

## סיכום והמלצות

שם הוועדה	הוועדה לקידום החינוך המדעי
קבוצת עבודה	חשיבותו של החינוך המדעי לחוסן הלאומי והכלכלי של מדינת ישראל, השקעת משאבים (כלכליים ואחרים) בחינוך, וגיוס המגזר העסקי והציבורי לתמיכה בחינוך
יו"ר הוועדה	ד"ר אריאל היימן
יו"ר קבוצת העבודה	פרופ' חיים טייטלבוים
חברי קבוצת העבודה	גב' רינת שפרן, מר אבי ורשבסקי, מר אלי הורביץ, מר רואי שפר, מר מוחמד ח'חאילה, מר אלי מורגנשטרן, ד"ר מיכל טביביאן מזרחי
יועצים	ד"ר ניל נמיר, מר דב רוסו
תאריך	נובמבר 2024 – חשוון תשפ"ה

## תקציר מנהלים

מה הכדאיות הכלכלית של השקעת משאבים בחינוך מדעי ?  
מהי התשואה על השקעה זו ?  
מהי חשיבות החינוך המדעי לחוסן הלאומי והכלכלי של מדינת ישראל ?

בעבודה זו הונחו היסודות למדידת התרומה לתוצר הלאומי כתוצאה מהשקעה בלימודי STEM, במודל מבוסס נתונים ישראליים הבוחן את הכדאיות הכלכלית והמשקית בהשקעה לאומית בחינוך מוגבר במקצועות המתמטיקה והמדעים, ובחלוקה למגזרים שונים (כללי, בנים, בנות ומגזר ערבי). המודל מניח את התשתית האמפירית למדידת ההחזר במונחים כלכליים (IRR, NPV) כתוצאה מהשקעה ממשלתית בעידוד למידה במקצועות ה-STEM, ומדידת התוצר המשקי העודף המתקבל מהסללת תלמידים למקצועות המדעיים בתחום ההייטק בהיותם בוגרים.

נמצא כי השקעה בחינוך מדעי בגילאי בי"ס יסודי וחיטבת ביניים מייצרת אימפקט משמעותי ומדיד על התוצר הלאומי ופריין העבודה. הממצאים מצביעים על החזר של **עד פי 17 (!)** על ההשקעה, עם תוספת פריין משמעותית. החזר זה מבטא תוספת ישירה, מבלי להתחשב באדוות חיוביות רבות נוספות, כגון תרומת לימודי STEM גם על פריין מחוץ למגזר ההיי-טק, וכמובן על ערכים נוספים הרלבנטיים למדינה, כלכלתה ותושביה – ביניהם תחרותיות גלובלית, חוסן לאומי, תעסוקה רלבנטית, רווחה חברתית ועוד.

עוד נמצא כי קיים פוטנציאל בלתי ממומש בחתך אוכלוסיות ומגזרים, וכי מיקוד אפקטיבי של ההשקעה בסקטורים המאופיינים כיום בתת-ייצוג בתחומי ההייטק (נשים ואוכלוסיות מוחלשות) יאפשר לא רק לגשר על פערים חברתיים אלא גם למקסם את הכדאיות הכלכלית למשק כולו.

## פתח דבר

הועדה לחינוך מדעי-טכנולוגי במולמו"פ הקימה בשנת 2021 ארבע קבוצות עבודה לדיון במספר סוגיות יסוד על-פי החלטת מליאת הוועדה. אחת מקבוצות העבודה נועדה לבחון את חשיבותו של החינוך המדעי-טכנולוגי לחוסן הלאומי והכלכלי של מדינת ישראל, וכפועל יוצא את השקעת המשאבים (כלכליים ואחרים) הנדרשים בחינוך, כמו גם גיוס המגזר העסקי והציבורי לתמיכה בחינוך.

מטרתה העיקרית של קבוצה זו הייתה לייצר או לזהות, אם ניתן, הוכחה כלכלית כמותית לכדאיות ההשקעה בחינוך המדעי-טכנולוגי, ולגבש מסקנות והמלצות לפעולה בהתאם. ההישג התקדימי של קבוצת העבודה הוא הצעת מודל כלכלי לכימות התשואה על ההשקעה בחינוך המדעי במדינת ישראל, וזאת על בסיס ניתוח ההשפעה הכלכלית של תוכניות התערבות בלימודי המתמטיקה והמדעים שהופעלו בארץ החל משנת 2011.

