



מדע וטכנולוגיה

תפוקות מחקר ופיתוח בישראל : פרסומים מדעיים

ד"ר דפנה גץ
ד"ר נועה לביד
אלה ברזני

סביבה
ואנרגיה

תכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

השכלה
גבוהה

חברה

חינוך

כלכלה

אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (ס) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. 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 מוצגת באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מסייע מוסד שמואל נאמן בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ס - מגנט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה, רפואה, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים אחרים 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 סידי.



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

טלפון: 04-8292329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il

כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il



מוגש למשרד המדע



תפוקות מחקר ופיתוח בישראל פרסומים מדעיים

2018

דוח סופי

חוקרות:

ד"ר דפנה גץ

ד"ר נועה לביד

אלה ברזני

דצמבר, 2018

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

info@neaman.org.il

פקס. 04-8231889

טל. 04-8292329

קרית הטכניון, חיפה 32000

המחקר נערך במימון ובהנחיית המועצה הלאומית למחקר ופיתוח אזרחי (המולמו"פ) במשרד המדע והטכנולוגיה. אנו מודים לד"ר גורי זילכה, יועץ המולמו"פ, על הערותיו הטובות והבונות בשלב דו"ח הביניים ובשלב הטייטה הסופית שסייעו לשפר עבודה זאת.

הערות, הצעות ושאלות לגבי המידע המופיע בדוח זה ניתן להפנות במייל אל: ella@sni.technion.ac.il

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממשרד המדע והטכנולוגיה ו/או 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.

תוכן עניינים

3	רשימת איורים.....
4	רשימת טבלאות.....
5	תקציר מנהלים.....
8	הקדמה.....
9	1. מכוני מחקר ממשלתיים.....
	2. השפעת ההשתתפות של חוקרים ישראלים בתשתיות מחקר
35	בינלאומיות על מדדים ביבליומטריים.....
53	3. גורמים שעשויים להשפיע על מספר הציטוטים של מאמרים.....
66	4. השפעה טכנולוגית וקשרי אקדמיה-תעשייה.....
82	נספח א': ביאור מושגים.....
82	מדדים כמותיים.....
82	מדדי השפעה מדעית.....
84	נספח ב': תחומי פעילות המכון הגיאולוגי.....

12	איור 1: המכונים המובילים במספר הפרסומים המדעיים 2007-2016
13	איור 2: שיעור פרסומי המכונים הממשלתיים מכלל פרסומי ישראל
17	איור 3: השינוי במספר הפטנטים (²⁰ PCT) של המכונים במהלך 2007-2016
22	איור 4: חיא"ל – מספר הפרסומים המדעיים 1998-2017
22	איור 5: חיא"ל - מספר מאמרים מול מספר חוקרים
26	איור 6: מספר הפרסומים לשנה של המכון הגיאולוגי 1998-2017
29	איור 7: מינהל המחקר החקלאי - התפלגות הכנסות 391 מיליון ₪ לשנת 2017
איור 8:	השינויים בהכנסות של מינהל המחקר החקלאי מפעילות עסקית באמצעות "קידום" לתקופה 2000-2018 (₪)
30	איור 9: פרסומי מכון וולקני בשנים 1998-2017
31	איור 10: מספר החוקרים והעובדים במכון וולקני לפי שנים
33	איור 11: מינהל המחקר החקלאי - התפלגות ביקורים ב-2017 לפי מדינות ויבשות
53	איור 12: מספר המחברים הישראלים ברשימות ה-HCR, 2014-2018
איור 13:	ממוצע ציטוטים של מאמרים שנכתבו עם ובלי שת"פ בינלאומי – לפי תחומים, 2012-2016
55	איור 14: הקשר בין ממוצע ציטוטים מנורמל ומספר מאמרים שנכתבו בשת"פ בינלאומי – ישראל לעומת ערב הסעודית
56	איור 15: שיעור הפרסומים שנכתבו בשת"פ בינלאומי – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות
איור 16:	שיעור הפרסומים במקורות Open Access המתועדים ב-Scopus – ישראל ומדינות נבחרות
58	איור 17: הקשר בין אורך הכותרת לממוצע הציטוטים של מאמר - Materials Science
61	איור 18: הקשר בין אורך הכותרת לממוצע הציטוטים של מאמר - Engineering
76	איור 19: מספר המאגדים בהם השתתפו חוקרי האוניברסיטאות, 2006-2016
76	איור 20: החברות המובילות במספר המאגדים בהן השתתפו בין השנים 2006-2016 ⁹¹
77	איור 21: התפלגות המאמרים לפי תחומי העיסוק של המאגדים
79	איור 22: דירוג המדינות לפי Patent-Citations per Scholarly Output, 2012-2016

רשימת טבלאות

11	טבלה 1: תחומי הפעילות של המכונים הממשלתיים
13	טבלה 2: מספר המאמרים של המכונים הממשלתיים שפורסמו בכתבי-עת ישראלים
15	טבלה 3: ממוצע הציטוטים של המכונים בהשוואה לממוצע פרסומי ישראל, 2007-2016
15	טבלה 4: פרסומי המכונים בכתבי-העת המובילים במספר הציטוטים, 2007-2016
16	טבלה 5: נתוני מאמרים של המכונים הממשלתיים שמצוטטים בפטנטים, 2007-2016
17	טבלה 6: מספר פטנטים ובקשות לפטנטים שהוגשו ע"י מכוני המחקר, 2007-2016
2007-2016	טבלה 7: המוסדות המובילים במספר המאמרים המשותפים עם המכונים הממשלתיים, 2007-2016
18	
2007-2016	טבלה 8: המדינות המובילות במספר המאמרים המשותפים ¹⁹ עם המכונים הממשלתיים, 2007-2016
19	
54	טבלה 9: רשימת הגורמים המשפיעים על מספר הציטוטים של מאמר
64	טבלה 10: תקציר המאפיינים המשפיעים על מספר הציטוטים של מאמר
71	טבלה 11: פרסומים ישראלים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי, לפי שטחים, 2012 - 2016
75	טבלה 12: רשימת המאגדים שהוקמו במסגרת תכנית מגנט בין השנים 2006-2016
2012-2016	טבלה 13: נתונים אודות מספר הציטוטים של מאמרים ישראלים בפטנטים לפי תחומים, 2012-2016
80	

תקציר מנהלים

דו"ח זה מציג תפוקות מחקר ופיתוח בישראל בהשוואה בינלאומית, כפי שהן באות לידי ביטוי בפרסומים מדעיים. פרסומים מדעיים מהווים תפוקה מרכזית של מחקר ופיתוח (במיוחד באקדמיות), ולפיכך ניתוחם משקף את הפעילות המדעית ומשמש כלי מרכזי בהערכת המחקר בדירוגים עולמיים שונים (מדד שנחאי, מדד ליידן, מדד טיימס) ובהחלטות השונות של פרטים, מוסדות ומדינות.

הדו"ח עוסק במספר נושאים בעלי חשיבות למו"פ בישראל ואשר אינם נסקרים במסגרת מחקר הליבה (המו"פ האקדמי בישראל ומגמותיו לאורך זמן ובהשוואה בינלאומית) שפורסם לאחרונה בשנת 2017. בדו"ח זה מתוארים ונבחנים מכוני מחקר ממשלתיים (פרק 1); השפעת ההשתתפות של חוקרים ישראלים בתשתיות מחקר בינלאומיות על המו"פ בישראל (פרק 2); גורמים העשויים להשפיע על מספר הציטוטים של פרסומי ישראל ודוגמאות למידת ההשפעה (פרק 3); השפעה טכנולוגית (שיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי) (פרק 4).

הדו"ח נערך תוך שימוש בכלים ביבליומטריים ונתוני מאגר המידע SciVal מבית Elsevier. הערכת תפוקות המחקר נעשתה מבחינה כמותית (מספר הפרסומים), מבחינת ההשפעה המדעית (המשתקפת במספר הציטוטים ומדדים נוספים) ומבחינת ההשפעה הטכנולוגית (שיתוף פעולה בין יחידות המו"פ למגזר העסקי), כל זאת בהשוואה בינלאומית ולאורך זמן.

מכוני מחקר ממשלתיים

במסגרת המו"פ הממשלתי נערכות פעילויות של מחקר יישומי שהוגדרו כמימונים לאומיות, המכסות תחומי מו"פ שחלק מהם אינם מטופלים על ידי האקדמיה או המגזר העסקי ולכן יש לבצען במסגרת ממלכתית או ממשלתית.

למעלה מ-80% של פרסומי ישראל מקורם באקדמיה, ולכן ניתוח ביבליומטרי של כלל פרסומי ישראל משקף בעיקר את פעילות האקדמיה. בפרק זה נבדקה לחוד הפעילות של מכוני מחקר ממשלתיים כפי שהיא משתקפת בפרסומים מדעיים: מספר הפרסומים וחלקם בפרסומי ישראל; מדדי ציטוטים והשפעה מדעית; מדדי פטנטים והשפעה טכנולוגית; שיתופי פעולה בפרסומים. הניתוח נערך על 9 המכונים הממשלתיים המובילים במספר הפרסומים, ושלושה מהם נבדקו באופן מעמיק (חקר ימים ואגמים לישראל - חיא"ל, המכון הגיאולוגי, מכון וולקני).

מצאנו כי ביעודם המחקרי, כפי שמתבטא בפרסומיהם, משתלבים המכונים הלאומיים ברמה של כלל פרסומי ישראל (ואף של מכוני דומים במדינות אחרות) - במדדי מספר הפרסומים, מדדי השפעה מדעית, שיתופי פעולה לאומיים ובינלאומיים, ומדדי השפעה טכנולוגית (הקשר לפטנטים) - בחלקם באופן דומה או גבוה מזה של כלל פרסומי ישראל ובחלקם נמוך ממנו.

כן מצאנו כי המעמד של חלק ממכוני המחקר הלאומיים אינו מוסדר היטב ותקצובם אינו מספק. יש מקום לשקול האם הרחבת הבסיס של מכוני המחקר הלאומיים יכולה להציע פתרון להרחבת המחקר המדעי בישראל, במיוחד המחקר היישומי.

השפעת ההשתתפות של חוקרים ישראלים בתשתיות מחקר בינלאומיות על מדדים ביבליומטריים של פרסומי ישראל

חברות פעילה בתשתיות מחקר בינלאומיות היא בעלת חשיבות הן מבחינת הציוד המחקרי הייחודי המוצב בהן והן בשל היותן מקום מפגש בין חוקרים מובילים ולכן קטליזטור לקשרי עבודה ושיתופי פעולה מחקריים בינלאומיים. חשיבות זו אף עולה כיום עם עלייתו של המדע הגלובלי, חסר הגבולות.

התועלת המדעית הנובעת מחברות בתשתיות מחקר בינלאומיות היא מגוונת ותלויה בטיב התשתית: גישה לציוד מחקר ייחודי (כולל בסיסי נתונים); אימון, התמחות והכשרת חוקרים; קורסים וכנסים; מענקי מחקר ומילגות; הפרייה הדדית של רעיונות ושיתוף במומחיות; גישה למכרזים לפיתוח התשתית עצמה; שיתופי פעולה במחקר ועוד. תועלת מגוונת זו קשה לכמת.

בפרק זה תיארנו את תשתיות המחקר הבינלאומיות בהן ישראל חברה; תחומי המחקר העיקריים שלהן; אופי השותפות הישראלית; העלות השנתית של השותפות והגופים המממנים; מספר המשתתפים הפעילים מישראל; ובדקנו את השפעת החברות בתשתיות על פרסומי ישראל. מצאנו שבחלקן יש תרומה משמעותית למספר פרסומי ישראל ולהשפעה המדעית שלהם (מספר הציטוטים לפרסום), אולם מדד זה אינו מתאים לבחינת כל התשתיות.

למרות הבדלים רבים בפעילות ישראל בתשתיות השונות, באופן כללי ניתן לומר כי שיתוף הפעולה של ישראל בתשתיות מחקר בינלאומיות מערב באופן ישיר חוקרים רבים מאוניברסיטאות ישראל ובדרכים שונות ומגוונות. אינטראקציות אלה מאפשרות הפרייה הדדית של רעיונות, שיתוף במומחיות, שימוש בשירותים וציוד מדעי, אימון והכשרת חוקרים, ובסך הכל במספר רב של חוקרים וסטודנטים ישראלים הנחשפים למחקר בינלאומי בחזית המדע ובשיתופי פעולה הנוגעים מכך. לשותפות מוצלחת זו יש תרומה ישירה ועקיפה לקידום המדע והמו"פ בישראל, והיא מתבטאת גם בהשפעה על מספר הפרסומים הישראלים והשפעתם המדעית.

דוח שנתי על פעילות ישראל בכל אחת מן התשתיות, אם יופק, עשוי להצביע על התועלת למדע בישראל כתוצאה מהחברות בתשתית, למשל מספר המשתמשים, מענקי מחקר ומחקרים משותפים שצמחו בתשתית, תקופות התמחות, קורסים וכנסים שהתקיימו בה.

מצאנו שההחלטות על עצם החברות בתשתית, אנשי הקשר לתשתית וגם מקורות המימון מפוזרים לעתים בין כמה רשויות (משרד המדע והטכנולוגיה; ות"ת; מל"ג; האקדמיה הלאומית למדעים; משרד ממשלה שונים ועוד).

ייתכן שיש צורך בגוף אחראי אחד במדינה המרכז את כל נושא החברות בתשתיות בינלאומיות. גוף יחיד זה יוכל לשמש כתובת ברורה לקהילה המדעית, לדאוג לאנשי קשר פעילים לתשתית, ולספק דו"ח שנתי על פעילות ישראל בכל אחת מהתשתיות. מידע כזה עשוי לתרום להחלטות מושכלות באיזה תשתיות מחקר בינלאומיות ראוי לישראל להשתתף.

גורמים העשויים להשפיע על מספר הציטוטים של פרסומי ישראל ודוגמאות למידת ההשפעה

ההשפעה המדעית של פרסומים נבחנת כיום בעיקר על סמך נתוני ציטוטים, המשמשים כלי מרכזי בהערכת המחקר בדירוגים עולמיים שונים (מדד שנחאי, מדד לידן, מדד טיימס) ובהחלטות השונות של פרטים, מוסדות ומדינות.

מספר הציטוטים הממוצע לפרסום עשוי להיות מושפע מגורמים רבים וביניהם: חשיבות הפרסום ותרומתו למאמר המצטט; תרבות הפרסומים והציטוטים בשטח המדעי; מספר המחברים; שיתוף פעולה בינלאומי בפרסומים ועוד. גם לשינויים בדפוס הפרסום של מאמרים מדעיים יש השפעה רבה על ממוצע הציטוטים לפרסום. בפרק זה נסקרו גורמים המשפיעים על מספר הציטוטים, ומצאנו כי:

שת"פ בינלאומי - הכולל פרסומים משותפים עם חוקרים ממדינות שונות והשתתפות בפרויקטים בינלאומיים (ובפרט כאשר מספר המחברים גדול), וכן פרסום במקורות שהם Open Access - משפרים משמעותית את מספר הציטוטים של מאמרים מדעיים. בשני פרמטרים אלו - לישראל פחות פרסומים ביחס ל-9 מדינות ברות-השוואה. הקצאת משאבים למסלולים אלו עשויה לשפר את המיקום של מדינת ישראל והמוסדות האקדמיים שלה בדירוגים המתבססים על נתונים ביבליומטריים (בנוסף לתרומה הכללית למדע הישראלי).

מאפיינים נוספים של המאמר ניתנים לשינוי בקלות יחסית ועשויים להשפיע גם הם על מספר הציטוטים: אורך כותרת המאמר, מספר מילות המפתח וקריאות התקציר.

השפעה טכנולוגית וקשרי אקדמיה-תעשייה

פרק זה עוסק בשיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי בישראל ובעולם כפי שהוא משתקף בפרסומים, פטנטים, יוזמות ממשלתיות (תוכניות מגנט). במבט כללי ולפי שטחים.

הקשרים בין האוניברסיטאות לתעשייה מתבצעים בערוצים רבים ושונים ובדרכים מגוונות. מהתכניות שתוארו בפרק ניתן ללמוד שיש בישראל מודעות גבוהה לחשיבות קשרי אקדמיה-תעשייה, והיא מתורגמת למעשים הן בצד האקדמיה (האקדמיה הלאומית למדעים, ות"ת, תל"מ, חברות מסחור ומרכזי יזמות באוניברסיטאות) והן בצד התעשייה כפי שהיא מתבטאת בעבודת הממשלה (רשות החדשנות, המדענים הראשיים של משרדי הממשלה). ישנם בישראל גופים רבים העוסקים במשימה - הן בהתווית הדרך, מעקב ובקרה והן בביצוע.

עם עליית המודעות לחשיבות של קשרי אקדמיה-תעשייה נוצר הצורך להגדיר מדדים המשקפים קשרים אלה ומאפשרים מעקב ובקרה עליהם לאורך זמן ובהשוואה בינלאומית כפי שנעשה לגבי מדדים הבודקים את הפיריון וההשפעה המדעית של פרסומי האוניברסיטאות. אכן, בשנים האחרונות עוסקים מחקרים רבים בבחינת הקשרים המורכבים בין האוניברסיטאות למגזר העסקי ובניתוח ערוצים שונים של העברת ידע וטכנולוגיות בין שני המגזרים, אך עדיין אין הסכמה על רשימה מוגדרת של מדדים שיאפשרו להעריך קשרי אקדמיה ותעשייה.

פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי: יותר פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי נכתבים על ידי מספר מחברים גדול (23% מהפרסומים חוברו על ידי יותר מ-10 מחברים) מאשר בכלל פרסומי ישראל (8% מהפרסומים חוברו על ידי יותר מ-10 מחברים), במיוחד בשטחי הפיסיקה, הרפואה ומדעי החיים. עדיין, מרבית (77%) הפרסומים המשותפים נכתבו על ידי מספר מחברים נמוך מ-10; בשיתוף פעולה בינלאומי גבוה; ובעיקר עם חברות מחשבים ותרופות בינלאומיות.

הקשר בין פרסומים מדעיים לפטנטים: התמונה העולה מניתוח פרסומי ישראל המצוטטים בפטנטים מצביעה על דרוג גבוה מאוד של ישראל במספר הציטוטים של פרסומיה בפטנטים, ופרסומים אלה מתאפיינים במספר נמוך יחסית של מחברים ומעט יחסית שיתוף פעולה בינלאומי. תמונה זו מעידה על השפעה טכנולוגית משמעותית שפותחה באקדמיות בישראל.

מטרת המחקר בשנה זו להאיר ולדון במספר נושאים שאינם נכללים במחקר הליבה. בשנה הקודמת התרכז המחקר במתן תמונת מצב עדכנית המשקפת פעילות מקיפה ומתמשכת לתיאור וניתוח של תפוקות המו"פ האקדמי בישראל ומגמותיו לאורך זמן ובהשוואה בינלאומית - מחקר הליבה¹ אשר תיאר ירידה בדירוג פרסומי ישראל הן במדדים כמותיים כמו פרסומים לנפש והן במדדי השפעה מדעית. בשנה השנייה (הנוכחית) לא חזרנו על תיאור זה כיוון שהשינויים בו מתרחשים לאורך זמן ואין תועלת רבה בבדיקתו מדי שנה. במקום זאת, המחקר השנה עוסק במספר נושאים בעלי חשיבות למו"פ בישראל ואשר אינם נסקרים במסגרת מחקר הליבה.

מאגרי מידע: קיימים שני מאגרי מידע יעודיים מובילים לניתוחים ביבליומטריים - המאגרים של Elsevier ושל Clarivate Analytics (לשעבר Thomson Reuters). כמו בדו"ח הקודם שהגשנו ב-2017 "תפוקות מחקר ופיתוח בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית" בחרנו גם הפעם להשתמש במאגרים הביבליומטריים של Elsevier.

בנוסף לסיבות המפורטות בפרק הראשון של הדו"ח הנ"ל, פורסם ב-2016 מסמך² של Science-Metrix המשווה בין 2 המאגרים הביבליומטריים המובילים (Elsevier) ו-Web of Science (Clarivate Analytics). למרות ההבדלים בין המאגרים מחברי המסמך קובעים כי:

The report also confirms that both databases can be used for the production of robust bibliometric data, if the statistics are compiled and analyzed with a careful knowledge of the database coverage.

הבחירה שלנו במאגרי Elsevier נעשתה משני טעמים עיקריים:

1. כיסוי רחב יותר של מאמרים מכנסים אשר משפיע על ניתוח הפרסומים בתחומים כמו מדעי המחשב והנדסה

2. אפשרויות לבדיקה מעמיקה יותר של המידע היות והנתונים מקושרים לרשימות המאמרים באופן שמאפשר בדיקה מיקרו-ביבליומטרית של התוצאות³

תכנית העבודה המופיעה בדו"ח זה גובשה בתיאום עם נציג המולמו"פ ד"ר גורי זילכה.

הממצאים המוצגים בדו"ח מתבססים על הנתונים במאגרי Elsevier וכוללים עיבוד מתקדם של הנתונים והשלמת נתונים ממאגרי מידע שאינם ביבליומטריים אשר רלבנטיים לנושא הפרק (למשל מאגרי פטנטים; משרד התעשייה לנתוני תעשייה, האקדמיה הלאומית למדעים). בכל מקום שבו לא צויין אחרת – המקור לנתונים הביבליומטריים הינו מאגר SciVal מבית Elsevier.

¹ גץ דפנה, לביד נעה, ברזני אלה. תפוקות מו"פ בישראל: פרסומים מדעיים בהשוואה בינלאומית, 2017. חיפה, ישראל מוסד שמואל נאמן, 2018

² Côté, G., Roberge, G., & Archambault, E. (2016). Bibliometrics and Patent Indicators for the Science and Engineering Indicators 2016

³ יש לציין כי שני המאגרים מחשבים באופן שונה את ה-Impact Factor של כתבי-העת

1. מכוני מחקר ממשלתיים

רקע

מערכת המחקר האזרחי בישראל מתבססת על שלושה מסלולים עיקריים⁴: מחקר מדעי בסיסי המבוצע בעיקרו על ידי תשע אוניברסיטאות המחקר; מחקר ופיתוח (מו"פ) תעשייתי-אזרחי המבוצע במגזר העסקי ומסתייע על ידי משרדי ממשלה שונים ובעיקר על ידי רשות החדשנות; מחקר מוכון ממשלתי המבוצע על ידי מכוני המחקר הממשלתיים, במינהלי המחקר ובאמצעות המדענים הראשיים במשרדים השונים ובאוניברסיטאות.

מגזרים אלה מבצעים פעילות מחקר ופיתוח שונה באופייה ומטרותיה. כך למשל, המגזר העסקי מבצע פעילות מחקר ופיתוח יישומית בעלת ערך מסחרי, אשר עתידה להשיא את רווחי החברה המבצעת פעילות זו. המגזר האקדמי, לעומת זאת, אמון באופן מסורתי על מחקר בסיסי שאינו מוכון, ומונע על ידי סקרנותו של החוקר. המגזר הממשלתי אחראי, על פי רוב, על ביצוע מחקר ופיתוח יישומי בהתאם למדיניות הממשלה ולמטלות השלטוניות.

המחקר האקדמי והמו"פ התעשייתי עצמאיים בפעילות המו"פ שלהם, אך מקבלים סיוע תקציבי מטעם הממשלה: הממשלה משתתפת בתקצוב המחקר האקדמי באמצעות הוועדה לתכנון ותקצוב (ות"ת) שליד המועצה להשכלה גבוהה. המו"פ התעשייתי מתבסס בעיקר על מקורותיו אך מסתייע בתקצוב ממשלתי, הנעשה בעיקר באמצעות רשות החדשנות.

במסגרת המו"פ הממשלתי נערכות פעילויות של מחקר יישומי שהוגדרו כמימויות לאומיות, המכסות תחומי מו"פ שאינם מטופלים על ידי האקדמיה או המגזר העסקי ולכן יש לבצען במסגרת ממלכתית או ממשלתית. למשל, תשתית מו"פ החיונית לשימור ופיתוח תשתיות לאומיות כגון מים, משאבי טבע, חקלאות, חקר הים ועוד; וקיום מחקרים בעלי תועלת משמעותית לציבור בנושאי איכות חיים, שטחים ירוקים, בריאות המזון ועוד.

העילה המרכזית לקיומו של מחקר יישומי במסגרת ממשלתית ובמימונה היא קיומם של תחומי מחקר שלהם חשיבות רבה, המשקפים צורך כללי אשר בשל העדר השקעות מספיקות בתחום זה מן המגזר הפרטי צפוי כי לא יזכו להשקעה מספקת, אם יהיו נתונים לכוחות השוק. הסיבות האפשריות לכשל שוק זה הן, בין השאר, היותם של התוצרים טובין ציבוריים שלא צפוי שיופק מהם רווח כלכלי ישיר (למשל ניטור, הערכה וחיזוי של מצבם של אזורי הים הסמוכים למדינת ישראל וימותיה הפנימיות; ביצוע סקרים; פיקוח ורישוי של בעלי חיים); תחומים בהם יש קושי לשמור על הקניין הרוחני; פרויקטים להם עלויות גבוהות וזמן רב שצפוי לחלוף מראשית המחקר ועד לסיום הפיתוח.

מבחינה ארגונית, מכוני המחקר הלאומיים פועלים תחת סמכות המשרדים הממשלתיים הרלוונטיים, כאשר לרוב המשרדים יש גם לשכת מדען ראשי שאמורה לעסוק בהתוויית צרכי המחקר לשם גיבוש המדיניות. כך, במשרד החקלאות, פועל ראש מינהל המחקר החקלאי (מכון וולקני) ובנוסף פועלת לשכת מדע"ר. בשנת 2009 החליטה הממשלה על הקמה של מינהל המחקר למדעי האדמה והים במשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, שאמור לאגד תחתיו את המכון הגיאולוגי, המכון הגיאופיזי והחברה לחקר ימים ואגמים לישראל - חיא"ל. המלצה זו לא מומשה עד היום במלואה והקמת מינהל זה לא הושלמה⁴. חלק מתחומי העיסוק של מינהל האדמה והים, האמור, כרוכים בתחומי פעילות של לשכת המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים.

⁴ מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "בדיקת מצבם של מכוני המחקר הממשלתיים", רון תקוה, 12 בספטמבר 2006

מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "מידע על מחקר מדעי ומחקר ופיתוח בישראל", רועי גולדשמידט, 3 בפברואר 2011

מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "תפקידים ומעמדם של המדענים הראשיים במשרדי הממשלה", רועי גולדשמידט, 19 ביוני 2016

אכן, במהלך השנים הוקמו מספר וועדות והוגשו מספר מחקרים בנושא פעילות המדענים הראשיים במשרדי הממשלה ופעילות מכוני המחקר הממשלתיים, אך נראה כי הקשר בין מינהלי המחקר העוסקים במחקר המצוי בתחומי המטלות השלטוניות של הממשלה – ולכן פועלים תחתיה, לבין לשכות המדענים הראשיים – שאמורות לעסוק בהתווית צרכי המחקר לשם גיבוש המדיניות, לא מוסדר עדיין בצורה ברורה⁴. כך, כללנו את מיגל ברשימת המכונים הממשלתיים – למרות שהוא נמצא בבעלות החברה לפיתוח הגליל, זהו מרכז מו"פ אזורי אשר בדומה למרכזים אחרים בפריפריה נתמך על ידי משרד המדע. באופן דומה, גם מכון גרטנר מוגדר משפטית כחברה לתועלת הציבור, אך מהווה מסגרת מחקרית לאומית לחקר אפידמיולוגיה ומדיניות בריאות בישראל ויעודו המרכזי הוא לסייע למערכת הבריאות ולמשרד הבריאות בקביעת מדיניות בריאות מושכלת ובפיתוחה.

בפרק זה אנו מציגים את תמונת הפרסומים המדעיים של מכוני המחקר הממשלתיים המובילים במספר הפרסומים. אחד היעדים המוצהרים של מכוני המחקר הממשלתיים הינו פרסום מחקרים ומאמרים מקצועיים, וניתוח פרסומים אלה מאפשר לעמוד על תרומתם המחקרית של המכונים הממשלתיים. נתוני הפרסומים של ישראל מוצגים במקביל כדי לתאר את פרסומי המכונים בהקשר הכללי של המחקר בישראל. עם זאת, השוואה פשוטה בין שתי הקבוצות (פרסומי המכונים הממשלתיים וכלל פרסומי ישראל) אינה תקפה מכמה סיבות: יש הבדל גדול במספר הפרסומים בין שתי הקבוצות; פרסום מחקרים הוא רק יעד אחד של המכונים הממשלתיים (חשוב לציין שחלק מהפרסומים של המכונים מופיע בפורמט של דו"חות ולא כמאמרים ולכן אינם נכללים בספירה של המאגרים הביבליומטריים. נתוני הפרסומים המדעיים בפרק זה אינם משקפים את כלל פרסומי המכונים אך עשויים לשמש כפרוקסי להערכת השינויים והמגמות לאורך זמן).

תחומי הפעילות של מכוני המחקר הממשלתיים⁵

סקירה מקיפה על יעדי המו"פ הממשלתי ותחומי הפעילות של מכוני המחקר הממשלתיים ניתן למצוא בדו"ח של מוסד נאמן בנושא "קניין רוחני במגזר הממשלתי – תמונת מצב נורמטיבית והשוואתית"⁶. בדו"ח הנוכחי נתמקד במכוני המחקר המובילים במספר הפרסומים המדעיים שהופיעו בכתבי עת בינלאומיים בעשור שבין 2007-2016⁷.

⁵ רשימה זו נבנתה על-סמך המידע המופיע באתרי האינטרנט של מכוני המחקר. יש לציין שישנם אתרים שלא עודכנו בשנתיים-שלוש האחרונות

⁶ מוסד שמואל נאמן, "קניין רוחני במגזר הממשלתי – תמונת מצב נורמטיבית והשוואתית", דפנה גץ, לריסה איידלמן, מרים אסוצקי, בלה זלמנוביץ, שרון בר-זיו, אוקטובר 2012

⁷ יש לציין כי בסקר שערכה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נמצא כי בישראל קיימים כמאה מכונים ויחידות מחקר במגזר הממשלתי והציבורי, שבחלקם מתקיים גם מחקר תרגומי³⁶. בדוח זה מתוארים ונבדקים רק מכוני המחקר המובילים במספר הפרסומים

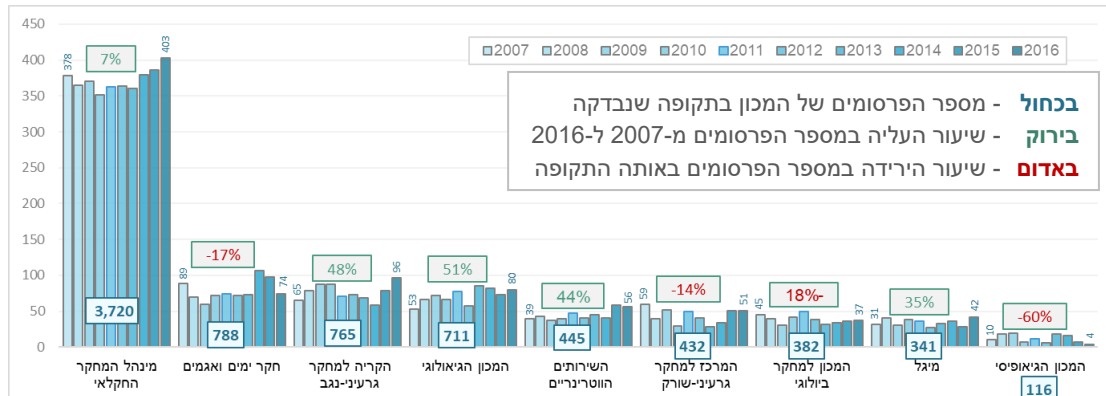
טבלה 1: תחומי הפעילות של המכונים הממשלתיים⁵

תחומי פעילות עיקריים	מכון מחקר ממשלתי
גידולים מוגנים (חממות); השקייה; חקלאות באיזורים צחיחים; טיפול בתוצרת לאחר הקטיף; הגנת הצומח; מיכון; פיתוח זנים חדשים של פירות, ירקות וצמחי נוי	מינהל המחקר החקלאי - מכון וולקני [יחידת סמך של משרד החקלאות] המוסד הגדול ביותר בישראל העוסק במחקר חקלאי. תפקידיו העיקריים הם לסייע לחקלאי ישראל בפתרון בעיות שונות, לבצע מחקר ופיתוח בנושאים חדשים ומבטיחים בחקלאות ובמדעי המזון ולתכנן, לארגן וליישם מחקר חקלאי בישראל.
מדעי הים (אוקיאוגרפיה); מדעי האגמים (לימנולוגיה); חקלאות ימית וביוטכנולוגיה	חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) [חברת מחקר ממשלתית מלכ"ר] חברה ממשלתית שהוקמה על מנת ליצור ידע לצורך ניצול מושכל ושימור של משאבי הים, החופים והמים של ישראל.
פיסיקה ניסויית/תיאורטית; נזקי קרינה; טרור רדיולוגי; הנדסת חומרים; מחקר סביבתי; אנרגיה; מחקר כורים	הקריה למחקר גרעיני – נגב (קמ"ג) [יחידת סמך של משרד הביטחון, הוועדה לאנרגיה אטומית] מטרת הקמ"ג לקיים פעילות מחקרית, לימודית ויישומית ענפה שנועדה להרחיב ולהעמיק את הידע הבסיסי במדעי הגרעין ולהוות תשתית לפיתוח מעשי וכלכלי של האנרגיה הגרעינית והשימוש בה.
מיפוי גיאולוגי בקנה מידה משתנה המהווה מידע בסיסי בנושא התשתית הגיאולוגית המבנית וההנדסית של מדינת ישראל; חקר תת הקרקע, מחקר ופיתוח מדעי-יישומי, יעוץ ומתן שירותים, ביסוס וקיום יכולות מקצועיות, יצירה של תשתיות אנליטיות, ניטור של פרמטרים גיאולוגיים וסביבתיים ובניה ותחזוקה של מסדי נתונים לאומיים	המכון הגיאולוגי לישראל [יחידת סמך של משרד האנרגיה] מוסד מחקר ממלכתי הפועל במסגרת מנהל מחקר האדמה והים במשרד האנרגיה. המכון מופקד על יצירת מרכז ידע מדעי-יישומי ממוקד ומותאם לצרכים הלאומיים של ישראל בתחום מדעי האדמה, בראייה ממלכתית, להבטחת האינטרס של המדינה ולרווחת תושביה.
מניעת מחלות בעלי-חיים ומחלות המשותפות לבעלי-חיים ולאדם, והדברתן; אבחון מחלות כנ"ל וביצוע מחקרים בהן; פיקוח על יבוא ויצוא של בעלי-חיים ותוצרתם; מחקר ופיתוח בתחום הרפואה הווטרינרית	השירותים הווטרינריים ובריאות המקנה [יחידת סמך במשרד החקלאות] השירותים הווטרינריים (שו"ט) מהווים יחידת סמך במשרד החקלאות ופיתוח הכפר. רשימת הפעילויות של המכון כוללת מחקרים ישומיים וסקרים בכל הנוגע לרפואה וטרינרית ובשטחים קרובים.
פוטוניקה, אלקטרואופטיקה ומגנטיות, חומרים בסביבת חלל, בטיחות קרינה, מאיץ חלקיקים "שרף", מרכז הנתונים הלאומי 'מנתו"ל'.	המרכז למחקר גרעיני - שורק (ממ"ג) [יחידת סמך של משרד הביטחון, הוועדה לאנרגיה אטומית] הכור בממ"ג נבנה כאמצעי לרכישת ידע בתחום הגרעין: בניית תשתית טכנולוגית והכשרת צוותים של מדענים, מהנדסים וטכנאים, אשר יוכלו בבוא העת לעסוק בפיתוח ולהחדיר את השימוש בידע ובשיטות גרעיניות במחקר, בתעשייה, ברפואה, בחקלאות ובמשק האנרגיה בארץ.
בצד פעילותו הביטחונית החסויה, עוסק המכון גם בפעילות אזרחית גלויה: פיתוח אמצעים לאבחון מחלות מידבקות; פיתוח חיסונים למחלות זיהומיות; פיתוח פתרונות לבעיות של איכות הסביבה; פיתוח מוצרים בתחום הרפואי והפרמצבטי; סינתזה ואנליזה של כימיקלים; פיתוח גלאים לאיתור חומרי נפץ וכימיקלים, ועוד.	המכון למחקר ביולוגי בישראל [יחידת סמך של משרד הביטחון] יחידת סמך ממשלתית העוסקת במחקר יישומי בתחומי ביולוגיה, מיקרוביולוגיה, כימיה רפואית, מדעי הטבע ומדעי הסביבה.
ביוטכנולוגיה ובריאות; אקולוגיה ומדעי הסביבה וחקלאות	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל [החברה לפיתוח הגליל, נתמך על ידי משרד המדע] מכון מחקר יישומי, הפועל בתחומי הביוטכנולוגיה, מדעי הסביבה והחקלאות. המכון הממוקם בקרית שמונה הוא בבעלות החברה לפתוח הגליל. החזון של מיגל הוא לפתח כלכלת ידע בגליל, בתחומי מדעי החיים והסביבה.
סקרים גיאופיזיים עבור שוק חיפושי הנפט והגז, איכות הסביבה, הנדסה סיסמית, ניטור ומחקר של רעידות אדמה בישראל וסביבותיה	המכון הגיאופיזי לישראל [חברה ממשלתית] מתמחה ביישום מגוון שיטות גיאופיזיות למיפוי מבנה ותכונות פיסיקליות של תת הקרקע בעיקר לתעשיית חיפושי הנפט והגז.

מכוני מחקר ממשלתיים – ניתוח פרסומים מדעיים

אחד היעדים המוצהרים של מכוני המחקר הממשלתיים הינו פרסום מחקרים ומאמרים מקצועיים בתחומי עיסוקם. ההגדרה של פרסומים מדעיים של מכונים ממשלתיים כוללת מאמרים שלפחות לאחד המחברים שלהם יש כתובת (affiliation) המשוייכת ע"י המאגר⁸ הרלבנטי לאחד המכונים שבנדקו בפרק זה⁹. באיור 1 ניתן לראות את השינוי במספר הפרסומים המדעיים של המכונים המובילים במספר הפרסומים לאורך התקופה 2007-2016.

איור 1: המכונים המובילים במספר הפרסומים המדעיים 2007-2016



באותה תקופה, מספר כלל הפרסומים הישראליים עלה ב-22%. ניתן לראות כי בשישה מכונים עלה מספר הפרסומים בתקופה זו, ובארבעה – ירד. כדי לעמוד על הסיבות לכך יש צורך בבחינה מעמיקה של מצב המכונים.

להשלמת התמונה – בדקנו את מספר המאמרים שפורסמו בכתבי-עת ישראלים (בעברית), אשר חלק ניכר מהם אינו נכלל במאגרים הביבליומטריים הבינלאומיים. פרסומים בכתבי עת ישראליים חשובים במיוחד עבור מכונים שקהל המטרה שלהם מעצם הגדרתם הוא בישראל, כדוגמת מכון וולקני וחקלאי ישראל. בטבלה הבאה ניתן לראות את מספר המאמרים של המכונים הממשלתיים שפורסמו בכתבי-עת ישראלים.

