

מאבחון יוזמות STEM נקודתיות

לגיבוש תפיסה מערכתית

רקע אסטרטגי: הטמעת חינוך STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) אינטגרטיבי בבית הספר היסודי מהווה ציר אסטרטגי קריטי בשני מישורים מרכזיים:

ברמה הלאומית-כלכלית: חיזוק התחרותיות הכלכלית של המדינה ושמירה על מעמדה כמובילה בחדשנות עולמית. [1, 2] יצירת **צינור כישרונות עתידי (Talent Pipeline)** מחייבת טיפוח שיטתי ועקבי של תלמידים החל מגיל צעיר, כדי להבטיח מאגר עתידי של אנשי מקצוע בתחומים טכנולוגיים ומדעיים. [3, 4]

ברמה האישית-חינוכית: פיתוח מיומנויות חיים חיוניות לכל תלמיד, ללא קשר לקריירה העתידית שלו. חינוך STEM מטפח חשיבה ביקורתית, יכולת פתרון בעיות, יצירתיות וחדשנות – מיומנויות הרלוונטיות לכל תחום מקצועי ולחיי היומיום. [5] בעידן הדיגיטלי, אוריינות טכנולוגית ומדעית בסיסית היא תנאי הכרחי לאזרחות מושכלת, לקבלת החלטות מבוססות מידע, ולהבנת העולם המורכב שסביבנו. [6] חשיפה שוויונית ל-STEM מגיל צעיר תורמת גם לצמצום פערים חברתיים ומגדריים. [7]

האתגר המרכזי העומד בפני המערכת הוא המעבר מיוזמות מבודדות - **"איי STEM" - לתפיסה כוללת, עקבית ומערכתית - **"יבשת STEM" - המיושמת באופן אחיד בכלל המערכת החינוכית. [8]

חלק א': ניתוח תמונת המצב – "איי ה-STEM"

המקומיים

הטבלה הבאה מציגה ביטויים נפוצים של למידת STEM הקיימים בבתי הספר היסודיים, אשר כשלעצמם אינם מעידים על תפיסה מערכתית.

השלכות ואתגרים אפשריים	סיבה אפשרית	ביטוי "אי STEM" קיים
<p>פער נגישות ואי-שוויון: הפעילות מוגבלת לקבוצה קטנה (תלמידים נלהבים או מצטיינים), ואינה יוצרת שינוי פדגוגי מערכתי לכלל התלמידים. [7]</p> <p>חוסר רצף: אירועים קצרים אינם מספקים את העומק הנדרש לשינוי תפיסתי מתמשך. [12]</p>	<p>קל יותר לגייס תמיכה חיצונית או תקציב נקודתי לאירועים בעלי נראות גבוהה, ללא צורך בשינוי מבני מורכב. [11]</p>	<p>פעילויות רובוטיקה/העשרה או ימי שיא/תחרויות חד-פעמיות [9, 10]</p>
<p>היעדר הקשר ומוטיבציה נמוכה: התלמידים אינם מזהים את הלימה בין הידע לפתרון בעיות אמיתיות וזה פוגע במוטיבציה. [16, 17]</p>	<p>חוסר ידע תוכני/פדגוגי ספציפי [14]: מורים חסרים ידע בהנדסה/טכנולוגיה ומרגישים לא מוכנים לגישה אינטרדיסציפלינרית. [15]</p>	<p>הוראה דיסציפלינרית נפרדת (מדעים לחוד, מתמטיקה לחוד) [13]</p>
<p>חוסר קיימות: התוכנית תלויה באדם בודד ואינה שורדת במקרה של עזיבה.</p> <p>חוסר אחידות: פוגע ביכולת לבסס חזון אחיד ושפה משותפת. [13]</p>	<p>חוסר תמיכה אדמיניסטרטיבית והיעדר מומחה פנימי להרחבת המודל לצוות כולו. [3, 18]</p>	<p>מורה חלוץ יחיד המיישם גישות מתקדמות בכיתתו (Pioneer Teacher) [18]</p>

