

## הערכת האפקטיביות של התוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" בהעלאת שיעור הנבחנים במתמטיקה ובמקצועות מדעיים-טכנולוגיים בהיקף מוגבר<sup>1</sup>

- משרד החינוך מפעיל בחלק מחטיבות הביניים והתיכונים מאז 2011 את התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" (להלן תוכנית העתודה) במטרה להעלות את שיעור הניגשים לבחינות הבגרות ב-5 יחידות לימוד (יח"ל) במתמטיקה ובשני מקצועות מדעיים-טכנולוגיים נוספים (להלן מצרף מקצועות העתודה); מאז 2015 הוא מפעיל בתיכונים גם את התוכנית "לתת חמש" לשם חיזוק לימודי המתמטיקה בהיקף של 5 יח"ל.
- תוכנית העתודה הביאה עד 2017 לגידול של 4–5 נקודות אחוז בשיעור תלמידי בתי הספר של העתודה הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות העתודה בהשוואה לתלמידי בתי הספר שלא השתתפו בשתי התוכניות. (שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף עמד בבתי הספר של העתודה ערב התוכנית על 13% ו-8%, בהתאמה). השפעתה על התלמידות הייתה גדולה ב-1–2 נקודות אחוז מאשר על התלמידים, וכך גם על אלו שצוייניהם במבחני המיצ"ב במתמטיקה בכיתה ח' היו גבוהים מהממוצע.
- התוכנית "לתת חמש" העלתה את שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בקרוב ל-3 נקודות אחוז (שיעור הנבחנים ערב התוכנית עמד על 14%), והשפיעה רק על הבנים.
- העלייה של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בזכות שתי התוכניות לא לוותה בירידה של ממש של שיעור העוברים את הבחינה ובציוניהם.
- ממצאים ראשוניים מצביעים על כך שתוכנית העתודה העלתה את הסיכוי של בוגרי החינוך הערבי להתחיל (עד 2018) בלימודים לתואר ראשון במדעים בסדר גודל של 2 נקודות אחוז (בהשוואה ל-5% ערב התוכנית) ואת הסיכוי ללמוד את מקצועות ההייטק בכ-1 נקודת אחוז (בהשוואה ל-4%). בשלב זה הנתונים אינם מאפשרים לבחון את הסוגיה גם לגבי תוכנית "לתת חמש" ובקרב בוגרי החינוך העברי.

### א. הקדמה

צמיחתו המהירה של המשק הישראלי נשענת בין השאר על השבחת ההון האנושי ועל שיפור פריון העבודה. הענפים עתירי הידע הם מקטרי הצמיחה, וזקוקים לעובדים מיומנים בתחומי המדע והטכנולוגיה. דוחות אחדים הצביעו על מחסור בעובדים כאלו, המהווה חסם בפני התרחבותם של אותם ענפים (קנדל, 2012; צוק, 2014; שביב, 2018).<sup>2</sup> המחסור יכול להיווצר, בין השאר, בגלל שיעור נמוך של תלמידי מדעים, טכנולוגיה, הנדסה ומתמטיקה (STEM) בהיקף מוגבר בבתי הספר ובמוסדות על-תיכוניים ואקדמיים ובגלל רמת לימודים לא מספקת במוסדות החינוך לסוגיהם. מספר הניגשים לבחינת הבגרות ב-5 יחידות לימוד (יח"ל) במתמטיקה באוכלוסיית המחקר (המוצגת בהמשך) ירד בשנים 2006–2013 בכשליש, ושיעורם מכלל התלמידים בכיתה י"ב פחת מ-16.1% ל-10.9% (איור 1). מגמות דומות נרשמו אצל התלמידים והתלמידות, בחינוך העברי ובחינוך הערבי ובקרב תלמידי מרקע חברתי-כלכלי חזק ומרקע חלש. שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה היה נמוך יחסית בקרב בנות, ערבים ותלמידי

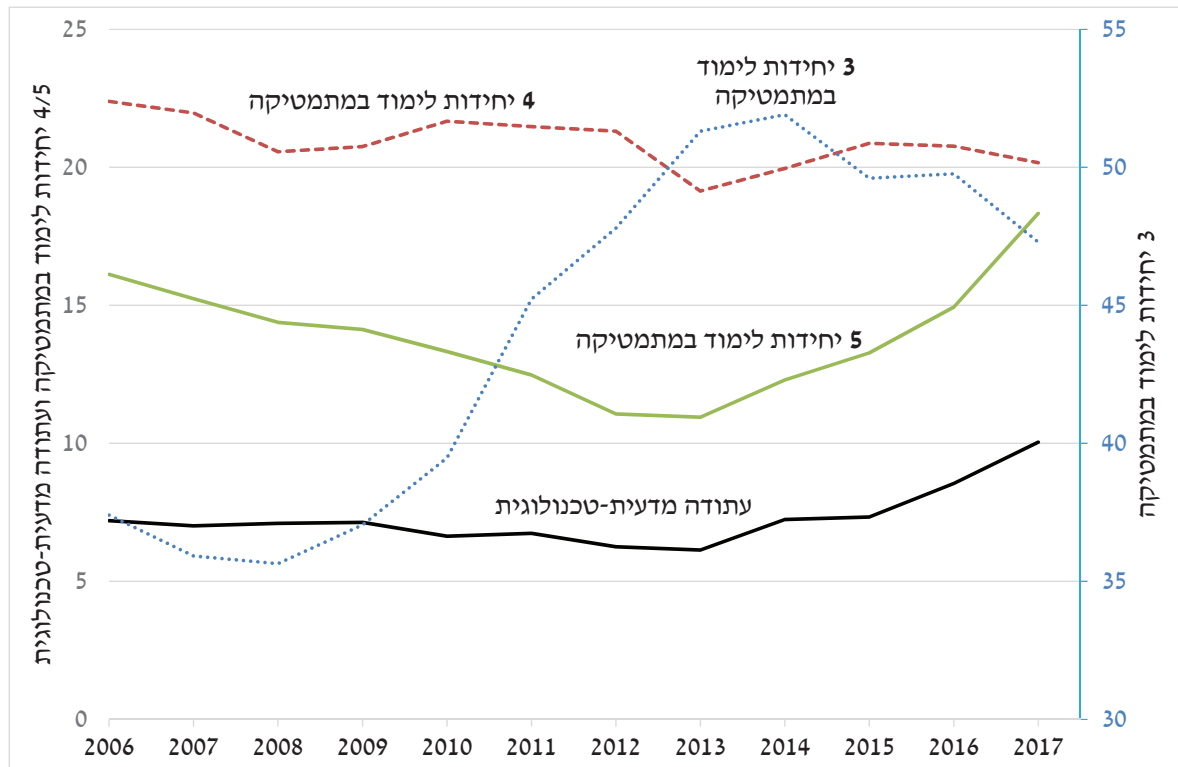
1 כתבו: נעם זוסמן – חטיבת המחקר, בנק ישראל; דוד מעגן – אגף בכיר חינוך וחברה, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. גרסה מורחבת של מסמך זה ניתן למצוא אצל זוסמן, נ' וד' מעגן (2019). הערכת האפקטיביות של התוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש", סדרת מאמרים לדיון 10.2019, חטיבת המחקר, בנק ישראל, ירושלים.

המחקר התבצע בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה והתבסס על מאגרי נתונים הנמצאים ברשותה. תודה ליגאל דור ולמוהנא פארס ממשרד החינוך על העמדת נתוני בתי הספר המשתתפים בתוכניות, חומרי רקע על התוכניות ודברי הסבר. תודה לעדי ברנדר מבנק ישראל, ליוסי מחלוף מהרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך ולצבי אריכא וגילמור קשת-מאור ממשרד החינוך על ההערות לגרסה מוקדמת של המאמר. תודה לדן בן חור מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה על היעוץ הסטטיסטי.

2 לעומת זאת טוענים בנטל ופלד (2016) שאין מחסור בעלי תארים אקדמיים במדע ובטכנולוגיה וברנד (2018) מעריך שלא צפויה עלייה משמעותית בחלקו של ענף ההייטק במועסקים.

מרקע חלש. כן פחת מעט חלקם של הנבחנים בהיקף מוגבר במתמטיקה ובשני מקצועות מדעיים-טכנולוגיים נוספים (להלן מצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית").

איור 1. שיעור הנבחנים<sup>1</sup> במתמטיקה ובמצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית"<sup>2</sup> מתלמידי י"ב (אחוזים)



<sup>1</sup> באוכלוסיית המחקר.

<sup>2</sup> יח"ל במתמטיקה, 5 יח"ל בפיזיקה/כימיה/ביולוגיה ו-5 יח"ל נוספות בפיזיקה/כימיה/ביולוגיה/מדעי המחשב/אלקטרוניקה.

המקור: משרד החינוך, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ועיבודי המחברים.

