

## סקירה מדעית בנושא הצלחות וכישלונות של רפורמות בחינוך מדעי בחו"ל

מאת: ד"ר דניאל שפרלינג

מרכז המידע מכון מופ"ת

ייעוץ אקדמי: פרופ' אבי הופשטיין, מכון ויצמן למדע  
ניהול ועריכה: ד"ר ליאת יוספסברג בן-יהושע, מרכז המידע מכון מופ"ת

**מוגש לצוות מומחים בנושא:**

'לימוד ממהלכי עבר לשיפור החינוך המדעי בישראל והמצוינות בו'

**היזמה למחקר יישומי בחינוך  
האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים**

ספטמבר 2016, אלול תשע"ו

נכתב לבקשת היזמה למחקר יישומי בחינוך, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.  
הדברים הנאמרים הם על אחריות המחברים.

#### על המחברים:

**דניאל שפרלינג** הוא מחבר סקירות מחקר ומדיניות בחינוך במכון מופ"ת, מרצה בפקולטות למשפטים של אוניברסיטת בר-אילן ואוניברסיטת חיפה ומנחה עבודות לתואר שני ועבודות סמינריוניות באוניברסיטה הפתוחה. בעבר היה חבר סגל בבית הספר למדיניות ציבורית, בבית הספר לבריאות הציבור באוניברסיטה העברית בירושלים ובבית הספר למשפטים של המכללה האקדמית נתניה. לאורך השנים שימש ד"ר שפרלינג מרצה מן החוץ, חוקר ועוזר מחקר במגוון אוניברסיטאות, וכן רכש ניסיון מעשי רב בייעוץ, מדיניות וניהול של פרויקטים בגופים ציבוריים.

בעל תואר שלישי במשפטים מאוניברסיטת טורונטו, קנדה, 2006.

**אבי הופשטיין**, פרופסור (אמריטוס) במכון ויצמן למדע. מחקריו מתמקדים בהוראת הכימיה. פרופ' הופשטיין שימש ראש המחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן, ובעבר עמד בראש קבוצת הכימיה וקבוצת המוט"ב במחלקה. כן שימש מנהל המרכז הארצי למורי כימיה במכון ויצמן, ומפמ"ר ללימודי כימיה בחטיבה העליונה מטעם משרד החינוך והתרבות. בתחילת דרכו המקצועית היה מורה לכימיה בתיכון. כיום מכהן פרופ' הופשטיין כחבר בוועדת המקצוע של מוט"ב במשרד החינוך.

בעל תואר שלישי בהוראת הכימיה ממכון ויצמן למדע, 1975.

**ליאת יוספסברג בן-יהושע**, מנהלת מרכז המידע ותכנית הפוסט-דוקטורט במכון מופ"ת. בעבר שימשה מרצה ורכזת תיאום ופיתוח תכניות חינוך במכון דוידסון לחינוך מדעי, חוקרת במעבדת מחקר למיאלומה נפוצה בבית החולים ע"ש שיבא בתל השומר וכן חוקרת במוסד הרפואי Howard Hughes שבאוניברסיטת קולורדו, ארצות הברית. לאורך השנים צברה ד"ר יוספסברג בן-יהושע ניסיון חינוכי רב כמדריכה בבית-ספר שדה, כמרצה בקורסים שונים וכמנחה של פרויקטים ועבודות גמר מטעם משרד החינוך.

בעלת תואר שלישי במדעי החיים ממכון ויצמן למדע, 2002.

© כל הזכויות שמורות לאקדמיה הלאומית הישראלית למדעים.

יש לצטט את הסקירה באופן הבא: שפרלינג, ד., הופשטיין, א. ו-ל. יוספסברג בן-יהושע. (2016). הצלחות וכישלונות של רפורמות בחינוך מדעי בחו"ל, סקירה מוזמנת כחומר רקע לעבודת צוות המומחים לנושא 'לימוד ממהלכי עבר לשיפור החינוך המדעי בישראל והמצוינות בו'.

[/http://education.academy.ac.il/hebrew](http://education.academy.ac.il/hebrew)

סקירה זו בוחנת הצלחות וכישלונות של רפורמות בחינוך מדעי משלושת העשורים האחרונים בבתי הספר העל-יסודיים בארה"ב, באנגליה, בפינלנד ובסינגפור. עוד הסקירה בוחנת הצלחות וכישלונות ברפורמות בין-לאומיות בארגון תוכני הלמידה והפדגוגיה, ה- Science, Technology Society (STS). הרפורמות שנסקרו נוגעות לכמה תחומים ומשולבות ביניהם, לרבות רפורמות בתכניות הלימוד ובתוכניהן; רפורמות בהיקף, בתדירות ובתיאום לימודי המדע; רפורמה ביעדי החינוך המדעי (אוריינות מדעית) ורפורמות בפדגוגיה (הוראה-מבוססת-חקר, הוראה-מבוססת-פתרון בעיות ושיתוף פעולה, הוראה קישורית, למידה-מבוססת-הקשר, הוראה לפיתוח חשיבה ביקורתית והוראה המייצרת עניין). עוד הסקירה כוללת רפורמה בהכשרת מורים ומתכשרים להוראה, רפורמה בדרך ההערכה של חינוך מדעי ובמרכיביה ורפורמה באמצעים ובתשתיות לחינוך מדעי בזיקתו לטכנולוגיה.

הסקירה מצביעה על עריכת רפורמות משמעותיות בהיבטים שונים בארה"ב, והמרכזיות שבהן נוגעות לכינוס של סטנדרטים בשתי פעימות מרכזיות. בהקשר זה בולטת תרומתם של איגודים מקצועיים לא ממשלתיים לכינון של רפורמות מרכזיות אלו, דוגמת האגודה האמריקאית לקידום מדע. עם זאת, ספרות ענפה מצביעה על כך שהעצמה והאיכות של הסטנדרט אינן מנבאות את הישגי התלמידים, ומלמדת על קושי ללמד בהתאם לסטנדרטים, לפחות בכל הקשור לנושאים טעונים הכוללים אידאולוגיה ותפיסות אישיות, למשל, אבולוציה.

בכל הנוגע לרפורמות בפדגוגיה ובשיטות להוראת המדעים הקשורות גם ביעדי ההוראה, הסקירה מצאה כי רפורמת ההוראה מבוססת-הקשר (Salters, אנגליה) הגבירה את העניין בלימודי המדע ואת הבנת הרלוונטיות שלו למציאות ולפרקטיקה, אולם גם אלה לא בהכרח הביאו לשיפור בהישגי התלמידים. לתנועת ה-STs הייתה תרומה משמעותית יותר בהגברת העניין בלימודים ובהוראה (בעיקר באנגליה ובאוסטרליה), והתנועה תרמה אף להיבטים של שוויון ונגישות טובה יותר לתכנים מדעיים. לעומת זאת, לרפורמה בהוראה לפיתוח חשיבה ביקורתית בסינגפור הייתה השפעה מזערית על מיומנות החשיבה הביקורתית של התלמידים, ומורים סירבו או התקשו ליישם פדגוגיה חדשה זו בכיתה. רפורמה זו אף לא הביאה לשינוי בדרך ההערכה של החינוך המדעי ובמרכיביה. מחקרי הערכה על רפורמות בפדגוגיה ובשיטות ההוראה הצביעו גם על כך שחלקן היטיבו עם תלמידים חזקים או נקלטו בחיוב בקרב תלמידים חזקים ויצרו אתגרים גדולים בקרב תלמידים מתקשים.

באשר לפיתוח הקשר שבין חינוך מדעי לחינוך טכנולוגי ולחיזוקו, הניסיון הפיני מלמד שבתו הספר לא עמדו בציפיות הגבוהות של הרפורמה, ותכלול של טכנולוגיות אלו במערכת החינוך הייתה אטית מהמצופה, לרוב בשל אינטרס מופחת של המורים או בשל היעדר מיומנויות והכשרה.

ניתוח הרפורמות השונות מחזק את הטענה כי יש לראות רפורמות בחינוך מדעי באופן הוליסטי (כוללני) ושיטתי, ולראות בהן מיועדות לחולל שינוי בתכנים, בדרכי ההוראה, בהכנת הסגל ובפיתוחו ובמערך התמיכה הבית-ספרית. שינוי בתכנית הלימודים לבדה עלול ליצור משקל מופחת להתמודדות עם אתגרי הוראת המדעים ולהתעלם מבעיות חמורות יותר הנוגעות לצורך בתמיכה בתכנית וביישומה.

ניכר כי הכרה וכבוד למדעים בקרב הורים ומורים עשויים להיות בעלי השפעה על אקלים הלימודים בכיתה בפרט ועל איכות הוראת המדעים בכלל. ההכרה והכבוד גוברים ככל שהלמידה רלוונטית יותר ללומד. עם זאת, מורים עלולים להתנגד ליישום רפורמות בשל חוסר רצון לשאת

בסיכון הכרוך באבדן שליטה של המורה, בשל השקעתם הרבה בשיטת הלימודים המסורתית ובשל הקושי להעריך את הלמידה בשיטה החדשה. כדי שרפורמה תצלח, על המורים המיישמים אותה להפנים את הצורך ברפורמה, ועל התועלת האישית והחברתית הנובעת ממנה לחול בשלב מוקדם יחסית ביישומה.

הרפורמות שנסקרו מסמלות מעבר תפיסתי מגישה שהייתה רווחת בשנות ה-50 וה-60 של המאה ה-20, גישה שייעדה את החינוך המדעי למצוינים וראתה בו אמצעי לקידום מצוינות, לגישה שוויונית ואינטגרטיבית החותרת להבנת המדע ולשימוש בו בידי כלל הלומדים. נראה גם שקיימת הסכמה בעניין היותה של האוריינות המדעית יעד מרכזי של החינוך המדעי. עם זאת, מדובר במושג רחב הכולל בתוכו רעיונות חינוכיים רבים שהשתנו עם הזמן. רעיונות אלו משליכים על מטרותיו של החינוך המדעי כך שרפורמה שאינה מבהירה את מושג האוריינות המדעית עלולה לא להיות מיושמת בהצלחה.

עוד עולה מהסקירה שרפורמות שלא מתחשבות בידע, באמונות ובפרקטיקות קיימות של מורים עלולות להיכשל ולא להיות מיושמות בצורה מוצלחת. מעורבות המורים ברפורמות עשויה לבוא לידי ביטוי באופנים רבים לרבות גילויי יזמה, בחירת יעדי הרפורמה, כתיבת חומרי הלימוד, בחירת הקורסים נושא הרפורמות ועוד. ברור גם שכדי שהידע המעשי של מורים ישתלב בצורה מוצלחת עם הידע ההתנסותי שלהם, עם הידע הפורמלי שלהם ועם תפיסותיהם האישיות, נדרש לפתח את יכולתם של המורים לשילוב כזה באמצעות פיתוח מקצועי מתמשך המשלב בין אסטרטגיות מגוונות, לרבות קהילות לומדות, אימון על ידי עמיתים, שיתופי פעולה וכיוצא בזה.

הסקירה אינה מעלה קביעת מדדי הצלחה ברורים לרפורמות ולכך השלכה גם על אופן הערכתן. חלק גדול מהרפורמות נוגעות לאופנים מספר הקשורים בהוראה, והן נפרשות על פני תקופה ארוכה המגיעה לכמה עשורים. אף שמרבית הרפורמות באות לחזק את עניין התלמידים במדע, את בחירותיהם להמשיך וללמוד מדעים ואת הישגיהם המדעיים, ההשוואה בין הרפורמות השונות קשה. הדבר נובע לא רק על שום הרקע השונה שלהן, אלא משום שלרפורמות יש יעדים שונים ואסטרטגיות מורכבות למימושם.

להצלחתן של רפורמות בחינוך המדעי יש קשר לגורמים רבים ובכללם היותה של הרפורמה מיועדת לטווח ארוך וכוללת תכניות מחייבות ומובנות; גישה מערכתית הכוללת מעורבות רבה של מורים למדעים בשיתוף מדענים ומקבלי החלטות במערכות חינוך מרכזיות; יצירת אורך רוח ובחינת השינויים שהרפורמה מביאה לשחקנים השונים על פני תקופה ארוכה, תוך הימנעות מרפורמות נוספות שעלולות לסתור רפורמות קודמות; פיתוח תרבות של הפקת לקחים, למידה באשר ליישומה של הרפורמה והתמודדות עם תוצאות משמעותיות בלתי צפויות שנגרמות בגינה. ככל שמדובר ברפורמה בתוכני הוראה, עליה להתבצע בהלימה עם שינויים בפדגוגיה ולצד פיתוח מקצועי מתמשך של המורים. הצלחה זו קשורה גם למעורבות הציבור בתוכני הרפורמה ולקהלים המקצועיים הרלוונטיים שעשויים לתרום להצלחת יישומה.

## Abstract

The literature review examines successes and failures of reforms in scientific education from the past three decades in high schools in the US, England, Finland and Singapore, as well as international reforms in the organization of science teaching relating to content and pedagogy, and in particular integration of science, technology and society (STS). The reforms reviewed relate to various areas and their combination, including reforms in curricula and their contents; reforms in scope, frequency and coordination of science education; reforms in the goals of science education (science literacy) and reforms in pedagogy (inquiry-based teaching, problem solving and cooperation-based teaching, interconnected teaching, context-based learning, critical thinking teaching and teaching for interest in learning). The review also covers reforms in teacher training, reforms in evaluation of science education and its components, and reforms in the means and infrastructure of scientific education and its relation to technology.

The review refers to significant reforms in the US, most importantly the formulation of standards for scientific teaching in two central stages. In this respect, a special contribution for the construction of such reforms is identified with non-governmental professional organizations like the American Association for the Advancement of Science. Nevertheless, the literature suggests that the strength and quality of established standards, especially those relating to sensitive and controversial issues such as evolution, do not predict student achievement, since teachers find it difficult to teach following such standards.

With regard to reforms in pedagogy and teaching methods, and their relationship with the goals of science education, the literature review found that context-based teaching as suggested by the Salters reform in England increased the interest in science education and the understanding of its relevancy to practicality and reality while it did not necessarily lead to improvement in student achievement. The STS movement also increased the interest in science education, especially in England and Australia, and it also led to more educational equality and improved access to scientific materials. In contrast, the reform in critical thinking teaching in Singapore had minimal impact on student's critical thinking. Moreover, teachers either refused to implement this new classroom pedagogy, or found it difficult to implement. This reform also did not result in changing the evaluation of science education and its components. Evaluation of reforms in pedagogy and teaching methods also pointed to the fact that some reforms benefited and were well integrated by stronger students, but at the same time created difficult challenges for weaker students.

