיוחד במקרים בהם המענק מתחלק בין מספר חוקרים/מעבדות.
- 8.8 ערוץ שדרוג מעבדות חוקר אינו זמין עבור חוקרים חדשים ובכך קטן מספר החוקרים שיכולים להגיש בקשה להשתתפות בערוץ זה.
- 8.9 מידת שביעות הרצון מפעילות המכון כיום לא בהכרח משקפת את התרומה שצפויה להיות לפעילות המכון על הפירות שהיא תניב בטווח הארוך. הדבר משקף את הציפייה של החוקרים לשיפור בהתנהלות המכון בטווח הארוך.
- 8.10 התרומה של המכון בתוכניות "ותיקות" יותר ובאלה הפונות לקהל רחב של החוקרים מוערכת על-ידי החוקרים במידה גבוהה יותר יחסית לתוכניות "צעירות" ותוכניות התורמות למספר מצומצם של החוקרים.

## 9. ניתוח ביבליומטרי של פרסומי הננו של חוקרי המכון

- 9.1 ניתוח היקף הפרסומים מעלה כי בין השנים 1996-2007 פרסמו 56 חוקרים (שנענו לפנייתנו לסווג את פרסומיהם ל'ננו' ו'לא-ננו') כ-2,350 פרסומים, מתוכם 1,041 סווגו על ידם כפרסומים בתחומי ננו (44% מכלל פרסומיהם). התפלגות הפרסומים לפי שנת הפרסום מצביעה על מגמת גידול לאורך השנים.
- 9.2 ניתוח איכות הפרסומים מעלה כי בכל שנה זוכה פרסום ננו ל-2.4 ציטוטים בממוצע, ובסה"כ כל פרסום ננו זכה בתקופה הנדונה ל-15.3 ציטוטים בממוצע.
- 9.3 אחוז ניכר מהפרסומים סווגו על ידי ISI כפרסומים העוסקים בנושאי פיזיקה, כימיה וחומרים.
- 9.4 ל-15.3% מהפרסומים היה שותף לפחות מחבר אחד מארה"ב. מדינות נוספות איתן התבצע שיתוף פעולה מחקרי משמעותי הן צרפת וגרמניה (9% מהפרסומים כללו חוקר ממדינות אלה).

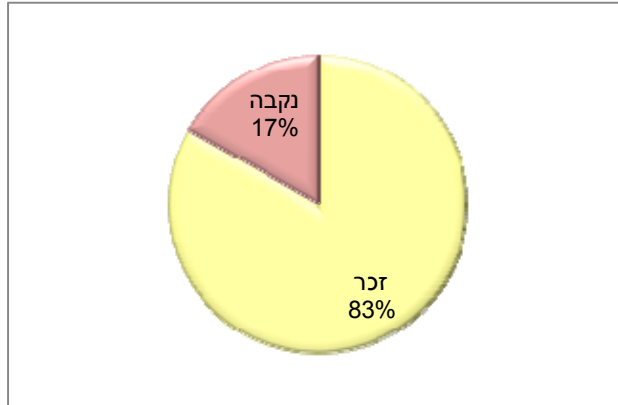
<sup>15</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) התווספו אמצעי פרסום נוספים כגון פוסטרים, פרסום אפקטיבי יותר באתר ודוור ישיר לתיבות הדואר בפקולטות השונות.

## מאפייני רקע של החוקרים

בפרק זה יוצגו תוצאות המתייחסות למאפייני רקע של החוקרים שענו על הסקר.

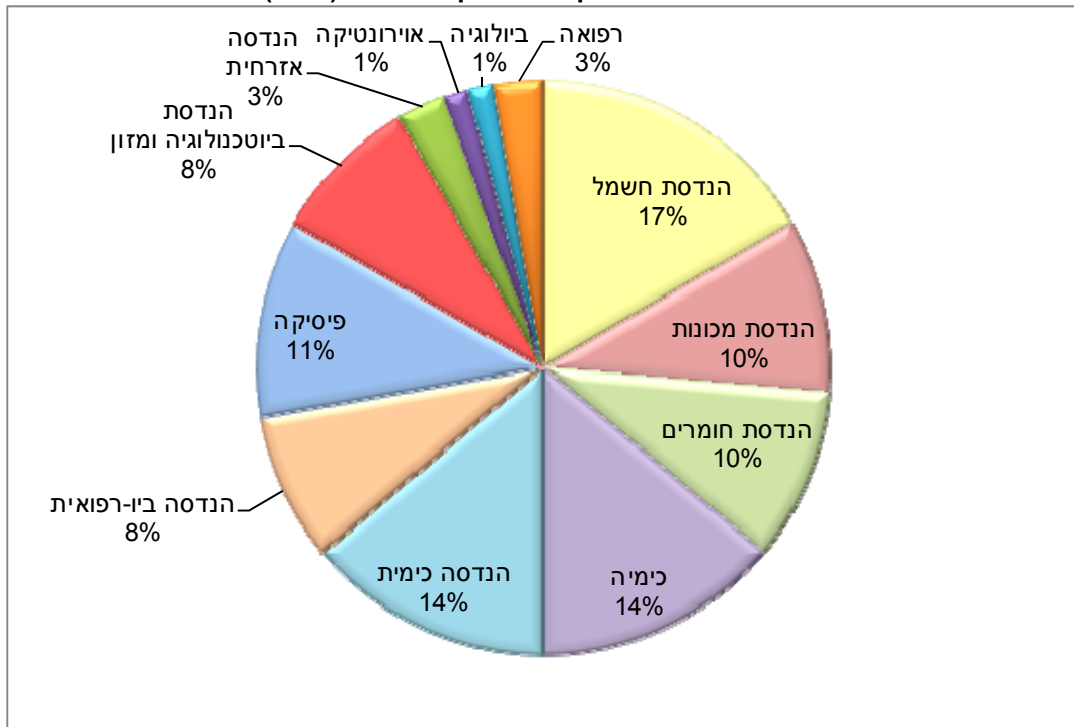
**מין:** רוב החוקרים העוסקים במחקר בתחומי ננומדעים וננוטכנולוגיה הם גברים (83%) ואילו הנשים מהוות מיעוט (בדומה לתחומי מדעים אחרים).

איור 1: התפלגות החוקרים לפי מגדר (N=72)



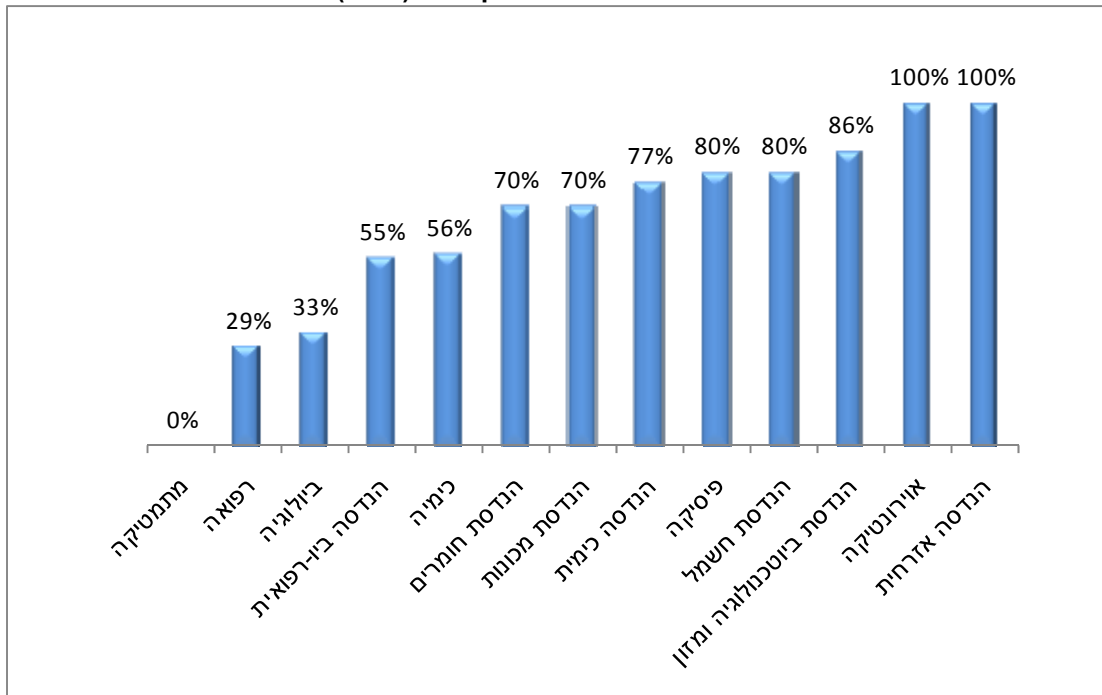
**פקולטה:** האחוזה הגבוהה ביותר של החוקרים הוא מהנדסת חשמל (17%), אחר כך מהנדסה כימית וכימיה (14%), הנדסת מכונות, הנדסת חומרים ופיסיקה (10-11%), הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון והנדסה ביו רפואית (8%) מציג את התפלגות החוקרים לפי פקולטות.

איור 2: התפלגות החוקרים לפי פקולטת האם (N=72)



**התפלגות המשיבים לסקר:** ההיענות הגדולה ביותר למילוי הסקר הייתה בקרב חוקרים בהנדסה אזרחית (100%), הנדסת אווירונאוטיקה וחלל, הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון, הנדסת חשמל ופיסיקה (80% מחוקרי ננו בפקולטה לפיסיקה ענו על הסקר). לעומת זאת, רק קצת יותר ממחצית החוקרים בפקולטות לכימיה והנדסה ביו רפואית שיתפו פעולה במילוי הסקר. מצד החוקרים בפקולטות לביולוגיה ורפואה הייתה היענות מאוד נמוכה, כ-30% בלבד מהחוקרים. יתכן וניתן להסביר היענות כה נמוכה מצד החוקרים בפקולטות הללו בהקצאת משאבים נמוכה יחסית מצד המכון והיצע מועט יותר של תוכניות מתאימות עבור חוקרים מפקולטות אלה, ביחס לפקולטות האחרות. במהלך 2008 צפוי להיפתח מרכז תשתית חדש למדעי החיים בפקולטה לביולוגיה ומרכז תשתית חדש לביומכניקה והנדסת רקמות בפקולטה להנדסה ביו רפואית במימון משותף של RBNI ומרכז Lorry I. Lokey למדעי חיים והנדסה<sup>16</sup>. פעילות זו עשויה להוביל למעורבות רבה יותר של החוקרים מהפקולטות הללו במסגרת המכון ולכן ניתן לצפות גם לאחוזי היענות גבוהים יותר מצד החוקרים בסקר הבא שיערך במהלך שנת 2009. איור 3 מציג את אחוזי היענות החוקרים לפי פקולטות, כלומר איזה אחוז מהווי החוקרים שענו על הסקר מכלל חוקרי ננו בכל פקולטה.

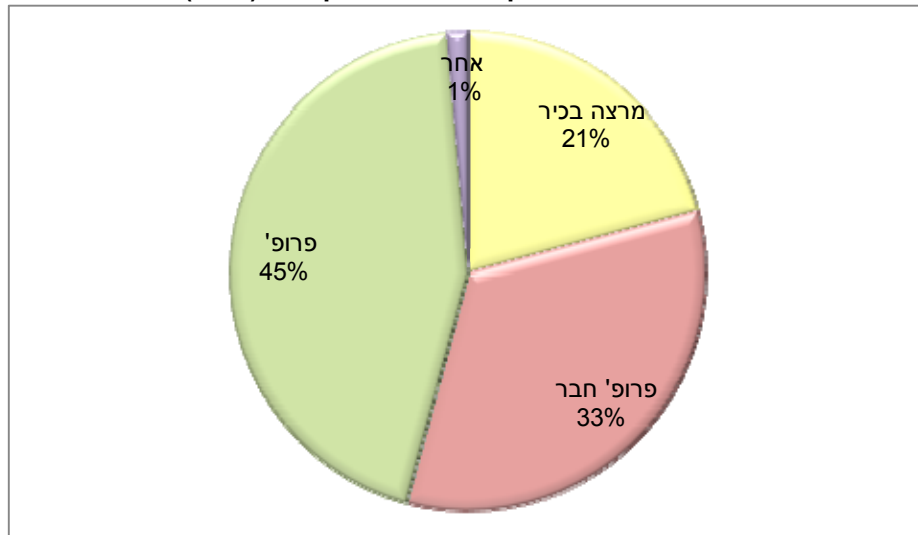
**איור 3: אחוזי היענות לפי פקולטות (N=72)**



<sup>16</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) נפתחו שני מרכזי התשתית.

**דרגה אקדמית:** כרבע מהחוקרים העוסקים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה בטכניון הם חוקרים צעירים בדרגה אקדמית של מרצה בכיר.

**איור 4: התפלגות החוקרים לפי דרגה אקדמית (N=72)**



החוקרים הפעילים במסגרת המכון מייצגים 12 פקולטות שונות מתוך 18 הפקולטות הקיימות בטכניון. עובדה זו מדגימה את אופיו הרב תחומי של המחקר בננומדעים וננוטכנולוגיה. הטכניון מהווה קרקע פורייה להשקעות שמטרתן לקדם מחקרים בתחומי ננומדעים וננוטכנולוגיה עקב המעורבות הגדולה של החוקרים בתחום, הן מבחינה מספרית והן מבחינת הייצוג הרחב של התחומים בהם הם עוסקים.



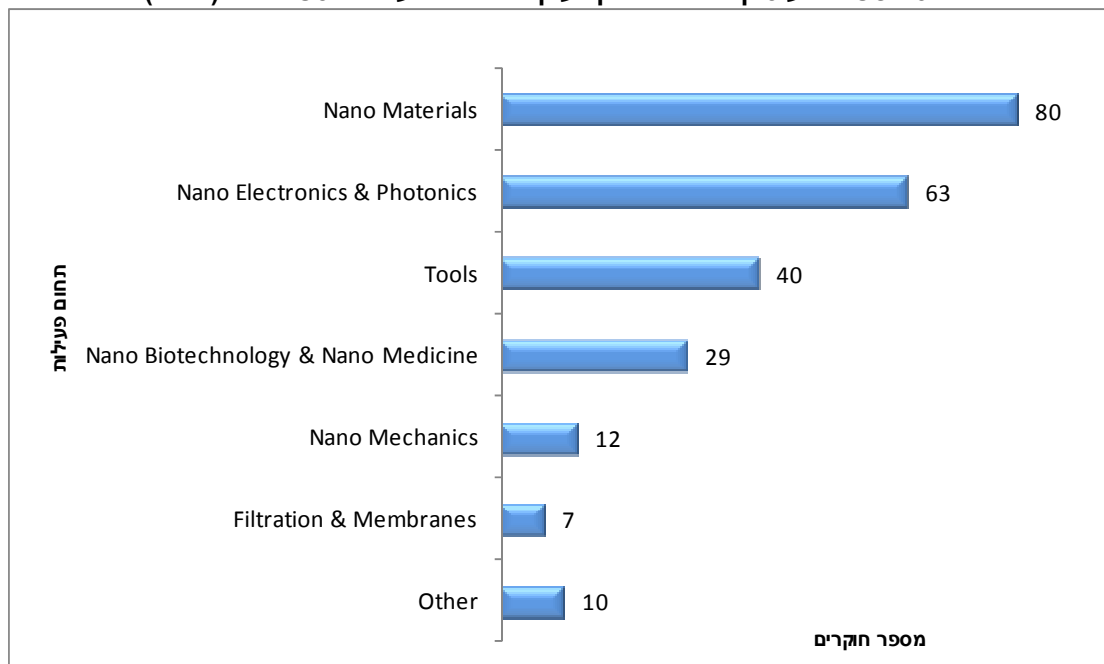
## פעילות מחקרית בתחומי ננומדעים וננוטכנולוגיה

ניתוח נתוני הסקר מצביע על כך שבתחום ננו-חומרים יש את מספר החוקרים הרב ביותר ולאחר מכן בתחום ננואלקטרוניקה ופוטוניקה. נתונים אלה תואמים את המלצות INNI משנת 2002 כתוצאה מבקשת הממשלה להגדיר תחומים אסטרטגיים לקידום המו"פ בננומדעים וננוטכנולוגיה, בהתבסס על חוזקות היסטוריות של ישראל והצלחותיה. ננו-חומרים וננו-אלקטרוניקה ופוטוניקה הוגדרו כשני תחומים אסטרטגיים אלה מבין סה"כ 4 תחומים<sup>17</sup>.

איור 5 מציג את שכיחות תחומי המחקר העיקריים של החוקרים בננו מדעים וננוטכנולוגיה.

חשוב להדגיש כי חוקר יכול לפעול ביותר מתחום פעילות אחד.

