

# הוראת המדעים בישראל: מגמות, אתגרים ומנופים לשינוי

---

ד"ר עידית מני-איקן ודנה רוזן



מכון הנרייטה סאלד  
המכון הארצי למחקר במדעי ההתנהגות

יולי 2013

---

2.....מגמות, אתגרים ומנופים לשינוי – תקציר

4.....מבוא

5.....מגמות ואתגרים – כללי

5.....מחסור בכוח אדם מיומן

5.....מגמות ואתגרים – ברמת המורה

5.....מגמות שינוי בכוחות ההוראה במתמטיקה ובמדעים – מחסור עתידי במורים

7.....עמדות הציבור כלפי מקצוע ההוראה – יחס חיובי יחסית להוראת מתמטיקה ומדעים

8.....מגמות ואתגרים – ברמת התלמיד

8.....מגמות שינוי בשיעור הלמידה של מתמטיקה ומדעים

10.....לימודי המדעים בחטיבות הביניים – לומדים מעט ובעיקר ביולוגיה

10.....הישגים

11.....הפער המגדרי – פוטנציאל לא ממומש

13.....עמדות התלמידים – ערך תועלת גבוה למתמטיקה ונמוך יותר ללימודי מדעים

15.....מנופים לשינוי

15.....מנופים לשינוי ברמת המערכת

15.....מנופים לשינוי ברמת המורה

15.....הכשרה מקצועית

16.....פיתוח מקצועי

17.....גיוס כוח אדם מקצועי

17.....מנופים לשינוי ברמת התלמיד

17.....שיטות וחומרי לימוד להרחבת מעגל הלומדים

19.....פיתוח דרכי הערכה חלופיות

20.....רצף לימודי המדעים

21.....סיכום

22.....רשימת מקורות

### מגמות ואתגרים

#### מגמות ואתגרים – כללי

- ❖ בשנים האחרונות, גורמים שונים מתריעים על צמצום העתודה המדעית בישראל, ועל מחסור גובר בכוח אדם מיומן היכול למלא תפקידים עתירי טכנולוגיה בצבא ובתעשייה, וכן על מחסור צפוי (עוד כעשור) במדענים ובמהנדסים.
- ❖ נמצא כי כלל הציבור מאופיין כבעל אוריינות מדעית נמוכה.

#### מגמות ואתגרים – ברמת המורה

- ❖ שיעור המורים למדעים נשאר יציב לאורך השנים, למעט במקצוע המתמטיקה שם ניכרת עלייה.
- ❖ עם זאת, מסתמן מחסור פוטנציאלי במורים הנובע מאחוזי נשירה גבוהים של מורים בשנים הראשונות להוראה, מממוצע גילאי המורים למתמטיקה ולמדעים שהולך ועולה כאשר במקביל קיימת ירידה בשיעור המורים הצעירים.
- ❖ ניכר כי עמדות הציבור כלפי מקצוע ההוראה אינן חיוביות. עם זאת, העמדות כלפי הוראת המתמטיקה והמדעים חיוביות מעט יותר.

#### מגמות ואתגרים – ברמת התלמיד

- ❖ בין השנים 2006 ל-2009 שיעור התלמידים הניגשים לבגרות במקצועות המדעיים מתוך כלל הניגשים לבגרות הינו יציב יחסית (אך לא גבוה) עם עליה במקצוע הביולוגיה, עם זאת שיעור הנבחנים במתמטיקה מתוך כלל הלומדים ירד.
- ❖ בחינוך הממלכתי דתי אחוזי הנבחנים במקצועות המדעיים נמוכים יותר ביחס לחינוך הממלכתי-עברי במרבית המקצועות המדעיים למעט ביולוגיה. תחומי המדעים כמעט ואינם נלמדים בבתי הספר החרדיים.
- ❖ הפריסה הגיאוגרפית של תלמידי המדעים והמתמטיקה ברמה מוגברת (2009) מצביעה על כך ששיעור לומדי הפיזיקה, הכימיה והביולוגיה מתוך כלל התלמידים ב"ב גבוה יותר בחיפה ובצפון ונמוך יותר בירושלים ובמנח"י. שיעור לומדי המתמטיקה גבוה יותר בתל אביב ובחיפה ונמוך יותר בדרום.
- ❖ לימודי המדעים בחטיבת הביניים אינם מתקיימים בהיקף המומלץ לפי תכנית הלימודים. כמו כן, יש קושי ביישום תכנית אינטגרטיבית של מדע וטכנולוגיה היוצרת רצף בין המקצועות השונים ויש דגש בעיקר על לימודי הביולוגיה.
- ❖ במבחני PISA, הבודקים אוריינות מתמטית ומדעית, ישראל מדורגת מתחת לממוצע מדינות ה-OECD, ובנוסף, אחוז התלמידים הנמצאים ברמות הבקיאיות הגבוהות נמוך מזה של ה-

OECD. עם זאת, במבחני ה-TIMSS, הבוחנים ידע מדעי ומתמטי, יש מגמת עלייה בעשור האחרון.

- ❖ הפער המגדרי. המקצועות המדעיים והטכנולוגיים, ובפרט מקצועות המתמטיקה, הפיזיקה וההנדסה, נתפסים כמקצועות "גבריים" ולפיכך שיעור הבנות הבוחרות במגמות מורחבות של מתמטיקה ופיזיקה נמוך מזה של הבנים (אם כי שיעורן של הבנות גבוה יותר בכימיה וביולוגיה). גם בתחומים מדעיים והנדסיים באקדמיה ובשוק העבודה שיעור הבנות נמוך יותר.
- ❖ עמדות תלמידים. ב-2011 תופסים בישראל את מקצוע המתמטיקה כחשוב ובעל תועלת (61% לעומת 46% בממוצע הבינלאומי) לעומת זאת, הערך התועלת של מקצועות המדעים נמוך יותר (37%) וכן נמוך מהממוצע הבינלאומי (41%).

## מנופים לשינוי

### מנופים לשינוי ברמת המערכת

- ❖ ברמה המערכתית – יצירת שתופי פעולה בין הגופים השונים העוסקים בהוראת המדעים ויצירת חזון אחיד.
- ❖ הקמת גוף מתאם להוראת המדעים שירכז מחקרים, שיח ציבורי והמלצות לשינוי, פיתוח וטיפול תכניות וחומרי למידה. ההמלצות יועברו למשרד החינוך.

### מנופים לשינוי ברמת המורה

- ❖ פיתוח הכשרות מקצועיות במודלים שונים – הוראה כמקצוע שדורש תואר שני וידע מקצועי נרחב, הרחבת הקישור בין ידע תוכני ובין ידע פדגוגי בהכשרות מורים, וכן אפשרות להכשרה במודל התמחות תוך ליווי והנחייה של מורה מנטור.
- ❖ פיתוח מקצועי – ליווי מורים בהשתלמויות לטווח זמן ארוך יותר, ליווי מורים צעירים בכדי למנוע את נשירתם ויצירת קהילות מקצועיות המובלות על ידי מורים מנוסים.
- ❖ גיוס מורים חדשים – גיוס כוח אדם מיומן מתחומים רלוונטיים בשוק במודל של חלקיות משרה תוך הדגשת תחושת השליחות והתרומה לחברה.

### מנופים לשינוי ברמת התלמיד

- ❖ בכדי להגדיל את מעגל הלומדים מדעים ומתמטיקה יש להוסיף ולהרחיב בשיטות הוראה המאפשרות ייצוג של הידע לאוכלוסייה הטרוגנית, ביניהן: פיזיקה כתרבות, הוראה בדרך החקר, הוראה בדרך של פתרון בעיות, הוראה לשם הבנה וכדומה.
- ❖ פיתוח כלי הערכה חלופיים ומורכבים שיתמקדו גם במיומנויות חשיבה ולא רק בידע, במסגרת תוכן דיסציפלינארי.
- ❖ רצף לימודי מדעים - מהגן ועד כיתה י' עבור כלל התלמידים שאינם לומדים מדעים ברמה מוגברת.

תפקידה המרכזי של מערכת החינוך הוא להקנות לכל אחד מבוגריה את הכלים הנחוצים להשתלבות מיטבית בחברה מתקדמת מבחינה טכנולוגית, תרבותית וחברתית (בלס, בלנק ושביט, 2012). לפיכך, לאורך השנים ייחסו במערכת החינוך הישראלית חשיבות ייחודית ללימודי המדעים אשר יכינו את התלמיד לחיים בחברה מדעית-טכנולוגית ויקנו לו דרכי חשיבה מדעית. התפיסה הרווחת היא שתלמיד בעל אוריינות מדעית יתרום בעתיד ליצירה מדעית-טכנולוגית המהווה בסיס לפיתוחה וצמיחתה של מדינת ישראל. ואכן, בעשורים האחרונים מתבססת כלכלת ישראל באופן משמעותי על תעשייה עתירת ידע וטכנולוגיה מתקדמת. לשם כך נדרש טיפוח של הון אנושי שיהווה כוח אדם מתאים ומיומן להשתלבות במערך העשייה (גולדשמידט, 2010; היימן, מנדלר ולכיש, 2011; מוסד שמואל נאמן, 2010; המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, 2012).

מעבר לכך, החינוך המדעי והטכנולוגי נתפס כהכרחי להקניית ידע ומיומנויות הנחוצים לכל תלמיד שיהיה אזרח בוגר במאה ה-21 (גולדשמידט, 2010), וזאת מאחר שידע וחשיבה מדעיים רלוונטיים ואף הכרחיים לחיי היום יום, לצורך פתרון בעיות בעולם ה"אמיתי" ולהבנה וניתוח של מידע המתקבל ממקורות שונים (Feinstein, Allen & Jenkins, 2013).

בהקשר לכך, תכנית הלימודים הנהוגה כיום בלימודי מדע וטכנולוגיה מבוססת על המלצות דר"ח "מחר 98" ומתייחסת ללימודים מגיל הגן ועד לתיכון. תכנית הלימודים נותנת ביטוי לעקרונות שונים כמו: הכרת מושגים, תופעות, תהליכים ועקרונות מדעיים; הבנת משמעות הידע המדעי והטכנולוגי הן עבור הפרט והן עבור החברה, וכן טיפוח מיומנויות חשיבה תוך התנסות, למידת חקר ופתרון בעיות. כל אלה נחוצים לבוגר מצליח בחברת המחר (קליין, 2011).