⁸ המקור לנתונים הביבליומטריים בפרק זה הינם מאגרי SciVal ו-Scopus, אלא אם כן צויין אחרת

⁹ יש לציין שהנתונים בפרק זה כוללים גם מאמרים של חוקרים שיש להם שיוך כפול - למכון המחקר ולאוניברסיטה

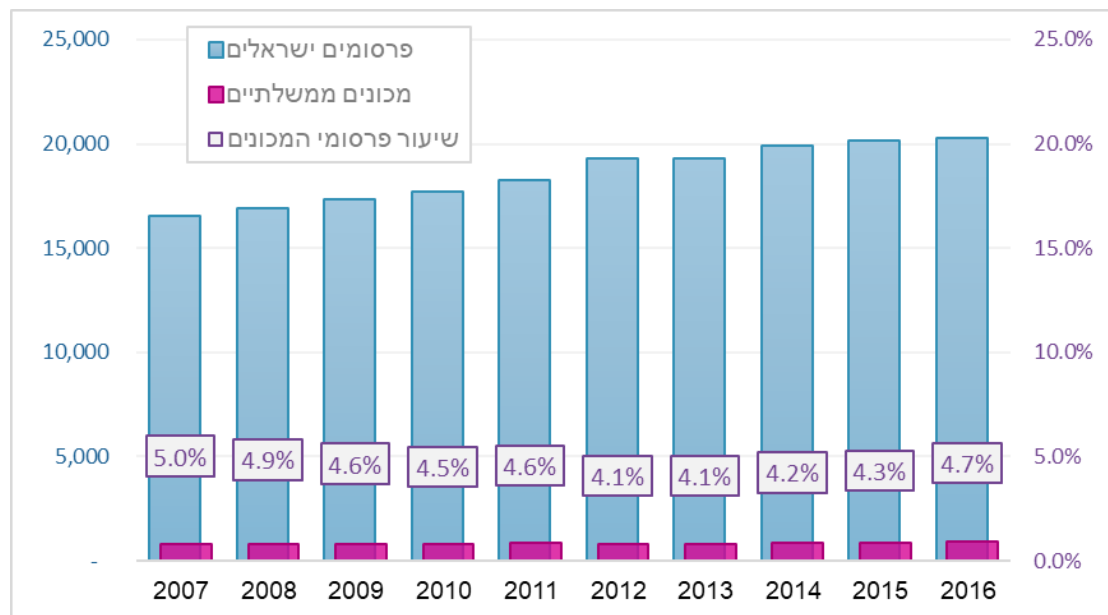
טבלה 2: מספר המאמרים של המכונים הממשלתיים שפורסמו בכתבי-עת ישראלים¹⁰

סיכום	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
259	3	15	12	25	58	64	42	40	מינהל המחקר החקלאי - מכון וולקני
23				8	11	1	1	2	המכון לחקר ימים ואגמים - חי"ל
11		1	2	1	2	1	2	2	המכון הגיאולוגי - מג"ל
4							1	3	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
1								1	המכון הגיאופיסי לישראל - מג"י
1						1			המכון למחקר גרעיני - ממ"ג שורק
1			1						השירותים הווטרינריים ובריאות המקנה - המכון הווטרינרי ע"ש קמרון

אכן, מכון וולקני מציג מספר פרסומים גבוה ומשמעותי בכתבי עת ישראלים, בעוד לשאר המכונים מעט פרסומים כאלה או כלל לא.

באזור 2 ניתן לראות את שיעור הפרסומים של מכוני המחקר הישראלים המובילים במספר הפרסומים (לפי מאגר Scopus) מכלל פרסומי ישראל בשנים 2007-2016.

איור 2: שיעור פרסומי הממשלתיים מכלל פרסומי ישראל



שיעור הפרסומים הממוצע של המכונים שנבדקו מכלל פרסומי ישראל הינו 4.5% בעשור שבין 2007-2016. בעשור זה חלה ירידה קלה בשיעור הפרסומים של המכונים מכלל פרסומי ישראל, אשר כאמור את סיבותיה יש לחפש בבדיקת מצב המכונים אשר חורגת מדוח זה.

¹⁰ הבדיקה נערכה באמצעות חיפוש בשדה השיוך המוסדי של מפתח חיפה למאמרים בעברית - IHP (קישור)

בבדיקה זו לא נמצאו תוצאות עבור הקריה למחקר גרעיני-נגב והמכון למחקר ביולוגי

מדדי ההשפעה המדעית של מחקר נשענים בעיקר על מספר הציטוטים הממוצע לפרסום (כלל הציטוטים שנצברו בכל תקופה, חלקי סך כל פרסומי המדינה שראו אור באותה התקופה). כיוון שתרבות הציטוטים שונה בין תחומי המחקר, ומספר הציטוטים עולה עם הזמן, נהוג לנרמל את מספר הציטוטים הממוצע לפרסום (אימפקט) לפי התחום, השנה, והממוצע העולמי. ממוצע הציטוטים המנורמל (FWCI) מבטא את מידת החשיבות של הפרסום ותרומתו למאמר המצטט אותו ומגלם גם מספר מרכיבים שיש להם השפעה רבה על העלאת האימפקט, והם ניתנים למדידה באופן נפרד מהאימפקט הכללי:

- אימפקט כללי: ממוצע ציטוטים (מנורמל) לפרסום, מתאר את ההישג הממוצע של המדינה לפי שטחים או בכלל פרסומי המדינה
- שיתוף פעולה בינלאומי: שיעור פרסומי המדינה שנכתבו בשיתוף פעולה עם חוקרים מחו"ל
- פרסומים מצויינים בעשירון העליון של המצוטטים ביותר: שיעור פרסומי המדינה המצויינים בעשירון העליון של הפרסומים המצוטטים ביותר בעולם. זהו מדד מצויינות (ולא ממוצע)
- פרסומים המופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים: שיעור פרסומי המדינה שהתפרסמו בעשירון העליון של כתבי העת הטובים ביותר בעולם. מדד זה אינו תלוי ישירות במספר הציטוטים לפרסום אלא לכתב העת שבו פורסם, ולפיכך שונה באופן מהותי מהמדדים הקודמים. זהו מדד מצויינות (ולא ממוצע).

כל אחד ממדדים אלה מלמד על היבט שונה וחשוב בפעילות המדעית של מדינה או מוסד. להלן מתוארים ונבחנים בקצרה מדדים שונים של ההשפעה המדעית בפרסומי מכוני המחקר הלאומיים.

כאמור, נתוני הפרסומים של ישראל מוצגים במקביל כדי לתאר את פרסומי המכונים בהקשר הכללי של המחקר בישראל. עם זאת, השוואה פשוטה בין שתי הקבוצות (פרסומי המכונים הממשלתיים וכלל פרסומי ישראל) אינה תקפה מכמה סיבות: יש הבדל גדול במספר הפרסומים בין שתי הקבוצות; פרסום מאמרים מדעיים הוא רק יעד אחד של המכונים הממשלתיים; הקטגוריות במאגרי המידע הביבליומטריים אינן תואמות במדויק את פעילות המכונים.

בטבלה 3 ניתן לראות כי ברוב המקרים ממוצע הציטוטים של המכון בתחום העיקרי שבו הוא מפרסם מאמרים נמוך יותר מממוצע הפרסומים של ישראל באותו התחום. יוצא מן הכלל: מינהל המחקר החקלאי שהמאמרים שלו זוכים לממוצע ציטוטים גבוה או דומה לממוצע של כלל פרסומי ישראל בתחום הרלבנטי. ממוצע ציטוטים הוא מדד אחד במכלול של מדדי השפעה מדעית, בהמשך הפרק נידונים נתונים נוספים.

טבלה 4 מתארת את מדדי המצויינות של פרסומי המכונים: שיעור הפרסומים המופיעים בעשירון העליון של הפרסומים המצוטטים ביותר בעולם; ושיעור הפרסומים שהופיעו בעשירון העליון של כתבי העת המובילים.

טבלה 3: ממוצע הציטוטים של המכונים בהשוואה לממוצע פרסומי ישראל, 2007-2016

ממוצע ציטוטים מנורמל	ממוצע ציטוטים ישראלי	מספר פרסומים ישראליים	ממוצע ציטוטים מנורמל	ממוצע ציטוטים	שיעור מכלל פרסומי המכון	מספר פרסומי המכון	התחום המוביל במספר פרסומי המכון ¹¹	מספר מאמרים בתקופה	
בתחום המוביל			בתחום המוביל						
1.47	17.4	13,043	1.49	15.0	75%	2,796	Agricultural and Biological Sciences	3,720	מינהל המחקר החקלאי
1.47	17.4	13,043	1.44	16.7	63%	497	Agricultural and Biological Sciences	788	חקר ימים ואגמים
1.43	16.5	27,403	1.03	10.6	57%	438	Physics and Astronomy	765	הקרית למחקר גרעיני - נגב
1.40	18.5	6,846	1.34	16.6	76%	539	Earth and Planetary Sciences	711	המכון הגיאולוגי
1.32	10.3	1,012	1.05	7.8	56%	249	Veterinary	445	השירותים הווטרינריים
1.43	16.5	27,403	1.04	7.2	75%	325	Physics and Astronomy	432	המרכז למחקר גרעיני - שורק
1.58	18.1	55,959	1.17	15.1	33%	125	Medicine	382	המכון למחקר ביולוגי
1.55	26.0	26,542	0.99	16.6	45%	154	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	341	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
1.40	18.5	6,846	0.69	7.4	87%	101	Earth and Planetary Sciences	116	המכון הגיאופיסי

טבלה 4: פרסומי המכונים בכתבי-העת המובילים במספר הציטוטים, 2007-2016

Publications in Top 10 Journal Percentiles ¹³		Outputs in Top 10 Citation Percentile ¹²		מספר פרסומים	
Percentage ¹⁴	Total value	Percentage ¹⁴	Total value		
28.9%	1,076	17.9%	665	3,720	מינהל המחקר החקלאי
30.3%	239	18.1%	143	788	חקר ימים ואגמים
29.7%	227	12.0%	92	765	הקרית למחקר גרעיני - נגב
54.7%	389	18.0%	128	711	המכון הגיאולוגי
17.5%	78	8.8%	39	445	השירותים הווטרינריים
19.0%	82	4.6%	20	432	המרכז למחקר גרעיני - שורק
47.6%	182	14.9%	57	382	המכון למחקר ביולוגי
27.0%	92	11.7%	40	341	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
24.1%	28	5.2%	6	116	המכון הגיאופיסי

¹¹ הקטגוריות במאגרי המידע הביבליומטריים אינן תואמות במדויק את פעילות המכונים

¹² Outputs in Top Citation Percentiles: The number of publications of a selected entity that are highly cited, having reached a particular threshold of citations received. Use: SJR - [Scimago Journal Rank](#)

¹³ Publications in Top Journal Percentiles: The number of publications of a selected entity that have been published in the world's top journals.

¹⁴ האחוזים מתייחסים לשיעור הפרסומים מכלל פרסומי המכון בתקופה שנבדקה

בכלל פרסומי ישראל 16.4% נכללים בעשירון העליון של הפרסומים המצוטטים ביותר, ו-39.6% נכללים בעשירון העליון של כתבי העת. מטבלה 4 עולה שיש הבדלים גדולים בין המכונים הנסקרים: בחלקם מדדי המצויינות דומים ואף עולים על אלה של כלל פרסומי ישראל, ובחלקם המדדים נמוכים מאלה של כלל פרסומי ישראל.

מדדי פטנטים והשפעה טכנולוגית

שיעור המאמרים של מכון המחקר שמצוטטים ע"י פטנטים עשוי לשמש פרוקסי להערכת הרלבנטיות הטכנולוגית (technological relevance) של המכון¹⁵. פרסומים אשר צוטטו בפטנטים מעידים על מחקר מדעי שיש לו פוטנציאל כלכלי.

טבלה 5 מתארת את מספר ושיעור פרסומי המכון אשר צוטטו בפטנטים, ואת מספר הפטנטים אשר ציטטו את פרסומי המכון.

טבלה 5: נתוני מאמרים של המכונים הממשלתיים שמצוטטים בפטנטים, 2007-2016

Citing-Patents Count ¹⁸	Patent-Citations per Scholarly Output ¹⁷	Patent-Cited Scholarly Output ¹⁶		מספר פרסומים	
		Percentage ¹⁹	Total value		
263	77.2	3.2%	120	3,720	מינהל המחקר החקלאי
13	16.5	1.1%	9	788	חקר ימים ואגמים
13	17.0	0.7%	5	765	הקריה למחקר גרעיני - נגב
2	2.8	0.3%	2	711	המכון הגיאולוגי
49	109.6	2.7%	12	445	השירותים הווטרינריים
23	69.3	2.3%	10	432	המרכז למחקר גרעיני - שורק
78	261.8	8.9%	34	382	המכון למחקר ביולוגי
29	131.2	6.5%	22	341	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
				116	המכון הגיאופיסי

ניתן לראות כי מינהל המחקר החקלאי (מכון וולקני), מיגל ובמיוחד המכון למחקר ביולוגי – פרסמו שיעור גבוה יחסית של מאמרים שצוטטו במספר רב יחסית של פטנטים. כלומר, למכונים אלה יש רלבנטיות טכנולוגית גבוהה יחסית. גם במדדים אלה יש הבדל ניכר בין המכונים: חלקם דומים או גבוהים מאלה של כלל פרסומי ישראל וחלקם נופלים מהם. בכלל פרסומי ישראל 3.1% מהפרסומים

¹⁵ Patelli, A., Cimini, G., Pugliese, E., & Gabrielli, A. (2017). The scientific impact of nations on scientific and technological development. arXiv preprint arXiv:1704.03768

¹⁶ Patent-Cited Scholarly Output: The count of scholarly outputs published by the selected entity that have been cited in patents

¹⁷ Patent-Citations per Scholarly Output: Average patent-citations received by 1,000 scholarly outputs published by the selected entity

¹⁸ Citing-Patents Count: The count of patents citing the scholarly output published by the selected entity

¹⁹ האחוזים מתייחסים לשיעור הפרסומים מכלל פרסומי המכון בתקופה שנבדקה

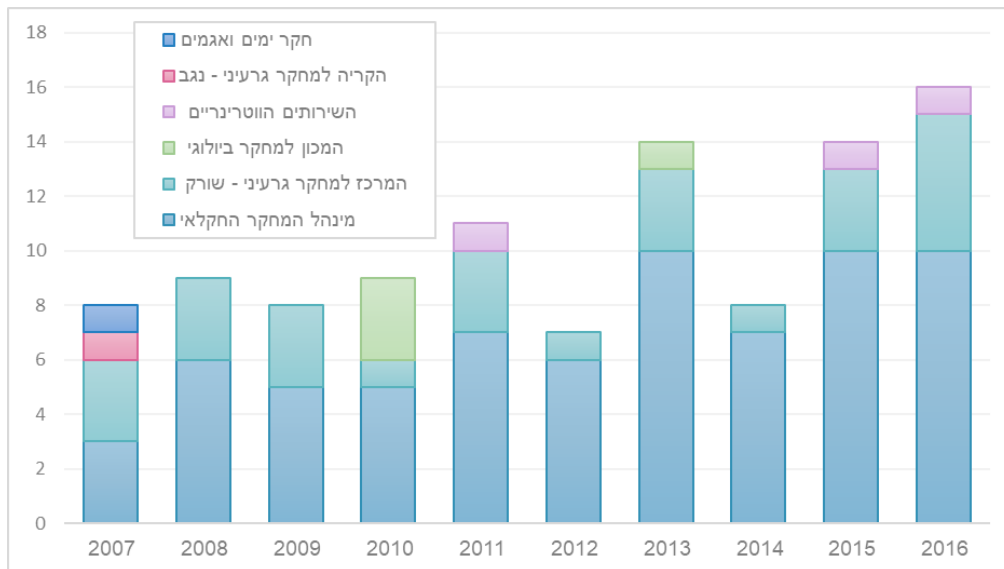
מצוטטים בפטנטים, 98.1 ציטוטים בפטנטים לאלף פרסומים, 13,973 פטנטים מצוטטים פרסומים מישראל.

טבלה 6 מתארת את מספר הפטנטים ובקשות הפטנטים שהוגשו על ידי המכונים לשני משרדי פטנטים מרכזיים, ואיור 3: השינוי במספר הפטנטים (PCT²⁰) של המכונים במהלך התקופה 2007-2016

טבלה 6: מספר פטנטים ובקשות לפטנטים שהוגשו ע"י מכוני המחקר, 2007-2016

מספר בקשות לפטנטים שפורסמו ב-USPTO ²¹	מספר PCT שפורסמו ב-WIPO ²⁰	
34	69	מינהל המחקר החקלאי
-	1	חקר ימים ואגמים
-	1	הקריה למחקר גרעיני - נגב
-	-	המכון הגיאולוגי
5	3	השירותים הווטרינריים
6	26	המרכז למחקר גרעיני - שורק
2	4	המכון למחקר ביולוגי
-	-	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
-	-	המכון הגיאופיסי

איור 3: השינוי במספר הפטנטים (PCT²⁰) של המכונים במהלך 2007-2016



באיור 3 ניתן לראות שמספר הפטנטים (PCT) של המכונים שנבדקו הוכפל מ-8 ב-2007 ל-16 ב-2016. אולם מגמת עלייה זו במספר הפטנטים אינה אחידה.

²⁰ מקור לנתונים: WIPO - World Intellectual Property Organization

²¹ מקור לנתונים: US Published Application Full Text Database

שיתופי פעולה בפרסום מאמרים

שיתופי פעולה במחקר מדעי ברמה הלאומית ובעיקר הבינלאומית תורמים רבות לפיריון ועלייה במדדי ההשפעה המדעית, כפי שהראינו כבר מספר פעמים (דוח פרסומים 2014, 2016, 2017).
בטבלה 7 מתוארים 4 המוסדות המובילים (בישראל ובחו"ל) בשיתוף פעולה עם כל אחד מהמכונים.

טבלה 7: המוסדות המובילים במספר המאמרים המשותפים²² עם המכונים הממשלתיים, 2007-2016

שיעור המאמרים המשותפים עם המוסד מכלל פרסומי המכון בתקופה שנבדקה								מס' מאמרים ב-2007-2016	
מוסד #4	מוסד #3	מוסד #2	מוסד #1						
5%	8%	11%	22%	משרד החקלאות	האוניברסיטה העברית	3,720	מינהל המחקר החקלאי		
9%	9%	9%	13%	אוניברסיטת חיפה	אוניברסיטת ת"א	788	חקר ימים ואגמים		
6%	6%	6%	52%	Aarhus University	אוניברסיטת בן-גוריון	765	הקריה למחקר גרעיני - נגב		
9%	10%	20%	37%	אוניברסיטת חיפה	האוניברסיטה העברית	711	המכון הגיאולוגי		
4%	7%	15%	27%	אוניברסיטת ת"א	האוניברסיטה העברית	445	השירותים הווטרנריים		
9%	9%	15%	15%	מכון ויצמן	אוניברסיטת בן-גוריון	432	המרכז למחקר גרעיני - שורק		
4%	4%	6%	12%	אוניברסיטת בר-אילן	האוניברסיטה העברית	382	המכון למחקר ביולוגי		
14%	17%	20%	56%	הטכניון	האוניברסיטה העברית	341	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל		
12%	13%	19%	19%	המכון הגיאולוגי	אוניברסיטת ת"א	116	המכון הגיאופיסי		Al-Balqa Applied University

ניתן לראות שהאוניברסיטה העברית, אוניברסיטת ת"א ואוניברסיטת בן-גוריון מובילות במספר הפרסומים המשותפים עם המכונים הממשלתיים. שיתוף פעולה זה מתבקש, למשל, בין הפקולטה לחקלאות (היחידה בישראל) באוניברסיטה העברית למכון וולקני ולשירותים הווטרנריים; בין הקריה למחקר גרעיני בנגב והמרכז למחקר גרעיני בשורק לבין אוניברסיטת בן גוריון הסמוכה אליהם.

שיעור שיתוף הפעולה הבינלאומי של המכונים מתואר בטבלה 8.

²² חלק מהפרסומים המשותפים נכתבו ע"י מחברים ממספר מכונים ומדינות; במקרים אלו המאמר נספר לכל אחד מהמוסדות שהשתתפו בכתיבתו ולכן תיתכן כפילות בחישוב שיעור הפרסומים המשותפים

²³ TRIUMF: Canada's particle accelerator centre

טבלה 8: המדינות המובילות במספר המאמרים המשותפים²² עם המכונים הממשלתיים, 2007-2016

שיעור המאמרים המשותפים עם המדינה מכלל פרסומי המכון בתקופה שנבדקה									
מדינה #4		מדינה #3		מדינה #2		מדינה #1		שיעור שת"פ בינלאומי בתקופה	
4%	סין	4%	גרמניה	4%	איטליה	20%	ארה"ב	43.2%	מינהל המחקר החקלאי
9%	בריטניה	11%	איטליה	12%	גרמניה	20%	ארה"ב	56.5%	חקר ימים ואגמים
7%	קנדה	8%	גרמניה	10%	בריטניה	35%	ארה"ב	49.1%	הקריה למחקר גרעיני - נגב
6%	צרפת	6%	בריטניה	11%	גרמניה	26%	ארה"ב	51.9%	המכון הגיאולוגי
5%	גרמניה	5%	איטליה	9%	בריטניה	16%	ארה"ב	34.8%	השירותים הווטרינריים
6%	ספרד	7%	צרפת	12%	גרמניה	12%	ארה"ב	37.3%	המרכז למחקר גרעיני - שורק
1%	קנדה	2%	סינגפור	3%	צרפת	24%	ארה"ב	32.5%	המכון למחקר ביולוגי
3%	איטליה	3%	בריטניה	6%	גרמניה	8%	ארה"ב	22.9%	מיגל - מכון למחקר מדעי בגליל
9%	ארה"ב	16%	גרמניה	24%	צרפת	26%	ירדן	60.3%	המכון הגיאופיסי

ניתן לראות שארה"ב, גרמניה, איטליה, בריטניה וצרפת מובילות במספר הפרסומים המשותפים עם המכונים הממשלתיים, באופן דומה לכלל פרסומי ישראל: שיתוף פעולה בינלאומי ב-43.4% מכלל הפרסומים; 24% עם ארה"ב, 8% עם גרמניה, 6% עם בריטניה, 5% עם צרפת. כדאי לציין שבמכון הגיאופיסי מספר הפרסומים המשותפים הגבוה ביותר הינו עם ירדן (Al-Balqa Applied University). באופן דומה למדדים הקודמים שתוארו, גם בשיעור הפרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי יש הבדלים בין המכונים – בחלקם השיעור גבוה ובחלקם נמוך מהשיעור בכלל פרסומי ישראל.

סקירה מפורטת של 3 מכונים לאומיים:

החברה לחקר ימים ואגמים; המכון הגיאולוגי; מכון וולקני

מדריך פרסקטי²⁴ מחלק את המוסדות המבצעים פעילות של מחקר ופיתוח לארבעה מגזרים עיקריים: המגזר העסקי; המגזר הממשלתי; מגזר ההשכלה הגבוהה; מוסדות פרטיים ללא כוונת רווח.

בהתאם לחלוקה זו קבעה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה כי המגזר הממשלתי כולל משרדי ממשלה, רשויות מקומיות, מוסדות לאומיים (כגון המוסד לביטוח לאומי) ומוסדות פרטיים ללא כוונת רווח שהממשלה מממנת את רוב הוצאותיהם, ואינם כוללים את המוסדות להשכלה גבוהה אשר מוצגים כמגזר נפרד בשל פעילותם הענפה בתחום המחקר והפיתוח. בסקר שערכה הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נמצא כי בישראל קיימים כמאה מכונים ויחידות מחקר במגזר הממשלתי והציבורי, שבחלקם מתקיים גם מחקר תרגומי (יישומי)²⁵.

עד כאן תוארו בקצרה מכוני המחקר המובילים במספר הפרסומים.

בטבלה הבאה מפורטים המדדים הביבליומטריים העיקריים של שלושת המכונים הלאומיים שנבחרו לסקירה מפורטת, בהשוואה למדדי ישראל: החברה לחקר ימים ואגמים; המכון הגיאולוגי; מכון וולקני (לתקופה 2013-2017).

²⁴ Organisation for Economic Co-operation and Development. (2015). Frascati manual 2015: guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development. OECD Publishing.

²⁵ עידן ירון, דוח מצב המדע בישראל - תשע"ז, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, 2016

טבלה 9: נתונים ביבליומטריים של 3 מכונים לאומיים בהשוואה לכלל פרסומי ישראל 2013-2017

Name	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	International Collaboration (%)	Outputs in Top 10 citation percentile (%)	Publications in Top 10 Journal Percentiles (%)
Agricultural Research Organization of Israel	1,891	1.58	47.2	19.5	38.8
Geological Survey of Israel	404	1.37	52	14.9	55.5
Israel Oceanographic & Limnological Research	433	1.64	56.4	21.2	34.5
Israel	101,340	1.49	46.6	16.6	40.1

המספרים מלמדים כי לשלושה מכונים אלה הישגים המשתלבים בהישגי כלל פרסומי ישראל: חלקם נמוכים וחלקם גבוהים מאלה של כלל פרסומי ישראל. להלן תיאור מפורט יותר של שלושה מכונים לאומיים אלה.

☞ החברה הממשלתית לחקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל)

» רקע כללי על חיא"ל

המכון לחקר ימים ואגמים הוקם בשנת 1967. המכון הוא חברת מחקר ממשלתית (מלכ"ר) לתועלת הציבור ומוגדר כזרוע ביצוע של הממשלה בתחומי המחקר והניטור האוקיאנוגרפי, לימנולוגי וחקלאות ימית.

חיא"ל כולל שלוש יחידות: המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה (חיפה); המעבדה לחקר הכנרת ע"ש יגאל אלון (תחנת ספיר); המרכז הלאומי לחקלאות ימית (אילת). בחיא"ל מועסקים כ-160 עובדים בכל שלוש היחידות וכ-70 סטודנטים לתואר שני ושלישי מידי שנה בהנחיה משותפת עם מוסדות אקדמיים. לחיא"ל יש שיתופי פעולה רבים עם כל אוניברסיטאות המחקר, המכון הגיאולוגי, מינהל המחקר החקלאי (מכון וולקני), משרדי ממשלה, חברות ורשויות ממשלתיות (חברת נמלי ישראל, רשות המים), מכונים ומוסדות מחו"ל.

בשנת 2009 קבעה החלטת ממשלה כי על חיא"ל (2 היחידות הצפוניות) להיות יחידת סמך ממשלתית כחלק ממינהל המחקר למדעי האדמה והים במשרד האנרגיה. החלטה זו לא בוצעה, ובשנת 2017 התקבלה החלטת ממשלה לתיקון ההחלטה הקודמת בה נקבע, באופן תמוה, כי שתי היחידות הצפוניות יישארו במעמד הנוכחי של מלכ"ר ואילו היחידה הדרומית, המרכז הלאומי לחקלאות ימית באילת, כן תהפוך ליחידת סמך ממשלתית במסגרת מינהל המחקר החקלאי. מעמד זה של מלכ"ר ממשיך לגרור תקצוב נמוך יחסית ובלתי סדיר (למשל, עד יוני 2018 לא התקבל אף סכום עבור שנת 2018). כיום מתקיים תהליך לבניית הסכם מסגרת רב-שנתי, אשר דורש החלטת ממשלה על עקרונות להסכם מסגרת. הסכם מסגרת כזה, בהנחה שיתבסס על עקרונות התקצוב של שאר מכוני המחקר הממשלתיים, יכול לשפר את ההליכים הבירוקרטיים הכרוכים בתקצוב ולכן את ההפעלה הסדירה של חיא"ל.

» אופי ומטרות המחקר שנעשה בחיא"ל

מטרת הפעילות המחקרית המתנהלת בחיא"ל היא פיתוח ידע וטכנולוגיה לניצול בר-קיימא, שימור ושיקום של משאבי הים, החופים והמים של מדינת ישראל. הפעילות של חיא"ל מכוונת בהתאם לצרכים הלאומיים של מדינת ישראל, כפי שחיא"ל ומשרדי הממשלה השונים רואים אותם, ולא מושתתת רק על סקרנותו האישית של החוקר. כל שנה מפרסמת חיא"ל תכנית עבודה שנתית שבה מפורטים הפרויקטים של כל יחידה. תכנית העבודה של חיא"ל מוגשת למשרד האנרגיה ומשרד החקלאות. בנוסף לכך, קיים מנגנון של וועדות מקצועיות אשר בוחנות את תכנית העבודה וביצוע תכניות עבודה קודמות תוך מתן המלצות מתאימות. עיקר הדגש הוא על מחקר יישומי או מחקרים שהם בתחום הצרכים הלאומיים ובעלי השלכות וחשיבות ציבורית, מחקרים שנובעים מצורך של לימוד היבטים מסוימים הקשורים בניטור, בסקרי רקע, מתן המלצות למדיניות סביבתית ופעילות ממשלתית בתחום הים או פעילות תפעולית של אגם הכנרת. כדי לשמור על רמה מקצועית גבוהה, חיא"ל מקדמת השגת מימון של מחקרים בעלי השלכות יישומיות וגם מימון מסוים של מחקר בסיסי מקרנות אקדמיות תחרותיות. קיימות גם מעט הזמנות למחקרים/עבודות מהמגזר הפרטי. חיא"ל מקפידים לברור ולבחון כל הזמנה מהסקטור הפרטי לגופו של עניין; במידה והפעילות מול מגזר מסוים עלולה להשליך על האובייקטיביות של חיא"ל בהיבט הציבורי - הם יימנעו ממנה. במקרה של קולות קוראים - מוגשות הצעות ויש הליך של אישור ובדיקה המוודא שהמחקרים באמת קשורים ליעדים העיקריים והתחומים שבהם חיא"ל עוסקת.

» מקורות המימון של המחקר הנעשה בחיא"ל

התקציב השנתי של חיא"ל עומד על כ-60 מיליון ש"ח. באופן כללי, עבור היחידות הצפוניות כמחצית מהתקציב מגיעה מהממשלה - בעיקר ממשרד האנרגיה. עבור המרכז הלאומי לחקלאות ימית התקצוב הממשלתי מגיע ממשרד החקלאות. התקצוב הממשלתי מיועד בעיקר לתקצוב הבסיסי - מימון החוקרים הראשיים וחלק מההוצאות הקבועות, אך אינו מספיק למימון הפעילות המחקרית השוטפת וחלק מכוח האדם. יתרת התקציב מגיעה מגורמים שונים כמו: קרנות מחקר תחרותיות (האיחוד האירופאי, קרנות ID לאומיות, הקרן הלאומית למדע); סקרים של תאגידים ציבוריים (רשות המים, חברת נמלי ישראל, מקורות ועוד); משרדי ממשלה שונים (באמצעות המדען הראשי) ומעט מהסקטור הפרטי ומתרומות. מכיוון שהממשלה מתקצבת רק את הגלעין הבסיסי (ללא פעילות), חיא"ל חייבים להשיג הכנסות עצמאיות על מנת לקיים את הפעילות המחקרית במכון. למרות תקצוב ממשלתי בחסר, בשנים האחרונות הצליחה חיא"ל (בין השאר) להכשיר ולהפעיל אניית מחקר ממשלתית מתקדמת, ולהקים מיזמים מחקריים שונים, למשל הפעלת צוללות אוטונומיות זעירות (גליידרים) בשיתוף עם האוניברסיטה העברית בירושלים, מכון וויצמן ואוניברסיטת בר-אילן; הצבת תחנת מדידה רב-תחומית בים העמוק (1.5 ק"מ עומק מים) בשיתוף עם אוניברסיטת בר-אילן.

תפוקות המחקר והפיתוח של חיא"ל ניתנות לחלוקה גסה לשתי קבוצות: (1) מחקר יישומי, תכניות ניטור, בדיקות וסקרים המבוצעים לפי צרכי המדינה וגופים פרטיים, ומתבטאים בדוחות וסקרים (כ-70 דוחות וסקרים בשנה; חברות בכ-22 וועדות לאומיות ובינלאומיות; חוות דעת לממשלה והשתתפות בוועדות כ-17 בשנה; ימי עיון והדרכה לתלמידים ונוער כ-6,400 תלמידים בשנה) (2) מחקר בסיסי המתבטא בפרסומים מדעיים שפיטים בכתבי-עת וכנסים.

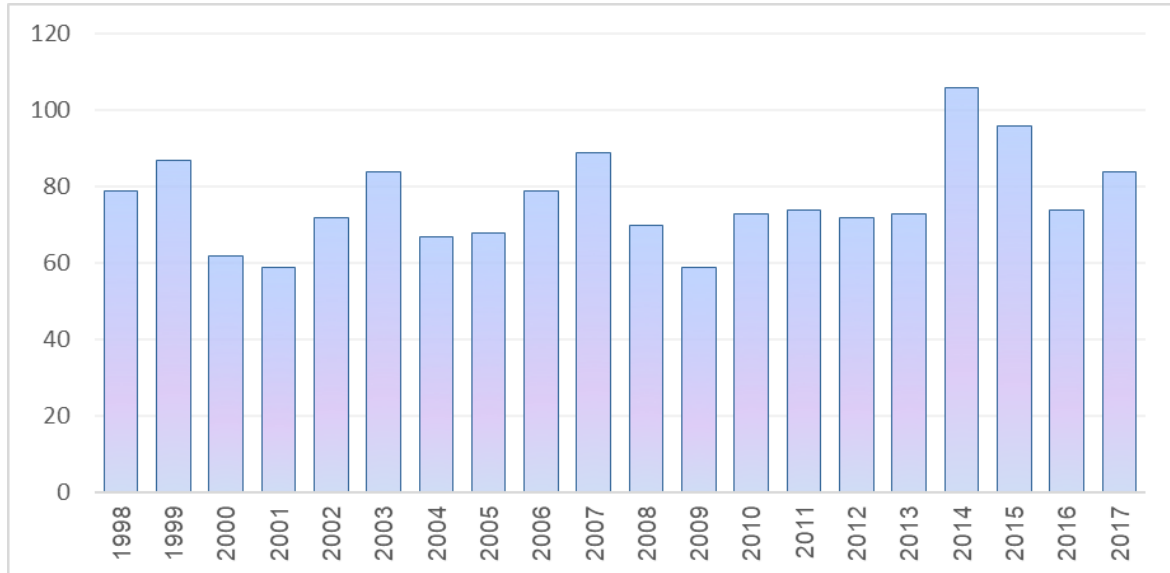
רשימה של מחקרים, תכניות ניטור, בדיקות והערכות סביבתיות (גם כאלה שאינם מופיעים כפרסומים מדעיים שפיטים); וכן רשימת חוג הלקוחות הרחב של חיא"ל לעבודות מיפוי וסקרים – מופיעות באתר חיא"ל²⁶.

²⁶ אתר חקר ימים ואגמים לישראל - חיא"ל (קישור)

» נתונים ביבליומטריים של פרסומים מדעיים של חיא"ל

באיור הבא מתואר מספר הפרסומים של חיא"ל בעשרים השנים האחרונות (1998-2017):

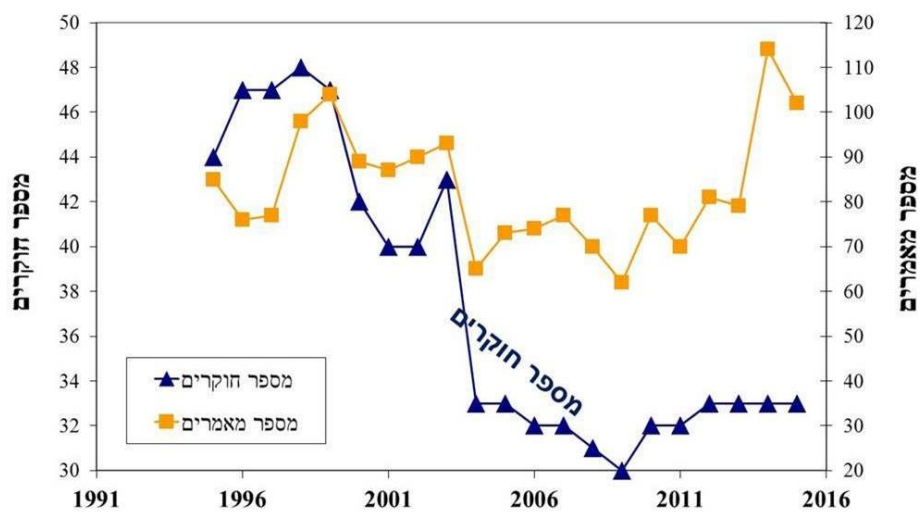
איור 4: חיא"ל – מספר הפרסומים המדעיים 1998-2017



ניתן לראות כי למעשה לא חל שינוי ממשי במספר הפרסומים של חיא"ל בשני העשורים האחרונים: עלייה לא רציפה של 6%, לעומת כלל פרסומי ישראל – עלייה רציפה של 93%.

באיור הבא מתואר מספר הפרסומים של חיא"ל בעשרות השנים האחרונות (1995-2015) כנגד מספר החוקרים הראשיים (דירוג מחקר):

איור 5: חיא"ל - מספר מאמרים מול מספר חוקרים



מקור: המכון לחקר ימים ואגמים

ניתן לראות כי יש הקבלה מסוימת בין מספר החוקרים (בדירוג מחקר) למספר הפרסומים. ובעיקר – כי חיא"ל מצליחה לשמור ואף להעלות את מספר הפרסומים השנתי למרות הקיצוץ במספר החוקרים הראשיים (וכן במספר העובדים בכלל – לא מוצג כאן) ובתקציביה.

בטבלה הבאה מתוארים מדדים ביבליומטריים של חיא"ל בהשוואה למספר מכונים, לאומיים ברובם, בעולם 2013-2017.

טבלה 10: מדדים ביבליומטריים של פרסומי חיא"ל בהשוואה למכונים דומים בעולם 2013-2017

	Name	Type	Scholarly Output	Field-Weighted Citation Impact	Outputs in Top 10 citation percentile (%)
1	GEOMAR - Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel - Germany	gov	2,360	1.88	30
2	National Oceanography Centre - UK	acad	2,399	1.88	31.3
3	NOAA - USA	gov	10,704	1.88	28.4
4	Royal Netherlands Institute for Sea Research – NIOZ - Netherland	gov	1,532	1.83	28.5
5	Marine Scotland - UK	gov	274	1.76	23.4
6	Israel Oceanographic & Limnological Research Ltd. - Israel	gov	433	1.66	23.8
7	IFREMER - France	gov	2,959	1.63	24.5
8	Hellenic Centre for Marine Research - Greece	gov	969	1.59	23.6
9	Instituto Espanol de Oceanografia - Spain	gov	1,144	1.44	17.5
10	Fisheries and Oceans Canada - Canada	acad	2,188	1.31	17.9
11	Istituto Nazionale Di Oceanografia E Geofisica Sperimentale, Trieste - Italy	acad	622	1.27	15.9
12	Korea Institute of Ocean Science & Technology - Korea	gov	1,356	0.95	11.1
13	National Institute of Oceanography and Fisheries - Egypt	gov	343	0.61	8.2

מהשוואה בינלאומית זו ניתן ללמוד שפרסומי חיא"ל מדורגים במקום טוב באמצע קבוצה זו הן במספרם (יחסית לגודל המדינה) והן באימפקט שלהם. זהו הישג מרשים בהתחשב בכך שמכונים אלה, בניגוד לחיא"ל, מתוקצבים באופן מלא וסדיר על ידי מדינתם.