As to developing and strengthening the relationship between science education and technological education, the Finnish experience suggests that schools did not meet the high expectations of the reform and that integration of these new technologies in the educational system was slower than expected, mostly because of diminished interest among teachers or their lack of skills and training.

Analysis of the reforms supports the claim that reforms in science education should be regarded holistically and systematically as purporting to bring about changes in content, teaching methods, preparation of teachers and their development as well as to changes in school-based support. Changing only the curricula can result in diminished interest in coping with the challenges of science education and ignoring the more serious problems concerning the need to support the program and its implementation.

Acknowledgment and respect of sciences among teachers and parents can influence the general classroom climate, specifically, and the quality of teaching, more generally. Respect for science is increased, as its study is made more relevant to the student. However, teachers may oppose implementing such reforms due to their unwillingness to risk losing control of the teaching environment, their investment in the old teaching system, and the difficulty of evaluating learning under the new system. For such a reform to succeed, teachers need to internalize – as early as possible – the need for the reform, as well as the personal and societal benefits that can be derived from it.

The reforms reviewed represent a conceptual shift from the view that prevailed in the 1950's and 1960's that relegated science education to the cadre of excellent students and saw it as a means for advancing excellence, to an egalitarian and integrative approach seeking general understating and use of science by all students. It is also apparent that there is agreement among scholars that the major goal of science education is to promote science literacy. However, this is a broad concept encompassing educational ideas that have changed over the years. It follows that reforms need to clarify what they mean by "science literacy" so that they may be implemented successfully.

The review also finds that reforms that do not consider knowledge, beliefs and existing practice of teachers may fail and may not be implemented successfully. Involvement of teachers in reforms can take place in various forms, including initiation of reforms, choosing their targets, writing curricula, choosing the courses, which are object of the reform, etc. In order to successfully integrate teachers' practical knowledge with their experimental knowledge and personal perceptions, teachers should receive continuing professional development combining a variety of strategies, including learning communities, peer learning, cooperation, and so forth.

The review does not establish clear success metrics for reforms – a fact that has implications in their evaluation. A significant number of the reforms relates to multiple aspects of teaching and they extend over long periods, even decades. While the majority of the studied reforms share their intention to strengthen student interest in science, their future educational and professional choices, and their related achievements, comparing the different reviewed reforms is difficult. This is not only due to their different backgrounds, but also because the reforms have different goals and complex implementation strategies.

The success of science education reforms depends on their design for the long term, their including clear, structured and obligatory plans, a system-wide approach including involvement of science teachers together with scientists and decision makers in centralized educational systems. It is important that such reforms be evaluated on a long-term basis and that they avoid issuing new reforms that conflict with previous ones. Reforms need to be accompanied by a culture of learning concerning its implementation, drawing conclusions regarding its methodology, and management of significant unexpected outcomes. With regard to reforms in curricula, these should take place in accordance with changes in pedagogy and in parallel with continuous teacher training. Finally, success of such reforms also depends on public involvement in their content including relevant professional audiences, who may contribute to their successful implementation.





3	.....	תקציר
11	.....	רקע
11	.....	רפורמות בחינוך המדעי
12	.....	הוראה-מבוססת-חקר
13	.....	מי הם השחקנים ברפורמות בלימודי מדע?
15	.....	מתודולוגיה של ביצוע הסקירה
17	.....	ארה"ב
17	.....	2061 תכנית
18	.....	2061 השפעות תכנית
19	.....	Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science
19	.....	National Science Education Standards
20	.....	Next Generation Science Standards (NGSS)
22	.....	השפעת רפורמת הסטנדרטים
24	.....	אנגליה
24	.....	SALTERS Advanced Chemistry
27	.....	פינלנד
28	.....	השפעות התכנית
30	.....	סינגפור
30	.....	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN)
31	.....	בחירת השלכות הרפורמה
33	.....	רפורמות בינלאומיות
33	.....	ארגון תוכני הלימוד ופדגוגיה באמצעות תנועת המדע, טכנולוגיה וחברה
34	.....	Science in Society
34	.....	בחירת השלכות התכנית
35	.....	Science and Technology in Society (SATIS)
35	.....	אנגליה
36	.....	אוסטרליה
36	.....	הולנד
37	.....	SATIS-ה-STS של תכניות
39	.....	דיון וסיכום
43	.....	רשימת מקורות
52	.....	נספח א טבלה משווה של הרפורמות השונות



נדמה, כי אין חולק על חשיבותו של החינוך המדעי ועל מקומו בתכנית הלימודים במדינות השונות. חשיבות רבה זו צמחה לנוכח כמה הצדקות שהתפתחו לאורך ההיסטוריה (DeBoer, 2000). אלה קשורות לכוח שיש למדע בעולם ולהיותו חלק אינטגרלי מהמורשת האינטלקטואלית של המין האנושי, לתרומתו לעולם העבודה, לפיתוח מומחים בתחום ולרצון להמשיך ללימודים מתקדמים לפיתוח קריירה בתחום המדע. הן נוגעות לתרומה שיש ללימודי המדע לפיתוח חיי אזרחות מושכלים ולהתמודדות עם נושאים חברתיים ולהיותם אמצעי להכללת ידע על העולם. חינוך מדעי מאפשר גם להתוודע לרעיונות חשובים כגון תיקוף מידע, אופי הראיות, אובייקטיביות, הטיה, ועוד והוא מאפשר ללומדים לעקוב אחר דיווחים ודיונים מדעיים המופיעים בתקשורת ההמונית, להבין אותם ולחוות דעה ביחס אליהם. הבנה של העולם הטבעי באמצעות לימודי המדע מביאה לסיפוק אישי ולהערכה למשל של מגוון החי והצומח. היא מקדמת אף את תחום המדע עצמו, מייצרת גישה אוהדת אליו ורצון להשתמש בו וברעיונות שבו בהמשך. בנוסף, וכיוון שהטכנולוגיה תלויה בעקרונות מדעיים ותואמת לחקר מדעי, שילובה של הטכנולוגיה בלימודי המדע יתרום להבנתה ויעורר עניין בלימודי המדע בכלל (DeBoer, 2000). הצדקות נוספות ללימודי המדע נוגעות לצורך בצמצום פערים בהישגים ובהשתתפות של נשים ומיעוטים בכוח העבודה בתחומים אלה (דגן וארנברג, 2015).

על אף ההצדקות הרבות לחינוך מדעי והתמיכה הציבורית הרחבה לו, ההישגים במדינות המערב בתחומי המדע הנמדדים למשל במבחני ה-Trends in International Mathematics and Science Society [TIMSS] וה-Program for International Student Assessment [PISA] נמוכים יחסית. בנוסף לכך הרצון של הדור הצעיר להמשיך ללימודים מתקדמים במדעים או בקריירה הקשורה להם נמוך אף הוא (Wallberg-Henriksson et al., 2008) ואף נמצא בירידה בחלק מהמקומות (Osborne & Dillon, 2008). כך, מחקר ה-ROSE (Relevance of science education), שבו השתתפו כ-40 מדינות שמטרתו הייתה להעריך את מידת העניין בחינוך המדעי בקרב תלמידים, הראה, שאף שהגישה הכללית למדע הינה בד"כ חיובית, מסתמן שינוי דורי, לפיו אנשים צעירים מבקרים את המדע ומסתכלים עליו בגישה ספקנית. זאת ועוד, גם במדינות שבהן הישגי התלמידים גבוהים במבחנים הבינלאומיים, העניין או הגישה למדע אינם גבוהים. נמצא, שבמרבית מדינות אירופה וביפן, לימודי המדע נתפסים כפחות מעניינים בהשוואה למקצועות אחרים ולא מאירי עיניים. לימודים אלה תוארו ככאלה שלא הגדילו את הזדמנויות התעסוקה של התלמידים, את הערכתם לעולם הטבע, את סקרנותם או את האופן שבו המדע והטכנולוגיה מתקשרים למציאות חיהם (Sjøberg, & Schreiner, 2010).

### רפורמות בחינוך המדעי

בעשורים האחרונים אנו עדים לניסיונות רבים בעולם המערבי לתכנון וביצוע של רפורמות בתחום לימודי המדעים. רפורמות אלה יוצאות מנקודת מוצא שהוראת המדעים נשענת לרוב על הרצאות להעברת ידע מדעי ועל אימונים טכניים לרכישת מיומנויות. זו נתפסת גם כמציגה את המדע כגוף נוקשה של עובדות, תיאוריות וכללים שיש לזכור ולתרגל יותר מאשר ידיעה של תופעה טבעית (Osborne, 2007). הטענה היא כי צורה זו של הוראה, שתכונה להלן: "גישה מסורתית של הוראת המדעים", הביאה לירידה בביקוש ובעניין בלימודי מדע וגם ביכולת ההבנה המדעית של

תלמידים, שנחשפו אליה. כן הובע החשש שהוראה כזו אינה מכינה בצורה הולמת את התלמידים והאזרחים לעתיד להבין נושאים במדע ויישומו בטכנולוגיה ובחברה, המתפתחת והמשתנה במהירות רבה. מעבר לכך, הגישה המסורתית הגבילה את יכולת הפיתוח המקצועי של מורים למדע (Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001).

למרבית הרפורמות משנות ה-90 של המאה ה-20 ואילך משותפים קיימים מספר יעדים והנחות יסוד (Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001):

1. היעד המרכזי של חינוך מדעי הוא אוריינות מדעית לכול בדגש על הבנת התלמידים את אופי המחקר המדעי דרך, למשל, לימוד של היסטוריה ופילוסופיה של המדע.
2. עמידה בסטנדרטים מדעיים לכלל התלמידים ועם זאת הגשמה של עקרונות של מצוינות.
3. חינוך מדעי צריך לכלול תהליך שבו התלמידים יהיו מעורבים בפעולתם ובמחשבתם.
4. היבט מרכזי בתכנית הלימודים יהיה קשור בחקר, שיקדם את ההבנה המדעית ואת מיומנויות החשיבה המדעית שבהם ניתן לעשות שימוש בהווה ובעתיד.

מבחינת המורים, רפורמות בהוראת המדעים מביאות לשינוי דגש מהעברה נוקשה של ידע לתכנון מצבים ופעילויות הוראה ולמידה (פדגוגיה) שיאפשרו לתלמידים ללמוד באופן פעיל. הן גם מביאות לשינוי מהתמקדות בעובדות וממצאים נקודתיים במדע להתבוננות על רעיונות גדולים, המשותפים לתופעות רבות ועל-ידי כך לרפלקסיה על המדע; לקבלת ההנחה, שהפחתת היקף הלימודים בנושאים הנלמדים יכולה להיות דבר טוב; להתמודדות עם הוראת המדע בדרך שתקפה ומובנת לכל הילדים ולא רק למצוינים שבהם ולמעבר ללימוד מיומנויות חקר שהוא לימוד יותר מורכב מהוראה של מיומנויות פרקטיות (Van Driel, Beijaard, & Verloop, 2001). רפורמות כאלה משחררות את המורים ממיתוסים תרבותיים, הכוללים את הדעה שהוראה בצורה של העברת ידע ושהכנה לבחינה הן יעילות יותר משימוש בדרכי הוראה חדשניות המדגישות סיוע והנחיה של התלמידים לצורך יצירת הבנה. מיתוסים אלה גם נוגעים להרגשה שתכנית לימודי החובה שולטת בפרקטיקה בכיתה, שממילא מוגבלת בזמן (Tobin & McRobbie, 1996). רפורמות אלה גם מרככות את הגבולות הדיסציפלינאריים של תחומי מדע שונים ויוצאות מנקודת מוצא, לפיה מדע וטכנולוגיה מעצבים ומעוצבים על-ידי חשיבה אנושית ופעולות חברתיות (Bybee, 1995).

### הוראה-מבוססת-חקר

אחד האלמנטים המרכזיים של רפורמות בחינוך המדעי נוגע להוראה-מבוססת-חקר. זוהי פדגוגיה מוכוונת-תלמיד, המאתגרת אותו בלמידה של מושגים, רעיונות או תופעות בטרם ניתן לו הסבר פורמלי ביחס אליהם על-ידי המורה או תלמידים נוספים (Marshall, Smart, & Alston, 2016; Wallberg-Henriksson et al., 2008; Anderson, 2002; ציבולסקי, 2012). מחקרים מראים, שהוראה-מבוססת-חקר מקדמת את ההישגים המדעיים של תלמידים ואת מיומנויות החקר שלהם, למשל הסקת מסקנות מנתונים וביצוע חקירות מדעיות. כן היא מביאה לשיפור בעמדות התלמידים ביחס לחינוך מדעי, ביכולתם לטעון טענות מדעיות ולתמוך אותן, ולמזער את פער ההישגים במדע בין התלמידים (Marshall, 2013; Marshall, et al., 2016).

אכן, האגודה האמריקאית לקידום מדע ( American Association for the Advancement of Science, 1993), המועצה הלאומית למחקר (המהווה זרוע של האקדמיות הלאומיות של ארה"ב) (National Research Council, 2000) ומשרד החינוך בישראל (בתחום של הוראת הביולוגיה) מציעים תכנית לימודים וחומרי למידה מבוססי חקר (משרד החינוך, 2006).

המחקר מראה גם, כי פיתוח מקצועי של מורים שהביא להגדלת כמות ואיכות הוראה-מבוססת-חקר הביא לשיפור ביכולות החקר ובהבנת מושגים מדעיים ופרקטיקות מדעיות. תלמידים שלמדו אצל מורים שעברו התערבות של פיתוח מקצועי כאמור השיגו הישגים שעלו על אלה של תלמידים בקבוצת הבקרה ועל אלה של תלמידים שלמדו אצל מורים שלא עברו התערבות של פיתוח מקצועי כאמור בשיעורים שבין 29%-82% (Marshall & Alston, 2014; Marshall, et al., 2016).