בסקירה זו, אשר בוצעה בהזמנת שיתופים - המרכז לפיתוח החברה האזרחית, הארגון המתכלל ביוזמה המשותפת לחיזוק החינוך המדעי בארץ, נתמקד במגמות שונות בחינוך המדעי-טכנולוגי בבתי ספר תיכוניים ובחטיבות הביניים בישראל, באתגרים העולים ממגמות אלו ובכמה מענים אפשריים לאתגרים הללו היכולים להוות מנופים לשינוי.

### מחסור בכוח אדם מיומן

לטיפוח הון אנושי, היכול להשתלב בהצלחה בחברה מדעית טכנולוגית, יש חשיבות רבה. עם זאת, בשנים האחרונות, גורמים שונים מתריעים על צמצום העתודה המדעית בישראל, ועל מחסור גובר בכוח אדם מיומן היכול למלא תפקידים עתירי טכנולוגיה בצבא ובתעשייה, וכן על מחסור צפוי (עוד כעשור) במדענים ובמהנדסים (היימן ואחרים, 2011); המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, (2012). בהקשר לכך, צוות בין משרדי, שבחן את המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, מצא כי קיים מחסור בעיקר בתחומי התוכנה (מדעי המחשב והנדסת מחשבים) והאלקטרוניקה, ובמיוחד בתפקידי מחקר ופיתוח. כן נמצא פער בין משרות ההיי-טק החדשות שנפתחות כל שנה (כ-7000) לבין מסיימי האוניברסיטאות בתחומי המחשבים (כ-4500), ואף בין מסיימי תיכון בעלי רקע מתמטי מספק (בגרות 5 יח"ל במתמטיקה בציון 85 ומעלה – כ-6000 בלבד בשנה). עם זאת, לא זוהה מחסור בהיקף גדול בכוח אדם בתחומים אחרים, כמו מדעים מדויקים ותחומי הנדסה נוספים. במדעי החיים אף קיים עודף היצע של כוח אדם מיומן (המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, 2012). בנוסף נמצא כי כלל הציבור מאופיין כבעל אוריינות מדעית נמוכה. לדוגמה, חלק ניכר מהציבור מתקשה בקריאת נתונים מתרשימים מורכבים ובהסקת המסקנות העולות מהם, על אף שמדובר באוריינות הרלוונטית לניתוח נתונים החיוניים לחיי היום יום (היימן ואחרים, 2011).

חלק מהסממנים המעידים על המחסור העתידי בעתודה המדעית מקבלים ביטוי כבר בלימודי המדעים בתיכון – מחסור במורים ושיעור נמוך של תלמידים הבוחרים במגמות מדעיות וטכנולוגיות ברמה של 5 יחידות לימוד.

## מגמות ואתגרים – ברמת המורה

### מגמות שינוי בכוחות ההוראה במתמטיקה ובמדעים – מחסור עתידי במורים

לשם בחינת מגמות שינוי במספרי מורים המלמדים מתמטיקה ומדעים, נבדק מספר המורים למדעים בחטיבות העליונות בין השנים 2002 ו-2012, ושיעורם ביחס לכלל המורים (לא כולל מורים בבתי ספר חרדים). מהממצאים נראה כי שיעור המורים למדעים נשאר יציב לאורך השנים, למעט במקצוע המתמטיקה שם ניכרת עלייה בשעורי המורים.

לוח 1: מגמות במספרי המורים שלימדו מתמטיקה ומדעים בחטיבות העליונות ושיעורם מכלל המורים ב-3 נקודות זמן<sup>1</sup>:

מתמטיקה	ביולוגיה	פיזיקה	כימיה	
4038 (11%)	1500 (4%)	872 (2%)	758 (2%)	2002
4442 (12%)	1497 (4%)	830 (2%)	681 (2%)	2007
5628 (15%)	1701 (4%)	1071 (3%)	698 (2%)	2012

מעניין לציין כי בחלוקה לזרמי החינוך השונים (חינוך ממלכתי-עברי, ממלכתי-דתי וממלכתי-ערבי) מתקבלות תמונות שונות:

לוח 2: מספרי מורי מתמטיקה ומדעים בחלוקה למגזר ב-2002 וב-2012:

מספרי מורים								פיקוח
כימיה		פיזיקה		ביולוגיה		מתמטיקה		
2002	2012	2002	2012	2002	2012	2002	2012	
472	352	543	589	971	934	2575	3143	ממלכתי-עברי
91	61	147	197	298	367	881	1388	ממלכתי-דתי
195	285	182	241	231	400	582	1097	ממלכתי-ערבי

מתוך הלמ"ס, 2013, לוח 6.

**בחינוך הערבי** מספר המורים עלה בכל המקצועות; **בחינוך הממלכתי-עברי** נרשמה עלייה במספר המורים במקצועות המתמטיקה והפיזיקה, ואילו בכימיה וביולוגיה ניכרת ירידה. **בחינוך הממלכתי-דתי** יש ירידה במספר מורי הכימיה ועלייה במספרי המורים בשאר המקצועות (הלמ"ס, 2013).

סוגיה נוספת הקשורה למצב הוראת המדעים בישראל מתייחסת ל**גילאי המורים**. בחינת סוגיה זו מצביעה על מגמה ברורה של עלייה בגיל הממוצע, וזאת לצד מיעוט במורים חדשים וצעירים המצטרפים לתחום. כלומר, חל גידול בשיעור המורים המבוגרים במקצועות המתמטיקה והמדעים, והצטמצם שיעור המורים הצעירים (הלמ"ס, 2013; וייסבלאי, 2012). נתונים מסקרים נוספים שנעשו על מורי הפיזיקה (מני-איקן ורוזן, 2012) ועל מורי המתמטיקה (מעגן, 2011) מציינים תמונה דומה.

בין השנים 1996-2012 עלה גילם הממוצע של המורים בכל המקצועות (פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ומתמטיקה) ובכל המגזרים, כאשר ככלל במגזר הערבי ממוצע הגיל נמוך יותר (הלמ"ס, 2013). ב-2012 נע ממוצע גילאי המורים:

❖ בחינוך הממלכתי-עברי מכ-47 שנים (במתמטיקה) עד כ-51 שנים (בפיזיקה ובכימיה), זאת לעומת שנת 1996, אז נע הממוצע בין כ-43 שנים לכ-45 שנים (בפיזיקה).

<sup>1</sup> מספרי המורים לקוחים מתוך הלמ"ס, 2013, לוח 6. מספר המורים הכללי בחטיבות העליונות לקוח מהלמ"ס, 2012, לוח 8.17; הלמ"ס, 2008, לוח 8.34; הלמ"ס (ללא תאריך א); הלמ"ס (ללא תאריך ב). ממספר המורים הכללי הופחת מספר המורים החרדים וממספר זה חושב שיעור מורי המדעים.

❖ בחינוך הערבי, בין כ-39 שנים (במתמטיקה) ל-42 שנים (בפיזיקה), וב-1996 נע בין כ-35 (בפיזיקה) לכ-36 בשאר המקצועות (הלמ"ס, 2013, לוח 3).

גם ממוצע גילאי המורים המלמדים מדעי המחשב ומקצועות טכנולוגיים עלה בין השנים 2009-1999 בכל המגזרים (וייסבלאי, 2012).

בנוסף, במתמטיקה בחינוך הממלכתי-עברי עלה שיעור המורים המבוגרים (מעל גיל 53) מ-37.5% ב-1996 ל-49.2% ב-2012. לעומת זאת שיעור המורים מתחת לגיל 40 ירד מ-33.3% ב-1996 ל-25.2% ב-2012.

דוגמה נוספת מתייחסת למורי הפיזיקה בחינוך הממלכתי-עברי – שיעור המורים מעל גיל 53 עלה מ-20.9% ב-1996 ל-46% ב-2012 ובמקביל חלה ירידה בשיעור המורים הצעירים (מתחת לגיל 40) מ-28.2% ב-1996 ל-18.2% ב-2012 (הלמ"ס, 2013, לוח 2)

מהנתונים שהוצגו עד כה ניתן ללמוד על מחסור עתידי אפשרי במורים, שכן מורים רבים יגיעו בעשור הקרוב לגיל פרישה ולא נראה כי תהיה חלופה למורים אלו מאחר שקצב ההצטרפות של מורים חדשים למערכת לא גדול מספיק. זאת לצד העובדה כי מורים חדשים רבים נושרים מהמערכת בשנות ההוראה הראשונות שלהם. לפי הנתונים, קיים כבר כיום מחסור במורים במערכת, ונראה כי הוא הולך וגדל (יוגב, 2006). על פי הערכת הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ב-2018 יחסרו כ-7700 מורים בכל מערכת החינוך (וייסבלאי, 2013). בהקשר זה ראוי לציין שתופעה זו של מחסור במורים היא אתגר עמו מתמודדים במערכות חינוך בכל העולם (אריאב, 2011).

ישנן גישות שונות בספרות המחקרית בנוגע לסיבות להיווצרות הבעיה של מחסור במורים. קיימת טענה כי מחסור זה קשור לירידה במעמדו של מקצוע ההוראה, ונובע מירידה בכוח אדם איכותי ומתאים הפונה למקצוע ההוראה. סברה נוספת מדגישה, כאמור, את אחוזי הנשירה הגבוהים של המורים, בפרט המורים החדשים. ממחקרים שונים עולה כי 50% מהמורים נושרים בחמש השנים הראשונות לעבודתם בהוראה. על פי גישה אחרת מחסור בכוח אדם איכותי בהוראה נובע מנשירה כתוצאה מטיבם ומאופיים של ההכשרות והמסלולים ההתפתחותיים העומדים בפני המורים שלעיתים אינם הולמים את צרכיהם (אבן ולסלוי, 2010).

## **עמדות הציבור כלפי מקצוע ההוראה – יחס חיובי יחסית להוראת מתמטיקה ומדעים**

נטען רבות כי מעמד המורה בישראל נמצא בשפל ואינו זוכה להכרה וליוקרה חברתית. תוצאות סקר שנערך בקרב הורים לתלמידים בחינוך הממלכתי הצביעו על כך שמקצוע ההוראה נתפס כמקצוע חשוב ביותר ומדורג לאחר מקצוע הרפואה. יחד עם זאת, רק 13% מההורים ימליצו לילדיהם לבחור במקצוע זה ("משמר החינוך" וגיאוקרטוגרפיה, 2005, בתוך בלס ורומנוב, 2010). בסקר נוסף, שבחן עמדות כלפי העיסוק במקצוע ההוראה, נטען כי תדמיתו של המקצוע ירוד, ומרבית הנשאלים ציינו כי לא היו בוחרים לעסוק בו או להמליץ לקרוב לעשות זאת (מכון דחף, 2012; פס ולפיד, 2012).