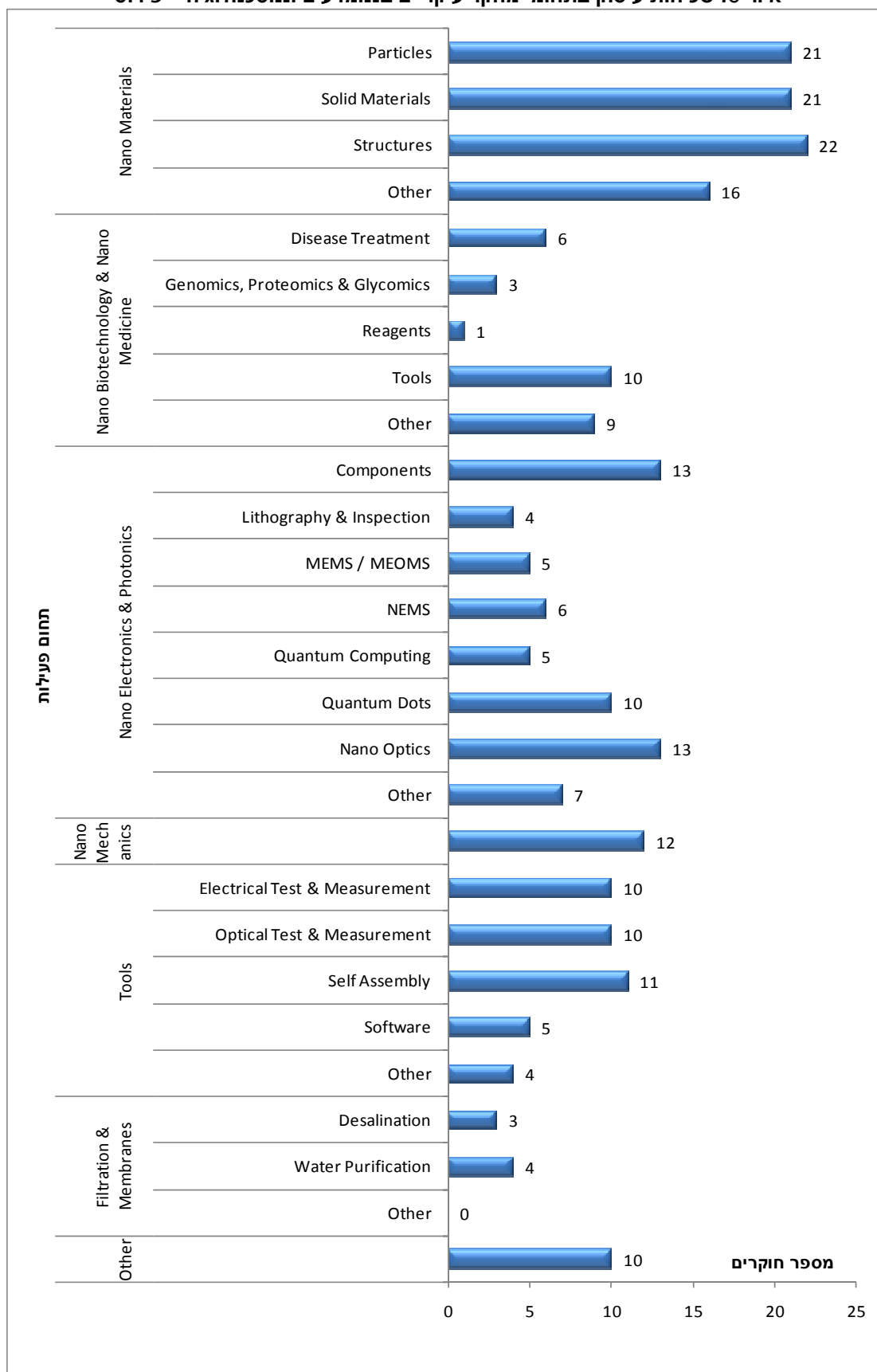
איור 5: שכיחות עיסוק בתחומי מחקר עיקריים בננומדעים וננוטכנולוגיה (N=72)



איור 6 מציג את פירוט שכיחות תחומי המחקר העיקריים של החוקרים בננומדעים וננוטכנולוגיה.

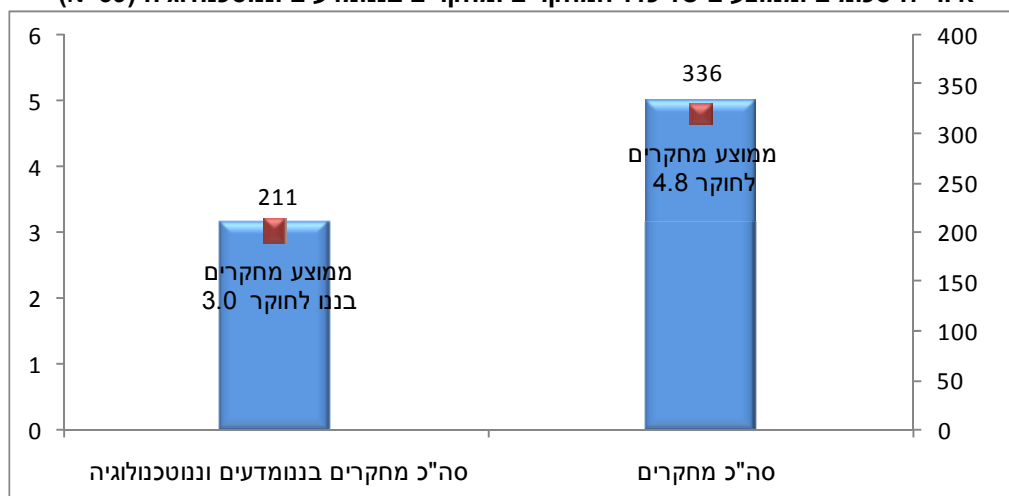


איור 6: שכיחות עיסוק בתחומי מחקר עיקריים בנומדעים וננוטכנולוגיה – פירוט



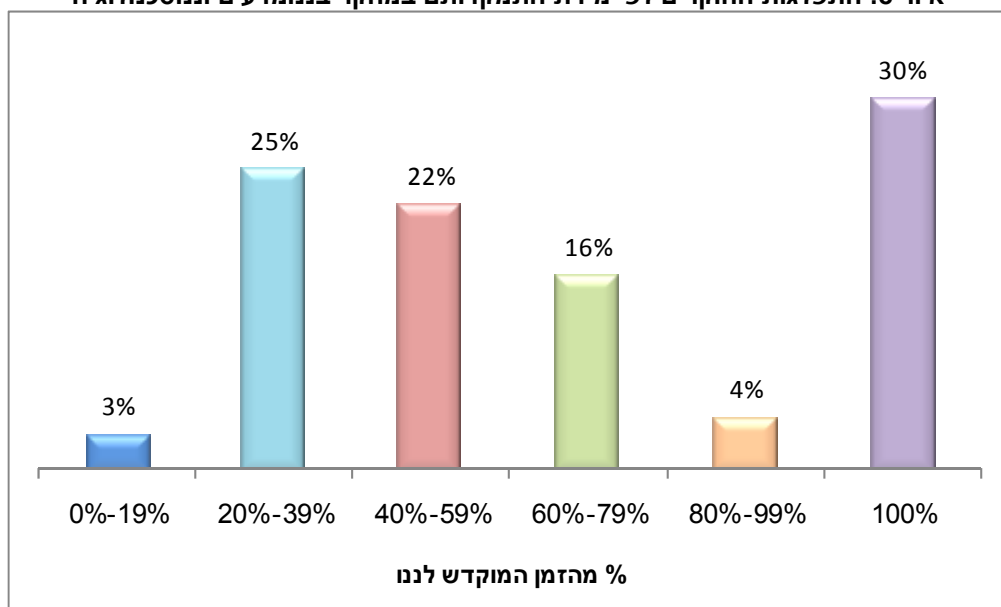
336 מחקרים מנוהלים ע"י 70 חוקרים, כש- 63% (211) מתוכם הם מחקרים בנומדעים וננוטכנולוגיה. בממוצע יש לכל חוקר 4.8 מחקרים וממוצע של 3 מחקרים בננו.

**איור 7: סכומים וממוצעים של כלל המחקרים ומחקרים בנומדעים וננוטכנולוגיה (N=69)**



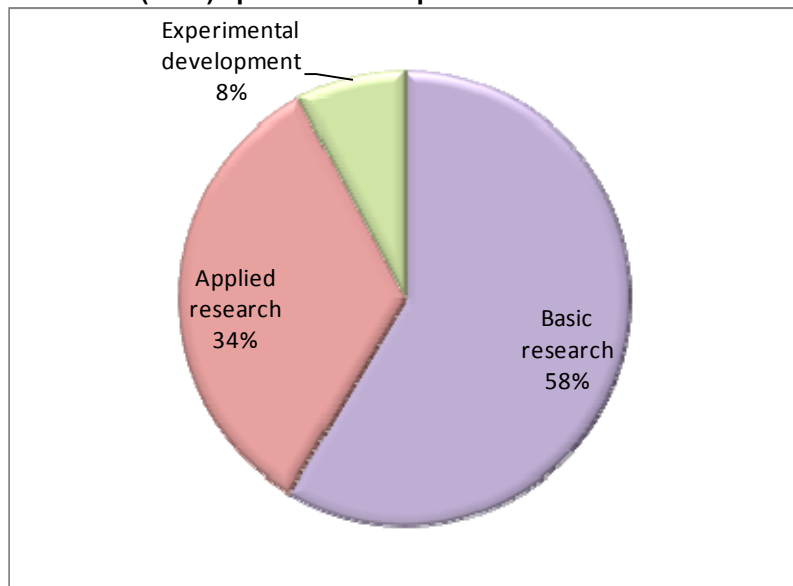
כשמסתכלים על האחוז שמהווים המחקרים בנושא ננו מסך הפעילות המחקרית של החוקרים, ניתן לזהות כי 30 אחוז מהחוקרים מקדישים את כל זמנם למחקרים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה, מחצית מהחוקרים מקדישים בין 60 ל- 100 אחוז מזמנם למחקרים בתחום ננו ורבע מהחוקרים מגדירים את מחקרי הננו שלהם בין 20 ל-39 אחוז מסה"כ המחקרים שלהם. ננומדעים וננוטכנולוגיה מהווה תחום מחקר עיקרי עבור מרבית החוקרים.

**איור 8: התפלגות החוקרים לפי מידת התמקדותם במחקר בנומדעים וננוטכנולוגיה**



63 חוקרים מסרו מידע לגבי 193 מחקרים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה בשאלה של סוג המחקר. 58 אחוז מהמחקרים מסווגים על-ידי החוקרים כמחקר בסיסי (ההגדרות והסיווגים על פי מדריך פרסקטי של ה-OECD<sup>18</sup>)

איור 9: התפלגות המחקרים לפי סוג מחקר (N=63)



---

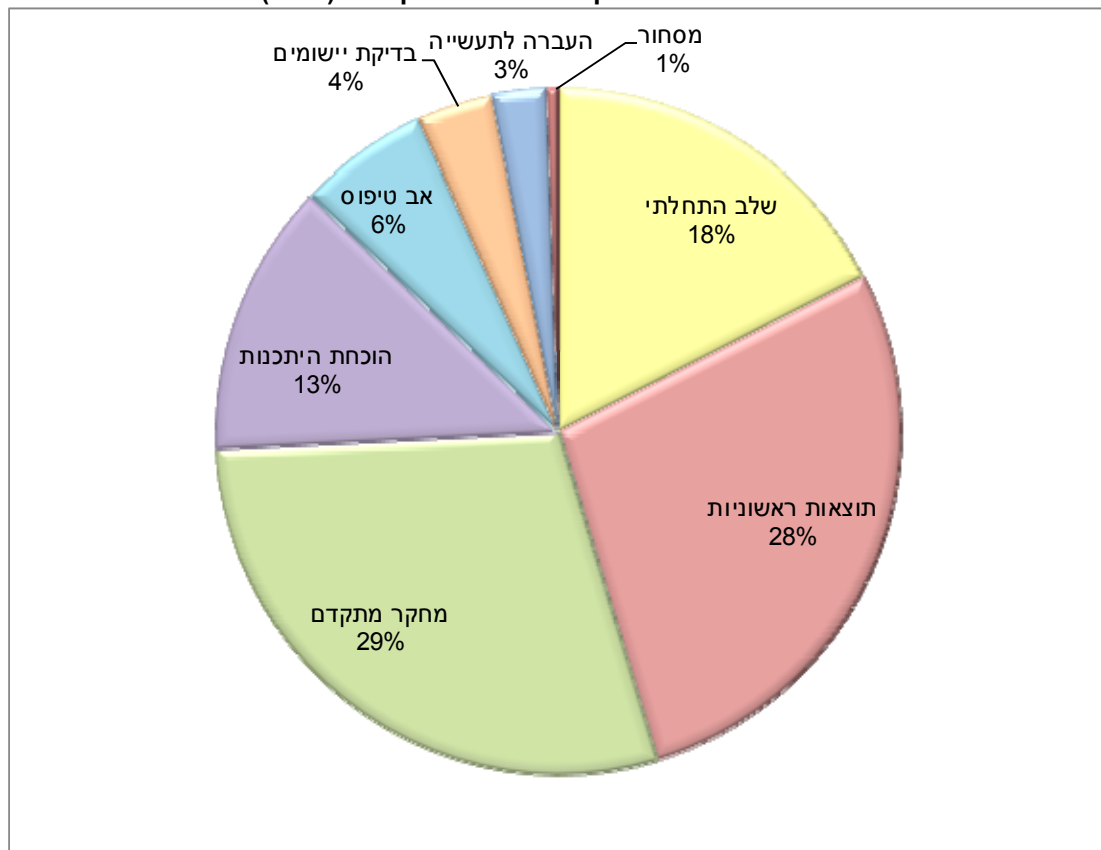
<sup>18</sup> **Basic research** is experimental or theoretical work undertaken primarily to acquire new knowledge of the underlying foundation of phenomena and observable facts, without any particular application or use in view.

**Applied research** is also original investigation undertaken in order to acquire new knowledge. It is, however, directed primarily towards a specific practical aim or objective .

**Experimental development** is systematic work, drawing on existing knowledge gained from research and/or practical experience, which is directed to producing new materials, products or devices, to installing new processes, systems and services, or to improving substantially those already produced or installed.

64 חוקרים מסרו מידע לגבי 194 מחקרים בנו מדעים וננוטכנולוגיה בשאלה של שלב ההתקדמות של המחקר (המהווים 92 אחוז מסה"כ מחקרי הננו שדווח עליהם על-ידי החוקרים שהשתתפו בסקר, כפי שמציג איור 7). 18 אחוז מהמחקרים נמצאים בשלב התחלתי. ל- 57 אחוז מהמחקרים יש כבר תוצאות. רבע מהמחקרים כבר הגיעו לשלבים מאוד מתקדמים ונמצאים בשלבי הוכחות היתכנות, אב טיפוס, בדיקת יישומים, העברה לתעשייה ומסחור.

איור 10: התפלגות המחקרים לפי שלב התקדמות (N=64)



כרבע מהחוקרים (23%) קיבלו פרסים או מענקי הצטיינות על מחקרם בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה (N=66), לדוגמא:

- ✓ Henry Taub Prize for Excellence in Research
- ✓ Michael Bruno Memorial Award (The Rothschild Foundation)
- ✓ The Kaplan Prize in Creative Management for 21st Century High Technology
- ✓ Landau Prize for research and sciences
- ✓ Herschel Rich Technion Innovation Award
- ✓ Rafi Freund Award, The Israel Chemical Society Prize for excellence.



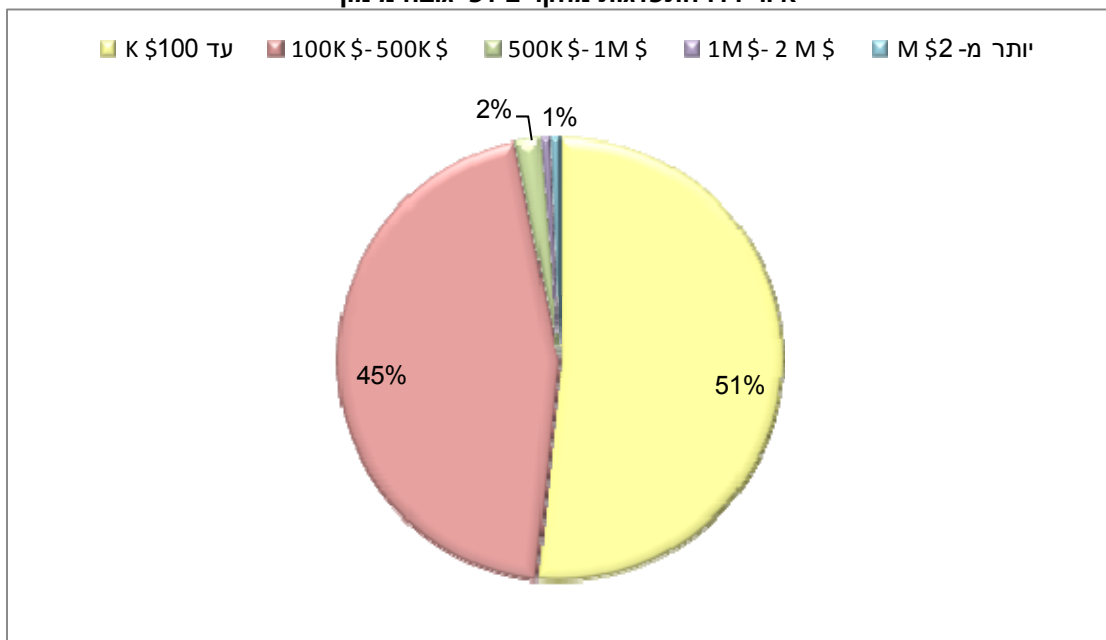
## מקורות תמיכה

לחוקרים מגוון אפשרויות לקבלת מימון עבור מחקרים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה. מקורות התמיכה הפיננסית העיקריים של מחקרים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה כפי שציינו החוקרים:

- ✓ קרנות מנל"מ - מקורות פנימיים טכניון
- ✓ קרן מיטשל ליזמות
- ✓ RBNI
- ✓ ISF - הקרן הלאומית למדע
- ✓ ביכורה
- ✓ משרד המדע
- ✓ משרד התשתיות הלאומיות
- ✓ משרד התעשייה והמסחר
- ✓ משרד הביטחון
- ✓ מפא"ית- המינהל למחקר, פיתוח אמל"ח ותשתית טכנולוגית
- ✓ קרן דבורה
- ✓ BSF - הקרן הדו-לאומית למדע, ארה"ב ישראל
- ✓ GIF - הקרן למחקר ופיתוח מדעי, גרמניה-ישראל
- ✓ DIP – ישראל-גרמניה
- ✓ Niedersachsen Fund (Germany)
- ✓ American Chemical Society Petroleum Research Fund – PRF
- ✓ EC FP6
- ✓ EU - איחוד אירופי
- ✓ מגנ"ט
- ✓ מגנטון
- ✓ נופר
- ✓ Volkswagen Foundation
- ✓ מימון פרטי תעשייתי
- ✓ מימון פרטי

חוקרים מסרו מידע לגבי מימון של 155 מחקרים (מתוך 211 המחקרים שדווחו כמחקרי ננו- איור 7). חשוב להדגיש כי המימון הוא סה"כ לפרויקט (למשל, אם מספר חוקרים שותפים למחקר אז הסכום מתייחס לסה"כ הפרויקט ולא לחלק היחסי שקיבל החוקר).