הצורך בהרחבת לימודי ה-STEM בבתי הספר בא לידי ביטוי גם בהישגים הנמוכים של תלמידי ישראל באותם תחומים בהשוואה בין-לאומית. האוריינות המתמטית והמדעית של תלמידי ישראל בני 15 נמצאת בתחתית המדרג של מדינות ה-OECD, כפי שעולה ממבחני PISA הנערכים זה כשני עשורים, והפערים בהישגים לפי הרקע החברתי-כלכלי בארץ רחבים (הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך, 2017א). נוסף על כך שיעור התלמידים המצטיינים בתחומים אלו נמוך מאוד, בפרט בקרב תלמידי החינוך הערבי. לעומת זאת השתפרו במידה ניכרת ההישגים של תלמידי ישראל במבחנים הלאומיים במתמטיקה ובמדעים (הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך, 2017ב).

לבסוף, מחקרים הראו שלימודי מתמטיקה ומדעים בהיקף נרחב בתיכון בישראל הולכים יד ביד עם סיכוי גבוה יותר להמשיך ללימודים גבוהים בתחומים מדעיים-טכנולוגיים, ובפרט במדעי המחשב ובהנדסה, ובסיכומם של דבר משפרים מאוד את השתכרות הפרטים (קמחי והורוביץ, 2015; הרפז-מזוז וקריל, 2017; אחדות ואחרים, 2018).

כפועל יוצא מהירידה המתמשכת של שיעור התלמידים הזכאים לתעודת בגרות מדעית-טכנולוגית בעשור הקודם, מההישגים הנמוכים של תלמידי ישראל במבחנים הבין-לאומיים באותם תחומים, מהצורך של המשק, ובפרט של

הענפים עתירי הידע, בכוח אדם מיומן בתחומי המדע והטכנולוגיה, מצורכי צה"ל, וכמובן מהרצון להעלות את כושר ההשתכרות של בוגרי מערכת החינוך – יזם משרד החינוך שתי תוכניות לתגבור לימודי המתמטיקה והמדעים בבתי הספר: "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש".

מסמך זה בוחן את השפעת התוכניות על הסיכוי לגשת לבחינות הבגרות במתמטיקה ובמדעים בהיקף מוגבר ואת ההצלחה בהן, וכן על הנטייה להתחיל ללמוד תואר ראשון במדעים במוסדות להשכלה גבוהה.

### ב. תוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש"<sup>3</sup>

"עתודה מדעית-טכנולוגית" נועדה להגדיל במידה משמעותית את שיעורם של לומדי מצרף המקצועות הבאים: מתמטיקה בהיקף 5 יח"ל, מקצוע במדעי הטבע (פיזיקה/כימיה/ביולוגיה) בהיקף של 5 יח"ל, וכן מקצוע מדעי נוסף (פיזיקה/כימיה/ביולוגיה/מדעי המחשב) או מגמה טכנולוגית (הנדסת תוכנה/אלקטרוניקה/מכונות/ביוטכנולוגיה ועוד) בהיקף של 5 יח"ל; כל זאת בלי להוריד את רמת הלימודים<sup>4</sup>. עם עקרונות התוכנית, כפי שהגדירו אותה הוגיה, נמנים חשיפה של תלמידים בעלי פוטנציאל הצטיינות בתחומים דלעיל לתוכנית מאתגרת וברמה לימודית גבוהה, מתן הזדמנות שווה לכל התלמידים תוך גישור על פערים חברתיים-כלכליים וכן עידוד בנות להשתלב בה.

במסגרת התוכנית מאותרים התלמידים בעלי הפוטנציאל עוד בכיתה ז', והם זוכים לתוספת שעות להעמקה של התכנים המדעיים-טכנולוגיים. הלימודים בחטיבת הביניים מתקיימים בכיתה/קבוצה ייעודית של לפחות 25 תלמידים. בחטיבת הביניים נוספות במצטבר 20 שעות תקן שבועיות לכיתה/קבוצה ייעודית, מעל ומעבר לשעות המוענקות לכל התלמידים, ובחטיבה העליונה מדובר בתוספת מצטברת של 15–24 שעות (תלוי במספר התלמידים המשתתפים בתוכנית) לתגבור הלימודים ולמניעת נשירה. ההוצאה של תוכנית העתודה הסתכמה בשנת 2018 בכ-107 מיליוני ש"ח. העלות המצטברת של השעות הנוספות לתלמיד בתוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" במהלך הלימודים בכיתות ז' עד י"ב עמדה בשנת 2018, לפי חישובנו, על כ-10.3 אלפי ש"ח.

התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" החלה לפעול כפיילוט בשנת 2010, ומשנת 2011 (תשע"א) – כתוכנית מן המניין. תלמידי י"ב הראשונים שהשלימו 3 שנים מלאות בתיכון שהופעלה בו תוכנית העתודה סיימו אפוא את לימודיהם ב-2013, ועל כן שנת 2012 משמשת שנת בסיס לצורך הסטטיסטיקה התיאורית והאמידות שיוצגו בהמשך. יש להדגיש שבוגרי י"ב בשנת 2016 הם הראשונים שהשלימו לימודים בתוכנית העתודה ברציפות מכיתה ז'.

בשנת 2018 השתתפו בתוכנית 32 חטיבות ביניים עצמאיות ו-239 תיכונים (לרבות שש-שנתיים), שהם כ-23% מסך התיכונים (שאינם של החינוך המיוחד או של החינוך החרדי). באותם בתי ספר למדו כ-7.1 אלף תלמידי כיתה ז' וכ-7.1 אלף תלמידי כיתה י"ב, שהם כ-6.0% וכ-6.7% מסך התלמידים בשכבה (שאינם תלמידי החינוך המיוחד או החינוך החרדי).

התוכנית הלאומית לקידום המתמטיקה "לתת חמש" נועדה להגדיל את שיעור התלמידים הניגשים לבחינת הבגרות במתמטיקה בהיקף של 5 יח"ל, להעלות את קרנו ומעמדו של המקצוע בקרב כלל התלמידים ולשפר את איכות הוראתו. (להרחבה ראו: משרד החינוך, 2015; הרשות הארצית למחקר והערכה בחינוך, 2016, 2018א ו-2018ב). היעד של התוכנית, לפי משרד החינוך, הוא להכפיל את מספר הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בתוך ארבע שנים מכ-9.7 אלפים בשנת 2014 (בשנת 2017 הוא עמד על כ-16.1 אלף) – ולפי יוזמת פני2 להגיע לכך שבתוך 10 שנים 18% מהנבחנים ייגשו ל-5 יח"ל במתמטיקה (לעומת כ-10.8% בשנת 2014 ו-16.1% בשנת 2017) – בהדגשת תלמידות, ערבים ותלמידים מרקע חברתי-כלכלי חלש.

3 לצעדים שנקטה המועצה להשכלה גבוהה החל מתשע"ג לשם הגדלת שיעור הסטודנטים הלומדים מקצועות מדעיים-טכנולוגיים, לרבות מדעי המחשב, ראו שביב (2018). חשוב להדגיש שהיכולת של מערכת ההשכלה הגבוהה לעשות כן תלויה במידה רבה בהיצע בוגרי בתי הספר בעלי ידע בסיסי בתחומים אלו וברצונם להמשיך ללמוד אותם.

4 להרחבה ראו משרד החינוך (2018).

במסגרת התוכנית הוענקו לבתי הספר המשתתפים בתוכנית 15 שעות תקן שבועיות, שהיו אמורות להיות מופנות לתלמידי י"ב, אך בפועל פוזרו ברבים מבתי הספר בין תלמידי י' עד י"ב, וכן שימשו לפתיחת כיתות קטנות ל-5 יח"ל במתמטיקה ולתגבור לימודי<sup>5</sup>. כן הונהגו בכלל מערכת החינוך מרתונים לתלמידים לקראת בחינות הבגרות והשתלמויות למנהלים ולמורים, וננקטו צעדים נוספים להעלאת איכות המורים<sup>6</sup>. הופעלה גם תוכנית למעורבות התנדבותית של חברות הייטק בבתי הספר, לרבות ליווי מורים ותלמידים.

התוכנית "לתת חמש" מופעלת בבתי ספר (שקיבלו את תוספת שעות התקן האמורה) אשר לא נוטלים חלק בתוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית". היא החלה בשנת 2015 (תשע"ה), ובשנת 2018 השתתפו בה 406 תיכונים, שהם כ-39% מסך התיכונים (שאינם של החינוך המיוחד או של החינוך החרדי). ההוצאה על התוכנית "לתת חמש" הסתכמה בשנת 2018 בכ-33 מיליוני ש"ח.

### ג. בסיס הנתונים, אוכלוסיית המחקר ומאפייני תלמידי בתי הספר המשתתפים בתוכנית

בסיס הנתונים מבוסס על זיווג של מגוון קבצים מנהליים הנמצאים בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ונוגעים לתלמידים, להוריהם ולבתי הספר. משרד החינוך העמיד לרשותנו מידע על מועדי ההצטרפות של בתי הספר לתוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" ועל מועדי הפרישה מהתוכניות<sup>7</sup>.

אוכלוסיית המחקר כללה את בתי הספר התיכוניים בישראל שפעלו ברציפות בשנים 2006–2017<sup>8</sup>, למעט אלו בחינוך החרדי, בתי ספר של החינוך המיוחד, בתי ספר חקלאיים ובתי ספר קטנים. מהמחקר הושמטו התלמידים הבאים: תלמידי "שילוב" (תלמידי חינוך מיוחד בבתי ספר רגילים); אלו שנשרו מהתיכון, משום שנשירה אינה רלוונטית לאוכלוסיית היעד של התוכניות; ותלמידים שהחליפו בית ספר במעבר מכיתה י' ליי"ב, משום שהדבר יוצר קושי לזהות את החשיפה לתוכניות.