## חברי קבוצת העבודה

**פרופ' חיים טייטלבוים (יו"ר קבוצת העבודה)** - המחלקה לפיסיקה אוניברסיטת בר-אילן. בעבר, רקטור האוניברסיטה, חבר המועצה להשכלה גבוהה (מל"ג) ויו"ר מרכז החישובים הבינאוניברסיטאי (מחב"א).

**ד"ר אריאל היימן (יו"ר ועדת החינוך במולמו"פ)** - גאולוג בהשכלתו ומרצה באוניברסיטה העברית, בעלים משותפים של חברת הייעוץ "אור", וחוקר במכון למחקרי ביטחון לאומי (INSS). בעבר, מנכ"ל מכון דוידסון לחינוך מדעי, הזרוע החינוכית של מכון ויצמן למדע, וקצין המילואים הראשי בצה"ל בדרגת תת-אלוף.

**גב' רינת שפרן** - מנהלת אגף מדע וקהילה, משרד החדשנות המדע והטכנולוגיה

**מר אבי ורשבסקי** - מנכ"ל MindCET מבית מט"ח

**מר רואי שפר** - מפקד תכנית תלפיות - מפא"ת, משהב"ט

**מר אלי הורביץ** - מנכ"ל קרן טראמפ

**מר מוחמד ח'חאילה** - רפרנט חינוך באגף התקציבים במשרד האוצר (לשעבר)

**מר אלי מורגנשטרן** - רכז חינוך, אגף התקציבים במשרד האוצר (לשעבר)

**ד"ר מיכל טביביאן מזרחי** - ראש מרכז מנור מבית יוזמת המאה, סמנכ"לית אסטרטגיה ותכנון במשרד החינוך (לשעבר)

**יועצים:** ד"ר ניל נמיר, מר דב רוסי

## מבוא

חינוך עולה כסף. חינוך טוב עולה הרבה כסף.  
חינוך מדעי עולה הרבה כסף. חינוך מדעי טוב עולה הרבה מאד כסף.

ברור לכל, ובוודאי לקובעי המדיניות, כי חשוב להשקיע בחינוך וחשוב מאד להשקיע בחינוך מדעי איכותי. אבל האם ניתן למדוד את כדאיות ההשקעה הזו לא רק במונחים ערכיים וחינוכיים אלא גם במונחים כלכליים? האם ניתן להצביע כי ההשקעה בחינוך מדעי היא גם השקעה מוצלחת במונחים כלכליים? ואם במונחים כלכליים עסקינן – מה התשואה על השקעה זו? ואם כל זאת נכון, כיצד נשכנע את קובעי המדיניות שלא רק יצהירו שחינוך מדעי חשוב, אלא גם ישקיעו בו משאבים משמעותיים?

חתן פרס נובל לכלכלה James Heckman טען (2008) כי ככל שמשקיעים בחינוך הילדים מוקדם יותר, התשואה העתידית תהיה גבוהה יותר. Heckman טען כי התשואה על כל דולר שהושקע בגילאים שונים מאז תחילת החיים בהנחה שהושקע דולר אחד בכל גיל, יכולה להגיע ל-13 אחוז (פרופ' גיל אפשטיין 2021).

אם כן, החשיבות הכלכלית של לימודי המדעים ניתנת עקרונית למדידה באמצעות הקשר בין ההשקעה בחינוך למדעים בגיל צעיר לבין התשואה העתידית על השכלה זו. החשיבות הכלכלית של לימודי המדעים יכולה להימדד באופנים נוספים, כמו למשל בפערי השכר של עובדי ההייטק, אשר בישראל הם גבוהים במיוחד.

אז כדאי או לא כדאי? זו השאלה!

## עבודת הוועדה

לשם בירור הידע הקיים בנושא הכדאיות הכלכלית, קיימה קבוצת העבודה מספר מפגשים.