איור 11: התפלגות מחקרים לפי גובה מימון



מחצית מהפרויקטים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה ממומנים עד לסכום מקסימאלי של 100 אלף דולר. מחצית השנייה של הפרויקטים מקבלים מימון גדול יותר, שמגיע עד למקסימום של 500 אלף דולר לפרויקט. פרויקטי מחקר ספורים בלבד זוכים למימון הגבוה מחצי מיליון דולר (איור 11).

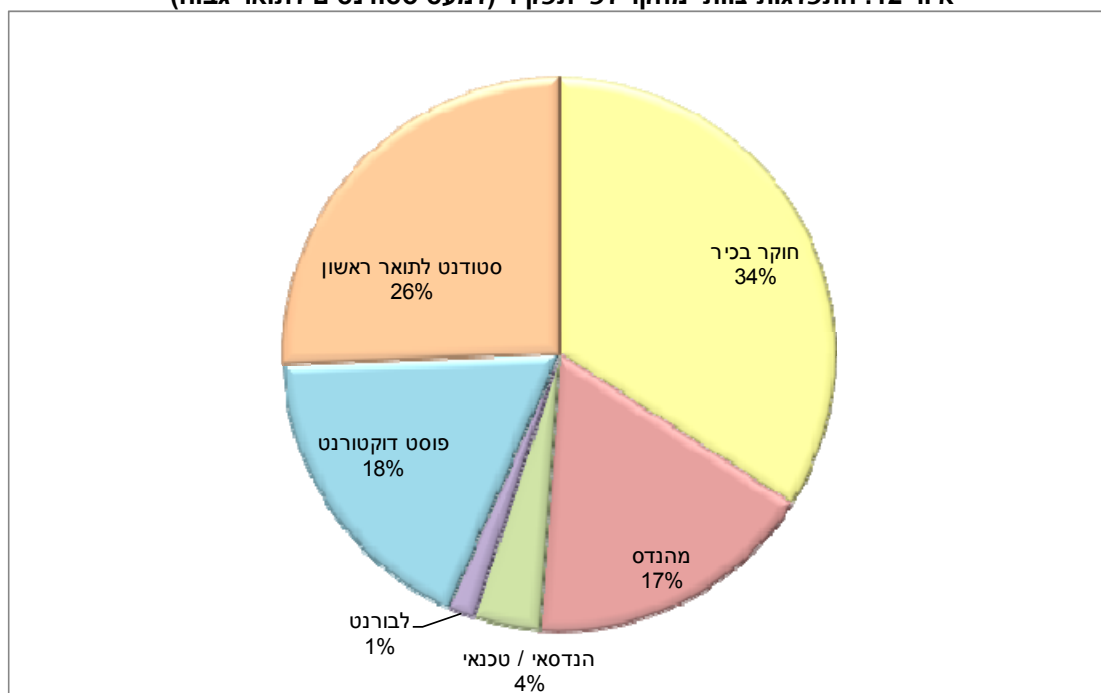
## הון אנושי

### צוות המחקר

ל-72 אחוז מהחוקרים יש עובדים נוספים בצוות המחקר שלהם בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה, פרט לסטודנטים לתארים מתקדמים שבהנחייתם.

צוותי המחקר כוללים מגוון רחב של כוח אדם מדעי וטכנולוגי שלטענת החוקרים הכרחי לקידום המחקר בתחום ננו.

איור 12: התפלגות צוותי מחקר לפי תפקיד (למעט סטודנטים לתואר גבוה)

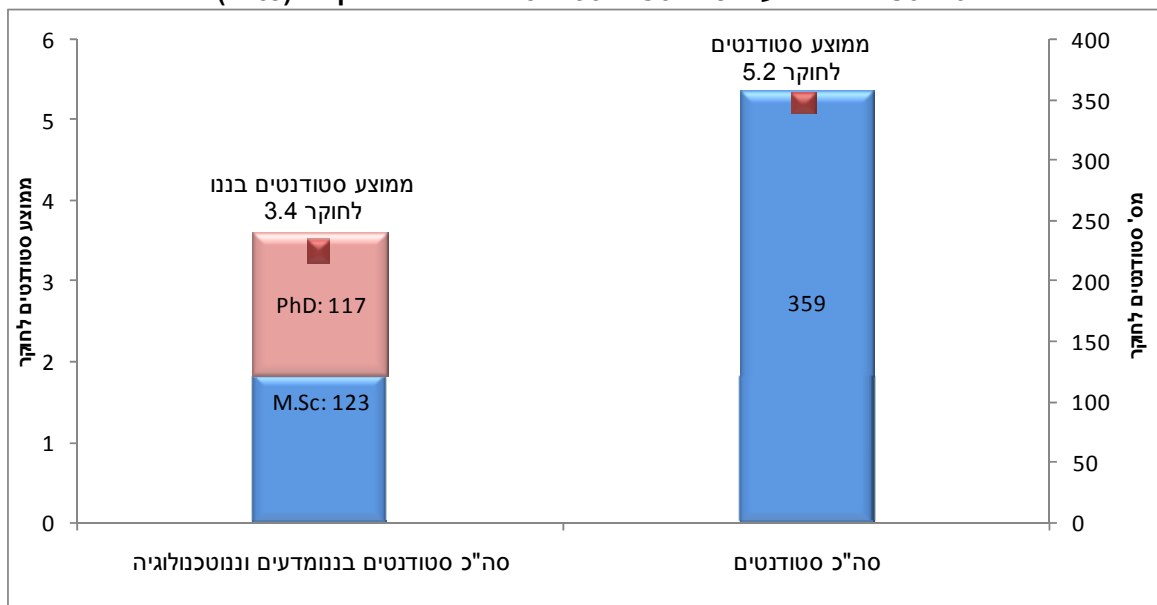


### מעורבות סטודנטים בפעילות מחקרית בננומדעים וננוטכנולוגיה

69 חוקרים מנחים כעת 359 סטודנטים כשמתוכם 67 אחוזים (240 סטודנטים) הם סטודנטים בננו מדעים וננוטכנולוגיה. בממוצע לכל חוקר 5.2 סטודנטים בכל התחומים ו 3.4 סטודנטים בננו. מתוך 240 סטודנטים בננו, 117 לומדים לתואר שלישי ו-123 לומדים לתואר שני (איור 13)

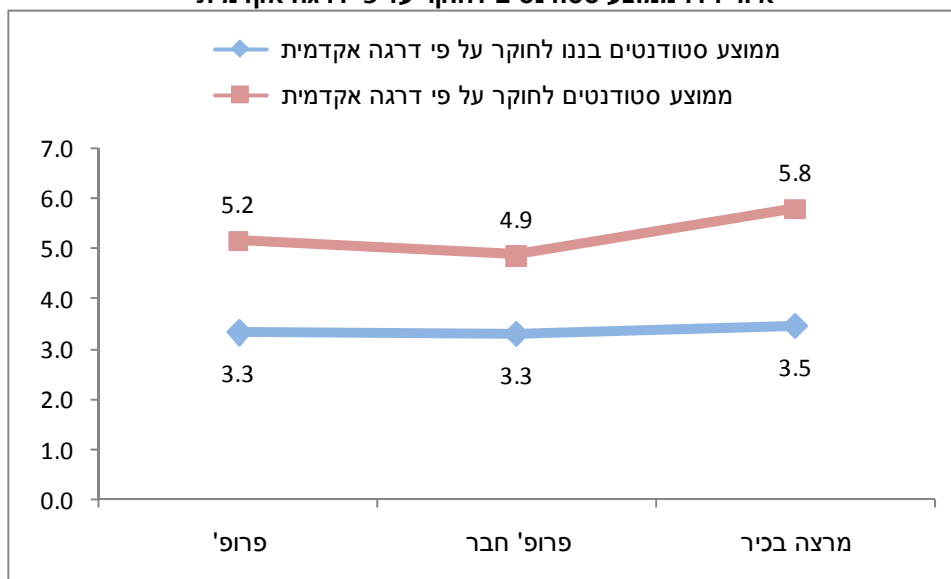


איור 13: סכומים וממוצעים של מספר הסטודנטים בהנחיית החוקרים (N=69)



אם מסתכלים על השתנות ממוצע הסטודנטים לחוקר בהתאם לדרגתו האקדמית, ניתן לראות כי ממוצע הסטודנטים הגבוה ביותר הן באופן כללי והן בתחום ננו הוא לחוקרים בדרגת מרצה בכיר. יחד עם זאת ניתן לראות מהגרף שבתחום הננו כמעט ואין הבדל בין מספר הסטודנטים לחוקרים בדרגות שונות (איור 14).

איור 14: ממוצע סטודנטים לחוקר על פי דרגה אקדמית



## תמיכה בסטודנטים

תכנית הלימודים הרב תחומית לתארים גבוהים בנומדעים וננוטכנולוגיה ע"ש נורמן סיידן נפתחה באוקטובר 2005. התוכנית הורחבה באוקטובר 2006 לכלול גם לימודים לקראת תואר דוקטור. התוכנית היא רב תחומית ופתוחה לבעלי תארים בתחומים רבים: בהנדסה, במדעי הטבע וברפואה. תוכנית זו היא ייחודית ומהראשונות מסוגה בעולם ומיועדת לסטודנטים ברמה הגבוהה ביותר. התוכנית גדלה משישה סטודנטים בשנה הראשונה ל-32 סטודנטים הלומדים בתוכנית בתחילת 2007<sup>19</sup>. המתקבלים לתכנית, זוכים למלגה ופטור משכר לימוד. מתוך 71 חוקרים שענו על הסקר, 16 חוקרים מנחים 19 סטודנטים הלומדים בתוכנית המוסמכים בנו מדעים.

במסגרת עידוד המצוינות של סטודנטים הלומדים לתארים מתקדמים ותחום מחקרם ננומדעים וננוטכנולוגיה, מעניק המכון מלגות ופרסים לסטודנטים מצטיינים. מתוך 62 חוקרים שענו על הסקר, 14 חוקרים מנחים 18 סטודנטים שזכו במלגת הצטיינות ע"ש ראסל ברי בשנת 2007.

החוקרים התבקשו למסור מידע לגבי מעורבותם של הסטודנטים בפעילויות שונות כגון: השתתפות בכנסים, הכשרה לשימוש בציוד תשייתי ושימוש בציוד תשתית במעבדות במרכזי התשתית ולציין את מספר הסטודנטים שקיבלו מימון חלקי ע"י RBNI לפעילויות אלה.

איור 15: מספר סטודנטים שקיבלו מימון חלקי מ-RBNI (N=67)



מתוך סה"כ 240 סטודנטים בתחום ננו (איור 13) קרוב למחצית (113) סטודנטים השתתפו בכנסים בינלאומיים ורק 20 אחוז מהם קיבלו מימון חלקי מ-RBNI. מאחר וערוץ זה זוכה לאחוז אישורים של כמעט מאה אחוז, ניתן לשער כי הסיבה העיקרית לאחוזי מימון נמוכים מצד RBNI היא באי הגשת בקשות מצד החוקרים. כשמסתכלים על מידת השתתפותם של החוקרים בתוכניות השונות במסגרת המכון (טבלה 5), רואים ש-27 אחוז מהחוקרים טענו כי הם לא מכירים ערוץ "נסיעות סטודנטים לכנסים". על מנת לסייע במימון של יותר נסיעות סטודנטים לכנסים ואף לעודד אולי

<sup>19</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) לומדים בתוכנית 42 סטודנטים.

סטודנטים נוספים ליזום השתתפותם בכנסים, על RBNI לשקול אפשרויות פרסום של ערוץ זה ישירות לסטודנטים (ולא רק דרך העברת מידע מהחוקרים עצמם, שמסתבר כי אינם מודעים לקיום ערוץ זה). יתכן וניתן לפרסם ערוץ זה באמצעות הפצת דואר אלקטרוני לכלל הסטודנטים דרך בית הספר ללימודי מוסמכים או להפיץ פרסום של הערוץ בפוסטרים או פליירים במסגרת פעילויות שונות שמארגן המכון כגון: סמינרים, הרצאות, כנסים ועוד<sup>20</sup>. כמו כן, 20% מהחוקרים ציינו כי בכוונתם להגיש בקשה לערוץ זה בעתיד, כך שיש לצפות כי אחוזי המימון מצד RBNI בערוץ נסיעות סטודנטים לכנסים יגדל בעתיד. מעל חמישים אחוז מהסטודנטים מומנו חלקית ע"י RBNI בהכשרתם לשימוש בציוד במרכזי תשתית ובשימוש בציוד תשתיתי במעבדות במרכזי תשתית. קרוב ל-15 אחוז מהחוקרים ציינו כי בכוונתם להגיש בקרוב בקשות בערוצי מימון אלה ולכן גם כאן ניתן לצפות לעלייה במספר ההגשות וכתוצאה עלייה באחוזי המימון (מאחר ובערוצים אלה אחוז אישורי הבקשות הוא כמעט 100 אחוז). בדומה לערוץ הכנסים, גם כאן ניתן לבדוק את אפקטיביות של פרסום ישירות לסטודנטים ולא רק לחוקרים.

---

<sup>20</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) המלצות אלה יושמו בהצלחה.

## מעורבות בחיי הקהילה

רבע מהחוקרים (25%) ציינו שהינם מעורבים בחיי הקהילה והחברה הלא מדעית בנושאים הקשורים לנומדעים או ננוטכנולוגיה (N=63).

להלן הפעילויות שבהם מעורבים החוקרים:

- ✓ "אימוץ" כיתה מדעית ע"י המעבדה
- ✓ ימים פתוחים לקהל הרחב
- ✓ הרצאות בבתי ספר, בתי חולים, מכללות, אוניברסיטאות וכו'...
- ✓ פיתוח תוכנית לימודים לבתי ספר תיכוניים בנושא: "כימיה מכל וחול מרמת הננו למיקרו אלקטרוניקה"
- ✓ הרצאות פופולאריות
- ✓ כתבות פופולאריות
- ✓ פעילויות במוזיאון המדע
- ✓ פגישות עם תלמידי כיתות יא-יב במעבדה
- ✓ השתתפות בתוכנית טלוויזיה
- ✓ הדגמות לתלמידי תיכון



## הוראה

כשני שליש מהחוקרים (69%) מלמדים או משלבים בהוראתם נושאים הקשורים לננומדעים או ננוטכנולוגיה (N=64).

החוקרים ציינו 61 קורסים אותם הם מלמדים שלהם נגיעה כלשהי לנושאים הקשורים לננומדעים או ננוטכנולוגיה. טבלה 3 מפרטת את מספר הקורסים האלה הניתנים על ידי החוקרים במסגרת הפקולטות השונות.

טבלה 3: חלוקת הקורסים לפי פקולטות

שם הפקולטה	מס' קורסים
כימיה	11
הנדסת חשמל	9
הנדסת חומרים	8
הנדסה כימית	6
הנדסת מכונות	6
פיסיקה	6
הנדסה ביו רפואית	5
הנדסת ביוטכנולוגיה ומזון	4
תוכנית המוסמכים בננומדעים וננוטכנולוגיה	3
ביולוגיה	2
הנדסה סביבתית ואזרחית	1
	סה"כ: 61

בסקר הבא, שיערך במהלך 2009 ניתן לצפות לגידול במספר הקורסים בהם משולבים נושאים הקשורים לננומדעים וננוטכנולוגיה עקב מתן עדיפות גבוהה מצד RBNi לפיתוח המחקר וההוראה בננוטכנולוגיה וננומדעים והשקעת משאבים רבים בקידום נושאים אלו.



## שימוש בציוד

### מעבדות פרטיות

ל- 64 אחוז מהחוקרים מעבדה בנושא ננו ו/או הם שותפים למעבדת ננו (N=70).

לאור קיום ערוצי מימון לשדרוג ציוד במעבדות האיטיות של החוקרים וכן עזרה בהקמת מעבדות לאנשי סגל חדשים שגויסו בסיוע RBNI, ניתן לצפות לעליה בכמות המעבדות האיטיות הקשורות לננוטכנולוגיה.

החוקרים נשאלו בסקר האם הם משתמשים בציוד שממוקם במעבדה אחרת בטכניון לצורכי מחקר ננו ובנוסף התבקשו לפרט את שם המעבדה, הפקולטה בה נמצאת המעבדה והציוד שבו הם משתמשים במעבדה זו. מניתוח תשובות החוקרים עולה כי הם אינם מבדילים בין מעבדות פרטיות של חוקרים לבין מרכזי תשתית. מתוך רשימת המעבדות ורשימת הציוד שצינו החוקרים, כ-40 אחוז התבררו כמרכזי תשתית. עובדה זו יכולה להצביע על אי בהירות מצד החוקרים בהגדרתם של מרכזי תשתית ומעבדות, דבר שעלול להשפיע גם על היכרות החוקרים עם הערוצים השונים הקשורים למרכזי התשתית והמעבדות ועקב כך על היכולת להשתמש בערוצים אלה. כמו כן, מתשובות אלה, ניתן להניח כי החוקרים לא מייחסים חשיבות למקור הציוד או למקום הימצאו אלא לקיומו של הציוד לצורך מחקרם.

35% מהחוקרים רכשו למעבדתם ציוד לצורכי מחקר בתחום ננומדעים או ננוטכנולוגיה ששווי מעל \$10.000 במהלך שנת 2006 שלא במסגרת ערוצי RBNI (N=69).

נתון זה יכול אולי להסביר, באופן חלקי, את העובדה כי 44 אחוז מהחוקרים מכירים ערוץ "שדרוג מעבדות חוקר", אך לא מגישים אליו (טבלה 5). יכול להיות כי תנאי ה- matching שדורש הערוץ מהווים בעיה עבור חלק מהחוקרים או/ו קיימים ברשותם מקורות מימון אטרקטיביים יותר.