בסיכומו של דבר הקיפה אוכלוסיית המחקר 404 בתי ספר תיכוניים ובהם כ-718 אלף תלמידי כיתה י"ב באוכלוסיית המחקר, שהם כ-88% מכלל התלמידים בבתי הספר שבמחקר. בשנת 2017 השתתפו בתוכנית העתודה 174 בתי ספר תיכוניים באוכלוסיית המחקר (142 בחינוך העברי ו-32 בחינוך הערבי); בתוכנית "לתת חמש" נטלו חלק 134 בתי ספר תיכוניים באוכלוסיית המחקר (78 בחינוך העברי ו-56 בחינוך הערבי).

בתי הספר שהצטרפו לתוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" נבדלו במאפייניהם מבתי ספר אחרים. (להרחבה ראו זוסמן ומעגן, 2019). לתוכנית הצטרפו בתי ספר גדולים יחסית וכאלו שהיו בהם מגמות טכנולוגיות. תלמידי בתי הספר שהצטרפו לתוכניות (לרבות התלמידים שלא השתתפו בהן) הם בממוצע מרקע חברתי-כלכלי הרבה יותר חזק מתלמידי בתי הספר האחרים, וגם הישגיהם הלימודיים טובים יותר. הבדלים אלו אינם צריכים להפתיע, שכן שתי התוכניות מיועדות לתלמידים שיש להם סיכויים טובים להצליח בלימודי מתמטיקה ומקצועות מדעיים-טכנולוגיים בהיקף מוגבר. תלמידי בתי הספר של "עתודה מדעית-טכנולוגית" הם מרקע חזק במקצת מזה של תלמידי בתי הספר של "לתת חמש". כצפוי התלמידים הנבחרים ב-5 יח"ל במתמטיקה הם מרקע הרבה יותר חזק מאשר יתר התלמידים באותם בתי ספר.

5 נוספו גם כ-5 אלפים שעות בשנה לתגבור לימודי המתמטיקה בכיתות ט' בכלל מערכת החינוך, כדי לסייע לעולים לכיתה י' ללמוד 5 יח"ל מתמטיקה.

6 נוסף על כך הוגדל, בשנת 2016, הבונוס שמעניקים המוסדות להשכלה גבוהה לציון (עובר) בבחינת הבגרות ב-5 יח"ל במתמטיקה מ-25 ל-30 נקודות, ונבנתה "רשת ביטחון", המאפשרת לתלמידים להיבחן ב-4 יח"ל במתמטיקה במקרה של כישלון ב-5 יח"ל.

7 משרד החינוך לא מנהל רישום של התלמידים שהשתתפו בתוכנית; לכן האמידות שיוצגו בהמשך מתייחסות רק להשפעה הממוצעת של התוכניות על כלל התלמידים בבתי הספר שבהם הן הופעלו (intention to treat), ולא להשפעה הישירה על התלמידים שהשתתפו בהן. לפיכך ייתכן שתוצאות האמידות אשר יוצגו בהמשך הן אומדן חסר להשפעת התוכניות על המשתתפים בהן.

8 במועד עריכת המחקר טרם התקבלו בלשכה המרכזית לסטטיסטיקה נתוני בחינות הבגרות לשנת 2018. ההתמקדות באוכלוסייה קבועה של בתי ספר פוטרת אותנו מהצורך להתמודד עם השפעת השינוי שהתחולל במהלך השנים בהרכב בתי הספר (והתלמידים) על משתני התוצאה.

#### ד. סטטיסטיקה תיאורית

מאיור 1 לעיל אנו למדים שלאחר הפעלת תוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" נרשם באוכלוסיית המחקר גידול ניכר של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה, והוא נמשך לאחר הפעלת תוכנית "לתת חמש" – מ-11.1% מכלל תלמידי י"ב בשנת 2012 (השנה האחרונה לפני שתלמידי י"ב יכלו להיחשף לראשונה לתוכנית העתודה) ל-18.3% בשנת 2017<sup>9</sup>; במקביל ירד מעט שיעור הנבחנים ב-4 יח"ל במתמטיקה וצנח שיעור הנבחנים ב-3 יח"ל במתמטיקה. גם שיעור הנבחנים במצרף מקצועות העתודה עלה עלייה ניכרת – מ-6.3% בשנת 2012 ל-10.0% בשנת 2017. שיעור הנבחנים בכל אחד ממקצועות העתודה עלה באותה תקופה בפחות מ-4 נקודות אחוז (לא מוצג), ולכן רוב עליית חלקם של הנבחנים במצרף מקצועות העתודה נובע כנראה מהעלייה של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה.

באיור 2 מוצגת התפתחות שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה במהלך השנים, בחלוקה בין בתי ספר תיכוניים שנכנסו לתוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" בשנתה הראשונה (2011 או בפיילוט), ולא עזבו אותה עד סוף 2017, בתי ספר שנכנסו לתוכנית "לתת חמש" בשנתה הראשונה (2015), ולא עזבו אותה עד סוף 2017, ובתי ספר אחרים שלא השתתפו אף באחת משתי התוכניות (עד סוף 2017). לפני הפעלת התוכניות נרשמה ירידה מתמשכת של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה – דומה בכל שלושת סוגי בתי הספר – ואילו לאחר הפעלת התהפכה המגמה. העלייה מאז 2015 בשיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בבתי הספר האחרים עשויה לנבוע בין היתר מהשפעת החלקים בתוכנית "לתת חמש" שהופעלו בכלל מערכת החינוך (ראו לעיל). באיור 2 מוצג ההפרש בשיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בין בתי ספר של העתודה לבתי הספר האחרים ביחס להפרש בשנת 2012, שהייתה כאמור השנה האחרונה לפני תחילת יישומה של התוכנית בכיתות י"ב בבתי הספר של העתודה. בשנים הקודמות והסמוכות לכניסת התוכנית ההפרש לא רשם מגמה ומכל מקום לא היה מובהק סטטיסטית, ואילו לאחר מכן ניכרה עלייה חדה ומובהקת של למעלה מ-5 נקודות אחוז בהפרש יחסית לרמתו לפני הפעלת תוכנית העתודה. העובדה שהעלייה המוחלטת והיחסית בשיעור היא הדרגתית נובעת כנראה משני גורמים – הגעת תלמידי חטיבות ביניים שלמדו בהן במסלול העתודה לכיתה י"ב, וכנראה גם הטמעת התוכנית בבתי הספר.

באיור 2 מוצג שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בבתי הספר של "לתת חמש" לעומת השיעור בבתי הספר האחרים בהשוואה להפרש בשנת 2014, ערב השקת התוכנית. בשנים הקודמות והסמוכות לכניסת התוכנית הייתה יציבות בשיעור הנבחנים היחסי, ולאחר מכן הייתה עלייה יחסית קלה, כמעט מובהקת סטטיסטית.

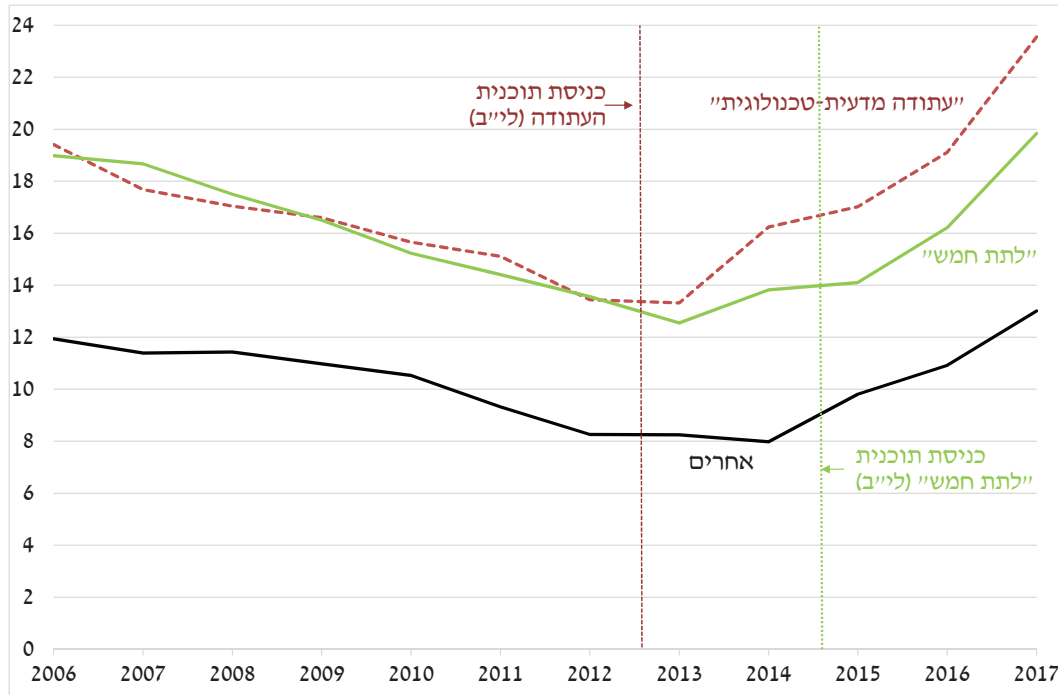
שיעור הנבחנים במצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית" לפי התוכנית מוצג באיור 3. הוא מצביע על התפתחויות דומות לאלו שתוארו לעיל בעניין שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה. לעלייה של שיעור הנבחנים במצרף בבתי הספר של התוכנית "לתת חמש" שני הסברים אפשריים: גידולו של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה הביא לכניסת חלק מהנבחנים למצרף העתודה (אלו שלמדו קודם לכן שני מקצועות מדעיים-טכנולוגיים בהיקף מוגבר אבל לא 5 יח"ל במתמטיקה), והבחירה ללמוד מתמטיקה בהיקף מוגבר כנראה הניעה חלק מהם לתגבר גם את הלימודים במקצועות המדעיים-טכנולוגיים.