עם זאת, אף שתפיסותיהם של מורים למדעים תואמות את היסודות של למידה מבוססת חקר (Hong, 2016), גורמים רבים מכשילים רפורמה המעודדת שינוי לטובת הוראה כזו, וביניהם תפיסות אישיות של מורים, האמנות תרבותיות המעדיפות העברת ידע במקום חקר, ידע פדגוגי בלתי מספיק אצל מורים, היעדר תמיכה בתכנית הלימודים ובמנהלת בתי הספר, קשיים בדרכי ההערכה למדידת אפקטיביות הלמידה ועוד (Marshall, Smart, & Alston, 2016).

#### מי הם השחקנים ברפורמות בלימודי מדע?

ככלל, הצלחתן של רפורמות בתחום החינוך תלויה באינטראקציה שבין מאפייני השינוי המוצע, הצורך בו, בהירותו, מורכבותו והיותו בר-ביצוע (Fullan & Stiegelbauer, 1991). באופן עקרוני, תפקיד המדינה הוא ליצור תשתית לתכנון והפעלה של רפורמות, לדוגמה יצירת סטנדרטים והענקת כלים משמעותיים כגון חומרים בתכנית הלימוד כשביצועה המעשי של הרפורמה צריך להיות בידע בעלי המקצוע. זאת ועוד, רפורמות חייבות להביא בחשבון את הכוונות, התפיסות והעמדות של מורים, בין בעצמם ובין באמצעות גופים מייצגים של מורים, ויישומן צריך לשמש ללמידה של מורים. עם זאת, לעתים, עולה קושי להסתמך על המורים עצמם בהנעת רפורמות וזאת מכמה גורמים. ראשית, מורים לא נוטים לוותר בקלות על גישות ההוראה שלהם שמושרשות בניסיון מצטבר; שנית, עם השנים, ובאופן פרדוקסלי ככל שהמורים צוברים יותר ידע פרקטי כך ידע זה מצטמצם על-פני מרחב, ההולך וקטן (תופעת "ריכוז הידע"). תופעה זו מקשה על מורים לעבור לתחום בלתי מוכר שבו הם מרגישים פחות בטוחים בהיעדר ניסיון (Van Driel, 2001; Beijaard, & Verloop, 2001). ישנה גם בעיה מובנית הנוגעת להיווצרותו של פער בין התעדכנות המדע בקצב מהיר לבין מה שהמורים מכירים מתהליך הכשרתם ומניסיונם. אף הניסיון המחקרי של המורים עצמם עשוי להיות מועט מדי על-מנת להרגיש נוח ללמד למידה מבוססת-חקר ולהתנסות בפדגוגיות, השונות מאלה שעליהן הם הוכשרו. עניינים אלה מכתיבים את הצורך לערב גם אנשי מדע בגיבושן של רפורמות ובחינוך מדעי בכלל (Druger & Allen, 1998). הם גם מעלים את ההזדמנויות להחיל רפורמות "מלמעלה למטה".

הספרות מתייחסת פחות להתחשבות בידע ובעמדות של תלמידים, נשואי הרפורמות, אף שעיצוב הרפורמות נגזר מצרכי הלומדים ותוך בחינת יישומו. ההתמקדות בתלמידים נעשית בעיקר סביב העניין שהם מגלים בלימודי המדע ובחירתם להמשיך בלימודים אלה כפועל יוצא של חלק מהרפורמות.



## מתודולוגיה של ביצוע הסקירה

סקירה זו מתמקדת בנושא ההצלחות והכישלונות של רפורמות בחינוך מדעי בחו"ל כדי לאמוד את הצלחת יישום מהלכי מדיניות שונים בחינוך מדעי, שהונהגו בארצות נבחרות בבתי הספר העל-יסודיים ושל רפורמות בינלאומיות בארגון תוכני הלמידה והפדגוגיה. המדינות שנבחרו לצורך סקירה זו לפי דרישת האקדמיה הלאומית למדעים הן ארה"ב, אנגליה, פינלנד וסינגפור והרפורמה הבינלאומית שנבחרה היא ה- Science, Technology Society/Science and, Technology Society. בחירת הרפורמות נעשתה לפי מספר קריטריונים לרבות היקף הרפורמה, השפעת הרפורמה על תהליכי קבלת החלטות (למשל בנושא תכנים), הגופים שהובילו את הרפורמה (ממשלה, גופים אקדמיים, מורים), שילוב המקצועות בה (למשל, חינוך טכנולוגי) והצלחה במבחנים בינלאומיים. הדיון בסקירה נעשה תוך התייחסות ליעדי הרפורמה, למדדי ההצלחה שנקבעו בה, למרכיביה, לגורמים המעורבים בהוצאתה אל הפועל, למידת יישומה ולבחינת הצלחתה כפי שבאה לידי ביטוי בספרות העיונית והמחקרית.

הסקירה מתבססת על חיפוש במאגרי מידע אקדמיים, באינדקסים שונים, ובאתרים רשמיים של גופים, הרלבנטיים לנשוא המחקר תחת מילות המפתח הבאות: Science education; Reform in teaching and learning Sciences; Project-based learning; Scientific literacy; Science curriculum; reforms in science education in the world. נסקרו בעיקר חומרים שנכתבו בשפה האנגלית.

מאגרי המידע שבהם נעשה חיפוש אחר ספרות מקצועית לצורך סקירה זו הינם EBSCO, ERIC, מאגרי המידע של מכון מופ"ת, Google scholar, European Commission, וכן פרסומי המוסדות מקדמי הרפורמה, כגון פרסומי תכנית הסטנדרטים בארה"ב, ודוחות כגון ROSE, Nuffield Foundation וכיו"ב.

הרפורמות שנסקרו נוגעות לכמה תחומים ומשלבות ביניהם:

1. רפורמות בתכניות הלימוד ובתוכניהן (ארה"ב, בינלאומי), לרבות באמצעות קביעת סטנדרטים (National/Next generation Standards, ארה"ב) וחיוזוק הקשר שבין חברה למדע (STS/SATIS)
2. רפורמות בהיקף, תדירות ותיאום לימודי המדע (NSTA, ארה"ב)
3. רפורמה ביעדי החינוך המדעי (אוריינות מדעית) (תכנית 2061, ארה"ב; STS)
4. רפורמות בפדגוגיה (הוראה-מבוססת-חקר – תכנית 2061, ארה"ב; הוראה מבוססת פתרון בעיות ושיתוף פעולה – NGSS, ארה"ב; הוראה קישורית – תכנית 2061, ארה"ב; למידה מבוססת הקשר – SALTERS, אנגליה; הוראה לפיתוח חשיבה ביקורתית – TSLN, סינגפור; הוראה המייצרת עניין – STS)
5. רפורמה בהכשרת מורים ומתכשרים להוראה (חינוך טכנולוגי בפינלנד והוראה לחשיבה ביקורתית בסינגפור)
6. רפורמה בדרך ההערכה של חינוך מדעי ובמרכיביה (למידה מבוססת-הקשר שבאנגליה; ה-TSLN שבסינגפור; SATIS)

7. רפורמה באמצעים ובתשתיות לחינוך מדעי ובזיקתו לטכנולוגיה (פינלנד)



מחקר מראה, שמורים בארה"ב תלויים מאוד בספרי הלימוד ושאלה מהווים מקור שני בסדרו (לאחר ידע המורים וניסיונם) להוראה בכיתה (Weiss, Pasley, Banilower, & Heck, 2003). מכאן, שנודעת חשיבות רבה לרפורמות הנוגעות לתכניות הלימוד ולתכניהם. הפסקה הבאה מתארת מספר רפורמות משמעותיות בתוכני הלימוד המדעי.

### תכנית 2061

תכנית ה-2061 נוסדה בשנות ה-80 של המאה הקודמת על-ידי F. James Rutherford שפעל באיגוד האמריקני לקידום המדע, שהינו ארגון לא ממשלתי ללא מטרת רווח הגדול ביותר בתחום המדעי בעולם (AAAS, 1995), מתוך מטרה לייצר רפורמה ארוכת טווח בקנה מידה גדול בחינוך מדעי. רפורמה זו צמחה על רקע כמה דוחות ציבוריים, שהצביעו על מצבם הלא מחמיא של תלמידים בארה"ב במקצועות מדעיים במבחנים בינלאומיים ולירידתה של ארה"ב בסולם הכלכלי הטכנולוגי העולמי שנזקפה למערכת החינוך. הרפורמה מבוססת על אוריינות מדעית, המוגדרת כיצירת קשרים שבין רעיונות במדעים המדויקים ומדעי החברה, מתמטיקה וטכנולוגיה. תהליך הבניית הרפורמה, שנמשך למעלה משלוש שנים, כלל התייעצות עם מדענים, מהנדסים, מתמטיקאים, היסטוריונים ומחנכים ומאות פרטים והסתיים בפרסום התכנית Science for all Americans המפרט את יעדי הוראת המדעים לכיתות, ב', ה' ו-ח' ו- Benchmarks for Science Literacy, הנוגע להוראה בכיתות י"ב (AAAS, 1989; AAAS, 1995). הרפורמה ביקשה להרחיב את האופן שבו החינוך הכין למציאות החיים, לחשיבה ביקורתית ועצמאית ולניהול חיים פרודוקטיביים, אחראיים ומעניינים בתרבות, שמושפעת באופן הולך וגדל על-ידי מדע וטכנולוגיה ועל-ידי כך לזהות מה חשוב ביותר לדור העתיד לדעת ולהיות מסוגל לעשות במדע, מתמטיקה וטכנולוגיה (AAAS, 2013).

בסיס הלמידה שברפורמה נבחר לפי חמישה קריטריונים: (1) קידום סיכוי התעסוקה לטווח-ארוך והיכולת לקבל החלטות אישיות (2) סיוע בהשתתפות נבונה בקבלת החלטות פוליטיות המערבות מדע וטכנולוגיה (3) הצגת רעיונות חשובים ונפוצים ביותר במדע, מתמטיקה וטכנולוגיה (4) האם סיוע בחשיבה על שאלות הנוגעות לקיום האנושי (5) העשרת התוכן את חיי הלומדים בעת הנוכחית (AAAS, 1989).

החיבור כולל עקרונות ללמידה ולהוראה אפקטיביים ופרקים על רפורמות חינוכיות ועל הצעדים הבאים לקראת רפורמה. כן הוא מבהיר וקושר באופן יעיל בין רעיונות יסוד במדע ללא מינוח טכני והסבר דחוס ומפורט מדי. לבסוף, הוא כולל המלצות ובסיסי ידע בתחומים הבאים (AAAS, ) : 2013

- טבע המדע, תמות המשותפות למדע ומתודות לחקר מדעי ולחשיבה ומנהגי חשיבה
- טבע המתמטיקה והעולם המתמטי
- טבע הטכנולוגיה
- המסגרת הפיזיקלית ומבנה היקום
- הסביבה החיה, לרבות האורגניזם האנושי

- החברה האנושית, התנהגות אישית וקבוצתית ותהליך של שינוי חברתי
- עקרונות לשליטת האדם בעולם ולעיצובו באמצעות תחומי מפתח בטכנולוגיה
- התפתחות מדעית משמעותית בהיבט היסטורי

חיבור זה משמש בסיס לדיון ולהערכה של החינוך המדעי בהתייחסו למיומנויות ולידע הנדרש אצל תלמידים ומהווה את הצעד המשמעותי הראשון לקראת גיבושם של סטנדרטים לאומיים במדע לכל התלמידים. כן השפעתו הינה רחבה ומתפרסת על-פני מדינות רבות. בנוסף על כך הוא משמש תשתית לפיתוח קורסים במערכת ההשכלה הגבוהה, המשרתים סטודנטים שאינם בעלי אוריינות מדעית, ולהקמת תערוכות אינטראקטיביות במוזיאונים למדע.

ההנחה שביסוד הרפורמה היא שמורים צריכים ללמד פחות נושאים כך שהחומר הנלמד יועבר באיכות טובה יותר, בדגש על מושגי יסוד ומיומנויות חשיבה. אף שחלק גדול מהנושאים הכלולים בחיבור קיים בתכנית הלימודים, כיסוי החומרים הללו נעשה בצורה שונה. קווי הגבול בין קטגוריות נושאיות שונות מרוככים ומודגשים הקשרים ביניהם באמצעות רעיונות מושגיים חשובים (Bybee, 1995). במובן הזה, הרפורמה כיוונה לפיתוח פדגוגיה של הוראה קישורית, דהיינו כזו המשלבת בין דיסציפלינות שונות ויוצרת קישור בין מרכיבים שבהוראה הקלאסית לא דרים בהכרח בכפיפה אחת (משרד החינוך, 2016, עמ' 102).

בשנת 1993 ולאחר עבודת צוות של שש קבוצות ברחבי המדינה (AAAS, 1995), תכנית 2061 פרסמה טיוטה תחת הכותרת נקודות ציון באוריינות מדעית. בהתבסס על *Science for All Americans* תכנית זו כוללת יעדים ספציפיים ומטרות בתכנית הלימודים המדעית. בתי ספר מחוזיים וארגונים במדינות שונות השתמשו בחיבור זה לצורך בניית מודלים של תכניות לימוד במדעים (Bybee, 1995).

### השפעות תכנית 2061

תכנית 2061, שכוונה לטווח ארוך, פועלת בימים אלה במספר ערוצים, ומחקרי הערכה של התכנית טרם הושלמו (AAAS, 2016). מהספרות עולה כי שני תוצרי הרפורמה משמשים באופן נרחב בידי מורים, מורי מורים המכשירים סטודנטים להוראה ומורים בפועל, מפתחי תכניות לימודים ובעלי עניין ברמה המדינתית והלאומית. חזונה מהווה גם חלק מתכניות הערכה של חומרי הלימוד. בנוסף נמצא, שהעבודה שנעשתה במסגרת הרפורמה שימשה גם בסיס לרפורמה נוספת בתוכני הלימוד, שתידון להלן, הנוגעת לגיבושה של מערכת אחידה של סטנדרטים להוראת המדעים ויש לה השלכות לרפורמות נוספות, הנוגעות גם לארגון בתי הספר ולהכנת התלמידים לעולם העבודה והטכנולוגיה (AAAS, 1995). תכנית 2061 מקיימת כנסים ומפגשי הדרכה לעבודת המשך על תכניות הלימוד, תיקון ספרי הלימוד ודגשי התכנים שם בהתאם לעקרונות הרפורמה (Kopal & Caldwell, 2004). עם זאת, עדיין ניכרת ביקורת על אופן עריכת ספרי הלימוד בנושאים מדעיים שונים במיוחד בביולוגיה, למשל שיעור נמוך של תרשימים שיכולים להסביר תהליכים שונים (Duncan, Lubman, & Hoskins, 2011), אף שבנושאים אחרים, כגון ספרי לימוד בכימיה, נכללים מאפיינים וייצוגים ברורים יותר ומדויקים (Nyachwaya & Wood, 2014).

## Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science

ביקורת נוספת שהייתה קיימת ביחס ללימודי המדע בארה"ב נגעה לכך שהוראת המדע נעשית על פני דיסציפלינות הנלמדות באופן נפרד ובשנות לימוד נפרדות (layer-cake approach) ובחוסר תיאום. תמונת מצב זו מביאה להבנה חסרה של מושגים במדע (Aldridge, 1989). כתוצאה מכך, איגוד מורי המדעים האמריקאי (National Science Teachers Association - NSTA) החיל בשנת 1989 רפורמה שמטרתה הייתה, בין היתר, לרווח את לימודי כל אחד מתחומי המדע (פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ומדעי כדור הארץ) במשך מספר שנים. רפורמה זו, שחלה בעיקר ברמה העל-יסודית, מציעה שכל התלמידים ילמדו מדע מדי שנה במשך שש שנים ושהוראת המדע תיעשה בצורה מוקפדת מבחינת רצף העניינים ומתואמת בצורה טובה יותר מבחינת הדיסציפלינות השונות.

הרפורמה האמורה מתבססת על מחקר, שהראה שתלמידים יכולים ללמוד ולהחזיק בידע חדש בצורה טובה יותר אם הוא נלמד בהפסקות מאשר בבת אחת. כיוון שבמדע הבנה מתפתחת מהתנסות אישית בטרם היא זוכה למינוח, הנחת הרפורמה היא גם שעל התלמידים להתנסות במספר ערוצים. מכאן, שעל התלמידים להתנסות באופן פרקטי בתופעות שמעניינות אותם ברמה האישית החל מכיתה ז' ולאחר מכן להתקדם, באופן סדרתי, לעבר הבנה מורכבת ומכלילה יותר (Bybee, 1995, p. 15).

מרכיב נוסף של הרפורמה קשור בתיאום שבין תחומי המדע השונים, המביא למודעות ולבניית ידע משותף. בתחילה התלמידים נחשפים בצורה משמעותית יותר להיבט התופעתי של המדעים השונים ורק בשנים מתקדמות יותר מודגשים ההיבטים התיאורטיים הקשורים אליהם. טיפול אמפירי ומעין-כמותני של הנושאים השונים נעשה בשנות הביניים, כשכל קורס מאמץ באופן אינטגרטיבי טכנולוגיה ומחשוב. כך התלמידים לומדים באופן שבו הם יוכלו להבין את החומרים השונים וליישם אותם, בין כאנשי מדע ובין כאזרחים בחברה (Bybee, 1995). לרפורמה מתלווה הערכת ביצוע של התלמיד באמצעות טכנולוגיה אינטראקטיבית (Aldridge, 1992).

יצוין, כי רפורמה זו לא זכתה להצלחה בגלל ביקורת מורים ומדענים. בהקשר של רפורמה זו בפרט ושל עירוב תחומי מדע בכלל נטען, כי ככלל מדעים שנלמדו באופן מעורבב ולא כדיסציפלינות נפרדות בפני עצמן זכו להערכה פחותה יותר (McComas & Wang, 1998).

## National Science Education Standards

כדי ליצור האחדה בהוראת מדעים במדינות השונות במובן התוכן, ההוראה וההערכה וכן למטרות של קידום השוויון בחינוך המדעי וההזדמנויות לו הונהגה בארה"ב בשנת 1996 באמצעות האקדמיה הלאומית למדעים רפורמה משמעותית בקביעת קריטריונים (סטנדרטים) איכותניים לאומיים של החינוך המדעי ומסגרת אחידה להערכת תכניות כאלה. הסטנדרטים מגדירים את רמת ההבנה שאליה צריכים תלמידים להגיע והם חלים בתמישה תחומים: תוכן, פדגוגיה, הערכת הלומד, הכשרת מורים ומבנה ביה"ס. אף שהרפורמה נמשכת על פני זמן רב (עד לימינו) וצורת משאבים רבים, גישה הוליסטית זו מהווה פריצת דרך חשובה וניכרת לה השפעה על הסטנדרטים ללמידת מדעים במדינות השונות. כן היא משפיעה על האופן שבו ספרי לימוד שונים נכתבים (באמצעות הפניה ובחינה משווה לסטנדרטים אלה) (Ellis, 2004).

הסטנדרטים מדגישים פחות ידע של עובדות מדעיות, למידה של נושאים במדע העומדים בפני עצמם, הפרדה בין ידע מדעי לתהליך מדעי, כיסוי של נושאים רבים במדע ויישום חקר כתהליך. התכנית שמה דגש רב יותר על הבנה של רעיונות מדעיים ופיתוח יכולות חקר, הקשר שבין טכנולוגיה למדע בפרספקטיבות אישיות וחברתיות, היסטוריה של המדע וטבעו, אינטגרציה של כל ההיבטים של תוכני המדע, למידה של פחות מושגים ורעיונות מדעיים ויישום של חקר כסטטטגיה של הוראה וכרעיון שיש ללמדו.

סטנדרטים אלה מתייחסים לתלמידים בכל מערכת החינוך ונוגעים לרמה הפדראלית, המדינתית והמחוזית. ברמה הפדרלית מודגשת תמיכה בפעילויות, בפיתוח מקצועי ובפיתוח תכניות לימוד התואמים את הסטנדרטים, במחויבות ארוכת טווח לשיפור החינוך המדעי ובתיאום בין הרמות השונות במערכת החינוך בקשר לרפורמה זו. ברמה המדינתית מודגש גם כאן הצורך בתיאום מאמצי הרפורמה, בהקצאה של מענקים ותמיכות בפיתוח תכניות לימוד, תכניות הערכה ותכניות להכשרת מורים, שתואמות לסטנדרטים וכן מנגנון רישוי מורים המבוסס על הבנה ויכולות בהוראת המדעים. ברמת המחוז מודגשת הענקה של פיתוח מקצועי מתמשך לתמיכה במורים, שינויי מדיניות לצורך התאמה לסטנדרטים, הערכה ומנהיגות של מורים לשיפור הוראת המדעים והתאמה של הסכמים עם איגודים מקומיים לתמיכה בשיפורים המוצעים על-ידי רפורמת הסטנדרטים (Herr, 2007).

### Next Generation Science Standards (NGSS)

בשנת 2013 פורסמו סטנדרטים חדשים ללימוד מדעים עשירים יותר בתוכן ומאורגנים בצורה קוהרנטית בין הדיסציפלינות והרמות הבית-ספריות השונות. הסטנדרטים, שנמצאים עדיין בשלבי פיתוח ראשוני, אינם מחייבים את המדינות השונות אלא הם בבחינת גורם מנחה ומכוון. אלה פותחו על-ידי 26 מדינות, האיגוד הלאומי של המורים למדעים, האיגוד האמריקני לקידום המדע, המועצה הלאומית למחקר וארגון ה-Achieve, שהינו מלכ"ר ושתרם לפיתוח סטנדרטים במתמטיקה ובאנגלית. 40 מדינות הביעו עניין בסטנדרטים אלה ונכון לתחילת שנת 2016, 18 מדינות אימצו אותם באופן פורמלי (Heitin, 2016). בניגוד לסטנדרטים הקודמים, שלמדינות השונות היו תמריצים כלכליים לאמץ אותם, כיום לא קיימים תמריצים כאלה, ולכן ההערכה היא כי תהליך אימוצם והטמעתם יהיה ארוך יותר ומורכב (Heitin, 2014).

פיתוח הסטנדרטים האמורים נעשה על רקע ההבנה, מחד, כי היכולת של האמריקאים לפעול באופן חדשני לקראת צמיחה כלכלית ולשגשג בכוח העבודה תלויה בבסיס רחב של למידת מדע ומתמטיקה (Carnegie Corporation of New York, 2007) ומאידך לאור נתונים המצביעים על ירידה ביכולת הכלכלה התחרותית האמריקאית (ירידה בשיעור הפטנטים בעולם וביצוא מומחי היי-טק). כן הוא נעשה לאור דירוג נמוך של תלמידים במבחני ה-National Assessment of Educational Progress (NAEP) וה-PISA, TIMSS וחשיבות של עניין זה לנוכח העלייה במרכזיות מדדי ההשוואה הבינלאומיים. כן, שימשו רקע להיווצרותם של הסטנדרטים החדשים השיעור הנמוך של בוגרי תיכון שממשיכים לתארים מתקדמים ולקריירות בתחום המדע, השיעור ההולך וגדל של אשכולות תעסוקה המחייבים השכלה מדעית ומקומה המתפתח של אוריינות מדעית בתהליך קבלת החלטות בחיים האזרחיים בכלל (Next Generation of Sciences NGOS, 2016). פיתוח הסטנדרטים מהדור החדש צמח גם על רקע השוואה לסטנדרטים ללימוד מדעים במדינות

רבות, ובכלל זה אנגליה, הונג-קונג וקנדה, ולקשר המשמעותי שבין סטנדרטים אלה להערכות הישגי הביצוע של התלמידים (Achieve, 2010).

מעבר לכך, פיתוח ה-NGSS עלה מהצורך לעדכן את הסטנדרטים הקיימים בעקבות התפתחויות שחלו במדע ובהוראת המדע מאז נוצר המחזור הראשון של הסטנדרטים. הפקת הסטנדרטים ללימוד מדעים נעשתה על רקע סקר מייצג של הציבור האמריקאי, שמצא שמרבית הציבור נותן ציון "C" (כמעט טוב) ומטה לאיכות החינוך המדעי ברמה המדינתית והמקומית, מאמין שחינוך זה משתרך מאחור לאחר מרבית המדינות וסבור שיש להחיל אותם סטנדרטים ברחבי ארה"ב כדי שתלמידים במדינות השונות יעמדו באותן הציפיות (Achieve, 2012).

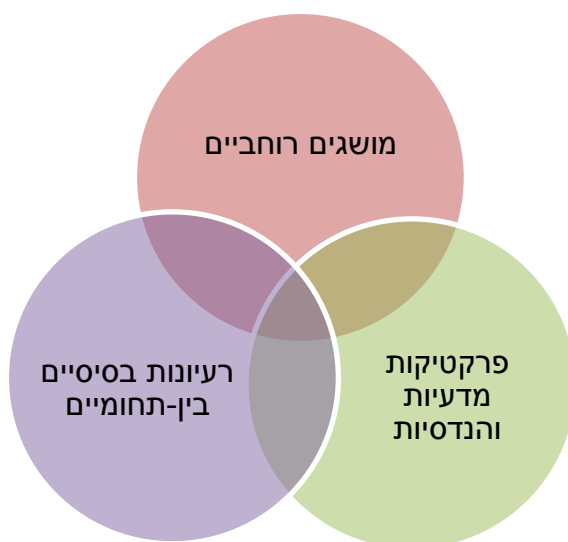
תהליך פיתוח הסטנדרטים נעשה בשני שלבים, תוך התייעצות עם הציבור ועם מומחים מהתחום כשקדמה לו הכנת מסמך מסגרת לחינוך מדעי, הכולל את הרעיונות המדעיים המרכזיים ודרכי הלמידה שכל התלמידים צריכים ללמוד עד לכיתה י"ב (National Research Council, 2012).

מטרת הסטנדרטים היא ליצור מערך של סטנדרטים מדעיים, עדכניים מבוססי-מחקר המיועדים עד לכיתה י"ב. אלה יאפשרו למחנכים גמישות בתכנון ההוראה וההתנסות כדי ליצור בקרב תלמידים עניין במדע ולהכינם ללימודים גבוהים, לקריירה ולאזרחות. הסטנדרטים מדגישים תוכן ומיומנויות, שישרתו את הלומדים במהלך חייהם החינוכיים והמקצועיים כגון תקשורת, שיתוף פעולה, חקר, פתרון בעיות וגמישות (Next Generation of Sciences, 2016). הם חורגים מעבר לחקר עצמי של תלמידים ונוגעים לאופן המורכב יותר שלפיו ניתן ללמוד מדע (Bybee, 2011).

הסטנדרטים מבוססים על שלושה ממדים ללימוד מדע (NGOS, 2016):

1. מושגים רוחביים – מסייעים לתלמידים ליצור קשרים בין ארבעת תחומי המדע: פיזיקה, מדעי החיים, מדעי כדור הארץ ועיצוב הנדסי, ולפתח גישה קוהרנטית ומבוססת-מדע ביחס לעולם שמסביבם.
2. פרקטיקות מדעיות והנדסיות – חלק המתאר מה מדענים עושים כדי לחקור את העולם הטבעי ומה מהנדסים עושים כדי לתכנן ולבנות מערכות. תלמידים מעורבים בפרקטיקות שונות כדי לבנות, להעמיק וליישם את הידע שלהם.

3. רעיונות בסיסיים בין-תחומיים – רעיונות מרכזיים במדע בעלי חשיבות רחבה בתוך או בין דיסציפלינות שונות. הם בנויים אחד על השני, ככל שהתלמיד מתקדם בלמידתו ומקובצים לארבעה תחומים: פיזיקה, מדעי החיים, מדעי כדור הארץ והנדסה.



איור 1 שלושה מימדים של למידת מדעים (NGOS, 2016)

הדור החדש של הסטנדרטים שונה מהסטנדרטים הקודמים בכמה היבטים. בשונה מהסטנדרטים הקודמים שהגדירו מה על התלמידים לדעת או להבין, הדור החדש של הסטנדרטים קובע ציפיות ביצוע, המתייחסות לאותם הדברים שעל התלמידים לעשות כדי להוכיח שהם עומדים בסטנדרטים. מעבר לכך, כל אחת מציפיות הביצוע נשענת על שלושת ההיבטים שפותחו במסמך המסגרת: פרקטיקה מדעית או הנדסית, רעיון בסיסי בדיסציפלינה ומושג רוחבי. שלישית, כל מערך של ציפיות ביצוע מתקשר לרעיונות אחרים בדיסציפלינות המדעיות וההנדסיות ועם הסטנדרטים המקובלים במתמטיקה ובאנגלית.