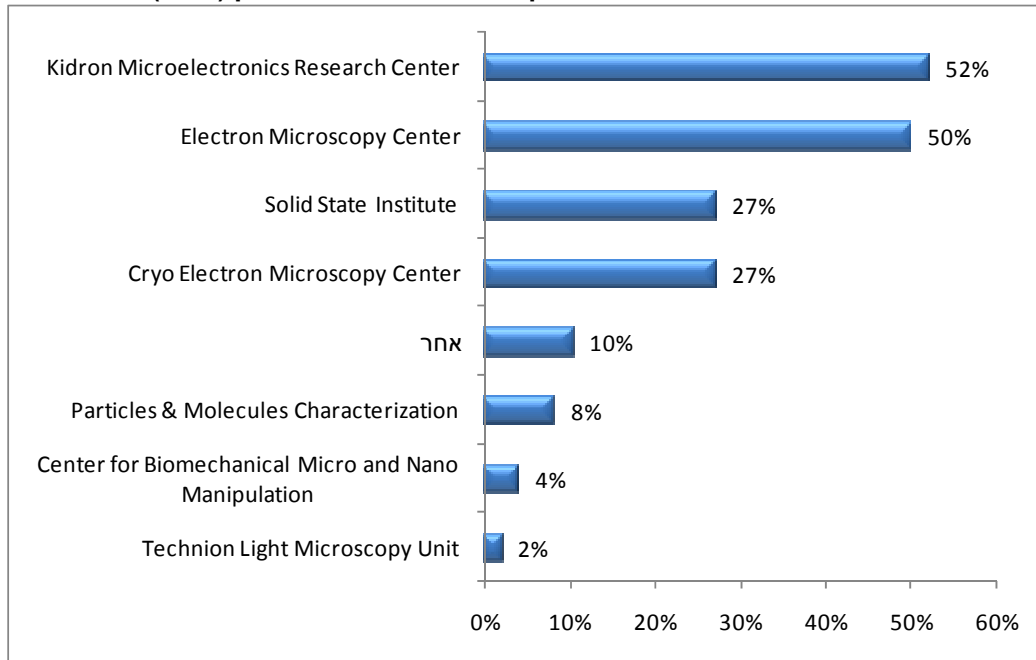
### מרכזי תשתית

מרכזי תשתית בטכניון משמשים חלק ניכר מהחוקרים בתחום ננומדעים וננוטכנולוגיה. 69 אחוזים מהחוקרים משתמשים באחד או יותר ממרכזי התשתית בטכניון לצורך ביצוע מחקרם (N=70).

כל חוקר יכול להשתמש ביותר ממרכז תשתית אחד.



איור 16: שכיחות השימוש של החוקרים במרכזי תשתית בטכניון (N=70)



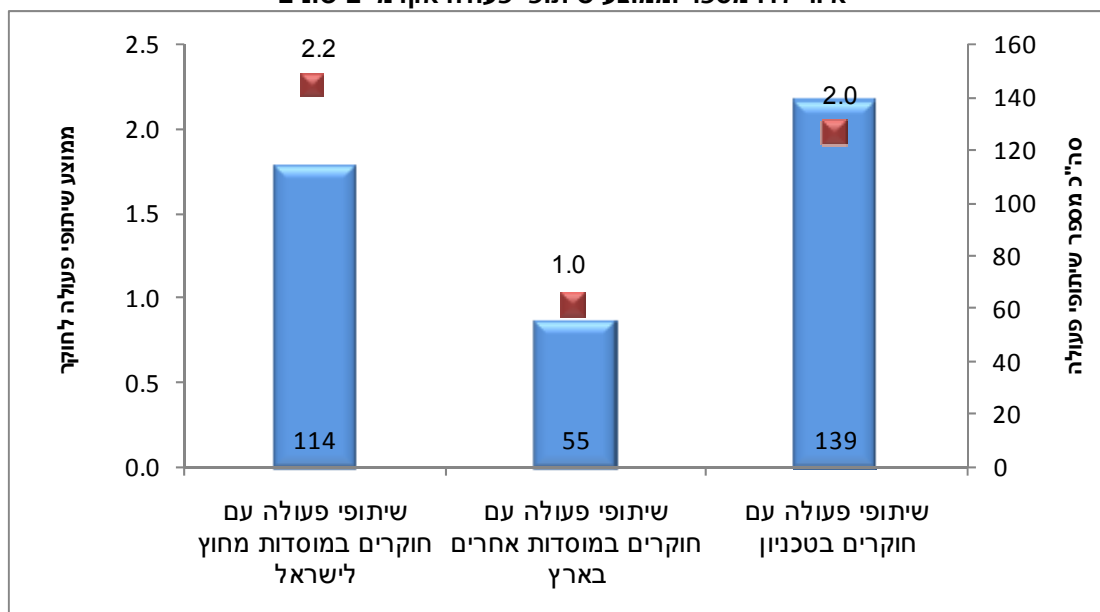
לאור תנופת הקמה מרכזי תשתית חדשים ומימון רכישת ציוד למרכזי תשתית קיימים במהלך שנות פעילות המכון, ניתן לצפות לעליה במספר המשתמשים במרכזי התשתית בעתיד. לפי ממצאים המוצגים בטבלה 5, הנכונים למועד ביצוע הסקר, עדיין קיימים 15 אחוז של חוקרים שלא מודעים לקיום ערוץ מימון לשימוש במרכזי תשתית.

## קשרים ושיתופי פעולה עם מוסדות אקדמיה

כפי שניתן היה לצפות לאור אופיו המולטידיסציפלינארי של תחום הננו, כמעט לכל החוקרים (93%) יש מחקרים משותפים בתחומי הננומדעים וננוטכנולוגיה עם חוקרים אחרים בטכניון ומחוצה לו (N=68).

רוב שיתופי הפעולה מתבצעים עם חוקרים בטכניון (ל- 63 חוקרים, 139 שיתופי פעולה עם חוקרים בטכניון).

איור 17: מספר וממוצע שיתופי פעולה אקדמיים שונים

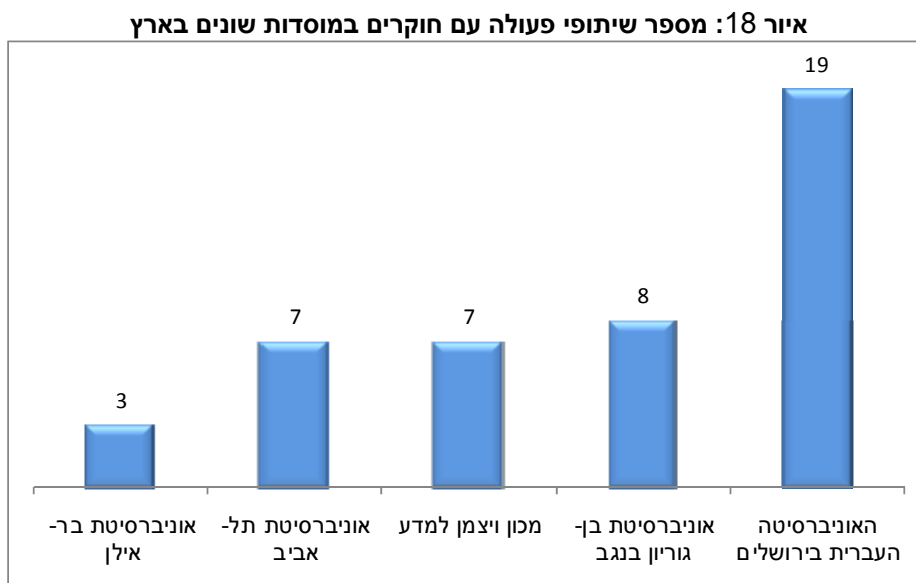


מספר שיתופי פעולה עם חוקרים מחוץ לישראל הינו כפול (אבסולוטית ובממוצע) ביחס למספר שיתופי פעולה עם חוקרים במוסדות אחרים בארץ (55 שיתופי פעולה עם חוקרים במוסדות אחרים בארץ ו- 114 שיתופי פעולה עם חוקרים במוסדות מחוץ לישראל).

ניתן להסביר את הפער על-ידי קיום גורמי עידוד לשיתופי פעולה בין לאומיים, כגון תוכניות מימון מו"פ דו-לאומי, הנותנות עדיפות ברורה לשיתוף פעולה בין לאומי על פני שת"פ מקומי. על RBNI לשקול תוכניות לעידוד שת"פ מקומי (מחקר בשיתוף פעולה של שניים או יותר חוקרים מאוניברסיטאות שונות בישראל) ו/או מעורב (מחקר בשיתוף פעולה של לפחות שני חוקרים מאוניברסיטאות שונות בישראל וחוקרים נוספים מחו"ל) ובכך לנצל את יעילות השת"פ המקומי ואת תרומתו לחיזוק תחום הננו בישראל<sup>21</sup>.

<sup>21</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) המלצות אלה יושמו בהצלחה.

מבין 55 שיתופי פעולה, קיים פירוט לגבי 44 שיתופי פעולה בין חוקרי הטכניון לחוקרים במוסדות אחרים בארץ.



מבין שיתופי הפעולה המתקיימים בין חוקרי הטכניון לחוקרים אחרים בארץ בתחום הננו, ניתן לראות שמספר שיתופי הפעולה הרב ביותר הוא עם האוניברסיטה העברית בירושלים (19) ואילו מספר שיתופי פעולה הקטן ביותר הוא עם אוניברסיטת בר-אילן (3). בינואר 2008 (לאחר ביצוע הסקר) פרסם מכון ראסל ברי קולות קוראים לערוצי מימון במסגרת תכנית "נבט" (תמיכה במחקרים חדשים) בשיתוף עם אוניברסיטת בן-גוריון ואוניברסיטת בר-אילן, במטרה לעודד מחקרים חדשניים המבוססים על שיתוף פעולה בין חוקרים מהטכניון וחוקרים מאוניברסיטת בן-גוריון ו/או אוניברסיטת בר-אילן. מענקי מחקר אלה עשויים להגדיל בעתיד את מספר שיתופי הפעולה עם שני מוסדות אלה.

מבין 114 שיתופי הפעולה של החוקרים ב-RBNI שענו לגבי שאלה זו בסקר, קיים פירוט לגבי 85 שיתופי פעולה בין חוקרי הטכניון לחוקרים במוסדות אחרים מחוץ לישראל. טבלה 4 מפרטת את המוסדות השונים מחוץ לישראל איתם מקיימים חוקרי הטכניון שיתופי פעולה (יש מקרים בהם במחקר אחד יש שיתוף פעולה עם יותר ממדינה אחת).

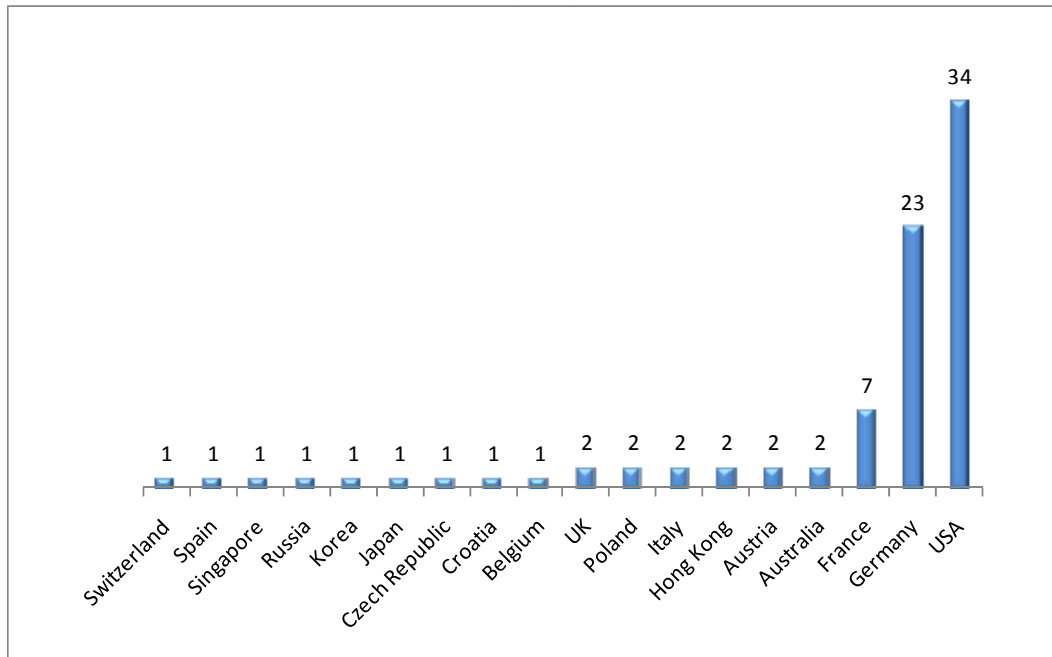
טבלה 4: פירוט מספר שיתופי פעולה עם חוקרים במוסדות מחוץ לישראל על פי מדינה ומוסד

מספר שיתופי פעולה	מדינה	שם המוסד
2	Australia	University of Melbourne
1	Austria	Johannes Kepler University of Linz
1	Austria	Graz University of Technology
1	Belgium	Vrije Universiteit Brussel
1	Croatia	University of Zagreb
1	Czech Republic	Academy of Sciences of the Czech Republic
1	France	ESRF- European Synchrotron Radiation Facility
4	France	CNRS- National Center for Scientific Research
1	France	Orsay university
1	France	University of Bourgogne
3	Germany	RWTH Aachen University
1	Germany	Hanburg University
1	Germany	Würzburg University
1	Germany	Technical University Braunschweig
1	Germany	University of Heidelberg
1	Germany	University of Bayreuth
4	Germany	Max Planck Institute
1	Germany	Clausthal University of Technology
1	Germany	Technical University of Munich
1	Germany	University of Potsdam
1	Germany	University of Freiburg
1	Germany	Forschungszentrums Jülich
1	Germany	Dresden University of Technology
1	Germany	University of Bremen
1	Germany	Fraunhofer-Institute Dresden
1	Germany	The Leibniz University Hannover
1	Germany	The University of Regensburg
1	Germany	Technical University of Clausthal
2	Hong Kong	City University of Hong Kong
1	Italy	Institute IFAC –CNR
1	Italy	University of Genua
1	Japan	Tokyo University of Science
1	Korea	Korea University
1	Poland	Wrocław University of Technology
1	Poland	University of Warsaw
1	Russia	Lomonosov Moscow State University
1	Singapore	National University of Singapore
1	Spain	CENIM- Centro Nacional de Investigaciones Metalúrgicas
1	Switzerland	Swiss Federal Institute of Technology
1	UK	Imperial College London
1	UK	University of Oxford
1	USA	University of Wisconsin-Madison
3	USA	University of California, Santa Barbara

מספר שיתופי פעולה	מדינה	שם המוסד
1	USA	Massachusetts Institute of Technology
1	USA	California Institute of Technology
3	USA	Harvard University
1	USA	University of Delaware
2	USA	Rice University
1	USA	University of Minnesota
2	USA	Cornell University
1	USA	Tufts University
1	USA	Dartmouth College
1	USA	The University of Utah
1	USA	Johns Hopkins University
3	USA	Argonne National Laboratory-University of Chicago
1	USA	Princeton University
1	USA	ORNL - Oak Ridge National Laboratory
1	USA	Purdue University
1	USA	University of Central Florida
1	USA	Drexel University
1	USA	NREL - National Renewable Energy Laboratory
1	USA	University of Arkansas
1	USA	U.S. Naval Research Laboratory
1	USA	JILA- Joint Research Institute of the National Institute of Standards and Technology and the University of Colorado
1	USA	Baylor College of Medicine
1	USA	University of Maryland
1	USA	University of Rhode Island
85	סה"כ	

מספר שיתופי הפעולה הרב ביותר הוא עם המוסדות בארה"ב ולאחר מכן עם מוסדות בגרמניה. לאחרונה פרסם RBNI 3 ערוצים לעידוד שיתופי פעולה עם מוסדות בגרמניה ובסינגפור. ערוץ שיתוף הפעולה עם סינגפור טרם התבטא בתוצאות סקר זה: ערוץ שיתוף הפעולה עם אוניברסיטת NTU התפרסם במקביל להפצת הסקר ולכן 47 אחוז מהחוקרים ציינו כאינם מכירים ערוץ זה (טבלה 5), ערוץ שיתוף הפעולה עם אוניברסיטת NUS התפרסם לאחר ביצוע סקר זה. יש לצפות שבסקר הבא ניתן יהיה לראות עליה במספר שיתופי פעולה עם גרמניה וסינגפור ביחס לסקר זה.

**איור 19: מספר שיתופי פעולה עם מוסדות בחו"ל לפי מדינות**

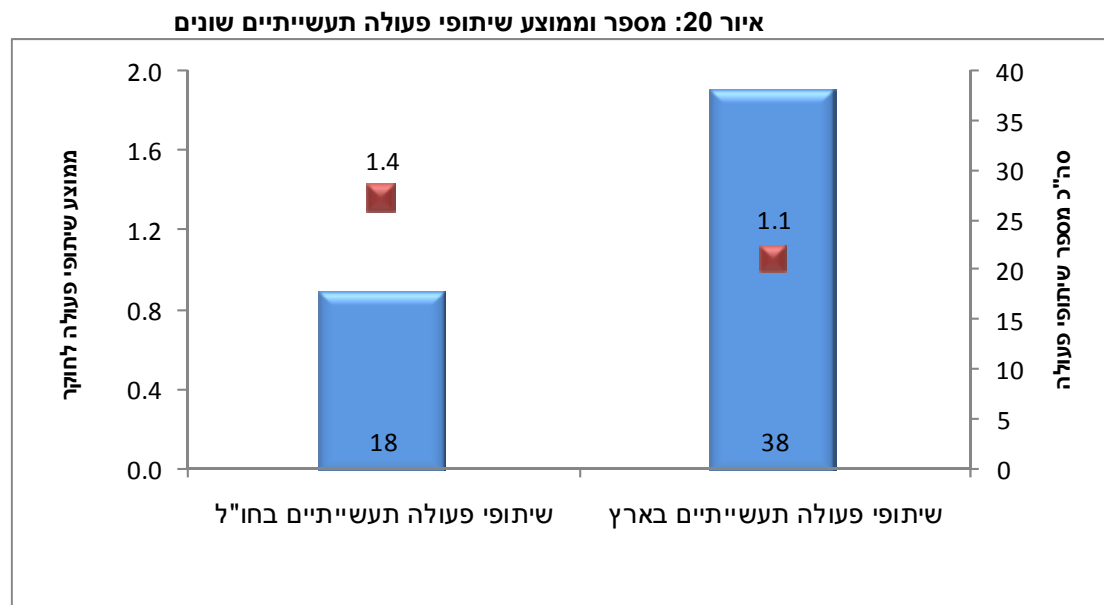




## קשרים ושיתופי פעולה עם תעשייה

ל-45 אחוז מהחוקרים שיתופי פעולה בתחומי הננומדעים וננוטכנולוגיה עם התעשייה בארץ ו/או בחו"ל (N=66).