עד כה הממצאים הגולמיים הצביעו על כך ששיעור הלומדים 5 יח"ל מתמטיקה ומצרף מקצועות העתודה בבתי הספר של "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" גדל לאחר הפעלת התוכניות יחסית לשיעור בבתי הספר האחרים. ואולם, על מנת לבחון באופן מדויק את השפעתן של התוכניות על משתני התוצאה הללו יש להביא בחשבון את המאפיינים החברתיים-כלכליים של התלמידים ושל בתי הספר והמורים במהלך השנים, שכן שינויים בהם – כגון מעבר של תלמידים בעלי מאפיינים חזקים אל בתי הספר המשתתפים בתוכניות – יכולים בפני עצמם להשפיע על משתני התוצאה. זאת נעשה בסעיף הבא.

<sup>9</sup> כמו כן שיעור בתי הספר המגישים ל-5 יח"ל במתמטיקה, שירד בהתמדה מכ-86% בשנת 2009 לכ-79% בשנת 2014, חזר מאז לשיעור בשנת 2009.

איור 2. שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה מתלמידי י"ב: תלמידי בתי ספר בתוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" ואחרים<sup>1</sup>

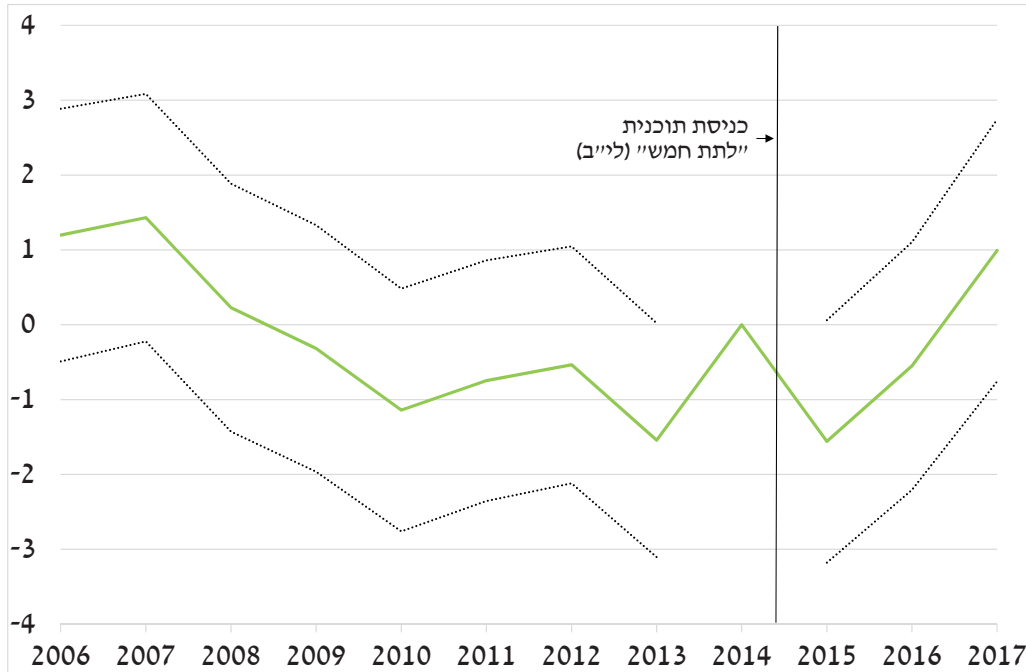
א. שיעור הנבחנים (אחוזים)



ב. "עתודה מדעית-טכנולוגית" פחות אחרים<sup>2</sup> (בהשוואה להפרש בשנת 2012, נקודות אחוז)



ג. "לתת חמש" פחות אחרים<sup>2</sup>  
(בהשוואה להפרש בשנת 2014, נקודות אחוז)

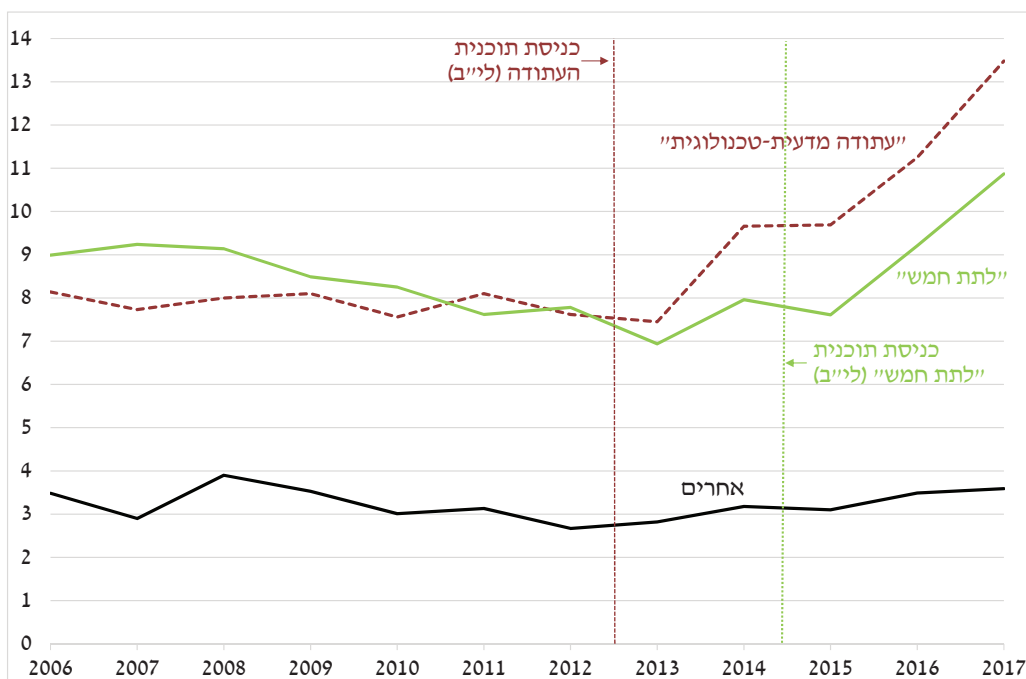


<sup>1</sup> בתי הספר באוכלוסיית המחקר. בתי ספר ב"עתודה מדעית-טכנולוגית" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2011 (או מהפיילוט של 2010) עד סוף 2017; בתי ספר ב"לתת חמש" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2015 ועד סוף 2017; בתי ספר אחרים – בתי ספר שלא פעלה בהם "עתודה מדעית-טכנולוגית" או "לתת חמש" עד סוף 2017.

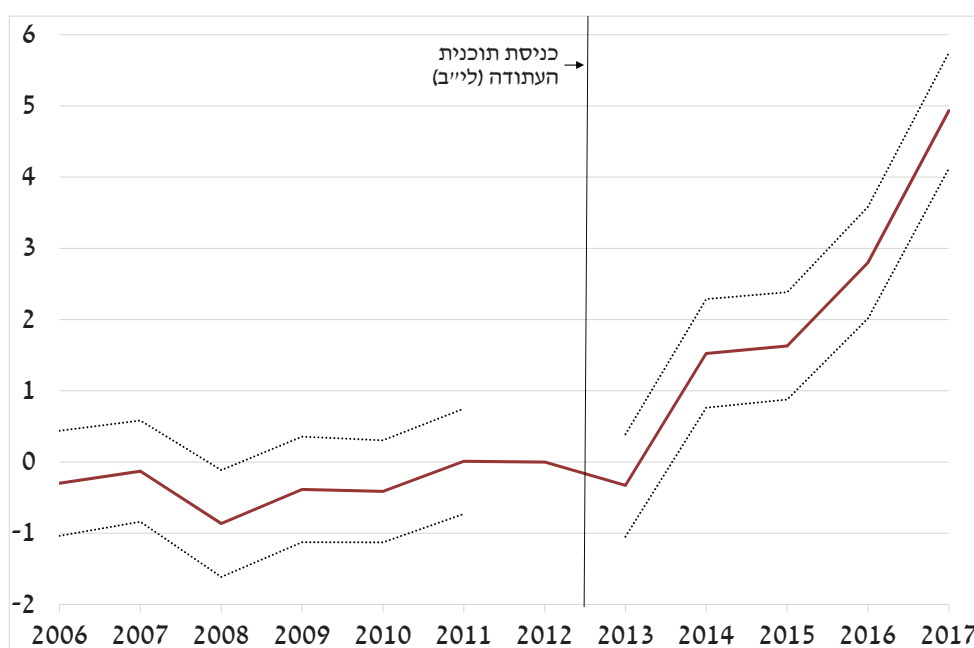
<sup>2</sup> מבוסס על אומדי משתני האינטראקציה של דמי לתוכנית  $\times$  דמי לשנה, באמידות LPM של דמי לנבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה, כתלות בדמי לתוכנית, דמיים לשנים ומשתני האינטראקציה. הקווים המקווקווים הם רווחי סמך (ברמת ביטחון של 95%). שנת 2012 היא השנה האחרונה שבה תלמידי י"ב טרם השלימו 3 שנים בתוכנית "עתודה מדעית טכנולוגית", ושנת 2014 היא השנה האחרונה לפני יישום התוכנית "לתת חמש".