השלכות ואתגרים אפשריים	סיבה אפשרית	ביטוי "אי STEM" קיים
<p>TSE נמוך וקיפאון בפרקטיקה:</p> <p>הכשרה לא אינטנסיבית אינה בונה את הביטחון העצמי של המורה (TSE) [20] ומובילה להימנעות מיישום מעשי של פדגוגיות מורכבות (כגון EDP). [21]</p>	<p>אילוצי זמן ותקציב במערכת המעדיפה פתרונות מהירים. [14]</p>	<p>סדנאות פיתוח מקצועי (PD) קצרות, תיאורטיות</p> <p>וחד-פעמיות [19, 20]</p>
<p>כשל בזיהוי פערים ותפיסות שגויות בזמן אמת: הערכה מסכמת אינה מאפשרת תיקון מסלול מיידי [23], ואינה מודדת מיומנויות חשיבה גבוהה (כגון יצירתיות ושיתוף פעולה). [24]</p>	<p>קושי מהותי בהערכת מיומנויות ביצוע מורכבות (כגון EDP) ודרישות אקדמיות מסורתיות. [5]</p>	<p>שימוש כמעט בלעדי בהערכה מסכמת (מבחנים) [22, 23]</p>
<p>פגיעה בנגישות ובהכללה:</p> <p>הלמידה תלויה בלוח זמנים של המעבדה ואינה משולבת בסביבת הלמידה היומיומית. חוסר רלוונטיות: מנתקת את הלמידה מהמרחב הטבעי ומהאתגרים היומיומיים. [28]</p>	<p>תפיסה מסורתית המקשרת מדע לציד מעבדה מוגדר [26] וחוסר גמישות מרחבית בכיתות הרגילות. [27]</p>	<p>למידת STEM מתרחשת רק במעבדת המדעים [25]</p>
<p>החמצת פוטנציאל אינטגרטיבי: STEM דורש שילוב עם תחומי דעת נוספים (כגון שפה לצורך תיעוד ורפלקציה) כדי לחזק את כישורי המאה ה-21. [13]</p> <p>הפרדה מלאכותית: אינה משקפת את האופי</p>	<p>הימנעות מורים מדיסציפלינות אחרות (כגון שפה, אומנות) מלשלב תוכן STEM עקב חוסר ידע וביטחון. [30]</p>	<p>למידת STEM מתקיימת רק במסגרת שיעורי מדעים ומתמטיקה [18, 29]</p>

השלכות ואתגרים אפשריים	סיבה אפשרית	ביטוי "אי STEM" קיים
האינטרדיסציפלינרי של בעיות העולם האמיתי. [16]		

חלק ב': פרקטיקות מוכחות להפיכת יוזמות נקודתיות לשפה בית ספרית

המעבר ל"יבשת STEM" דורש גישה מערכתית המטפלת בו-זמנית במוכנות המורה, בשיטות ההוראה ובתמיכה הניהולית. הטבלה הבאה מחברת בין האתגרים לפרקטיקות המוכחות מחקרית להתמודדות.

האתגר המרכזי (האי)	הפרקטיקה המוכחת להתמודדות	רקע ביבליוגרפי (ההוכחה)
מוכנות מורים ו-TSE נמוך TSE: ארון עצמי של המורה [31]	פיתוח מקצועי (PD) אינטנסיבי ומוטמע פרקטיקה: PD חייב להיות מתמשך וממוקד בתוכן, להימשך תקופה משמעותית (למשל, 80 שעות על פני 6 חודשים) [19] ולכלול למידה פעילה, קבלת משוב ותמיכת מומחים. [20, 32, 33]	PD אפקטיבי מוכח כמשפר את ידע המורים, את שביעות רצונם ואת הביטחון העצמי שלהם ביישום (TSE). [20] חוויה אותנטית בהכשרה משפיעה לחיוב על עמדות המורים כלפי STEM. [34]
הוראה דיסציפלינרית (מדעים לחוד, מתמטיקה לחוד)	אימוץ PBL ו-EDP כציר מארגן ליבתי: שימוש בלמידה מבוססת פרויקטים (PBL) ובמודל תהליך התכנון ההנדסי (EDP). [16, 17] ה-EDP מחייב שילוב ידע מדעי	PBL משפר משמעותית את תוצאות הלמידה [6] ואת המוטיבציה והעניין בלמידה ($SMD = 0.713$), ומחזק מיומנויות חשיבה יצירתית וחשובית. [6]