ל-30 חוקרים, 38 שיתופי פעולה תעשייתיים בארץ ו-18 שיתופי פעולה תעשייתיים בחו"ל.



נכון להיום קיימת בעיתיות במסחור הידע האקדמי עקב הפער בין רמת בשלות של המחקרים הנמצאים במעבדה לבין הרמה שאותה התעשייה מעוניינת לקבל. סמוך לתחילת ביצוע הסקר פרסם מכון ראסל ברי קול קורא למימון פיתוח יישומים בננומדעים וננוטכנולוגיה (לכן 55 אחוז מהחוקרים ציינו כי אינם מכירים ערוץ זה). מטרת ערוץ זה לעודד פיתוח יישומים ולהביאם לרמת בשלות המתאימה לפיתוח מוצר או להקמת חברת הזנק חדשה. את השפעת ההיענות מצד החוקרים לערוץ זה ניתן יהיה לראות בסקר הבא על-פי עליה במספרי שיתופי הפעולה התעשייתיים.

בנוסף, RBNI משקיע מאמצים רבים לבניית קשרים עם התעשייה במגוון דרכים. את התוצאות של פעילויות אלה צפוי לראות בסקר הבא באמצעות עליה במספר שיתופי פעולה תעשייתיים. כפי שניתן לראות באיור 10, רבע מהמחקרים כבר הגיעו לשלבים מאוד מתקדמים ונמצאים בשלבי הוכחות היתכנות, אב טיפוס, בדיקת יישומים, העברה לתעשייה ומסחור. מחקרים אלה עשויים להבשיל עד לשלבי העברת הידע לתעשייה ובכך להוליד שיתופי פעולה חדשים בשנים הקרובות.



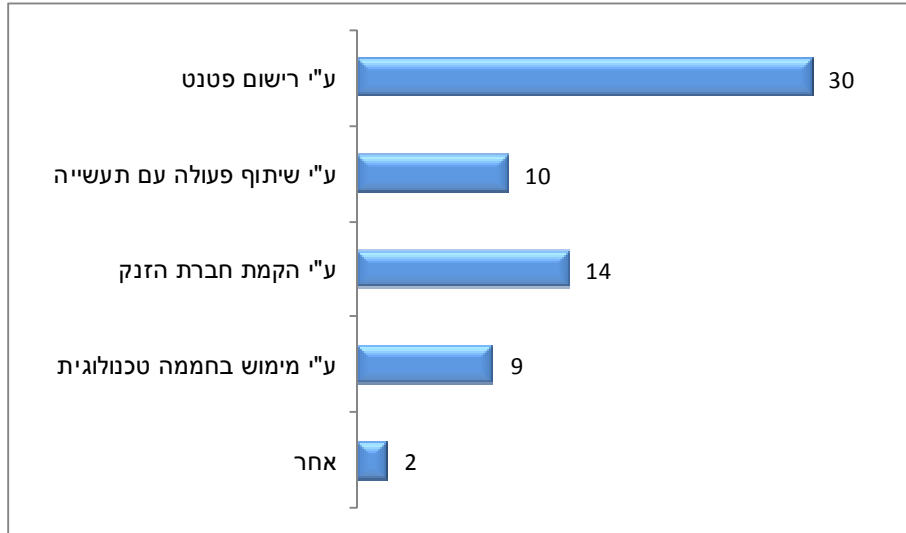


## מסחור

55 אחוז מהחוקרים ניסו בעבר למסחר רעיון או טכנולוגיה (N=67).

כל חוקר היה יכול למסחר רעיון או טכנולוגיה במספר דרכים.

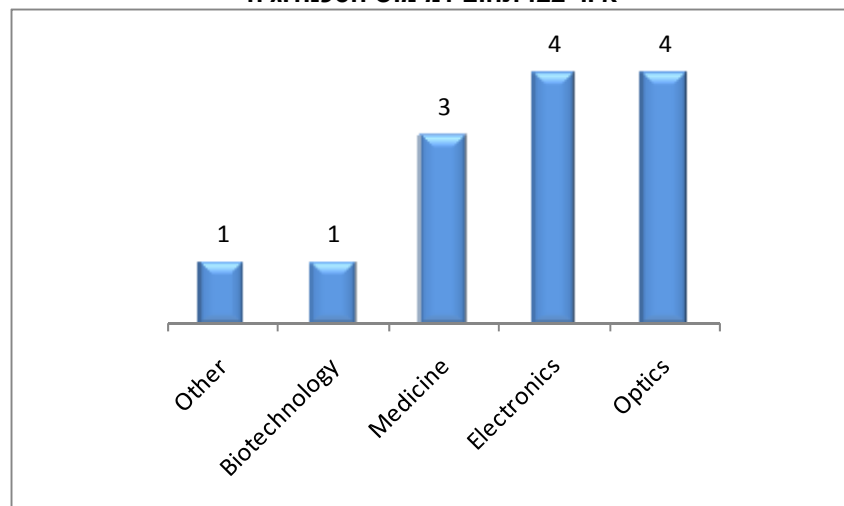
איור 21: פרופיל דרכי מסחור (N=35)



20 אחוז מהחוקרים נתנו רישיונות לשימוש בטכנולוגיה שפיתחו בתחום ננו בעשור האחרון (1996-2006) (N=59).

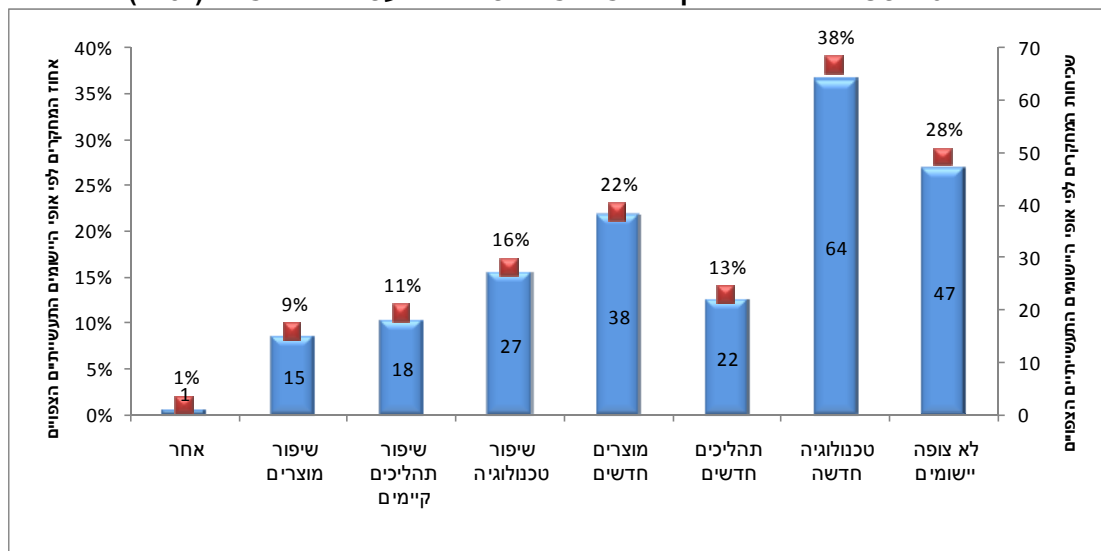
תשעה חוקרים (מתוך 12 שענו כי נתנו רישיונות לשימוש בטכנולוגיה שפיתחו) סימנו את תת-התחום בו הטכנולוגיה תמומש. חשוב לציין כי החוקרים יכלו לסמן יותר מתחום אחד.

איור 22: תחום למימוש הטכנולוגיה



החוקרים התבקשו להגדיר עבור כל מחקר שהם מבצעים את אופי היישומים התעשייתיים הצפויים. חשוב לציין כי כל חוקר יכול לצפות למספר יישומים תעשייתיים כפועל יוצא של מחקר מסוים. 62 חוקרים דיווחו על אופי היישומיים התעשייתיים הצפויים של 170 מחקרים.

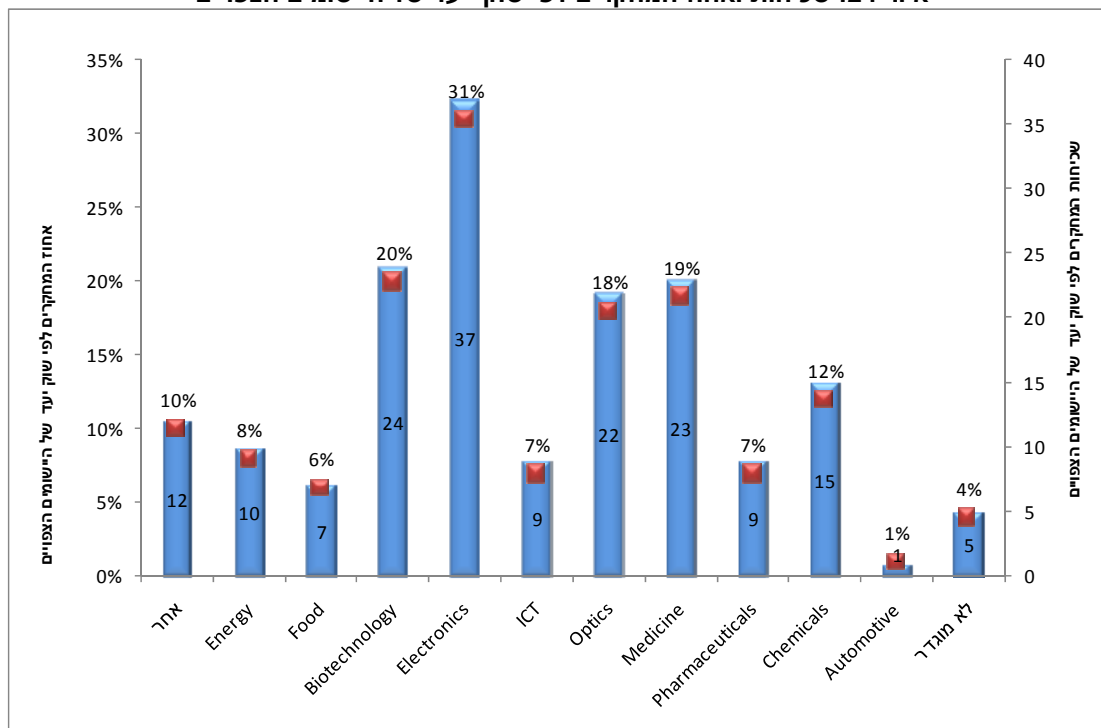
איור 23: שכיחות ואחוז המחקרים לפי אופי היישומים התעשייתיים הצפויים (N=62)



54% מהמחקרים המתבצעים כיום צפויים להניב טכנולוגיה חדשה או לשפר טכנולוגיה קיימת. תוצאותיהם של 31% מהמחקרים צפויים לבוא ליד ביטוי בהשקת מוצרים חדשים או שיפור מוצרים קיימים. 24% מהמחקרים צפויים להביא ליצירת תהליכים חדשים או שיפור תהליכים קיימים. רק 28% מהמחקרים לא צופים כלל יישומים תעשייתיים. נתונים אלה מצביעים על פוטנציאל רב לפיתוח אפליקציות ולמסחור של המחקרים ולכן יש מקום לשקול פיתוח תוכניות וערוצים נוספים מצד RBNI, שיעודדו ויעזרו לחוקרים להגיע למיצוי הפוטנציאל היישומי של מחקריהם.

החוקרים התבקשו להגדיר עבור כל מחקר שהם מבצעים מהו שוק היעד העיקרי במידה ולתוצאות המחקר צפויים יישומים. חשוב לציין כי היישומים הצפויים מכל מחקר יכולים לפנות ליותר משוק יעד אחד. 62 חוקרים דיווחו על שוקי היעד העיקריים הצפויים של 121 מחקרים.

איור 24: שכיחות ואחוז המחקרים לפי שוקי יעד של היישומים הצפויים



ניתן לראות שתחומי האלקטרוניקה, הביוטכנולוגיה, הרפואה והאופטיקה הם התחומים בעלי הפוטנציאל הרב ביותר ליהנות מפרי מחקרם של החוקרים.

שלושה אחוזים בלבד מהחוקרים פנו לערוץ מסחור רעיון או טכנולוגיה בעקבות יוזמת RBNI (N=65).

ניתן לצפות לעליה משמעותית במספר החוקרים שיפנו לערוץ מסחור רעיון או טכנולוגיה הודות לפעילות ענפה של RBNI בתחום זה שהחלה לאחרונה וצפויה לגדול בעתיד.

11 אחוז מהחוקרים היו שותפים למסחור רעיון או טכנולוגיה עקב פנייה אליהם מצד התעשייה (N=64).

ניתן להגדיל את מספר הפניות אל החוקרים העוסקים במחקר ננו מצד התעשייה על-ידי פרסום רשימת נושאי המחקר בקרב חברות פוטנציאליות. על RBNI לשקול הקמת מנגנון "עדכון התעשייה" בנושאי המחקר הנמצאים בשלבי ביצוע מתקדמים ובכך להביא לפניות מצד החברות לחוקרים הרלוונטיים.

70 אחוז מהחוקרים היו מעוניינים ליצור שיתופי פעולה תעשייתיים בתחומי ננו (N=60). גם עובדה זו מצביעה על סיכויי היענות גבוהים מצד החוקרים ליוזמות RBNI בנושאי קידום שיתופי פעולה תעשייתיים.

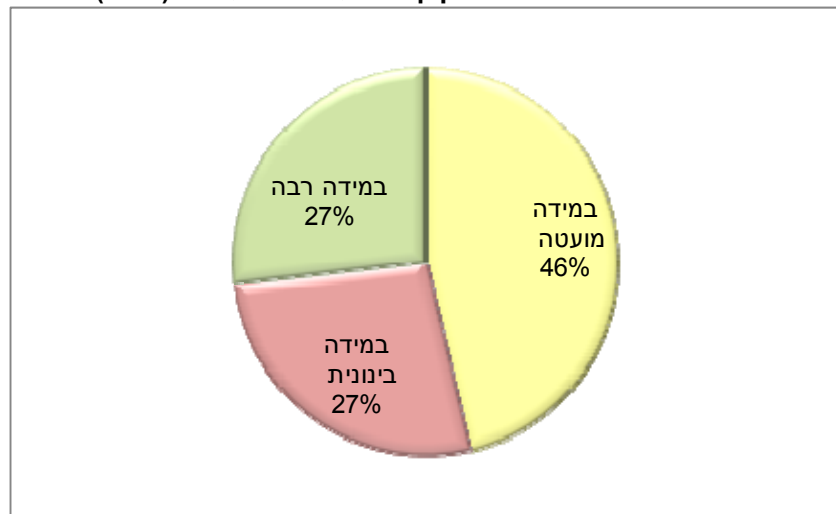
## ניסיון קודם בעבודה עם תעשייה

תשעה אחוזים מהחוקרים התנסו בעשור האחרון (1996-2006) בהקמת חברת הזנק העוסקת בננוטכנולוגיה (N=65).

הוקמו לפחות 6 חברות הזנק בתחום ננו ע"י החוקרים (לא כל החוקרים ציינו את מספר החברות שהקימו).

למחצית מהחוקרים יש ניסיון קודם בעבודה תעשייתית או בשיתוף פעולה עם התעשייה במידה בינונית או רבה. עובדה זו יכולה להקל על יצירת שיתופי הפעולה התעשייתיים בתחום ננו.

איור 25: התפלגות מידת ניסיון קודם בעבודה בתעשייה (N=67)

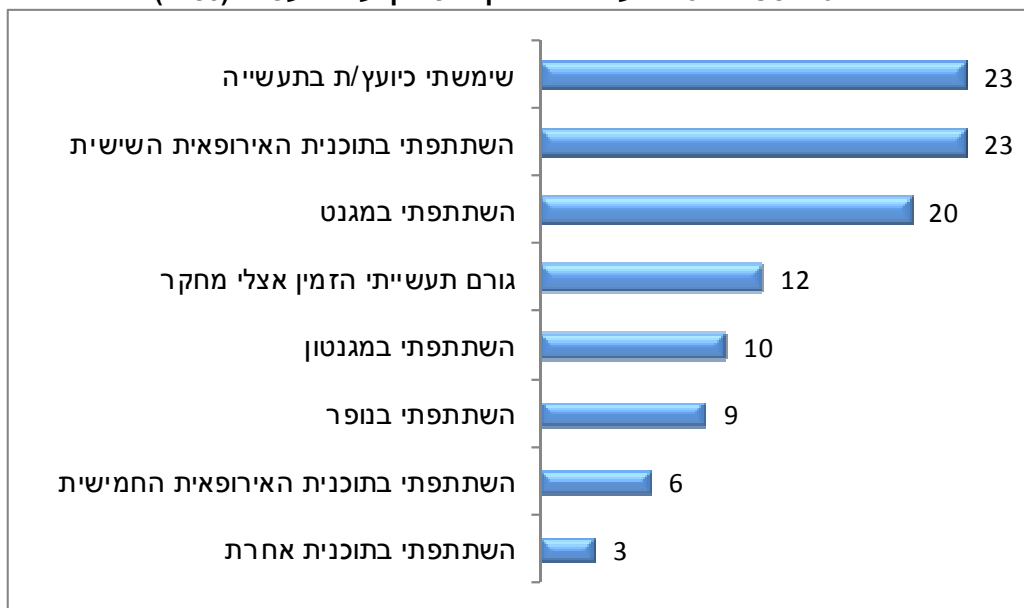


75 אחוז מהחוקרים היו מעורבים במחקר בו היה שיתוף פעולה עם תעשייה במהלך עשר השנים האחרונות (N=67).