**המקור:** משרד החינוך ועיבודי המחברים.

איור 3. שיעור הנבחנים במצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית"<sup>1</sup> מתלמידי י"ב: תלמידי בתי ספר בתוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית", "לתת חמש" ואחרים<sup>2</sup>  
 א. שיעור הנבחנים (אחוזים)

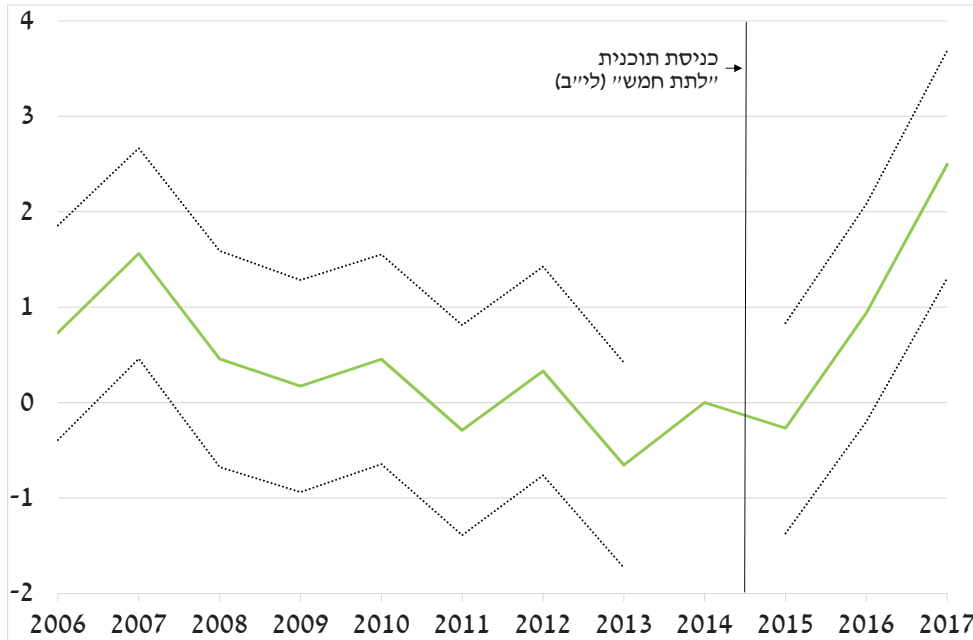


ב. "עתודה מדעית-טכנולוגית" פחות אחרים<sup>2</sup>  
 (בהשוואה להפרש בשנת 2012, נקודות אחוז)





ג. "לתת חמש" פחות אחרים<sup>3</sup>  
(בהשוואה להפרש בשנת 2014, נקודות אחוז)



<sup>1</sup> מתמטיקה בהיקף 5 יח"ל, מקצוע במדעי הטבע (פיזיקה/ כימיה/ ביולוגיה) בהיקף של 5 יח"ל, וכן מקצוע מדעי נוסף (פיזיקה/ כימיה/ ביולוגיה/ מדעי המחשב) או מגמה טכנולוגית (הנדסת תוכנה/ אלקטרוניקה/ מכונות/ ביוטכנולוגיה ועוד) בהיקף של 5 יח"ל.  
<sup>2</sup> בתי הספר באוכלוסיית המחקר. בתי ספר ב"עתודה מדעית-טכנולוגית" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2011 (או מהפיילוט של 2010) עד סוף 2017; בתי ספר ב"לתת חמש" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2015 עד סוף 2017;  
 בתי ספר אחרים – בתי ספר שלא פעלה בהם "עתודה מדעית-טכנולוגית" או "לתת חמש" עד סוף 2017.  
<sup>3</sup> מבוסס על אומדי משתני האינטראקציה של דמי לתוכנית x דמי לשנה, באמידות LPM של דמי לנבחן במצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית" כתלות בדמי לתוכנית, דמייים לשנים ומשתני האינטראקציה. הקווים המקווקווים הם רווחי סמך (ברמת ביטחון של 95%). שנת 2012 היא השנה האחרונה שבה תלמידי י"ב טרם השלימו 3 שנים בתוכנית "עתודה מדעית טכנולוגית", ושנת 2014 היא השנה האחרונה לפני יישום התוכנית "לתת חמש".  
**המקור:** משרד החינוך ועיבודי המחברים.

## ה. שיטת האמידה והתוצאות

השפעות התוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש" על משתני התוצאה נאמדו בשיטת "הפרש ההפרשים" (Difference in Differences): בבתי הספר שבהם הופעלו התוכניות (כלומר בתי הספר שקיבלו "טיפול") נבחן ההפרש בין משתני התוצאה לאחר פתיחת התוכניות לבין משתני התוצאה קודם לכן לעומת ההפרש בבתי הספר האחרים (אלו שלא השתתפו אף פעם בתוכניות – בתי הספר של ההשוואה) באותו פרק זמן. כפי שהראינו קודם לכן באיורים 2 ו-3 (החלק התחתון), התקיימו מגמות דומות (common trends) במשתני התוצאה בבתי הספר של הטיפול ובאלה של ההשוואה זמן קצר לפני פתיחת התוכניות. ההנחה העומדת מאחורי השיטה היא אפוא שאלמלא פתיחת התוכניות, השינוי במשתני התוצאה אחרי פתיחתן בבתי הספר של הטיפול היה דומה לשינוי באלה של ההשוואה. האמידות נערכו תוך שהובאו בחשבון מאפייני הרקע של התלמידים ובתי הספר והתכונות הקבועות של בתי הספר (Fixed Effects), המגלמות למשל את הזרם החינוכי ואת מקומו של בית הספר (לדוגמה מרכז מול פריפריה). עם מאפייני הרקע נמנה גם הציון של התלמיד במבחן המיצ"ב במתמטיקה בכיתה ח', ולכן ניתן לראות במשוואה הנאמדת מעין מודל של ערך מוסף (דהיינו הישגי התלמיד במתמטיקה בבחינת הברגרות נמדדים יחסית להישגיו בבחינת המיצ"ב במתמטיקה שנערכה קודם לכן). תיאור מפורט של המשוואה הנאמדת ניתן למצוא אצל זוסמן ומעגן (2019). האמידות נערכו בשיטת הריבועים הפחותים (LPM), אלא אם כן צוין אחרת<sup>10</sup>.

האמידות נסבו על בתי הספר של "עתודה מדעית-טכנולוגית" שהצטרפו לתוכנית בשנת 2011 (או בפילוט של 2010) ולא עזבו אותה עד 2017, בתי הספר של "לתת-חמש" שנכנסו בשנת 2015 ולא עזבו עד 2017, ובתי ספר אחרים שלא השתתפו בתוכניות עד 2017 (ראו נספח נ'1- אצל זוסמן ומעגן, 2019). מכאן שבאמידות נכללים רק חלק מכלל בתי הספר באוכלוסיית המחקר.

### 1. היבחות במתמטיקה ובמקצועות מדעיים-טכנולוגיים בהיקף של 5 יח"ל

בלוח 1 (מודל 1) מוצגות תוצאות האמידות של הסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה בבתי הספר של "עתודה מדעית טכנולוגית" בהשוואה לבתי הספר האחרים. בתקופה שלפני הפעלת תוכנית העתודה הפער בין הסיכוי של תלמיד בבית ספר של העתודה להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה לבין הסיכוי של תלמיד בבית ספר אחר לא היה שונה באופן מובהק מהפער בשנת 2012 (השנה האחרונה לפני שתלמידי י"ב נחשפו לתוכנית העתודה), כלומר היו מגמות דומות בסיכוי ההיבחות. בשנים 2014–2016 עלה הסיכוי היחסי לטובת בתי הספר של העתודה בכ-2 נקודות אחוז, ובשנת 2017 הוא קפץ לכ-5 נקודות אחוז (בהשוואה לשיעור הנבחנים של יותר מ-13% בבתי הספר של העתודה בשנת 2012). ניתן להעריך שהתגברות ההשפעה של תוכנית העתודה בשנת 2017 נבעה מסיום י"ב (משנת 2016 ואילך) של תלמידים שהשתתפו בתוכנית החל מכיתה ז', וכן מתהליכי הטמעתה.

אמידות נפרדות לפי המגדר, המגזר, השכלת האם והציון בבחינת המיצ"ב במתמטיקה בכיתה ח' העלו את התובנות הבאות (ראו זוסמן ומעגן, 2019): תרומת התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" להעלאת שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה אצל תלמידות ואלו שציוניהם במיצ"ב גבוהים מהמוצע גדולה בכ-1–2 נקודות אחוז מזו בקבוצות המשלימות. לא נמצאו הבדלים בולטים בין תלמידי החינוך העברי לערבי, ובחינוך העברי – לפי השכלת האם.

התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" העלתה עד 2017 את הסיכוי להיבחן במצרף מקצועות העתודה בכ-4 נקודות אחוז (לוח 1, מודל 2); ערב הפעלת התוכנית שיעור הנבחנים במצרף עמד על כ-8%, ולכן מדובר על עלייה של מחצית בסיכוי. חלק ממנה נבע מגידול של שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בבתי הספר של העתודה יחסית לבתי הספר האחרים, כפי שהראינו לעיל; ואולם גם השיעור של הנבחנים בפיזיקה ובמדעי המחשב בהיקף של 5 יח"ל בבתי הספר של העתודה עלה ב-2–3 נקודות אחוז יחסית לשיעורם בבתי הספר האחרים, בעוד שביתר המקצועות

10 אמידות לוגיסטיות (GLIMMIX ב-SAS) הניבו תוצאות דומות.

נרשמה יציבות יחסית (לא מוצג). העלייה היחסית בסיכוי של תלמידי בתי הספר של העתודה להיבחן במצרף מקצועות העתודה לפי מאפייני התלמידים דומה לעלייה היחסית בסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה.

עד עתה אמדנו את השפעת תוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" על שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות העתודה באמצעות השוואה של משתני התוצאה האלה בין תלמידי בתי הספר של העתודה (קבוצת הטיפול) לבין תלמידי בתי הספר האחרים (קבוצת ההשוואה). אמנם המגמות של משתני התוצאה לפני הפעלת התוכנית היו דומות, אולם כפי שצינו לעיל, תלמידי בתי הספר האחרים הם מרקע חברתי-כלכלי חלש יחסית, וכך גם שיעור הנבחנים באותם מקצועות. לפיכך חזרנו על האמידות כאשר קבוצת ההשוואה היא תלמידי בתי הספר של "לתת חמש". יש לשים לב שבשנים 2013–2014 פעלה תוכנית העתודה וטרם הופעלה התוכנית "לתת חמש", כך שלגבי אותה תקופה נמדדת רק השפעת תוכנית העתודה, ואילו לגבי השנים שלאחר מכן מדובר על השוואה בין השפעות שתי התוכניות.

כבר בשנת 2014 הייתה בבתי הספר של העתודה עלייה של כ-3 נקודות אחוז בשיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה (לוח 1, מודל 3) ושל כ-2 נקודות אחוז בשיעור הנבחנים במצרף מקצועות העתודה בהשוואה לבתי הספר של "לתת חמש" (לוח 1, מודל 4); פערים אלו נשמרו גם לאחר הפעלת התוכנית "לתת חמש". אשר להבדלים אפשריים בהשפעת תוכנית העתודה לפי קבוצות אוכלוסייה (לא מוצג), היא תרמה לתלמידות (עלייה של למעלה מ-4 נקודות אחוז) אך לא באופן מובהק לתלמידים, ותרמה לאלה שציוניהם במיצ"ב גבוהים מהממוצע (כ-5 נקודות אחוז) הרבה יותר מאשר לאלה שציוניהם נמוכים מהממוצע (כ-2 נקודות אחוז). ממצאים אלו עולים בקנה אחד עם התוצאות שהתקבלו כאשר קבוצת ההשוואה הייתה בתי הספר האחרים. לא נמצאה השפעה מובהקת של תוכנית העתודה על הסיכוי ללמוד כל אחד מהמקצועות המדעיים-טכנולוגיים (לא מוצג).

תוצאות אמידות של השפעת תוכנית "לתת חמש" על הסיכויים להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות העתודה בהשוואה לסיכויים של תלמידי בתי הספר האחרים מוצגות בלוח 2. בשנת 2017, השנה הראשונה שבה בוגרי י"ב נחשפו לתוכנית במהלך כל לימודיהם בתיכון, העלתה התוכנית את הסיכוי היחסי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה בקרוב ל-3 נקודות אחוז (בהשוואה לכ-13% בשנת 2012, ערב הפעלת התוכנית). השפעת התוכנית התמקדה בבנים (כ-4 נקודות אחוז), ולא הורגשה אצל הבנות, ובחינוך הערבי היא הייתה גבוהה במקצת מאשר בחינוך העברי (ראו זוסמן ומעגן, 2019). הסיכוי היחסי להיבחן במצרף מקצועות העתודה עלה בקרוב ל-4 נקודות אחוז (בהשוואה לכ-8% בשנת 2014, ערב הפעלת התוכנית), רובו ככולו בזכות העלייה בשיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה.

מבדיקות שערכנו עולה שלאחר יישום התוכניות שיעור העוברים את הבחינה ב-5 יח"ל במתמטיקה והציון בה לא ירדו ירידה של ממש. (ראו זוסמן ומעגן, 2019).

לקט ניתוחי מדיניות וסוגיות מחקריות

לוח 1. הסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית"<sup>1</sup>:

בתי הספר בתוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" בהשוואה לבתי הספר האחרים ולבתי הספר של "לתת חמש"<sup>2</sup>

בהשוואה לבתי ספר של "לתת חמש"		בהשוואה לבתי ספר אחרים		המשתנה המסביר <sup>3</sup>
מצרף מקצועות העתודה	5 יח"ל במתמטיקה	מצרף מקצועות העתודה	5 יח"ל במתמטיקה	
מודל 4	מודל 3	מודל 2	מודל 1	
-0.008	-0.039***	0.013	-0.048***	עתודה
-0.012	0.004	-0.017	-0.007	עתודה × 2006 <sup>4</sup>
-0.003	-0.016	-0.026	0.003	עתודה × 2007 <sup>4</sup>
-0.019	-0.007	-0.019**	-0.009	עתודה × 2008 <sup>4</sup>
0.000	0.01	-0.013*	0.002	עתודה × 2009 <sup>4</sup>
-0.007	0.001	-0.008	-0.007	עתודה × 2010 <sup>4</sup>
0.014	0.029**	-0.001	-0.003	עתודה × 2011 <sup>4</sup>
<b>0.011</b>	<b>0.018</b>	<b>-0.003</b>	<b>-0.004</b>	עתודה × 2013 <sup>4</sup>
<b>0.024***</b>	<b>0.031***</b>	<b>0.008</b>	<b>0.026*</b>	עתודה × 2014 <sup>4</sup>
<b>0.021**</b>	<b>0.032**</b>	<b>0.013</b>	<b>0.020*</b>	עתודה × 2015 <sup>4</sup>
<b>0.012</b>	<b>0.019</b>	<b>0.015</b>	<b>0.018</b>	עתודה × 2016 <sup>4</sup>
<b>0.021*</b>	<b>0.035**</b>	<b>0.040***</b>	<b>0.048***</b>	עתודה × 2017 <sup>4</sup>
V	V	V	V	המאפיינים של התלמיד והוריו
V	V	V	V	המאפיינים של המורים ובית הספר
V	V	V	V	מגמת הזמן לפי מחוז
V	V	V	V	דמי לבית הספר
221,873	221,873	213,889	213,889	מספר התצפיות
152	152	199	199	מספר בתי הספר
(114)	(114)	(114)	(114)	(מזה: בעתודה)
0.133	0.211	0.135	0.207	Adjusted R <sup>2</sup>

\*, \*\*, \*\*\* מובהק ברמה של 10%, 5% ו-1%, בהתאמה.

(1) מתמטיקה בהיקף 5 יח"ל, מקצוע במדעי הטבע (פיזיקה/כימיה/ ביולוגיה) בהיקף של 5 יח"ל, וכן מקצוע מדעי נוסף (פיזיקה/כימיה/ביולוגיה/מדעי המחשב) או מגמה טכנולוגית (הנדסת תוכנה/אלקטרוניקה/מכונות/ביוטכנולוגיה ועוד) בהיקף של 5 יח"ל.

(2) בתי הספר באוכלוסיית המחקר. בתי ספר ב"עתודה מדעית-טכנולוגית" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2011 (או מהפיילוט של 2010) עד סוף 2017; בתי ספר ב"לתת חמש" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2015 עד סוף 2017; בתי ספר אחרים – בתי ספר שלא פעלה בהם "עתודה מדעית-טכנולוגית" או "לתת חמש" עד סוף 2017.

(3) באמידות נכללים גם שיעור החשיפה של בתי הספר ל"עוז לתמורה", מספר השנים שהתלמיד נחשף ל"אופק חדש" ושיעור החשיפה לעתודה בחטיבת הביניים.

(4) בהשוואה להפרש בסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה בין תלמידי בתי הספר של "עתודה מדעית-טכנולוגית" לתלמידי בתי הספר האחרים, של "לתת חמש" בשנת 2012. שנת 2012 היא השנה האחרונה שבה תלמידי י"ב טרם השלימו 3 שנים בתוכנית העתודה.