עם זאת, היחס להוראת מקצועות המתמטיקה והמדעים הוא חיובי יותר – מקצועות אלו נתפסים כבעלי יוקרה גבוהה יותר, וכבעלי פוטנציאל השתכרות גבוה יותר. דימויים של המורים העוסקים



במקצוע כקריירה שנייה חיובי אף יותר שכן הם נתפסים כמי שוויתרו על תנאים טובים יותר ואפשרויות תעסוקה אחרות לשם מימוש עצמי ותרומה לחברה. אך, עם זאת מעמדה של ההוראה במקצועות המדעיים אינו גבוה ביחס למקצועות שאינם הוראה (מכון דחף, 2012; פס ולפיד, 2012). בהקשר לכך, בלס ורומנוב (2010) מאתגרים את הקביעה המקובלת לגבי יוקרתם המקצועית הנמוכה של המורים, ומניחים שביישובים שרמתם הסוציו-אקונומית נמוכה, שכר המורים גבוה יחסית לשאר המקצועות, והיוקרה המקצועית של המורים תהיה גבוהה יותר מאשר ביישובים בעלי רמה סוציו-אקונומית גבוהה, אשר בהם שכר המורים נמוך בהרבה מהשכר במקצועות אחרים.

## מגמות ואתגרים – ברמת התלמיד

### מגמות שינוי בשיעור הלמידה של מתמטיקה ומדעים

לשם בחינת המגמות בלמידה של מתמטיקה ומדעים נבדק שיעור התלמידים הבוחרים בשנים האחרונות להרחיב את הלימודים במגמות המדעיות ובמתמטיקה ברמה של 5 יח"ל.

לוח 3: שיעור התלמידים הבוחרים בלימודי מתמטיקה ומדעים בהיקף של 5 יח"ל:

מתמטיקה		ביולוגיה		כימיה		פיזיקה		
2006	2009	2006	2009	2006	2009	2006	2009	
-	-	15%	19%	10%	10.5%	13%	14%	שיעור <sup>2</sup> הנבחנים בבגרות, מתוך כלל הניגשים לבגרות
14.1%	11.8%	11.8%	13.6%	7.1%	8.1%	8.5%	8.4%	שיעור <sup>3</sup> נבחנים במקצוע מוגבר מתוך כלל הלומדים

- שיעור התלמידים הניגשים לבגרות ברמה של 5 יח"ל במתמטיקה, מתוך כלל הנבחנים במתמטיקה, עמד בתשס"ז על 16%, ונשאר יחסית יציב (מוסד שמואל נאמן, 2010).

נראה כי בין השנים 2006 ל-2009 שיעור התלמידים הניגשים לבגרות במקצועות המדעיים מתוך כלל הניגשים לבגרות הינו יציב יחסית עם עליה במקצוע הביולוגיה. עם זאת שיעור הנבחנים במתמטיקה מתוך כלל הלומדים ירד.

בהמשך לכך, בלוח שלהלן ניתן לראות את שיעור בתי הספר בהם נלמדים המקצועות המדעיים בחטיבות העליונות, בשתי נקודות זמן – 1996 ו-2012 לפי חלוקה לפקות.

<sup>2</sup> מתוך מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2011  
<sup>3</sup> מתוך צמרת ואורן, 2010

לוח 4: שיעור בתי הספר בהם נלמדים המקצועות המדעיים בחטיבות העליונות ב-1996 וב-2012:

כימיה		פיזיקה		ביולוגיה		פיקוח
1996	2012	1996	2012	1996	2012	
61.3	51.2	65.5	67.9	63.81	70.54	% בתי הספר שהם נלמד המקצוע בחט"ע בפיקוח הממלכתי-עברי
43	15.7	52.7	53.5	63.29	69.6	% בתי הספר שהם נלמד המקצוע בחט"ע בפיקוח הממלכתי-דתי
72.6	71.5	72.6	69.1	70.8	73.9	% בתי הספר שהם נלמד המקצוע בחט"ע בפיקוח הממלכתי-ערבי

מתוך הלמ"ס, 2013, עמ' 5

נראה כי בין השנים 1996 ו-2012 נרשמה עלייה קלה בשיעור בתי הספר התיכוניים המלמדים ביולוגיה, במיוחד בבתי הספר הממלכתיים-עבריים והממלכתיים-דתיים. עוד נראה כי נרשמה ירידה בשיעור בתי הספר התיכוניים המלמדים כימיה, בפרט בבתי הספר הממלכתיים-דתיים. בנוסף נראה כי בבתי הספר הממלכתיים דתיים מקצועות הפיזיקה והכימיה נלמדים פחות מאשר תחת פקוחים אחרים ואילו שיעור בתי הספר הערבים המלמדים מדעים גבוה יותר.

בהמשך לכך, על פי נתונים שעולים מדוח של המזכירות הפדגוגית של משרד החינוך נראה כי אחוזי הנבחנים במקצועות המדעיים ב-2009, בחינוך הממלכתי דתי היו נמוכים יותר ביחס לחינוך הממלכתי-עברי במרבית המקצועות המדעיים למעט ביולוגיה: בפיזיקה (7.6% בממ"ד לעומת 9% בחינוך הכללי) במתמטיקה 5 יחידות לימוד (11.5% בממ"ד לעומת 13.9% בחינוך הכללי), בכימיה (2.3% בממ"ד לעומת 7.5% בחינוך הכללי) ובביולוגיה (13.7% בממ"ד לעומת 12.7% בחינוך הכללי). תחומי המדעים כמעט ואינם נלמדים בבתי הספר החרדיים (צמרת ואורן, 2010).

הפריסה הגיאוגרפית של תלמידי המדעים והמתמטיקה ברמה מוגברת מצביעה על כך ששיעור לומדי הפיזיקה, הכימיה והביולוגיה מתוך כלל התלמידים ב"ב גבוה יותר בחיפה ובצפון מאשר בשאר המחוזות. לעומת זאת שיעור לומדי המתמטיקה גבוה יותר באופן יחסי בתל אביב ובחיפה. בנוסף, שיעור לומדי פיזיקה וכימיה נמוכים יותר בירושלים ובמנח"י, שיעור לומדי מתמטיקה מורחב נמוכים יותר בדרום, וכן נמצא שיעור נמוך יותר של לומדי ביולוגיה בתל אביב (צמרת ואורן, 2010).

מעניין לציין באשר לאוכלוסיית התלמידים שאינם מרחיבים את הלמידה במקצועות המדעיים או הטכנולוגיים, כי הוחלט לשלב בתכנית הלימודים לימודי מדעים בתיכון – לימודי מוט"ב – מדע וטכנולוגיה בחברה – לכלל התלמידים מתוך רצון להקנות חינוך מדעי לכולם. זאת בעקבות המלצות הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי אשר הובאו בדוח "מחר 98" ב-1992. עם זאת, בניגוד להמלצות, כיום אין חובת לימודי מוט"ב בחטיבות העליונות. בנוסף לכך, גם לימודי המדעים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה) אשר לפי תכנית הלימודים אמורים להילמד בכיתה י' בהיקף של 9 שעות שבועיות, אינם נלמדים בפועל בחלק ניכר מבתי הספר (גולדשמידט, 2010).

## לימודי המדעים בחטיבות הביניים – לומדים מעט ובעיקר ביולוגיה

הבחירה של התלמיד ללמוד מקצוע מדעי לבגרות נעשית בתום ההתנסות שלו בלימודי המדע בחטיבת הביניים. לפיכך, חשוב להבין ולדעת מה טיבו של חינוך זה בחטיבת הביניים.

בעקבות המלצות הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי מתוך דוח "מחר 98" ב-1992, הוחלט ליישם בחטיבות הביניים מקצוע משולב ובין תחומי של מדע וטכנולוגיה בהיקף של 6 שעות לימוד שבועיות, בו ילמדו יחדיו המקצועות המדעיים באופן אינטגרטיבי ולא כל מקצוע בנפרד.

בפועל, ועל אף ההמלצות, כיום נלמדות בחטיבת הביניים לכל היותר 4 שעות שבועיות, כאשר במרבית המקרים מדובר אף בפחות מכך (גולדשמידט, 2010; פורטס, מועלם ולוי נחום, 2009).

מתוך נתונים על שיעור לימודי המדעים בישראל ביחס לשיעור הלימודים במדינות ה-OECD מ-2009, נראה כי בחטיבות הביניים בישראל (גילאי 12-14) לומדים יחסית פחות מדעים: 10% מכלל שעות החובה לעומת 12% במדינות ה-OECD. לעומת זאת, שיעור לימודי המתמטיקה גבוה במעט בישראל מאשר במדינות ה-OECD – 14% לעומת 13% (קלינוב, 2011).

עוד עולה כי בעוד שבמדינות ה-OECD (ב-2007) לימודי המדעים מתמקדים בתחומי ביולוגיה (28%), פיזיקה (27%) וכימיה (24%), בישראל – 53% מלימודי המדעים מוקדשים לתכנים מתחום הביולוגיה. התמקדות זו בביולוגיה באה על חשבון לימודי הפיזיקה, המהווים רק 15% מהתכנים, וכן על חשבון מדעי כדור הארץ הנלמדים גם הם בשיעור נמוך מהממוצע הבינלאומי (נחמיאס וזוזובסקי, 2009).

נתונים אלו באים לידי ביטוי גם בביקורת העולה מדו"ח הבוחן את רפורמת "מחר 98" על אופן יישומו של השילוב בין המקצועות השונים בלימודי המדעים בחטיבת הביניים. מהדו"ח עולה כי בפועל, במרבית המקרים, לימודי המדעים בחטיבות הביניים אינם נלמדים כלימודי מדע וטכנולוגיה, אלא ההוראה היא דיסציפלינרית (על פי ההכשרה של המורה) ומוקד הידע הוא מדעי (פורטס ואחרים, 2009). ביקורת זו משתקפת גם בדבריו של פרופ' גלילי בעת תפקידו כיו"ר ועדת המקצוע בפיזיקה. לדבריו מרבית מורי המדעים בחטיבות הביניים הם בעלי רקע והכשרה בביולוגיה, דבר המקשה על מימוש לימודי מדעים אינטגרטיביים (גולדשמידט, 2010).