50 חוקרים פירטו את אופי מעורבותם במחקרים בשיתוף פעולה עם התעשייה. כל חוקר יכול היה להיות מעורב במספר מחקרים בשיתוף פעולה עם התעשייה.

שיתופי הפעולה הרבים ביותר היו במתן ייעוץ לתעשייה, השתתפות בתוכנית האירופאית השישית והשתתפות במגנט.

איור 26: שכיחות סוגי מעורבות במחקר בשיתוף עם התעשייה (N=50)



## פעילות במסגרת המכון ע"ש ראסל ברי

הנתונים הבאים מתייחסים לפעילותם של החוקרים במסגרת המכון ולתרומתו של המכון עד כה.

פעילות המכון נשענת על יוזמות המכון ועל היענות הקמפוס לערוצי הקולות הקוראים במגוון התחומים השונים. טבלה 5 מסכמת את מידת השתתפותם של החוקרים בתוכניות השונות שהתפרסמו עד למועד תחילת ביצוע הסקר.

טבלה 5: מידת השתתפותם של החוקרים בערוצים השונים במסגרת פעילותם במכון ע"ש ראסל ברי

שם התוכנית / ערוץ	מספר העונים	לא מכיר	מכיר ולא מגיש	הוגש וממתין לתשובה	הוגש ולא מומן	מקבל מימון	בכוונתי להגיש בעתיד
שימוש בציוד תשתיתי	67	15%	36%	0%	0%	36%	13%
רכישת ציוד למעבדות הוראה לסטודנטים	62	24%	56%	2%	0%	11%	6%
רכישת ציוד תשתיתי	64	19%	44%	0%	3%	30%	5%
שדרוג מעבדות חוקר	62	23%	44%	0%	3%	23%	8%
"נבט"	67	25%	25%	0%	13%	27%	9%
"בראשית"	61	39%	38%	13%	5%	2%	3%
שיתוף פעולה עם אאכנ ויולד* <sup>1</sup>	53	45%	45%	0%	0%	6%	4%
שיתוף פעולה עם אוניברסיטת NTU* <sup>2</sup>	53	47%	38%	11%	0%	2%	2%
פיתוח יישומים בנו מדעים וננו טכנולוגיה	60	55%	37%	0%	2%	3%	3%
כנסים	60	43%	43%	0%	0%	7%	7%
אירוח	59	53%	31%	0%	0%	7%	10%
נסיעות סטודנטים לכנסים	59	27%	32%	0%	2%	19%	20%
הכשרת סטודנטים בהפעלת ציוד תשתיתי	59	17%	42%	0%	0%	29%	12%

\* שני ערוצים אלה נוספו לתוך השאלון בשלב מאוחר יותר כך שחוקרים שמילאו את השאלון בשלב הפיילוט לא ענו על שאלות אלה.

כפי שנמסר מהנהלת RBNI הערוצים השונים גובשו ופורסמו בהדרגה לאורך פעילות המכון. הערוצים הראשונים שהתפרסמו בינואר 2006 כללו: שימוש בציוד תשתיתי, רכישת ציוד למעבדות הוראה לסטודנטים, רכישת ציוד תשתיתי, שדרוג מעבדות חוקר, "נבט", "בראשית" והכשרת סטודנטים בהפעלת ציוד תשתיתי. קבוצת הערוצים השנייה שהתפרסמה מאוחר יותר כללה: כנסים, אירוח ונסיעות סטודנטים לכנסים. בקבוצת הערוצים השלישית נכללו: פיתוח יישומים בנו מדעים וננו טכנולוגיה. לאחר מכן פורסם הערוץ של שיתוף פעולה עם אאכנ ויולד.

הערוץ האחרון שפורסם היה שיתוף פעולה עם אוניברסיטת NTU.

ניתן לראות כי לגבי שלושת הערוצים שהתפרסמו אחרונים, כ- 50% מהחוקרים אינם מכירים אותם (פיתוח יישומים בנו מדעים וננוטכנולוגיה- 55%; שיתוף פעולה עם אוניברסיטת NTU-



47%; שיתוף פעולה עם אאכן ויוליך (45%). הערוצים שהתפרסמו ראשונים מוכרים לקהילת הננו באחוזים שנעים בין 75% ל – 85%, פרט לערוץ "בראשית" (61%). כפי שניתן לצפות, ערוצים שקיימים יותר זמן מוכרים יותר בקרב קהילת חוקרי ננו בטכניון.

הנתונים מצביעים על כך שחלק מהערוצים לא מוכרים לחוקרים רבים, למרות שבתשובה לשאלה בנוגע לזמינות המידע ענו כ- 70 אחוז מהחוקרים שיש להם מידה רבה של מידע שוטף על התוכניות השונות שמציע מכון ראסל ברי. מכאן עולה אולי שאלה של מידת אפקטיביות הפרסום של המכון. למרות שרוב החוקרים מקבלים באופן שוטף מידע על כל הערוצים, עדיין אחוז גבוה מהחוקרים אינם מודעים ואינם מכירים את כל התוכניות. מתוך פגישות אישיות שהתקיימו עם חלק מהחוקרים נראה כי אכן החוקרים מקבלים עדכונים ומידע בדואר אלקטרוני, אך לא תמיד הם קוראים/מתעמקים במידע. יש מקום לשקול אופציות אחרות/נוספות לפרסום ערוצי הפעילות של המכון על מנת להגביר את יעילות חשיפת המידע בפני החוקרים, להלן מספר דוגמאות:

- הפצת סיכום תמציתי של כל הערוצים הקיימים עם פירוט התנאים להגשה וצמצום מספר המיילים למינימום הכרחי (החוקרים טוענים שהם סובלים מהצפת יתר בדואר אלקטרוני)<sup>22</sup>.
- הפצת מידע תמציתי וברור דרך הפקולטות. למשל, על ידי הצגת התוכניות השונות של המכון בישיבות הדיקן או באמצעות הפצת דף הכולל את ריכוז המידע במזכירות הפקולטה. לטענת החוקרים, פרסום דרך הפקולטות עשוי להביא לחשיפה רבה ויעילה יותר<sup>22</sup>.
- הפצה ישירה לסטודנטים של המידע הרלוונטי לערוצים המתייחסים אליהם. למשל, לשלוח לכל הסטודנטים העוסקים בתחומי ננו מידע לגבי ערוץ "נסיעות סטודנטים לכנסים", או להפיץ פרסום של הערוץ בפוסטרים או פליירים במסגרת פעילויות שונות שמארגן המכון, כגון: סמינרים, הרצאות, כנסים ועוד<sup>22</sup>.
- כדאי לפרסם את שמות הזוכים בערוצים השונים ואת אחוזי הזכייה- למען יותר שקיפות. לדעת החוקרים, שקיפות עשויה להגדיל את המודעות לתוכניות השונות והעניין של החוקרים בהשתתפות בהן<sup>22</sup>.

חשוב לציין כי חוקרים רבים שעימם התקיימו פגישות אישיות לצורך מילוי הסקר, ציינו כי עצם מילוי הסקר העלה את החשיפה לתוכניות השונות ולפעילות המכון והתענינו בערוצים השונים שלא הכירו.

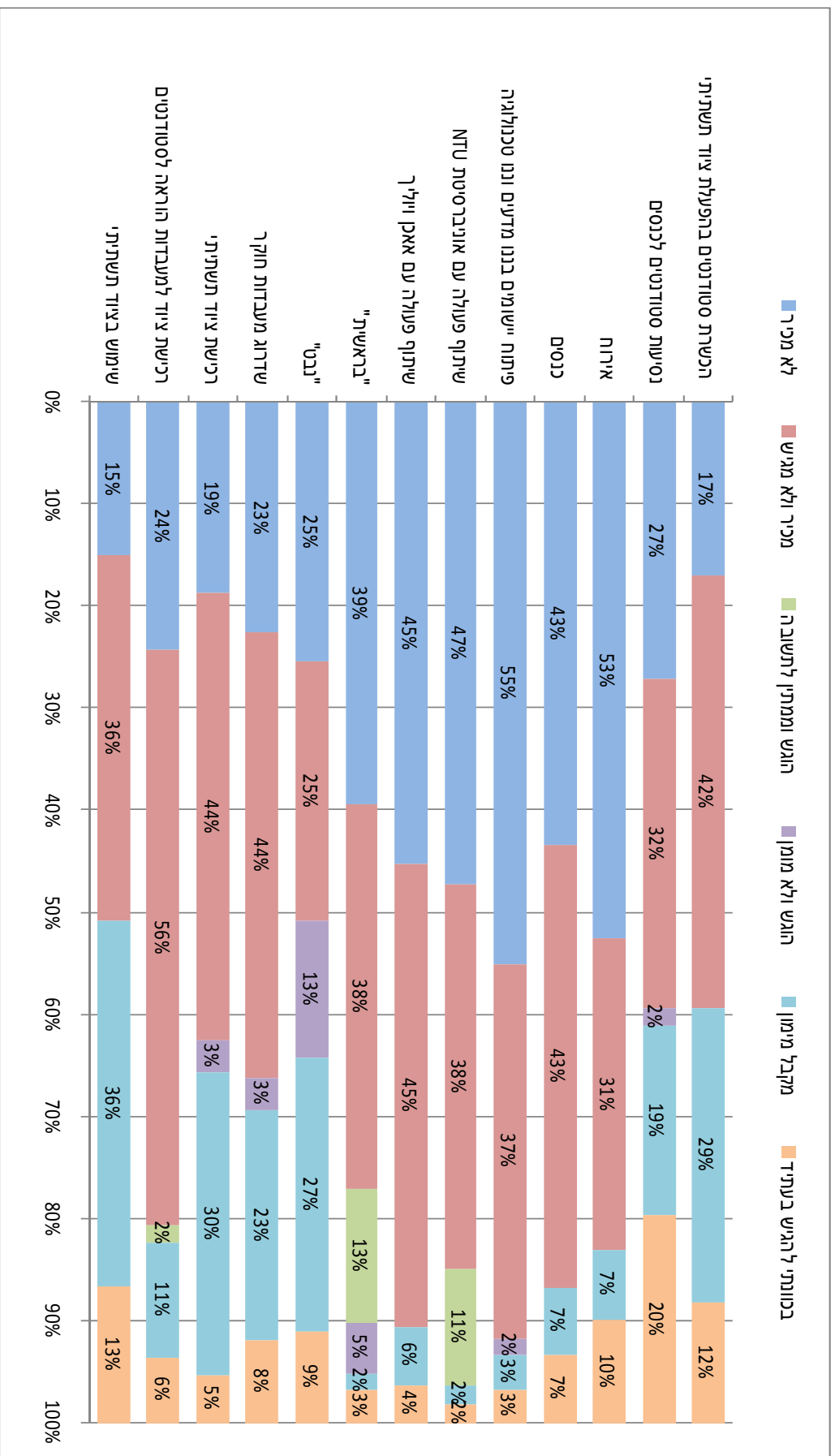
עניין המודעות לפעילויות RBNI אינו היחידי שמשפיע על ההגשה, שכן ניתן לראות כי גם חוקרים שמכירים את הערוצים השונים עדיין לא מגישים בקשות לקבלת המימון. אחת הסיבות שציינו החוקרים לאי ההגשה, היא בעיית הדרישה ל-matching בכמה מהתוכניות. כך, למשל הדרישה ל-matching מונעת מחוקרים להגיש לערוצים כמו: רכישת ציוד תשתיתי, שדרוג מעבדות חוקר וכו'.

סיבה נוספת שציינו החוקרים קשורה למגבלות של ערוצי מחקר מסוימים. הצורך שיהיו במחקר מספר שותפים והעדר ערוצים למימון מחקר אישי מקשים על החוקרים. כמו כן, דרישה שהמכון יהיה המממן הבלעדי למימון המחקרים מונעת חלק מההגשות (בייחוד כיוון שהמענק מתחלק בין מספר חוקרים/מעבדות).

<sup>22</sup> נכון לזמן פרסום הדו"ח (דצמבר 2008) המלצות אלה יושמו בהצלחה.

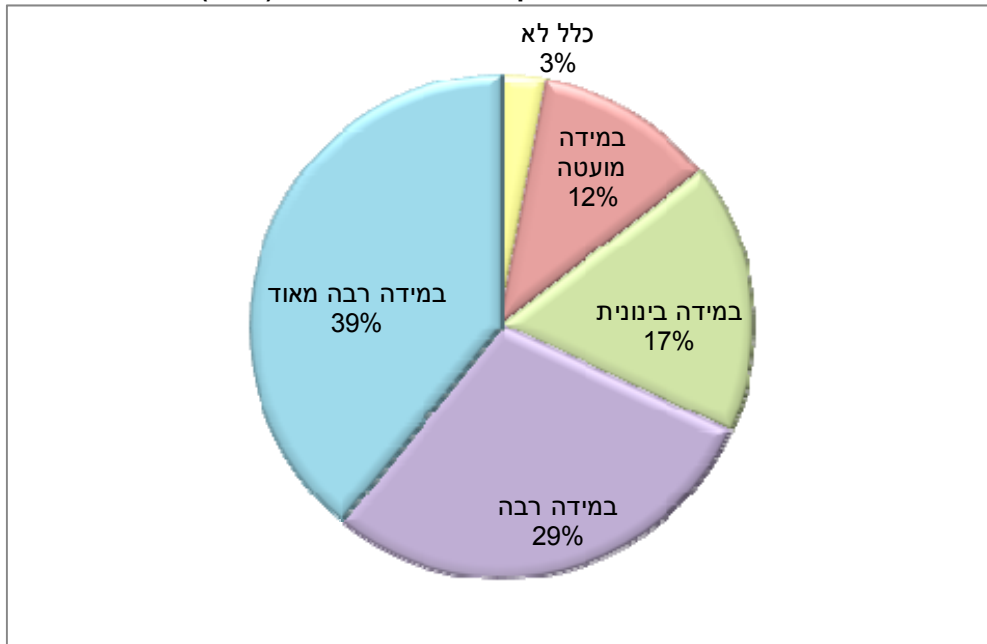
ערוץ שדרוג מעבדות חוקר אינו זמין עבור חוקרים חדשים ובכך קטן מספר החוקרים שיכולים להגיש בקשת מימון מערוץ זה.

איור 27: מידת השתתפותם של החוקרים בתוכניות השונות במסגרת פעילותם במכון ע"ש ראסל ברי



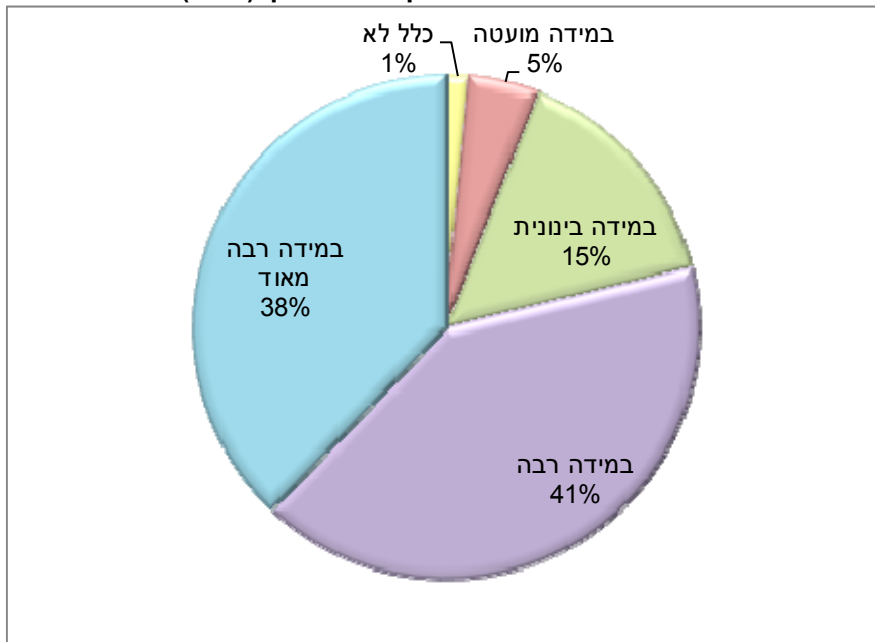
כ- 70 אחוז מהחוקרים ציינו כי יש להם מידה רבה של מידע שוטף על התוכניות השונות שמציע מכון ראסל ברי.

איור 28: זמינות מידע שוטף על התוכניות השונות (N=69)



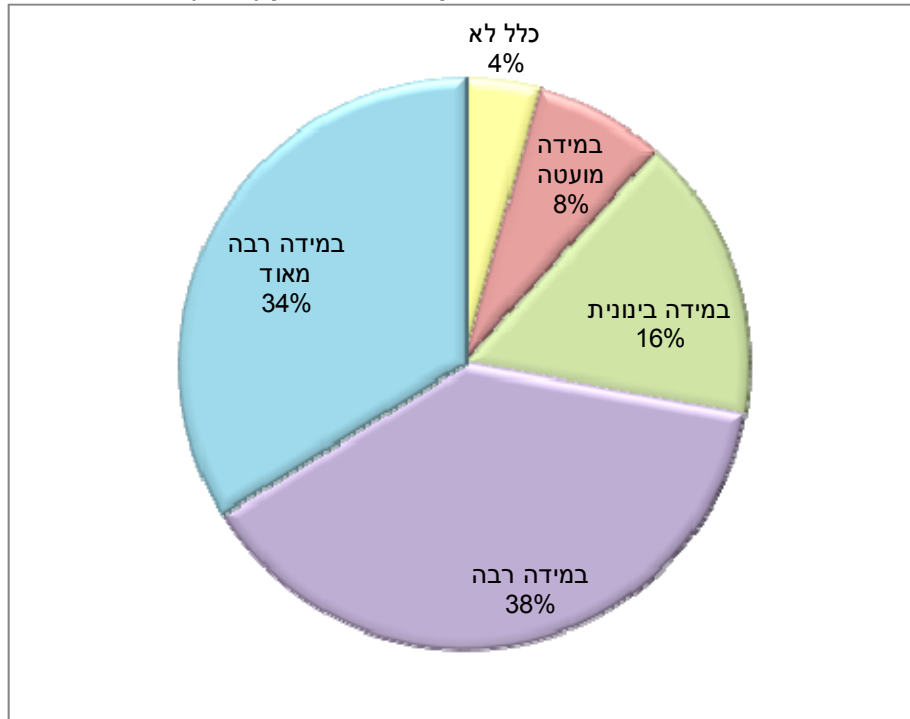
לדעת כ- 80 אחוז מהחוקרים תרומת המכון עד כה תניב פירות לטווח הארוך במידה רבה.