לוח 2. הסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות "עתודה מדעית-טכנולוגית"<sup>1</sup>:  
 בתי הספר בתוכנית "לתת חמש" בהשוואה לבתי הספר האחרים<sup>2</sup>

המשתנה המסביר <sup>3</sup>	5 יח"ל במתמטיקה	מצרף מקצועות העתודה
לתת חמש	0.015	0.044**
לתת חמש × 2006 <sup>4</sup>	-0.009	0.007
לתת חמש × 2007 <sup>4</sup>	0.031	0.002
לתת חמש × 2008 <sup>4</sup>	-0.006	0.013
לתת חמש × 2009 <sup>4</sup>	0.001	0.003
לתת חמש × 2010 <sup>4</sup>	-0.003	0.013
לתת חמש × 2011 <sup>4</sup>	-0.017	0.006
לתת חמש × 2012 <sup>4</sup>	0.011	0.021**
לתת חמש × 2013 <sup>4</sup>	-0.008	0.003
לתת חמש × 2015 <sup>4</sup>	-0.003	0.012
לתת חמש × 2016 <sup>4</sup>	0.006	0.022**
לתת חמש × 2017 <sup>4</sup>	0.028*	0.037**
המאפיינים של התלמיד והוריו	V	V
המאפיינים של המורים ובית הספר	V	V
מגמת הזמן לפי מחוז	V	V
דמי לבית הספר	V	V
מספר התצפיות	98,540	98,540
מספר בתי הספר	123	123
(מזה: ב"לתת חמש")	(38)	(38)
Adjusted R <sup>2</sup>	0.206	0.144

\*, \*\*, \*\*\* מובהק ברמה של 10%, 5% ו-1%, בהתאמה.

(1) מתמטיקה בהיקף 5 יח"ל, מקצוע במדעי הטבע (פיזיקה/כימיה/ביולוגיה) בהיקף של 5 יח"ל, וכן מקצוע מדעי נוסף (פיזיקה/כימיה/ביולוגיה/מדעי המחשב) או מגמה טכנולוגית (הנדסת תוכנה/אלקטרוניקה/מכונות/ ביוטכנולוגיה ועוד) בהיקף של 5 יח"ל.

(2) בתי הספר באוכלוסיית המחקר. בתי ספר ב"לתת חמש" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2015 עד סוף 2017; בתי ספר אחרים – בתי ספר שלא פעלה בהם "עתודה מדעית-טכנולוגית" או "לתת חמש" עד סוף 2017.

(3) באמידות נכללים גם שיעור החשיפה של בתי הספר ל"עוז לתמורה", מספר השנים שהתלמיד נחשף ל"אופק חדש" ושיעור החשיפה לעתודה בחטיבת הביניים.

(4) בהשוואה להפרש בסיכוי להיבחן ב-5 יח"ל במתמטיקה/ במצרף מקצועות העתודה בין תלמידי בתי הספר של "לתת חמש" לתלמידי בתי הספר האחרים בשנת 2014. שנת 2014 היא השנה האחרונה לפני הפעלת התוכנית "לתת חמש".

## 2. כניסה ללימודי תואר ראשון במדעים

שתי התוכניות נועדו בעקיפין להעלות את שיעור הפונים ללימודים אקדמיים של המקצועות המדעיים-טכנולוגיים (STEM), העשויים להוביל להשתלבות מוצלחת בשוק העבודה, לרבות בענף ההייטק. אמדנו אפוא את ההסתברות להתחיל שנה א' לתואר ראשון (עד 2018) במדעים, הכוללים אחד או יותר מהמקצועות הבאים: מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב; מדעים פיזיקליים (לרבות כימיה); מדעים ביולוגיים וחקלאות; הנדסה. כמו כן אמדנו את ההסתברות ללמוד את המקצועות שיש להם זיקה לענף ההייטק: מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב; פיזיקה והנדסה.

הבוגרים הראשונים של התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" סיימו כיתה י"ב בשנת 2013 והיו בני 23 בלבד בשנת 2018; חלק גדול מאותה קוהורטה – אלה ששירתו בצבא ומעוניינים להמשיך ללימודים גבוהים – טרם הספיקו לעשות כן. לפיכך הגבלנו את האמידות לבוגרי החינוך הערבי (למעט גברים דרוזים) שסיימו י"ב עד 2016. יצוין שיותר משני שלישים ממסיימי י"ב שהחלו ללמוד את המקצועות המדעיים עשו כן בתוך שנתיים (ועוד כרבע בשנה השלישית מסיום התיכון). זוסמן ומעגן (2019) מראים שבתקופה של עד שנתיים או שלוש שנים מסיום י"ב בשנים 2015–2016 שיעור המתחילים ללמוד את המקצועות המדעיים עלה בסדר גודל של נקודת אחוז אצל בוגרי בתי הספר של העתודה בהשוואה למסיימים בשנים הקודמות, ואילו אצל בוגרי בתי הספר של "לתת חמש" והאחרים השיעור היה פחות או יותר יציב במהלך השנים האמורות.

תוצאות האמידות מובאות בלוח 3. סיכוייהם של בוגרי בתי ספר ערביים של העתודה בשנים 2015–2016 להתחיל תואר ראשון במדעים (עד 2018) עלו בסדר גודל של 2 נקודות אחוז (לעומת כ-4.7% מבוגרי בתי הספר הערביים של העתודה ב-2012 שהחלו ללמוד מדעים), וזאת בהשוואה לבוגרי בתי הספר הערביים האחרים. תמונה דומה מתקבלת גם בהשוואה לבוגרי בתי הספר של "לתת חמש". בדיקות הטרוגניות (לא מוצגות) מלמדות שההשפעות אצל הבנים והבנות דומות, והן מורגשות רק בקרב אלו שציוניהם בבחינת המיצ"ב במתמטיקה בכיתה ח' מעל הממוצע (2.6 נקודות אחוז). תוכנית העתודה הגדילה בכ-1 נקודת אחוז את הסיכוי להתחיל ללמוד את המקצועות שיש להם זיקה להייטק. (כ-3.7% מבוגרי בתי הספר של העתודה ב-2012 החלו ללמוד את מקצועות ההייטק.)

יש לסייג את הממצאים לעיל: מספר בתי הספר בחינוך הערבי שהשתתפו באמידות קטן, ומספר תלמידיהם שהשלימו שלוש שנות תיכון בבתי הספר של העתודה (כלומר בוגרי י"ב בשנים 2013–2016) אינו גדול; מובן אפוא שקטן עוד יותר מספרם של בוגרי תוכנית העתודה בחטיבה ובתיכון גם יחד (חלק מבוגרי י"ב ב-2016 בלבד), שהתוכנית פעלה עליהם במלואה. על כל פנים, בעתיד יהיה מקום לערוך אמידות גם בקרב תלמידי בתי הספר של "לתת חמש" וכן בקרב בוגרי החינוך העברי, עם הגעתם לגיל השכיח להתחלת לימודים גבוהים.

לוח 3. הסיכוי של בוגרי החינוך הערבי<sup>1</sup> להתחיל ללמוד (עד 2018) לתואר ראשון  
מקצועות מדעיים<sup>2</sup> ומקצועות בזיקה לענף ההייטק<sup>3</sup>:

בתי ספר בתוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" בהשוואה לבתי ספר אחרים ולאלו בתוכנית "לתת חמש"<sup>4,5</sup>

מזה: בזיקה להייטק		מקצועות מדעיים		המשתנה המסביר <sup>6</sup>
עתודה מול "לתת חמש"	עתודה מול אחרים	עתודה מול "לתת חמש"	עתודה מול אחרים	
-0.010**	0.002	-0.001#	-0.001	עתודה
-0.008	-0.005	-0.018**	-0.009*	עתודה × 2006 <sup>7</sup>
0.023**	0.020**	0.030**	0.026***	עתודה × 2007 <sup>7</sup>
-0.008	-0.002	-0.013	-0.003	עתודה × 2008 <sup>7</sup>
0.002	-0.001	0.008	0.007	עתודה × 2009 <sup>7</sup>
-0.008#	-0.005*	-0.011*	-0.014	עתודה × 2010 <sup>7</sup>
-0.002	0.000	0.006	0.007	עתודה × 2011 <sup>7</sup>
<b>-0.002</b>	<b>-0.003</b>	<b>-0.004</b>	<b>-0.001</b>	עתודה × 2013 <sup>7</sup>
<b>-0.006</b>	<b>0.000</b>	<b>-0.004</b>	<b>0.001</b>	עתודה × 2014 <sup>7</sup>
<b>0.016**</b>	<b>0.009*</b>	<b>0.034***</b>	<b>0.018***</b>	עתודה × 2015 <sup>7</sup>
<b>0.009</b>	<b>0.011**</b>	<b>0.014#</b>	<b>0.024***</b>	עתודה × 2016 <sup>7</sup>
V	V	V	V	המאפיינים של התלמיד והוריו
V	V	V	V	המאפיינים של המורים ובית הספר
V	V	V	V	מגמת הזמן
V	V	V	V	דמי לבית הספר
33,750	31,888	33,750	31,888	מספר התצפיות
29	50	29	50	מספר בתי הספר
(14)	(14)	(14)	(14)	(מזה: בעתודה)
0.366	0.469	0.368	0.471	Pseudo R <sup>2</sup>

\*, \*\*, \*\*\* מובהק ברמה של 15%, 10%, 5% ו-1%, בהתאמה.

#, \*, \*\*, \*\*\* ערבים וערביות (ונשים דרוזיות) שסיימו י"ב עד 2016.

(2) מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב; מדעים פיזיקליים (לרבות כימיה); מדעים ביולוגיים וחקלאות; הנדסה.