לפיכך נראה כי החשיפה של תלמידי חטיבת הביניים לתחומי המדעים השונים היא לרוב חלקית ומצומצמת ויש לשער שיש לכך השפעה על שיעור הבוחרים ללמוד מקצועות אלו כמגמות מורחבות לבגרות.

## הישגים

שיעור התלמידים במקצועות המדעיים (פיזיקה, כימיה וביולוגיה) הנלמדים ברמה של 5 יח"ל, והעוברים את בחינות הבגרות, גבוה ועומד על 97% ומעלה בשלושת המקצועות. בנוסף, כמחצית מהתלמידים או יותר מסיימים את הבחינות ברמה של 5 יח"ל בהצטיינות, משמע בציון של 85 ומעלה (גולדשמידט, 2010).

מבחני המיצ"ב ומבחנים בינלאומיים כמו PISA<sup>4</sup> ו-TIMSS<sup>5</sup> הנערכים אחת לכמה שנים ומתמקדים, בין השאר, בתחומי המתמטיקה והמדעים נותנים תמונת מצב על הישגי התלמידים בישראל, וכן מאפשרים השוואה למדינות אחרות בעולם.

מתוצאות מבחני PISA מ-2009 ניתן לראות כי ישראל נמצאת מתחת למוצע ה-OECD הן במתמטיקה והן במדעים, וניצבת בשני התחומים במקום ה-41 מתוך 64 מדינות שהשתתפו במבחן. בנוסף לכך, עולה כי בשני תחומי התוכן אחוז התלמידים הנמצאים ברמות הבקיאות הגבוהות (4% במדעים ו-6% במתמטיקה) נמוך מהאחוז במדינות ה-OECD, ואילו אחוז התלמידים ברמות הבקיאות הנמוכות (33% במדעים ו-39% במתמטיקה) גבוה מאשר במדינות אלו. עם זאת, חשוב לציין כי בין השנים 2003 ל-2009 חלה עלייה מסוימת בהישגי התלמידים (ראמ"ה, 2010).

במבחני TIMSS מ-2011 נרשמה עלייה<sup>6</sup> בהישגים של ישראל הן במתמטיקה והן במדעים, כאשר הציון בשני תחומי התוכן היה גבוה מהציון הממוצע בקרב המדינות המשתתפות, וישראל מוקמה במקום ה-7 במתמטיקה ובמקום ה-13 במדעים מתוך 42 המדינות שהשתתפו. ככלל, בעשור האחרון נרשמה עלייה בציונים במבחן זה, למעט במבחן שנערך ב-2007 בו ניכרה ירידה משמעותית הן במתמטיקה והן במדעים מהציונים שהתקבלו ב-2003. כמו כן, נרשמה עלייה בשיעור התלמידים המצויים בשתי רמות הבקיאות הגבוהות, לצד ירידה בשיעור התלמידים המצויים בשתי רמות הבקיאות הנמוכות (ראמ"ה, 2011).

לצד זאת, הן מבחני המיצ"ב והן המבחנים הבינלאומיים מצביעים על פערים גדולים הקיימים בישראל הן בין דוברי הערבית והעברית, כאשר דוברי העברית בעלי ציונים גבוהים יותר, והן בין תלמידים ממעמד סוציו-אקונומי שונה (מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2011; ראמ"ה, 2010).

## הפער המגדרי – פוטנציאל לא ממומש

אחד האתגרים העולים בהקשר ללימודי המדעים ולעיסוק במקצועות מדעיים, טכנולוגיים והנדסיים נובע מהפער המגדרי. חלק מהמקצועות המדעיים ובפרט פיזיקה, מתמטיקה והנדסה, נתפסים (עדיין) כמקצועות גבריים, זאת בעוד שמקצועות כמו ביולוגיה וכימיה נתפסים כמתאימים יותר לנשים (המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, 2012; לוטן, 2005).

<sup>4</sup> מבחני PISA נערכים על ידי ארגון ה-OECD לתלמידים בני 15 ובודקים אוריינות בקריאה, מתמטיקה ומדעים. המבחן בוחן יכולת יישום, ניתוח ופרשנות במגוון מצבים. המבחן נועד להבין באיזו מידה התלמידים רכשו כלים לחשיבה ולהבנה אשר יספקו להם בסיס להתמודדות עם הסביבה בחייהם הבוגרים (ראמ"ה, 2010). למידע מפורט: <http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Rama/MivchanimBenLeumiym/OdotPisa.htm>

<sup>5</sup> מבחן TIMSS נערך אחת לארבע שנים על ידי הארגון הבינלאומי להערכת הישגים בחינוך (IEA) לתלמידי ד' ו-ח' (בישראל נבחנים רק תלמידי כיתות ח'). המבחן נועד לבדוק ידע במתמטיקה ובמדעים ואת ההקשר החינוכי של הוראתם (ראמ"ה, 2011). למידע מפורט: <http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Rama/MivchanimBenLeumiym/OdotTIMSS.htm>

<sup>6</sup> ראוי לציין, כי יש המסתייגים מהשוואה בין תוצאות המבחן ב-2007 והמבחן ב-2011, שכן בין השנים שיטת תרגום המבחן השתנתה דבר שיכול לפגוע בטיב השוואה (ראה למשל: <http://www.haaretz.co.il/news/education/1.1886456>). בנוסף, שנת 2007 נתפסת כחריגה בהקשר זה, שכן בתחילתה התקיימה שבידת מורים ארוכה שבגינה הלימודים בחטיבות הביניים לא התנהלו כמתוכנן וכן לא התקיימה בחינת המיצ"ב (ראמ"ה, 2011).

בין השנים 1994 ו-2008 עלה מספר הנשים המסיימות תארים אקדמאים בתחומי המדע וההנדסה, אך שיעורן מקרב כלל מסיימי התארים במקצועות אלו כמעט ולא השתנה ועומד על כ-35%. עם זאת, שיעור הנשים המועסקות במחקר ובפיתוח במגזר העסקי בתחומים אלו הוא 25% בלבד בממוצע בין השנים 1999 ל-2006 (מוסד שמואל נאמן, 2010). בשוק העבודה נשים מאיישות חלק קטן ממקצועות ההייטק, ובפרט ממקצועות ההנדסה (המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, 2012).

הפער המגדרי מקבל ביטוי גם בשיעור הניגשים לבחינות הבגרות. על פי נתונים של משרד החינוך בשנת תשס"ח מספרן של הבנות שניגשו לבגרות מוגברת במקצועות ריאליים היה קטן ב-50% ממספרם של הבנים שנבחנו במקצועות אלו. עוד עולה כי במקצוע המתמטיקה ניגשו לבחינת הבגרות ברמה של 5 יח"ל 5,337 בנות לעומת 13,347 בנים – הבנות היוו כ-29% מכלל הנבחנים. למרות הפער המספרי, הציון הממוצע של הבנות והבנים כמעט זהה ועומד על כ-85. גם מבחינת התפלגות הניגשים לבחינה במתמטיקה, על פי יחידת הלימוד, ניכר כי שיעור הבנות הניגשות לבחינה ברמה של 5 יח"ל (כ-15%) נמוך משיעור הבנים הניגשים לבחינה ברמה זו (21%) (בכר, 2012).

גם במקצוע הפיזיקה קיים פער בין שיעור הבנות והבנים. בשנת תשס"ח הבנות היוו כ-34% מהניגשים לבחינת הבגרות בפיזיקה – 2645 בנות לעומת 5162 בנים, כאשר גם במקרה זה ממוצע הציונים כמעט זהה ונע בין 84 (ממוצע הבנים) לכ-85 (ממוצע הבנות) (בכר, 2012). גם נתונים נוספים מצביעים על כך שהן ב-2001 והן ב-2010 יש רוב של בנים במגמות הפיזיקה (מסיימי בגרות ברמה של 5 יח"ל) – 71% ב-2001 ו-65% ב-2010. על אף הפערים ניתן לראות כי קיימת עלייה של 6% בשיעור הבנות במגמת הפיזיקה ב-2010 (מני-איקן ורוזן, 2012).

עוד עולה, כי בעוד שבמקצועות המתמטיקה, הפיזיקה ומדעי המחשב ברמה מוגברת שיעור הלומדים הבנים מקרב כלל הלומדים בי"ב גבוה מזה של הבנות, במקצועות הכימיה והביולוגיה שיעור הנבחנות הבנות מכלל הלומדים גבוה מזה של הבנים (צמרת ואורן, 2010):

**לוח 5: אחוזי נבחנים במקצועות המדעיים מתוך כלל תלמידי י"ב (2009) בחלוקה מגדרית**

מדעי המחשב	ביולוגיה	כימיה	פיזיקה	מתמטיקה 5 יח"ל	אחוז נבחנים מתוך כלל תלמידי י"ב
8.8%	10.4%	6.4%	11.6%	13.1%	בנים
3.6%	16.5%	9.6%	5.6%	10.7%	בנות

מתוך: צמרת ואורן, 2010, עמ' 19

ניכר כי הפער המגדרי המשתקף בלימודי הפיזיקה אינו תופעה מקומית וקיים גם במדינות נוספות כמו ארצות הברית ומדינות שונות באירופה (Neuschatz, McFarling & White, 2008; Zohar & Bronshtein, 2005). זוהר וברונשטיין (Zohar & Bronshtein, 2005) טוענים כי יש חשיבות לצמצום הפער, כי מקצוע הפיזיקה (ומקצועות המדעים והמתמטיקה ככלל) מהווה בסיס קבלה למקצועות יוקרתיים ובעלי שכר גבוה, ולכן מהווה הפער חסם בפני אפשרויות תעסוקה של נשים בעתיד. בנוסף, מאחר וקיים חשש ממחסור באנשי מקצוע בתחומי המדעים וההנדסה (כפי שצוין קודם לכן), מיעוט של נשים בתחום מגביל את פוטנציאל הצמיחה והגידול של תחומים אלו.