איור 29: מידת תרומת המכון לטווח הארוך (N=66)



72 אחוז מהחוקרים מביעים מידה רבה של שביעות רצון מפעילות המכון.

איור 30: מידת שביעות רצון מפעילות המכון (N=68)



ניתן לראות כי קיימת הלימה טובה בין תשובותיהם של החוקרים בנוגע למידת שביעות רצונם מפעילות המכון לבין תרומת המכון לפירות שיהיו בטווח הארוך. את ההבדלים הקטנים שקיימים (מידת שביעות הרצון: במידה רבה מאוד 34%; במידה רבה 38%; במידה בינונית 16%; במידה מועטה 8%; כלל לא 4%. מידת תרומה בטווח הארוך: 38%, 41%, 15%, 5% ו 1% בהתאמה) ניתן להסביר באופן הבא: סביר להניח כי גם אותם החוקרים שלא מרוצים במידה מסוימת מפעילות המכון, עשויים, יחד עם זאת, לחשוב כי לפעילות המכון תהיה תרומה בטווח הארוך. למשל, ארבעה אחוזים מהחוקרים כלל לא מרוצים מפעילות המכון, אך רק אחוז אחד מהחוקרים חושב שלמכון לא תהיה כלל תרומה בטווח הארוך. מדד זה יכול לשקף את הציפייה של החוקרים לשיפור בהתנהלות המכון בטווח הארוך.

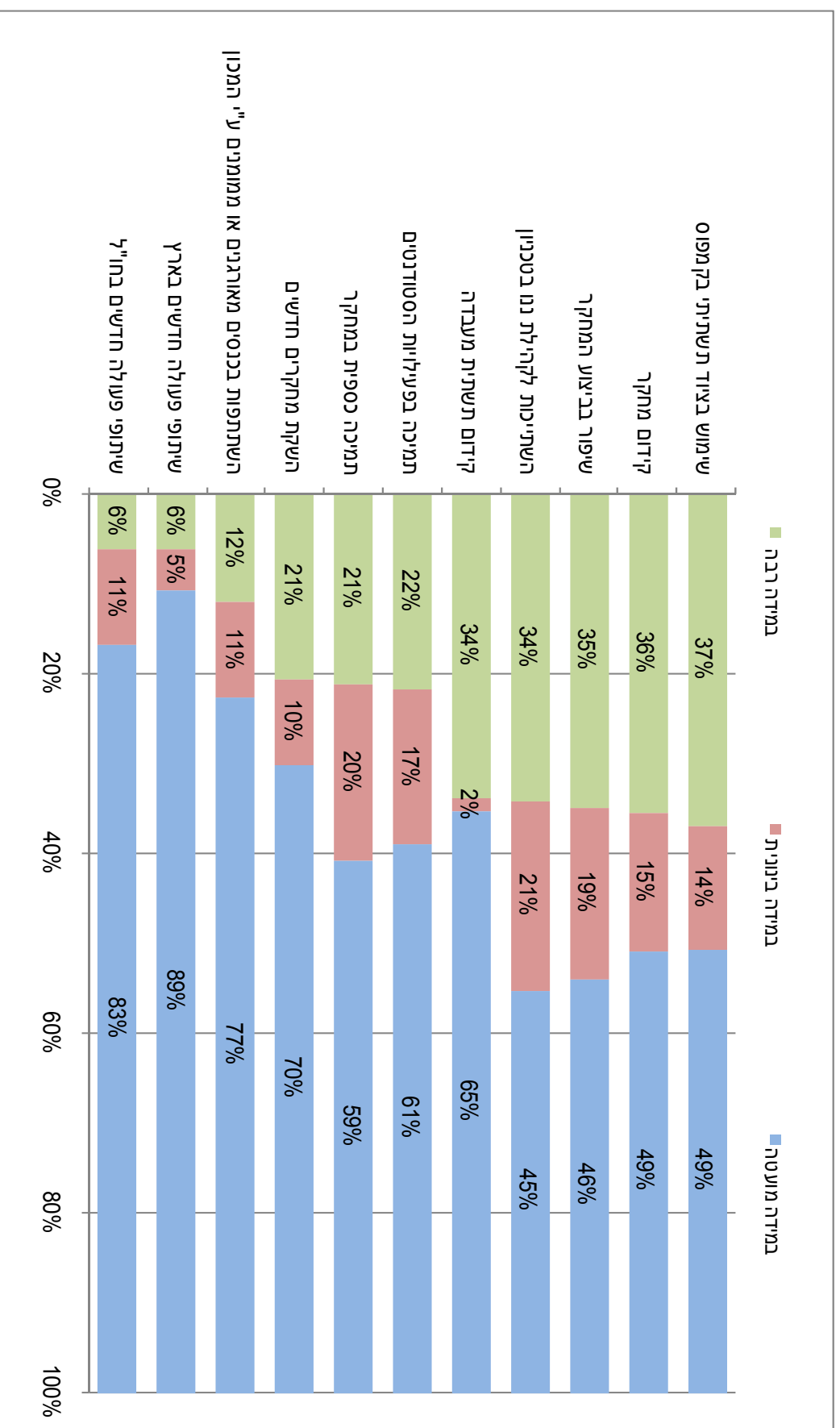
החוקרים התבקשו לדרג את מידת תרומת התוכניות השונות המוצעות במסגרת RBNI עד כה לפי מספר מדדים.

טבלה 6: תרומת המכון למדדים שונים על פי הערכת החוקרים (N=68)

מספר העונים	כלל לא	במידה מועטה	במידה בינונית	במידה רבה	במידה רבה מאוד	
59	29%	20%	15%	25%	10%	קידום מחקר
66	47%	12%	20%	8%	14%	תמיכה כספית במחקר
65	69%	20%	5%	5%	2%	שיתופי פעולה חדשים בארץ
65	69%	14%	11%	6%	0%	שיתופי פעולה חדשים בחו"ל
65	55%	9%	2%	11%	23%	קידום תשתית מעבדה
65	38%	11%	14%	20%	17%	שימוש בציוד תשתיתי בקמפוס
63	37%	10%	19%	19%	16%	שיפור בביצוע המחקר
63	48%	22%	10%	10%	11%	השקת מחקרים חדשים
64	41%	20%	17%	14%	8%	תמיכה בפעילויות הסטודנטים
66	64%	14%	11%	8%	5%	השתתפות בכנסים מאורגנים או ממומנים ע"י המכון
67	27%	18%	21%	18%	16%	השתייכות לקהילת ננו בטכניון

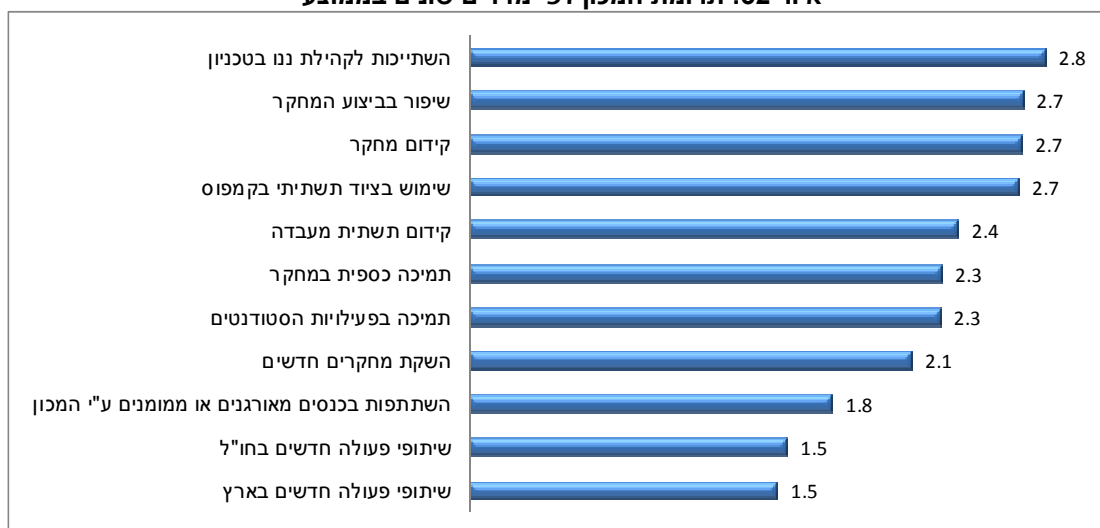
מציג את מידת תרומת המכון למדדים שונים בצורה גרפית כאשר הקטגוריות: כלל לא ובמידה מועטה אוחדו לקטגוריה אחת בשם "במידה מועטה" וקטגוריות במידה רבה ובמידה רבה מאוד אוחדו לקטגוריה אחת בשם "במידה רבה".

### איור 31: מידת תרומת המכון לפי המדדים השונים



איור 32 מציג את מידת תרומת המכון לפי מדדים שונים על-ידי חישוב ממוצע מדד התרומה בסקלה בין 1 (כלל לא) ל- 5 (במידה רבה מאוד).

איור 32: תרומת המכון לפי מדדים שונים בממוצע



לאור התקופה הקצרה יחסית שבה פעל המכון ותוכניותיו השונות שהוחל בביצוען טרם בוצע הסקר, ניתן לייחס משמעות פחותה לערך הממוצע של התרומה אותה מיחסים החוקרים למדדים שונים. לעומת זאת לערכים היחסיים יש משמעות רבה בזיהוי הכיוונים של המכון המוערכים על-ידי החוקרים כתורמים יותר מול אלה התורמים פחות.

לפי הערכות החוקרים התרומה המשמעותית ביותר של התוכניות המוצעות במסגרת המכון עד כה הייתה על בניית השתייכותם לקהילת הננו בטכניון. קהילה זאת היא הבסיס ליצירת שיתופי פעולה וקידום מחקרים רב תחומיים שהוגדרו כאחת מהמטרות העיקריות של RBNi. תרומה פחותה במקצת מיוחסת לקידום המחקר, שיפור בביצוע המחקר ושימוש בציוד תשתיתי בקמפוס. סביר להניח שיש קשר בין תרומה לשימוש בציוד תשתיתי לבין שיפור בביצוע המחקר וקידומו, דבר המתבטא בהערכות דומות לשלושת התחומים (). התרומה הגבוהה יחסית בארבעת התחומים המצוינים לעיל ניתנת להסבר על-ידי העובדה שהמכון התרכז בקידום תחומים אלה מיד עם תחילת פעילותו וכבר ניתן לראות את התרומה המצטברת. קבוצה נוספת של תחומים שתומת המכון בהם זכתה להערכה פחותה כוללת את קידום תשתיות מעבדה, תמיכה כספית במחקר, תמיכה בפעילות הסטודנטים והשקת מחקרים חדשים. ניתן להסביר את הפער בהערכת התרומה בין רביעיית התחומים הראשונה לבין הרביעייה השנייה בסובייקטיביות של ההערכה את הרביעייה השנייה. את התרומה ברביעייה הראשונה של התחומים ניתן לשייך לפעילות המכון התורמת לציבור הרחב של החוקרים, כגון החיזוק של תשתיות המחקר בטכניון – פעילות שיש לה השפעה רחבה. הרביעייה השנייה של התחומים כוללת תחומים המשרתים קהל מצומצם יותר של חוקרים, אלה שבקשתם לסיוע זכתה להיענות. סביר להניח שמספר החוקרים שזכו לתמיכה בפועל מצד RBNi הוא קטן יותר ממספר המעוניינים בתמיכה (לא יכלו להגיש או בקשתם לא אושרה) ולכן החוקרים שלא זכו לסיוע העריכו במידה פחותה את התרומה של המכון בתחום



הספציפי. להערכה מאוד נמוכה של תרומת RBNI בנושא "השתתפות בכנסים מאורגנים או ממומנים ע"י המכון" (64 אחוז טוענים שכלל אין תרומה) מרמזת על שביעות רצון נמוכה מאוד מפעילות המכון בתחום זה, כלומר כמות ו/או איכות כנסים אלה לא עונה על ציפיות החוקרים. החוקרים ציינו שבתחום שיתופי פעולה חדשים עם גורמים ישראלים ובין לאומיים כלל לא מורגשת תרומה של המכון. שתי תוכניות הקשורות לשיתופי פעולה חדשים בארץ פורסמו רק לאחר ביצוע הסקר מה שמסביר את העדר תרומה בתחום זה. היו קיימות שתי תוכניות "צעירות" בתחום של שיתופי פעולה בין-לאומיים במועד תחילת הסקר ותוכנית אחת פורסמה רק לאחר ביצוע הסקר. שלושת התוכניות טרם נתנו את פירותיהם במועד ביצוע הסקר מה שמסביר את ההערכה הנמוכה מצד אחד ויוצר ציפיות לשיפור מצד שני.

החוקרים התבקשו לציין פעילויות נוספות במסגרת RBNI בהם הם משתתפים.

28% מהחוקרים ציינו שהם משתתפים בסמינרים והרצאות המתקיימים במסגרת מכון ראסל ברי. פעילויות נוספות שצינו החוקרים כוללות: חברות בוועדות שונות, עזרה בגיוס כספים, ליווי אורחים, מתן הרצאות, הצגת התוכנית לננומדעים, עזרה בהקמת מרכזי תשתית, אחראיות אקדמית על מעבדות, ארגון פגישות וכו'...

החוקרים התבקשו לפרט פעילויות נוספות אותן היו רוצים לראות במסגרת המכון ואשר לדעתם יתרמו למחקר האישי ו/או להצבת הטכניון ומדינת ישראל בחזית המחקר והפיתוח העולמי של ננוטכנולוגיה (מפורט בהמשך). כמו כן, חלק מהחוקרים שרואיינו לצורך מילוי השאלון נשאלו על דרכים שלדעתם תהיינה אפקטיביות יותר עבורם לקבלת המידע המופץ על-ידי המכון ודרכים שלדעתם יביאו אותם לשימוש מסיבי יותר בערוצי המימון שמציע המכון. איור 33 מסכם את הצעות החוקרים לפעילויות נוספות במסגרת RBNI.

### איור 33: הצעות החוקרים לפעילויות נוספות במסגרת RBNI

#### פעילויות הקשורות לסדנאות, סמינרים, כנסים והרצאות

- ארגון כנסים בין-לאומיים בטכניון.
- מפגשים תקופתיים לסיעור מוחות (לא סמינרים), בהם ניתן להציג בעיות מחקריות ותעשייתיות בתחומי ננו ולדון בפתרונות האפשריים.
- סדנאות הכשרה מתקדמות להיכרות והכשרה בפועל (כולל של חברי סגל) בשיטות מתקדמות בננוטכנולוגיה.
- סמינרים המציגים פעילות ננו בטכניון.
- יותר פעילות בתחום "Computational Nanotechnology" – אורחים וקורסים עבור הסטודנטים.
- פעם בשבועיים לקיים סמינר שיערך ע"י הסטודנטים המתעסקים בננו בטכניון.
- פעולות הסברה בקרב הציבור הרחב.

#### פעילויות הקשורות לסטודנטים

- מציאת דרכים למשיכת סטודנטים מצטיינים המעוניינים להשתלם לתארים גבוהים בננו כך שהטכניון יהווה את המקום המועדף עליהם בארץ הן ברמת המימון האישי והן בטיב המחקר שהוא מציע או בתשתיות שהוא מתחזק ומתפעל.
- עזרה בהבאת סטודנטים מחו"ל.
- אפשרות עבור סטודנטים שאינם חשופים לקורסי הלימוד של התוכנית לננו-מדעים להכיר את הקורסים הנלמדים בתוכנית ולאפשר לבחור בהם אם ירצו בכך.
- הוספת מסלול של מימון אישי בתוכנית בננו מדעים. מימון גם עבור סטודנט של מנחה יחיד שיודע לשלב בין מספר תחומים על מנת להקל על הסטודנטים.
- מימון מלגות גבוהות למשתלמים.

#### פעילויות הקשורות לערוצי מימון קיימים

- שדרוג מעבדות הוראה תוך הקלת התנאים על "matching".
- מימון לרכישת ציוד ללא צורך ב"matching".
- הגדלת רכיב הציוד במענק "נבט".
- הגדלה משמעותית של מענק "נבט" מאחר ובפועל המענק מתחלק בין מספר מעבדות.
- עזרה משמעותית יותר בערוצי מימון סטודנטים.
- תמיכה גדולה יותר ברכישת ציוד מעבדתי חדש.

#### פעילויות הקשורות לערוצי מימון חדשים

- הרחבת מגוון תוכניות המימון.
- הוספת ערוצי מימון למחקרים.
- הקמת מרכזי מצוינות ותמיכה בפרויקטי מחקר גדולים בתחומים בעלי חשיבות גבוהה (כגון: אנרגיה, סביבה...).
- הוספת ערוץ להשלמת ציוד לחוקר חדש.
- הוספת ערוצים למימון מחקרים עבור חוקר בודד/ מימון מחקרים אישיים.
- מימון פרויקטים הקשורים לננו יישומי.
- תמיכה ישירה בהצעות מחקר שהוגשו לקרנות תחרותיות וקיבלו ציון גבוה, אך לא מומנו מחוסר תקציב.
- ערוצי מימון מחקר אישיים גם עבור מחקרים בשלבים מתקדמים.
- מימון פרויקטים בשיתוף הנדסה-מדעי רפואה.