לסיכום: חיא"ל מציגה תמונה קלאסית של מחקר במכון לאומי: מחקרים, ניטור ובדיקות הנוגעים לתשתיות לאומיות, ומתבטאים בדוחות ובסקרים שלה, בצד פרסומים מדעיים שפיטים העומדים מבחינת כמותם ורמתם בהשוואה בינלאומית. נראה כי הגידול המתון במספר הפרסומים לאורך שנים נובע בעיקר ממחסור במימון. כיום עדיין מצליחה חיא"ל לקיים פעילות מרשימה על אף תקציבה החסר והבלתי סדיר. על מנת שלא יקרה מקרה הסוס במעשייה הידועה (המספרת על סוס שהרגילו אותו בהדרגה למנות פוחתות והולכות של מזון, ובדיוק כאשר "התרגל" לתפקד ללא מזון כלל – פשט רגליו

ומת), נדרשת הסדרה מתאימה של מעמדה הסטטוטורי כמכון מחקר ממשלתי, תקצוב הולם, ראוי וסדיר כדי להמשיך ולקיים את פעילותה של חיא"ל.²⁷

המכון הגיאולוגי לישראל

» רקע כללי על המכון הגיאולוגי

המכון הגיאולוגי הינו מוסד מחקר ממלכתי בתחום מדעי האדמה, הפועל כיחידת סמך במשרד האנרגיה. במכון מועסקים כ-70 עובדים תקינים, כ-35 עובדים זמניים וכן כ-30 סטודנטים לתואר שני ושלישי. בנוסף פועלים במסגרת המכון חוקרים ותיקים וכן חוקרים אורחים מהארץ ומחו"ל. המכון מקיים מסכת הדוקה של שיתוף פעולה מקצועי עם מוסדות מחקר ממשלתיים, אוניברסיטאות וגורמים אחרים בארץ ובחו"ל. חוקרי המכון מדריכים סטודנטים לתארים מתקדמים בשיתוף עם מנחים מהאוניברסיטאות וחלקם מלמדים קורסים במוסדות להשכלה גבוהה. פעילויות המכון מתבצעות במסגרת פרויקטים נושאים, קצרים וארוכי טווח, בחלקם יזומים בהתאם לתכנית העבודה, ובחלקם כמענה לצרכים ממלכתיים, ציבוריים ופרטיים. פעולות המכון כוללות מחקר ופיתוח יישומי-מדעי, פעולות יעוץ ומתן שירותים, ביסוס וקיום יכולות מקצועיות, יצירה של תשתיות אנליטיות ובניה ותחזוקה של מסדי נתונים לאומיים. פעילות המכון ממומנת באופן ישיר מתקציב המדינה ומהכנסות מגורמי חוץ.

יעוד המכון:

1. להוות מרכז ידע מדעי-יישומי ממוקד ומותאם לצרכים הלאומיים של ישראל בתחום מדעי האדמה והתשתית הטבעית וזאת בראייה ממלכתית, להבטחת האינטרס של המדינה ולרווחת תושביה.
2. להוות גורם משמעותי בתכנון ארוך-טווח של פיתוח בר-קיימא לניצול מושכל של משאבי הטבע, השתלבות בגיבוש מדיניות לאומית בנושאי התשתית הטבעית, תכנון ופיתוח ראויים של התשתית והיערכות נכונה בפני סיכונים טבעיים ומעשי ידי אדם.

יעדי על:

1. פיתוח ויישום של כלים מדעיים כבסיס לקבלת החלטות - בניית בסיס מידע וידע על ידי מחקר וניטור מתמשכים, לתמיכה בקבלת החלטות בנושא ניצול מושכל ובר-קיימא של משאבי הטבע בישראל והיערכות נכונה לסיכונים טבעיים ומעשה ידי אדם.
2. יעוץ לממשלת ישראל בתחום מדעי כדור הארץ - יעוץ וייצוג בפורומים נדרשים בהתאם לצרכי החברה והמשק בישראל.
3. פיתוח ותפעול של תשתיות מחקר לאומיות חיוניות (כגון מרכזי מידע, בסיסי נתונים, מעבדות ותחנות מחקר וניטור) לצרכי מחקר ותכנון מיטביים של משאבי הטבע בישראל.
4. חינוך והכשרת דור העתיד בתחום מדעי כדור הארץ.

²⁷ הנתונים על חיא"ל נאספו ממקורות אינטרנטיים, נבדקו, הושלמו ואושרו על ידי פרופ' ברק חרות, מנכ"ל חיא"ל. מקורות:

מוסד שמואל נאמן, "קניין רוחני במגזר הממשלתי – תמונת מצב נורמטיבית והשוואתית", דפנה גץ, לריסה איידלמן, מרים אסוצקי, בלה זלמנוביץ, שרון בר-זיו, אוקטובר 2012

מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "תפקידים ומעמדם של המדענים הראשיים במשרדי הממשלה", רועי גולדשמידט, 19 ביוני 2016

נתונים ביבליומטרים - SciVal

אתר המכון לחקר ימים ואגמים

» אופי ומטרות המחקר המתנהל במכון הגיאולוגי

המכון הגיאולוגי מהווה גורם מרכזי בתכנון ארוך-טווח של פיתוח בר-קיימא לניצול מושכל של משאבי הטבע בישראל, השתלבות בגיבוש מדיניות לאומית בנושאי התשתית הטבעית, תכנון, פיתוח וניהול ראויים של התשתית והיערכות נכונה בפני סיכונים טבעיים ומעשי ידי אדם.

כמכון מחקר לאומי המכון ממוקד בפרויקטים כגון הקמת מערכת התרעה ארצית לרעידות אדמה, אי יציבות התשתית בים המלח, בעיית הבולענים, קציר המלח, תעלת הימים, נסיגת מצוק החוף, אי יציבות התשתית הימית, סיכונים גיאולוגיים בים. אלו הינם פרויקטים לאומיים הדורשים ניטור ומחקר מתמשכים ע"י קבוצות מחקר רב תחומיות וקבועות, במסגרת מכון ממשלתי שיש לו מחויבות ארוכת טווח למדינה. כמו כן המכון עוסק באיסוף נתונים, מיפוי וניטור על מנת שבצורה המשכית בזמן יהיו מאגרי נתונים בנושאים שונים ונתונים אלה פתוחים לציבור ולמקבלי ההחלטות. למשל - מיפוי גיאולוגי, הוצאת מפות סיכונים גיאולוגיים וסיסמולוגים ועידכון השוטף, הערכות לסיכונים רעידות אדמה, תרומה לתוכניות מתאר, הבטחת זמינות חומרי גלם לבניה ולתעשייה, חקר מי תהום ומים עיליים, מידול אקוויפרים, יעוץ להנחת תשתיות להולכת גז ודלק, איים מלאכותיים.

פרויקטים לאומיים כאלה של המכון הגיאולוגי מתקצבים ע"י משרדי ממשלה (למשל מערכת התרעה לרעידות אדמה, ניטור ים המלח וסביבתו; היערכות לקראת אירוע רעידות אדמה; פרויקט הטמנת CO₂); וכן רשויות ממשלתיות כגון רשות המים [איכות המים; ניטור ומידול אקוויפרים (מאגרי מי תהום)]; קידוחים כגון "קידוח שמיר" ברמת הגולן; פרויקט של המכון הגיאולוגי עם רשות המים וחברת "מקורות" בנושא בדיקת היתכנות של הפקת מים בחולה]. בנוסף למחקרים עצמם משתתף המכון הגיאולוגי גם בהגדרת רגולציות יחד עם משרדי ממשלה כגון משרד הפנים, משרד הגנת הסביבה, משרד הבינוי והשיכון וגופים כגון רשות שמורות הטבע וחברות ממשלתיות.

בנוסף, גורמים פרטיים (חברות תעשייה כמו מפעלי ים המלח, חברת הפוספטים) מזמינים מהמכון הגיאולוגי עבודות אנליטיות תמורת תשלום, אולם המכון הגיאולוגי אינו מתחרה במכרזים בשוק הפרטי. המכון הגיאולוגי מבצע עבודה מול חברות מסחריות במקרים בהם ניתן להגדיל את הידע התשתית.

» מקורות המימון לפעילותו של המכון הגיאולוגי

בסיס התקציב של המכון הגיאולוגי הוא ממשלתי ומיועד לפעילות שוטפת כגון תשלום משכורות, שירותים ואמרכלות. לפעילות המחקר וביצוע הפרויקטים אין למכון תקציב קבוע ופעילות זו נעשית מתוך הכנסות המכון הנגזרות מקרנות מחקר לאומיות, ממשלתיות וקרנות ומענקי מחקר תחרותיים כגון הקרן הלאומית למדע (ISF); הקרן הדו-לאומית למדע ישראל ארה"ב (BSF-NSF BSF) והשוק האירופאי המשותף (EU-COST, ERC); ומפרויקטים מוזמנים מגורמי חוץ, ובכללם תעשייה ומשרדי ממשלה. נתח פעילות זה מהווה 33% מכלל התקציב.

» כוח אדם לשנת 2018

במכון הגיאולוגי עובדים בתקן 42 חוקרים (ד"ר, רובם אחרי לימודי בטר דוקטורט), 19 עובדים על תקן מהנדסים, 11 טכנאי שדה, 6 עובדי מנהלה, 30 סטודנטים מונחים לתארים שני ושלישי. יש להדגיש שביחס למטלות שיש על החוקרים מצבת כוח האדם מצומצמת ביותר.

תחומי פעילות מרכזיים בחמש השנים האחרונות מפורטים בנספח ב.

תפוקת המחקר והפיתוח של המכון הגיאולוגי נחלקת באופן כללי לשתי קבוצות: (1) תכניות ניטור, מיפוי, בדיקות וסקרים המבוצעים לפי צרכי המדינה וגופים פרטיים, ומתבטאים בדוחות, חוות דעת, מפות, סקרים, הקמת בסיסי נתונים ומרכזי ידע לשימוש הציבור. למשל, בשנת 2015 פורסמו 27 דוחות (כולל 4 עבודות מאסטר ושני דוקטורטים); 6 דוחות טכניים; 3 מפות; פרק בספר; (2) מחקר יישומי

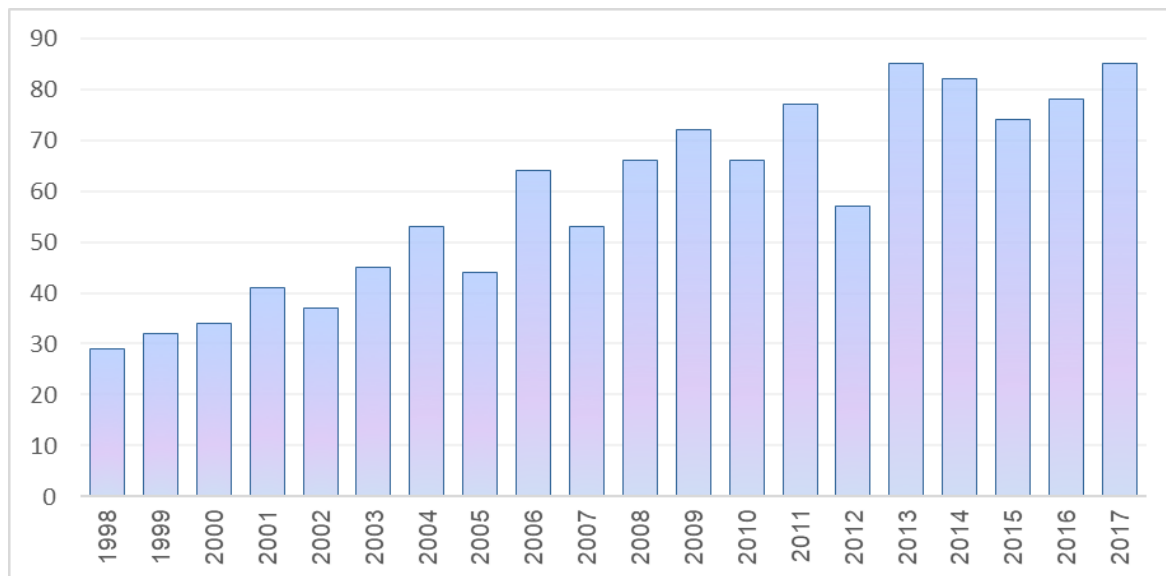
ומחקר בסיסי המתבטאים בפרסומים מדעיים שפיטים. למשל, בשנת 2015 פורסמו 75 מאמרים שפיטים; 121 עבודות שהוצגו בכנסים (תקצירים).

רשימה של תכניות ניטור, בדיקות והערכות סביבתיות (אשר אינם מופיעים כפרסומים מדעיים שפיטים); וכן רשימת לקוחות של המכון הגיאולוגי לעבודות מיפוי וסקרים – מופיעות באתר המכון הגיאולוגי²⁸.

» נתונים ביבליומטריים של פרסומים מדעיים של המכון הגיאולוגי

באיר הבא מתואר מספר הפרסומים לשנה של המכון הגיאולוגי בעשרים השנים האחרונות (1998-2017):

איור 6: מספר הפרסומים לשנה של המכון הגיאולוגי 1998-2017



ניתן לראות כי בשני העשורים האחרונים חלה עלייה, אמנם לא רציפה, של קרוב ל-300% במספר הפרסומים של המכון הגיאולוגי (לעומת כלל פרסומי ישראל – עלייה רציפה של 93%).

בטבלה הבאה מתוארים מדדים כלכליים וביבליומטריים של המכון הגיאולוגי בהשוואה למספר מכונים לאומיים (ארה"ב, צרפת, אנגליה, נורבגיה פינלנד) בעולם, 2013-2017.

²⁸ אתר המכון הגיאולוגי (קישור)

טבלה 11: מדדים כלכליים וביבליומטריים של המכון הגיאולוגי בהשוואה למכונים דומים בעולם 2013-2017

מדינה	אוכלוסיה מיליון 2017	תקציב מלש"ח 2015	מס' עובדים 2017	מס' חוקרים 2017	פרסומים לחוקר 2014	מספר פרסומים 2013-2017	FWCI	שיעור מצוטטים בעשירון העליון (%)	שיעור בעשירון העליון של כתבי העת (%)
Geological Survey of Finland									
פינלנד	5.5	189.4	520	212	0.25	484	1.04	11	33.5
British Geological Survey									
אנגליה	66.0	265.9	524	177	1.98	1,841	1.66	21	42.9
France geological survey									
צרפת	67.1	521.6	1035	711*	0.27	1323	1.33	19.3	40
Geological Survey of Norway									
נורבגיה	5.3	109.2	227	148	0.96	607	1.6	20.8	43.6
U.S. Geological Survey									
ארה"ב	325.7	3846.0	8413	1262	1.39	13,070	1.6	21.7	42.4
Geological Survey of Israel									
ישראל	8.7	45.1	96	43	1.74	406	1.37	15.3	57.5
מקור: המכון הגיאולוגי ²⁹					מקור: SciVal				

מקור: המכון הגיאולוגי ונתוני SciVal

מהשוואה בינלאומית זו ניתן ללמוד כי המכון הגיאולוגי בישראל קטן יחסית (גם לאחר תיקון לגודל המדינה); וכי תקציב המכון בישראל נמוך יחסית (אם כי בתיקון למספר החוקרים זהו תקציב ממוצע). אף על פי כן, יש למכון בישראל פריון גבוה (יחס מספר פרסומים לחוקר), ובמדד המצויינות המתאר את שיעור הפרסומים המופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים – המכון בישראל מדורג ראשון בקבוצת השוואה זו ובשיעור גבוה מאוד (למעלה ממחצית פרסומי המכון מופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים).

לסיכום: המכון הגיאולוגי מציג תמונה קלאסית של מחקר במכון לאומי: סקרים ובדיקות הנוגעים לתשתיות לאומיות, אשר מתבטאים בדוחות ובסקרים של המכון, בצד פרסומים מדעיים שפיטים העומדים מבחינת כמותם ורמתם בהשוואה מדינית ובינלאומית. ראוי לציין במיוחד את השיעור הגבוה של פרסומי המכון המופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים. עם זאת יש לחזור ולהדגיש שביחס למטלות שיש על החוקרים במכון מצבת כוח האדם מצומצמת ביותר.³⁰

²⁹ המדדים הכלכליים נלקחו מדוח של חברת TAK שהוכן עבור המכון הגיאולוגי. נתוני האוכלוסיה, מספר העובדים והחוקרים נכונים לשנת 2017. נתוני התקציב נכונים לשנת 2015. נתוני פרסומים לחוקר נכונים לשנת 2014

³⁰ הנתונים על המכון הגיאולוגי נאספו ממקורות אינטרנטיים, נבדקו, הושלמו ואושרו על ידי ד"ר רבקה אמית, מנהלת המכון הגיאולוגי. מקורות:

מוסד שמואל נאמן, "קניין רוחני במגזר הממשלתי – תמונת מצב נורמטיבית והשוואתית", דפנה גץ, לריסה איידלמן, מרים אסוקי, בלה זלמנוביץ, שרון בר-זיו, אוקטובר 2012

מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "תפקידים ומעמדם של המדענים הראשיים במשרדי הממשלה", רועי גולדשמידט, 19 ביוני 2016

» רקע כללי

מינהל המחקר החקלאי – מכון וולקני – פועל כיחידת סמך של משרד החקלאות. זהו מוסד המחקר הגדול ביותר בישראל העוסק במחקר חקלאי והוא נמנה עם הידועים מסוגו בעולם. המכון אחראי לכ-75% מפיתוח המחקר החקלאי בישראל. תפקידיו העיקריים הם לסייע לחקלאי ישראל בפתרון בעיות שונות, לבצע מחקר ופיתוח בנושאים חדשים ומבטיחים בחקלאות ובמדעי המזון ולתכנן, לארגן וליישם מחקר חקלאי בישראל. חוקרי מינהל המחקר החקלאי מלמדים במוסדות להשכלה גבוהה ובקורסים מתקדמים לחקלאות המיועדים למשתתפים מהארץ ומחו"ל ומנחים סטודנטים בעבודותיהם לתארים גבוהים.

רבים מהיחידושים שפותחו במינהל המחקר החקלאי מיושמים כבר ברמה המסחרית בארץ ובעולם. היישום מתבטא במיוחד בתחומים הבאים: גידולים מוגנים (חממות), השקייה, חקלאות באיזורים צחיחים, טיפול בתוצרת לאחר הקטיף, הגנת הצומח, מיכון וזנים חדשים של פירות, ירקות וצמחי נוי. כמו כן פועלים במסגרת המכון המעבדה הרשמית לבדיקת זרעים ובנק הגנים לצמחי ארץ ישראל.

» אופי ומטרות המחקר המתנהל במינהל המחקר החקלאי

מינהל המחקר החקלאי הוא מוסד מחקר ממשלתי העוסק במחקרים בכל תחומי החקלאות (בע"ח, צמחים, קרקע, מים, הנדסה ומיכון חקלאי ועוד). מינהל המחקר מורכב משישה מכוני מחקר; הקמפוס העיקרי של מינהל המחקר נמצא בראשון לציון וכולל 6 מכונים: למדעי הצמח; לחקר בעלי חיים; להגנת הצומח; למדעי הקרקע, המים והסביבה; לטכנולוגיה ואחסון של תוצרת חקלאית; ולהנדסה חקלאית; ושני מרכזי מחקר נוספים הנמצאים בגילת שבנגב הצפוני (מרכז מחקר גילת) ובעמק יזרעאל (מרכז מחקר נווה יער).

מינהל המחקר החקלאי נותן קורסים בין לאומיים למשתלמים ממדינות מתפתחות בשיתוף פעולה עם CINADCO ומש"ב (המרכז לשיתוף פעולה בינלאומי) במשרד החוץ. המינהל מאכסן את בנק הגנים לצמחי ארץ ישראל האחראי על איסוף ושימור זרעי הבר של כלל צמחי ישראל ובדגש על צמחי בר בעלי פוטנציאל כלכלי-חקלאי או חברתי-תרבותי בלתי ממומש. פעילויות נוספות במסגרת מינהל המחקר כוללות את הכשרת דור העתיד של מדענים במסגרת יחידת נוער שוחר מדע והכשרת מורים לחקלאות.

מחקר יישומי מתבצע גם במרכזי המו"פ החקלאי - גופים עצמאיים המפוזרים בכל הארץ (צפון, בקעת הירדן, ערבה תיכונה, לכיש, רמת נגב, אילות) - שלכל אחד מהם מנהל מדעי מטעם מינהל המחקר החקלאי שמטרתו לעזור, לתמוך ולכוון את העבודה המחקרית כך שתעשה בכלים המדעיים הנכונים.

רוב העבודה המחקרית המתבצעת במינהל המחקר החקלאי ממוקדת במחקרים בעלי אופי יישומי. לחוקרי המינהל יש שיתופי פעולה עם חוקרים מהאוניברסיטאות ומכוני מחקר אחרים בארץ ובעולם; עם חברות זרעים, מגדלים, מועצות יצור, חברות שווק, מופ"ים אזוריים, קק"ל, מוסדות מחקר מקבילים, חברות ביוטכנולוגיה והנדסה ועוד.

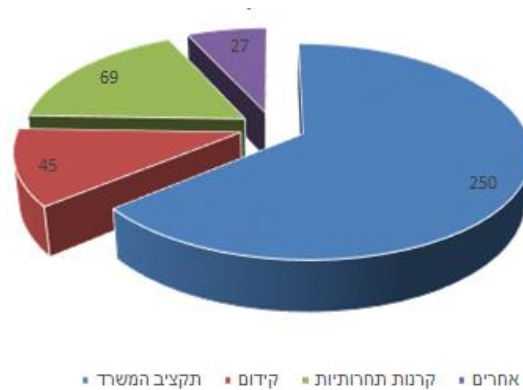
החזון של מינהל המחקר החקלאי הוא: "מצוינות במחקר ופיתוח לקידום החקלאות ושמירת הסביבה". מטרות העל הן:

- פיתוח ידע, טכנולוגיות ומוצרים להבטחת אספקת מזון, שמירת הסביבה ותעשייה נלווית;
- הטמעת יישומים בחקלאות ולשמירת הסביבה בארץ ובעולם;
- מתן פתרונות למשברים וקשיים בהווה ובעתיד: מזון, מים, אנרגיה, אקלים;
- הכשרת דור העתיד של המחקר, הפיתוח והיישום בתחום החקלאי.

» מקורות המימון של המחקר המתנהל במינהל המחקר החקלאי

מינהל המחקר החקלאי מתוקצב על ידי המדינה (חוק התקציב). עם זאת, תקציב הממשלה מכסה רק כ-60% מפעילות המינהל ומיועד בעיקר לכיסוי המשכורות וחלק מהתשתיות. 40% הנותרים, המשמשים לפעילות המחקרית של מינהל המחקר החקלאי (שאינה מתוקצבת באופן ישיר על ידי הממשלה), ממומנים מקרנות מחקר תחרותיות לאומיות ובינלאומיות, מתרומות ומשיתוף פעולה עם גורמים מסחריים. איור 7 מתאר את התפלגות הכנסות המכון בסך 391 מיליון שקל בשנת 2017.

איור 7: מינהל המחקר החקלאי - התפלגות הכנסות 391 מיליון ₪ לשנת 2017



מקור: מכון וולקני

» תפוקות המחקר והפיתוח של מינהל המחקר החקלאי

תפוקות המחקר והפיתוח של מינהל המחקר החקלאי ניתנות לחלוקה גסה לשתי קבוצות:

(1) מוצרים (כגון זנים חדשים, טכנולוגיות שונות, מיכון, שיטות עבודה שונות)

מינהל המחקר החקלאי פעל רבות כדי לקדם את העברת הטכנולוגיות שהוא מפתח לשימוש על ידי התעשייה וליישומן בעולם. אכן, תוצרים רבים של מינהל המחקר החקלאי מיושמים ברחבי העולם. בין היתר ניתן לציין את הפיתוחים הבאים:

- פיתוח מלונים מסוג "גליה", זן המנדרינה "אורי", זן הזיתים "אסקל" וזן הענבים "פריים" - הניטעים בהיקפים גדולים מאד ברחבי העולם.
- אריזות חכמות ומערכות לטיפול ושימור תוצרת טרייה הנמצאים בשימוש ברחבי העולם.
- ההשבחה והפרודוקטיביות של הפרה הישראלית אשר מבוססים על פיתוחים ועבודה מדעית של מכון וולקני.

חברות רבות התבססו על טכנולוגיה של מינהל המחקר החקלאי במשך שנים רבות מהקמתן ועד התבססותן המסחרית, כגון: "הזרע", "זרעים גדרה", "ליקורד" ו"סטאפק" (אריזות להארכת חיי מדף של תוצרת חקלאית).

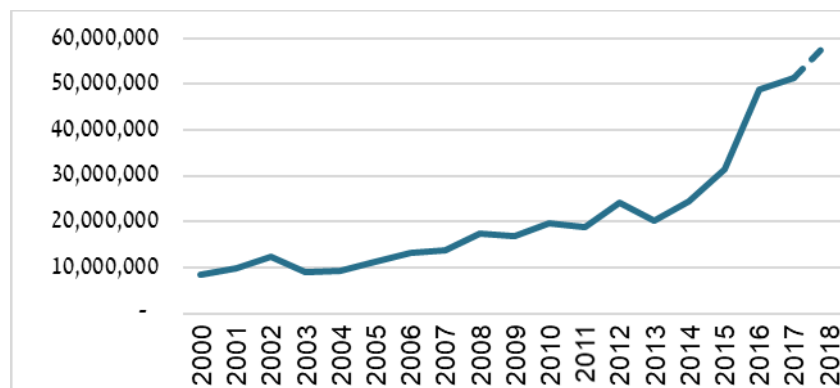
בשנת 1999 הוקמה יחידת "קידום" (הגוף האמון על העברת טכנולוגיה לתעשייה, ועל קבלת החרזתמלוגים). פעילות עסקית זו צמחה בתלילות בשנים האחרונות, כאשר היקף העסקאות הולך וגדל משנה לשנה, ונחתמים כ-90 הסכמים מסחריים בשנה.

כיום נמצא מכון וולקני בשיתופי פעולה עסקיים בהיקפים נרחבים עם חברות מובילות בישראל ובעולם, בין היתר עם חברות כגון: קוקה קולה, פפסיקו, סינג'נטה, בייר, כימיקלים לישראל, אדמה, חישתיל, וילמורין, וגופים רבים אחרים בארץ ובעולם. נוסף לכך, מינהל המחקר החקלאי מקדם כיום באופן

אינטנסיבי עבודה עם קרנות הון סיכון ייחודיות להקמת חברות הזנק לפיתוח טכנולוגיות בתחום החקלאות והמזון.

להלן גרף המתאר את השינויים בהכנסות של מינהל המחקר החקלאי מפעילות עסקית באמצעות "קידום" לתקופה 2000-2018.

איור 8: השינויים בהכנסות של מינהל המחקר החקלאי מפעילות עסקית באמצעות "קידום" לתקופה 2000-2018 (₪)

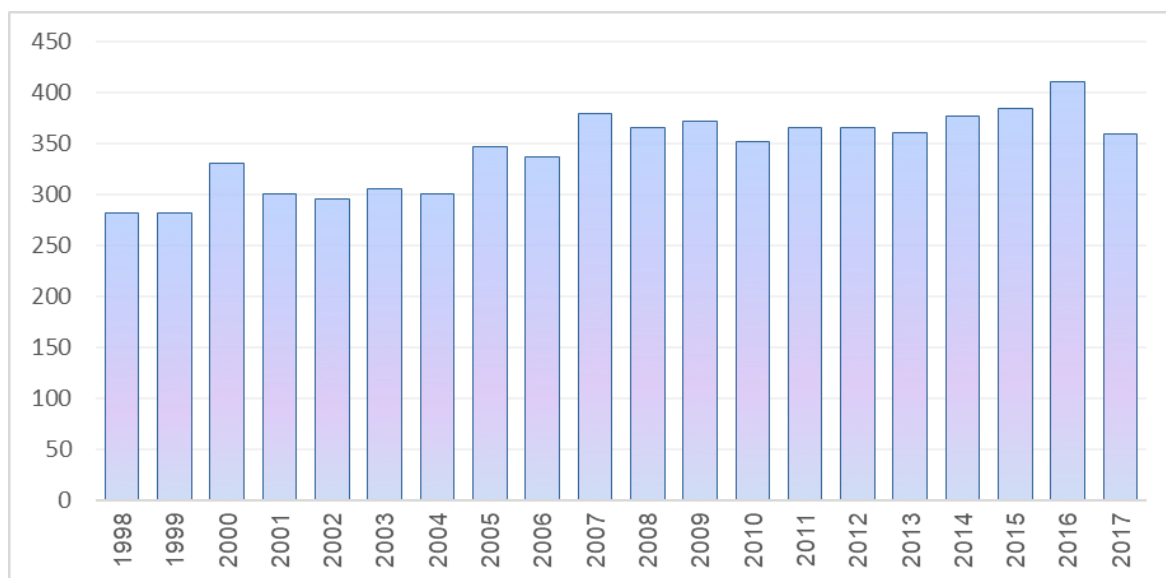


מקור: מכון וולקני

(2) מחקר המתבטא בפרסומים מדעיים שפויים.

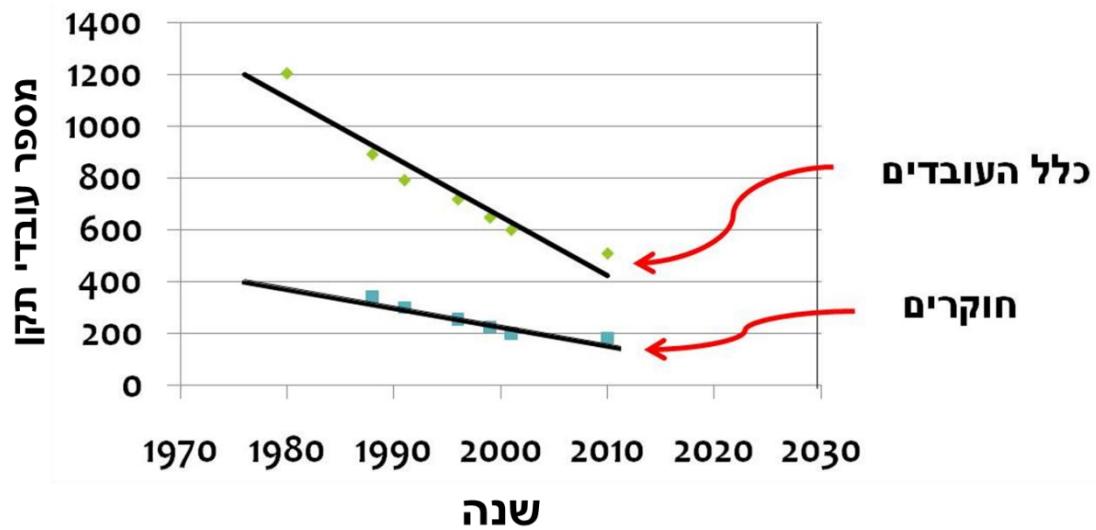
באיור הבא מתואר מספר הפרסומים של מינהל המחקר החקלאי בעשרים השנים האחרונות (1998-2017):

איור 9: פרסומי מכון וולקני בשנים 1998-2017



ניתן לראות כי בשני העשורים האחרונים חלה עלייה, לא רציפה, של כ-27% בפרסומי מינהל המחקר החקלאי (לעומת כלל פרסומי ישראל – עלייה רציפה של 93%). זהו הישג מרשים בהתחשב בכך שבתקופה זו ירד מספר החוקרים במינהל המחקר החקלאי מ-274 ל-190 (ירידה של כ-30%), כפי שניתן לראות בגרף הבא. כלומר, עלייה מרשימה בפריון המחשוב כפרסומים לחוקר.

איור 10: מספר החוקרים והעובדים במכון וולקני לפי שנים



מקור: מכון וולקני

בטבלה הבאה מפורטים המדדים הביבליומטריים העיקריים של מינהל המחקר החקלאי בהשוואה למדדי כלל פרסומי ישראל (לתקופה 2013-2017):

טבלה 12: מדדים ביבליומטריים של פרסומי מכון וולקני בהשוואה לכלל פרסומי ישראל 2013-2017

Name	Scholarly Output	FWCI	International Collaboration (%)	Outputs in Top 10 citation percentile (%)	Publications in Top 10 Journal Percentiles (%)
Agricultural Research Organization	1,891	1.58	47.2	19.5	38.8
Israeli Scholarly Output	101,340	1.49	46.6	16.6	40.1

מטבלה זו עולה, שהישגי מינהל המחקר החקלאי במדדים הביבליומטריים המתוארים דומים ואף גבוהים ביחס לאלה של כלל פרסומי ישראל.

בטבלה הבאה מתוארים מדדים ביבליומטריים של הפרסומים המדעיים של מכון וולקני בהשוואה למספר מכונים לאומיים בעולם לשטח העיקרי Agricultural and Biological Sciences:

טבלה 13: מדדים ביבליומטריים של פרסומי מכון וולקני בהשוואה למכונים דומים בעולם 2013-2017

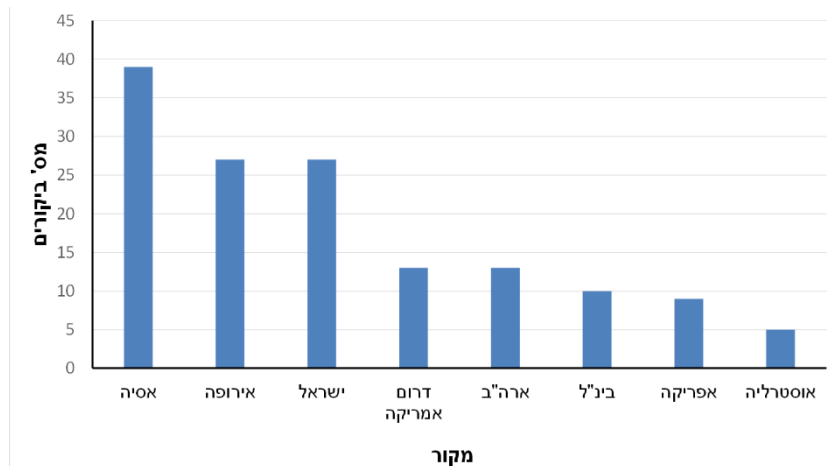
	Name	Country	Scholarly Output	FWCI	Outputs in Top 10 citation percentile (%)	Publications in Top 10 Journal Percentiles (%)
1	INRA Institut National de La Recherche Agronomique	France	11987	1.7	24.3	43
2	Teagasc - Irish Agriculture and Food Development Authority	Ireland	1098	1.69	23	29.4
3	Agricultural Research Organization	Israel	1357	1.6	18.7	32.8
4	MTT Agrifood Research Finland	Finland	308	1.51	15.3	20.7
5	IRTA - Institute of Agrifood Research and Technology	Spain	997	1.47	16.8	25.6
6	AgResearch	New Zealand	1120	1.42	14.6	23.9
7	U.S. Department of Agriculture	USA	19834	1.39	16.5	23
8	Department of Agriculture and Food Western Australia	Australia	506	1.36	14.2	17.4
9	AgriFood Canada	Canada	4382	1.34	14.8	21.3
10	Agricultural Research Council	South Africa	995	1.04	8.3	10
11	National Agricultural Research Centers Japan	Japan	2895	0.93	10.6	22.5
12	Indian Agricultural Research Institute	India	2504	0.65	5.8	6.6
13	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Mexico	647	0.6	5.4	7.8

מטבלה זו ניתן ללמוד שבקבוצת השוואה בינלאומית זו פרסומי מינהל המחקר החקלאי מדורגים במקום השלישי במדד האימפקט הכללי וכן במדד שיעור הפרסומים הנכללים בעשירון העליון של המצוטטים ביותר (מדד מצויינות), ובמקום השני במדד המצויינות של שיעור הפרסומים המופיעים בעשירון העליון של כתבי העת המובילים.

יש לציין כי בשנת 2017 זכה מינהל המחקר החקלאי בפרס הבינלאומי למחקר במדעי החיים של אונסק"ו (UNESCO) וגינאה המשונית המוענק מטעם אונסק"ו ליחידים ולמוסדות הפועלים בתחום מדעי החיים לטובת שיפור איכות החיים בעולם. זו הפעם הראשונה שישראל זוכה בפרס זה בקטגוריית מדעי החיים. הפרס ניתן למינהל המחקר החקלאי על תרומה יוצאת דופן לחקר בתחום מדעי החיים ועל קידום תחומי מחקר התורמים לרווחת האנושות כולה (Improvement of the quality of human life). מינהל המחקר החקלאי נבחר על ידי חבר שופטים בינלאומי שכולל מומחים בעלי שם עולמי במדעי החיים.

מינהל המחקר נתפס כמכון חשוב ומשמעותי במקומות רבים בעולם והראייה לכך הינה מספר המבקרים ההולך וגדל מדי שנה. במהלך שנת 2017 ביקרו במינהל המחקר החקלאי 143 משלחות רשמיות, מדעיות ועסקיות בהן השתתפו חוקרים מן האקדמיה ואנשי עסקים וממשל בכירים.

איור 11: מינהל המחקר החקלאי - התפלגות ביקורים ב-2017 לפי מדינות יבשות



מקור: מכון וולקני

לסיכום: מינהל המחקר החקלאי מציג תמונה קלאסית של פעילות של מכון מחקר לאומי חקלאי: פיתוח ידע, טכנולוגיות ומוצרים הנוגעים לתשתיות לאומיות לשם הבטחת אספקת מזון, שמירת הסביבה ותעשייה נלווית; הטמעת יישומים בחקלאות ולשמירת הסביבה בארץ ובעולם; מתן פתרונות למשברים וקשיים בנושאי מזון, מים, אנרגיה ואקלים; הכשרת דור העתיד של המחקר, הפיתוח והיישום בתחום החקלאי; תרומה חשובה לאנושות וליחסי החוץ של ישראל. בצד זאת, פרסומים מדעיים שפיטים העומדים מבחינת כמותם ורמתם בהשוואה מדינית ובינלאומית.

למרות שמינהל המחקר החקלאי הוא מכון קטן יחסית למכונים מקבילים בחו"ל - מבחינת מספר צוותי המחקר המועסקים ומבחינת התקציבים הציבוריים המוקצים לו, הישגיו ממקמים אותו בשורה הראשונה של מוסדות מחקר חקלאיים ציבוריים בעולם. ניתן לכמת את ההישגים באמצעות המדדים הביבליומטריים שפורטו למעלה; האטרקטיביות שלו למבקרים ואורחים בין-לאומיים; שיתופי הפעולה שלו עם גופים מסחריים ואקדמיים.

למרות הירידה שחלה במספר החוקרים הפעילים במינהל המחקר החקלאי, לא רק שלא הייתה ירידה בעשייה ובמספר הפרסומים אלא אף הייתה עלייה. במקביל, בשנים האחרונות חלה עלייה מרשימה בהכנסות המינהל שמקורן בפעילות העסקית. שינויים אלה נובעים משינוי שחל בתפישת הניהול ושל הפעילויות המחקריות המתבצעות במינהל. בעבר הפעילות של החוקרים התמקדה בפתרון בעיות מקומיות ובפיתוח ידע יישומי לחקלאי ישראל (שלא היו בהכרח ברי פרסום או ברי מסחור). בשנים האחרונות, בנוסף לכל אלה, הפעילות המחקרית מכוונת לפיתוח של תוצרים - תוצרים מדעיים (כמו למשל, פרסומים בעיתונות מבוקרת) ותוצרים ברי מסחור (כמו למשל, זנים). שינוי התפישה החל באמצע שנות ה-2000 והפירות המעשיים שלו מבשילים לאחורונה. החוקרים שנקלטו בשנים האחרונות במינהל המחקר החקלאי מוכוונים, מיומנים הראשון, לכיוונים אלה. לכן סביר שהמגמות שתוארו ימשיכו באותו הקצב, ויותר מכך.³¹

³¹ הנתונים על מכון וולקני נאספו ממקורות אינטרנטיים, נבדקו, הושלמו ואושרו על ידי פרופ' איתמר גלזר, סגן ראש המינהל למחקר ופיתוח. מקורות:

מוסד שמואל נאמן, "קניין רוחני במגזר הממשלתי - תמונת מצב נורמטיבית והשוואתית", דפנה גץ, לריסה איידלמן, מרים אסוצקי, בלה זלמנוביץ, שרון בר-זיו, אוקטובר 2012

מרכז המחקר והמידע של הכנסת, "תפקידים ומעמדם של המדענים הראשיים במשרדי הממשלה", רועי גולדשמידט, 19 ביוני 2016

מכוני המחקר הממשלתיים שונים מאוד זה מזה ומן האוניברסיטאות ביעדיהם, בגודלם ובתקצובם. לכן, השוואה פשוטה בין המכונים לבין עצמם ובינם לבין האוניברסיטאות אינה תקפה. מן הסקירה שהובאה כאן ניתן ללמוד כי ביעודם המחקרי, כפי שמתבטא בפרסומיהם, משתלבים המכונים הלאומיים ברמה של כלל פרסומי ישראל - במדדי מספר הפרסומים, מדדי השפעה מדעית, שיתופי פעולה לאומיים ובינלאומיים, ומדדי השפעה טכנולוגית (הקשר לפטנטים) - בחלקם באופן דומה או גבוה מזה של כלל פרסומי ישראל ובחלקם נמוך ממנו. חשוב להזכיר כי בניגוד לאקדמיות, פרסומים מדעיים הם רק חלק מפעילותם של המכונים הלאומיים העוסקים בעיקר במטלות לאומיות.