מהספרות עולות גישות שונות לגבי הסיבות המובילות לפערים מגדריים אלו. נראה כי חלק משמעותי מהסיבות לפער המגדרי נובע מסוציאליזציה וסטריאוטיפים (Zohar, 2006). בהקשר לכך עולה טענה כי בלימודי מתמטיקה ומדעים, למורים יש ציפיות נמוכות יותר מהבנות מאשר מהבנים וקיימת הפלייה לטובה כלפי הבנים. בהמשך לכך נטען כי מורים נוטים להפגין יחס שונה בכיתה – בנות זוכות ליחס סלחני יותר ואילו בנים זוכים לעידוד ולדברון, ויש ניסיון לכוון אותם לפתרון הנכון גם כשהם טועים (בכר, 2012). כמו כן, האווירה התחרותית הנהוגה בכיתות המדעים ושיטות הלימוד שאינן מעודדות הבנה מעמיקה – מתאימות פחות לבנות (Zohar & Sela, 2002). טענה נוספת היא כי בנות מצליחות יותר כאשר בכיתה לומדות בנות רבות, וקיימת אווירה שבה מעודדים כל אחד להביע את דעתו וניתן משוב קונסטרוקטיבי (בכר, 2012). עוד נמצא כי ביטחון העצמי של בנות בנוגע להצלחה בתחומי המתמטיקה והמדעים, ייחוס הצלחותיהן בתחומים אלו ליכולת ולא רק למאמץ או לקלות המשימה והתמיכה החברתית והמשפחתית לה הן זוכות עשויים להיות גורמים חשובים בבחירתן להעמיק בלימודי המתמטיקה והמדעים (זורמן וודיד, 2000).

### **עמדות התלמידים – ערך תועלת גבוה למתמטיקה ונמוך יותר ללימודי מדעים**

במסגרת מבחני ה-TIMSS נבדקות עמדות התלמידים הנבחנים לגבי מקצועות המדעים והמתמטיקה תוך דגש על מידת יחסם החיובי למקצוע ואהבת המקצוע, על הערך התועלת שמייחסים התלמידים למקצועות ועל מדד הביטחון העצמי כלומד.

מדד היחס החיובי ואהבת המקצוע מתייחס לאהבת המקצוע, להנאה מלמידת המקצוע, לעניין ולשעמום מהמקצוע (נחמיאס וזוזובסקי, 2009; Mullis, ; 2009; Martin, Mullis, Foy & Stanco, 2012). מהמבחנים שנערכו ב-2007 ניתן לראות כי כמחצית מהתלמידים בישראל נמצאים ברמה הגבוהה של היחס החיובי הן כלפי מקצוע המתמטיקה והן כלפי מקצועות המדעים. אך בעוד שהיחס של התלמידים בישראל כלפי מקצוע המתמטיקה דומה לשאר המדינות הנבחנות, היחס למקצועות המדעיים חיובי פחות (ממוצע בינלאומי של 65% ברמה הגבוהה לעומת 51% בישראל). יחס חיובי יותר ניכר בקרב דוברי הערבית מאשר בקרב דוברי העברית, הן כלפי מקצוע המתמטיקה והן כלפי מקצוע המדעים (נחמיאס וזוזובסקי, 2009). במבחנים שנערכו ב-2011 נמצא כי 26% מהתלמידים, גם בישראל וגם בשאר המדינות, מפגינים יחס חיובי כלפי המתמטיקה ואוהבים ללמוד את המקצוע (Mullis et al., 2012). בנוסף, בישראל 29% מהתלמידים אוהבים את לימודי המדעים בעוד שהממוצע הבינלאומי עמד על 35% (Martin et al., 2012).

ברמה הבינלאומית ישנו קשר חיובי בין יחס חיובי למקצוע המתמטיקה לבין הישגים במבחן. בישראל נמצא קשר מתון בקרב דוברי העברית וקשר חזק יותר בקרב דוברי הערבית (נחמיאס וזוזובסקי, 2009).

מבחינת עמדות התלמידים במסגרת מבחני PISA ב-2006 עולה כי בעוד שהתלמידים בישראל רואים חשיבות בקידום המחקר המדעי בכלל, הם מעידים על מוטיבציה נמוכה ללימודי מדעים, וכן עניין והנאה מועטים מלימודים אלו (גולדשמידט, 2010).

הערך התועלתי של לימודי המתמטיקה והמדעים כפי שנבדק במבחני TIMSS מתייחס למידה בה התלמיד מעריך שמקצועות אלו יסייעו לו בחיי היום יום ובמקצועות אחרים בבית הספר, וכן עד כמה הוא בעל מוטיבציה להצליח במקצועות אלו על מנת להתקבל לאוניברסיטה או להשתלב במעגל העבודה בתחום. מבחינת עמדות התלמידים בהקשר זה ב-2007 נראה כי התלמידים מייחסים ערך תועלתי גבוה למקצוע המתמטיקה, ולמעשה רואים בו מקצוע יוקרתי המהווה בסיס לקבלה לאוניברסיטה ולמציאת תעסוקה. בישראל 77% מהתלמידים נמצאים ברמה הגבוהה של המדד, משמע תופסים את המקצוע כבעל תועלת. התפלגות המדד דומה בין ישראל והממוצע הבינלאומי (78% ברמה הגבוהה). לעומת זאת, במדד הערך התועלתי של לימודי המדעים, 49% מהתלמידים בישראל נמצאים ברמה הגבוהה של המדד לעומת 66% בממוצע הבינלאומי. כמו כן, קיים פער גדול בין דוברי הערבית ודוברי העברית, כאשר דוברי הערבית תופסים את המקצועות המדעיים כבעלי ערך תועלתי רב (73% ברמה הגבוהה) (נחמיאס וזוזובסקי, 2009). גם ב-2011 תופסים בישראל את מקצוע המתמטיקה כחשוב ובעל תועלת (61% לעומת 46% בממוצע הבינלאומי) (Mullis et al., 2012), לעומת זאת, הערך התועלתי של מקצועות המדעים נמוך יותר (37%) וכן נמוך מהממוצע הבינלאומי (41%) (Martin, et al., 2012).

כאמור במבחנים אלו נבדק גם מדד הביטחון של התלמידים בנוגע למקצועות המתמטיקה והמדעים הכולל דיווח של התלמיד על תחושת הצלחה, תחושה לגבי הצלחתו ביחס לילדים אחרים בכתה, קושי של המקצוע לעומת מקצועות אחרים וכדומה. נראה כי הביטחון של התלמיד הישראלי גבוה מהממוצע הבינלאומי הן במתמטיקה (31% בישראל ברמה הגבוהה לעומת 14% ממוצע בינלאומי) והן במדעים (33% בישראל ברמה הגבוהה לעומת 20% ממוצע בינלאומי) (Martin et al., 2012; Mullis et al., 2012).

לאור מגמות השינוי בהוראת המדעים והאתגרים הניצבים בפני תחום זה בישראל כפי שהוצגו לעיל, חלק זה יעסוק במנופים לשינוי – כיוונים אפשריים לשינוי ושיפור הוראת ולימודי המדעים בישראל בהתבסס על הספרות המחקרית ומומחים בתחום. מנופי השינוי יוצגו תוך התייחסות לרמה המערכתית, רמת המורה ורמת התלמיד.

### מנופים לשינוי ברמת המערכת

מאחר וישנם גורמים וגופים רבים המשפיעים על לימודי והוראת המתמטיקה והמדעים בישראל ומעורבים בקביעת אופיים, כמו משרד החינוך, האוניברסיטאות, רשויות מקומיות, ארגוני מגזר שלישי וכן הלאה, יש המציעים על שיתוף פעולה מובנה בין גופים שונים וקביעת יעדים משותפים. כך לדוגמה, מציע אלי הורביץ, כי יש ליצור הסכמה רחבה בין גופים שונים לגבי החזון, היעדים והמדדים של הוראת המדעים והמתמטיקה. יש לקיים שיתופי פעולה מבוססי חזון בהיר והסכמה על דרכים למדידת ההתקדמות לעבר היעדים. לקיומם של כל אלו נדרשת ההכרה של כל גוף כי לא יוכל לשנות את התמונה לבדו, אלא רק באמצעות שיתופי פעולה בין פעולות של הגופים השונים.

בהקשר לכך מצביע פרופ' גלילי על החשיבות בהקמת גוף מערכתי מתאם העוסק בניווט, עידוד ופיתוח של הוראת המדעים בבתי הספר ובמסגרות להכשרת מורי המדעים. גוף זה יתאם ויתווך בין השטח – החינוך המדעי בבתי הספר ובין האקדמיה, בין החוקרים בתחום הוראת המדעים ובין משרד החינוך וכן בין החוקרים במחלקות השונות. הוא ירכז את הידע הנצבר מהמחקרים השונים הנערכים בתחום, וכן ירכז את השיח הציבורי בהקשר להוראת המדעים ויצביע על כיוונים לשינוי ופיתוח של תכנים לימודיים בבתי הספר. הגוף יוכל לרכז רעיונות חדשים העולים מהמחלקות להוראת המדעים ולהפנות המלצות ליישום אל משרד החינוך.

### מנופים לשינוי ברמת המורה

#### הכשרה מקצועית

כחלק מההתמודדות עם המחסור ההולך וגדל במורים קמו יוזמות שונות, הן של משרד החינוך והן של עמותות, למשיכת כוחות הוראה חדשים וכן להסבת אקדמאים ואנשי הייטק למקצוע ההוראה (אבן ולסלוי, 2010).

מהספרות עולה כי הגברת כוח המשיכה של מקצוע ההוראה קשור בשלל גורמים שיש לתת עליהם את הדעת, ביניהם שיפור תנאי העבודה וסביבתה, סיפוק אתגר בעבודה, העלאת מעמד המורה וכן פיתוח מסלולי הכשרה איכותיים (אבן ולסלוי, 2010; כפיר ואריאב, 2008). נראה כי

---

<sup>7</sup> פרק זה נכתב בהסתמך על סקירה ספרותית וראיונות עם מומחים בתחום של הוראת המדעים אשר רואיינו במיוחד לשם כך (על פי א"ב): פרופ' בת שבע אלון, ראש המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן; פרופ' יגאל גלילי, ראש החוג להוראת המדעים ומנהל המרכז להוראת המדעים באוניברסיטה העברית; פרופ' ענת זוהר, בית הספר לחינוך, האוניברסיטה העברית, לשעבר יו"ר המזכירות הפדגוגית; וד"ר אבי פולג, מנהל המכון למצוינות בהוראה, המרכז הישראלי למצוינות בחינוך. כמו כן שולבו כתביו של מר אלי הורביץ, מנכ"ל קרן טראמפ.