האתגר המרכזי (האי)	הפרקטיקה המוכחת להתמודדות	רקע ביבליוגרפי (ההוכחה)
	ומתמטי במסגרת אתגר הנדסי רלוונטי. [35] EDP: תהליך התכנון ההנדסי [17]	
חוסר קיימות וחזון אחיד (פעילות נקודתית, תלות במורה יחיד)	מיסוד תפקיד מוביל/רכז STEM (STEM Specialist/Coordinator) דמות פנים-בית ספרית שמתמקדת בבניית יכולת (Capacity Building) של הצוות, ומוודאת שהמורים עוברים מליווי משותף להנחיה עצמאית של EDP. [1, 36]	יצירת חזון אחיד ושיח מקצועי רציף חיוניים כדי להבטיח עקביות במתן הזדמנויות למידה לכל התלמידים. [13]
הערכה מסכמת בלבד (היעדר מדידת מיומנויות)	הטמעת הערכה מעצבת דיאלוגית ורופריות: הגברת השימוש בהערכה מעצבת [22], המאפשרת למורים לתכנן הוראה עתידית לפי צרכי התלמידים. [23] שימוש ברופריות להערכה עצמית ולמשוב דיאלוגי. [37, 4]	הערכה מעצבת חיונית לשיפור הביצועים האקדמיים, במיוחד בקרב תלמידים צעירים בעלי הישגים נמוכים. [22] רופריות ל-SELF ASSESSMENT משפרות מטא-קוגניציה ומעודדות "חשיבה צמיחה". [38]
תשתיות לא גמישות (למידה רק במעבדה)	תכנון גמיש ופתרונות בעלות נמוכה (Flexible Design): שימוש בריהוט נייד [27], צבע מחיק [27] ואחסון שקוף [39] כדי ליצור מרחבי למידה שיתופיים בתוך הכיתה הרגילה.	תכנון גמיש מסיר את החסם הפיזי ומאפשר למידה פעילה ושיתופית הנדרשת עבור PBL ו-EDP, ללא תלות במעבדות יקרות. [39]

חלק ג': שאלות מפתח למפקח/ה בית הספר

על מנת לסייע למנהל בית הספר למקד את החוזקות והחולשות של תוכנית ה-STEM הבית ספרית, מומלץ להתמקד בשאלות הבאות:

1. שאלות בנושא פדגוגיה אינטגרטיבית (המעבר מדיסציפלינה ל-EDP)

- 1 רצף וחזון:** "האם יש לבית הספר חזון STEM כתוב ומוסכם, והאם הוא יוצר שפה משותפת ואחידות בין צוותי ההוראה משכבה א' עד ו'?" [13]
- 2 הטמעת EDP:** "כיצד תהליך התכנון ההנדסי (EDP) מוטמע באופן עקבי בכל שיעור STEM, והאם ניתן לראות כיצד הוא משלב בפועל ידע מדעי, מתמטי וטכנולוגי באתגרים רלוונטיים?" [16, 17]
- 3 מעורבות כללית:** "מהם הנתונים המראים כיצד הלמידה האינטגרטיבית משיגה מעורבות ועניין בקרב תלמידים שאינם חלק ממועדוני מצטיינים או תחרויות?" [24]

2. שאלות בנושא משאבי אנוש וקיימות (המעבר ממורה בודד לתרבות)

- 1 מנהיגות פנימית:** "האם מונה רכז/מוביל (Coordinator/Specialist) STEM, ומהם המדדים המראים את השפעתו על העלאת הביטחון העצמי (TSE) של מורי הצוות ביישום EDP?" [1, 31]
- 2 איכות ה-PD:** "כיצד תכנית הפיתוח המקצועי לצוות היא מתמשכת ואינטנסיבית (ולא חד-פעמית), ואיך היא מבטיחה התנסות מעשית ודיאלוג שוטף (Coaching) למורים על הפרקטיקה בכיתה?" [19, 20]
- 3 תמיכה אדמיניסטרטיבית:** "באיזו מידה צוות הניהול מקדם את תוכנית ה-STEM, מבטיח זמן לתכנון משותף בין מורים שונים, ומבסס את התוכנית כחלק קבוע מתוכנית העבודה השנתית?" [13, 18]