כפי שעולה מן הספרות^{4,6} – מעמד מכוני המחקר הלאומיים אינו מוסדר היטב ותקצובם אינו מספק. המסמך שנכתב בעניין זה "תכנון ותקצוב מערך המחקר הממשלתי אזרחי"³² שהוגש לוועדת המדע של הכנסת על ידי ד"ר גורי זילכה בשנת 2004 עדיין רלוונטי.

במהלך השנים הוגשו מספר דוחות ומחקרים^{33,34,35,36} שעניינם הקמת מכוני מחקר יישומי בישראל כדי לתווך על הפער בין האקדמיה לתעשייה. סגל המחקר באוניברסיטאות לא עלה במקביל לגידול באוכלוסייה, והדבר מתבטא ברידת הדרוג של פרסומי ישראל בהשוואה בינלאומית (דוח פרסומים 2017). מצד שני, ישראל מצטיינת בהכשרת חוקרים רבים אך אינה ממצה את כישוריהם (אינם נקלטים באקדמיה ועוזבים לחו"ל).

יש איפא מקום לשקול האם הרחבת הבסיס של מכוני המחקר הלאומיים יכולה להציע פתרון להרחבת המחקר המדעי בישראל, במיוחד המחקר היישומי.

³² גורי זילכה, תכנון ותקצוב מערך המחקר הממשלתי האזרחי, דוח שהוגש לוועדת המדע והטכנולוגיה של הכנסת, אוקטובר 2004

³³ שפר דניאל, פרנקל אמנון. ניתוח וגיבוש מדיניות להעברת טכנולוגיות מהאוניברסיטאות לתעשייה - דוח מסכם חיפה, ישראל מוסד שמואל נאמן, 2003

³⁴ קשרי אוניברסיטה-תעשייה, דין וחשבון של הוועדה לקשרי אוניברסיטה-תעשייה של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים והוועדה לתכנון ולתקצוב (ות"ת) של המועצה להשכלה גבוהה, 2005

³⁵ סיוע בחיזוק תהליכי העברת הידע מהאקדמיה לתעשייה, Trigger-Foresight, 2011

³⁶ עידן ירון, דוח מצב המדע בישראל - תשע"ז, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, 2016

2. השפעת ההשתתפות של חוקרים ישראלים בתשתיות מחקר בינלאומיות על מדדים ביבליומטריים

תשתיות בינלאומיות הנגישות לחוקרים מישראל

תשתיות מחקר בינלאומיות מוקמות על פי רוב על-ידי קבוצות מחקר ממדינות שונות, בדרך כלל תוך מעורבות ממשלתית ושיתוף פעולה בינלאומי, מתוך הכרה בקושי של גופי מחקר יחידים להקים ולתחזק תשתיות מחקר גדולות ויקרות. הגישה לתשתיות אלו מוגבלת על פי רוב לגורמי מחקר באותן מדינות אשר תרמו להקמתן או במדינות המשלמות דמי חברות בהן. לתשתיות אלו חשיבות לא רק ברמת הציוד המחקרי הייחודי המוצב בהן אלא גם בשל היותן מקום מפגש בין חוקרים מובילים ובהיותן קטליזטור לשיתופי פעולה מחקריים בינלאומיים.

בפרק זה מוצגות תשתיות מחקר בינלאומיות הנגישות לחוקרים ישראלים מתוקף היותה של ישראל חברה רשמית בהן (מדינה המשלמת דמי חבר). פרק זה אינו סוקר תשתיות בחו"ל אשר נגישות לחוקרים ישראלים, מתוקף שיתופי פעולה ספציפיים או קשרים קולגיאליים של חוקרים עם עמיתיהם בחו"ל ואף לא של קשרים מחקריים פורמליים (דוגמת שותפות בקונסורציום מחקר זה או אחר; פרויקטים במסגרת Horizon 2020), שכן תשתיות אלה מוגבלות לחוקר/קבוצת חוקרים מסוימת ואינן משרתות את כלל קהילת המחקר הרלוונטית בארץ.

המימון הישראלי לתשתיות המוצגות בפרק זה מקורו בעיקר מות"ת, ממשד הכלכלה וממשרד המדע והטכנולוגיה. המימון ניתן על בסיס שנתי, ולעיתים העלות מתחלקת בין המשרדים השונים. גיבוש ההחלטה בנוגע להשקעה ולחבירה לתשתיות מחקר בינלאומיות מתבצעת בגופים שונים (ות"ת, משרד המדע והטכנולוגיה, משרד הכלכלה, האקדמיה הלאומית למדעים, פורום תל"מ וכו'), בין היתר, על בסיס פניות המתקבלות מחוקרים בתחומים השונים.

מנגנון חשוב נוסף, אשר בעזרתו ניתנת לחוקרים מישראל גישה לתשתיות מחקר בינלאומיות, הן תכניות המסגרת למו"פ של האיחוד האירופי, כיום ה-European R&D Framework Programs - Horizon 2020.

השתתפות מדינת ישראל בתכניות המו"פ של האיחוד האירופי מנהלת על ידי ISERD, שעוסקת בניהול משא ומתן מול האיחוד האירופי ביחס להשתתפות ישראל תוך ניסיון לקדם את האינטרס הישראלי, בייצוג התכנית מול משרדי הממשלה ובשיווק התכנית לתעשייה ולאקדמיה בישראל. מינהלת ISERD פועלת במימון משרד הכלכלה (45%) ות"ת (45%) ומשרד המדע והטכנולוגיה (10%).

ישראל שותפה בתכנית המסגרת האירופית על ידי השקעה של 1.1 מיליארד אירו, המבוצעת על ידי רשות החדשנות באמצעות המינהלת הישראלית למו"פ האירופי - ISERD.

מוערך כי שיתופי הפעולה הנוצרים כתוצאה מההשתתפות של ישראל בתכנית הם בעלי ערך מדעי ופיננסי גבוה, ובאים לידי ביטוי בזכייה במענקי מחקר לתעשייה ולאוניברסיטאות, בנגישות לשווקים חדישים, בהיכרות עם טכנולוגיות מתקדמות ועוד. מסגרת זו של האיחוד האירופי - Horizon 2020 - לא נסקרת בפרק זה.

כאמור, ישראל מממנת גישה של חוקרים לתשתיות ייחודיות וגדולות, אשר לא נמצאות להן מקבילות מספקות בישראל. דוגמא לכך הם מאיצי החלקיקים הגדולים באירופה. בנוסף, ישראל מממנת חברויות בתשתיות אשר מהוות בסיס ליצירת ידע משותף ומספקות אפשרויות לביצוע מחקרים רחבים ולאינטגרציה של ידע, כגון בנקים של גנים, מאגרי נתונים רחבי היקף וכו'.

בראיונות שנערכו עם חוקרים לאורך השנים, הוזכרה ועלתה החשיבות הגדולה של המשך השותפות הישראלית הממסדית בתשתיות אלו ותרומתן המשמעותית למחקר בתחומים השונים. במקרים רבים

הוצגו תשתיות אלו כאלטרנטיבה טובה ומספקת לפערים שונים במערך תשתיות המחקר הישראלי – במיוחד כשמדובר בתשתיות מחקר מאוד גדולות כמו CERN ;ESRF.

» פרסומים מדעיים

בפרק זה מטרתנו היא לבחון את השפעת ההשתתפות בתשתיות בינלאומיות על הפרסומים המדעיים של ישראל. פרסומים מדעיים מהווים תפוקות מדע מדידות, ולכן ניתן באמצעותם ללמוד על התרומה לישראל כתוצאה מהשתתפותה במיזמים שונים. אולם מצאנו כי רק בחלק מהתשתיות הבינלאומיות בהן ישראל שותפה (למשל CERN) אכן באה השתתפות זו לידי ביטוי בפרסומים מדעיים. בתשתיות אחרות (לדוגמה GÉANT) אין ביטוי בפרסומים לשימוש הרב שעושים בהן חוקרים מישראל; ולעתים, השימוש בתשתית אינו מוזכר גם בהבעות התודה (Acknowledgment), שדה שאין חובה למלא. כמו כן, פרסומים בעברית לרוב אינם נכללים במאגרי המידע של Elsevier. כלומר, בחינת פרסומים מדעיים אינה דרך מתאימה בהכרח, ובעיקר לא כדרך יחידה, לבדיקת ההשפעה של השתתפות ישראל בתשתיות בינלאומיות על המדע בישראל. השפעה כזו ניכרת, למשל, גם במספר החוקרים והסטודנטים הנחשפים למחקר בינלאומי בחזית המדע ובשיתופי פעולה הנוגעים מכך. בכל זאת, בחרנו להביא סקירה על (רוב) התשתיות הבינלאומיות להן שותפה ישראל: ישראל משקיעה בתשתיות אלה משאבים רבים, חשוב ומעניין ללמוד על הנעשה בהן.

» מתודולוגיה

רשימת התשתיות בהן ישראל חברה וכן מידע לבניית סקירה על כל תשתית נאספו ממקורות אינטרנטיים גלויים. לאחר מכן הועברו הסקירות לבדיקה, השלמת נתונים ואימות לאנשי הקשר לתשתית ולמשרדי ממשלה רלוונטיים המטפלים בקשרי חוץ אלה של ישראל. חלק קטן מאנשים אלה לא עננה לפנייתנו ולכן המידע לגבי תשתיות שבהן לא מצויין הגורם הבודק עלול לסבול מאי דיוקים.

» רשימת תשתיות המחקר הבינלאומיות בהן ישראל חברה³⁷

להלן מפורטת רשימת התשתיות הבינלאומיות שישראל משתתפת במימון וחברה בהן ולאחריה מצורפות תבניות המסכמות נתונים רלבנטיים אודות התשתיות בסדר בו הן מופיעות ברשימה³⁸.

▪ פיסיקה ומדעי החומרים

1. מאיץ חלקיקים - CERN
2. מאיץ חלקיקים – ESRF
3. מאיץ חלקיקים - SESAME

³⁷ רשימת תשתיות מחקר בינלאומיות באתר המל"ג (קישור)

³⁸ רשימת מקורות לכל התשתיות המתוארות בפרק זה:

- מיפוי תשתיות מחקר בישראל: עדכון מיפוי תשתיות מחקר קיימות בישראל ותשתיות מחקר בינלאומיות. מוסד שמואל נאמן, 2013 (קישור)

- האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים: דין וחשבון שנתי תשע"ז 2016-2017 (קישור)

- האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים: דוח מצב המדע בישראל תשע"ז 2016 (קישור)

▪ ביולוגיה, מדעי החיים ומדעי הרפואה

4. ביולוגיה מולקולרית - EMBL
5. תשתית ביולוגית מבוזרת - INSTRUCT
6. תשתית למידע ביולוגי - ELIXIR
7. תשתית למחקר ביולוגיה ואקולוגיה ימית - EMBRC

▪ מדעי החברה

8. סקר מדעי החברה האירופאי - ESSsurvey
9. סקר ההזדקנות והפרישה האירופאי - SHARE

▪ E-Infrastructure

10. רשת התקשורת האירופאית - GEANT
11. משאבים ושירותי מחשוב וניהול נתונים (מחשבי על) - PRACE

◀ פיסיקה ומדעי החומרים

» מאיץ החלקיקים CERN בז'נבה³⁹

פיסיקת החלקיקים האלמנטריים חוקרת את מרכיבי היסוד של גרעיני האטום ואת הכוחות הפועלים בהם באמצעות מאיצים בעלי אנרגיות גבוהות מאוד. המעבדה המובילה בעולם בחקר החלקיקים האלמנטריים נמצאת בז'נבה שבשווייץ והיא גוף בין לאומי: CERN - European Organization for Nuclear Research. בראש התשתית עומדת מועצת CERN, המורכבת משני נציגים מכל אחת מהמדינות החברות – נציג ממסדי של המדינה ונציג של הקהילה המדעית במדינה.

CERN הוא המרכז הגדול בעולם לחקר חלקיקים ויעודו המרכזי הוא לחקור ולהבין את יסודות החומר. אתר התשתית ממוקם סמוך לז'נבה, על גבול צרפת – שווייץ, בעומק של כ-100 מטר מתחת לפני הקרקע.

התשתית כוללת את מאיץ החלקיקים הגדול LHC. מרכיבים נוספים הם גלאי הענק אטלס (ATLAS) ומערכת הגריד (GRID), מערכת מחשוב המשמשת לניתוח התוצאות המתקבלות.

ליבת הפעילות בתשתית כוללת את מאיץ החלקיקים הגדול LHC – The Large Hadron Collider – שהוא המאיץ הגדול בעולם מבחינת אורכו, עלות הקמתו והאנרגיה אליה מגיעים החלקיקים המואצים. חלקו המרכזי בנוי כמנהרה טבעתית שאורכה כ-27 ק"מ. LHC הושק בשנת 2008 לאחר כ-17 שנים בהן נבנה, ומאז עבר תיקונים ושדרוגים. המאיץ מניע שתי קבוצות של פרוטונים במסלול מעגלי במהירות גבוהה מאוד המתקרבת למהירות האור ובכיוונים הפוכים. לאחר שהם צוברים את המהירות

³⁹ מקורות:

- אתר האינטרנט של CERN (קישור)
 - נתונים מספריים וטכניים – אתר "הידען" (קישור)
 - נתונים מספריים וטכניים, - אתר TechTime (קישור)
 - קול קורא - שת"פ רשות החדשנות עם מאיץ החלקיקים CERN (קישור)

הדרושה, ויש להם אנרגיה גבוהה מאוד, הם מכוונים למסלול התנגשות בתוך הגלאים המצויים בארבע נקודות מסביב למסלול ההאצה.

בחלק קטן מאוד מהמקרים מתבצעת התנגשות ישירה של שני פרוטונים הנעים במסלולים הפוכים. זה האובייקט הנמדד: ההתנגשות משחררת כמויות עצומות של אנרגיה, המתבטאות בתופעות פיסיקליות רבות, כמו קרינה מסוגים שונים, הופעת חלקיקים אלמנטריים חדשים ועוד.

מרכיב נוסף הם גלאי הענק אטלס (ATLAS) ו-CMS: הגלאים הינם מתקנים הכוללים כמה מיליוני חיישנים בטכנולוגיות שונות. הם ממוקמים מסביב לאתר ההתנגשות במטרה ללכוד את כל תוצרי ההתנגשויות, לתעד אותם, לאפיין אותם ולשלוח את המידע אל חוות השרתים הגדולה של CERN משם הם מופצים לכל המדענים בעולם המשתתפים במחקרי המכון. הגלאי כולו מכיל כ-18 מיליון חיישנים מסוגים שונים, המאורגנים מסביב לאתר ההתנגשות בתוך גליל מתכת מאסיבי בקוטר של 25 מטר ובאורך של 46 מטר. הסליל האלקטרומגנטי בגלאים משמש למדידת מהירות חלקיקים על ידי עיקום מסלולם. זהו הסליל הגדול ביותר בעולם העשוי מעל-מוליך: הוא שוקל 105 טון, ושקוע במיכל של הליום נוזלי כדי לשמור על טמפרטורה קבועה של 2 מעלות קלווין. בזמן הפעלת המאיץ, הסליל מייצר זרם של 18,000 אמפר ושדה מגנטי בעוצמה של 3.8 טסלה. למעשה, השדה המגנטי שלו כל-כך חזק שהוא מעוות את המבנה של הגלאי, ודורש כיוון רציף של 16,000 חלקים מכניים נעים המצויים במתקן.

רק תשתית קיצונית מסוג כזה איפשרה למדעני CERN לבצע את הגילוי החשוב ביותר של המכון עד היום: גילוי החלקיק היגס (Higgs). חלקיק היגס הוא חלקיק בעל אורך חיים קצר ביותר, שחשיבותו בכך שהוא מוכיח את קיומו של שדה בעל קרינת היגס, שעל-פי התאוריה אחראית למסה של החלקיקים האלמנטריים. החלקיק התגלה בשני הגלאים המרכזיים (CMS, ATLAS) בשנת 2012. הגילוי סיפק את ההוכחה המעשית לתאוריית קיומו של שדה היגס. מרכיב מרכזי בהוכחה היה היכולת לגלות מיואונים, שהם חלקיקים הנוצרים בעת התנגשות של פרוטונים. אחד מהנדבכים המרכזיים בגלאי ATLAS הוא מערך של גלאים לזיהוי מיואונים שפותחו ונבנו בארץ באוניברסיטת תל-אביב, בטכניון ובמכון ויצמן למדע. הגלאים מתוצרת ישראל מילאו תפקיד חיוני בגילוי חלקיקי היגס.

המרכיב העיקרי השלישי הוא מערכת הגריד (GRID), מערכת מחשוב המשמשת לניתוח התוצאות המתקבלות:

כאשר המאיץ עובד, הוא מבצע 100 מיליון התנגשויות בשנייה. הנתונים מכל התנגשות נאספים, ועוברים ניתוח ראשוני באמצעות מערך של כמה אלפי רכיבי FPGA (Field-Programmable Gate Array): רכיבים אלה מפעילים אלגוריתם זמן אמת הבודק את כל החיישנים ומשחזר את מסלולי החלקיקים שנוצרו בהתנגשות. במקביל, האלגוריתם גם בודק אם מדובר באירוע בעל עניין מדעי. אם כן, המידע מועבר לבסיס הנתונים של CERN ברשת תקשורת אופטית מהירה, ושם עובר ניתוח מעמיק יותר. אם האירוע מוגדר כלא מעניין, המידע נמחק כדי לא להעמיס על רשת התקשורת וחוות השרתים עומס מיותר. בישראל פותחו טכנולוגיות בקרת ואיסוף נתונים: כך למשל מערכת הבקרה (DCS) והתוכנה המאפשרת לשחזר את מסלול החלקיקים על-פי המידע המגיע ממיליוני חיישנים שונים והפצת המידע ברשת מחשבים מהירה (GRID).

מעבדת הפיסיקה העצומה הזו מופעלת על-ידי צוות מקצועי של 2,300 מהנדסים, טכנאים ומדענים. המחקרים מבוצעים על-ידי 12,800 מדענים ברחבי העולם. כיום משתתפים במחקרים ב-CERN כ-86 מדענים מהטכניון, אוניברסיטת תל-אביב ומכון ויצמן. בבניית מרכיבים שונים השתתפו בנוסף כ-15 חברות תעשייתיות ישראליות וכן מהנדסים מאינטל, מקורות ועוד.

תחומי מחקר עיקריים בתשתית: פיסיקה, מדע החומרים.

אופי השותפות הישראלית בתשתית: ישראל הצטרפה ל-CERN כמשקיפה (מעמד המאפשר למדעני ישראל גישה למתקני המעבדה) בשנת 1990; הפכה לחברה נלווית (Associate Member) בשנת 2012; ובינואר 2014 התקבלה כחברה מלאה, אחת מתוך 22 מדינות והיחידה שאינה אירופית.

השתתפות ישראל ב-CERN מושתתת בראש ובראשונה על הצטיינותה המדעית ועל הקשר המדעי שלה לקהילה המדעית בתחומי הפיסיקה של אנרגיות גבוהות.

עלות ההשתתפות הישראלית: בשנת 2017 כ-17 מיליון דולר.

הממשק הרשמי של ישראל עם CERN מתבצע על ידי הועדה הלאומית לאנרגיות גבוהות, על בסיס החלטה ממשלתית. זהו הגוף המייצג את ישראל ב-CERN והמוביל את הפעילות המדעית הניסויית שבו. חברי הועדה מתמנים על ידי האקדמיה הלאומית למדעים יחד עם משרד המדע. בראש הועדה עומד פרופ' אליעזר רבינוביץ, המשמש גם כסגן נשיא מועצת CERN, והיא כוללת מדענים נוספים. במהלך שנת 2014 הוקם בישראל, ביוזמתו של פרופ' רבינוביץ, פורום הנקרא ישראל-CERN, שתפקידו לנווט את מדיניות ישראל בהיבטים השונים שנוצרו לאחר ההצטרפות - מחינוך ועד תקצוב. במהלך השנים, בהשתתפות הגופים הפעילים ובהובלת האקדמיה למדעים, בדקו מספר ועדות בינלאומיות את תרומת ישראל והישגיה בתשתית; התארחו בישראל כוח משימה וועדה סוקרת מטעם CERN ואף נערך ביקור של נציגי האקדמיה למדעים בתשתית.

שותפות ישראל באה לידי ביטוי בעיקר במסגרת תאגיד הגלאי הענק אטלס, ותרומתה הייחודית היא בניית גלאים בשביל אטלס. במקום לבזר את התרומה הישראלית, הוחלט לרכז את המאמץ ולתת לכל הישראלים לבנות את אחד מהגלאים של ניסוי אטלס – TGC, שמטרתו לגלות מיואונים.

הגלאים פותחו ונבנו במכון וויצמן למדע, וקודם להעברתם נבחנו באוניברסיטת תל אביב ובטכניון. בקבוצה הישראלית ב-CERN שותפים מדענים, מהנדסים, טכנאים ואנשי מחשוב ממכון וויצמן למדע, מהטכניון ומאוניברסיטת תל אביב, וגם לתעשייה הישראלית קשרים עם CERN. כיום הפעילות הישראלית כוללת את תחזוקת הגלאים שבנו המדענים הישראלים, אך מרכז הכובד שלה הוא בשלב שבו יש לנתח את תוצאות האמת המתקבלות מהמאמץ. לשם כך נעזרים המדענים הישראלים במערכת הגריד, שאליה הצטרפו בשנת 2007. מבחינת הקהילה המדעית, בשנים האחרונות חל שיפור רב בשיתוף הפעולה בתוך ישראל וכן ביחסים שבין ישראל לעולם, המאפשרים לפיזיקאים הישראלים למצב עצמם בעמדה שיש בה כדי לקדם רבות את העבודה על גילוי פיזיקה חדשה ב-CERN. ואכן, מדענים ישראלים מילאו תפקיד מרכזי הן בבניית המערכת שאפשרה את גילוי החלקיק הסקלרי והן בניתוח הנתונים שהביאו למסקנה שהתגלה החלקיק החדש ("חלקיק היגס").

בינואר 2017 ביקר נציג מערכת העיתון TechTime במכון CERN ונפגש עם מנהלת אגף התיאום בין כל המדינות החברות בארגון, ד"ר פיפה וולס. היא סיפרה שמאיץ החלקיקים נכנס לשלב חדש של שדרוג שיימשך כ-10 שנים, ומעוניינת בשיתוף פעולה עם התעשייה הישראלית: "בהייטק הישראלי יש הרבה מאוד טכנולוגיות שיכולות לסייע ל-CERN, ולכן אנחנו רוצים שהתעשייה הישראלית תהיה קשובה לפרסומים, תגיב למכרזים ותתמודד עליהם", אמרה. אכן, לאחרונה פרסמה רשות החדשנות בישראל קול קורא לתעשייה בישראל להשתלב בעבודה ובמחקר עבור CERN.

פרסומים מדעיים של ישראל בשיתוף פעולה עם CERN: בטבלה הבאה מוצגים נתוני הפרסומים המשותפים של ישראל עם CERN בהשוואה לכלל פרסומי ישראל בשטח המדעי העיקרי Physics & Astronomy לתקופה 2013-2017 (מקור: SciVal).

טבלה 14: הפרסומים המשותפים של ישראל עם CERN בהשוואה לכלל פרסומי ישראל בשטח המדעי העיקרי Physics & Astronomy לתקופה 2013-2017

	Publications (No.)	Number of Citations	Share of Publications by more than 100 Authors (%)
Co-authored publications with CERN	640	24,697	85
All Israeli publications in field	14,163	155,254	5.4

ניתן לראות כי הפרסומים המשותפים של ישראל עם CERN מהווים רק 4.5% מפרסומי ישראל בשטח זה, אך תורמים כ-16% ממספר הציטוטים בשטח. פרסומים משותפים של ישראל עם CERN מאופיינים גם במספר גבוה מאוד של מחברים: 85% מפרסומים משותפים אלה כוללים יותר מ-100 מחברים ממדינות רבות. אכן, מספר מחברים גבוה מאוד וממדינות רבות מאפיין את פרסומי CERN – תשתית בינלאומית שהמחקר בה מבוצע על ידי חוקרים רבים מאוד. מספר הציטוטים לפרסום מדעי מושפע ממספר גורמים שהבולטים בהם הם הערך המדעי של הפרסום; מספר המחברים; שיתוף פעולה בינלאומי (פירוט בפרק על מספר הציטוטים בדוח זה). פרסומי ישראל עם CERN מצטיינים בשלושה מדדים אלה וכך משיגים ממוצע ציטוטים גבוה לפרסום. פרסומים אלה מהווים רק 4.5% מפרסומי ישראל בשטח זה, אך תרומתם לאימפקט שלו גבוהה. כן ראוי לציין כי מתוך 50 החוקרים הישראליים המובילים במספר הפרסומים שלהם (בכלל השטחים) בתקופה 2013-2017, 41 הם חוקרים אשר למעלה מ-85% מפרסומיהם נכתבו בשיתוף פעולה עם CERN. שלושת החוקרים בראש הרשימה השתתפו בחיבור של למעלה מ-500 פרסומים בתקופה זו, כשני פרסומים לשבוע, הישג אפשרי כנראה רק בזכות עבודתם עם CERN.

ליסיון: שיתוף הפעולה של ישראל בתשתית הבינלאומית CERN מערב באופן ישיר כ-86 חוקרים מאוניברסיטאות ישראל ומספר חברות עסקיות ולאומיות. לשותפות מוצלחת זו יש תרומה ישירה ועקיפה לקידום המדע והמו"פ בישראל, והיא מתבטאת גם בהשפעה ניכרת על המספר של פרסומי ישראל בשטח זה וההשפעה המדעית שלהם.

» ESRF - European Synchrotron Radiation Facility ⁴⁰

תיאור תשתית המחקר: ה-ESRF הוא מתקן קרינה סינכרוטרוני מהדור השלישי המוביל בעולם. המתקן ממוקם בגרנובל (צרפת) ומצוי בהליכי שדרוג וחיידוש יסודיים. זוהי תשתית משותפת שהוקמה בהסכם בינלאומי, המופעל על ידי 18 מדינות אירופאיות וישראל. המתקן נמצא במשא ומתן מתקדם לצירוף מדינות נוספות ובכללן רוסיה, הודו ודרום אפריקה.

מרכיבים עיקריים בתשתית: המתקן מורכב ממזרק אלקטרוני (Injector), לאחריו סינכרוטרון (Synchrotron) האצה (Booster) המאיץ את האלקטרונים לאנרגיות גבוהות ומכניס אותם לטבעת אחסנה (Storage Ring) שהיקפה כ-800 מטר. קרן האלקטרונים הנעה בטבעת פולטת אלומות קרינה אלקטרומגנטיות בתחום רחב של אורכי גל, בעיקר בתחום קרינת X. קרינה זו משמשת בו זמנית כ-50 תחנות עבודה בהן מתבצעות עבודות מחקר מדעי בתחומים ובשיטות שונות.

תחומי מחקר עיקריים בתשתית: פיסיקה, כימיה, מדע החומרים, ביולוגיה, רפואה, גיאופיסיקה, מדעי הסביבה ומורשת תרבות (ארכאולוגיה, כתבי יד וכדומה). התשתית משמשת גם מחקרים לצורך יישומים תעשייתיים שונים כולל תרופות, קוסמטיקה, תעשייה כימית לסוגיה, מיקרו-אלקטרוניקה וננוטכנולוגיה. תחומי המחקר הישראלי במתקן מגוונים וכוללים: חומר מעובה, רך וקשה, מבני פנים ומשטחים, שכבות דקות, מורשת תרבות, כימיה (קטליזה, אלקטרוכימיה, כימיה תרופתית ועוד), פיסיקה לסוגיה, פולימרים ומאקרו-מולקולות, ביולוגיה (מבני מאקרו-מולקולות מהחי ומהצומח, ביו-מינרליזציה, פוטוסינתזה ועוד), רפואה, מדע החומרים, הנדסה לתחומיה, מדעי הסביבה, פלסמה, ננוטכנולוגיה, חומרים בלחצים גבוהים ותנאי קיצון ועוד. רוב החוקרים הם מן האקדמיה ומקצתם מן התעשייה.

אופי השותפות הישראלית: ההסכם בין ישראל ל-ESRF נחתם לראשונה בשנת 1999 וחודש מאז פעמיים. ההסכם מאפשר לחוקרים ישראלים להתחרות על זמני שימוש במתקן ולהרחיב את שיתוף הפעולה במחקר עם צוותים אחרים בו. היקפי הזכייה של חוקרים ישראלים בזמני שימוש במתקן

⁴⁰ מקור: אתר האינטרנט של ESRF (קישור)

הנתונים על התשתית ועל החברות הישראליות בה נבדקו, אושרו והושלמו על ידי ד"ר מני קירמה, רכז החטיבה למדעי הטבע באקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

נמצאים בעלייה מתמדת, והגיעו לשיא של 1.5% בממוצע תלת-שנתי, ב-50% יותר מהתשלום דאז (עד 2013) של ישראל למתקן. בשנים האחרונות מגבילה הנהלת המתקן את הקצאת זמני השימוש לשיעור ההשתתפות הכספית. בגלל מגבלה זו, לא מוקצים זמני שימוש לחלק נכבד מהצעות מחקר ישראליות ראויים. ישראל מיוצגת במועצת המתקן על ידי חבר בוועדה הלאומית לקרינת סינכרוטרון, ומדענים מישראל חברים גם בוועדות של שיפוט הצעות המחקר ובוועדות ההערכה המדעיות של המתקן. חלק ניכר ממחקרה של פרופ' עדה יונת, עליו זכתה בפרס נובל לכימיה 2009, נערך במתקן זה (5 פרסומים עם ESRF שזכו עד היום ל-975 ציטוטים). הוועדה הלאומית לקרינת סינכרוטרון מנהלת קשרים גם עם הארגון האירופי של משתמשי הסינכרוטרון – European Synchrotron Users Organization (ESUO). הארגון הוקם לפני כשבע שנים כדי לשפר את יכולת הגישה של כלל המדענים האירופים המשתמשים בקרינת סינכרוטרון (כ-10,000 מדענים בכל תחומי מדעי הטבע, מדעי החיים וההנדסה), בעיקר באמצעות הגדלת המשאבים הכספיים שיועמדו לרשות המשתמשים, אך גם כגוף מרכזי המייעץ להנהלות המתקנים בנוגע לצורכי המשתמשים. פרופ' בועז פוקרוי, חבר הוועדה, מייצג את ישראל ב-ESUO.

עלות ההשתתפות הישראלית: ישראל מממנת 1.5% מהפעילות השנתית של התשתית, כמיליון וחצי דולר בשנה.

מספר משתמשים ישראליים בתשתית: מאות חוקרים מישראל – מתלמידי מחקר ועד מדענים בכירים – משתמשים במתקן מדי שנה. למעלה מ-60 קבוצות מחקר ישראליות משתמשות במתקן דרך קבע או לעתים למחקר מדעי. במשך השנים השתמשו במתקן מאות רבות של חוקרים מישראל, שימוש שהניב מאות פרסומים מדעיים בכתבי עת מובילים. ה-ESRF הוא מקום בו מספר רב של תלמידי מחקר ישראליים, בכל תחומי מדעי הטבע וההנדסה, נחשפים ל"מדע גדול" בהיקפו ובאיכותו, חשיפה התורמת לחינוכם ולהתפתחותם המדעית ולהשפעה ישירה על האיכות המדעית של מדינת ישראל בהווה ובעתיד. בשנת 2017 ביצעו חוקרים ישראלים 2,216 שעות מדידה במתקן. בכל ניסוי מאושר משתתפים 2-5 חוקרים. חלק ניכר של הקבוצות ביצע יותר מניסוי אחד בשנה, לעתים עם הרכב שונה של חוקרים וסטודנטים. כלומר, מספר המשתמשים הישראליים במתקן הוא 150-200 בשנה. קבוצות המחקר הן מכל האקדמיות בישראל (להוציא אוניברסיטת חיפה), וכן מקמ"ג.

בשנים האחרונות, הודות למצוינותן המדעית של הצעות המחקר שהוגשו לוועדות המדעיות של ה-ESRF, הוענקו לחוקרים הישראליים זמני שימוש במתקן העולים בהרבה על חלקה היחסי של ישראל בהוצאות התפעול של המתקן. בעידוד האקדמיה וות"ת נחתם באוגוסט 2013 הסכם חדש עם ה-ESRF לחמש שנים, ולפיו הגדילה ישראל את התחייבותה ל-1.5% מתקציב המתקן. התחייבות זו מחייבת השקעה גם בשתי פעימות השדרוג של המתקן. בחודש נובמבר 2018 צפויה מדינת ישראל לחדש את החוזה עם ה-ESRF ל-5 שנים נוספות. ע"פ החלטת וות"ת, השתתפותה של ישראל בתקציב ה-ESRF תוגדל ל-1.75% החל משנת 2020 ואילך.

גופים מממנים: השימוש נעשה על פי חוזה בין מדינת ישראל ו-ESRF, עליו חתומה האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים שהוסמכה לכך על ידי ממשלת ישראל. הוועדה הלאומית לקרינת סינכרוטרון של האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים ממונה על הקשר עם המתקן ומייצגת את מדינת ישראל במועצה שלו. פרום תל"מ מימן (באמצעות וות"ת, משרד המדע והטכנולוגיה ומשרד הכלכלה) את החברות בעשר השנים הראשונות. מעת חידוש החוזה בשנת 2009 הוועדה לתכנון ותקצוב (ות"ת) של המועצה להשכלה גבוהה היא הגוף המממן.

פרסומים מדעיים של ישראל בשיתוף פעולה עם ESRF: בתקופה 2013-2017 פורסמו 99 מאמרים ישראליים שהמחברים שלהם ציינו שיוך לתשתית או השתתפות של התשתית במימון המחקר (מקור: Scopus). כדוגמה להשפעת התשתית על פרסומי ישראל, אחד החוקרים מישראל פרסם בתקופה זו 45 פרסומים: מהם 10 בשיתוף פעולה עם ESRF ולהם ממוצע ציטוטים לפרסום של 17.7, ועוד 35 פרסומים אחרים בממוצע של 10 ציטוטים לפרסום.

לסיכום: שיתוף הפעולה של ישראל בתשתית הבינלאומית ESRF מערב באופן ישיר למעלה מ-200 חוקרים לשנה מאוניברסיטאות ישראל ומספר חברות עסקיות. לשותפות מוצלחת זו יש תרומה ישירה

ועקיפה לקידום המדע והמו"פ בישראל, והיא מתבטאת גם בהשפעה על מספר פרסומי ישראל וההשפעה המדעית שלהם.

» מתקן לקרינת סינכרוטרון במזרח התיכון – SESAME⁴¹

Synchrotron-Light for Experimental Science and Applications in the Middle East

תיאור תשתית המחקר: SESAME הוא מתקן סינכרוטרון מחקרי שהוקם בירדן בהשתתפות מדינות האזור, כולל ישראל. היזמה להקמתו היא של ארגון MESC (Middle Eastern Scientific Committee) ושל חוקרים מגרמניה, מארצות הברית ומישראל. היוזמה למתקן קמה בשנת 1995; בשנת 2008 נחנך בניין המאיץ, ולאחר שלבים שונים של רכישות, התקנות ושיפורים הוא החל בפעילותו במאי 2017.

המדינות החברות הן איראן, בחרין, טורקיה, ירדן, ישראל, מצרים, פקיסטן, קפריסין והרשות הפלסטינית. מלבד המדינות החברות, מסייעות בתכנון המתקן ובהקמתו כמה מדינות במעמד של משקיף: איטליה, ארצות הברית, יפן, בריטניה, גרמניה, יוון, כוית, עיראק, צרפת, רוסיה ושוודיה.

מטרת יוזמי המתקן היא לקדם את הפעילות המדעית באמצעות שיתוף פעולה מדעי בין מדעני האזור ובכך לתרום גם לגישור ולהבנה בין ישראל לשכנותיה. המתקן נועד לשרת מדענים בתחומים רבים ושונים באזור, ולהוות בסיס לשיתוף פעולה אזורי, גישור והבנה ולקידום השלום במזרח התיכון.

הממשק הרשמי של ישראל עם SESAME: מועצת SESAME מורכבת משני נציגים מכל אחת מהמדינות החברות בה. הממשק הרשמי של ישראל עם התשתית הוא דרך הוועדה הישראלית ל-SESAME, הממונה על ידי שר המדע תוך התייעצות עם האקדמיה הלאומית למדעים. חבריה כוללים נציגים של משרד האוצר, משרד החוץ, משרד החינוך, הות"ת והאקדמיה הלאומית למדעים.

תחומי מחקר עיקריים בתשתית: הקרינה הנפלטת מהסינכרוטרון משמשת למחקרים במגוון רחב של תחומים: ביולוגיה, כימיה, פיסיקה, מדע החומרים, מדעי הסביבה וארכאולוגיה.

אופי השותפות הישראלית בתשתית: ישראל חברה בתשתית באופן מלא, והיתה ממקימיה.

עלות ההשתתפות הישראלית: דמי חברות שנתיים: כ-690,000 דולר בשנת 2017.

פרסומים משותפים לישראל ו-SESAME: במאגר Scopus נמצאו רק פרסומים ספורים משותפים לישראל ולתשתית.

⁴¹ מקור: אתר האינטרנט של SESAME (קישור)

תיאור תשתית המחקר: המעבדה האירופאית לביולוגיה מולקולרית היא מרכז למחקר ולשירותי נתונים, מידע וידע בנושאי ביולוגיה מולקולרית וביואינפורמטיקה. המעבדה נמנית על מוסדות המחקר המובילים בעולם והיא מעבדת הדגל של אירופה למדעי החיים. המעבדה המרכזית ממוקמת בהיידלברג, גרמניה, ועוסקת בתחום הביולוגיה המולקולרית ברמה הבסיסית והיישומית. המעבדה נותנת שירות למספר תחומים, למשל מיקרוסקופיה. מדענים ישראלים מגיעים למעבדה על-מנת להשתמש בציד ובמומחיות בתחום זה. לאחרונה הוקם בהיידלברג בניין להכשרה של מדענים צעירים Advanced Training Center – ATC.