## ניתוח ביבליומטרי של פרסומי הננו של חוקרי ראסל ברי

בפרק זה מוצגות תוצאות ניתוח ביבליומטרי שנערך על פרסומי ננוטכנולוגיה וננו מדעים של חוקרי המכון. מניתוח זה ניתן ללמוד על מאפייני הפרסומים, על היקפם, על הרגלי הפרסום של החוקרים וכן על איכות הפרסומים כפי שמתבטאת על ידי מדד הציטוטים.

### מבוא

ביבליומטריה היא אחת השיטות המקובלות כיום להערכת איכות המחקר המדעי (לצד שיטות מסורתיות כגון הערכת עמיתים). על פי שיטה זו, פרסומים מדעיים משמשים כמדד לפוריות המחקר המדעי, והציטוטים להם זוכים פרסומים אלה בפרסומים מדעיים אחרים, משמשים כמדד לאיכות המחקר. מהימנות האינדיקטורים, האובייקטיביות והקלות היחסית בה ניתן להפיק את הנתונים, הפכו את השימוש בביבליומטריה לכלי מרכזי בידי מדענים וקובעי מדיניות. למדדים אלה ניכרת כיום השפעה רבה, בין היתר על הקצאת משאבים למוסדות מחקר ולתחומי ידע שונים.

רוב המחקרים הביבליומטריים העוסקים במדידת תפוקה מדעית עושים שימוש במאגרי המידע של Thomson Scientific (ISI). מאגרים ביבליוגרפים אלה כוללים מאמרים המתפרסמים בעיתונות המדעית והטכנולוגית הבינלאומית העיקרית בכל התחומים, ומכילים את פרטי המאמרים (כגון כותרות, שמות המחברים וכו') לצד מידע על מספר הציטוטים של מאמרים אלה, המתפרסמים בכ- 22,000 כתבי עת ומקורות אחרים.

במאגרי המידע של ISI, הפרסומים משויכים לתחומי המדע השונים בהתאם לכתבי העת בהם פורסמו. תחום הננוטכנולוגיה, בהיותו מולטידיסציפלינרי, לא מוגדר עדיין כתחום מדעי העומד בפני עצמו (במרבית מאגרי ISI ובמאגרים ביבליוגרפיים אחרים) ופרסומים בנושאי ננוטכנולוגיה מסווגים בשטחים שונים ומגוונים. על כן, בבואנו לנתח את היקף ואיכות התפוקה המחקרית של חוקרי מכון ראסל ברי לננוטכנולוגיה, בחרנו לבקש מהחוקרים עצמם לקבוע אילו מהפרסומים שלהם ניתן לשייך, על פי תפיסתם, לתחומי הננוטכנולוגיה ואילו פרסומים אינם עוסקים בננו. תוצאות הניתוח הביבליומטרי שיובאו להלן מבוססים, לפיכך, על הפרסומים שסווגו על ידי מחבריהם כעוסקים בננוטכנולוגיה.

### שיטת העבודה

בצמוד לשאלון הסקר, שלחנו לכל חוקר את רשימת פרסומיו המדעיים שראו אור משנת 1996 ועד 2007 כפי שאוחזרה על ידינו בחודש יולי 2007 ממאגר ISI Web of Knowledge. לצד כל פרסום התבקשו החוקרים לציין אם ניתן לסווגו כפרסום בנושא ננו. את פרסומי הננו של כל חוקר שנענה לפנייתנו ניתחנו בכלים ביבליומטריים הכוללים מדדי כמות (מספר פרסומי הננו), קדימות (היקף פרסומי הננו מכלל פרסומי החוקר) ואיכות (ממוצע הציטוטים לפרסום). בנוסף, ניתחנו את התפלגות הפרסומים לפי נושאים על פי סיווג הנושאים של ISI.

## ממצאים עיקריים

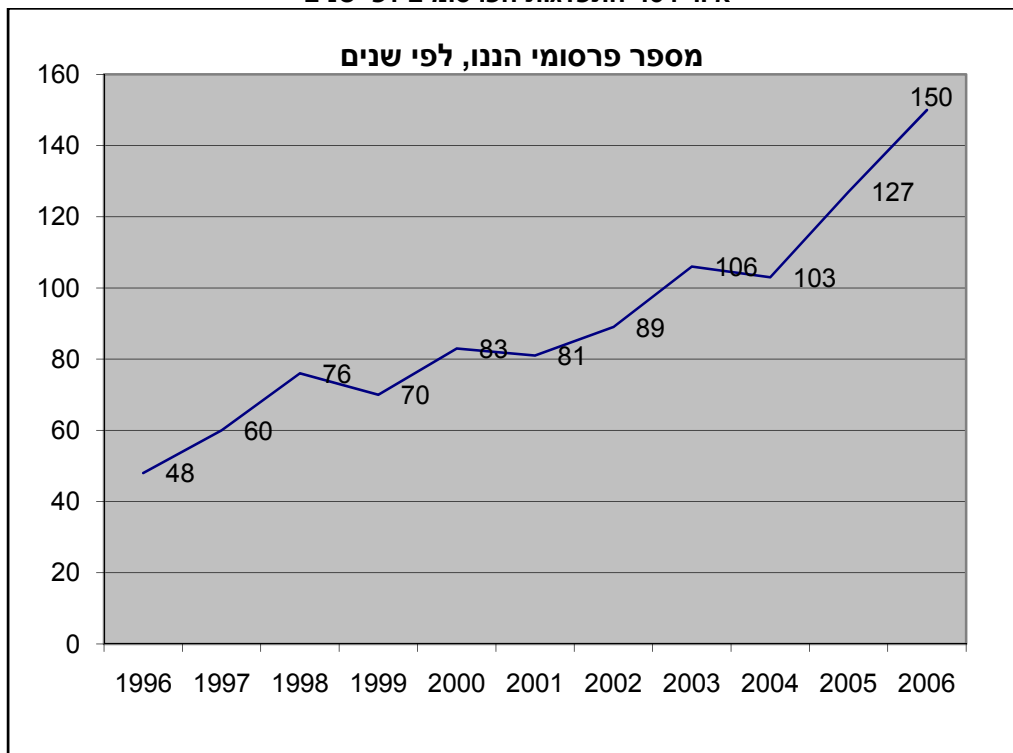
56 חוקרים נענו לפנייתנו למיין את רשימת פרסומיהם לשתי קבוצות: 'ננו' ו'לא-ננו'. מתוכם, 54 חוקרים סיווגו פרסום אחד לפחות כפרסום בתחום הננו.

### היקף התוצר המחקרי - מספר הפרסומים:

מספירת כלל הדיווחים של 56 החוקרים, עולה כי בין השנים 1996-2007 הם פרסמו כ-2,350 פרסומים, מתוכם 1,041 סווגו על ידם כפרסומים בתחומי ננו (דהיינו, 44% מכלל פרסומי חוקרי ראסל ברי בתקופה המדוברת סווגו על ידם כפרסומים בתחומי הננו). בתקופה זו פרסם כל חוקר בממוצע 45 פרסומים, מתוכם 20 פרסומים בממוצע סווגו על ידי החוקרים כפרסומי ננו.

התפלגות הפרסומים לפי שנת הפרסום מצביעה על מגמת גידול לאורך השנים, התואמת לגידול בהיקף הפעילות בתחום הננו בתקופה זו, כפי שניתן לראות באיור הבא (נתוני 2007 לא מוצגים היות והם חלקיים):

איור 34: התפלגות הפרסומים לפי שנים



### איכות המחקר – מדד הציטוטים:

כדי להעריך את איכות הפרסומים מקובל להשתמש במדד הציטוטים (ממוצע ציטוטים לפרסום). המדד מציג את הרמה הממוצעת של הפרסומים ולא משקף את הפרסומים המצטיינים, שתרומתם עשויה להיות חשובה ביותר. מספר הציטוטים של פרסומי הננו של כל חוקר אוחזר ממאגר ISI במהלך פברואר 2008.

פרסומי הננו של 56 החוקרים בתקופה הנדונה צוטטו עד היום 15,956 פעמים, 285 ציטוטים לחוקר בממוצע. בכל שנה זכה פרסום ננו ל-2.4 ציטוטים בממוצע, ובסה"כ כל פרסום ננו זכה בתקופה הנדונה ל-15.3 ציטוטים בממוצע.

לצרכי השוואה, מובאים להלן ממוצע הציטוטים לפרסום בישראל ובעולם במספר תחומים קרובים.

**טבלה 7: ממוצע הציטוטים לפרסום בתחומים שונים, 1981-2005**

Field	Israeli Average	World Average
Chemistry	21.64	13.72
Physics	18.54	13.39
Physical Chem / Chemical Phys	18.53	13.16
Appl Phys/Cond Matt/Mat Sci	10.3	9.99
Materials Sci and Engn	9.28	7.28
Molecular Biology & Genetics	34.62	30.95
Biotechnol & Appl Microbiol	15.33	11.04
Organic Chem / Polymer Sci.	12.72	11.92

**ניתוח נושא הפרסומים:**

בנוסף לסיווג הפרסומים לנושאים על פי כתבי העת, מופיע במאגר ISI Web of Knowledge סיווג נוסף לנושאים על פי מילות מפתח ומשתנים נוספים המופיעים בכל פרסום. כל פרסום, על פי סיווג זה, עשוי להיות משויך למספר נושאים שונים. ניתוח סיווג זה עשוי ללמד על הנושאים העיקריים בהם עסקו פרסומי הננו של 56 החוקרים שנבדקו בתקופה הנדונה. אחוז ניכר מהפרסומים סווג על ידי ISI כפרסומים העוסקים בנושאי פיזיקה, כימיה וחומרים.

**טבלה 8: התפלגות פרסומי הננו לנושאים**

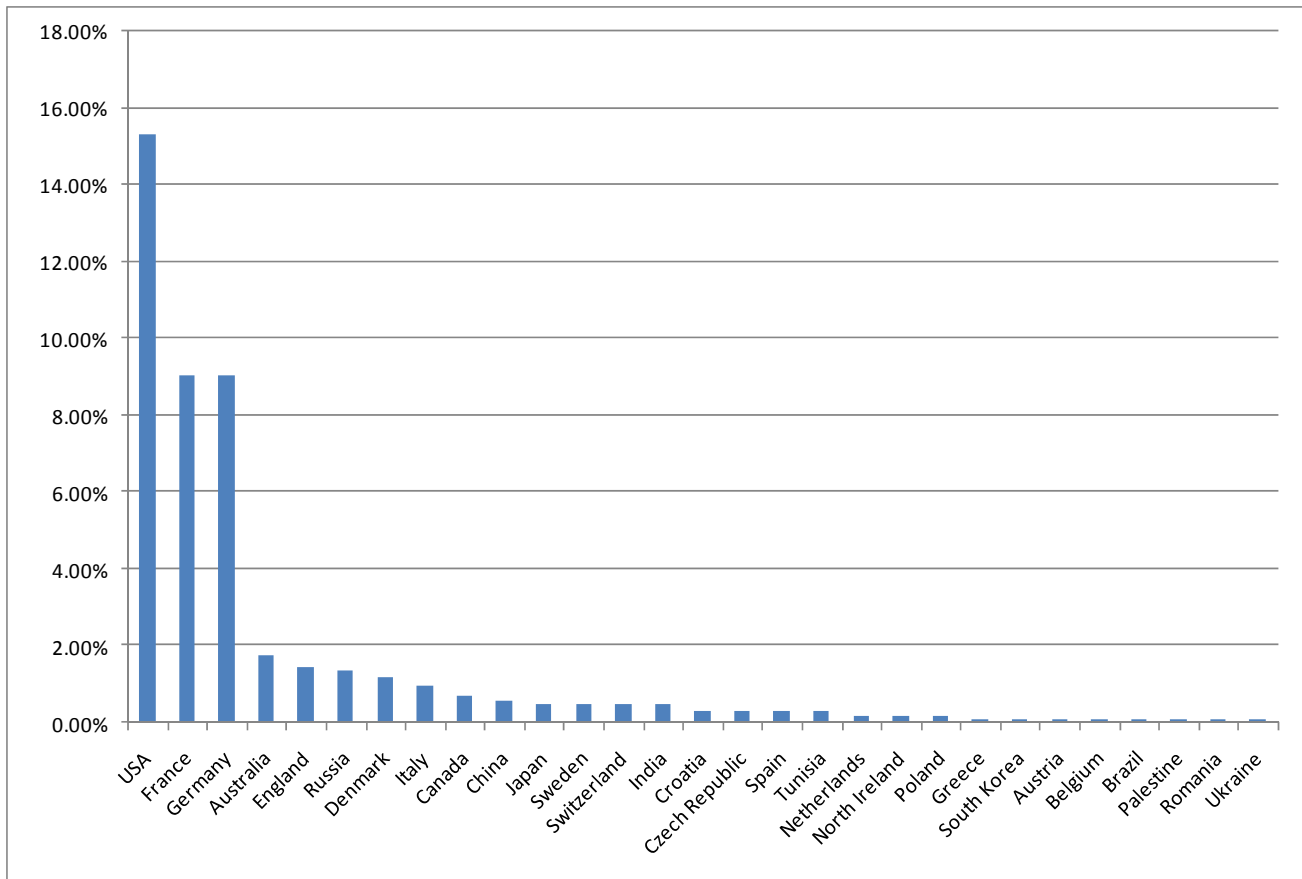
ISI Subject	Number of Publications
Chemistry, Physical	138
Materials Science, Multidisciplinary	118
Chemistry, Multidisciplinary	90
Physics, Atomic, Molecular & Chemical	89
Physics, Applied	79
Physics, Condensed Matter	76
Polymer Science	74
Optics	46
Physics, Multidisciplinary	38
Engineering, Chemical	37
Nanoscience & Nanotechnology	29
Metallurgy & Metallurgical Engineering	23
Engineering, Electrical & Electronic	19
Mechanics	16
Multidisciplinary Sciences	16
Biochemistry & Molecular Biology	15

<b>ISI Subject</b>	<b>Number of Publications</b>
Water Resources	15
Materials Science, Ceramics	11
Biophysics	9
Chemistry, Organic	9
Materials Science, Coatings & Films	9
Physics, Fluids & Plasmas	9
Electrochemistry	8
Pharmacology & Pharmacy	8
Physics, Mathematical	8
Biotechnology & Applied Microbiology	7
Engineering, Biomedical	6
Food Science & Technology	5
Chemistry, Applied	5
Crystallography	5
Engineering, Mechanical	5
Chemistry, Analytical	4
Chemistry, Inorganic & Nuclear	4
Chemistry, Medicinal	4
Materials Science, Biomaterials	4
Materials Science, Composites	4
Biochemical Research Methods	3
Engineering, Multidisciplinary	3
Acoustics	3
Biology	3
Mathematics, Applied	3
Radiology, Nuclear Medicine & Medical Imaging	3
Genetics & Heredity	2
Instruments & Instrumentation	2
Medicine, Research & Experimental	2
Cell Biology	2
Engineering, Environmental	2
Immunology	2
Agriculture, Dairy & Animal Science	1
Agriculture, Multidisciplinary	1
Anatomy & Morphology	1
Computer Science, Theory & Methods	1
Endocrinology & Metabolism	1
Energy & Fuels	1
Engineering, Civil	1
Engineering, Manufacturing	1
Gastroenterology & Hepatology	1
Hematology	1
Mathematics, Interdisciplinary Applications	1
Microscopy	1
Thermodynamics	1

### שיתוף פעולה בינלאומי:

ניתוח המדינות המופיעות בכתובות החוקרים השותפים לפרסומי הננו שנבדקו בתקופה הנדונה, מעלה כי ל-15.3% מהפרסומים היה שותף לפחות מחבר אחד מארה"ב. מדינות נוספות איתן התבצע שיתוף פעולה מחקרי משמעותי הן צרפת וגרמניה. חלק מהפרסומים הם פרי שיתוף פעולה של חוקרים ישראלים עם יותר ממדינה אחת.

**איור 35: שיתוף הפעולה עם חוקרים ממדינות זרות בפרסומי הננו בשנים 1996-2007 (באחוזים)**



לסיכום, מניתוח ביבליומטרי זה ניתן ללמוד כי היקף פעילות הננו של 56 חוקרי מכון ראסל ברי שנענו לפנייתנו, גדל בשנים 1996-2007 והניב 1,041 פרסומי ננו (44% מכלל פרסומיהם). אחוז ניכר מהפרסומים סווג על ידי ISI כפרסומים העוסקים בנושאי פיזיקה, כימיה וחומרים. בכל שנה זוכה פרסום ננו ל-2.4 ציטוטים בממוצע, ובסה"כ 15.3 ציטוטים נצטברו לכל פרסום בתקופה זו. שיתוף הפעולה הפורה ביותר נעשה עם חוקרים מארה"ב, צרפת וגרמניה.





**ד"ר דפנה גץ**, עמיתת מחקר בכירה, מוסד שמואל נאמן. בעלת תואר שלישי במדעים. נושאי מחקר עיקריים: הערכת מו"פ, ניהול מו"פ, מדיניות מו"פ, קידום טכנולוגיות חדשות, קשר בין אקדמיה, תעשייה וממשלה.  
daphne@sni.technion.ac.il

**לריסה איידלמן**, חוקרת, מוסד שמואל נאמן. בעלת תואר שני בטכנולוגיה ומדעים, נושאי פעילות עיקריים: הערכה של תוכניות מו"פ וננוטכנולוגיה.  
larisa@sni.technion.ac.il

**יאיר אבן-זוהר**, מידען, מוסד שמואל נאמן. בעל תואר שני במידענות, עוסק במחקרי ביבליומטריה ובמאגרי מידע.  
yair@sni.technion.ac.il



הטכניון  
מכון טכנולוגי לישראל



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