רפורמה זו מובילה כיום בנושא תכנון הלימודים וברפורמות בחינוך המדעי בכלל. אלמנט חשוב בה נוגע לפיתוח מסגרות חשיבה על תכנית לימודים באמצעות ממדים של פסיכולוגיה חברתית, קרי בכלים קוגניטיביים-התפתחותיים, תוך-אישיים ובינאישיים.

#### השפעת רפורמת הסטנדרטים

מעניין לציין, שהנושא של הוראת האבולוציה – נושא הנמצא במחלוקת ערכית ופדגוגית בארה"ב (Hermann, 2008), זכה לעניין מחקרי רב בהקשר של השפעת רפורמת הסטנדרטים. הסקירה מראה השפעה של הסטנדרטים על התכנים שבתכניות אלה בקרב מרבית המדינות. כך למשל, לאחר הוספת הנושא של אבולוציה בלימודי הביולוגיה, 39 מדינות כללו תיאור מסוים של אבולוציה ביולוגית ו-35 מדינות תיארו את הרעיון של בחירה טבעית בספרי הלימוד (Swanson, 2005). השוואה שנערכה בין הסטנדרטים במדינות השונות על-פני תקופה של עשר שנים מעלה, כי

חל שיפור אף בסטנדרטים עצמם. כך, למשל, במרבית המדינות הסטנדרטים כוללים תיאור מפורט יותר בנושא האבולוציה והטיפול בנושא נתפס איכותי יותר (Mead & Mates, 2009).

מאידך, בכל הקשור לסטנדרטים בתחום הגנטיקה, סקירה של הסטנדרטים במדינות השונות בארה"ב גילתה, כי התכנים המשתקפים בסטנדרטים אלה נמוכים מאוד ולא הולמים רעיונות יסוד שפותחו על-ידי החברה האמריקנית לגנטיקה אנושית ושינויים שחלו בדיסציפלינה. בדיקה איכותית של סטנדרטים אלה הראתה שיותר מ-85% מהמדינות קיבלו ציון בלתי מספק בנושאים אלה ושנזנחו בהם רעיונות חשובים של מורכבות גנטית, הקשר שבין סביבה לשונות פנוטיפית, ביטוי גנטי מבדיל ועוד (Dougherty, Pleasants, Solow, Wong, & Zhang, 2011).

זאת ועוד, הספרות מצביעה על כך שלסטנדרטים עשויה להיות תרומה לא משמעותית על מה שמורים מלמדים בפועל במיוחד בנושאים מדעיים, שהם בעלי ייחודיות מקומית, למשל בעניין האבולוציה. הטעם לכך קשור לאותות חיצוניים שמופעלים עליהם באמצעות פסיקה או חקיקה, למשל, הנוגעים למידת החופש האקדמי שצריך להיות למורים בהוראה של נושאים מדעיים. הדבר גם נובע מרתיעה של מורים מנושאים כאלה, אי הבנה שלהם או תחושה של אי-מספיקות ביחס למוכנותם ללמד אותם (Weiss, 1997; Belin & Kisida, 2015).

מחקר שנערך בקרב 15 מדינות בארה"ב ושהתמקד בהוראת נושא האבולוציה מצא, שברוב המקרים הפעילות הכיתתית לא הייתה קשורה לסטנדרטים וששיעור המורים שלימדו נושא זה לא השתנה בהתאם לרמת הסטנדרטים שנקבעה לו באותה מדינה כפי שדורגה על-ידי מומחים מהתחום. כך, הן במדינות שזכו להערכה נמוכה של הסטנדרטים והן במדינות שזכו להערכה גבוהה שלהם שיעור לא מבוטל של מורים נטו ללמד בריאתנות<sup>1</sup> ולא אבולוציה בשיעור המדע או חשו שלא בנוח ללמד את תורת האבולוציה (Moore, 2002). מחקרים נוספים הצביעו על ממצאים דומים כפי שנאספו מעדויות של תלמידים ומורים (Bowman, 2008; Bandoli, 2008; Fowler & Meisels, 2010).

מכאן, שגם אם קיימים סטנדרטים חזקים, הזוכים להערכה גבוהה, אין ערובה שייעשה בסטנדרטים אלה שימוש על-ידי המורים בכיתה ושעמדות קודמות של מורים, למשל בנושאים כגון בריאת העולם, יוסיפו לשמש מרכיב חזק בהחלטה אם וכיצד ללמד נושא זה (Belin & Kisida, 2015). בנוסף לכך בדיקת הקשר שבין איכות הסטנדרט והישגי התלמידים במדעים מראה, כי לא קיים קשר הכרחי בין משתנים אלה ומכאן, שעוצמת ואיכות הסטנדרט אינה מנבאת את הישגי התלמידים (Belin & Kisida, 2015). ממצאים אלה מעלים שאלה בנוגע להשלכות שיש לסטנדרטים בתחום המדעים לכל הפחות בנושאים בעלי משמעות ערכית-מקומית.

---

<sup>1</sup> בריאתנות (Creationism) היא תפיסה לפיה אלוהים הוא היוצר הבלעדי של היקום, יש מאין במסגרת פעולה של רצון חופשי (Stanford Encyclopedia of Philosophy, 2003)

בשנים האחרונות גובר החשש, ששיטות מסורתיות להוראה, בעיקר העברת ידע קונספטואלי ושימוש במושגים מופשטים לפרש ולהסביר בעיות פשוטות, אינן יוצרות מוטיבציה לתלמידים להמשיך וללמוד לקראת תארים מתקדמים ולפתח קריירה בתחומי מדע מסוימים. לצורך זה הונהגה בחלק קטן מבתי הספר רפורמה להחלת פדגוגיה מבוססת-הקשר מתוך מטרה להפוך את הלמידה לבעלת משמעות עבור התלמידים באמצעות מיקום הלמידה בעולם האמיתי ( King, 2012; Hofstein & Kesner, 2006; Eilk & Hofstein, 2015). אף שהמושג "הקשר" כולל בתוכו מובנים שונים בהקשר של החינוך המדעי (Gilbert, 2006), פדגוגיה מבוססת-הקשר היא זו שבמסגרתה ההקשר או היישום של דיסציפלינת המדע (כימיה, למשל) למצב של עולם אמיתי מרכזיים להוראת הדיסציפלינה. מושגי הדיסציפלינה נלמדים במתכונת של "צריך לדעת" (need-to-know) וזאת כדי להבין יישום של בעיות מהעולם האמיתי (King, 2012). פדגוגיה זו היא חלק ממערך רחב יותר של פדגוגיות מבוססות-פרויקט או בעיה, מדע-טכנולוגיה-חברה וחינוך מדעי מבוסס-חקר (King, 2012) ופדגוגיה של למידה בשדה ומחוץ לחדר הכיתה (אוריון, אבן, בן שלום, גרטל ומדין, 2002).

### SALTERS Advanced Chemistry

בשנת 1983, קבוצת מורים ומחנכים מדעיים נפגשו באוניברסיטת יורק ודנו בדרכי הוראה של כימיה כדי להפוך את המקצוע הזה ליותר אטרקטיבי ורלבנטי לאינטרסים של לומדים צעירים ולחיייהם היומיומיים. הצוות המפתח של התכנית לא הונחה על-ידי תיאוריה פדגוגית או קוגניטיבית ספציפית אלא על-ידי כמה תיאוריות כאלה, לרבות בנושא בחירת תכנית הלימודים, באשר לדרכי הלמידה של צעירים ובנוגע לדרכי קידום ותמיכה בשינוי חינוכי. הדבר אפשר להם לבחור באופן סלקטיבי, וכשהדבר מתאים, מחקרים שמייצעים על בחירות בנוגע לגישות ולפעילויות למידה. המורים היו מעורבים בתכנון ובכתיבת תכניות הלימוד כך שתתאמנה למציאות הכיתתית ולאינטרסים המצופים של התלמידים. התכנית חוברה על-ידי כ-40 אנשים ובהתייעצות עם כ-100 מומחים. החומרים שהופקו שימשו במשך שנתיים פיילוט וזכו למשוב משמעותי ממורים ומתלמידים (Bennett & Lubben, 2006).

שני הקריטריונים המשותפים לתכנון הקורסים נגעו לקידום הערכת הלומדים ביחס לאופן שבו

(1) הכימיה תורמת לחייהם או לחיי אחרים בעולם או

(2) הכימיה מסייעת להם לרכוש הבנה טובה יותר של סביבתם הטבעית (Bennett & Lubben, 2006).

כך, יחידות הקורס פותחות בהיבטים מחיי הלומדים והחברה שבה הם מתפקדים, שאותם חוו באופן אישי או באמצעות התקשורת, והן מציגות רעיונות או מושגים ככל שעולה בהם הצורך. מתודולוגיה זו אפשרה להגדיר כיוון כללי של פיתוח היחידות מבלי לפרט את תוצאות החקר ברמה גבוהה. החלטות בנוגע לתוכני התכנית התקבלו במהלך הפיתוח ולא הוגדרו בתחילתו.

גילוי וזיהוי של יעדי התכנית ומטרותיה נעשה תוך כדי פיתוחה (Campbell et al., 1994). התכנית החלה בהצגת שאלות מאתגרות ביחס למדע שעל הדור הצעיר ללמוד, ובמענה המורים עליהן, המשקף ניסיון וידע מקצועי. מענה זה מאפשר לקבל החלטות בנוגע לתכנית הלימודים, הקשר



הלמידה ופעילויותיה השונות. כך גם מגוון של קבוצות וקהלים שרוצים להשפיע על עיצוב תכנית הלימודים (מחנכים, מדענים, קובעי מדיניות וגופים בעלי אינטרס בלימודי כימיה) יכולים להביע את עמדתם כדי ליצור בסיס משותף להתחיל בו (Bennett & Lubben, 2006).

חקיקה באנגליה קובעת שלקורס תהיה הערכה חיצונית, אשר תוודא כי הקורס עומד בסטנדרטים מסוימים שנקבעים על-ידי מערכת רגולטורית. הערכת הקורס כוללת מרכיב של "שאלות פתוחות", שללומד מוקצים שלושה שבועות להשיב עליהן באמצעות נייר בעל אופי מחקרי. הערכה פורמלית של המיומנויות הפרקטיות נעשית על-ידי המורה ומבוססת באופן מוחלט על חקר אישי המתוכנן ומנוהל על-ידי התלמיד (Bennett & Lubben, 2006).

התכנית במקורה שקדה על פיתוח חמש יחידות להוראת כימיה המבוססות הקשר לגילאי תלמידי תיכון (גיל 13). כיום, במרחק של 20 שנה פותחו מספר גדול של קורסים בכימיה, ביולוגיה ופיזיקה לתלמידים בגילאים 11-18 (University of York, 2016). חלק מהם אף אומץ להוראה במדינות נוספות כגון בלגיה, הונג-קונג, ניו-זילנד, ספרד שוויץ וארה"ב (Bennett & Lubben, 2006). קורסים אלה הדגישו את הרלבנטיות של לימודי כימיה לחיי היומיום בתקווה להפוך אותם ליותר אטרקטיביים ורלבנטיים עבור תלמידים. כך, למשל, מרכיב מסוים בקורס כימיה מתקדמת כולל ביקור של התלמידים בתעשייה כימית מקומית. מורים למדעים בוחרים אילו מבין קורסים אלה ילמדו במוסדותיהם, כשלכל קורס יש דרישות מוקדמות.

### **בחינת השלכות התכנית**

לתכנית נמצאה תרומה בהגברת העניין שיש ללומדים בתעשייה ובהערכתה לפי מחקר שבחן עמדות של 1200 תלמידים שנמשך שנתיים. המחקר מצא, כי תלמידים בעלי התנסות ראשונה בתכנית כזאת מגלים יותר הבנה בנוגע לתפקיד הכימיה התעשייתית והערכה מוגברת לחשיבותה בהשוואה לתלמידים הנעדרים התנסות כאמור (Key, 1998 in Bennet & Lubben, 2006).

מחקר שבחן עמדות של למעלה מ-200 מורים ביחס להוראת הקורס שפותח בתכנית (בדרגות שונות של ניסיון הוראה) דיווח, כי מורים מצאו את הקורס הזה מעורר יותר מוטיבציה להוראה. אף שהמורים דיווחו כי הוראת הקורס הייתה יותר תובענית, הם ציינו לשבח את התמיכה המקומית שזכו לה וראו בה גורם מרכזי לבניית האמון בקורס ולהצלחת הקורס (Bennett, 2005). (Gräsel, Parchmann, & Waddington, 2005).

מחקר השוואתי שבחן את השקפות התלמידים והידע שלהם בעקבות למידה בתכנית מצא, שבעוד ש-45% מהתלמידים שלמדו כימיה באופן מסורתי ציינו שעשו כן משיקולים של קריירה ו-31% מתוך עניין, 40% מהתלמידים שלמדו כימיה בתכנית Salters עשו זאת מתוך עניין ורק 20% משיקולים של קריירה. תלמידים בתכנית הביעו בה עניין רב וציינו בחיוב את הפעילויות שבמסגרתה לרבות דיונים בקבוצות-קטנות, חיפושים ברשת, משחקי תפקידים ועוד. עם זאת, תלמידים בתכנית הביעו יותר חשש מתלמידים בהוראה המסורתית באשר ליכולתם להתמודד עם תיקונים ובחינות. תלמידים בתכנית המסורתית ציינו, כי שיטת ההוראה המאופיינת בפורמט של "ישר ולעניין" היא יותר נוחה ללמידה. תלמידים אלה אהבו את היותה של גישה מבוססת נושאים ניתנת לחיזוי ואת שיטת ההוראה המסורתית. תלמידים בשיטה המסורתית דיווחו על ירידה בעניין שבקורס בעיקר לקראת סופו. לעומת זאת, ניכר יותר עניין בקרב תלמידי Salters

בלימודים. זה בא לידי ביטוי בנכונותם להמשיך ללימודי קורסים בכימיה באוניברסיטה (Barker & Millar, 1996 in Bennett & Lubben, 2006). מחקר נוסף, שהתמקד בעמדות התלמידים בתכנית בהשוואה לתכנית הרגילה מצא, שככלל תלמידים מצאו יותר עניין וגיוון בתכנית SALTERS ואולם ראיונות עם תלמידים חלשים יותר גילו, כי אלה התקשו להתמודד עם בעיות ומשימות בתכנית שלא היו דומות לבחינה "רגילה" (Barber, 2000 in King, 2012).