קיימת הסכמה בקרב העוסקים בהוראת המדעים, כי הבסיס המקצועי-דיסציפלינארי של חלק ממורי המדעים והמתמטיקה בתום הכשרתם, אינו חזק דיו. פרופ' גלילי אף טוען כי לא ניתן להשלים את הפער הקיים בקרב המורים בנוגע לתחום הדעת באמצעות השתלמויות או באמצעות תעודת הוראה. אחת הדרכים המוצעות להכשרת כוחות הוראה חדשים ואיכותיים בעלי בסיס מקצועי דיסציפלינארי רחב הינה הכשרת המורים בלימודי תעודה שיהוו לימודים לתואר שני בהוראה, כך שמרבית העוסקים בהוראה יהיו כבר בעלי רקע אקדמאי ובעלי ידע דיסציפלינארי נרחב (אריאב, 2011). גלילי מציע לפתח מסלול הכשרה ייחודי למורים למדע ולמתמטיקה במסגרת תואר שני במחלקות הדיסציפלינאריות המתאימות של האוניברסיטאות אשר יסמך מורים בעלי ידע תוכני מספק וייחודי שניתן לקרוא לו ידע תכני-תרבותי. ידע זה יאפשר למורים ללמד מדע כחלק מההשכלה הכללית הנדרשת לכל תלמיד בדרך להפיכתו לאזרח העתיד. מסלולים אלו יכללו גם קורסים בהיסטוריה ובפילוסופיה של המדע כמו גם הבנה של מבנה הידע, כפי שנבנה במחקרים בהוראת המדעים בשנים האחרונות. פרופ' בת שבע אלון מוסיפה כי כיום במסגרת הכשרת מורים לרוב קיימת הפרדה בין קורסים בתחום התוכן לבין קורסים בתחום הפדגוגיה ומבנה הידע, כאשר מצפים מהמורים לעשות בעצמם את הקישור בין התחומים. לטענתה, יש לבנות קורסים בהם התחומים כבר משולבים במסגרת ההכשרות בכדי לאפשר למורים לסיים את ההכשרה עם ידע מקצועי המותאם לצרכי השטח.

רעיון נוסף למסלול הכשרת מורים הינו במודל ההתמחות. כיום קיימות בעולם הכשרות מורים המאמצות מודל בו ניתן דגש על הכשרה מעשית תוך שימוש במודל ההתמחות ( Residency Model). הכשרה זו מאמצת שני עקרונות הפועלים במקביל: למידת עמיתים שיתופית, וליווי צמוד על ידי מורה-אמן, מנטור. המנטור מעניק למתמחה ליווי פדגוגי המסייע לו להתמודד עם הקשיים ולהשתלב במקצוע. תהליך ההתמחות עשוי לעזור גם להתגבר על נשירה מוקדמת של מורים חדשים בשנותיהם הראשונות במקצוע (ראה למשל: <http://www.utrunited.org>).

## פיתוח מקצועי

פיתוח מקצועי של מורים ותיקים, כמו גם מורים חדשים, מהווה אתגר למערכת החינוך מראשיתה. בהתייחסות למסלולי התפתחות והכשרות אפקטיביות עבור מורי המדעים, נמצאו בספרות מספר מאפיינים מרכזיים שיש לתת עליהם את הדעת, ביניהם התמקדות בחומר מדעי ספציפי במהלך ההכשרה, שיתוף אקטיבי של המורים במהלכה והתאמת ההכשרה למדיניות ולפרקטיקות הנהוגות בבית הספר. על ההכשרות להתאפיין בחדשנות, להתמקד בחומרי לימוד שיעניינו ויאתגרו את המורים, לאפשר התנסות בלמידת חקר ולהציג מודלים שונים של למידה כזו וכן לקחת בחשבון את תחושת הרווחה הפיזית והנפשית של המורים המשתתפים ( Wilson, 2013).

בנוסף, בנושא של השתלמויות מורים לצורך פיתוח מקצועי בתחומי המדעים והמתמטיקה טוען ד"ר אבי פולג כי יש לשים דגש על השתלמויות והדרכה ארוכות טווח, שיכללו גם התייחסות לתוכן הדיסציפלינארי אך גם לתפיסה הפדגוגית של המורים תוך מתן הזדמנות למורים לחקור, לדון, להתנסות ולחוות בעצמם את מה שהם מתעתדים ללמד. כחלק מאותה הכשרה משמעותית ומתמשכת יש לפתח קהילה מקצועית תומכת ויציבה וללוות את המורים בשטח לאורך זמן. הדבר

משמעותי במיוחד כאשר מדובר במורים חדשים אותם יש לקדם באופן מתמשך, וכן לראות את המורים ככלל כשותפים בתכנון ובקבלת החלטות פדגוגיות (כפיר ואריאב, 2008). בהקשר לכך גורסת אלון כי קהילת מורים פדגוגית חזקה יכולה לשמש גרעין וכתובת להתייעצות ולהתפתחות מקצועית אליו יוכלו להצטרף מורים חדשים. למעשה, היא טוענת כי השקעה במורים ותיקים היא בפועל גם השקעה במורים חדשים. על פי אלון, קהילות מורים, ממלאות עבור המורה תפקיד משמעותי בקיום קבוצת התייחסות, החלפת רעיונות והתנסויות, רכישת ידע פרקטי ולמידה משותפת. במסגרת הקהילות, ניתן לעבוד על הוראה ממוקדת תלמיד, למידה לשם הבנה, פיתוח סקרנות וטיפוח לומד עצמאי. לפי אלון, עדויות מקהילות המתקיימות בישראל מצביעות על מוטיבציה גבוהה והתלהבות של המורים לקחת חלק בקהילות מקצועיות גם על חשבון זמנם הפנוי וגם ללא תגמול וניכר כי גם התלמידים חשים בשינוי שחל במורים. במסגרת זו, מצביעה אלון על מחסור גדול במורים מנחים-מובילים שיוכלו לעבוד עם קהילות המורים ולהנחות אותן. לטענתה יש למפות את כמות המורים המובילים הנדרשים ולהכשיר אותם למשל באמצעות הקמת חממות בהן יוכלו לשבת יחד ולפתח את המנהיגות המקצועית שלהם בדרכים שונות. קהילות אלו יהיו חלק מהתפתחות מתמדת וארוכת טווח של המורה.

אמצעי נוסף לפיתוח מקצועי אליו מתייחסת פרופ' זוהר הוא הרחבתם של ימי ההדרכה הקיימים במערכת. ימי הדרכה אלו מאפשרים הלכה למעשה ליווי של מורים באמצעות הנחייה פרטנית בשטח המותאמת לצרכי כל מורה בהתייחסות לאוכלוסיית תלמידיו.

## **גיוס כוח אדם מקצועי**

מעבר לדגש על הכשרות ופיתוח מקצועי של מורים המלמדים בפועל, מצביעה פרופ' זוהר על אוכלוסייה פוטנציאלית להתמודדות עם המחסור המסתמן במורים למדעים. זוהר מציעה לפנות לאוכלוסייה בגילאים מבוגרים יותר שעובדים בתעשייה ובמקביל ירצו להשתלב בחלקיות משרה גם בהוראה או כאלו הרוצים לפנות לפרק ב' בקריירה ולעשות הסבה מקצועית. לטענתה, יש להציע לאנשים המתאימים חבילה "אטרקטיבית" ולמשוך אותם דרך מוטיבציה פנימית, תוך התייחסות לאידיאלים ודגש על יכולתם שלהם לסייע לשקם את העתיד המדעי-טכנולוגי של מדינת ישראל. יש לספק להם הכשרה מתאימה ולהכניסם להוראה בתהליך הדרגתי, כאשר לאחר כשנתיים יוכלו ללמד כיתת מדעים במשרה חלקית ובקביל לעבודה בתעשייה. לשם כך, נדרשת ההבנה כי העסקה במשרה מלאה אינה מתאימה תמיד ובמקרה זה ניצול מיטבי של כוח אדם מקצועי והמענה על המחסור במורים דורש אפשרויות תעסוקה בחלקיות משרה במקביל לעבודה נוספת עם שכר גבוה יותר.

## **מנופים לשינוי ברמת התלמיד**

### **שיטות וחומרי לימוד להרחבת מעגל הלומדים**

במטרה להרחיב את מעגל הלומדים, יש המציעים לנקוט בשיטות לימוד מגוונות וכן פיתוח חומרי לימוד חדשניים אשר מהווים אלטרנטיבה ללמידה מסורתית ועשויים להתאים לאוכלוסייה

הטרוגנית יותר, ליצור עניין, סקרנות ועמדות חיוביות כלפי המדעים ובכך למשוך תלמידים נוספים.

אחת הגישות שעשויה לתרום להרחבת מעגל הלומדים ובפרט להתמודד עם הפער המגדרי, נוגעת לשינוי פדגוגי בלימודי המדעים והמתמטיקה המתבססת על **מודל של Connected knowledge**. למידה המתמקדת בהבנה מעמיקה של החומר, הבניית הידע תוך קשירה בין מושגים שונים וקישורו להקשר בעל משמעות ללומדים. יש הטוענים כי סוג זה של למידה מתאים יותר לבנות, וכך יעודד גם בנות וגם תלמידים נוספים שהשיטות המסורתיות הנשענות בדרך כלל על *Separate knowledge* אינן מתאימות להם, לבחור במקצועות המדעיים (Zohar, 2006). בהקשר זה זוהר טוענת כי אוכלוסיית היעד עליה ניתן לשים דגש וכך להעלות את שיעור הבנות בלימודי המדעים היא בנות מצטיינות בכתות ט' ו-י'. כאשר יש לעבוד איתן הן במישור הקוגניטיבי ולהראות את האופנים בהם המדע יכול להיות מעניין ורלוונטי לחייהן והן במישור הרגשי לעבוד על עמדות כלפי המדע ועל יצירת מודלים לחיקוי על ידי הפגשתן עם נשים מובילות בתחומים המדעיים. בדומה לשיטת הלימוד שהוצגה לעיל מוצעות שיטות לימוד נוספות להרחבת מעגל הלומדים במקצועות המדעיים. לדוגמה גלילי סבור כי המטרה של מערכת החינוך היא רכישת השכלה לתפקוד חברתי ואינטלקטואלי של החברה ולא רכישת מקצוע. בשל כך עולה הצורך לייצוג ידע הוליסטי, ידע כתרבות, דבר שלא מיוצג כיום בתוכניות הלימוד במדעים. משמעות הדבר היא עריכת אינטגרציה בין תחומים שונים בתוך הדיסציפלינה והבאת השיח, הדיאלוג בין התיאוריות השונות ובין תיאוריות מתחרות בפני התלמידים. כך לדוגמה מוצעת התפיסה של **פיזיקה כתרבות**. תפיסה זו של הוראת הפיזיקה מתמקדת בקיום דיאלוג בין תיאוריות שונות, דיסציפלינות שונות ומושגים שונים כחלק מהותי מתהליך הלמידה, ורואה חשיבות בהקשר ההיסטורי והפילוסופי של הידע. גישה זו מאפשרת לתלמידים שונים חיבור לממדים אחרים בלימודי הפיזיקה ובאופנים אלו יכולה למשוך תלמידים רבים שאינם עונים על המאפיינים של "תלמיד הפיזיקה הקלאסי" (Tseitlin & Galili, 2005).