למעבדה חמש out-stations מחוץ להיידלברג: הראשונה בהמבורג, והשנייה בגרנובל – העוסקות בביולוגיה מבנית, והציד הנמצא בהן הוא מהמתקדמים בעולם. תחנה נוספת נמצאת באנגליה – EBI (The European Bioinformatics Institute). מרכז זה מתחזק ומפתח מאגרי מידע ובסיסי נתונים בנושאי גנומים, רצפי נוקלאוטידים, רצפי חלבונים ועוד. מאגר המידע נגיש לחוקרים באופן מקוון, וניזון ומתחדש באופן קבוע ממחקרים בעולם בתחום. המרכז פועל בשיתוף פעולה עם מוקדי מידע אחרים בתחום, בארה"ב וביפן. הנתונים והמידע שמספק המרכז משמשים בסיס למחקרים בתחומים רבים ומגוונים באקדמיה, כמו גם בסיס להדרכה וללימוד של סטודנטים בכל הרמות בתחומים אלו. בנוסף, מאגרי המידע משמשים גופי מחקר ופיתוח בתעשיות שונות, ביניהן תעשיית התרופות ותחומים נוספים בביוטכנולוגיה. התחנה הרביעית ממוקמת באיטליה, ליד רומא. זו מעבדה לביולוגיה של העכבר, בה עובדים כדי להבין מנגנונים של התרחשות מחלות ברמה הגנטית (אפיגנטיקה ונירוביולוגיה) ומפתחים אפשרויות טיפול. המעבדה החמישית ממוקמת בברצלונה, ספרד, ועוסקת בביולוגיה של רקמות ומודלים של מחלות.

התשתית הוקמה בשנת 1974 על ידי 10 מדינות (כולל ישראל), וכיום חברות בה 25 מדינות. המחויבות רבת השנים של המדינות החברות לתשתית מאפשרת מחקר מתקדם, מתן שרותי מחקר למדינות החברות והכשרת דור החוקרים הבא. בשנת 2016 כשליש מחוקרי התשתית קיבלו מילגות ERC ואיכות פרסומי התשתית עמדה בין עשרת המוסדות המובילים בעולם בתחומים אלה. שני אינדיקטורים אלה בלבד מעידים על מצוינות המחקר הנעשה בתשתית.

תחומי מחקר עיקריים בתשתית: המחקרים המתנהלים ב-EMBL חולשים על כל תחומי מדעי החיים, ביניהם: רפואה, ביוכימיה, איכות סביבה, חקלאות, תעשייה, ביואינפורמטיקה, ביוטכנולוגיה – כל אלו ברמה מולקולרית.

אופי השותפות הישראלית: ישראל חברה באופן מלא ב-EMBL, המהווה ארגון בת של EMBO (European Molecular Biology Organization). בנוסף, ישראל חברה גם בארגון בת נוסף – EMBC – המתמקד בין היתר במתן מלגות קצרות וארוכות-טווח לדוקטורנטים ופוסט דוקטורנטים. השותפות הישראלית מאפשרת לחוקרים באקדמיה כמו גם לאנשי מו"פ בתעשיות לעשות שימוש במתקנים ובציוד הכבד בשש התחנות (כולל היידלברג), לטובת מחקריהם.

גורם מממן: משרד המדע והטכנולוגיה במסגרת תקציב המימון לקשרי חוץ.

⁴² מקורות:

- דוח EMBL 2015-2017

- אתר האינטרנט של EMBL ([קישור](#))

המידע על התשתית נבדק והושלם על ידי ד"ר יוסי קאליפא, מנהל תחום מדעי החיים במשרד המדע והטכנולוגיה

עלות ההשתתפות השנתית לישראל: עלות ההשתתפות ב-EMBL היתה כ-1,950,000 דולר בשנת 2017. עלות ההשתתפות ב-EMBC היתה כ-300,000 דולר בשנת 2017.

משתמשים ישראליים בתשתית בשנים 2015-2017: שיתוף הפעולה של התשתית עם ישראל מתבטא בדרכים מגוונות: (1) חוקרים העובדים באתרי התשתית באירופה ונמנים על סגל העובדים שלה: בשנים אלה היו כ-4 חברי סגל (כולל פוסט-דוקטורנטים) ישראליים בתשתית. בנוסף, חוקרת ישראלית משמשת כראש קבוצת מחקר בהיידלברג מאז 2017. (2) מבקרים – חוקרים המתארחים במתקני התשתית: עד סוף שנת 2017 נמנו 37 בוגרי התשתית מישראל, ומחציתם המשיכו במחקר אקדמי בישראל. (3) חוקרים המשתמשים בשירותי התשתית מרחוק או בביקורי עבודה קצרים: בולטת במיוחד תשתית הביואינפורמטיקה באנגליה (EBI), בה היתה עלייה של 245% במספר המשתמשים מישראל בין 2015 (14,345,571 כניסות על ידי 56,083 משתמשים) ל-2017 (49,534,931 כניסות על ידי 180,540 משתמשים). בתשתית לביולוגיה מבנית בגרנובל, ישראל נמנית בין 6 המדינות המובילות במספר המשתמשים: בשנים אלה היו 426 ביקורי עבודה של משתמשים מישראל. התכנית הבינלאומית לתלמידי דוקטורט ופוסט-דוקטורט המתקיימת בתשתית נחשבת לתכנית מעולה, המאפשרת יצירת קשרים בין תלמידי מחקר וגישה לאוניברסיטאות המובילות באירופה. בשנים האחרונות היו 8 פניות לתכנית מישראל. כיוון שכיום התכנית אינה מעניקה מילגות, יש בעיה במימון הלימודים. נושא זה נמצא בדיון בתשתית. כמו כן, מספר החוקרים הישראליים שלקחו חלק בתכניות האימון, קורסים וכנסים באתרי התשתית הוא מרשים – 255. שיתופי פעולה אחרים בין התשתית לקהילה המדעית בישראל כוללים הרצאות וסמינרים בישראל על ידי חברי התשתית; קורסים, כנסים והדרכות – בהם השתתפו כ-80 חוקרים מישראל בשנת 2017, מהם 18 חוקרים בראשית דרכם שזכו למענק השתתפות מהתשתית; עידוד העברת טכנולוגיות ממחקר בסיסי לתעשייה – לתשתית הסכם שירות בעניין זה עם האוניברסיטה העברית בנושא ספציפי; שיתופי פעולה עם האקדמיות בישראל המתבטאים בין השאר בפרסומים משותפים (ראו בהמשך) ומענקי מחקר משותפים מגופים שונים – 24 מענקים בשנים 2015-2017.

שיתוף הפעולה של התשתית עם ישראל מתקיים גם במסגרת ארגון תשתיות המחקר האירופי (ESFRI): בנושא ELIXIR (ראו בהמשך) ובנושא Euro-Biolmaging, שבו ישראל מכהנת כע"ר מועצת המנהלים ואחראית על הדיונים לאישור התשתית למעמד ERIC (European Research Infrastructure Consortium) על ידי ESFRI, דיונים שהסתיימו בהצלחה עם הכרת האיחוד האירופי באיכות התשתית ובהענקת מעמד זה המאפשר לה יציבות וקיימות באספקת שירותים לקהילת החוקרים במדעי החיים. כמו כן, לתשתית יש מעמד של צופה בתשתית INSTRUCT שגם בה ישראל חברה, והיא מעוניינת בהמשך חקירת הסינרגיזם האפשרי בין שתי התשתיות בביולוגיה מבנית.

EMBL מבטאת הערכה גבוהה לישראל כאחת מהמדינות המייסדות וכחברה בה, שיש לה מחקר מצוין וחברותה בתשתית מביאה תועלת רבה הן לישראל והן לתשתית. EMBL מעודדת חוקרים מישראל להצטרף לסגל העובדים שלה; מבקשת להקים הסכם מסגרת שיסדיר ויאפשר את לימודיהם של דוקטורנטים ופוסט-דוקטורנטים מישראל בתכניות הלימודים שלה; ומצפה לקשרי עבודה ושיתופי פעולה נוספים עם ישראל בעתיד.

פרסומים מדעיים של ישראל בשיתוף פעולה עם EMBL: לתקופה 2013-2017 נמצאו במאגרי המידע (SciVal, Scopus) כ-70 פרסומים משותפים לישראל ו-EMBL, שהניבו 5,730 ציטוטים. קרוב לרבע מפרסומים משותפים אלה כוללים יותר מ-100 מחברים ממדינות שונות. מספר הציטוטים לפרסום מדעי מושפע ממספר גורמים שהבולטים בהם הם הערך המדעי של הפרסום; מספר המחברים; שיתוף פעולה בינלאומי (פירוט בפרק על מספר הציטוטים בדוח זה). פרסומי ישראל עם EMBL מצטיינים בשלושה מדדים אלה וכך משיגים ממוצע ציטוטים גבוה לפרסום. פרסומים אלה מהווים פחות מחצי אחוז מפרסומי ישראל בשטח זה, אך תרומתם למספר הציטוטים של ישראל גבוהה.

לסיכום: שיתוף הפעולה של ישראל בתשתית הבינלאומית EMBL מערב באופן ישיר חוקרים רבים מאוניברסיטאות ישראל ובדרכים שונות ומגוונות. אינטרקציות אלה מאפשרות הפרייה הדדית של רעיונות, שיתוף במומחיות, שימוש בשירותים וציוד מדעי, אימון והכשרת חוקרים. במיוחד, המדע הישראלי משולב היטב בקהילת התשתית במונחים של קשרי מחקר ותכניות אימון. קשרים אלה מיוצגים

היטב על ידי 24 המענקים המשותפים ובפרסומים המשותפים, וכן על ידי השימוש בשירותים המדעיים. לשותפות מוצלחת זו יש תרומה ישירה ועקיפה לקידום המדע והמו"פ בישראל, והיא מתבטאת גם בהשפעה על מספר הפרסומים הישראליים והשפעתם המדעית בשטח זה.

INSTRUCT-ERIC: Integrated Structural Biology Infrastructure for Europe⁴³ »

תיאור תשתית המחקר: INSTRUCT היא תשתית מתוכננת מבוצרת ל- Integrated Structural Biology אשר מורכבת ממרכזים מקושרים ברחבי אירופה. המרכזים השונים עוסקים בפיתוח ויישום של טכנולוגיות ליבה (core) כמו ייצור חלבונים, תהודה מגנטית גרעינית (NMR), קריסטלוגרפיה, וצורות שונות של מיקרוסקופיה, כאשר לכל מרכז יש תחום התמחות ספציפי. רשת המרכזים מאורגנת במטרה לאפשר למדענים באירופה שימוש בכלים מחקרניים או במומחיות שהינם יקרים או מורכבים לאוניברסיטה יחידה.

מטרת INSTRUCT היא למזג את המידע המושג באמצעות כלי המחקר של הביולוגיה המבנית, עם המידע המושג בשיטות העדכניות ביותר בחקר הביולוגיה התאית. הכוונה היא ליצור את התשתיות המחקריות שבאמצעותן ניתן יהיה להרכיב תמונה דינמית ומתעדכנת של תהליכים תאיים מרכזיים מרמת המולקולה, אברונים ועד לתא השלם. תכנית כזאת דורשת השקעה בפיתוח ותפעול של טכנולוגיות מתקדמות, החל מייצור חלבונים, דרך אנליזה של מבנה החלבונים ותצמידיהם בשימוש בכלים המאפשרים תפוקה גבוהה, מיקרוסקופיית-אור, מס-ספקטרומטריה, תהודה מגנטית גרעינית, קריסטלוגרפיה של קרני X, מיקרוסקופיה אלקטרונית וביואינפורמטיקה - תוך שילוב של השיטות והתובנות ליצירת התמונה הכוללת. בנוסף, התשתית מממנת באופן חלקי או מלא קורסים להדרכה במרכזים השונים שלה; תקופות התמחות; מחקרים חדשים ברמת פיילוט; כנסים; ודיונים מדעיים ברשתות הקשר שלה. כמו כן, התשתית מעורבת במספר פרויקטים במסגרת Horizon 2020.

תכנית זו מחייבת השקעה גדולה בתשתיות והיא אינה ברת השגה במעבדות מחקר ממוצעות. על כן מבוססת התכנית על מרכזים מבוצרים במדינות שונות באירופה.

INSTRUCT הוקמה בשנת 2008 כשלב מכין במסגרת תכנית ESFRI (European Strategy Forum for Research Infrastructures). בשנת 2011 נכנסה התכנית לשלב מעבר ובשנת 2012 הפכה מבצעית ואפשרה גישה ראשונה לתשתיות שלה. בשנים שחלפו מאז התשתית הרחיבה את שירותיה, הציוד שלה, בנתה קורסים לאימון והתמחות ותמכה במחקרים דרך תכניות הפיילוט שלה. לכן נמצאה מתאימה והוכרזה בשנת 2017 כ- INSTRUCT-ERIC (European Research Infrastructure Consortium), מעמד המאפשר לה יציבות וקיימות באספקת שירותים לקהילת חוקרי הביולוגיה המבנית בפרט ולקהילת החוקרים במדעי החיים בכלל.

אופי השותפות הישראלית: ישראל היא אחת מ-11 המדינות החברות בתשתית, שניים מעשרת מרכזי הליבה של INSTRUCT ממוקמים בישראל: במכון ויצמן - המרכז נפתח לשימוש במסגרת INSTRUCT בשנת 2012 ומספק שירותים למחקרים בנושאי ביולוגיה מבנית. השאיפה היא לשדרוג תשתית זו למרכז ברמה בינלאומית מתקדמת ביותר. באוניברסיטת תל אביב - מרכז ביואינפורמטיקה העוסק בפתרון מבני של תצמידים גדולים בשילוב של שיטות ביו-אינפורמטיות ושיטות מבניות. פרויקט INSTRUCT נדון בישיבות הוועדה לתשתיות מחקר לאומיות (פורום תל"ם). התכנית מצריכה השקעה גדולה בהקמה, תפעול ותחזוקה של המתקנים, רכישת מכשור מתקדם ופיתוח טכנולוגיות ומתודולוגיות חדשות. כל זה מצריך תמיכה מדעית מסיבית וכוח אדם מיומן על מנת ליישם את התכנית ולתפעל את המכשור המדעי המתקדם.

⁴³ מקור: אתר INSTRUCT (קישור)

המידע על התשתית נבדק, אושר והושלם על ידי פרופ' גדעון שרייבר מהמחלקה לכימיה ביולוגית במכון ויצמן למדע

נושאי מחקר עיקריים: ביולוגיה מבנית, ביוטכנולוגיה, ביורפואה, מדעי החיים.

גופים מממנים: המימון ההתחלתי לפרויקט ניתן במסגרת ההשתתפות הישראלית בתכנית השביעית של האיחוד האירופי – FP7. בהמשך הפרויקט מומן מכספי משרד המדע, קרן I-CORE, מכון ויצמן ואוניברסיטת תל-אביב. מאמצע 2017, כאשר INSTRUCT הפך ל- Instruct-ERIC, הוא ממומן על ידי משרד המדע. בשנת 2017 המימון היה כ-60,000 דולר (ממוצע לשנים 2017-2018).

פרסומים: לפי אתר INSTRUCT בתקופה 2013-2017 כ-304 פרסומים מכל המדינות ציינו את INSTRUCT בהבעות התודה (Acknowledgement).

פעילות ישראל ב-INSTRUCT-ERIC:

טבלה 15: מספר המשתמשים בתשתית לפי מדינות (יוני 2015-יוני 2018)⁴⁴

Country	National Visits	Transnational Visits
Czech Republic	5	41
Portugal	0	32
Spain	14	42
United Kingdom	11	34
Italy	7	53
Germany	3	12* now not eligible
Belgium	3	23
France	49	13
Israel	30	12
Netherlands	7	7
Totals	129	269

טבלה 16: פעילות ישראל ב-INSTRUCT-ERIC בהשוואה לכלל התשתית לתקופה יוני 2015-יוני 2018⁴⁴

כלל התשתית	ישראל	
6,604	153	חברים רשומים
10	2	מרכזי מחקר בתשתית
43	5	קורסים להדרכה במימון חלקי או מלא של התשתית (2012-2018)
22	1	מענקי התמחות (2012-2018)
35	4	מענקי מחקר שאושרו
	4	מדורגת שנייה ביחס הצעות שהוגשו/הצעות שאושרו
406	42	בקשות שהוגשו לשימוש בתשתיות
308	25	בקשות שאושרו לשימוש בתשתיות

⁴⁴ מקור: מכון ויצמן - פרופ' גדעון שרייבר

מן הנתונים עולה כי לישראל יש פעילות רבה במסגרת INSTRUCT-ERIC, גם בהשוואה למדינות אחרות.

» Elixir⁴⁵

תיאור תשתית המחקר: המטרה של ELIXIR היא לבנות ולהפעיל תשתית ברת קיימא למידע ביולוגי באירופה ולתמוך במחקר בתחום מדעי החיים ובתרגומו לרפואה ולסביבה, לתעשיות בתחומי הביולוגיה ולחברה.

תחומי המחקר העיקריים בתשתית: ביואינפורמטיקה.

אופי השותפות הישראלית: מדינת ישראל חברה מלאה בתשתית. מרכז הפעילות (node) הוא במרכז לרפואה מותאמת אישית במכון וויצמן, המשתף פעולה עם שאר האקדמיות בישראל. במסגרת ELIXIR ישראל משתפת פעולה עם EMBL, למשל בפרויקט האירופי EXCELERATE. מושב אביב 2018 של הנהלת התשתית נערך בתל אביב, ואיפשר גם להנהלת התשתית EMBL היכרות נוספת עם המדע הנעשה בישראל, במיוחד באשר לרפואה מותאמת אישית.

עלות ההשתתפות הישראלית וגורם מממן: עלות ההשתתפות של מדינת ישראל בתשתית בשנת 2017 היתה כ-76,000 דולר. הגוף המממן את העלות השנתית הוא משרד המדע והטכנולוגיה.

מספר משתמשים ישראליים בתשתית: התשתית בהקמה וטרם נרשמו משתתפים ישראליים.

פרסומים מדעיים: לתקופה 2013-2017 נמצאו במאגר Scopus פרסומים ספורים המשותפים לישראל ול-ELIXIR.

» EMBRC - The European Marine Biological Resource Centre⁴⁶

תיאור תשתית המחקר: EMBRC היא תשתית ציוד מחקר אירופאית מבוזרת למחקר ביולוגיה ואקולוגיה ימית. השירותים שהיא מספקת נועדו לעסוק בשאלות בסיסיות הנוגעות לבריאותן של אקוסיסטמות ימיות בסביבה משתנה, ושימוש בטכנולוגיות חדשות כדי להרחיב את גבולות המחקר, לתמוך בגילויים חדשים ולהמשיך בניטור ארוך טווח של הסביבה הימית; פיתוח ביוטכנולוגיה ימית ומחקר בסיסי ויישומי לפתרונות ברי קיימא במזון, בריאות וסביבה.

רשת התשתית בנויה מ-24 אתרים, המערבים 20 מוסדות ב-9 מדינות (בלגיה, יוון, ספרד, צרפת, ישראל, איטליה, נורווגיה, פורטוגל ובריטניה).

אופי השותפות הישראלית: ישראל חברה מלאה בתשתית, ואתר המכון הבין-אוניברסיטאי למדעי הים באילת מהווה אחד מאתרי המחקר ברשת EMBRC. המכון באילת מספק תשתית למחקר, הוראה ואימון ומתמקד באקוסיסטמה של ים סוף (הים האדום).

גופים מממנים: משרד המדע, כ-83,000 דולר בשנת 2017.

⁴⁵ מקור: אתר האינטרנט של ELIXIR (קישור)

המידע על התשתית נבדק והושלם על ידי ד"ר יוסי קאליפא, מנהל תחום מדעי החיים במשרד המדע והטכנולוגיה
⁴⁶ מקורות:

- אתר האינטרנט של EMBRC (קישור)

- אתר האינטרנט של EMBRC-Israel (קישור)

הנתונים על התשתית ועל החברות הישראליות בה נבדקו, אושרו והושלמו על ידי ד"ר משה בן-ששון מנהל תחום מים, חקלאות וסביבה ביחידת המדען הראשי במשרד המדע והטכנולוגיה

פרסומים: לתקופה 2013-2017 נמצאו במאגר Scopus סך הכל 9 פרסומים שהמחברים שלהם ציינו שיוך לתשתית או השתתפות של התשתית במימון המחקר, ואף אחד מהם לא כלל את ישראל.

◀ מדעי החברה

» סקר מדעי החברה האירופאי - ESS⁴⁷

תיאור תשתית המחקר: הסקר החברתי האירופאי (European Social Survey) הינו סקר רב-מדינתי דו-שנתי, המהווה תשתית במדעי החברה עבור חוקרים, ממשלות ומעצבי מדיניות אשר עניינם מחקר בסיסי במקצועות מדעי החברה. הסקר נערך במקביל בלמעלה משלושים מדינות, והוא פרי יוזמה של קבוצת מחקר באירופה (כולל ישראל) במימון ועידוד הקרן האירופית למדע והאיחוד האירופי. מטרתו היא לתעד ולהסביר את הקשרים והאינטרקציות שבין השינויים המוסדיים המתרחשים במדינות אירופה לבין ההתנהגויות, העמדות, והאמונות המשתנות של האוכלוסייה המגוונת ביבשת אירופה. לראשונה נערך הסקר בשנת 2002, ומאז הוא נערך מדי שנתיים, במטרה ליצור תשתית למעקב איכותי אחר משתנים חברתיים שונים. על בסיס הסקר נוצר ומעודכן בסיס נתונים רחב היקף, המשמש למחקרים בדיסציפלינות השונות במדעי החברה, ומאפשר השוואה בין מדינות ועל פני זמן בתחומים שונים ומגוונים.

תחומי המחקר העיקריים בתשתית: מדע המדינה, סוציולוגיה, פסיכולוגיה חברתית, תקשורת, חינוך, עבודה סוציאלית, לימודי עבודה, מדיניות חברתית.

אופי ההשתתפות הישראלית: ישראל חברה בסקר. בסיס המידע והנתונים פרי הסקר נגישים באופן פתוח וללא תשלום לחוקרים ולמדענים מכל המדינות. השתתפות ישראל בתשתית החלה במימון של ות"ת, כאשר הסבב הראשון של הסקר התבצע בשנת 2002. מדינת ישראל לא השתתפה בסבב השני (2004-2005) והשלישי (2006-2007) של הפרויקט; אך חזרה להשתתף בסבבים הרביעי (-2008) (2009), החמישי (2010-2011) והשישי (2012-2013) בתקצוב ות"ת באמצעות האקדמיה הלאומית למדעים. בסבב השביעי (2014-2015) ובסבב השמיני (2016-2017) הצטרפה ישראל על תקן "מדינה אורחת". בתיאום עם משרד המדע הוחלט כי ניהול התכנית, הפיקוח, הבקרה והערכת התכנית וייצוג ישראל בתשתית האירופית יהיו באחריות משרד המדע. לקראת הסבב הבא (הסבב התשיעי) החליטה ות"ת שישראל תהיה חברה מלאה בשני הסבבים הבאים, עבודת השדה בסבב התשיעי תחל בספטמבר 2018.

עלות שנתית של ההשתתפות הישראלית: בשנת 2017 כ-48,000 דולר, ממומנת מתקציב הוועדה לתכנון ותקצוב (ות"ת) של המל"ג.

מספר המשתתפים מישראל: לפי נתוני אתר התשתית, כיום יש כ-1,500 משתמשים רשומים מישראל, המהווים 1.2% מכלל המשתמשים הרשומים בתשתית.

פרסומים: על בסיס נתונים שהתקבלו מהתשתית, בשנים 2005-2018 פורסמו כ-116 פרסומים מישראל, מהם כ-68 בשנים 2013-2017.

⁴⁷ מקורות:

- אתר האינטרנט של ESS (קישור)

- רשימת תשתיות מחקר בינלאומיות באתר המל"ג (קישור)

הנתונים על התשתית ועל החברות הישראליות בה נאספו ממקורות אינטרנטיים, נבדקו, אושרו והושלמו ע"י ד"ר אירית אדלר מאוניברסיטת תל אביב, חוקרת התשתית בישראל

SHARE - Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe ⁴⁸

תיאור תשתית המחקר: סקר הבריאות, ההזדקנות והפרישה באירופה הוא בסיס מידע מולטידיסציפלינרי ובינלאומי בנושאי זקנה, המהווה חלק ממחקר אורך השוואתי הגדול באירופה אשר עוסק באוכלוסייה המזדקנת. הסקר רחב ההיקף מכיל נתוני מיקרו בנושאי בריאות, מעמד חברתי-כלכלי, הכנסה, רישות חברתי ועוד. עד היום נאספו כ-380,000 ראיונות בקרב כ-140,000 אזרחים מגיל 50 ומעלה, בשבעה גלי מחקר החל משנת 2004. פרויקט SHARE נבנה בהשראת מחקר הבריאות והפרישה האמריקאי (HRS) ומחקר ההזדקנות האנגלי (ELSA). SHARE מנוהל על ידי המכון לכלכלת הזקנה (MEA) במינכן, כחלק ממכון מקס פלאנק למשפט חברתי ומדיניות חברתית. הנתונים נאספים ומעובדים כיום מ-28 מדינות באירופה (כולל ישראל), ומשמשים למחקרי אורך ורוחב בנושא הזקנה בתחומים רבים וביניהם רפואה, סוציולוגיה, פסיכולוגיה, כלכלה ועוד.

SHARE - ישראל הצטרפה לפרויקט בשנת 2004 והיא מהווה חלק אינטגרלי מהפרויקט האירופי. הנתונים בישראל נאספו בחמישה גלים בשנים 2005-2006, 2009-2010, 2013, 2015 ו-2017. מספר הראיונות בנתוני SHARE ישראל מגיע ליותר מ-12,000 ראיונות שנאספו בקרב למעלה כ-4,000 משיבים, בחמישה גלי מחקר לאורך 12 שנים. למעלה מ-80% מהמראיינים רואיינו בשני גלים או יותר.

אופי השותפות הישראלית: סקר SHARE-ישראל נערך בחסות מרכז הידע לחקר הזדקנות האוכלוסייה בישראל, המופעל מהאוניברסיטה העברית בירושלים. איסוף הנתונים מתבצע על ידי מכון ב.י. ולוסיל כהן למחקרי דעת קהל באוניברסיטת תל אביב. נתוני SHARE-ישראל מוצגים לקהילת החוקרים באופן חופשי וללא תשלום. נכון ליוני 2018, ישנם 230 משתמשים פעילים בנתוני המאגר מישראל.

גוף מממן: סקר SHARE-ישראל נתמך כיום על ידי 7 משרדי ממשלה באמצעות המשרד לשוויון חברתי (בהתאם להחלטה מספר 2752 של הממשלה מיום 18.06.2017).

בעבר נתמך על ידי: המוסד לביטוח לאומי; המשרד לענייני גמלאים באמצעות משרד המדע; המשרד לאזרחים ותיקים; משרד המדע, המסגרת השביעית של תכנית העבודה של האיחוד האירופי; המכון הלאומי לזקנה (NIA) של מכוני הבריאות הלאומיים (NIH); הקרן הגרמנית-הישראלית (GIF) למחקר ולפיתוח תמכה בגל הראשון.

פרסומים: לפי אתר התשתית בישראל, בשנים 2013-2017 פורסמו 89 פרסומים על ידי מחברים מישראל (מסוגים שונים – מאמרים, תזות, דוחות, פרקים בספרים; חלקם בעברית וכאלה שלא מופיעים במאגרי המידע מסוג סקופוס).

⁴⁸ מקורות:

- אתר האינטרנט של SHARE (קישור)

- אתר אינטרנט של SHARE-ישראל (קישור)

המידע על התשתית נבדק, אושר והושלם על ידי אלה אוסטרובסקי-ברמן, מתאמת תשתית SHARE בישראל

תיאור תשתית המחקר: רשת ה-GÉANT הינה רשת תקשורת כלל אירופאית המוקדשת למחקר ולהשכלה גבוהה. זוהי הרשת האקדמית בעלת העוצמה הגבוהה ביותר בעולם, והיא מספקת סטנדרטים של קישור המבוססים על פרוטוקולים של אינטרנט ושירותי קצה, לפרויקטים מחקרניים בהיקפים גדולים. רשת התקשורת משמשת להעברת מידע מסוגים שונים, משרתת קהילות מחקר וידע בדיסציפלינות שונות ב-38 מדינות ומאפשרת עבודה משותפת של צוותים מאזורים גיאוגרפיים שונים על ניסויים ופרויקטים משותפים. ניסויים גדולים אשר עשו שימוש בתשתית הם, למשל, ניסויי מאיץ החלקיקים ב-CERN אשר נתמכו בתשתית להעברת מידע ונתונים בהיקפים גדולים מאוד.

פרויקט GÉANT מתרכז בפיתוח והפצת כלים ושירותים במטרה לשרת באופן משופר את הצרכים המתפתחים של קהילת המחקר וההשכלה הגבוהה בטווח הארוך (כגון Eduroam ו-Edugain).

אופי השותפות הישראלית: ישראל חברה בתשתית דרך מחב"א - מרכז החישובים הבין-אוניברסיטאי, מלכ"ר בו חברות האוניברסיטאות בישראל ומספר מכללות ובתי חולים. מחב"א חבר בתשתית ועושה בה שימוש לטובת שיתוף והעברת מידע לגופי מחקר ואוניברסיטאות בחו"ל. למחב"א יש שני קווים ל-GÉANT בקיבולת של 20 Gb/sec כל אחד.

עלות ההשתתפות הישראלית: כמיליון דולר מדי שנה. כחבר בעמותה האירופאית, מחב"א מקבלת בסוד מאירופה בכ-400,000 \$ לשנה.

גוף מממן: מחב"א – מרכז החישובים הבין אוניברסיטאי.

מספר המשתמשים הישראלים בתשתית בשנת 2018: כ-140,000 איש (כולל אנשי סגל, מנהלה וסטודנטים באוניברסיטאות ובמכללות שמחוברים דרך מחב"א ומקבלים שירות דרך GÉANT).

פרסומים: GÉANT היא תשתית תקשורת מועדפת – כפי שיעיד המספר הגבוה של המשתמשים בה, אך בגלל מעמדה כתשתית בסיסית כמו חשמל ומים היא אינה מוזכרת בפרסומים (Scopus). לפיכך, לא נמצאו פרסומים ישראליים שנכתבו בשיוך לתשתית. להלן שלושה פרסומים המתארים שימוש בתשתית במחקרים ספציפיים:

על שימוש ברשת למחקר סרטן בשיבא:

איך מורידים זמן העברת נתונים גנומיים משש שנים למספר חודשים⁵⁰

Delivering the data for groundbreaking cancer research⁵¹

על שימוש ברשת למחקר נגד DENGUE FEVER:

Joining forces with the medical community to combat tropical diseases⁵²

⁴⁹ מקורות: אתר האינטרנט של GÉANT (קישור)

- אתר מחב"א (קישור)

המידע על תשתית המחקר נאסף ממקורות שונים ברשת האינטרנט, נבדק, הושלם ואושר ע"י הנק נוסבכר, מנהל תשתיות למחב"א

⁵⁰ מקור: הידען (קישור)

⁵¹ מקור: inthefieldstories (קישור)

⁵² מקור: inthefieldstories: (קישור)

תיאור תשתית המחקר: רשת PRACE הינה תשתית כלל אירופאית שמטרתה לתמוך בפעילות מחקרית באמצעות מתן גישה למשאבים ולשירותי מחשוב וניהול נתונים (מחשבי על) המבזרים באירופה. התשתית פתוחה לחוקרים מהאקדמיה ולמשתמשים מהתעשייה ומספקת גישה למגוון רחב של יישומים ושירותי סימולציה בכל תחומי המחקר וההנדסה. בין מחשבי העל (שהם בין ה-100 המהירים בעולם) הנגישים דרך PRACE: SuperMUC (גרמניה); FERMI (איטליה); CURIE (צרפת); JUGENE ו-Hermit (גרמניה). השימוש במחשבי על היא חנינם לזוכים שהגישו בקשות מנומקות. השימוש לזוכים שווה ערך לכמה מאות אלפי דולרים של כוח מחשוב.

PRACE הוקמה כארגון בין לאומי שלא למטרות רווח, שהחל לפעול באפריל 2010. כיום חברות בו 26 מדינות (כולל ישראל). התשתית ממומנת על ידי הממשלות של המדינות החברות באמצעות הנציגים שלהן.

PRACE מאפשרת גישה משני סוגים למשאבי התשתית: גישה לפי פרויקט לעשרות או מאות מיליוני שעות מחשב (על בסיס שנתי ורב שנתי) וגישה "מכינה" (Preparatory - כגון 300,000 שעות מחשב) למגוון מוגבל של משאבים. מתחילת 2018, PRACE הפעילה PRACE 2.0 ובכדי להיות חבר בתכנית זו - חייבים לשלם יותר.

כמו כן, מתקיימות במסגרת התשתית פעילויות של הדרכה והכשרה לשימוש במשאבי התשתית בסדנאות וסמינרים.

אופי השותפות הישראלית: ישראל חברה בתשתית דרך מחב"א - מרכז החישובים הבין-אוניברסיטאי, מלכ"ר בו חברות שמונת האוניברסיטאות בישראל ומספר מכללות ובתי חולים. ישראל חברה בתשתית החל מינואר 2012.

גופים מממנים: דמי החבר השנתיים הם בסך 40,000 אירו. התוספת להיות חבר ב-PRACE 2.0 היא 100,000 אירו נוספים. מחב"א החליטה לא לשלם את התוספת ולכן חוקרים ישראלים לא יכולים להיות Principal Investigator ב-PRACE, אלא רק כשותפים עם שותפים מלאים. התשלום של 40,000 אירו ממומן על ידי מחב"א - שתקציב פעילותו ממומן במלואו על ידי שמונת אוניברסיטאות המחקר: אוניברסיטת תל אביב, האוניברסיטה העברית, הטכניון, מכון ויצמן, אוניברסיטת חיפה, אוניברסיטת בן גוריון, אוניברסיטת בר אילן והאוניברסיטה הפתוחה. מחב"א פנה למשרד המדע ולוועדה לתכנון ותקצוב למימון החברות ב-PRACE, מתוך שיקול כי נכון שהחברות ברשת תמומן על ידי מקור תקציבי לאומי רחבי, בין אם ישירות על ידי הממשלה ובין אם על ידי הגוף המטפל רחבית בתקצוב ההשכלה הגבוהה, אולם לא היתה היענות.

מספר המשתמשים הישראלים בתשתית: משנת 2012 - 16 חוקרים ישראלים זכו בשימוש בתשתית.

פרסומים: PRACE היא תשתית תקשורת ייחודית, אך מעמדה כשל כלי עבודה בסיסי שלרוב אינו מוזכר בפרסומים. לפיכך, נמצאו רק פרסומים ספורים של ישראל המציינים את התשתית (מקור: Scopus). להלן פרסום המתאר זכיית סטודנט ישראלי בתכנית הדרכה של PRACE, ואת שותפות ישראל בתשתית: זכיית סטודנט בתכנית הדרכה של PRACE.⁵⁴

⁵³ מקור: אתר האינטרנט של PRACE (קישור)

המידע על תשתית המחקר נאסף מאתרי אינטרנט שונים ובדק, הושלם ואושר ע"י הנק נוסבכר, מנהל תשתיות למחב"א

⁵⁴ מקור: הידען (קישור)

חברות פעילה בתשתיות מחקר בינלאומיות היא בעלת חשיבות הן מבחינת הציוד המחקרי הייחודי המוצב בהן והן בשל היותן מקום מפגש בין חוקרים מובילים ובהיותן קטליזטור לקשרי עבודה ושיתופי פעולה מחקריים בינלאומיים. חשיבות זו אף עולה כיום עם עלייתו של המדע הגלובלי, חסר הגבולות.

התועלת המדעית הנובעת מחברות בתשתיות מחקר בינלאומיות היא מגוונת ותלויה בטיב התשתית: גישה לציוד מחקר ייחודי (כולל בסיסי נתונים); אימון, התמחות והכשרת חוקרים; קורסים וכנסים; מענקי מחקר ומילגות; הפרייה הדדית של רעיונות ושיתוף במומחיות; שיתופי פעולה במחקר ועוד. תועלת מגוונת זו קשה לכמת. בפרק זה בדקנו את השפעת החברות בתשתיות על פרסומי ישראל, ומצאנו שבחלקן יש תרומה משמעותית למספר פרסומי ישראל ולהשפעה המדעית שלהם (מספר הציטוטים לפרסום), אולם מדד זה אינו מתאים לבחינת כל התשתיות. דוח שנתי על פעילות ישראל בכל אחת מן התשתיות, אם יופק, עשוי להצביע על התועלת למדע בישראל כתוצאה מהחברות בתשתיות, למשל מספר המשתמשים, מענקי מחקר ומחקרים משותפים שצמחו בתשתיות, תקופות התמחות, קורסים וכנסים שהתקיימו בה.

תועלת מדעית זו כרוכה בעלות. העלות הכוללת של החברות בתשתיות בינלאומיות הגיעה בשנת 2017 לכ-23 מיליון דולר. במהלך הכנת הפרק נוכחנו שההחלטות על עצם החברות בתשתיות, אנשי הקשר לתשתיות וגם מקורות המימון מפוזרים לעתים בין כמה רשויות (משרד המדע והטכנולוגיה; ות"ת; מל"ג; האקדמיה הלאומית למדעים; משרדי ממשלה שונים ועוד). בחלק מהרשויות האלה אין אתר אינטרנט מעודכן, וגם מידע חיוני כמו החלפת איש הקשר לתשתיות אינו עובר לחוקרים הפועלים בה. בחלק מהתשתיות אנשי הקשר בקיאים בנעשה ובחלקן התקבל הרושם שלא.

ייתכן שיש צורך בגוף אחראי אחד במדינה המרכז את כל נושא החברות בתשתיות בינלאומיות. גוף יחיד זה יוכל לשמש כתובת ברורה לקהילה המדעית, לדאוג לאנשי קשר פעילים לתשתיות, ולספק דוח שנתי על פעילות ישראל בכל אחת מהתשתיות. מידע כזה עשוי לתרום להחלטות מושכלות באיזה תשתיות מחקר בינלאומיות ראוי לישראל להשתתף.

לסיום, כדאי להביא כלשונן את מסקנות הדוח על מצב המדע בעניין זה שפרסמה האקדמיה הלאומית למדעים:

- "ישראל מבודדת מבחינה גאוגרפית מהמרכזים המדעיים הגדולים. לפיכך, טיפוח שיתופי פעולה בין מדענים ישראלים לבין עמיתיהם מחו"ל מהווה את נשמת אפה של הפעילות האקדמית ואת אחת מאבני הבניין החשובות של המחקר האקדמי בארץ.
- שיתופי הפעולה הבין-לאומיים מבוססים על צירים אחדים: שיתופי פעולה בין מדענים בודדים בעלי עניין מדעי משותף; שותפות בקרנות מחקר בין-לאומיות ודו-לאומיות, ושימוש במתקני מחקר גדולים שאינם מצויים בארץ.
- מתקני מחקר גדולים הם תוצאה של שיתופי פעולה בין-לאומיים. הם חיוניים להתקדמות הידע האנושי והטכנולוגיה. ישראל חברה בכמה שיתופי פעולה כאלה, ופעילות מדעניה במסגרתם זוכה להערכה רבה בעולם. אנו ממליצים להמשיך ולבחון שותפות במתקנים בין-לאומיים חדשים המוקמים עתה או עתידים לקום בעתיד הקרוב - דוגמת מתקן הלייזר של אלקטרוניק חופשיים המוקם בגרמניה, והטלסקופ הבין-לאומי המוקם בצ'ילה. שיתופה של ישראל חייב להתבסס על שיקולים של תועלת מדעית ועל קיומה של מסה קריטית של פעילות מדעית ישראלית בתחומים הנדונים."