המפגש הראשון הוקדש למושגי יסוד בכלכלת חינוך ותוצר כלכלי לאומי והתארחו בו ד"ר איריס בן דוד הדר מאוניברסיטת בר-אילן, מומחית לכלכלת חינוך, וד"ר עדי ברנדר, מנהל אגף מקרו ומדיניות בבנק ישראל. במפגש השני הציגו חברי הקבוצה אלי הורביץ מקרן טראמפ ורואי שפר ממשרד הביטחון את זוויות המבט של הפילנתרופיה ושל מערכת הביטחון על תרומת החינוך המדעי לחוסן הלאומי. לדיון זה הצטרף נציג משרד האוצר אלי מורגנשטרן שדיבר על היעדים הממשלתיים, האתגרים והסרת החסמים בדרך להשגתם.

במקביל למפגשים אלו נערכו מספר סקירות ספרות ע"י יועצי המולמו"פ דב רוסו וד"ר ניל נמיר, והתקיימו מספר רב של שיחות והתייעצויות עם גורמי חינוך, כלכלה ומכוני מחקר רלוונטיים (מכון שורש, מרכז טאוב, מכון אהרון ועוד). בשורה התחתונה התברר כי מדידת התועלת הכלכלית של החינוך המדעי היא שאלה מאתגרת במיוחד, אשר מחייבת תיכלול מושכל של מידע רב.

למרבה ההפתעה לא נמצאו מודלים העוסקים בנושא באופן ישיר, לא בארץ ולא בעולם. ספרה של הכלכלנית ד"ר רות קלינוב-מלול משנת 1966, על רווחיות ההשקעה בחינוך בישראל, הוא היחידי בעברית העוסק ישירות בנושא, אך גם בו לא נמצאו נתונים רלוונטיים.

לאור כל זאת פנינו לחברת "רציונל" – פרויקטים כלכליים, לשם ביצוע עבודה שתנסה להציע ולהציג הוכחה כלכלית לכדאיות ההשקעה בחינוך המדעי.

## עבודת חברת "רציונל"

חברת "רציונל" התבקשה לאיסוף חומרים ומידע מגורמים ומקורות שונים – משרדי ממשלה (אוצר, כלכלה, חינוך, עבודה), בנק ישראל, הלמ"ס, מכוני מחקר (מכון אהרון, מכון שורש, מרכז טאוב, מכון ברוקדייל, סטארט-אפ ניישן סנטרל), אנשי חינוך וכלכלנים, התאחדות התעשיינים וגורמים נוספים. החברה נדרשה לבצע מחקר נתונים, ניתוח והשוואה בינלאומית, ולהגיש מסמך מסכם הכולל מושגים, נתונים והמלצות.

בפרט, נדרשו עורכי המחקר לבצע:

1. סקירה וניתוח השוואתי של מחקרים העוסקים בכדאיות ההשקעה ב-STEM - בארץ ובעולם.
2. הגדרת מערכת מושגים ופרמטרים לבחינת כדאיות השקעה בחינוך – בכלל, וב-STEM – בפרט.
3. יישום הפרמטרים לגבי המצב בישראל בתחום ה-STEM בחמש השנים האחרונות.
4. בחינת שילובם של בוגרי STEM בשוק התעסוקה ותרומתם לכלל ענפי המשק.
5. גיבוש תובנות לגבי אופן ההשקעה בחינוך מדעי-טכנולוגי אשר תיטיב עם כלכלת ישראל.

ולהתייחס, בין היתר, לסוגיות הבאות שעלו במהלך דיוני קבוצת הוועדה:

### כדאיות ההשקעה:

- מאקרו - תועלת משקית / פריון עבודה / תל"ג
- מיקרו – תועלת אישית / שכר עתידי

### אופן ההשקעה:

- מתי להשקיע – הגיל הרך / יסודי / על-יסודי / אקדמיה
- במה להשקיע – מחשבים / מתימטיקה / מדעים / מקצועי-טכנולוגי
- במי להשקיע – כולם / פריפריה / ערבים / חרדים
- כמה להשקיע – ממשלה / פילנתרופיה
- למה להשקיע – תרבות ואורח חיים / פיתוח ההון האנושי !