במטרה ליצור בקרב תלמידים מעורבות פעילה ועניין בנושא המדעים, וכן להציג ו"להשמיש" את המדע כחלק מדרך החיים היומיומית לכלל התלמידים, יש הממליצים על לימוד תוך אימוץ **גישת PBL (Problem Based Learning)**. שימוש בשיטה זו מצריך שימוש בידע מדעי הקיים אצל התלמיד לפיתוח פתרונות קונקרטיים לבעיות תוך קידום חשיבה מטה-קוגניטיבית ולמידה מכוונת עצמית. למידה המבוססת על פתרון בעיות מאפשרת ללומד לפתח שאלות מורכבות וכן לבחון את התאמת התשובות אליהן, כאשר ישנה חשיבות רבה לעיסוק בסוגיות הלוקחות מחיי היומיום וכאלו הרלוונטיות לעולם האמתי. שימוש בגישה זו לצד גישות נוספות כמו **SSID (Socio-Scientific Issue Discussions)** המבוססות על עניין אישי של התלמידים בפתרון בעיות

קונקרטיות עשוי להביא לחיבור של תלמידים נוספים לעולם המדעי (Feinstein et al., 2013).

שיטת לימוד נוספת הנקשרת פעמים רבות עם הוראת המדעים היא **למידה בדרך החקר** אשר לה פנים מגוונות, ונראה כי היא מהווה חלק מתכניות שונות של הוראת המדעים. למידה כזו שמה דגש רב יותר על תהליכים ולא על תוצרים, אך אין משמעות הדבר שלמידת החקר אינה עוסקת בתכנים. הידע, העקרונות והרעיונות המדעיים עומדים בבסיס היכולת ליישם ולעבד את הנתונים (תמיר, 2007). דוגמה ליישום למידת חקר ניתן לראות בתכנית הלימודים החדשה בכימיה. למידת החקר הונהגה כחלק מלימודי המעבדה ביותר מ-300 בתי ספר, כאשר היא נלמדת תוך שימוש

בשתי גישות שונות – מבוססת חקר ניסויי ומבוססת מחשב. מחקר שנערך בנושא מצא כי לימוד בעזרת שיטה זו מביא לעלייה ברמת המוטיבציה של התלמידים ללמוד כימיה, כמו גם לשיפור ההישגים והיכולות הקוגניטיביות (Barnea, Dori & Hofstein, 2010).

יש המקשרים גישות פדגוגיות חדשניות כמו אלו שהוצגו לעיל ונוספות – למידת חקר, למידה מבוססת פרויקטים, למידה לשם הבנה, הוראה משתפת, פיתוח מיומנויות המאה ה-21, חשיבה מסדר גבוה, הוראה ממוקדת למידה וכדומה – לקידום של למידת עומק. ניתן להתייחס אל למידת עומק כאל תהליך בו התלמיד לומד ליישם מה שלמד בסיטואציה אחת בהקשרים אחרים. בתהליך למידה כזה התלמיד רוכש ידע שהוא בר-העברה אשר מורכב הן מידע תוכני והן מידע על איך, מתי וכיצד יש להשתמש בידע לפתרון בעיות ושאלות (Pellegrino & Hilton, 2012).

בנוסף לכך, ד"ר פולג מציע להתמקד ב-3 מרכיבים בהוראה של מקצועות מדעיים וטכנולוגיים בכדי להרחיב את מעגל הלומדים: חומר הלימוד, הפן הקוגניטיבי והפן האפקטיבי (affective). המרכיב הבסיסי הוא חומר הלימוד המקצועי. מעבר לכך, יש חשיבות לפיתוח מיומנויות קוגניטיביות אצל התלמיד כמו היכולת להתבונן ולשאל שאלות, היכולת לקבוע מתודה לבחינה של שאלות, אופנים לאיסוף נתונים ויכולת להעריך ולהבחין בין תוצאות שונות, היכולת להסיק מסקנות וכן הלאה. מיומנויות אלו על אף שנרכשות סביב דיסציפלינה ספציפית הן יכולות גנריות. המרכיב השלישי עליו ניתן דגש עוסק בתחום האפקטיבי של הלמידה: בעמדות כלפי המקצוע, טיפוח אהבת המדעים ופיתוח סקרנות, התמודדות עם קשיים ולמידה מהם. לכך מתווספת ההנחה כי למידה מטעויות חשובה להבנה ולהתפתחות לומד עצמאי, כך שאמנם השאיפה היא לספק חווית הצלחה בסופו של התהליך, אך תוך מתן אפשרות לטעות בדרך מבלי לפחד להיכשל. ביסוס תכניות על תפיסות אלו הכוללות פיתוח סקרנות והתלהבות אצל התלמיד כלפי מקצועות המדעים, הסרת חששות מלימודים אלו וטיפוח לומד עצמאי עשויות למשוך תלמידים נוספים לבחור במגמות המדעיות בחטיבות העליונות.

### פיתוח דרכי הערכה חלופיות

מאחר שהמטרות של הוראת המדעים היום מורכבות וכוללות פיתוח מיומנויות חשיבה, מיומנויות טיעוניות, חשיבה ביקורתית וכדומה, פרופ' זוהר טוענת כי יש להשקיע חשיבה מרובה ומשאבים בפיתוח כלים ודרכי הערכה מורכבים המתאימים לבדיקת מיומנויות חשיבה אלו. לטענתה, הערכה מורכבת וטובה תוכל לקדם את ההוראה כולה ולהניע אותה לכיוונים אחרים, שכן כיום גם במידה ותוכניות הלימודים טובות ומכוונות לפיתוח חשיבה, בסופו של דבר מלמדים כדי שהתלמידים יצליחו בבחינת הבגרות שהן ברובן מבוססות על רכישת ידע. גם דבריו של ד"ר פולג מתקשרים לטענה זו ומהם עולה כי כיום המערכת שמה דגש רב מדי על היבחנות ומדידה של ידע, דבר היוצר עומס ולחץ על המערכת, על המורים ועל התלמידים ומשפיע גם על האופן בו מלמדים. על מנת לשנות את הדגשים בלמידה יש לכוון גם את מערכת ההיבחנות להתמקד ביכולות ומיומנויות למידה לצד הידע.

לדבריה של פרופ' זוהר ישנו קושי לפתח כלי הערכה טובים והאתגר העיקרי, לא רק בישראל, הוא להצליח לפתח הערכה אשר מצד אחד תעריך מיומנויות חשיבה, אך מצד שני כדי שהערכה תהיה טובה, מהימנה ותקפה יש לבחון את המיומנויות בתוך ההקשר של התוכן המדעי בסביבה המקומית. בשל כך, אין תחליף לפיתוח הערכה איכותית ואוטנטית בתוך ההקשר של הקוריקולום הישראלי. (במידת האפשר ניתן לבנות הערכה מתוקשבת, אך אין זה הכרח). לשם פיתוח דרכי

הערכה, ניתן להיעזר בדוגמאות של משימות חקר קיימות ולבנות להן מחוונים בדגש על מיומנויות חשיבה אותן רוצים לקדם, אשר יכוונו את המורים למודל הוראה רצוי המעודד חשיבה ברמה גבוהה ומטה-קוגניציה.

### רצף לימודי המדעים

במסגרת העיסוק בקידום הוראת המתמטיקה והמדעים נבחנת השאלה באיזה שלב יש להתחיל בתהליך הלמידה והיכן כדאי להתמקד ולהשקיע את המשאבים. ד"ר פולג, לדוגמה, סבור שיש להתחיל את ההשקעה בלימודי המדעים והמתמטיקה כבר בבית הספר היסודי ואף בגן הילדים. לטענתו, התלמידים מגיעים לחטיבות הביניים עם עמדות מוצקות לגבי מקצועות המדעים, ובפרט מקצוע המתמטיקה. לדוגמה, כבר בבתי הספר היסודיים תלמידים מפתחים "פחד" או תחושת חוסר מסוגלות כלפי מתמטיקה. כמו כן, כבר מגיל צעיר מאמצים התלמידים הרגלי למידה מסוימים אשר קשים לשינוי בגיל מאוחר יותר. בשל כך, אין להתעלם ממהות לימודי המדעים גם בגילאים צעירים.

פרופ' אלון סבורה גם היא כי יש לחזק את תחום המדעים לכלל התלמידים החל מגן הילדים ועד לתיכון. אלון שמה דגש על לימודי המדעים בחטיבות הביניים ועל המשכם לפחות לכתות י' עבור תלמידים שאינם מתמחים במדע בכדי לפתח אצלם השכלה כללית ואוריינות מדעית. עם זאת לטענתה יש לעסוק קודם כל בשאלה מהו סוג המדע ומה טיבה של האוריינות המדעית שיש להקנות לכלל האוכלוסייה בכדי שתתמודד בהצלחה עם אתגרי המחר.

בסקירה זו הובאו מקצת מהמגמות והאתגרים המאפיינים את הוראת המדעים והמתמטיקה בישראל כיום והוצגו כמה מהרעיונות והפעילויות הנעשים בארץ ובח"ל בכדי להתמודד עם אתגרים אלו. האתגרים המרכזיים הצביעו על כך שכלל הציבור מאופיין כבעל אוריינות מדעית נמוכה, שקיים מחסור בכוח אדם מיומן ומקצועי במקצועות המדעיים וכן על קיום מחסור פוטנציאלי במורים המוכשרים להוראת מדע בתיכון ובחטיבות הביניים. בנוסף, נראה שיש מיעוט יחסי של תלמידים הבוחרים ללמוד מקצוע מדעי מורחב לבגרות ו/או ללמוד 5 יח"ל מתמטיקה. רוב התלמידים מסיימים את לימודי המדעים כבר בכיתה ט' לאחר שנחשפו למעט יחסית שעות מדע בחטיבת הביניים ובעיקר לביולוגיה. בהיבט של הישגים נראה כי במבחנים הבינלאומיים המדגישים ידע חל שיפור במצב תלמידי ישראל אך לא במבחנים המדגישים אוריינות מדעית.