(3) מתמטיקה, סטטיסטיקה ומדעי המחשב; פיזיקה, והנדסה.

(4) בתי הספר באוכלוסיית המחקר. בתי ספר ב"עתודה מדעית-טכנולוגית" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2011 (או מהפילוט של 2010) עד סוף 2017; בתי ספר ב"לתת חמש" – רק אלו שהתוכנית פעלה בהם ברציפות משנת 2015 עד סוף 2017; בתי ספר אחרים – בתי ספר שלא פעלה בהם "עתודה מדעית-טכנולוגית" או "לתת חמש" עד סוף 2017.

(5) נערכו אמידות לוגיסטיות (GLIMMIX ב-SAS). בלוח מוצגות ההשפעות השוליות בנקודות הממוצעים של הערכים המסבירים.

(6) באמידות נכללים גם שיעור החשיפה של בתי הספר ל"עוץ לתמורה", מספר השנים שהתלמיד נחשף ל"אופק חדש" ושיעור החשיפה לעתודה בחטיבת הביניים.

(7) בהשוואה להפרש בסיכוי להתחיל ללמוד לתואר ראשון בין בוגרי בתי הספר של "עתודה מדעית-טכנולוגית" לבוגרי בתי הספר של "לתת חמש" בשנת 2012. שנת 2012 היא השנה האחרונה שבה תלמידי י"ב טרם השלימו 3 שנים בתוכנית העתודה.

## ו. סיכום

בעשור הקודם נרשמה ירידה מתמשכת של שיעור התלמידים הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף של מקצועות מדעיים-טכנולוגיים. מגמה זו, ועמה ההישגים הנמוכים של תלמידי ישראל במבחנים הבין-לאומיים באותם תחומים, הצורך של המשק ובפרט של הענפים עתירי הידע בכוח אדם מיומן בתחומי המדע והטכנולוגיה והרצון להעלות את כושר ההשתכרות של בוגרי מערכת החינוך, הניעו את משרד החינוך ליזום שתי תוכניות לתגבור לימודי המתמטיקה והמדעים בבתי הספר – "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש".

התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית" מופעלת מאז 2011 בחלק מחטיבות הביניים והתיכונים במטרה להעלות את שיעור הניגשים לבחינות הבגרות ב-5 יחידות לימוד (יח"ל) במתמטיקה ובשני מקצועות מדעיים-טכנולוגיים (להלן מצרף מקצועות העתודה), והתוכנית "לתת חמש" מופעלת מאז 2015 בתיכונים לחיזוק לימודי המתמטיקה בהיקף של 5 יח"ל (תוספת שעות התקן מוענקת לחלק מבתי הספר שאינם בתוכנית העתודה).

המחקר מלמד שתוכנית העתודה הביאה עד 2017 לגידול של 4–5 נקודות אחוז בשיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף מקצועות העתודה בהשוואה לתלמידי בתי הספר שלא השתתפו בשתי התוכניות (שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה ובמצרף עמד בבתי הספר של העתודה ערב התוכנית על 13% ו-8%, בהתאמה). תוכנית "לתת חמש" העלתה את שיעור הנבחנים ב-5 יח"ל במתמטיקה בקרוב ל-3 נקודות אחוז (שיעור הנבחנים ערב התוכנית עמד על 14%). בעקבות הפעלתן של שתי התוכניות לא הייתה ירידה של ממש בשיעור העוברים את הבחינה ב-5 יח"ל במתמטיקה ובציוניהם, משמע שגידול בכמות הנבחנים לא הביא להרעה בתוצאות הבחינות.

תוכנית העתודה העלתה את הסיכוי של בוגרי החינוך הערבי להתחיל (עד 2018) תואר ראשון במדעים בסדר גודל של 2 נקודות אחוז (בהשוואה ל-5% ערב התוכנית) ואת הסיכוי ללמוד את מקצועות ההייטק בכ-1 נקודת אחוז (בהשוואה ל-4%). ייתכן שמדובר באומדן חסר, שכן עמדו לרשותנו רק שנתיים מסיום י"ב אשר בהן ניתן לבדוק אם בוגרי תוכנית העתודה במלואה (כלומר מכיתה ז' עד י"ב) החלו בלימודים אקדמיים. בעתיד יהיה מקום לבחון את הסוגיה בהתייחס לתוכנית "לתת חמש" ובקרב בוגרי החינוך העברי.

קשה לערוך חישוב עלות-תועלת של התוכניות, במיוחד של "לתת חמש", שבוגריה טרם הספיקו לבוא בשערי מערכת ההשכלה הגבוהה, וקשה עוד יותר להשוות לחישובים מקבילים של תוכניות התערבות אחרות. בכל זאת נערוך חישוב גס לגבי התוכנית "עתודה מדעית-טכנולוגית". (להרחבה ראו זוסמן ומעגן, 2019). העלות הממוצעת לתלמיד בבית ספר שהשתתף בתוכנית העתודה מכיתה ז' עד י"ב היא כ-1.1 אלפי ש"ח, והגידול המהוון של השכר במהלך החיים בזכות העלייה בסיכוי להתחיל לימודים אקדמיים במדעים (במקצועות ההייטק) בהשוואה לזה של בוגרי מדעי החברה עומד על כ-14 אלפי ש"ח (כ-8 אלפים ש"ח במקצועות ההייטק). מכאן שהתועלת של תוכנית העתודה גדולה בסדר גודל של פי עשרה מעלותה. במידה ומעגל המשתתפים בתוכניות העתודה ו"לתת חמש" יורחב, כך שיכלול גם תלמידים בעלי יכולות נמוכות מאלו שהצטרפו אליהן, קרוב לוודאי שיהיה צורך להגדיל את העלות לתלמיד אם מעוניינים לאפשר לאותם תלמידים להצליח בלימודים כמו התלמידים הנוכחיים בתוכניות. גם התועלת, במונחי השתכרות עתידית, עשויה להיות נמוכה יותר.



### ביבליוגרפיה

- אחדות, ל', א' גוטמן, א', זוסמן, נ', ליפנר, וע' מעין (2018). התשואה במונחי שכר להשכלה הנרכשת באוניברסיטאות ובמכללות, סדרת מאמרים לדיון 2018.11, חטיבת המחקר, בנק ישראל, ירושלים.
- בנטל, ב' ודי פלד (2016). האם קיים מחסור בבעלי תארים אקדמיים במדע וטכנולוגיה? מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית.
- ברנד, ג' (2018). "באיזה מידה מדינת הסטארט-אפ יכולה לגדול?", בתוך: א' וייס (עורך), דוח מצב המדינה 2018, עמ' 87-120, מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל, ירושלים.
- הרפז-מזוז, י' וז' קריל (2017). המקפצה להייטק, סדרת מאמרים לדיון, אגף הכלכלן הראשי, משרד האוצר, 10/09/2017, ירושלים.
- הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך (2016). הערכת התוכנית "מתמטיקה תחילה" בשנה"ל תשע"ה: דוח הערכה, משרד החינוך.
- הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך (2017א). פיז"ה 2015: אוריינות בקרב תלמידים בני 15 במדעים, בקריאה ובמתמטיקה – מבט ישראלי, משרד החינוך.
- הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך (2017ב). מיצ"ב תשע"ז – מדדי יעילות וצמיחה בית ספרית, מבחני הישגים, משרד החינוך.
- הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך (2018א). הערכת התוכנית הלאומית למצוינות במתמטיקה בשנת הלימודים תשע"ז, משרד החינוך.
- הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך (2018ב). הערכת התוכנית הלאומית למצוינות במתמטיקה בשנת הלימודים תשע"ז, משרד החינוך.
- זוסמן, נ' ודי מעגן (2019). הערכת האפקטיביות של התוכניות "עתודה מדעית-טכנולוגית" ו"לתת חמש", סדרת מאמרים לדיון 2019.10, חטיבת המחקר, בנק ישראל, ירושלים.
- משרד החינוך (2015). תכנית לקידום המתמטיקה והמצוינות המדעית, הוראת קבע מס' 0054 – חדש, חוזר מנכ"ל משרד החינוך, 1 ספטמבר 2015.
- משרד החינוך (2018). עתודה מדעית טכנולוגית – מסמך אב, המינהל למדע וטכנולוגיה, תשע"ט.
- צוק, מ' (עורכת) (2014). הגדלת היצע כוח אדם מיומן הנדרש לתעשייה עתירת הידע, דוח ועדת ההיגוי.
- קמחי, א' וא' הורוביץ (2015). החשיבות של היקף לימודי המתמטיקה בתיכון ללימודים אקדמיים ולקריירה העתידית של התלמידים בישראל, נייר מדיניות מס' 2015.01, מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל, ירושלים.
- קנדל, י' (עורך) (2012). המחסור בכוח אדם מיומן בטכנולוגיה עילית, המלצות הצוות הבינמשרדי.
- רימון, ע' ודי רומנוב (2012). דורכים על יהלומים: פוטנציאל המצוינות הלא ממומש של ישראל, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, סדרת ניירות עבודה מס' 67, ירושלים.
- שביב, מ' (עורכת) (2018). דוח הועדה להגדלת כוח אדם אקדמי במקצועות טכנולוגיה עילית (היי-טק), המועצה להשכלה גבוהה.