בכל הנוגע לתרומה של התכנית להבנה מדעית, מחקר אורך שבחן למעלה מ-400 תלמידים בשנתונים עליונים של גיל התיכון ב-36 בתי ספר באנגליה לא מצא הבדלים מובהקים ברמת ההבנה של תלמידים שלמדו בתכנית ה-Salters בהשוואה לתלמידים שלמדו כימיה בשיטה מסורתית יותר. יתרון קל נראה לבוגרי תכנית ה-Salters בכל הקשור לתרמודינמיקה ולקשרים כימיים (Barker & Millar, 1996 in Bennett & Lubben, 2006).

מחקר אחר הצביע על יתרון מסוים להוראה-מבוססת-הקשר בנושא של שיווי משקל כימי (Banks, 1997 in Bennett & Lubben, 2006). עם זאת, כיוון שתלמידים שלומדים בקורסים בתכנית Salters נבחנים בבחינה שונה מזו שבה נבחנים תלמידים הלומדים בשיטה מסורתית, ההשוואה בין הישגי התלמידים אינה ישירה. מחקר נוסף, שלקח בחשבון גורמים נוספים להערכת ביצוע של תלמידים לא מצא הבדלים מובהקים בין תלמידים בכל אחת מהתכניות מבחינת הציון הסופי שלו זכו. יתירה מזאת, מחקר זה מצא, שכאשר תלמידים נבחנים בשאלות סטנדרטיות הנגזרות מבחינה שנכתבה על-ידי האיגוד המלכותי לכימיה RSC, אלה שלמדו בתכנית Salters זוכים לציונים נמוכים יותר מאלה בתכניות המסורתיות, אף שניתן לומר כי מלכתחילה שאלון RSC תקף יותר במבנהו ללומדים בשיטות מסורתיות.

יוצא איפוא, שבעוד שקיימת תמיכה בספרות לכך שהתכנית הגבירה את העניין בלימודי המדע ואת הבנת הרלבנטיות שלו למציאות ולפרקטיקה, במרבית המחקרים לא נמצאה עדות לתרומת התכנית לעניין הישגי התלמידים ואף ניכרת רתיעה מסוימת של התלמידים מאופן ההערכה הגמיש שבו נעשה שימוש בתכנית.

ממשלת פינלנד בחרה בפרויקט Information society לקדם שותפויות בין גופים שונים במטרה לפתח מיומנויות בנושאי מידע, להבטיח נגישות להתקשרויות מהירות ולהגביר את השימוש בטכנולוגיות מידע ותקשורת בשירותים ציבוריים ובמינהל. ההנחה שביסוד הרפורמה היא, ששימוש מוגבר בטכנולוגיות מידע ותקשורת בסקטורים השונים מקדם תחרות ויצרניות, שיוויון חברתי ואיזורי, רווחה כללית, חדשנות חברתית ואיכות חיים (Ministry of Education, 2004). התכנית ביקשה לצייד את תושבי פינלנד ביכולות בסיסיות ובהזדמנויות להשתמש בשירותים אלקטרוניים; ליצור שימוש סביר בטכנולוגיות מידע ותקשורת בלמידה, בהוראה ובמחקר; לפתח חומרים אלקטרוניים באיכות גבוהה ובנגישות מירבית; ולהגדיל את מגוון שיטות ההוראה וסביבות הלימודים באמצעות טכנולוגיות חדישות. הציפייה הייתה, כי בתוך שלוש שנים מהפעלת התכנית לכ-75% מהמורים יהיו ידע ומיומנויות להשתמש בטכנולוגיות מידע ותקשורת בחינוך.<sup>2</sup>

תכנית זו פעלה ברמת המדינה, הערים ובתי הספר (Franssila & Pehkonen, 2005) ושילבה בין כמה גופים ובכללם מנהלים במערכת החינוך, מוסדות להשכלה גבוהה ומוסדות להשכלת מבוגרים (Ministry of Education, 2004).

התכנית כללה גם העמקה של ההכשרה הטכנולוגית של מורים בתכניות לפיתוח מקצועי של מורים והכנסת הרכיב של ידע בטכנולוגיות תקשורת ומידע במסגרת הערכת המורים. הכשרת המורים נעשת בשלוש רמות: האחת, הכשרה ברמה האישית בנושא מיומנויות וכלים בסיסיים של טכנולוגיות והבנת העקרונות לשימוש בטכנולוגיה לצורכי הוראה; השנייה, הכשרה מתוחכמת יותר בנושא שימוש פדגוגי בטכנולוגיה ויישומים נוספים שלה; והכשרה לשמש כתומך טכנולוגיה בסביבה הבית-ספרית כשהצפי היה שבתוך שלוש שנים, 75% מהמורים יסיימו את ההכשרה ברמה השנייה (Franssila & Pehkonen, 2005). כן תכניות להכשרת מורים הממומנות על-ידי המדינה יתמכו בפרויקטים אזוריים ולאומיים המדגישים בית ספר וירטואלי. המועצה הלאומית לחינוך נבחרה לגבש תכנית להכשרת מורים בנושא טכנולוגיות מידע ותקשורת ונקבע שמוסדות, להשכלה גבוהה יקדמו את המיומנויות הנדרשות מצד מחנכים להשתמש בטכנולוגיות אלה בהוראה (Ministry of Education, 2004). התכנית הדגישה גם שליטה טובה במיומנויות הקשורות בטכנולוגיות אלה בתעשיות הידע ברמה הבינלאומית. התכנית לוותה במחקר ושקדה על פיתוח שיטות מחקר ממוחשבות לרבות יישום טכנולוגיות מידע ותקשורת בתחומי מחקר חדשים.

בכל הנוגע להיבט התוכני של הרפורמה, המועצה הלאומית לחינוך הייתה אמונה על קביעת קריטריונים של איכות לחומרי לימוד וירטואליים המשמשים לחינוך יסודי ועל-יסודי. קריטריונים אלה ישמשו גם את מוסדות ההשכלה הגבוהה שיפרסמו חומרים בפורטלים השונים. מוסדות אלה יציעו תהליכי בקרת איכות לחומרי למידה שיופקו ברשתות להשכלה גבוהה ודגש יושם על עניין זכויות היוצרים בכתיבת חומרים אלה. התכנית עמלה על פיתוח שירותי ספרייה אלקטרוניים והנגשתם תוך העדפה לפרסום אלקטרוני של דוחות מחקר ותזות בגישה חופשית ותמיכה בתהליך הדיגיטציה של ספריות וחומרים ארכיוניים. בנוסף, הסביבה התפעולית של

<sup>2</sup> שיעור המורים בעלי ידע ומיומנויות אלה טרם הפעלת התכנית לא פורסם במקורות שנקרו.

התכנית תהיה מתקדמת מבחינה טכנית ותכלול תמיכה לאנשי מקצוע, ועם זאת תאפשר את קיומה של קהילה.

האחריות הכוללת ליישום התכנית ולמימונה היא על משרד החינוך. למשרד התמנתה ועדה מייעצת, המורכבת ממומחים שונים ומנציגי ארגונים, האחראים על תכניות פעולה במישור הידע, התוכן והסביבה התפעולית. שותפי התכנית יעריכו את יישומה באופן שוטף. הכוונה הייתה שתוצרי התכנית יפורסמו מדי שנה.

### השפעות התכנית

התכנית לפיתוח טכנולוגי השפיעה באופן משמעותי על תכניות הלימודים הארצית והמוניציפלית ואלה כוללות כיום שימת דגש רב על שימוש בשיטות הוראה מודרניות וטכנולוגיות מידע מודרניות.

עם זאת, ככלל, מחקר מראה, שלמרות הציפיות הגדולות של טכנולוגיות מידע ותקשורת הנוגעות לשינוי כוללני בהוראה ובלמידה והרטוריקה האופטימית המאפיינת את הדטרמיניזם הטכנולוגי ואת כוחו לסייע בכול (Nivala, 2009), בתי הספר לא עמדו בציפיות אלה והאינטגרציה של טכנולוגיות אלה עם מערכת החינוך הייתה איטית מהמצופה, לרוב בשל אינטרס מופחת של המורים או היעדר מיומנויות (Player-Koro, 2013). חוסר שביעות הרצון משילוב של קורסים בנושאים אלה עוד בשלב הכשרת המורים מתועד אף הוא במחקרים (Jung, 2005).

ראיונות עם מורים בפינלנד מצביעים על כך, שבעוד שבתחילת הרפורמה שיעור זעום מבין המורים העריך את עצמו כמומחה בטכנולוגיה (כ-2% בסקר אחד), הרפורמה הביאה לשינוי בהערכה העצמית, אף ששינוי זה נחשב למתון יחסית. זאת ועוד, מורים רבים הביעו חשש שמידע טכנולוגי רב עלול לטשטש את מטרות הלמידה וחלקם אף לא האמין שלמידה חברתית או מיומנות חברתית ניתנים לקידום באמצעות משאבים טכנולוגיים (Atjonen, 2006).

זאת ועוד, נמצא, שהתכניות לא הגיעו לקהלי היעד שלהן, שהן לא תאמו לציפיות המורים, שמורים לא היו מודעים להכשרות הקיימות, שבתי הספר לא מימנו היעדרויות הקשורות בהכשרות ושמורים לא היו מעוניינים בהיבטים הטכנולוגיים. התפיסה שהתגבשה היא שגם אם מורה אחד בבית הספר נמצא ברמה מתקדמת יחסית של שימוש בטכנולוגיות, הדבר אינו מספיק להביא לשינוי בפרקטיקות ובתרבות ברמת בית הספר ושנדרשים עוד כלים חזקים יותר וגישות שיתופיות מוגברות כדי להביא לשינוי האמור. גם ברמת התשתית הטכנית ובצפיפות הילדים העושים שימוש בטכנולוגיות תמונת המצב הייתה פחות טובה מהרצוי.

עוד נמצא, כי בתי הספר לא הוכנו היטב לתכנן את האסטרטגיות שלהם כדי לתרגם את הרפורמה הזו לפרקטיקה ולא הייתה מספיק תמיכה "מלמטה" לכך (Franssila & Pehkonen, 2005). כך, נמצא שהפדגוגיה בפינלנד לא התקדמה בקצב של ההתקדמות הטכנולוגית ושנעשה שימוש בכלים שסופקו באמצעות טכנולוגיות חדשות בפדגוגיות שלא מסוגלות להעריך את מלוא הפוטנציאל של הטכנולוגיות ותרומתן האפשרית לסביבת הלמידה.

האינטגרציה האיטית של הטכנולוגיה בהוראה ובלמידה נשענה על פרספקטיבה היסטורית לפיה בתי ספר לרוב מאמצים שינויים באופן איטי. היא גם נסמכה על פרקטיקה שבה המורה נמצא במרכז ושכדי לחולל שינויים בשיטות ההוראה עליו להכיר את היתרונות שבשימוש בטכנולוגיות

ועליו להיות בעל מוטיבציה להביא את אותן טכנולוגיות לכיתה, בין היתר, בהתבסס על תפיסותיו האישיות ביחס לטכנולוגיות אלה (Sipilä, 2010). הסבר נוסף להטמעתה האיטית של הרפורמה עשוי להתקשר לעובדה שאסטרטגיות חברת הידע מתייחסות לידע ולחינוך ככלים לתחרות כלכלית ומדגישים את הערך האינסטרומנטלי של הידע וזאת מבלי להפנות תשומת לב רבה מדי ליעדי החינוך. על-פי אסטרטגיות אלה, הידע הוא "סחורה" שמיוצרת, מחולקת, מתומחרת ונסחרת בשוק. מתח זה מקשה על יישום הרפורמה ועל קבלתה על-ידי המורים. היא גם אינה לוקחת בחשבון את הסוכנות (agency) של מורים ותלמידים, שהידע חל עליהם, ובמקום מכריחה אותם להשתמש בטכנולוגיות השונות בין אם יש בכך צורך ובין אם לאו. רוח הרפורמה, אופייה הכלכלי-שוקי, והדטרמיניזם הטכנולוגי המושמע בה לא מותיר פתח לגישה ביקורתית, וציפיות לא ריאליסטיות ביחס אליה מפחיתות את הסיכוי האמתי ליישומה (Nivala, 2009).

## Thinking Schools, Learning Nation (TSLN)

כחלק ממאמץ לאומי להשאיר את המדינה תחרותית מבחינה כלכלית ומותאמת למעבר לכלכלת ידע, ומתוך תפיסה המשלבת בין מדיניות חינוכית למדיניות ותכנון כלכלי (Gopinathan, 1999) הוראה בחינוך השקעה חברתית בהכנת משאב אנושי (תלמידים) להשתתפות בכלכלה הגלובלית והתחרותית (Koh, 2002) הונהגה בסינגפור בשנת 1997 רפורמה, המכונה Thinking Schools, Learning Nation. מטרתה של רפורמה זו, שנתפסה כ"מפץ הגדול" בתחום החינוך (Ab Kadir, 2016) היוו לפתח את כלל התלמידים, שנתפסים כ"מואכלים בכפית" ו"חכמים בבחינות" (Koh, 2002) ללומדים פעילים בעלי מיומנויות של חשיבה ביקורתית ולפתח תרבות של חשיבה יצירתית וביקורתית בבתי הספר. רפורמה זו כוללת הוראה מפורשת של מיומנויות חשיבה ביקורתית ויצירתית; הפחתה בנושאי תוכן בשיעור של עד 30%; שינוי ותיקון של דרכי הערכה כך שיכללו התייחסות לחשיבה ביקורתית וליכולת ללמוד (במקום ליכולת לזכור מידע); ודגש גדול יותר על תהליך מאשר על תוצאות בהערכת בתי ספר (Tan & Gopinathan, 2000; Ab Kadir, 2016). במסגרת רפורמה זו המורה נתפס לא עוד כמעביר ידע אלא כמאפשר ומנחה את תהליך הלמידה של התלמידים וכמי שאמון על פיתוח מיומנויות החשיבה שלהם. הרפורמה מחייבת את המורים להתעמת עם ולהשיל (unlearn) פדגוגיות מסורתיות דידקטיות לטובת פדגוגיות קונסטרוקטיביות חדשות התואמות פיתוח לומדים חושבים (Driver & Oldham, 1986; Ab Kadir, 2016). ההנחה הייתה כי צעדים אלה יובילו את המדינה והחינוך לעבר קידמה וחדשנות (Tong, 1997).