3. גורמים שעשויים להשפיע על מספר הציטוטים של מאמרים

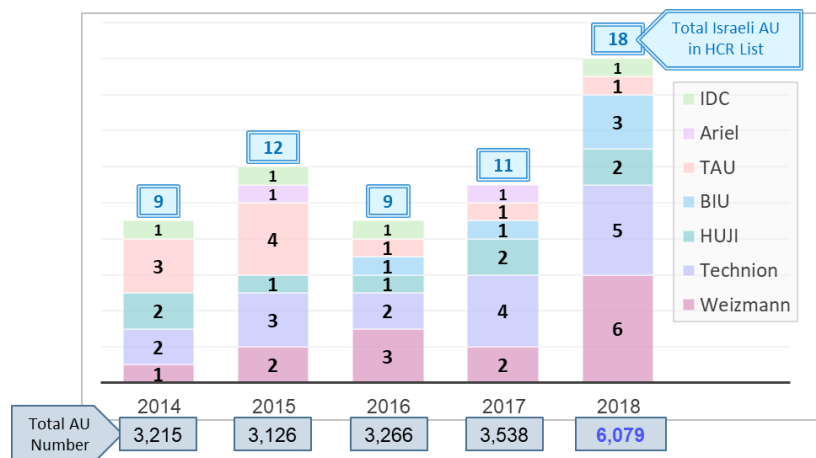
מספר הציטוטים של מאמר משמש באקדמיה כמדד העיקרי להערכת ההשפעה המדעית של מחקר⁵⁵. חוקרים מעוניינים שהמאמרים שהם מפרסמים יזכו למירב הציטוטים האפשריים כדי להגדיל את ההשפעה המדעית של המחקרים.

מספר הציטוטים משפיע על חישוב מדדים נוספים כמו h-index, g-index ו-Impact Factor שמשמשים לצורך הערכה של חוקרים, כתבי-עת, קבוצות מחקר, אוניברסיטאות ומדינות ולכן נתוני הציטוטים משפיעים על קידום של חוקרים באוניברסיטאות וזכייה במענקי מחקר, מיקום האוניברסיטאות בדירוגים אקדמיים והדירוג של מדינות בהשוואות בינלאומיות.

אחת הדוגמאות להשפעה של מספר הציטוטים על דירוג האוניברסיטאות מופיעה במדד שנחאי⁵⁶ ש-20% מהציון המשוקלל שלו מתבסס על מספר החוקרים שנכללים ברשימת ה-Highly Cited Researchers⁵⁷ של Clarivate Analytics; כך ששינוי זעום במספר זה עשוי לגרום שינוי משמעותי בדירוג המוסד במדד שנחאי. איור 12 מתאר את השינוי במספר החוקרים הישראלים שמופיעים ברשימת ה-HCR לאורך השנים.

יש להדגיש את החשיבות בשימוש במערכות כמו ResearcherID ו-ORCID כדי להבטיח שהפרסומים והציטוטים אכן מקושרים ונספרים לטובת המחברים והמוסדות המתאימים.

איור 12: מספר המחברים הישראלים ברשימות ה-HCR⁵⁷, 2014-2018



מספר הציטוטים של המאמר עשוי לשקף את האיכות המדעית של המחקר; מאמרים מדעיים עשויים לזכות במספר ציטוטים גבוה אם הם עוסקים בנושאים חשובים ו/או תורמים מידע שימושי לתחומים הרלבנטיים, אך ישנם גורמים רבים נוספים המשפיעים על מספר הציטוטים: שיתוף פעולה במחקרים, בחירת כתב-העת (או הכנס) בו מתפרסם המאמר, קריאות התקציר (Readability) ועוד⁵⁸.

⁵⁵ Uddin, S., & Khan, A. (2016). The impact of author-selected keywords on citation counts. *Journal of Informetrics*, 10(4), 1166-1177

⁵⁶ The number of Highly Cited Researchers selected by Clarivate Analytics / ARWU2018 Methodology ([website](#))

⁵⁷ Clarivate Analytics Highly Cited Researcher lists ([website](#))

⁵⁸ Didegah, F. Determinants of Research Citation Impact: A Combined Statistical Modelling

מחקר⁵⁹ שפורסם ע"י Eugene Garfield ב-2006 קובע שברוב תחומי המחקר ניתן לקבוע ש-20% מהמאמרים זוכים ל-80% מהציטוטים.

בפרק זה נסקור גורמים המשפיעים על מספר הציטוטים של מאמרים מדעיים ונדגים את השפעתם של חלק מגורמים אלו על מספר הציטוטים של פרסומים ישראלים. חשוב לציין שההשפעה של גורמים מסויימים עשויה להשתנות בהתאם לתרבות הפרסומים והציטוטים בתחומי המחקר השונים.

מחקר⁶⁰ שפורסם ב-2016 ע"י חוקרים מאירן מצא למעלה מאלפיים מאמרים העוסקים בגורמים המשפיעים על מספר הציטוטים. החוקרים סקרו 28 מאפיינים וסיווגו אותם לשלוש קטגוריות ראשיות – כפי שניתן לראות בטבלה 17.

טבלה 17: רשימת הגורמים המשפיעים על מספר הציטוטים של מאמר

מאפייני המאמר	
7. מספר האיורים והנספחים	1. איכות המאמר
8. מאפייני הכותר, התקציר ומילות המפתח	1. מידת החידוש, הפופולריות וההתעניינות בנושא המאמר
9. מאפייני הרפרנסים	2. מאפייני תרבות הפרסומים והציטוטים של תחום המחקר
10. אורך המאמר	3. המתודולוגיה של המחקר (גודל המדגם וכד')
11. גיל הפרסום (age effect)	4. סוג הפרסום (סקירה, מכתב לעורך וכד')
12. מיידיות הציטוטים (early citation and speed of citation)	5. מערך המחקר (study design)
13. נגישות ונראות של המאמר, פרסום ב-Open Access	6. מאפייני הממצאים והדין
מאפייני כתב-העת	
	14. האימפקט פקטור והיוקרה של כתב-העת (Journal impact factor and prestige)
	15. השפה של כתב-העת ושל המאמר
	16. התחום בו עוסק כתב-העת ומידת הכיסוי שלו (מקומי/בינלאומי, כללי/ייעודי)
	17. סוג הפרסום ואופן הצגתו: מאמר בכתב-עת לעומת מאמר מکنס (וגם מצגת לעומת פוסטר)
מאפיינים הקשורים למחברים	
24. מין, גיל וגזע של המחברים	18. מספר המחברים
25. מספר הפרסומים של המחבר (author's productivity)	19. המוניטין של המחבר ומספר הציטוטים במאמרים קודמים (highly-cited authors)
26. מאפיינים ארגוניים של המוסד אליו משתייך המחבר (גודל הפקולטה, מספר פרסומים וכד')	20. התואר האקדמי של המחבר (פרופסור לעומת מרצה)
27. מימון (funding) ומענקים שהמחבר קיבל לצורך כתיבת המחקר	21. ציטוטים עצמיים
	22. שת"פ לאומי ובינלאומי
	23. מאפייני המדינות אליהן משתייכים המחברים (middle / high income countries)

⁵⁹ Garfield, E. (2006). The history and meaning of the journal impact factor. *Jama*, 295(1), 90-93

⁶⁰ Tahamtan, I., Afshar, A. S., & Ahamdzadeh, K. (2016). Factors affecting number of citations: a comprehensive review of the literature. *Scientometrics*, 107(3), 1195-1225

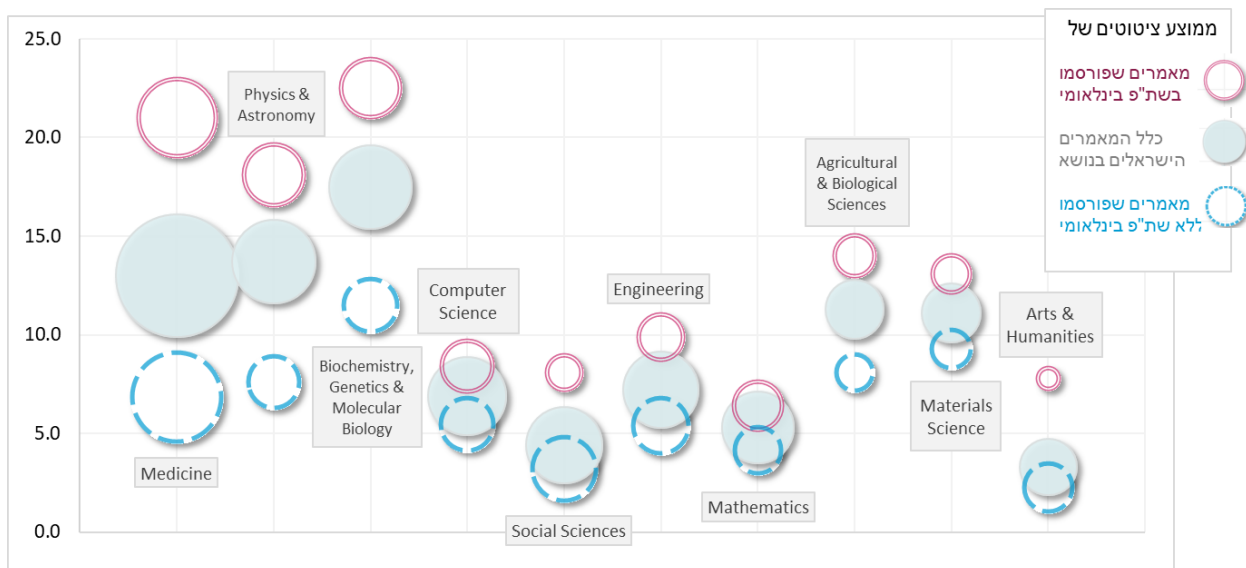
מחברי המאמר מציינים כי לגורמים הבאים השפעה ניכרת יותר (מהשאר) על מספר הציטוטים: איכות המאמר, אימפקט פקטור של כתב-העת, מספר המחברים ושת"פ בינלאומי.

» שת"פ בינלאומי

שיעור הצמיחה הגבוה בשיתוף הפעולה הבינלאומי בין חוקרים במהלך העשורים האחרונים תורם לשיתוף הידע ולקידום המדע. פרסומים ישראלים הנספרים כשת"פ בינלאומי כוללים מאמרים שנכתבו ע"י חוקרים בעלי שיוך לכתובת ישראלית יחד עם חוקרים ממדינות אחרות. פרסומים אלו כוללים הן מאמרים שנכתבו ע"י צוותי מחקר קטנים (לפחות 2 מחברים) והן מאמרים שפורסמו ע"י פרויקטים בינלאומיים עתירי מחברים (דוגמת CERN).

מחקר⁶¹ שפורסם ב-2018 קבע כי מאמרים הנכתבים ע"י מחברים ממדינות שונות עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים. האירור הבא מתאר את ההבדלים במוצעי הציטוטים של מאמרים ישראלים שפורסמו בשיתוף עם חוקרים מחו"ל לבין פרסומים שנכתבו ללא שת"פ בינלאומי (ב-10 הנושאים המובילים במספר הפרסומים הישראלים ב-2012-2016).

איור 13: ממוצע ציטוטים של מאמרים שנכתבו עם ובלי שת"פ בינלאומי – לפי תחומים, 2012-2016



ניתן לראות שבשטחים כמו רפואה ופיסיקה, לשיתוף הפעולה הבינלאומי יש השפעה גדולה על ממוצע הציטוטים של פרסומי ישראל, בעוד בשטחים כמו מתימטיקה ומחשבים ההשפעה קטנה יחסית.

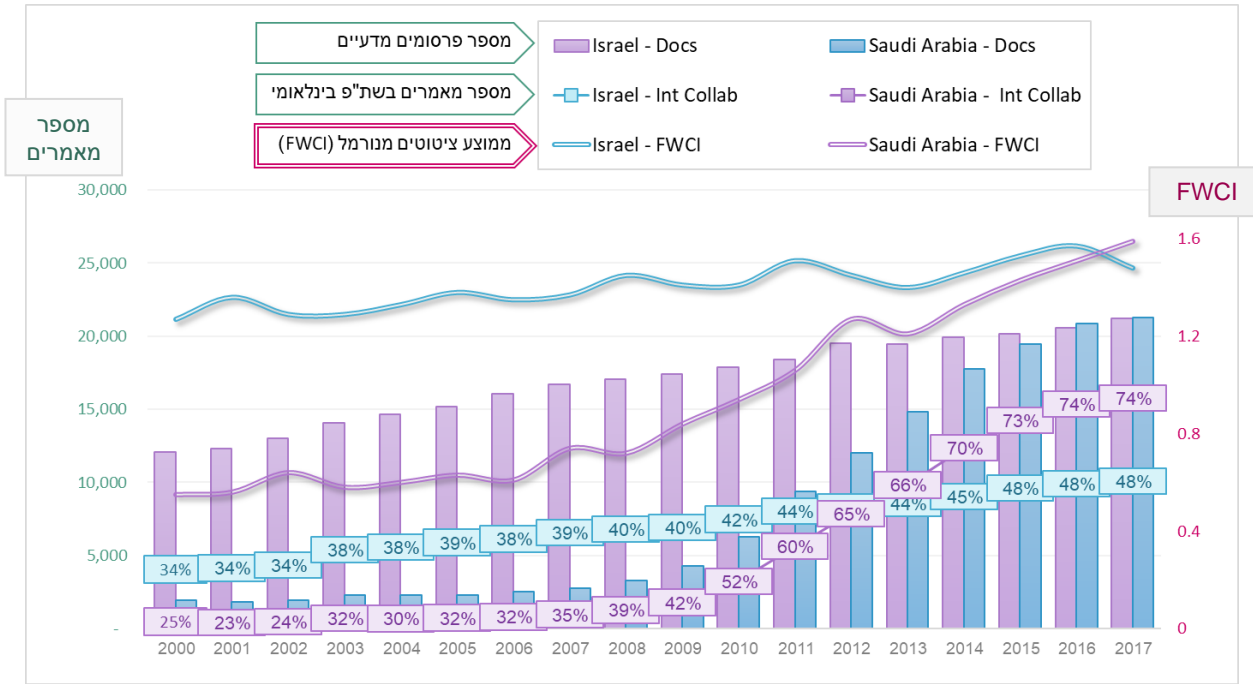
דוגמה נוספת להשפעה המשמעותית של שת"פ בינלאומי ניתן למצוא במאמר⁶² שפורסם ב-2016 ע"י חוקרים סעודיים ומייחס את העליה הדרמטית במספר הפרסומים של ערב הסעודית לעליה בהשקעות הממשלה במו"פ ובעיקר לשת"פ עם חוקרים מחו"ל.

⁶¹ Hsiehchen, D., Espinoza, M., & Hsieh, A. (2018). Evolution of collaboration and optimization of impact: self-organization in multinational research. *Scientometrics*, 1-17

⁶² Shehata, I., & Mahmood, K. (2016). Research collaboration in Saudi Arabia 1980–2014: Bibliometric patterns and national policy to foster research quantity and quality. *Libri*, 66(1), 13-29

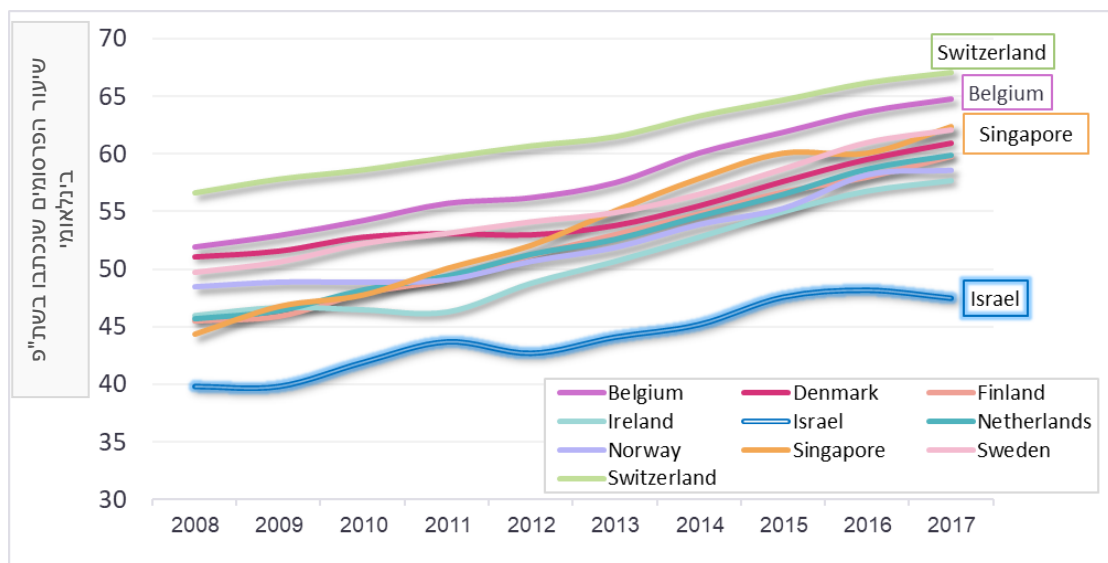
באיר 14 ניתן לראות את הקשר בין ממוצע הציטוטים המנומל של ישראל וערב הסעודית לשינוי במספר הפרסומים המדעיים שנכתבו בשת"פ בינלאומי. בשנת 2017 שיעור הפרסומים הסעודיים שנכתבו בשת"פ בינלאומי היה 74%, לעומת 48% בישראל.

איור 14: הקשר בין ממוצע ציטוטים מנומל ומספר מאמרים שנכתבו בשת"פ בינלאומי – ישראל לעומת ערב הסעודית



באיר 15 ניתן לראות את השינוי בשיעור הפרסומים שנכתבו בשת"פ בינלאומי – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות. ב-2017 הממוצע של מדד זה עבור 9 המדינות שנבחרו להשוואה היה 61%, בעוד ששיעור הפרסומים הישראליים שנכתבו בשת"פ בינלאומי היה 48%.

איור 15: שיעור הפרסומים שנכתבו בשת"פ בינלאומי – ישראל בהשוואה למדינות נבחרות



מחקר⁶³ שפורסם ב-2018 ובחן היבטים כלכליים המשפיעים על מספר הציטוטים מצא קורלציה חיובית בין מספר המדינות החתומות על המאמר לבין מספר הציטוטים. בנוסף, נמצא כי כאשר המחבר הראשי המופיע ברשימת המחברים מגיע ממדינה הנחשבת לבעלת הכנסות גבוהות (high income countries) – המאמר עשוי לזכות במספר ציטוטים גבוה יותר (בבדיקת ציטוטים שהתקבלו לאורך 5 שנים).

» איכות כתב-העת - Impact Factor

מחקר⁶⁴ שפורסם ב-2013 קבע כי לאימפקט פקטור של כתב-העת ישנה השפעה חיובית ניכרת על מספר הציטוטים של המאמרים המתפרסמים בו. לכתב-העת בעלי אימפקט פקטור גבוה – נראות גדולה יותר ולכן הם זוכים לחשיפה גדולה יותר בקהילה האקדמית. במחקר נבדקו אלפי מאמרים מ-3 תחומי מחקר: ביולוגיה וביוכימיה, כימיה, ומדעי החברה. ב-3 התחומים נמצא כי למאמרים שפורסמו בכתב-העת בעלי אימפקט פקטור גבוה יותר – ממוצע ציטוטים גבוה יותר. מסקנות המחקר תואמות לתוצאות של מחקרים קודמים שנערכו בתחומי מחקר שונים. מסקנה זו אינה תקפה עבור כתב-העת שמתפרסמים ב-Open Access (פירוט להלן).

» (OA) Open Access

המונח Open Access (OA) מתייחס לתפוקות מחקר שמתפרסמות במקורות מקוונים ושניתן להוריד אותן ללא תשלום. המקורות כוללים מאמרים מכתב-העת אקדמיים שפיטים (peer-reviewed) וכאלו שאינם שפיטים, מאמרים מכנסים (Proceedings), פרקים מספרים, תזות ועוד.

ניתן לפרסם ב-OA בחמישה מסלולים⁶⁵ עיקריים המאפשרים הרשאות שונות: Gold, Green, Hybrid, Bronze, Closed.

כתב-העת OA היברידיים⁶⁶ (Hybrid Open Access Journals) נותנים למחברים לבחור בין האפשרות לשמור על זכויות היוצרים שלהם באמצעות תשלום למו"ל (publisher), או להעביר את זכויות היוצרים למו"ל ולפרסם ללא תשלום. כתב-העת מסוג זה כוללים מאמרים שניתן להוריד בתשלום, ובמקביל - מאמרים שניתן לקרוא חינם. בכתב-העת היברידיים התשלום שהמחבר מתבקש לשלם עבור פרסום מאמר ב-OA הינו בממוצע כ-\$2,100.⁶⁷

מחקרים שבחנו את השפעת ה-OA על מספר הציטוטים של מאמרים הגיעו למסקנות שאינן חד-משמעיות. מחקר⁶⁸ שפורסם ב-2016 ביצע סקירת פרסומים קודמים שעוסקים בנושא וקבע כי רובם

⁶³ Ni, P., & An, X. Relationship between international collaboration papers and their citations from an economic perspective. *Scientometrics*, 1-15

⁶⁴ Didegah, F., & Thelwall, M. (2013). Which factors help authors produce the highest impact research? Collaboration, journal and document properties. *Journal of Informetrics*, 7(4), 861-873

⁶⁵ Piwowar, H., Priem, J., Larivière, V., Alperin, J. P., Matthias, L., Norlander, B., ... & Haustein, S. (2018). The State of OA: A large-scale analysis of the prevalence and impact of Open Access articles. *PeerJ*, 6, e4375

⁶⁶ Asai, S. (2018). Open Access Determinants and the Effect on Article Performance. *International Journal of Business and Economics Research*, 6(6), 145

⁶⁷ Cambridge. (2018). How much do publishers charge for Open Access?. Cambridge University

⁶⁸ Tennant, J. P., Waldner, F., Jacques, D. C., Masuzzo, P., Collister, L. B., & Hartgerink, C. H. (2016). The academic, economic and societal impacts of Open Access: an evidence-based review. *F1000Research*, 5

מצאו שמאמרים שמתפרסמים ב-OA זוכים למספר ציטוטים גבוה יותר שהוגדר כ- Open Access Citation Advantage (OACA). מידת ההשפעה על הציטוטים משתנה בהתאם לתרבות הפרסומים והציטוטים בכל אחד מתחומי המחקר – החל משיפור של 36% בביולוגיה ועד 600% במדעי החקלאות.

מחקר⁶⁹ שפורסם ב-2015 קבע כי פרסום בכתבי-עת שהם OA תורם משמעותית למספר הציטוטים של המאמר, מספר הצפיות והנראות של המאמר ברשתות החברתיות. עוד נמצא שפרסום ב-OA תורם גם למידת השימוש במאמר והמשכיות במספר ההורדות של המאמר לאורך זמן (בהשוואה למאמרים שפורסמו במקורות שאינם OA).

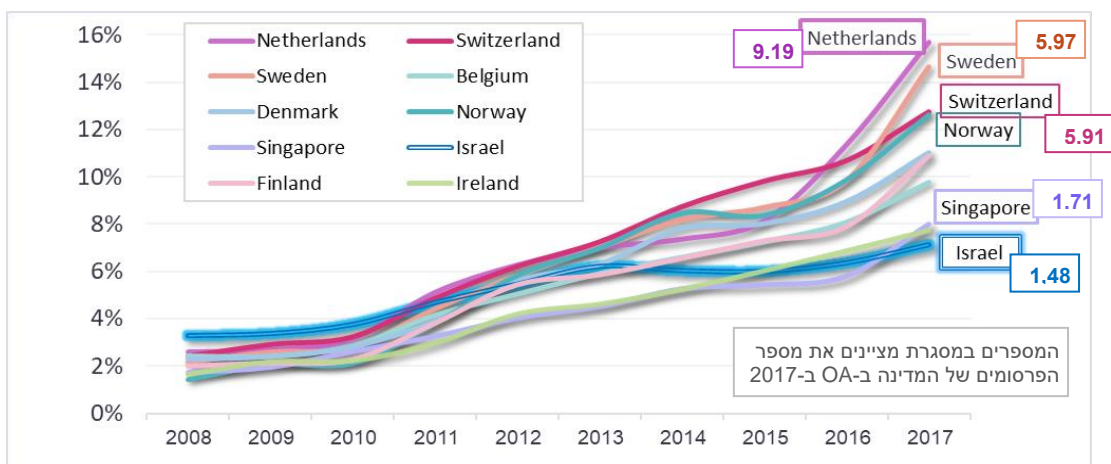
מחקר⁶⁶ שפורסם ב-2018 הגיע למסקנה כי פרסום ב-OA מגדיל את מספר ההורדות אך לא בהכרח מעלה את מספר הציטוטים. עם זאת, מחברי המחקר מציינים שלאחרונה ישנן אוניברסיטאות שמבטלות את ההסכמים שלהן עם ספקים של מאגרי מידע אקדמיים בגלל עליה מתמשכת בתעריפים. אם מגמה זו תימשך – למאמרים ב-OA עשוי להיות יתרון משמעותי יותר שישפיע על צמיחה במספר הציטוטים.

מחקר אחר⁷⁰ שפורסם ב-2017 מצא כי מאמרים שמתפרסמים בכתבי-עת OA לאו דוקא מושפעים מהאימפקט פקטור של כתב-העת, ולכן מחברי המאמר ממליצים על פרסום ב-OA (לקבלת מספר גבוה יותר של ציטוטים), אך טוענים שאין הצדקה לשלם תעריפי פרסום גבוהים לכתבי-עת בעלי אימפקט פקטור גבוה יותר ואין להם השפעה משמעותית על ההבדל במספר הציטוטים - במקורות שהם OA.

איור 16 מציג את השינוי בשיעור המאמרים שהתפרסמו במקורות שהם Open Access של ישראל ומדינות נבחרות. בישראל חלה עליה של 167% במספר הפרסומים ב-OA במהלך העשור האחרון לעומת עליה למעלה מ-450% בשאר המדינות; 673% בשווייץ, 669% בסינגפור, 720% בהולנד. העליה הממוצעת בכלל הפרסומים של המדינות באותה תקופה הינה 50%.

חשוב לציין שנתונים אלו כוללים מאמרים ב-OA שמתועדים במאגר Scopus; ניתן להניח שחלק ניכר מה-OA אינו מתועד במאגר זה ולכן המספרים בפועל גבוהים יותר.

איור 16: שיעור הפרסומים במקורות Open Access המתועדים ב-Scopus – ישראל ומדינות נבחרות



⁶⁹ Wang, X., Liu, C., Mao, W., & Fang, Z. (2015). The open access advantage considering citation, article usage and social media attention. *Scientometrics*, 103(2), 555-564

⁷⁰ Chua, S. K., Qureshi, A. M., Krishnan, V., Pai, D. R., Kamal, L. B., Gunasegaran, S., ... & Winn, T. (2017). The impact factor of an open access journal does not contribute to an article's citations. *F1000Research*, 6

הקן הלאומית למדע הכריזה בדצמבר 2018 על הקמת פלטפורמת פרסום מדעי חדשה בהנגשה פתוחה⁷¹ שתאפשר פרסום מיידי מונגש (OA) למאמרים ולכל נתוני המקור המשויכים אליהם. פרופ' בני גיגר, יו"ר ההנהלה האקדמית של הקן, ציין כי: "אנו מצפים שפלטפורמת המחקר הפתוח של הקן, ISF Open Research הכוללת סיקור עמיתים מקצועי ושקוף, תספק חשיפה מצוינת למדע הישראלי לקהלים רחבים ברחבי העולם".

» מספר המחברים

מחקר⁷² שפורסם ב-2011 קבע כי מאמרים שנכתבו ע"י מספר מחברים עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים בהשוואה למאמרים שנכתבו ע"י מחבר יחיד. מאמרים שנכתבים ע"י מספר מחברים זוכים לחשיפה גדולה יותר ברשתות מדעיות, כנסים, סמינרים וסדנאות (ע"י החוקרים שהשתתפו בכתיבת המאמר), מה שעשוי להגדיל את מספר הציטוטים.

מחקר⁶⁴ שפורסם ב-2013 קובע כי מסקנה זו תקפה לרוב תחומי המחקר, אולם למאמרים שנכתבים ע"י מחברים ממדינות שונות סיכוי לזכות במספר ציטוטים גבוה יותר.

מחקר⁷³ שפורסם ב-2017 מצא כי מספר הציטוטים של מאמרים שנכתבו בשיתוף פעולה של מספר מחברים לאו דווקא קשור לאיכות המדעית של המאמר אלא עשוי להיות מושפע ממספר הציטוטים העצמיים של המחברים. ככל שמספר המחברים של המאמר גדול יותר – גם מספר הציטוטים העצמיים עשוי לגדול.

מחקר⁷⁴ שפורסם ב-2018 קובע כי גם לסדר המחברים עשויה להיות השפעה על מספר הציטוטים: כאשר לחוקר הראשון ברשימת המחברים יש ממוצע ציטוטים גבוה יותר (לפרסומים קודמים) – מספר הציטוטים של המאמר עשוי לגדול.

» אורך כותרת המאמר (Title Length)

לכותרת המאמר חשיבות רבה בייצוג התוכן של המאמר. במקרים רבים, כותרת המאמר היא התוצאה הראשונה (ולעתים היחידה) שהקורא מקבל בעת חיפוש במאגרי מידע. מחקרים שבחנו את הקשר בין אורך כותרת המאמר למספר הציטוטים הגיעו למסקנות שונות.

מחקר⁷⁵ שפורסם ב-2015 קבע כי לכותרות קצרות השפעה חיובית על מספר הציטוטים. מאמרים עם כותרות קצרות עשויים להיות אטרקטיביים יותר מבחינת הקוראים, שעלולים לקשר בין אורך הכותרת לרמת המורכבות של המאמר. ישנם אף עורכים שממליצים למחברים להשתמש בכותרת קצרה ותמציתית או מגבילים את מספר המילים בכותרת, מתוך הנחה שכותרות ארוכות עלולות להרתיע חלק מהקוראים.

⁷¹ הנגשת פלטפורמת פרסום מדעי חדשה בהנגשה פתוחה. הקן הלאומית למדע. דצמבר 2018 ([קישור לאתר](#))

⁷² Gazni, A., & Didegah, F. (2011). Investigating different types of research collaboration and citation impact: a case study of Harvard University's publications. *Scientometrics*, 87(2), 251-265

⁷³ Bornmann, L. (2017). Is collaboration among scientists related to the citation impact of papers because their quality increases with collaboration? An analysis based on data from F1000Prime and normalized citation scores. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(4), 1036-1047

⁷⁴ Wang, F., Fan, Y., Zeng, A., & Di, Z. (2018). Can we predict ESI highly cited publications?. *Scientometrics*, 1-17

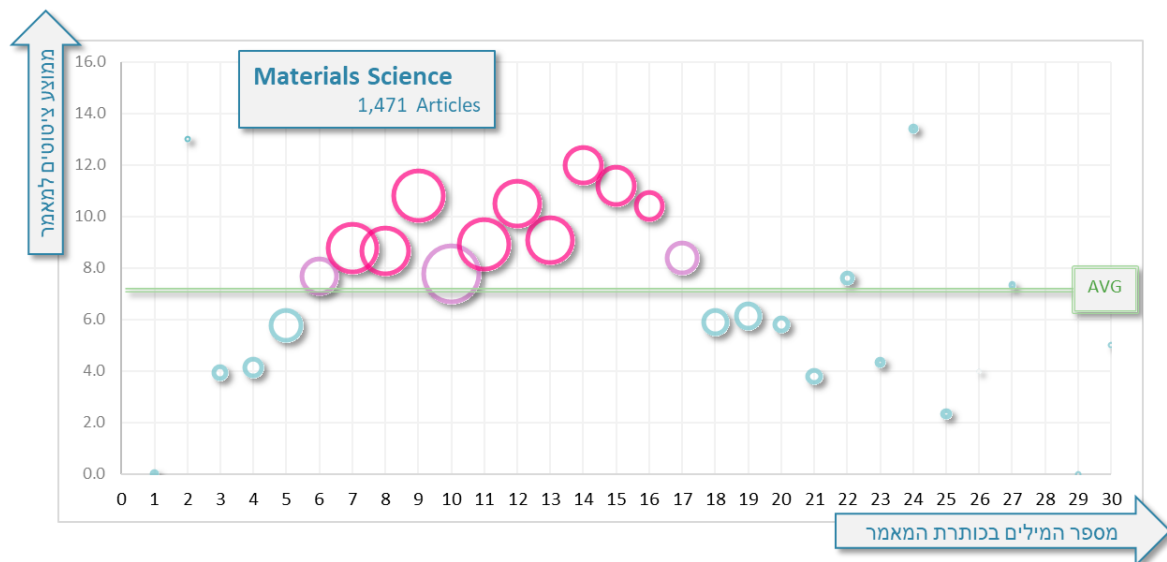
⁷⁵ Letchford, A., Moat, H. S., & Preis, T. (2015). The advantage of short paper titles. *Royal Society open science*, 2(8), 150266

מחקר⁷⁶ חדש שפורסם ב-2018 בדק 300,000 מאמרים בנושאי כלכלה שפורסמו בין השנים 1956-2012. נמצא כי במאמרים שפורסמו לפני שנת 2000 קיים יחס הפוך בין אורך הכותרת למספר הציטוטים, ואילו במאמרים שפורסמו לאחר שנת 2000 יש קשר חיובי בין 2 הפרמטרים היות ובתקופה זו חיפוש מקוון הפך לשיטה הדומיננטית לאיתור מידע.

עפ"י תיאוריית האופטימיזציה של מנועי חיפוש (SEO - Search Engine Optimization) – מספר גבוה של מילים בכותרת מגדיל את הסיכוי של המאמר להופיע בתוצאות החיפוש. בעידן הדיגיטלי חיפוש מאמרים מתבצע בעיקר במאגרים מקוונים ורוב הקוראים מריצים את השאליות בשדה של הכותרת (או מילות המפתח). לכן, למאמרים בעלי כותרות ארוכות יש סיכוי טוב יותר להופיע ברשימת התוצאות היות והרשומה שלהם מכילה מידע רב יותר בשדה הכותרת. כמובן שלמאמרים שזוכים לחשיפה גדולה יותר – סיכוי גבוה יותר להגדיל את מספר הציטוטים.

בבדיקה שערכנו על 1,471 מאמרים ישראלים שפורסמו ב-2015 בקטגוריית Materials Science (איור 17) מצאנו כי מאמרים שהכותרת שלהם כללה 6-17 מילים זכו בממוצע ציטוטים גבוה מהממוצע (של קבוצת המאמרים שנבדקה). מאמרים שכללו 14-15 מילים בכותרת זכו בממוצע הציטוטים הגבוה ביותר. ניתן לראות גם כי מאמרים שהכותרת שלהם כללה פחות מ-6 מילים או 18 מילים ומעלה זכו לרוב בממוצע ציטוטים נמוך יותר.

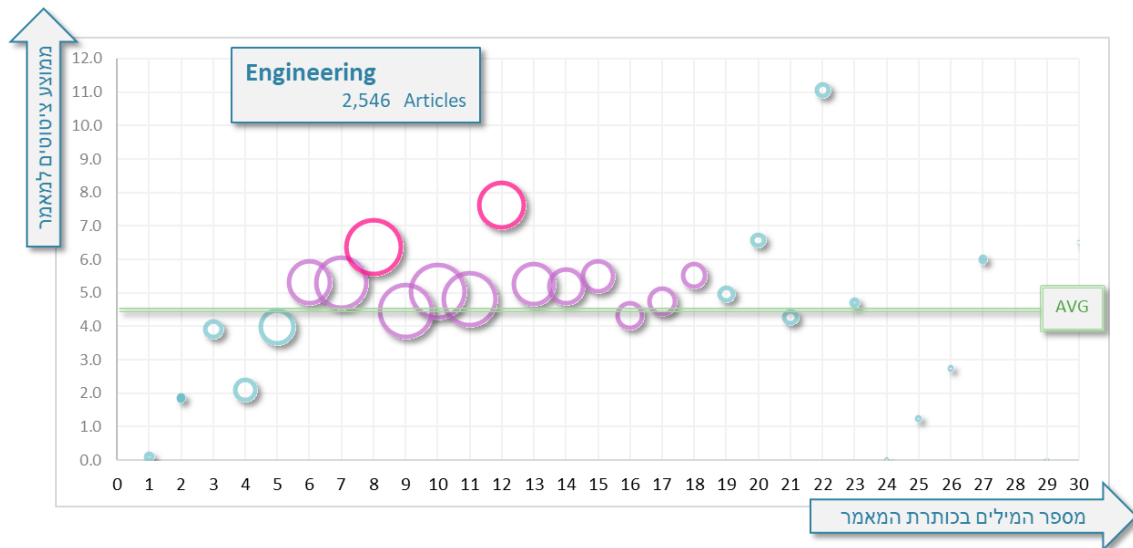
איור 17: הקשר בין אורך הכותרת לממוצע הציטוטים של מאמר - Materials Science



בבדיקה נוספת שערכנו על 2,546 מאמרים ישראלים שפורסמו ב-2015 בקטגוריית Engineering (איור 18) מצאנו תוצאה דומה: מאמרים שהכותרת שלהם כללה 6-18 מילים זכו בממוצע ציטוטים גבוה מהממוצע (של קבוצת המאמרים שנבדקה). מאמרים שכללו 12 מילים בכותרת זכו בממוצע הציטוטים הגבוה ביותר. ושוב ניתן לראות כי מאמרים שהכותרת שלהם כללה פחות מ-6 מילים או 18 מילים זכו בממוצע ציטוטים נמוך יותר.

⁷⁶ Guo, F., Ma, C., Shi, Q., & Zong, Q. (2018). Succinct effect or informative effect: the relationship between title length and the number of citations. *Scientometrics*, 1-9.

איור 18: הקשר בין אורך הכותרת למוצע הציטוטים של מאמר - Engineering



לסיכום סעיף זה, ניתן לומר שבניגוד למחקרים קודמים שהמליצו על שימוש בכותרות קצרות, במחקר⁷⁶ שפורסם ב-2018 ובבדיקות שערכנו על פרסומים ישראלים – בתחומים שנבדקו לכותרות ארוכות סיכוי גדול יותר להופיע בתוצאות החיפוש ולכן השפעה חיובית על מספר הציטוטים. יחד עם זאת, כותרות ארוכות מדי עלולות להרתיע קוראים פוטנציאליים.

» קריאות התקציר (Abstract Readability)

קריאות התקציר (Abstract Readability) מתייחסת לדרגת הקושי של השפה שבה משתמשים לכתובת הטקסט. אחת השיטות⁷⁷ המשמשות להערכת מידת הקריאות של הטקסט הינה Flesch Reading Ease Score.

מחקר⁷⁸ שפורסם ב-2016 קבע כי לתקצירים שמנוסחים באופן קריא השפעה חיובית על מספר הציטוטים. מחקר⁷⁹ קודם שפורסם ב-2014 מצא כי בקטגוריית מדעי החברה - מאמרים שהתקצירים שלהם קלים לקריאה זכו במספר ציטוטים גבוה יותר, וגם שיעור המאמרים המצוטטים היה גבוה יותר. בתחומים אחרים, כמו פיזיקה ומדעי הטבע, התקבלו תוצאות הפוכות, כלומר – מאמרים עם תקצירים מורכבים קיבלו מספר גבוה יותר של ציטוטים. אחד ההסברים לכך הינו המומחיות של כל חוקר בתחומי המחקר שלו ובטרמינולוגיות המורכבות המאפיינות את נושאי המחקר; כך שתקציר שמוגדר כטקסט מורכב בשיטת ה-Flesch Scores עשוי להיחשב קל לקריאה לחוקרים המתמחים בתחום.