3. שאלות בנושא תשתיות והערכה (המעבר מפתרונות נקודתיים

למיסוד)

- 1 גמישות מרחבית:** "כיצד סביבת הלמידה הפיזית תומכת בפדגוגיה הנדרשת (PBL ושיתוף פעולה)? האם הכיתות הרגילות מאפשרות גמישות באמצעות ריהוט נייד ופתרונות בעלות נמוכה, או שהלמידה תלויה במעבדה נפרדת?" [39, 40]
- 2 כלי הערכה:** "באילו כלים (שאינם מבחן מסכם) המורים משתמשים כדי להעריך מיומנויות ביצוע (כגון שיתוף פעולה או חשיבה יצירתית)? והאם נעשה שימוש ברובריקות להערכה עצמית ולמשוב דיאלוגי?" [37, 21, 38]
- 3 צמצום פערים:** "האם יש שימוש בהערכה מעצבת באופן תדיר, והאם הנתונים מהערכה זו מנותחים כדי לזהות פערים קונספטואליים ספציפיים ולספק תמיכה לתלמידים המתקשים?" [23, 22]

מילון מונחים מקצועיים (STEM Glossary)

גישה חינוכית אינטגרטיבית המשלבת ארבעה תחומי דעת אלה, תוך התמקדות בפתרון בעיות אמיתיות ופיתוח חשיבה ביקורתית ויצירתית.	STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)
מודל פדגוגי מובנה הממוקד בפתרון בעיות. התלמידים מגדירים צורך, מתכננים אב-טיפוס, בונים, בודקים ומשפרים באופן מחזורי (Iterative).	EDP (Engineering Design Process) - תהליך התכנון ההנדסי
שיטת הוראה שבה התלמידים עובדים על פרויקט ממושך שמעוגן באתגר מורכב או בבעיה מהעולם האמיתי, ומחייב שילוב של ידע מתחומים שונים (אינטגרטיביות).	PBL (Project-Based Learning) - למידה מבוססת פרויקטים

TSE (Teacher Self-Efficacy) - אמון עצמי של המורה

מידת הביטחון של המורה
ביכולתו לתכנן, לבצע ולהצליח
ביישום פרקטיקות הוראה
מורכבות, כגון הוראת STEM
אינטגרטיבית.

PD (Professional Development) - פיתוח מקצועי

הכשרות וסדנאות מתמשכות
למורים, שנועדו להעמיק את
הידע התוכני והפדגוגי שלהם
ולבנות את מיומנותם ליישם
שיטות הוראה חדשניות.

מקורות

הרשימה המלאה של המקורות ששימשו לבניית מסמך זה (המספרים בסוגריים המרובעים בטקסט מקשרים לרישום זה):

[1] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך חזון של משרד החינוך, מתורגם).

[2] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך חזון של משרד החינוך, מתורגם).

[3] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך חזון של משרד החינוך, מתורגם).

[4] Wahono, L. S., Lin, P. L., & Chang, T. W. (2020). *Integrated STEM Project-Based Learning in the Context of Technological Design [17].

[5] Li, Y. et al. (2023). *Impact of Project-Based Learning on Student Learning Outcomes in STEM Education: A Meta-Analysis*. (Frontiers in Education) [24].

[6] *NMS (2024). *Evaluating Impact: Measuring Success in STEM Education Programs [9].

[7] Akgün, A., & Ciftçi, S. (2020). *Research on the Effect of Project-Based Learning on Students' Learning Outcomes in STEM Education [12].