עם השנים, הוחלו שתי יוזמות נוספות המהוות הרחבה של ה-TSLN: ה-Innovation and Enterprise ו-Teach Less, Learn More, שמטרתן למקם את הלומד במרכז. היוזמה הראשונה הדגישה את חשיבות היצירתיות והנחלת רוח של חדשנות וקידמה לכינון של מיומנויות ותפיסות החשובות לאזרח במאה ה-21. היוזמה השנייה הדגישה התנסות בלמידה, למידה מעורבת, הוראה מבדלת, למידה של מיומנויות לאורך חיים ועוד (Ab Kadir, 2016).

בהמשך למטרות ה-TSLN המכון הלאומי לחינוך של סינגפור פעל במספר מישורים (Ab Kadir, 2016):

1. שינוי מערכי קורסים בתכניות להכשרת מורים שיכללו הכשרה בנושאים של מיומנויות חשיבה וגישה-מוכוונת תהליך בהוראה וכן שינוי באופן הערכת השתתפות בפרקטיקום שבמסגרתה סטודנטים להוראה יצטרכו להוכיח יכולות לפיתוח חשיבה בקרב תלמידים.
2. פיתוח מקצועי של מורים בפועל בתכנית ייעודית הכוללת שילוב של חשיבה בנושאי תוכן ובהערכה.
3. פיתוח סדנאות עבור מורים במכללות או במכינות קדם-אוניברסיטאיות שמטרתן לפתח גישות למידה המקדמות חשיבה, שימוש במיומנויות של חשיבה יצירתית וביקורתית ושילוב חשיבה בנושאי תוכן שונים ובכלי הערכה ועוד.
4. הקמת מרכז להוראת החשיבה (Singapore Centre for Teaching Thinking), שמטרתו ליצור תכניות ולבצע מחקר בנושא הכללת החשיבה בתכניות הלימודים

הדגשת מיומנות החשיבה הביקורתית נעשית על רקע הבנה מתגבשת בעולם, כי מיומנות זו הינה מרכזית להישרדות במאה ה-21 (Lipman, 2003) וליכולת להתמודד עם שינוי מתמיד (Paul, 1995). הרפורמה בכללה יצאה מתפיסה של דה-צנטרליזציה של החינוך כפי שבאה לידי ביטוי בהענקת אוטונומיה ניהולית לבתי הספר (Tan, 2008), שמקורה אינו בדמוקרטיזציה של בתי הספר אלא בשיקולים פרגמטיים הקשורים בהתאמה שבין עריכת רפורמות לאתגרים כלכליים (Tan, 2007).

### בחינת השלכות הרפורמה

כבר בסמוך לתחילתה של הרפורמה הובע החשש, שמא ניתן לשנות האמונות, ערכים ותפיסות של מורים בסינגפור ביחס לשאלות אפיסטמולוגיות, לתפקידם ולטבע ההוראה והלמידה – שינויים החיוניים ליישומה של הרפורמה (Tan & Gopinathan, 2000).

אכן, מחקר מראה, שלמרות התקוות הגדולות שנתלו ברפורמה, זו אינה יצרה עולם חינוכי חדש אלא שכפול של עולם חינוכי ישן (Ab Kadir, 2016). המרכז להוראת חשיבה, שנועד לשמש הכוח המניע ברפורמה זו נכחד ואתרו אינו פעיל עוד. גם תלמידים שהשתתפו בתכנית העידו, כי לתכנית הייתה השפעה מזערית על מיומנות החשיבה הביקורתית שלהם (Ab Kadir, 2010). נטען, כי מורים מפצירים בתלמידים לנהוג ביצירתיות מבלי ללמד אותם כיצד לעשות זאת (Koh, 2002). השינוי שחל בבתי הספר אינו יסודי, שכן מורים צריכים עדיין להתמודד עם כיתות גדולות, תכנית לימודים מוכתבת וריבוי מבחנים ברמה הלאומית – גורמים המקשים על פיתוח ושקידה על מיומנויות חשיבה (Gopinathan, 2007; Tan, 2007). כך, הערכת הלמידה בסינגפור נותרה צנטרליסטית ונשלטת על-ידי הישגיות אקדמית הנבחנת במבחני ידע תוכני וללא התייחסות מהותית למרכיבים של קידום או פיתוח של יכולות למידה (Tan, 2011).

הספרות הצביעה על כך, שמורים והורים העדיפו את האסטרטגיות הדידקטיות המסורתיות שהוכחו כמוצלחות בעבר (Ab Kadir, 2016). אחת הסיבות המרכזיות לכך שמורים התקשו לאמץ פדגוגיות של חשיבה ביקורתית קשורה לידע השטחי שהיה להם בנושא. עובדה זו נבעה ממה שדווח על-ידם כהיעדר תכנית הכשרה ופיתוח מקצועי ארוך-טווח ואפקטיבי בהוראה של חשיבה ביקורתית הן למתכשרים בהוראה הן למורים בפועל (Ab Kadir, 2010; Ab Kadir, 2016; Retna, 2007). הסבר נוסף קשור לשיח הליברלי של דמוקרטיה ואוטונומיה, שעליו נשען האידיאל של לימוד חשיבה ביקורתית, שאינו תואם למדינה של מפלגה אחת עם שיח חלש ולא מפותח של זכויות (Lim, 2014). הסבר שלישי נוגע למתח שבין פילוסופיית החינוך הסינגפורי, שמשקפת מדיניות של שלטון מרכזי המשרתת צורך בצמיחה כלכלית ולכידות חברתית לבין עידן של מדיניות חינוך פרוגרסיבית המדגישה פיתוחה של חשיבה ביקורתית והפועלת מתוך תפיסה של ריאליזם ופרגמטיזם. האחרונה מלווה בקושי שקשור בתרבות של ציות וקונפורמיות (Ab Kadir, 2016). הסבר נוסף, נוגע לקושי ללמד ולפתח חשיבה ביקורתית הקשור לטיבה של מיומנות זו.

מעבר לכך, הספרות חלוקה בנוגע להיותה של מיומנות החשיבה הביקורתית גנרית או קשורה לתוכן ולהקשר מסוימים כמו גם בנוגע להיותה מיומנות בכלל להבדיל מפרקטיקה חברתית (Koh, 2002). מכל מקום, פיתוח יכולות החשיבה הביקורתית לא נתפס, הלכה למעשה, כיעד מפורש הקשור לתהליכי הלמידה ותוצריה ולא התאים לתפיסה ביצועית, שמאפיינת את בתי הספר

בסינגפור בשנים האחרונות למשל באמצעות מודל ה-School Excellence, השמה דגש על מדידת ביצועי בתי הספר והמורים ולשיח הניהול והיעילות המאפיין בתי ספר אלה (Ab Kadir, 2016).



## רפורמות בינלאומיות

מערכת הציפיות בנוגע לתוכני הלימוד של הוראת המדעים היא רבה. היא כוללת שאיפה לטפח אוריינות מדעית לכול, המסייעת ללומדים להבין את העולם שמסביבם ולהתעניין בו, להיות מעורבים בשיח המדעי, לגלות ספקנות ביחס לטיעונים מדעיים המושמעים על-ידי אחרים, להיות מסוגלים לנסח שאלות ולאתר להן תשובות מבוססות-ראיות ולקבל החלטות מושכלות בנושאים של סביבה, בריאות ורווחה כללית (Toh & Goh, 2003). בנוסף לכך מתקיימת במדינות רבות במערב דאגה משותפת בנוגע לכך שקיים שיעור נמוך בקרב הלומדים המגלים עניין בלימודי החובה של מדעים, לא כל שכן של אלה השוקלים לימודים מעבר ללימודי החובה והמשך קריירה כמדענים.

במקביל לכך, בשנים האחרונות מתחדדים יחסי הגומלין בין המדע לטכנולוגיה: המדע מספק בסיס ידע עבור הטכנולוגיה ומכתיב את תרבות האומות המפותחות ואילו הטכנולוגיה מספקת את הכלים למדע ומעצבת רשתות חברתיות לפעולתו (Tedman, 2005).

### ארגון תוכני הלימוד ופדגוגיה באמצעות תנועת המדע, טכנולוגיה וחברה

עוד בתחילת שנות ה-70 של המאה הקודמת הוכרז יעד חדש לחינוך המדעי – יעד העוסק בקשר שבין מדע, טכנולוגיה וחברה (STS — Science Technology Society) (Gallagher, 1971; Hurd, 1975). באמצעות התכנים החדשים, הדגש מושם לא על התוכן המדעי אלא על המורה המעביר אותו (Solomon & Aikenhead, 1994). מטרתה של תנועה זו היא לייצר השפעה רגשית חיובית על תלמידים וליצור אצלם עניין בלימודי המדע באמצעות יצירת תמריצים שישגו בהקשרים שונים של למידה בדגש מיוחד על תוכני הלימוד ופדגוגיה. עניין זה עשוי אף להוביל את חלק מהתלמידים להתעניין בלימודים מתקדמים בתחומי המדע לאחר סיום התיכון. מטרה נוספת, הנובעת ממעורבותם הגדלה של תלמידים בלימודי המדע היא להביא לשיפור בתהליך הלמידה ובהבנת רעיונות מדעיים (Bennett, Lubben, & Hogarth, 2006).

גישת ה-STs מבקשת לאפשר לתלמידים לחשוף מהו מדע ולמה הוא יכול להיחפך, לשקול את התהליכים שלפיהם ניתן לשלוט, לתקף ולייצר מדע, להפוך אותו נגיש לשימוש ולהשתמש בו. גישה זו דורשת פדגוגיה שחורגת מהצגה של דעות ורעיונות מגוונים על-ידי מורים מהטעם שהצגה כזו לבדה אינה מקדמת פיתוח יכולת להסיק מסקנות או לבצע בחירות מושכלות (Hargreaves & Hargreaves, 1983).

התנועה שמציעה שילוב מושכל של מדע, טכנולוגיה וחברה התפתחה בעקבות שינויים חברתיים רבים והתגובות להם ובכללם מלחמת העולם השנייה, תנועת המדע עבור אחריות חברתית, התנועה הסביבתית, תנועת הנשים, רפורמות תכניות לימוד מדעיות פוסט-ספוטניק והתגובה הביקורתית לרפורמות אלה, מחקר בנושא הוראת המדעים ולמידתם, הפחתה ברישום למדעי הפיזיקה וניסיון מתמיד של חלק מהמורים למדעים להציג תפיסה הומניסטית של הוראת המדעים (להבדיל מתפיסה פרה-מקצועית אליטיסטית של הכשרה מדעית באמצעות "צינור ידע") (Aikenhead, 2003). היא הופיעה גם כתוצאה מהגברת תחושת האחריות לחברה בקרב מדענים וכן טשטוש האבחנה שבין מדע לרוח (Ratcliffe, 2001).

פרויקט המדע בחברה (Science in Society) נוסד בשנת 1976 בבריטניה על-ידי האיגוד הבריטי לחינוך מדעי. מטרת פרויקט זה, שכלל בעיקרו פיתוח של קורס, הייתה לצייד תלמידים בכיתות י"א-י"ב בהבנה טובה יותר בדבר מקומם של המדע והטכנולוגיה בעולם המודרני ובהגברת המודעות לשימוש בהם כדי להבטיח את עתיד האנושות. הפרויקט ביקש להביא להבנה טובה יותר של מהות המדע, לחבר אותו לתעשייה ולדון בהיבטים נוספים כגון אסתטיקה, מוסר, פילוסופיה וכלכלה. הקורס שבמסגרת הפרויקט נחלק ל-9 יחידות: בריאות ורפואה; אוכלוסייה; מזון וחקלאות; עובדות; אנרגיה; מקורות מינרליים; תעשייה בכלכלה; אדמה ומים ומבט לעתיד. שיטות ההוראה היו שונות מהמקובל וכללו למשל עבודת פרויקט, חיפוש מידע, דיווח והצגה בפני הכיתה, ביקור בתעשייה, צפייה בסרטים ותרגילי סימולציה בנושאי קבלת החלטות (Eijkelhof, 2015). הפרויקט זכה לביקורת בספרות שלפיה הוא היה מזהה מדי עם העמדות והערכים שבתעשייה, בתאגידים השונים ובמוסדות המקצועיים ופחות בנושאי המדע (Hunt, 1994).

פרויקט נוסף, המהווה פרויקט המשך לפרויקט המדע בחברה, פותח-ידי קרן Nuffield בשיתוף עם אוניברסיטת York שבאנגליה. פרויקט זה כלל הפקת קורס בן שנה לפיתוח אוריינות מדעית בשם "מדע להנחלת הבנה לציבור" (Science for public understanding) המיועד לבני 16 ומעלה. מטרת הקורס הן להגביר מוטיבציה ללימודי מדע, לפתח מודעות להשפעת הגורמים החברתיים על העשייה המדעית ולפתח הערכה לכוחם של הסברים מדעיים בהבנה של תהליכים בעולם הטבעי ובשליטה עליהם (Osborne, Duschl, & Fairbrother, 2002). הקורס כולל נושאים מגוונים במדעי החיים ובפיזיקה, המספקים הקשר להוראה בנושאים ובהסברים מדעיים. הערכת הקורס כוללת בחינה ביקורתית של חומרי הקריאה וכתובת מאמר בנושא מסוים על בסיס חומר שמתפרסם מראש כדי להמחיש את חשיבות התקשורת המדעית. הקורס הוצע לראשונה בשנת 2000 ולאחר פיילוט בן שנתיים כ-800 תלמידים לקחו בו חלק. לאחר שנה מאז הרצת הפרויקט התברר כי התלמידים מגלים בו פחות עניין אף שהוא הביא לגידול במספר התלמידים שנבחרים במקצועות המדע. מאז 2007 קורס זה הפך להיות נושא ראשי תחת השם "מדע בחברה" (science in society) (Nuffield Foundation, 2016).