⁷⁷ Didegah, F., Bowman, T. D., & Holmberg, K. (2018). On the differences between citations and altmetrics: An investigation of factors driving altmetrics versus citations for finnish articles. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 69(6), 832-843

⁷⁸ Letchford, A., Preis, T., & Moat, H. S. (2016). The advantage of simple paper abstracts. *Journal of Informetrics*, 10(1), 1-8

⁷⁹ Didegah, Fereshteh. "Factors associating with the future citation impact of published articles: A statistical modelling approach.(2014) "

» אורך התקציר (Abstract Length)

מחקר⁶⁴ שפורסם ב-2013 קובע כי מאמרים בעלי תקצירים ארוכים יותר עשויים לזכות במספר ציטוטים גבוה יותר משום שתקצירים מפורטים עשויים לייצג בצורה טובה יותר את תוכן המאמר ולספק לקוראים מידע נרחב יותר שיאפשר להם להחליט עד כמה המאמר שימושי.

» רשימת הרפנסים במאמר

מחקר⁸⁰ שפורסם ב-2016 מצא התאמה בין מספר הרפנסים במאמר למספר הציטוטים. מחקר⁶⁴ שפורסם ב-2013 קבע כי מאמרים שרשימת הביבליוגרפיה שלהם כוללת רפנסים בעלי אימפקט גבוה – עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים.

» רשימת מילות המפתח במאמר

מחקר⁵⁵ שפורסם ב-2016 בחן את הקשר בין מילות המפתח שהוגדרו ע"י המחבר לבין מספר הציטוטים של המאמר. מילות המפתח (keywords) מייצגות מידע חיוני שעשוי לכוון חוקרים למאמרים רלבנטיים. ישנם מאמרים שעלולים שלא להגיע לתשומת הלב של החוקרים הרלבנטיים אם התפרסמו בכתבי-עת או כנסים שנמצאים מחוץ לחומרי הקריאה שהחוקרים סורקים באופן קבוע. ולכן להרכב מילות המפתח חשיבות גדולה בהכוונת הקוראים למאמרים המתאימים.

מילות המפתח המוגדרות ע"י המחבר (author-selected keywords) כוללות את רשימת מילות המפתח שנבחרו ע"י החוקר לייצג את עיקרי התוכן של המאמר. מנועי חיפוש, כתבי-עת ומאגרי מידע שונים משתמשים במילות המפתח על-מנת לסווג את המאמר לקטגוריות המתאימות ולכוון את המחקר אל קהל החוקרים הרלבנטיים שיתרום לנראות ומספר הציטוטים של המאמר. כדאי לבחור ברשימה של מילות מפתח שישקפו בתמציתיות את הרעיונות העיקריים של המאמר.

מחברי המחקר טוענים כי לגורמים הבאים עשויה להיות השפעה חיובית על מספר הציטוטים:

- השינוי לאורך זמן בהרכב מילות המפתח המוגדרות ע"י מחברים העוסקים בתחום מחקר מוגדר (keyword growth). מדד זה עשוי להצביע על תגליות ופריצות דרך (או נסיגות) בתחום המחקר.
- מספר מילות המפתח – מאמרים עם מספר גבוה יותר של מילות מפתח עשויים להגיע למספר גבוה יותר של קוראים.
- מידת המרכזיות של מילות המפתח (network centrality of keywords) - עשויה לשקף את החשיבות של מילות המפתח ביחס לתחומי המחקר הרלבנטיים. מילות מפתח בעלות דרגה גבוהה של מרכזיות מעידות על מספר גבוה של מאמרים שנכתב בתחום מחקר מסויים (הקשור למילות המפתח).

לעומת זאת, נמצא כי שיעור מילות המפתח החדשות במאמר עומד ביחס הפוך למספר הציטוטים (מילות מפתח מוגדרות כ"חדשות" אם לא הוגדרו כמילות מפתח במאמרים קודמים), היות ומילות מפתח חדשות אינן מוכרות לקהילת המחקר הרלבנטית ולכן מספר הקוראים והנראות של המאמר עלולים להיות נמוכים יותר.

⁸⁰ Fox, C. W., Paine, C. T., & Sauterey, B. (2016). Citations increase with manuscript length, author number, and references cited in ecology journals. *Ecology and Evolution*, 6(21), 7717-7726

» חשיפה ברשתות חברתיות והתאמה למנועי חיפוש

בנוסף למאפיינים שנסקרו עד כה, הפצה של מאמרים בערוצים לא פורמליים כמו רשתות חברתיות וקבוצות דיור (mailing groups) מתאימות עשויה להגדיל את הנראות של הפרסומים בקרב הקהילה המדעית. חוקרים רבים משתמשים ברשתות חברתיות לצורך קידום הפעילות המדעית שלהם ומעקב אחר חוקרים אחרים העוסקים בתחומים הרלבנטיים למחקר שלהם.

ResearchGate⁸¹ הינה דוגמה לרשת חברתית שחוקרים ומדענים משתמשים בה לצורך התייעצות ושיתוף ידע ופרסומים. הרשת כוללת למעלה ממאה מיליון פרסומים מדעיים וחברים בה יותר מ-15 מיליון חוקרים.

arXiv⁸² הינו מאגר של preprints בתחומים של מתמטיקה, פיזיקה, הנדסת חשמל, מדעי המחשב, ביולוגיה וכלכלה הכולל כמיליון וחצי מאמרים. מחקר⁸³ שפורסם ב-2018 מצא כי פרסום מאמרים ב-arXiv מגדיל את מספר הציטוטים פי 2.5 ביחס למאמרים אחרים בתחום של מדעי המידע והספרנות. מחקרים דומים שבדקו שטחים אחרים כמו פיזיקה, אסטרופיזיקה ואסטרונומיה הצביעו גם הם על כך שמאמרים שפורסמו ב-arXiv זכו למספר ציטוטים גבוה יותר.

המלצות מפורטות לגבי התאמה של פרסומים אקדמיים לאחזור אופטימלי ב-Google Scholar ומנועי חיפוש אחרים ניתן למצוא במאמר⁸⁴ שפורסם בנושא Search Engine Optimization:

- הגדרה יעילה של כותרת, תקציר, מילות מפתח ומטאדטה (metadata)
- העברת המאמר למאגרי מידע אקדמיים שעוסקים בנושאים הרלבנטיים לתחומי המחקר
- פרסום המאמר במספר אתרים: אתר האינטרנט של המחבר ו/או הפקולטה, אתר המחבר ב-ResearchGate, arXiv וב-LinkedIn, פייסבוק, טוויטר וכד'
- המרת ה-PDF לקובץ שניתן לבצע בו חיפוש (Searchable PDF)

⁸¹ [ResearchGate](#): Discover scientific knowledge, and make your research visible

⁸² [arxiv website](#)

⁸³ Wang, Z., Glänzel, W., & Chen, Y. (2018, September). How self-archiving influences the citation impact of a paper: A bibliometric analysis of arXiv papers and non-arXiv papers in the field of information and library science. In 23rd International Conference on Science and Technology Indicators (STI 2018), September 12-14, 2018, Leiden, The Netherlands. Centre for Science and Technology Studies (CWTS)

⁸⁴ Marks, T., & Le, A. (2017). Increasing article findability online: the four Cs of search engine optimization. *Law Libr. J.*, 109, 83.

בטבלה 18 ניתן למצוא רשימה של הגורמים העיקריים שסקרנו בפרק זה ותקציר של השפעתם על מספר הציטוטים.

טבלה 18: תקציר המאפיינים המשפיעים על מספר הציטוטים של מאמר

ההשפעה על מספר הציטוטים של מאמר	מאפיין
לאימפקט פקטור של כתב-העת ישנה השפעה משמעותית על מספר הציטוטים של המאמרים. אולם מאמרים שמתפרסמים בכתבי-עת OA לאו דוקא מושפעים מהאימפקט פקטור של כתב-העת, ולכן ניתן להמליץ על פרסום ב-OA, אך לעתים אין הצדקה לשלם תעריפי פרסום גבוהים לכתבי-עת בעלי אימפקט פקטור גבוה יותר ואין להם השפעה משמעותית על ההבדל במספר הציטוטים (במקורות שהם OA).	איכות כתב-העת Impact Factor
רוב המחקרים קובעים כי לפרסום במקורות OA השפעה חיובית על מספר הציטוטים. מידת ההשפעה עשויה להשתנות בהתאם לתרבות הפרסומים בתחומי המחקר השונים.	Open Access
מאמרים הנכתבים ע"י מחברים ממדינות שונות עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים. נמצאה התאמה בין מספר המדינות החתומות על המאמר לבין מספר הציטוטים.	שת"פ בינלאומי
ברוב תחומי המחקר - מאמרים שנכתבו ע"י מספר מחברים עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים בהשוואה למאמרים שנכתבו ע"י מחבר יחיד	מספר המחברים
לכותרות ארוכות סיכוי גדול יותר להופיע בתוצאות החיפוש ולכן השפעה חיובית על מספר הציטוטים. יחד עם זאת, כותרות ארוכות מדי עלולות להרתיע קוראים פוטנציאליים.	אורך כותרת המאמר Title Length
מאמרים בעלי תקצירים ארוכים יותר עשויים לזכות במספר ציטוטים גבוה יותר.	אורך התקציר Abstract Length
בתחומים הקשורים למדעי החברה - לתקצירים שמנוסחים באופן קריא השפעה חיובית על מספר הציטוטים.	קריאות התקציר / Readability
מאמרים עם מספר גבוה יותר של מילות מפתח עשויים להגיע למספר גבוה יותר של קוראים.	רשימת מילות המפתח במאמר
למספר גבוה יותר של רפרנסים – השפעה חיובית על מספר הציטוטים. מאמרים שרשימת הביבליוגרפיה שלהם כוללת רפרנסים בעלי אימפקט גבוה – עשויים לזכות במספר גבוה יותר של ציטוטים.	רשימת הרפרנסים במאמר
הפצה של מאמרים ברשתות חברתיות וקבוצות דיוור מתאימות עשויה להגדיל את הנראות של הפרסומים ומספר הציטוטים שלהם	חשיפה ברשתות חברתיות

בחירת הגורמים השונים אשר עשויים להשפיע על מספר הציטוטים שמקבל פרסום מדעי מעלה כי חלק גדול מהם נובע למעשה מהגדלת החשיפה (באופנים שונים) של הפרסום לקהילה המדעית, ובעקבותיה גם עלייה במספר הציטוטים. בעידן הדיגיטלי הגדלת החשיפה כרוכה גם בהתאמת הפרסום למנגנוני החיפוש הדיגיטליים (findability). סיפור גילוי החומר פולרן (Fullerene) מדגים זאת:

הקיום של פולרן המורכב מ-60 אטומי פחמן (C_{60}) נחזה בשנת 1970 על-ידי כימאי אורגני יפני בשם איג'י אוסווא (Eiji Osawa) מהאוניברסיטה הטכנולוגית של טויוהאשי. הוא העלה את הרעיון שניתן ליצור מבנה של איקוסהדרון קטום, (שהומצא במקור על ידי ארכימדס) בעזרת 60 אטומי פחמן, ושצורה זאת תהיה יציבה. הרעיון שלו הגיע לעיתונים יפניים אולם לא הגיע לאירופה או לאמריקה בגלל מחסום

השפה. בנוסף, עבודה זאת נחשבה כקוריוז, מכיוון שהקהילה המדעית לא חשבה שיהיה פשוט לגרום לפחמן להסתדר בצורה זאת. בשנת 1985 בוצעה מדידה הנחשבת ל"גילוי" של הפולרנים, ובזכותה הוענק פרס נובל לכימיה לשנת 1996 לקרוטו, קארל, וסמאלי. יחודה של התגלית היה לא רק בהדגמת קיומו של הפולרן, אלא גם בכך שהסתבר שאטומי הפחמן נוטים להסתדר באופן טבעי במבנה זה. מאז, פרסומים בנושא פולרן זוכים לציטוטים רבים מאוד.

לסיכום, שת"פ בינלאומי - הכולל פרסומים משותפים עם חוקרים ממדינות שונות והשתתפות בפרויקטים בינלאומיים, וכן פרסום במקורות שהם Open Access משפרים משמעותית את מספר הציטוטים של מאמרים מדעיים. בשני פרמטרים אלו – לישראל פחות פרסומים ביחס ל-9 מדינות ברות-השוואה. הקצאת משאבים למסלולים אלו – עשויה לשפר את המיקום של מדינת ישראל והמוסדות האקדמיים שלה בדירוגים המתבססים על נתונים ביבליומטריים (בנוסף לתרומה הכללית למדע הישראלי).

מאפיינים נוספים של המאמר ניתנים לשינוי בקלות יחסית ועשויים להשפיע גם הם על מספר הציטוטים: אורך כותרת המאמר, מספר מילות המפתח, אורך וקריאות התקציר.

4. השפעה טכנולוגית וקשרי אקדמיה-תעשייה

בפרק זה נדון בשיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי בישראל ובעולם כפי שהוא משתקף בפרסומים, פטנטים, יוזמות ממשלתיות. במבט כללי ולפי שטחים:

- פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי
- תכניות מגנ"ט
- הקשר בין פרסומים מדעיים לפטנטים

הגדרות

ההגדרה של "קשרי אקדמיה-תעשייה" בפרק זה רחבה, וכוללת את כל הדרכים בהן הידע שנוצר ופותח באוניברסיטאות מנוצל לטובת החברה והמשק. ביטויים נוספים המקובלים בספרות לקשרי אקדמיה-תעשייה הם "העברת טכנולוגיה – Technology transfer" ו"מחקר תרגומי – Translational Research": מכלול הפעולות שמטרתן העברת ידע וטכנולוגיה המיוצרים במסגרת המחקר הבסיסי באוניברסיטאות המחקר ובמכללות למכוני מחקר יישומי ולתעשיות עתירות ידע ואחרות, וניצול הפוטנציאל היישומי הגלום בהם⁸⁵. בפרק זה קשרי אקדמיה-תעשייה מתייחסים להגדרות רחבות אלה.

חשיבות הקשרים בין האקדמיה לתעשייה

בכל המדינות המפותחות מתרחש בעשורים האחרונים תהליך מואץ של הידוק והתרחבות הקשרים בין האוניברסיטאות לתעשייה. העברת ידע מן האוניברסיטה לתעשייה התקיימה גם בעבר, אבל החיפוש האקטיבי, הן מצד התעשייה והן מצד האוניברסיטאות, להזדמנויות של התקשרות בנושאים ספציפיים – הינו תופעה חדשה יחסית. זהו נושא הנמצא על סדר היום של האקדמיה ושל גופים מרכזיים במגזר הציבורי והעסקי במדינות רבות וכן בארגונים בינלאומיים כגון האיחוד האירופי, UNESCO, OECD. גם בישראל מתקיים לאורך השנים דיון בנושא.

קשרי אקדמיה-תעשייה בישראל

בפרק זה מדובר בהעברת ידע וטכנולוגיה ממוסדות מחקר אקדמי למגזר העסקי, וניצול הפוטנציאל היישומי הגלום בו. הכוונה היא להעברה ישירה ובלתי ישירה של ידע בהתקשרות פורמלית. עם זאת אין לשכוח כי התרומה העיקרית של אוניברסיטאות לתעשייה בישראל מתבטאת בהכשרת כוח-האדם המקצועי והמחקרי הדרוש לתעשייה (לרבות בעלי תארים מתקדמים וחוקרים מסגל האוניברסיטה שעברו לעבוד בתעשייה).

הקשרים בין האוניברסיטאות לתעשייה מתבצעים בערוצים רבים ושונים ובדרכים מגוונות.

המסלולים העיקריים בהתקשרות כזאת הם:

▪ העברה ישירה של ידע בהתקשרויות פורמליות

רכישת זכויות בידע שפותח באוניברסיטאות לשם ניצולו ע"י התעשייה; הקמת חברות הזנק ע"י האוניברסיטאות ו/או אנשי סגל אוניברסיטאי; ביצוע מחקרים משותפים לתעשייה ולאוניברסיטאות; העסקת אנשי סגל אוניברסיטאי כיועצים לתעשייה; השתתפות אנשי תעשייה בהוראה ובהנחיה של

⁸⁵ עידן ירון, דוח מצב המדע בישראל - תשע"ז, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, 2016.

תלמידי מחקר באוניברסיטאות; ביצוע עבודות מסטר ודוקטור במסגרת התעשייה; הזמנת מחקרים באוניברסיטאות ע"י התעשייה.

▪ העברה בלתי ישירה של ידע בהתקשרויות פורמליות

תמיכה בפיתוח התשתית המחקרית באוניברסיטאות ע"י התעשייה; שימוש במעבדות, במתקנים ובציוד של התעשייה ע"י האוניברסיטאות; שימוש במעבדות, במתקנים ובציוד של האוניברסיטאות ע"י התעשייה; הקמת פארקים לתעשיות עתירות מדע, חממות טכנולוגיות וחממות תעשייתיות ומרכזי מו"פ תעשייתיים בצמוד לאוניברסיטאות.

אמצעי ביצוע

בדוח על מצב המדע 2016 שפרסמה האקדמיה הלאומית למדעים⁸⁵ מובאת סקירה מקיפה של קשרי אקדמיה-תעשייה המוגדרים כ"מחקר תרגומי" (Translational Research): העברת ידע ממוסדות מחקר אקדמי למכוני מחקר יישומי ולתעשיות עתירות ידע ואחרות, וניצול הפוטנציאל היישומי הגלום בו. הסקירה מתייחסת לאוניברסיטאות (חברות מסחור ידע ומרכזים יישומיים); מכללות; מכונים לאומיים (במיוחד מכון וולקני וחוקר ימים ואגמים); ציוד תשתיתי; תכניות ממשלתיות תומכות מחקר תרגומי (מגנט, מגנטון, נופר וקמין); משרד המדע (תמיכה במחקרים יישומיים אסטרטגיים; מלגות מחקר, והקמת מרכזי ידע); מימון מחקרים על ידי יחידת המדען הראשי במשרדי ממשלה נוספים (התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, הגנת הסביבה, ועוד); ומפרטת את נושאי ההתמחות בכל גוף.

באוניברסיטאות: בכל האוניברסיטאות בארץ פועלות חברות העברת טכנולוגיה או מסחור ידע המופקדות בראש וראשונה על הבטחת זכויות הקניין הרוחני של המוסד האקדמי - על מכלול הידע שהוא מניב. חברות אלו פועלות ליצירת הקשרים הדרושים כדי להעביר את הידע או הטכנולוגיה אל התעשייה ולנצל את הפוטנציאל היישומי הגלום בו. חברת העברת טכנולוגיה נוספת - חברת סנה - זכתה במכרז ממשלתי של המל"ג כדי להעניק שירותים מקבילים לכל המכללות הפועלות בתחום. מימון המחקר התרגומי באקדמיה נעשה בעיקר ממקורות עצמיים של אותו מוסד. תרומה עיקרית נוספת מגיעה ממשרדי הממשלה באמצעות תכניות מיוחדות (ראו להלן). תכניות אלו משמשות גשר בין מחקר בסיסי למחקר יישומי, וממוקדות - בשלב התרגום של הישגי המחקר הבסיסי - לטכנולוגיות בעלות עניין מסחרי.

תכניות ממשלתיות תומכות מחקר תרגומי פועלות בעיקר באמצעות המדענים הראשיים של משרדי הממשלה⁸⁵:

רשות החדשנות – גוף סטטוטורי עצמאי שהוקם בשנת 2016 והחליף את לשכת המדען הראשי במשרד הכלכלה ואת העמותה הממשלתית מתימו"פ (מרכז התעשייה הישראלית למחקר ופיתוח):

▪ **תכנית קמ"ן:** מטרת תכנית קמ"ן (קידום מחקר יישומי נבחר) היא לתמוך במחקר במוסדות האקדמיים, ולהביאו לשלב שבו גורם עסקי יכול להחליט אם להשקיע ביישומו. הפעילות במסלול קמ"ן משמשת גשר בין המחקר הבסיסי לזה היישומי, והיא ממוקדת בשלב ההמרה והמימוש של הישגי המחקר הבסיסי לטכנולוגיות בעלות עניין מסחרי. התכנית יצאה לדרך ב-2011, ועד תום שנת 2015 אושרו כ- 280 בקשות מחקר מאוניברסיטאות המחקר ומבתי חולים.

▪ **תכנית מגנט ותכנית מגנטון:** תכנית מגנט (מחקר גנרי טכנולוגי) היא אחד ממסלולי הסיוע המרכזיים לקידום התעשייה הישראלית. התכנית פועלת משנת 1993, והיא מאופיינת על ידי פיתוח וקידום טכנולוגיות חדשניות ופורצות דרך שעשויות לסייע לפיתוח דורות חדשים של קווי מוצר או שדרוג קווי מוצר קיימים. התכנית מבוססת על שיתוף פעולה בין כמה חברות תעשייה לבין מדענים ממוסדות ההשכלה הגבוהה (כאשר בתכנית מגנטון יש שני שותפים בלבד – אחד מהאקדמיה ואחד מהתעשייה), תוך דגש על עיבוד המחקר היישומי באקדמיה וחיבורו לתעשייה הישראלית. במקביל, מתקיים איגוד המשתמשים המאפשר פעילות משותפת של קבוצת תאגידים בטכנולוגיות מתקדמות וקליטתן בתעשייה.

- **נופר:** מסלול המכוון למחקר יישומי באקדמיה, אשר טרם הבשיל להשקעה של התעשייה. התכנית מוגבלת לתחומי הביוטכנולוגיה והננוטכנולוגיה בלבד.
 - **מכוני מחקר תעשייתיים:** המסלול מסייע ותומך במכוני מחקר המבצעים מחקרים יישומיים המיועדים לקידום הייצור המתקדם בישראל.
 - **מסלול מימד:** מינוף מו"פ דואלי צבאי, בטחוני ומסחרי: מסלול זה, המופעל החל מינואר 2012, הוא מיזם משותף של רשות החדשנות, משרד האוצר ומפא"ת (המינהל למחקר ופיתוח אמצעי לחימה ותשתית טכנולוגית) במשרד הביטחון.
 - **מסלול צת"מ:** ציוד תומך מחקר ופיתוח בתחום מדעי החיים - מקנה תמיכה כספית לגופים המתמקדים במתן שירותים לחברות אחרות לצורך תהליכי מחקר ופיתוח בתחום מדעי החיים.
 - **ביוטכנולוגיה:** בנק מידג"ם (בנק רקמות): מידג"ם הוא אוסף מאורגן של חומר ביולוגי אנושי שנאגר למטרות מחקר רפואי או מחקר ביולוגי, המופעל בפיקוח משרד הבריאות.
- מו"פ ביטחוני אקדמי:** במערכת הביטחון קיימים מספר ארגונים, גופים ומוסדות העוסקים במחקר יישומי ומעשי, ונמצאים בקשרי מחקר עם המוסדות האקדמיים. המערכת תומכת במיזמים הנערכים באוניברסיטאות שיש בהם עניין למערכת הביטחון. מפא"ת (אשר מפעיל את תכנית קול קורא אקדמיה) פעיל במיוחד בנושא זה. כמו כן פועלת קרן 'מימד - מינוף מו"פ דואלי ביטחוני-אזרחי' - המקדמת רעיונות מקוריים ויצירתיים, לרבות טכנולוגיות חדשות וחדשניות שאינן נעשות במסגרת מיומן ציבורי אחר, ואשר עשויות להוות בסיס לפיתוח מוצרים בני מסחר.
- קרן פזי:** קרן מחקר משותפת לוועדה לאנרגיה אטומית ולות"ת (על שמו של פרופ' אמנון פזי ז"ל, ראש ות"ת לשעבר, מבכירי האקדמיה ושותף מרכזי בפעילויות מערכת הביטחון), שתפקידה לקדם את המחקר, את הידע המדעי-טכנולוגי ואת הכשרת כוח האדם המדעי בתחום זה.
- פורום תל"מ - תשתיות למחקר**⁸⁵. כל מוסדות המחקר בארץ עומדים תדירות בפני הקושי לרכוש ציוד יקר ולחדשו. למטרה זאת הוקם ב-1997 פורום תל"מ, שבו שותפים ות"ת, רשות החדשנות (לשעבר המדען הראשי של משרד הכלכלה והתעשייה), מפא"ת, משרד המדע והטכנולוגיה ומשרד האוצר. הפורום פועל על בסיס איגום משאבים. מאז הקמתו הוחלט על ביצועם של 12 מיזמים. תל"מ גם ינהל את תכנית התמי"ם: תחומים טכנולוגיים ממוקדים - FAT – Focal Technological Areas – אשר צמחה מהתכנית הלאומית השנייה לננוטכנולוגיה. לאור ההתפתחות הנרחבת של תעשיית ההיי-טק, צפוי בעשור הקרוב גל חדש של חדשנות מדעית-טכנולוגית שתשמש בסיס לתעשיות המדע. רכיב חדשני בתכנית הלאומית בכיוון זה הוא מעקב ובקרה של תחומים טכנולוגיים הממוקדים באוניברסיטאות המחקר. יעדיו: ניצול מרבי של תשתיות אנושיות ומחקריות לכיווני מחקר ייעודי-תרגומי חדשני; קידום שיתוף הפעולה במו"פ בין אוניברסיטאות המחקר, המכללות האקדמיות, התעשייה והמעבדות הלאומיות; מינוף ההשקעה הממשלתית במרכזי ההצטיינות המחקרית באוניברסיטאות; עידוד שיתוף פעולה בין האוניברסיטאות במחקר ובפיתוח ייעודי-תרגומי; פיתוח וקידום קשרים בינלאומיים במחקר בתחומי מדע וטכנולוגיה. מסגרת הפעולה של תמי"ם תהיה במרכזי מיומנות באוניברסיטאות, בתחום רחב של חדשנות. כל אשכול של תמי"ם יוקם לאחר בדיקה שיטתית על בסיס של תכנון ותקצוב רב-שנתי, ובכלל זה מעקב של ועדה מייצגת בין-לאומית.
- משרד המדע והטכנולוגיה:** להשגת המטרות בתחומי העדיפות שנקבעו על ידו, המשרד פועל בשלושה מישורים עיקריים: תמיכה במחקרים יישומיים אסטרטגיים; מלגות מחקר, והקמת מרכזי ידע.
- המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות האנרגיה והמים:** שימור התשתיות הפיזיות והטכנולוגיות של ישראל ופיתוחן, תוך תכנון ובניית כלים להשקעה במו"פ באקדמיה, בחברות הזנק ובאמצעות שיתופי פעולה עם גופים שונים בארץ ובעולם. מיומן המחקרים הוא על בסיס קול קורא למחקר מו"פ תשתיתי בנושאים כגון גאולוגיה וגאופיזיקה של גז טבעי ונפט, מחצבים ואוצרות טבע, וכן של מחקרים בתחום רעידות אדמה ועוד. המחקר נערך בכל האוניברסיטאות, במכוני ממשלתיים כגון המכון

הגיאולוגי, המכון לחקר ימים ואגמים, המכון הגיאופיסי, וגם בחלק מהמכללות. באשר לנושא האנרגיה, התחומים שבהם נערך המחקר הם אנרגיה סולרית, רשתות חכמות, תחליפי דלקים, אגירת אנרגיה גרעינית ושימור אנרגיה. המשרד מקיים שיתופי פעולה עם קרנות בארץ כגון BIRD ו-BSF, וכן עם קרנות באירופה.

המדען הראשי של המשרד להגנת הסביבה: מקדם נושאים רוחביים בעלי ממשקים עם משרדי ממשלה אחרים: בריאות וסביבה; היערכות לשינויי אקלים; טכנולוגיות סביבתיות (לרבות חישה מרחוק); קידוחי גז ונפט; המצוק החופי; תחליפי נפט לתחבורה; הפקת אנרגיה מבידומסה; שיקום הכרמל, הערכת המערכות האקולוגיות ועוד. בכל הנושאים האלה נערכים מחקרים, והידע המצטבר מתוצאותיהם ומהעבודה השוטפת בלשכת המדען הראשי של המשרד להגנת הסביבה מנוצל ליצירת קשרים עם משרדי הממשלה המתאימים, עם מדענים במוסדות ההשכלה הגבוהה ועם התעשייה.

גם במשרדי ממשלה נוספים – למשל משרד הבריאות – פועלים מדענים ראשיים במתכונת דומה.

מהתכניות שתוארו לעיל ניתן ללמוד שיש בישראל מודעות גבוהה לחשיבות קשרי אקדמיה-תעשייה, והיא מתורגמת למעשים הן בצד האקדמיה (האקדמיה הלאומית למדעים, ות"ת, תל"מ, חברות מסחור ומרכזי יזמות באוניברסיטאות) והן בצד התעשייה כפי שהיא מתבטאת בעבודת הממשלה (רשות החדשנות, המדענים הראשיים של משרדי הממשלה). ישנם בישראל גופים רבים העוסקים במשימה - הן בהתווית הדרך, מעקב ובקרה והן בביצוע.

מדדים להערכת קשרי אקדמיה-תעשייה

עם עליית המודעות לחשיבות של קשרי אקדמיה-תעשייה נוצר הצורך להגדיר מדדים המשקפים קשרים אלה ומאפשרים מעקב ובקרה עליהם לאורך זמן ובהשוואה בינלאומית כפי שנעשה לגבי מדדים הבודקים את הפריון וההשפעה המדעית של פרסומי האוניברסיטאות. אכן, בשנים האחרונות עוסקים מחקרים רבים בבחינת הקשרים המורכבים בין האוניברסיטאות למגזר העסקי ובניתוח ערוצים שונים של העברת ידע וטכנולוגיות בין שני המגזרים, אך עדיין אין הסכמה על רשימה מוגדרת של מדדים שיאפשרו להעריך קשרי אקדמיה ותעשייה⁸⁷. אמנם, ישנן מדינות שכבר עשו שימוש במדדים כאלה (על בסיס שאלונים וסקרים), להערכת המעורבות של האוניברסיטאות שלהן בחברה ובכלכלה (אנגליה, סקנדינביה). גם דירוגים בינלאומיים של אוניברסיטאות מתחילים להוסיף מדדים המשקפים את מעורבות האוניברסיטה בחברה ובכלכלה (דירוג ליידן, U-Multirank).

ממשלות רבות בעולם מקדמות תכניות לעידוד סינרגיה בין המחקר האיכותי שמתבצע באוניברסיטאות לבין המגזר העסקי. במקביל, אוניברסיטאות המחקר הטכנולוגיות עוסקות בהגדרת ייעוד שלישי, "third mission", מעבר לשני הייעודים הבסיסיים של מחקר והוראה. ייעוד נוסף זה אמור להביא לידי ביטוי את המחויבות של האוניברסיטה לתרום באופן ישיר ואקטיבי לקידום חברתי וכלכלי⁸⁶, כך שיותר ויותר אוניברסיטאות עוסקות במסחור של המחקר והעברת טכנולוגיות למגזר העסקי. נתוני שיתוף הפעולה בין שני המגזרים נכנסים גם כמדדים בדירוגי האוניברסיטאות (דירוג לייזן, U-Multirank)⁸⁷. לכן, יש צורך בהגדרת מדדים ותהליכי בדיקה יעילים להערכת הקשרים בין המגזר האקדמי למגזר העסקי.

פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי מהווים רק שיעור קטן מכלל הפרסומים של מדינה (לתקופה 2012-2016 בעולם - 1.7% מכלל הפרסומים; בישראל המדורגת במדד זה במקום 12 - 3.2% מכלל הפרסומים; בדנמרק, המדורגת במקום 1 במדד זה - 6.1%). שיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי יכול להתבטא גם בפטנטים, הסכמים מסחריים, או בדרכים לא מדידות. בישראל, במיוחד, מחקרים משותפים לאקדמיה ולתעשיות הביטחוניות פעמים רבות אינם מתפרסמים כלל, או שהם מתפרסמים על ידי האקדמיה בלבד. בנוסף לכך, מאגרי המידע מסווגים פרסומים שנכתבו בשיתוף פעולה בין האקדמיה למגזר העסקי לפי כתובות המחברים, ולעתים יש בעיה בהגדרת החברה המסחרית. מכל הסיבות האלה יש לנהוג זהירות בנתונים אודות פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי. אף על פי כן החלטנו לכלול אותם בדו"ח, לאחר שמצאנו כי על אף הבעיות הרבות הם מספקים מדד אשר מלמד הרבה על רמת ופעילות האקדמיה. בשיתוף עם המגזר העסקי ועל מוצבה הכללי של המדינה (דו"חות קודמים), ואף תואם את התמונה העולה ממדדים אחרים.

נתוני הפרסומים המשותפים המוצגים בפרק זה כוללים סוגים שונים של מאמרים שנספרו כשת"פ אקדמיה-תעשייה מפני שרשימת המחברים שלהם כוללת כתובות מהאקדמיה ומהתעשייה (במאגר SciVal), למשל:

- מאמרים שנכתבו ע"י חוקרים ישראלים בשת"פ עם חברות ישראליות
- מאמרים שנכתבו ע"י חוקרים ישראלים בשת"פ עם חברות זרות
- מאמרים שנכתבו ע"י חברות ישראליות בשת"פ עם חוקרים זרים
- מאמרים שנכתבו במסגרת פרויקטים בינלאומיים עתירי מחברים (CERN וכד')
- מאמרים שנכתבו ע"י חוקרים ישראלים בעלי שיוך כפול: לאוניברסיטה ולחברה מסחרית
- מאמרים שנכתבו ע"י סטודנטים לתארים מתקדמים בעלי שיוך כפול: לאוניברסיטה ולחברה מסחרית

חוקרים בעלי שיוך כפול לאוניברסיטה ולחברה מסחרית מסייעים לגשר בין תחומי העניין המשותפים לשני הארגונים ועשויים לייצג קשרים שתורמים לשיפור האמון וזרימת הידע בין שני המגזרים.

⁸⁶ בנטור ארנון, ברזני אלה, גץ דפנה, דה-האן עוזי, כץ-שחם אושרת, מי-טל שלמה. [יזמות בטכניון מסמך רקע לגיבוש מדיניות טכניונית חיפה](#), מוסד שמואל נאמן, 2017

⁸⁷ Tijssen, R. J., Yegros-Yegros, A., & Winnink, J. J. (2016). University-industry R&D linkage metrics: validity and applicability in world university rankings. *Scientometrics*, 109(2), 677-696

טבלה 19: פרסומים ישראלים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי, לפי שטחים, 2012 - 2016

	Field	Academic-corporate co-authored publications (% of field publications)	Number of academic-corporate co-authored publications	Share of publications with 10 or less Authors	Co-Authored leading companies (no. of publications)
All publications	99,897			91,883 (92%)	
	All Fields	3.2	3215	2478 (77%)	IBM – 402 Microsoft USA 387 Intel – 160 Israel Electric Corp – 108 Yahoo Research Labs - 105 Rafael – 88 Teva – 83 Google – 81 Merck - 63
1	Agricultural and Biological Sciences	1.5	105	64 (61%)	Fera Science Ltd – 7 Boehringer Ingelheim GmbH - 5 Hoffmann La-Roche AG – 5 Novo Nordisk AS – 5 Microsoft USA - 5
2	Arts and Humanities	0.4	30	26 (87%)	IBM Research – 7 Google Inc – 6 Microsoft USA – 5 Yahoo Research Labs – 4 General Motors - 3
3	Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	3.2	457	243 (53%)	Teva – 27 Pfizer – 26 Hoffmann La Roche – 23 Merck – 22 Novartis – 21 Novo Nordisk – 20 Microsoft USA - 18
4	Business, Management and Accounting	3.0	64	62 (97%)	IBM Research – 17 Microsoft USA – 10 Yahoo Research Labs – 7 Israel Electric Corp – 6
5	Chemical Engineering	2.0	54	45 (78%)	BASF – 5 Agilent Technologies – 3 GSK – 3 Rafael – 3 Teva - 3
6	Chemistry	2.0	120	92 (77%)	BASF – 27 General Motors – 12 Teva – 6 Elbit – 4 Merck – 3 Orbotech – 3 Rafael - 3
7	Computer Science	10.1	1243	1178 (95%)	Microsoft USA – 319 IBM Research – 316 Intel – 111 Yahoo Research Labs – 89 Google Inc – 63 HP – 46 General Motors – 24 Lucent - 20

	Field	Academic-corporate co-authored publications (% of field publications)	Number of academic-corporate co-authored publications	Share of publications with 10 or less Authors	Co-Authored leading companies (no. of publications)
8	Decision Sciences	6.0	81	77 (95%)	IBM Research – 22 Microsoft USA – 16 Israel Electric Corp. – 11 Yahoo Research Labs – 8 KPA Ltd - 5
9	Dentistry	0.2	1	1 (100%)	SAIC Inc - 1
10	Earth and Planetary Sciences	1.8	69	42 (61%)	Northrop Grumman Corp – 10 Rafael – 10 Israel Aerospace Industries - 7
11	Economics, Econometrics and Finance	2.7	45	45 (100%)	Microsoft USA – 15 Google Inc – 3 HP - 1 IBM Research - 1
12	Energy	5.7	65	51 (78%)	BASF – 14 Israel Electric Corp – 12 General Motors – 10 Rafael – 5 General Electric – 3 IBM Research - 3
13	Engineering	5.6	661	572 (87%)	IBM Research – 89 Israel Electric Corp – 85 Intel – 58 Rafael – 57 Microsoft USA – 38 Israel Aerospace Industries – 26 General Motors – 23 Fujitsu – 21 Google Inc – 15 HP – 16 Lucent – 15 Yahoo Research Labs - 15
14	Environmental Science	1.4	44	37 (84%)	Israel Electric Corp – 5 Google Inc – 2 Microsoft USA - 2
15	Health Professions	2.2	27	18 (67%)	IBM Research – 7 Medtronic Inc – 5 GE Healthcare – 2 Israel Aerospace Industries - 2
16	Immunology and Microbiology	3.3	115	67 (58%)	DSMZ – 12 Teva – 10 Pfizer – 7 Bayer – 6 Genentech Inc – 5 IBM Research – 5 Merck - 5
17	Materials Science	3.6	257	185 (72%)	BASF – 23 Fujitsu – 23 Rafael – 17 HP – 13 Cisco Systems – 12 Intel – 11 Lucent – 10 Elbit - 9
18	Mathematics	5.5	564	551 (98%)	Microsoft USA – 175 IBM Research – 99 Israel Electric Corp – 37

	Field	Academic-corporate co-authored publications (% of field publications)	Number of academic-corporate co-authored publications	Share of publications with 10 or less Authors	Co-Authored leading companies (no. of publications)
					Intel – 32 Google Inc – 31 Yahoo Research Labs – 29 HP – 22 Lucent – 11 AT & T - 9
19	Medicine	2.6	781	409 (52%)	Teva – 60 Merck – 52 Pfizer – 39 Stryker Corp – 39 Astra Zeneca – 34 Novo Nordisk AS - 33
20	Multidisciplinary	2.5	34	14 (41%)	Intel – 5 Microsoft USA - 5
21	Neuroscience	2.3	106	70 (66%)	Teva – 27 Eli Lilly – 9 Johnson % Johnson – 7 Hoffmann La Roche AG – 6 Pfizer – 6 IBM Research - 5
22	Nursing	1.6	22	10 (45%)	AstraZeneca – 11 Novo Nordisk AS – 5 Bristol Myers Squibb – 3 RAND – 2 IBM Research - 1
23	Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	4.5	95	64 (67%)	Teva – 12 Pfizer – 7 Abbott Lab. – 6 Amgen Inc. – 4 Bayer – 4 Johnson & Johnson – 4 Eli Lilly - 3
24	Physics and Astronomy	2.4	343	229 (67%)	Rafael – 28 Fijitsu – 22 IBM Research – 17 Lucent – 16 Cysco Systems – 14 Intel - 14
25	Psychology	0.4	19	13 (68%)	Johnson & Johnson – 3 Microsoft USA – 3 Stryker Corp – 3 Hoffmann La Roche - 1
26	Social Sciences	0.9	106	99 (93%)	Microsoft USA – 14 Google Inc – 8 IBM Research – 9 AT & T – 5 General Motors – 5 HP – 4 Intel - 4
27	Veterinary	2.6	14	12 (86%)	Pfizer – 4 Bayer – 2 BiondVax Pharm. Ltd - 1

מהטבלה ניתן ללמוד כי יותר פרסומים משותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי נכתבים על ידי מספר מחברים גדול (23% מהפרסומים חוברו על ידי יותר מ-10 מחברים) מאשר בכלל פרסומי ישראל (8% מהפרסומים חוברו על ידי יותר מ-10 מחברים), במיוחד בשטחי הפיסיקה, הרפואה ומדעי החיים. עדיין, מרבית (77%) הפרסומים המשותפים נכתבו על ידי מספר קטן של מחברים. כאשר בוחנים את החברות המובילות בפרסומים המשותפים, מעניין לגלות כי קרוב ל-80% מהשטחים משותפים פעולה עם חברות מחשבים, אשר נמצאות בראש הטבלה בכלל פרסומי ישראל המשותפים לאקדמיה ולתעשייה. שיעור הפרסומים המשותפים לאקדמיה ולמגזר העסקי שנכתבו בשיתוף פעולה בינלאומי (בהם מופיעה לפחות מדינה אחת נוספת על ישראל) הוא גבוה מאוד ומגיע ל-83%, לעומת שיתוף הפעולה הבינלאומי בכלל פרסומי ישראל – 45.5%.