[8] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך חזון של משרד החינוך, מתורגם). [8]

- Nguyen, N. T. P. et al. (2024). *Uncovering the Challenges of Elementary School Teachers in [14] [9]
*Implementing STEM Educational Activities
- [10] [25] משרד החינוך (2022). *אבני דרך - סביבות למידה מקדמות STEM בחינוך היסודי*.
- [11] [41] Holmlund, L., Silfver, E. (2023). *Elementary Teacher Readiness in Integrated STEM*. (ERIC)
- [12] [15] Akbayir, H. (2023). *Consequences of Low STEM Teacher Self-Efficacy in the Elementary [15] [12]
Classroom*. (UKnowledge)
- [13] [26] *Kibirige, I. (2022). *Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in STEM [26] [13]
- [14] [4] Van der Kleij, F. M. et al. (2019). *The Role of Dialogic Feedback in Improving Student [4] [14]
*Performance
- [15] [19] Baykara, H. (2025). *The effect of a comprehensive STEM PD program on science teachers' [19] [15]
competencies*. (AIMS Press)
- [16] [30] Flodén, J. (2017). *The Impact of Student Feedback on Teaching in Higher Education*. [30] [16]
(Taylor & Francis Online)
- [17] [11] *Kibirige, I. (2022). *Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in STEM [11] [17]
- [18] [31] Baysal, A., & Mutlu, Z. (2021). *Effective PD Models for Elementary STEM Teacher Self- [31] [18]
*Efficacy: A Meta-Analysis
- [19] [22] Connor, C. M. et al. (2021). *Formative Assessment and Data for Primary Grade Learners*. [22] [19]
(IEEE)
- [20] [20] Darling-Hammond et al. (2017). *Synthesising Seven Key Characteristics of Effective [20] [20]
*Professional Development
- [21] [18] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for [18] [21]
*Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך
חזון של משרד החינוך, מתורגם).
- [22] [6] Goodnough, K. (2014). *Elementary Pre-service Teachers' Perceptions of STEM Preparation*. [6] [22]
(Memorial University)
- [23] [40] FHA Architects (2024). *Designing STEM Spaces on a Tight Budget: Low-Cost, Flexible [40] [23]
*Design Solutions
- [24] [39] *American Modular (2023). *Your Guide to Effective STEM Classroom Design [39] [24]
- [25] [21] The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine (2016). *Barriers to Scaling [21] [25]
*and Sustainability in STEM Education
- [26] [38] *Teachers Pay Teachers (2024). *STEM Assessment Rubric - FREE Self-Assessment [38] [26]
- [27] [28] *Science Buddies (2024). *Civil Engineering STEM Activities for Kids [28] [27]
- [28] [42] *American Modular (2023). *Your Guide to Effective STEM Classroom Design [42] [28]
- [29] [34] Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for [34] [29]
*Optimal Implementation of an Integrated, Equity-Promoting STEM Education Approach (מתוך מסמך
חזון של משרד החינוך, מתורגם).

- Holmlund, L., Silfver, E., & Svedberg, I. (2018). *Recommendations and Emphases for Optimal [3] [30]
(מתוך מסמך חזון של משרד החינוך, מתורגם).
- . *NMS (2024). *Evaluating Impact: Measuring Success in STEM Education Programs [10] [31]
- Sanders, M. E., & Wahono, L. S. (2020). *STEM Project-Based Learning combined with the [35] [32]
.*Engineering Design Process (EDP-STEM-PBL)
- Poorvu Center for Teaching and Learning (2024). *Formative and Summative Assessments: [23] [33]
.*Yale University
- . *Kapor Center (2022). *Inequitable Gaps in Access to STEM Coursework [7] [34]
- Maeng and Bell (2015). *Effective PD: Sustained and Ongoing with Coaching or Expert [32] [35]
.*Support
- . [43] [36] משרד החינוך (2024). *מתווה הפיתוח המקצועי למורי "ישראל ריאלית".
- . *Kibirige, I. (2022). *Primary Teachers' Challenges in Implementing ICT in STEM [29] [37]
- . *Auerbach and Andrews (2018). *Effective PD: Active Learning and Coherence [33] [38]
- . *Learning Mole (2023). *Designing Effective Rubrics for Primary School Assessments [37] [39]
- . *Kelly, T. R., & Knowels, J. G. (2016). *A Conceptual Framework for Integrated STEM Education [5] [40]
- FHA Architects (2024). *Designing STEM Spaces on a Tight Budget: Low-Cost, Flexible Design [27] [41]
.*Solutions
- . *NMS (2024). *Evaluating Impact: Measuring Success in STEM Education Programs [2] [42]
- . *STEM Career (2024). *STEM Program Coordinator Responsibilities & Duties [36] [43]