בנושא של מנופים לשינוי נראה כי יש להתייחס הן לדרך של ייצוג הידע המדעי בבית הספר כך שיהפוך ליותר אטרקטיבי ומשמעותי לתלמידים והן למודלים שונים להכשרת המורים למדע ולמתמטיקה ולפיתוחם המקצועי. הוצגו כמה רעיונות ודוגמאות למודלים המקדמים למידה משמעותית הממוקדת בתלמיד, למידה אוטנטית הנוגעת לעולמו של התלמיד ורלוונטית לו וכזו המאפשרת ייצוג של הידע המדעי בדרכים מגוונות וייחודיות. כל זאת תוך התאמה למגוון רחב של תלמידים במגמה לגרום להם ליהנות, להבין ולאהוב ללמוד מדע ואולי אף להגדיל את שיעורם של הניגשים לבגרות במקצועות המדעיים.

אנו תקווה שסקירה זו תתרום לטיפול השיח בין גורמים שונים העוסקים בתחום של הוראת המדעים כמו משרד החינוך, האוניברסיטאות, רשויות מקומיות, קרנות, ארגוני מגזר שלישי וכן הלאה לקידום היעדים של הוראת המדעים והמתמטיקה בישראל.

- אבן ר' ולסלוי א' (עורכים) (2010). מי ילמד כשחסרים מורים? בחינה של שלוש דרכים להתמודדות עם מחסור של מורים. דוח ממפגש לימודי. ירושלים: היוזמה למחקר יישומי בחינוך.
- אריאב ת' (2011). משבר ההוראה: מקורות תהליכים ופתרונות. בתוך: כפיר, ד. (עורכת). *חיפוש גורלי: החברה בישראל מחפשת מורים טובים*. תל-אביב: מכון מופ"ת.
- בכר, ש' (2012). ללמוד מקצועות מדעיים וטכנולוגיים בהפרדה מגדרית. היחידה למגדר ושוויון בין המינים בחינוך, משרד החינוך. אוחר ב-4 ביולי 2013 מתוך: [/http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Shivion/Odot](http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Shivion/Odot)
- בלס נ', בלנק כ' ושביט י' (2012). חזון והמלצות עבור מערכת החינוך. ירושלים: מרכז טאוב.
- בלס נ' ורומנוב ד' (2010). על אחדות שכר המורים ומעמדם היחסי לעומת יתר השכירים. ירושלים: מרכז טאוב.
- גולדשמידט ר' (2010). החינוך למדעים ולטכנולוגיה. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.
- היימן א', מנדלר ל' ולכיש א' (2011). בעיית עתודות המדע בישראל והחינוך המדעי כפתרון. נייר עמדה לקראת מושב במסגרת כנס שדרות לחברה.
- וייסבלאי א' (2013). מערכת החינוך בישראל – סוגיות מרכזיות שנדונו בוועדת החינוך, התרבות והספורט. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.
- וייסבלאי א' (2012). נתונים על כוחות הוראה במקצועות המדעים והטכנולוגיה. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.
- זורמן, ר' ודויד, ח' (2000). אפשר גם אחרת – בנות ונשים: הישגים ואתגרים. ירושלים: מכון הנרייטה סאלד ומשרד החינוך, דפוס "אחוה".
- יוגב, א' (2006). דוח דוברת והמורים: למי יצללו הפעמונים? בתוך ד' ענבר (עורך). *לקראת מהפכה חינוכית? – בעקבות כנס ון ליר לחינוך על יישום דוח דוברת*. ירושלים: מכון ון ליר בירושלים והוצאת הקיבוץ המאוחד.
- כפיר ד' ואריאב ת' (2008). פתח דבר. בתוך ד' כפיר ות' אריאב (עורכות). *משבר ההוראה: לקראת הכשרת מורים מתוקנת*. ירושלים: מכון ון ליר בירושלים והוצאת הקיבוץ המאוחד.
- לוטן, א' (2005). מסמך רקע בנושא: חינוך לשוויון מגדרי. ירושלים: מרכז המחקר והמידע של הכנסת.

הלמ"ס (2013). מגמות בהוראת מתמטיקה ומדעים בחטיבה העליונה, 1996-2012. הודעה לעיתונות.

[http://www.cbs.gov.il/reader/newhodaot/hodaa\\_template.html?hodaa=201306130](http://www.cbs.gov.il/reader/newhodaot/hodaa_template.html?hodaa=201306130)

הלמ"ס (2012). שנתון סטטיסטי לישראל 2012. ירושלים: המחבר.

הלמ"ס (2008). שנתון סטטיסטי לישראל 2008. ירושלים: המחבר.

הלמ"ס (ללא תאריך א). כוחות הוראה, לפי שלב חינוך ומין, מגזר עברי וערבי (1991-2004) – לוח רב-שנתי. [http://www.cbs.gov.il/www/publications/education/kohot\\_oraa/koah1.pdf](http://www.cbs.gov.il/www/publications/education/kohot_oraa/koah1.pdf)

הלמ"ס (ללא תאריך ב). כוחות הוראה, לפי שלב חינוך ופיקוח, מגזר עברי (1991-2004) – לוח רב-שנתי. [http://www.cbs.gov.il/www/publications/education/kohot\\_oraa/koah2.pdf](http://www.cbs.gov.il/www/publications/education/kohot_oraa/koah2.pdf)

מוסד שמואל נאמן (2010). מדדים למדע, לטכנולוגיה ולחדשנות בישראל: תשתית נתונים השוואתית. חיפה: המחבר.

המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית (2012). אוחר מתוך: <http://www.pmo.gov.il/Lists/FAQkalkala/Attachments/21/tech.pdf>

מכון דחף (2012). תפיסות, עמדות ונכונות להתנהגות כלפי מקצוע ההוראה בכלל והוראת המתמטיקה והמדעים בפרט. תל אביב: המחבר.

מני-איקן ע' ורוזן ד' (2012). דר"ח הערכה – הוראת הפיזיקה בישראל תמונת מצב מהשנים 2001, 2010, 2012. ירושלים: מכון הנרייטה סאלד.

מעגן, ד' (2011). אינדיקטורים ומגמות מרכזיות בהוראת מתמטיקה בחטיבה העליונה, דוח שהוכן כחומר רקע לעבודת ועדת "מה צריכים לדעת העוסקים בהוראת מתמטיקה?" <http://education.academy.ac.il>

מרכז המחקר והמידע של הכנסת (2011). מידע בנושא החינוך למדעים ולטכנולוגיה. ירושלים: המחבר.

נחמיאס ר' וזוזובסקי ר' (2009). ההישג הלימודי וההקשר החינוכי של תלמידי כיתות ח' בישראל במתמטיקה ובמדעים. ממצאי המחקר הבינלאומי TIMSS 2007. ירושלים ותל אביב: אוניברסיטת תל אביב וראמ"ה.

פורטס, ד', מועלם, ר' ולוי נחום ת' (2009). מאתמול להיום: מה אפשר ללמוד ממחר 98. 77 החינוך, יוני, 84-80.

פס ל' ולפיד ח' (2012). גורמי המשיכה בהוראת המדעים והמתמטיקה בבתי ספר תיכוניים. אוחר מתוך: <http://www.trump.org.il/sites/default/files/u93/0002.pdf>



צמרת צ' ואורן י' (2010). נבחני בגרות במקצועות מדעיים ברמה מוגברת בישראל, תשס"א-תשס"ט (2001-2009).

קליין, ש' (2011). שילובי תכנים ומיומנויות בהוראה ולמידה של מדעי הטבע על פי תכניות הלימודים בישראל. סקירה מוזמנת כחומר רקע לעבודת ועדת "מחקר מתווה דרך: הצעה לארגון לימודים מחודש", <http://education.academy.ac.il>

קלינוב ר' (2011). מערכת החינוך בישראל בראייה השוואתית בינלאומית על פי *Education at a Glance (EAG) 2011*. ירושלים: ראמ"ה.

ראמ"ה (2011). ממצאים עיקריים ממחקר טימס 2011: הישגים במתמטיקה ובמדעים בקרב תלמידי כיתה ח' בישראל. ירושלים: ראמ"ה.

ראמ"ה (2010). דוח פיזה 2009: אוריינות תלמידים בני 15 בקריאה, במתמטיקה ובמדעים. ירושלים: ראמ"ה.

תמיר, פ' (2007). החקר בהוראת המדעים והשתקפותו בהוראת הביולוגיה בישראל. בתוך ע' זוהר (עורכת). *למידה בדרך החקר: אתגר מתמשך*. ירושלים: מאגנס, האוניברסיטה העברית.

Barnea, N., Dori, Y. J. & Hofstein, A. (2010). Development and Implementation of Inquiry-Based and Computerized-Based Laboratories: Reforming High School Chemistry in Israel. *Chemistry Education Research & Practice*, 11(3), 218-228.

Feinstein N. W., Allen S. & Jenkins E. (2013). Outside the Pipeline: Reimagining Science Education for Nonscientists. *Science*, 340, 314-317.

Martin M. O., Mullis, I. V. S., Foy, P. & Stanco, G. M. (2012). **TIMSS 2011 International Results in Science**. Chestnut Hill, MA and Amsterdam: TIMSS & PIRLS International Study Center and IEA.

Mullis I. V. S., Martin M. O., Foy, P. & Arora A. (2012). **TIMSS 2011 International Results in Mathematics**. Chestnut Hill, MA and Amsterdam: TIMSS & PIRLS International Study Center and IEA.

Neuschatz M., McFarling M. & White S. (2008). *Reaching the Critical Mass: The Twenty Year Surge in High School Physics*. American Institution of Physics.

Pellegrino J. W. & Hilton M. L. (editors) (2012). **Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century**. Washington: The National Academies Press.

Tseitlin M. & Galili G. (2005). Physics Teaching in the Search for Its Self. *Science & Education*, 14, 235-261.

Wilson S. M. (2013). Professional Development for Science Teachers. *Science*, 340, 310-313.

Zohar A. (2006). Connected Knowledge in Science and Mathematics Education. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1579-1599.

Zohar A. & Bronshtein B. (2005). Physics Teachers' Knowledge and Beliefs Regarding Girls' Low Participation Rates in Advanced Physics Classes. *International Journal of Science Education*, 27(1), 61-77.