כללית ניתן לומר שפרסומי ישראל שנכתבו בשיתוף פעולה אקדמיה-מגזר עסקי מאופיינים במספר מחברים נמוך מ-10; בשיתוף פעולה בינלאומי גבוה; ובעיקר עם חברות מחשבים ותרופות בינלאומיות. תמונה זו תואמת את דפוס ההשקעות במחקר בעולם, בעיקר בתחומי המחשבים ומדעי החיים⁸⁸.

ש"פ אקדמיה-תעשייה במסגרת מאגדי מגנ"ט

תכניות "מגנ"ט" (מחקר ופיתוח גנרי טרום-תחרותי) פועלות במסגרת רשות החדשנות (לשעבר לשכת המדען הראשי במשרד הכלכלה) במטרה לחזק את היתרון הטכנולוגי ארוך הטווח של התעשייה בישראל בתחרות העזה בשווקים הבינלאומיים. תכניות מגנ"ט מספקות את התמיכה במו"פ גנרי, שניב מוצרים הנשענים על הידע הטכנולוגי. רשות החדשנות מפעילה במסגרת תכניות מגנ"ט חמישה מסלולי סיוע למו"פ טכנולוגי תעשייתי: מאגד, איגוד משתמשים, מגנטון, נופר וקמ"ן.⁸⁹

מסלול המאגדים בתכנית מגנ"ט מאחד חברות תעשייתיות ומוסדות מחקר אקדמיים לפעול לפיתוח משותף של טכנולוגיות גנריות. שיתוף הפעולה בין התעשייה לאקדמיה במסגרת המאגד מנגיש את החברות השותפות במאגד לידע המחקרי, שלעתים קרובות מתגלה כמכריע לפיתוח הטכנולוגיה.

תכנית מגנ"ט מפעילה בממוצע כ-13 מאגדים לשנה בתקציב שנתי כולל ממוצע של 216 מיליוני ₪ (כל מאגד פועל במשך 3-6 שנים)⁹⁰. שיעור המענק הניתן במסגרת זו עומד על 66% לחברה תעשייתית ומגיע עד 80% למוסד המחקר האקדמי. "התמיכה הכספית ניתנת כמענק ופטורה מהחזר תמלוגים וכפועל יוצא מעודדת את החברות לעסוק במחקר גנרי, ארוך טווח, פורץ דרך ועתיר סיכונים"⁹¹.

הרעיון שמאחורי מגנ"ט הינו לזהות את הטכנולוגיות המתקדמות ביותר שיידרשו בעתיד לחברות התעשייה המשתתפות⁹². המדינה מעודדת באופן פעיל חדשנות טכנולוגית ומציעה תמיכה במעבר ממחקר בסיסי, הנערך באקדמיה או במכוני מחקר רפואי, למחקר יישומי בעל שימושים מסחריים. המאגדים עוסקים בתחומים טכנולוגיים מגוונים כמו אגרו-ביו ופרמצבטיקה, מיקרו-אלקטרוניקה, תקשורת ואלקטרואופטיקה ומתכות קלות⁹³. פעילות זו החלה ב-1993 במינהלת מגנ"ט של המדען הראשי במשרד הכלכלה, ומאז הניבה חידושים רבים במגוון של תחומים, החל בדפוס הדיגיטלי

⁸⁸ Battelle, R. D. (2013). [2014 Global R&D Funding Forecast](#)

⁸⁹ [מסלול מאגדי מגנ"ט](#) – מאגד של חברות תעשייתיות ומוסדות מחקר לפיתוח טכנולוגיות בשיתוף פעולה. אתר רשות החדשנות

⁹⁰ החישוב בוצע עפ"י נתוני 2000-2013 המופיעים ב"תכניות לשכת המדען הראשי 2013". לשכת המדען הראשי – משרד הכלכלה

⁹¹ "המדען הראשי יפתח ב-2016 מאגד חדש לטכנולוגיות לייזר". TechTime. 2015

⁹² [פלוס לפלוס](#). 2014. TheMarker

⁹³ [ועדת מגנ"ט, אישרה מאגד חדש: AFL-Advanced Fiber Lasers](#), לייזר סיב מתקדם. הידען. 2009

ומערכות מעקב חכמות אחרי חשודים בשדות התעופה, תקשורת לוויינית ותכשירים המבוססים על ננוטכנולוגיה.

במהלך השנים 2006-2016 הוקמו במסגרת תכנית מגנט כשלושים מאגדים שהיוו פלטפורמה לשיתוף פעולה בין למעלה מ-150 חברות לקבוצות מחקר מכל האוניברסיטאות בישראל (וכן מספר מכללות). פעילות המאגדים כוללת מפגשים תקופתיים של קבוצות עבודה שבהם משתתפים חוקרים מהאקדמיה ונציגים מהחברות, ממוצע של 5 קבוצות עבודה לכל מאגד. תוצרי העבודה כוללים דו"חות שמתארים את ההתקדמות של השותפים במאגד - סדר גודל של כמאתיים דו"חות (ומסמכים טכניים אחרים) לשנה, וכן פרסומים ופטנטים.

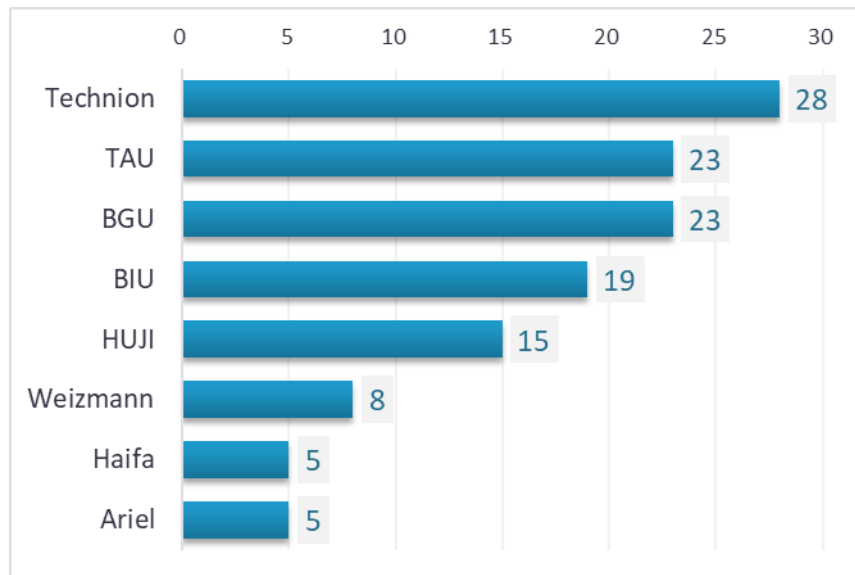
רשימת המאגדים שהוקמו בין השנים 2006-2016 מפורטת בטבלה 20. לפי מספר המאגדים ניתן לראות כי התחום המוביל הוא ICT (14) ואחריו אלקטרו-אופטיקה (6), מדעי החיים (4), קלינטק (3), חומרים (2) ואגרו-ביוטק (1).

טבלה 20: רשימת המאגדים שהוקמו במסגרת תכנית מגנט בין השנים 2006-2016

שנת הקמה	תחום	נושא	שם המאגד
2006	ICT	טכנולוגיות חדשניות להתאמה אישית של תכני וידאו	NeGeV
2006	Agro Biotech	שליטה ובקרה בפעילות הגנים המשפיעים על יצירת ואגירת מטבוליטים משניים בצמחים	Bio-Tov
2006	ICT	שיפור ביצועים של טכנולוגיות xDSL	iSMART
2007	Life Sciences	פוטוניקה ביו-רפואיות	BMP
2007	Life Sciences	מניעת יצירת משטחים מיקרוביאליים	מ.י.ם
2007	ICT	הקטנת צריכת ההספק וזליגתו בתעשיית המיקרואלקטרוניקה	ALPHA
2008	Materials	טכנולוגיות לשימוש בנו צינוריות	NES
2008	ICT	תשתיות תקשורת רחבות סרט	Rescue
2008	ICT	טכנולוגיות לניתוח והבנה של וידאו ליישומי אבטחה ופיקוח	VULCAN
2009	Electro-Optics	טכנולוגיות לייזר סיב מתקדם	AFL
2009	Cleantech	המרת האנרגיה הסולארית לחשמל	SES
2009	ICT	העברת תכני וידיאו בהפרדה גבוהה	Net-HD
2010	ICT	רשתות תקשורת אלחוטיות	CORNET
2010	Electro-Optics	פוטוניקה היפר רגישה	HySP
2010	ICT	רשתות אופטיות מבוססות מיתוג חבילות	Tera Santa
2010	Life Sciences	השתקת ביטוי גנים בעזרת מולקולות RNA	RIMONIM
2010	Materials	טכנולוגיות גנריות לשליטה בתנועה היחסית (נדידה) של תוספים בתווך פולימרי (פלסטי)	P ³
2012	Cleantech	טכנולוגיות תקשורת וניהול לרשת החשמל החכמה	ISG
2012	ICT	טכנולוגיות סייבר	Kabarnit
2013	Life Sciences	חיבור כלי הניטור המוחי עם טכנולוגיות לגרייה מוחית (Brain Stimulation)	BSMT
2013	Electro-Optics	מטרולוגיה	Metro450
2013	Cleantech	פתרונות לאספקת אנרגיה חשמלית לתחבורה	TEPS
2014	ICT	תכנות רשתות תקשורת	Neptune
2014	Electro-Optics	הדפסה פונקציונאלית ואלקטרונית	Printel
2014	ICT	טכנולוגיות VLSI	HiPer
2015	ICT	מיצוי תובנות מחיישנים תלת-ממדיים	Omek
2015	ICT	איתור והתאמת תכנים בעולם המדיה הדיגיטלית והרשתות החברתיות	Infomedia
2016	Electro-Optics	טכנולוגיות לייזר	ALTIA
2016	ICT	תשתיות טכנולוגיות לנתבים ומתגים אלקטרו-אופטיים	PetaCloud
2016	Electro-Optics	טכנולוגיות להדפסה תלת מימדית של מבני תעופה מטיטניום	AATiD

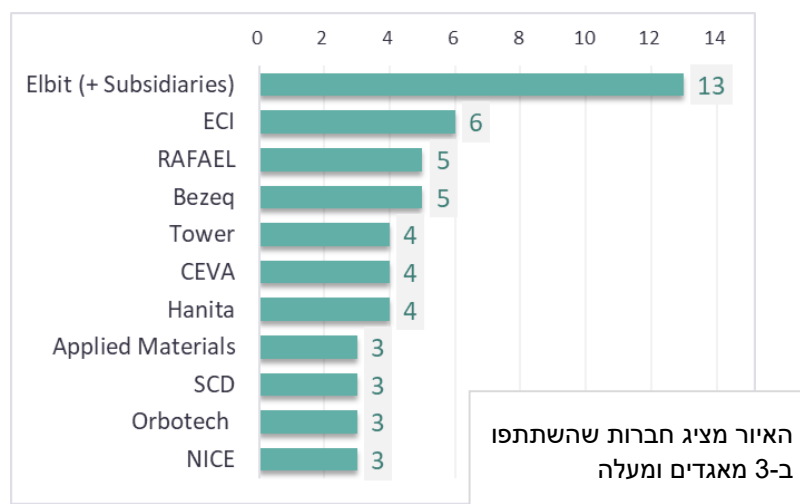
איור 19 מציג את התפלגות האוניברסיטאות לפי מספר המאגדים בהן השתתפו. ניתן לראות שהטכניון מוביל במספר המאגדים בהם השתתפו חוקרים מטעמו עם השתתפות ב-28 מאגדים מתוך ה-30 שנבדקו, כנראה לאור הדמיון בתחומי העניין של הטכניון ושל רוב המאגדים (בעיקר אלקטרו-אופטיקה ו-ICT). יש לציין שמספר קבוצות המחקר של כל אחת מהאוניברסיטאות משתנה בכל מאגד (ישנם מאגדים שבהם משתתפים 4-5 חוקרים מאוניברסיטה מסוימת, בעוד שלאוניברסיטאות אחרות יש חוקר בודד).

איור 19: מספר המאגדים בהם השתתפו חוקרי האוניברסיטאות, 2006-2016⁹⁴



איור 20 מציג את התפלגות החברות לפי מספר המאגדים בהן השתתפו (3 מאגדים ומעלה). ניתן לראות שאלביט מובילה במספר המאגדים (עם שלוחות שונות של החברה: אל-אופ, צאיקלון וכו').

איור 20: החברות המובילות במספר המאגדים בהן השתתפו בין השנים 2006-2016⁹⁴

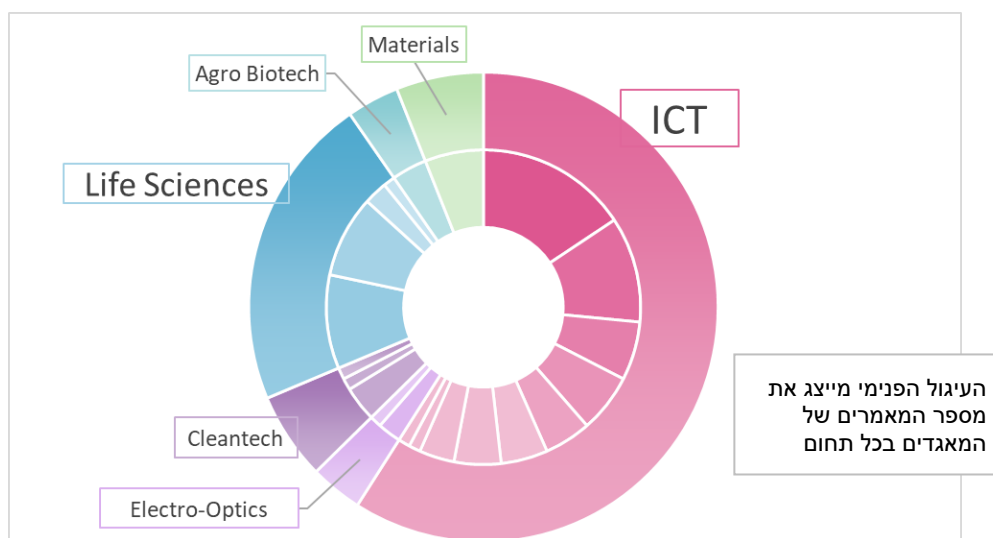


⁹⁴ האיור כולל נתוני מאגדים שהוקמו בין השנים 2006-2016

במהלך השנים 2009-2018⁹⁵ פורסמו 83 מאמרים שהמחברים שלהם ציינו כי המחקר מומן בהשתתפות אחד מ-30 המאגדים הנ"ל⁹⁶. כ-16% מהמאמרים כוללים שיוך כתובת (affiliation) של חוקרים מהאוניברסיטאות וחוקרים מחברות שהשתתפו במאגדים. מאמרים אלו מהווים חלק מתוצרי המאגדים בנוסף לדו"חות הטכניים שאינם מתפרסמים, אך מתועדים במאגרי המידע הפנימיים של המאגדים.

שיעור המאמרים הנמוך שבו מופיעים מחברים משני המגזרים שהשתתפו במאגד (אקדמיה ותעשייה) תואם לאמירות שנשמעו בשיחות שערכנו במהלך השנים עם חוקרים ואנשי תעשייה אשר טענו כי למגזר העסקי (בניגוד לאקדמיה) אין אינטרס לפרסם מאמרים מדעיים ולכן מספר המאמרים המשותפים לא משקף בהכרח את מידת שיתוף הפעולה האמיתי בין שני הסקטורים (אשר בא לביטוי גם בקשרי עבודה; מוצרים; פטנטים ועוד).

איור 21: התפלגות המאמרים לפי תחומי העיסוק של המאגדים



ניתן לראות כי התפלגות המאמרים תואמת למדי את התפלגות המאגדים לפי תחומי עיסוק: כ-59% מהמאמרים שפורסמו נכתבו ע"י מחברים ממאגדים שעוסקים ב-ICT (כ-47% מהמאגדים); כ-22% מהמאמרים נכתבו ע"י מחברים ממאגדים שעוסקים במדעי החיים (כ-13% מהמאגדים).

סיכום

מסלול מגנ"ט יוצר מפגש רב-שנתי בין תעשיות לקבוצות מחקר אקדמיות. במהלך השנים השתתפו במאגדי מגנ"ט מספר רב של תעשיות וחוקרים מהאקדמיה. פירות שיתוף הפעולה הזה בין אקדמיה לתעשייה יכולים להתבטא באופן מיידי ומדיד במוצרים ובפרסומים, או בצורה לא מדידה ברעיונות חדשים וקשרי עבודה לאורך זמן. מינהלת מגנ"ט עוקבת באופן הדוק אחרי עבודת המאגדים ותוצאותיה, ואין ספק שמסלול מגנ"ט הוא "סיפור הצלחה". מאגדי מגנ"ט מכוונים לשימור חדשנותן ומיצובן של תעשיות חזקות בישראל, וזו אכן התמונה המתקבלת מתחומי העיסוק ומן התעשיות השותפות שתיארנו

⁹⁵ מאמרים של מאגדים שהוקמו החל מ-2006 החלו להתפרסם ב-2009

הנתונים של 2017-2018 אינם סופיים נכון למרץ 2018

⁹⁶ מאמרים שהמחברים שלהם לא ציינו שהמחקר פורסם בתמיכת מאגד מגנ"ט - לא נכללו בתוצאות החיפוש

בפרק זה. יש מקום לשקול, האם נכון לממן בהיקף כזה דווקא תעשיות חזקות שמחזיקות בעצמן מו"פ נכבד, ולא מגזרי תעשייה אחרים. אכן, יש לרשות החדשנות ומשרד הכלכלה גם מסלולים ייעודיים לתעשיות מסורתיות, ולאחרונה הוצהר על תכנית לקידום תעשיות מדעי החיים⁹⁷. מקור המימון לכל המסלולים האלה הוא ממשלתי ולכן יש לבדוק האם הקצאת הכספים למסלולים השונים עונה לצרכי המדינה.⁹⁰

תיאור מפורט של סיפורי הצלחה למוצרים שפותחו במסגרת המאגדים ותכניות אחרות של רשות החדשנות ניתן למצוא באתר רשות החדשנות⁹⁸. לדוגמה, מנוע פיאזו-אלקטרי הקטן בעולם שפותח ע"י חברת NanoMotion במסגרת מאגד BMP. "הסיכוי שהיינו מצליחים לפתח את האפליקציות שפותחו במאגד לבד, ללא החברות השותפות בו, הוא קטן", אמר מנכ"ל החברה. "תחום המכשור הרפואי לא היה במרכז הפעילות שלנו והייתה סינרגיה בין המשתתפים במאגד. החברות סיפקו את ההדרכה על המוצרים הנדרשים בענף ואת התמונה הגדולה, ואפשר לזקוף חלק מהמוצרים שפיתחנו לזכות שיתוף פעולה זה, ושיתוף הפעולה עם האקדמיה שהיה הכרחי, ובאמצעותו נחשפנו למחקרים חדשים בתחום".

הקשר בין פרסומים מדעיים לפטנטים

פטנט ניתן על המצאות שעניינן מוצרים או תהליכי ייצור המשמשים בתעשייה. לפיכך, פטנטים המצטטים פרסומים מדעיים מבטאים את אחת הדרכים בהן ידע אקדמי עשוי לתרום ליישום כלכלי.

ההנחה היא שפטנטים מצטטים פרסומים אקדמיים אשר יש להם רלבנטיות לנושא הפטנט, ובכך קושרים בין המחקר האקדמי לטכנולוגיה במגזר העסקי.

ככל שמאמר מצוטט ביותר פטנטים – ניתן להניח שהרלבנטיות הטכנולוגית שלו גבוהה יותר, ובהתאם ככל שלאקדמיה או מדינה יש יותר פרסומים המצוטטים בפטנטים – יש למחקר שלה רלוונטיות והשפעה רבות יותר במגזר העסקי⁹⁹.

בתת-פרק זה מטרנו לבחון את ההשפעה הטכנולוגית של המחקר האקדמי בישראל¹⁰⁰ באמצעות ניתוח נתוני ציטוטים של מאמרים ישראלים בפטנטים, בין אם נוצל על ידי שלוחות המסחור של האקדמיות בישראל או על ידי גורמים אחרים בארץ ובחו"ל. זהו פן נוסף בבחינת פרסומי ישראל – הרלבנטיות הטכנולוגית¹⁵ ותרומתם הכלכלית לאורך שנים. לעתים נרשם פטנט על ידי האקדמיות עוד קודם לפרסום מאמר או ללא פרסום כלל (כדי למנוע זליגת ידע לא מוגן), ולעתים מתבררת התועלת הכלכלית הצפונה בפרסום רק במהלך השנים. ניתוח פטנטים מישראל מופיע כדוח נפרד.

חשוב לציין כי לא ניתן לייחס תרומה מדעית וכלכלית זו באופן בלעדי לישראל: חלק מפרסומי ישראל נכתב בשיתוף פעולה עם חוקרים מחו"ל והפטנטים אשר מצטטים את פרסומי ישראל אינם בהכרח פטנטים ישראליים. פעילות המדע ורישום פטנטים כיום הם גלובליים במידה רבה.

המדדים המקובלים לניתוח פרסומים אשר צוטטו בפטנטים כוללים:

- מספר הפטנטים אשר ציטטו פרסומים ישראליים
- מספר הפרסומים הישראליים אשר צוטטו בפטנטים

⁹⁷ אורה קורן, רותי לוי. "אם מספר המועסקים בתעשייה החדשנית לא יעלה - כלכלת ישראל תדרוך במקום". TheMarker, 10 2, 2017.

⁹⁸ סיפורי הצלחה, אתר רשות החדשנות

⁹⁹ Tijssen, R. J., Yegros-Yegros, A., & Winnink, J. J. (2016). University-industry R&D linkage metrics: validity and applicability in world university rankings. *Scientometrics*, 109(2), 677-696

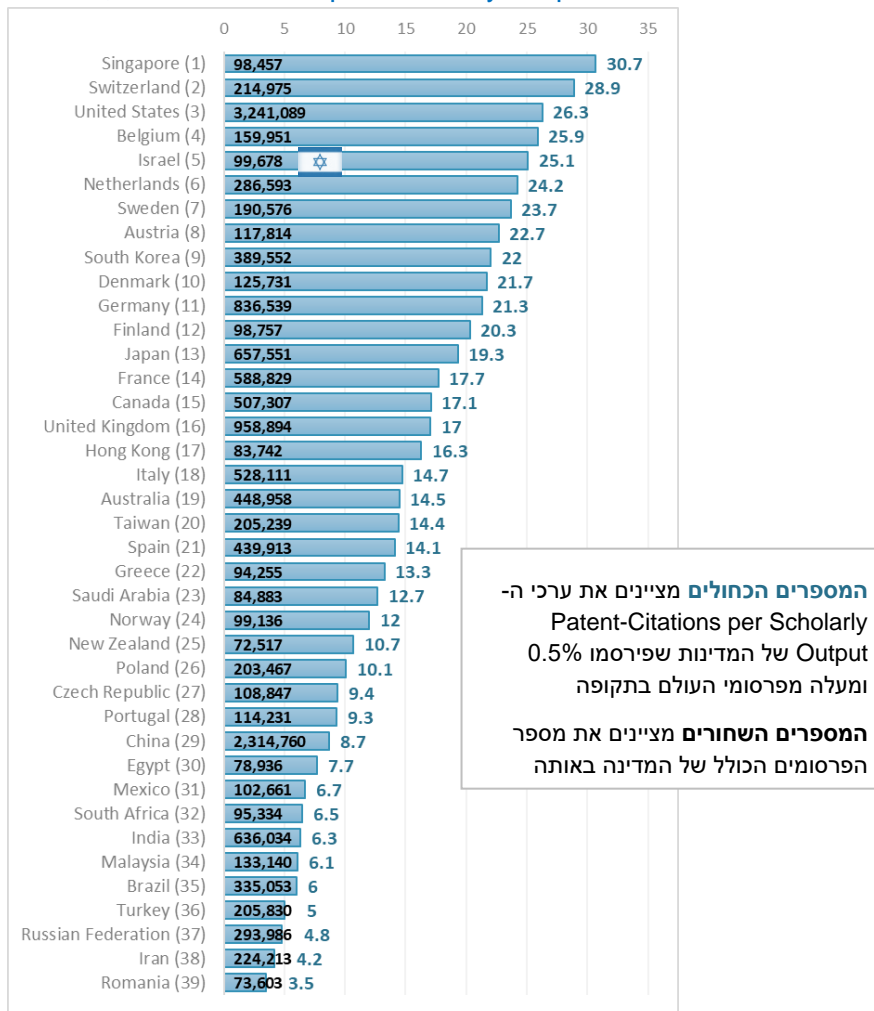
¹⁰⁰ למעלה מ-80% מפרסומי ישראל (בתקופה שנבדקה) נכתבו ע"י חוקרים מהאקדמיה

- מספר הציטוטים הכולל של פרסומי ישראל אשר הופיעו בפטנטים (באותו פטנט יכולים להיות מצוטטים כמה פרסומים, ואותו פרסום יכול להופיע בכמה פטנטים)
 - מספר הציטוטים הכולל של פרסומי ישראל בפטנטים כשיעורם מכלל פרסומי ישראל
- כל 4 המדדים הנ"ל עבור כלל פרסומי ישראל, עבור פרסומי ישראל לפי שטחים, ובהשוואה בינלאומית. בפרק זה נתאר את המדדים 1 ו-4 עבור כלל פרסומי ישראל, לפי שטחים ובהשוואה בינלאומית.

מדדי ציטוטים של פרסומים ישראלים בפטנטים

מאמרים ישראלים שפורסמו במהלך השנים 2012-2016¹⁰¹ צוטטו ב-2,160 פטנטים. מספר הפרסומים שצוטטו הוא 1,192, ובסך הכל התקבלו 2,502 ציטוטים בפטנטים לפרסומי ישראל, המהווים 25.1 ציטוטים כאלה לכל 1,000 פרסומים ישראלים. תוצאה זו מציבה את ישראל במקום החמישי בעולם במדד מספר הציטוטים בפטנטים לכל 1,000 פרסומים (איור 22). מעניין שסין, הניצבת במקום השני בעולם במספר הפרסומים, מדורגת רק במקום ה-29 במדד זה.

איור 22: דירוג המדינות לפי Patent-Citations per Scholarly Output¹⁰², 2012-2016



¹⁰¹ התקופות בפרק זה מתייחסות לשנת הפרסום של המאמרים המצוטטים (ולא לשנת הפרסום של הפטנטים)

¹⁰² Patent-Citations per Scholarly Output: Average patent-citations received by 1,000 scholarly outputs

כפי שתיארנו בדוח קודם, חלק מפרסומי ישראל נכתב על ידי מספר מחברים גבוה מ-10, ובמקרים רבים אלה פרסומים שנכתבו על ידי מאות ואלפי מחברים ממדינות רבות, מהם רק מעטים הם מישראל. תופעה זו מאפיינת בעיקר שטחים כמו פיסיקה, הנשענים על תשתיות מחקר בינלאומיות (כמו CERN).

טבלה 21: נתונים אודות מספר הציטוטים של מאמרים ישראלים בפטנטים לפי תחומים, 2012-2016

Field ¹⁰³	Patent-Cited Scholarly Output	Number of Authors ≤ 10 (%) ¹⁰⁴	International Collaboration (%)	Patent-Citations per scholarly outputs ¹⁰⁵
Agricultural and Biological Sciences	78	87.2	59.0	1.3
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	448	73.0	58.9	9.1
Chemical Engineering	92	94.6	43.5	1.7
Chemistry	124	96.8	45.2	2.6
Computer Science	101	97.0	57.4	2.1
Energy	12	100.0	41.7	0.2
Engineering	144	93.1	46.5	2.7
Environmental Science	26	100.0	50.0	0.6
Immunology and Microbiology	120	76.7	55.0	2.3
Materials Science	148	93.9	43.9	2.9
Mathematics	51	94.1	60.8	1.0
Medicine	450	71.1	58.4	10.2
Multidisciplinary	67	64.2	62.7	1.4
Neuroscience	53	79.2	60.4	1.2
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	87	90.8	57.5	1.8
Physics and Astronomy	170	91.8	47.6	2.9
Social Sciences	13	100.0	53.8	0.2

כדי לעמוד על אופיים של פרסומי ישראל שצוטטו בפטנטים, בדקנו את מספר הפרסומים להם שותפים עד 10 מחברים. בכלל הפרסומים המצוטטים בפטנטים שיעורם מגיע בממוצע לכ-80% (בהשוואה - בכל פרסומי ישראל לתקופה השיעור הוא 92%). כלומר, למעלה משלושה רבעים מהפרסומים המצוטטים בפטנטים נכתבו על ידי מספר קטן יחסית של מחברים (טבלה 21).

באופן דומה – בדקנו את שיתוף הפעולה הבינלאומי בפרסומי ישראל שצוטטו בפטנטים: מצאנו שעבור כלל פרסומי ישראל שצוטטו בפטנטים שיעור שיתוף הפעולה מגיע בממוצע לכ-56% (בהשוואה – בכלל

¹⁰³ בטבלה מופיעים רק שטחים שיש להם לפחות 10 פרסומים אשר צוטטו בפטנטים

¹⁰⁴ שיעור הפרסומים (%) שנכתבו על ידי 10 מחברים ומטה מכלל הפרסומים המצוטטים בפטנטים בשטח

¹⁰⁵ Average patent-citations received by 1,000 scholarly outputs published by the selected entity

פרסומי ישראל לתקופה שיתוף הפעולה הבינלאומי מגיע ל-45.5%). כלומר, כמחצית מפרסומי ישראל אשר צוטטו בפטנטים חוברו על ידי חוקרים ישראלים בלבד. ניתן לראות כי השטחים המובילים במספר הציטטות לכל 1,000 פרסומים הם (בסדר זה): רפואה, ביכימיה גנטיקה וביולוגיה מולקולרית, חומרים ופיסיקה, הנדסה וכימיה.

סיכום

התמונה העולה מניתוח פרסומי ישראל המצוטטים בפטנטים מצביעה על דרוג גבוה מאוד של ישראל במספר הציטטות לפרסומיה בפטנטים, ופרסומים אלה מתאפיינים במספר נמוך יחסית של מחברים ומעט יחסית שיתוף פעולה בינלאומי. תמונה זו מעידה על השפעה טכנולוגית משמעותית שפותחה באקדמיות בישראל.

נספח א': ביאור מושגים

מדדים כמותיים

▪ מספר פרסומים לתקופה - Scholarly Output

פרסום מדעי מסווג כישראלי אם כתובתו של לפחות אחד ממחברי הפרסום היא בישראל. פרסום מדעי עשוי להיות מאמר, מאמר מכנס, מאמר סקירה, ופרסומים ברי-ציטוט אחרים. מספר הפרסומים של מדינה מתבטא כאשר בוחנים את כלל השטחים (All Fields) בלבד, מפני שבסיווג הפרסומים לשטחים שונים יש חפיפה, כך שאותו פרסום יכול להופיע במספר שטחים. זהו מדד מוחלט.

Scholarly Output: The number of publications of a selected entity

▪ מספר פרסומים לנפש

מכיוון שמספר הפרסומים של כל מדינה תלוי, בין היתר, בגודל האוכלוסייה, מקובל לנרמל את מספר הפרסומים ביחס למספר התושבים בביצוע השוואה בין המדינות השונות. זהו מדד יחסי. הצגת מספר הפרסומים לנפש מסייעת בהשוואה בינלאומית ומאפשרת גם בחינה של השפעת שינויים באוכלוסיית מדינה על תמהיל המחקר והיקפו.

▪ סף כניסה לדירוג

בהשוואות בינלאומיות נעשה שימוש במדדים יחסיים שהקנו בסיס להשוואה, כגון סף כניסה של 0.5% מכלל פרסומי העולם בשטח, כתנאי סף להכנסת המדינה לניתוח הפרסומים.

▪ דירוג מדינות

דירוג מדינות בעולם לפי מספר הפרסומים לנפש הינו מדד יחסי (ראו הגדרת מס' פרסומים לנפש לעיל).

▪ תרומת ישראל לשטח בעולם

חלקם של פרסומי ישראל מכלל פרסומי העולם בשטח מסוים.

▪ התפלגות הפרסומים לפי שטחים - דרוג השטחים

דירוג שטח מדעי במדינה הינה שיעור הפרסומים בשטח המדעי המסוים מכלל הפרסומים המדעיים במדינה.

מדדי השפעה מדעית

▪ ממוצע ציטוטים לפרסום

מספר הציטוטים הממוצע לפרסום משקף את כלל הציטוטים שנצברו בתקופה מסוימת, חלקי סך כל פרסומי המדינה שראו אור באותה התקופה.

Citations per Publication: The average number of citations received per publication

■ ממוצע ציטוטים לפרסום מנורמל לשטח

כיוון שתרבות הציטוטים שונה משטח לשטח, נהוג לנרמל את מספר הציטוטים הממוצע לפרסום בשטח (של הגורם הנבדק - מוסד או מדינה) לממוצע הציטוטים לפרסום בעולם באותו השטח. ממוצע ציטוטים מנורמל (Field-Weighted Citation Impact) משוקלל לשטח, שנת הפרסום ועוד.

Field-Weighted Citation Impact: The ratio of citations received relative to the expected world average for the subject field, publication type and publication year.

■ שיעור פרסומי המדינה באחוזונים העליונים

- שיעור פרסומי המדינה המצוי באחוזונים העליונים (1%, 5% או 10%) לפי מספר הציטוטים בשטח מסוים.

Outputs in Top Percentiles: The number of publications of a selected entity that are highly cited, having reached a particular threshold of citations received.

- שיעור פרסומי המדינה המצוי באחוזונים העליונים (1%, 5% או 10%) של כתבי העת הנחשבים ביותר.

Publications in Top Journal Percentiles: The number of publications of a selected entity that have been published in the world's top journals.

נספח ב': תחומי פעילות המכון הגיאולוגי

» סיכונים גיאולוגים וסיכונים סביבתיים

1. הערכת יציבות התשתית הטבעית בישראל ביבשה ובים
2. חקר סיכוני רעידות אדמה וסיכונים גיאולוגים לצורך תמיכה בהיערכות מדינת ישראל לאירועים קיצוניים
3. הקמת מערכת התרעה ארצית לרעידות אדמה
4. הגדרת תהליכים ומגמות בעלי השלכות על הסביבה והאקלים באזורנו כבסיס לגיבוש מדיניות לאומית (זיהומי קרקע ומים, שינויי אקלים, הטמנת פסולת ופחמן דו-חמצני בתת הקרקע, קרקעות, אבק מינרלי ואפר פחם)

» חקר משאבי טבע

1. מצאי המשאבים הטבעיים בישראל: גז טבעי, נפט, פצלי שמן, פוספטים וחומרי בניה
2. חקר סוגיות בהידרוגיאולוגיה ומשאבי מים (ניטור כימי והידרולוגי של קידוחים, מאזני מים, חקר מי תהום והמלחת אקוויפרים, פן ביני, מודלים הידרוגיאולוגים).

» חקר סוגיות בגיאולוגיה של א"י

1. סטרטיגרפיה וכרונוסטרטיגרפיה
2. פענוח סביבות פלאואוקינוגרפיות ופלאויבשתיות למטרות ניתוח משאבי טבע (פוספטים, הידרוקרבונים, פצלים, אוופוריטים, משקעי מלח וגבס).
3. חקר מקורות סדימנטים, ביוסטרטיגרפיה שחזור סביבות השקעה, ושחזור תנאי סביבה.
4. טקטוניקה, סוגיות בגיאולוגיה סטרוקטורלית.

» מיפוי וניטור

1. מיפוי גיאולוגי ויצירת מפות סיכון
2. ניטור רשת הסיסמית של ישראל
3. ניטור יציבות הקרקע באזורים נבחרים
4. ניטור ים המלח והים התיכון
5. ניטור משקעים ואבק
6. ניטור תזוזת הלוחות

א. יכולות ופיתוח מעבדות מחקר וציוד מתקדם

- פיתוח שיטות אנליטיות לניתוח וחקר סיכונים גיאולוגים ביבשה ובים
- פיתוח שיטות לניתוח וחקר זיהומי סביבה בקרקע, בתת-הקרקע ובגופי מים.
- פיתוח שיטות מחקר מתקדמות, יחודיות ויעודיות לטווח הארוך

ב. פיתוח תשתית ייעוץ והקניית מידע

- ביצוע בדיקת תסקירי השפעה על הסביבה (מפעלים כגון מפעלי חומ"ס, מפעלי התפלה, צנרת גז, זיקוק וכ"ו)
- ביצוע חוות דעת מוזמנות ע"י משרדי ממשלה
- ביצוע סיורים מקצועיים מוזמנים ע"י גורמי מדינה וגופים מקצועיים
- הרצאות מוזמנות ע"י גופי מדינה
- השתתפות בוועדות (כגון הוועדה להערכות לרעידות אדמה, חוף וים, מינהל התכנון, רשות המים-קידוחים, ים המלח, שת"פ אזורי)
- קיום ימי עיון בנושאים רלוונטיים למקבלי החלטות וקובעי מדיניות (גיאולוגיה ימית וסיכונים גיאולוגים)
- קיום כנסים בין לאומיים בנושאים שהמכון מתמחה בהם ובעל הכרה בינלאומית (כגון משבר המלח בים תיכון, האירוע המסיני, טקטוניקת מלח, פיתוח שיטות סיסמיות להערכת סיכונים - העתק ים המלח)
- ייצוג המכון בארץ ובחו"ל ובפורומים בין לאומיים בנושאים שונים (כגון קידוח עמוק ים תיכון, שינויי אקלים, אבק)

ג. פיתוח והנגשת מסדי נתונים מדעיים ומרכזי ידע

- קטלוג אוסף המאקרופאונה של המכון הגיאולוגי
- ארכיב הנפט וארכיב המים של מדינת ישראל
- מעבדת גלעין ומעבדה גיאוטכנית
- מסד נתוני תת הקרקע
- מסד נתונים פלאונטולוגיה
- בסיס נתונים גיאודטי לבניית תמונת מצב לאחר רעידת אדמה חזקה
- בסיס נתונים ליידר אווירי לרעידות אדמה
- מסד נתוני ים המלח

מדע וטכנולוגיה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il