## המודל הכלכלי:

בעבודה המשותפת עם חברת "רציונל" הונחו היסודות למדידת התרומה לתוצר הלאומי כתוצאה מהשקעה בלימודי STEM, במודל מבוסס נתונים לאומיים הבוחן את הכדאיות הכלכלית והמשקית בהשקעה לאומית בחינוך מוגבר במקצועות המתימטיקה והמדעים, בגילאי החטיבה והתיכון, ובחלוקה למגזרים שונים (כללי, בנים, בנות ומגזר ערבי). המודל מניח את התשתית האמפירית למדידת ההחזר במונחים כלכליים (IRR, NPV) כתוצאה מהשקעה ממשלתית בעידוד למידה במקצועות ה-STEM, ומדידת התוצר המשקי העודף המתקבל מהסללת תלמידים למקצועות המדעיים בתחום ההייטק בהיותם בוגרים.

בשנים 2011 ו-2017 בהתאמה הופעלו בישראל תוכניות "עתודה מדעית טכנולוגית" ו"לתת חמש" בקרב חלק מחטיבות הביניים ובתי הספר התיכוניים. בבתי הספר בהן פעלו התוכניות הן בלמו את הירידה בבחירה בבגרות 5 יח"ל במתימטיקה, והעלו את שיעור הנבחנים בה ובבגרות מדעית בכלל ב-4-5 אחוזים ו3 אחוזים בהתאמה, בהשוואה לבי"ס בהם לא פעלו תוכניות אלה. תוכניות אלו היוו את הבסיס למדידת הכדאיות הכלכלית של ההשקעה במתימטיקה ובמדעים.

## **הפרמטרים העיקריים במודל:**

1. עלות ההשקעה בתוכנית התערבות לעידוד לימודי מתימטיקה ומדעים.
2. ניתוח השיפור בסיכויי התלמידים להשתלב במקצועות הטק כבוגרים.
3. ניתוח השוואתי של תרומה לתמ"ג לעובד במקצועות טכנולוגיים בהשוואה לעובד ממוצע במשק.
4. פרופורמה מחושבת על פני שנות העבודה הממוצעות לפי אוכלוסייה (גברים, נשים, מגזר ערבי).
5. היוון תזרים חזוי לתרומה היחסית השולית לפריון למונחי היום.

המחקר הנוכחי בחן את המודל על בסיס התוכנית "עתודה מדעית טכנולוגית" (עמ"ט) שהוגדרה כתוכנית מצוינות יוקרתית של החינוך הטכנולוגי ומטרתה הייתה לעודד תלמידים ללימודי 5 יחידות מתמטיקה יחד עם מקצועות המדעים, על ידי מתן כ 20 שעות שבועיות נוספות למשך 6 שנים, מכיתה ז' ועד סיום כיתה י"ב.

## **הנתונים שהוזנו למודל:**

1. עלות ההשקעה הממוצעת בתלמיד ב-6 שנות הלימודים הרלוונטיות (עד שנת 2018) = **11,441 ₪**.
2. שיפור הסיכוי ללימודי מדעים ולהשתלבות בהייטק בהמשך = **בין 0.8% ל-1.4%** (תלוי מגדר ומגזר)
3. תרומה לתמ"ג – עובד הייטק מול עובד ממוצע = **תוספת 468 אש"ח בשנה** (תלוי שיטת חישוב)
4. פרופורמה על פני שנות העבודה הממוצעות לאוכלוסייה הנמדדת (תלוי מגדר ומגזר)
5. היוון תזרים חזוי לתרומה היחסית השולית לפריון – לפי תשואה של אג"ח מדינה שקלי + הצמדה.

תוצאות המודל:

ערבי	בנות	בנים	כללי	משפך / מגזר
4.5	5.7	3.2	4.5	תוספת לומדי 5 יחידות מתוך 100 תלמידים
1.5	3.2	1.8	2.5	מתוכם תוספת ללימודים לתואר stem בזכות 5 יחידות
0.8	1.8	1.0	1.4	מתוכם עובדים בהייטק בזכות התואר
<b>11,441 ₪</b>	<b>11,441 ₪</b>	<b>11,441 ₪</b>	<b>11,441 ₪</b>	השקעה ממוצעת לתלמיד
98,337 ₪	191,901 ₪	107,669 ₪	151,409 ₪	החזר השקעה לתלמיד
<b>פי 8.6</b>	<b>פי 16.8</b>	<b>פי 9.4</b>	<b>פי 13.2</b>	<b>החזר מול השקעה</b>
17.4%	21.1%	16.1%	18.3%	IRR – שיעור תשואה פנימי

משמעויות וממצאים עיקריים

- פיתוח מודל כלכלי ייעודי על בסיס נתונים ישראלים ותוכניות התערבות חינוכיות.
- הממצא המרכזי – החזר **עד פי 17** על ההשקעה + תוספות פריון משמעויות.
- מיפוי פוטנציאל בלתי ממומש בחתך אוכלוסיות ומגזרים.
- המלצה למיקוד אפקטיבי של ההשקעה = נשים ואוכלוסיות מוחלשות.

נמצא כי השקעה בחינוך מדעי בגילאי בייס יסודי וחיטבת ביניים מייצרת אימפקט משמעותי ומדיד על התוצר הלאומי ופריון העבודה. במחקרים בינלאומיים הנתונים עומדים על החזרים של **פי 20** (!) על ההשקעה, הרבה יותר מביטחון, בריאות ורווחה. במודל כלכלי ייעודי ראשוני מסוג שנבנה לצורך עבודה זו על בסיס נתונים ישראליים מהשנים האחרונות, הממצאים מצביעים על החזר של **עד פי 17** (!) על ההשקעה, עם תוספת פריון משמעויות. החזר זה מבטא תוספת ישירה, מבלי להתחשב באדוות חיוביות רבות נוספות, כגון תרומת לימודי STEM גם על פריון מחוץ למגזר ההיי-טק, וכמובן על ערכים נוספים הרלבנטיים למדינה, כלכלתה ותושביה – ביניהם תחרותיות גלובלית, חוסן לאומי, תעסוקה רלבנטית, רווחה חברתית ועוד.

**בשורה התחתונה: בכל המגזרים כולם הוכחה כדאיות השקעה משמעויות מאד עבור המשק !**

### פירוט:

**בנות** – הסללת בנות ללימודי מדעים ומתמטיקה בגיל צעיר היא ההשקעה הכלכלית **המשתלמת ביותר**.  
**מגזר ערבי** - החזר ההשקעה נמוך יחסית, אבל מתקבל מהר יותר כי מתחילים לעבוד בגיל צעיר יותר.

**המגזר החרדי** - קיים חוסר במידע רלוונטי בשל תת-ייצוג משמעותי בסקטור ההייטק. נדרש מחקר המשך.  
**פריפריה** – תוכנית "עתודה מדעית טכנולוגית" - נמצא שיפור ממוצע באחוז הזכאים לבגרות בכל עשירוני הטיפוח, ההולך ויורד עם הירידה בעשירון הטיפוח. מומלץ לבצע מחקר עומק לניתוח הסיבות.

### מסקנות ותובנות:

**כדאיות כלכלית ישירה:** בעבודה זו פיתחנו לראשונה מודל "ישראלי" המוכיח, על בסיס נתונים מקומיים, כי קיימת כדאיות כלכלית גבוהה ביותר בהשקעה בלימודי מתמטיקה ומדעים בגילאים צעירים בכלל הסקטורים. ניתן להכווין את ההשקעה לסקטורים המאופיינים בתת ייצוג בתחומי ההייטק (נשים, ערבים, חרדים, מעמד סוציו-אקונומי נמוך) בכדי לגשר על פערים חברתיים ולנצל פוטנציאל לא ממומש בקבוצות אלו. ההחזר המקסימלי, **פי 16.8 בקבוצת הבנות**, מתקרב לממצאים במדינות מפותחות בעולם.

**כדאיות עקיפה:** חישובי הכדאיות הכלכלית מתמקדים בתרומה המשקית הישירה. קיימות כמובן גם תועלות עקיפות: הגברת כושר החדשנות וההמצאה, הגברת התחרותיות הכלכלית, טיוב כוח העבודה, תרומת בוגרי STEM לצמיחה כלכלית **בכל ענפי המשק**, הן בתעשיית ההיי טק והן מחוצה לה, תרומה לכלכלה-מבוססת-ידע, הפיריון לפרט ועוד. נמצא קשר חיובי מובהק בין שיעור בוגרי לימודי STEM במערכת ההשכלה הגבוהה לבין מדדים מאקרו כלכליים.

**אפקט המשפך:** כדי להגדיל את כמות העובדים במקצועות ההייטק, יש להגדיל את כמות התלמידים במקצועות ה STEM מוקדם כל האפשר. ככל שמעודדים תוכניות STEM בשלב מוקדם יותר – ההחזר על ההשקעה גבוה יותר. זאת בשל ההשפעה הלא פרופורציונלית של השנים הראשונות על הבחירה, הישגים והסיכוי להשלים לימודים אקדמיים, ובפרט בתחומי STEM, של אוכלוסיות מיעוט שמיוצגות בחסר בלימודי STEM. ההשקעה המוקדמת לעידוד הבחירה במקצועות מדעיים טכנולוגיים עשויה להעניק לישראל יתרון תחרותי, שכן היום היא מצויה מעל הממוצע במדינות OECD, אך יש בה פוטנציאל לא ממוצה בתחומים אלו (בנות, ערבים, חרדים).

**מיצוי הפוטנציאל:** תוכניות ההתערבות הצליחו להכפיל את היקף הבגרויות במתמטיקה ובמקצועות מדעיים, אך הפוטנציאל לא מוצה! פחות מ-20% מהבנים היהודים שאינם חרדים מסיימים בגרות טק, רק 10% מהיהודיות שאינן חרדיות, פחות מאחוז מהחרדיות ורק 5-6% מהערבים. גם לגבי הפריפריה, נמצאה היתכנות ליצירת שיפור במדדים בכלל עשירוני הטיפוח.

**מיקוד אפקטיבי של ההשקעה:** השקעה רוחבית במדינות מפותחות איננה יעילה ועשויה להיתקל באפקט של רוויה. לעומת זאת, השקעה בגיוון ובאוכלוסיות הסובלות מתת ייצוג צפויה להגדיל את עוגת הלומדים מקצועות STEM והעוסקים בהמשך בתחומי השירותים עתירי הידע ומקצועות ה"י טק. תוצאות המודל מצביעות בבירור על הצורך במיקוד אפקטיבי של ההשקעה – בנשים ובאוכלוסיות מוחלשות.

## סיכום והמלצות:

### הכדאיות הכלכלית של החינוך המדעי:

- א. נמצא קשר בין שיעור בוגרי לימודי STEM במערכת ההשכלה הגבוהה למדדים מאקרו כלכליים;
- ב. נמצא כי השקעה בחינוך יסודי ועל יסודי מתורגמת לעידוד בחירה והצלחה אקדמית בתחומי STEM;
- ג. נמצא כי השקעה בחינוך מדעי מביאה באופן מובהק לעלייה בתוצר הלאומי או בפריון, כאשר המיקוד האפקטיבי ביותר של השקעה זו הוא בנשים (בכלל האוכלוסייה) ובבוגרי מערכת החינוך הערבית.

### סדר עדיפויות להשקעה:

- א. ההשקעה המשתלמת ביותר למשק היא הסללת **הבנות** ללימודי מדעים ומתמטיקה בגיל צעיר.
- ב. במצב של **סל משאבים סופי** נדרשת אופטימיזציה למניעת פגיעה בבנים או באוכלוסיות אחרות.
- ג. המלצה זו עולה בקנה אחד עם המלצות הוועדה להגדלת ההון האנושי להייטק 2022: "למקד תוכניות עתידיות בשלוש אוכלוסיות אלה: נשים, ערבים ופריפריה (מחוזות צפון, דרום וירושלים, לעומת מחוז מרכז)".
- ד. מיקוד ההשקעה כנ"ל מחייב פעולה מערכתית **להסרת חסמים** המשפיעים על ההסללה ל-stem.

## רשימת מקורות

1. **אימפקט כלכלי של השקעה בחינוך מדעי**, דו"ח מסכם – רקע ותובנות, רציונל – מאי 2024.
2. **מתחת לפנס – תשואה של 13% בשנה**, פרופ' גיל אפשטיין, אתר Bizportal – 2021.
3. **ריווחיות ההשקעה בחינוך בישראל**, ד"ר רות קלינוב-מלול, מכון פאלק – 1966.