### בחינת השלכות התכנית

מספר שנים לאחר הרצת הקורס נערך מחקר הערכה שכלל כ-30 ביקורים בשיעורים שנלמדו ב-9 בתי ספר נבחרים, 19 ראיונות עם מורים, 19 ראיונות עם תלמידים, שאלון שמולא על-ידי התלמידים וניתוח תוצאות הבחינות של תלמידים שנבחנו בשנת 2001. המחקר מצא כי הוראת הקורס הייתה יעילה בעיקר בהגדלת ההנאה מלימודי המדע ומהעניין שתלמידים גילו בהם. הקורס הביא לעניין במדעים בקרב תלמידים שאחרת לא היו נרשמים לקורסים בנושאים אלה. תלמידים ציינו בחיוב את ההזדמנויות להשקיף על סוגיות אתיות וכלכליות ועל יישום המדע בחברה בנושאים ודילמות חדשות שיצרו עניין והנאה. גם המורים דיווחו על עניין בהוראת הקורס והנאה ממנה. מרבית המורים אף דיווחו על איכות ספר הלימודים שנלווה לקורס. הם ציינו, כי הספר מרחיב את נקודת המבט של התלמידים על המדע ומאפשר להם ללמוד מדע שקשור למצב הנוכחי. כן הם דיווחו שתכנית הקורס מעודדת פיתוח חשיבה ביקורתית ומפחיתה אימוץ עמדות של קבלה עיוורת או חוסר אמון לא-רציונלי ברעיונות מדעיים. בנוסף לכך שיעור גבוה מאוד של

המשתתפים בקורס היו נשים (כ-60%) – שיעור גבוה מהמקובל במקצועות מדעיים. הקורס אף היה ייחודי בכך שהציע כתיבה של נייר ביקורתי ואפשר רמה גבוהה של בחירה. במובנים אלה הקורס שינה מהיסוד את הוראת המדעים שהייתה נהוגה בארבעים השנים הקודמות (Osborne, Duschl, & Fairbrother, 2002).

עם זאת, המחקר הצביע על כך שהיעדר ההתנסות הפרקטית שבקורס מצריך שינויים פדגוגיים ממורים כמו למשל ניהול דיונים המערבים את כל התלמידים בחשיבה ביקורתית בנוגע לנושאים סוציו-מדעיים. כן נדרש ללמד תלמידים לנסח טיעונים ביקורתיים הנשענים על עובדות (להבדיל מהבעת דעות אישיות). התצפיות בשיעורים גילו שמוקדש יותר זמן להסברים המדעיים ופחות להתייחסות להיבטים אחרים הקשורים בהם. הקורס גם לא כלל מערך שמלמד כיצד לפרש ולהעריך נתונים שהתלמידים אוספים. מכאן, שהיעדר המיומנויות הפדגוגיות של מורים והקושי בשינוי התרבותי שלהם, לצד היעדר תמיכה והיעדר פיתוח מקצועי הולם מקשים על השגת יתרי יעדי הקורס (Osborne, Duschl, & Fairbrother, 2002).

### Science and Technology in Society (SATIS)

פרויקטים נוספים שצמחו מתוך פרויקט המדע בחברה ומדע המיועד להבנת הציבור זכו לשם הכולל של מדע וטכנולוגיה בחברה (SATIS).<sup>3</sup> פרויקטים אלה צמחו על רקע הדאגה שלימודי המדע מרוחקים מהתנסויות היומיום ואינם ערוכים להכין את בני הנוער לחיים בוגרים ולשוק העבודה ותוך רצון להצביע על כך שהמדע אינו מוגבל למדע אלא יש לו היבט אנושי והשפעה על העולם (Hunt, 1988). חומרי הלימוד פותחו בתמיכת התעשייה ועודדו מורים למדעים להרחיב את טווח פעילויות הלימוד ולשקול את יישומם של היבטים חברתיים שונים במסגרת ההוראה. אחת הדרכים לעשות זאת כללה הרחבה של דרכים חדשניות להעברת המידע לרבות דיונים, משחקי תפקיד, ועוד (Ratcliffe, 2001). פרויקטים אלה יוצאים אל הפועל במספר מדינות במקביל, כפי שיפורט להלן.

### אנגליה

באנגליה רפורמה שצמחה מתוך פרויקט המדע בחברה התייחסה למספר מרכיבים. בחינת הבקאות בלימודי המדע, הנערכת בגיל 16, הוחלפה בשנת 1988 וכללה בתוכה, בין יתר הקריטריונים, התייחסות בשיעור של 15% מההערכה ליישום טכנולוגי של תחום הדעת, לצד יישום חברתי, כלכלי וסביבתי. כן כללה הרפורמה הנהגת לימודי חובה בנושאים מדעיים בשיעור של 20% מתכנית הלימודים. בנוסף לכך כללה הרפורמה יצירת יחידות הוראה נלוות לתכנית הלימודים בעלות אופי בינתחומי, שבמסגרתן ניתן יהיה לחלוק רעיונות טובים ופרקטיקה שהוכחו כמועילים. היחידות נוסו תחילה בבתי הספר. המורים נתבקשו להגיב עליהן בכל הנוגע לרמתן, לדרישותיהן, למידת האפקטיביות שלהן, לתגובות התלמידים אליהן ולזמן הנדרש להטמעתן. עם קבלת ההערות ובחינתן, הוצעו יחידות מתוקנות המוכנות לעבודה כשלצדן מדריך כללי למורה המייעץ בנוגע לשימוש ביחידות ה-SATIS (Hunt, 1988). היחידות מכוונות לערב את התלמידים

<sup>3</sup> STS ו-SATIS הן תנועות דומות, ולא קיים הבדל ממשי ביניהן.

כמשתתפים אקטיביים בתהליך הלמידה באמצעות אסטרטגיות של דיונים, סימולציות, קבלת החלטות, פתרון בעיות וסקרים. יחידות אלה הופצו בקרב בתי ספר רבים באנגליה ואף תורגמו לוולשית, לאיטלקית ולשבדית. בתחילה, היחידות יועדו לגילאי חטיבת הביניים ובהמשך הן הורחבו לגילאי 16-19 במתכונת דומה תוך התאמה לתלמידים בוגרים שעתידיים להמשיך בקורסים מתקדמים בקולג' או באוניברסיטאות ובדגש על קוהרנטיות בין היחידות.

מחקר שנערך לאחר הפצה של 70 יחידות כאלה באנגליה, שכלל מילוי שאלונים, תצפיות וראיונות עם מורים, הראה כי היחידות הוטמעו היטב וכי מורים רבים נהנו מההתנסויות החדשות ומטכניקות ההוראה החדשות. נמצא שהיחידות שכללו עיסוק בנתונים ובניתוחם היו פופולריות ביותר ושליחידות צריך להיות קישור מתאים בתכנית הלימודים על-מנת שיעשה בהן שימוש נרחב. עם זאת, נמצא שמורים הביעו דאגה בנוגע לרמת השפה שביחידות ולכמות הקריאה בהן. השפה נתפסה כמחסום בקרב תלמידים בעלי יכולת בינונית ומטה. גיל הקריאה הממוצע שיחידות אלה תאמו לו הוא 13. עוד נמצא שפדגוגיות הדיונים היו יעילות ככל שנמצאה נקודת סיום למיקודם. ככלל, תלמידים צעירים פחות אהבו דיונים שהסתיימו במסקנות לא קונקלוסיביות. כך גם היה קשה לייצר דיון טוב עם מי שהמוטיבציה שלו הייתה נמוכה או שהוא בעל יכולת מוגבלת של קריאה והבנה של חומר לימוד מודפס (Hunt, 1988; Walker, 1988 in Hunt, 1988).

### אוסטרליה

באוסטרליה, בתחילת שנות ה-90 של המאה הקודמת הוצהר על הצורך בהכשרת סטודנטים להוראה ומורים בנושאים של מדע וטכנולוגיה מתוך הנחה שגם אם תכנית הלימודים היא מיטבית, תלמידים אינם נוטלים בה חלק אפקטיבי אם זו מועברת שלא מתוך עניין ושאינו יכול בתכנית זו שיפור, תלמידים יאבדו עניין במדע. כתוצאה מכך, הוצגו קורסים ותכנים חדשים בנושאים הקשורים למדע ולחשיבותו בחברה לתלמידי כיתות י"א וי"ב (Tedman, 2005).

מחקר שבחן עמדות של מורים ב-29 בתי ספר בדרום אוסטרליה בנוגע להוראת טכנולוגיה ומדע הראה שמורים ואנשי מדע היו בעלי גישה חיובית ביותר לחיזוק הקשר שבין מדע, טכנולוגיה וחברה והביעו התלהבות לעורר יותר דיונים בכיתה כדי להפוך סוגיות מדעיות בכיתה ליותר רלבנטיות מבחינה חברתית. מרביתם הדגישו מחסור במשאבים ללימוד מדע, טכנולוגיה וחברה, ויותר ממחציתם התקשה במציאת זמן לחקור בנושאים אלה ולהכלילם בכיתה. חלק מהם, שחונך בשיטה המסורתית, הוסיף ללמד בשיטה זו וחלק התקשה להכיל דיונים בכיתה מתוך תפיסה שמא דיון במסגרת כזו יפגום בוודאות הידע המדעי (Tedman, 2005).

### הולנד

בהולנד, פרויקט לפיתוח תכנית לימודי המדע בחברה המכונה PLON החל בתחילת שנות ה-70 והסתיים באמצע שנות ה-80 של המאה הקודמת (Kortland, 2005). פרויקט זה שקד על פיתוח תכנית הלימודים בפיזיקה תחילה עבור תלמידי חטיבת הביניים ולאחר מכן עבור החטיבה העליונה. במהלך שנותיה הראשונות של הרפורמה המטרה הייתה להפוך את לימודי הפיזיקה לאטרקטיביים יותר ורלבנטיים יותר עבור התלמידים באמצעות יצירת קשרים בין פיזיקה לתופעות בחיי היומיום, במתן אפשרות בחירה לתלמידים בכל הקשור ללימוד נושאי משנה ובשימוש של מגוון שיטות הוראה – במיוחד קבוצות עבודה והצגה של עבודות שנעשו במסגרת

זאת. החל משנות ה-80 ואילך כלל הפרויקט פיתוח של ארבע יחידות אופציונליות להוראת מדע, טכנולוגיה וחברה. אלה התמקדו בנושאים ספציפיים כגון שימוש במקורות אנרגיה חלופיים, מירוץ החימוש הגרעיני, שימוש במשאבות מים במדינות מתפתחות ובעיות תחבורה.

הספרות מגלה כי לא נעשה שימוש נרחב ביחידות ה-PLON בעיקר בשל הלחץ הרב שנוצר כתוצאה מהחלקים המחייבים בתכנית הלימוד ובמיוחד בשל העובדה שמורים ותלמידים ביקשו הבהרות בנוגע לחומר הנדרש לבחינות (Kortland, 2005). מחקר הערכה מראה גם שמורים לפיזיקה חשו לא בנוח ללמד יחידות הוראה שבהן היבטים לא-מדעיים שיחקו חלק כה מרכזי (Eijkelhof, Kortland, & Lijnse, 1996). חלק מהפרויקטים של ה-PLON השפיעו באופן ישיר על פיתוח יחידות של STS באוסטרליה ובקנדה (Aikenhead, 2003).

### השלכות כלליות של תכניות ה-STS וה-SATIS

תכניות ה-STS פונות לקהל מגוון, וככאלה הן עשויות לקבל פרשנות שונה ממקום למקום. מכאן, הטענה כי כדי להפוך את המדע ואת לימודי המדע לפרסונליים נדרש משהו רדיקלי יותר מתכניות ה-STS. זאת ועוד, החשש הוא שהמדע ייסוג מפני עניינים חברתיים וטכנולוגיים, וממילא הואיל ונושאים חברתיים חסרים הבנה אמתית של המבנה המדעי, לתלמידים לא תהיה יכולת טובה להעריך תופעות שהם יתקלו בהן בעתיד. מכאן שתכניות ה-STS לא בהכרח יובילו לפיתוח אוריינות מדעית ולהתמצאות טובה יותר עם חיי היומיום (Kromhout & Good, 1983; DeBoer, 2000) ובכל מקרה הן תהיינה תלויות בתפיסות המורים בנוגע לאובייקטיביות שבמדע, ולמאפייניה המדעיים (לעומת חברתיים) של נקודת המבט שממנה ייבחנו סוגיות של מדע בחברה (Witz & Lee, 2009).

הספרות מצביעה על כך שתכניות ה-STS המבססות הקשר ללימודי המדעים לא בהכרח תורמות להבנה גדולה יותר של מושגים מדעיים אך מביאות לעניין רב יותר בלימודי המדע. סקירה של 17 מחקרים שבוצעו בשמונה מדינות מעלה כי רמת ההבנה המדעית של תלמידים בתכניות המבוססות הקשר (STS) היא דומה לזו של תלמידים בתכניות מסורתיות בעוד שהגישה הכללית ללימודי המדע או לנושאים ספציפיים בלימודי STS של הלומדים בתכניות STS היא לרוב חיובית יותר בהשוואה לתכניות המסורתיות. בחלק מהמחקרים נמצא כי תכניות ה-STS מביאות גם לעלייה במספר התלמידים הבוחרים להמשיך בלימודי מדע ולבחירות בנושא קריירה מדעית, אף שהראיות בנוגע לכך הן חלוקות (Bennett et al., 2006). סקירה מוקדמת יותר של מחקרים הראתה ראיות פחות נחרצות בנוגע לתרומתן של תכניות ה-STS להגברת המוטיבציה של תלמידים בלימודי המדע, לעניין בהם ולקידום גישה חיובית כללית ביחס אליהם (Bennett, Hogarth, & Lubben, 2003).

גם בהקשר של פרויקטים מסוג SATIS הספרות מצביעה על כך שהשפעתם לא הייתה גדולה והיא התמקדה במספר מצומצם של בתי ספר בזכות שחקנים ספציפיים שלקחו בהם חלק. כן בלט היעדר האינטראקציה בין התחומים השונים כך שתכנית הלימודים הזו נותרה "מבודדת" בהשוואה לנושאים העיקריים שנלמדו.



סקירה זו דנה במספר רב יחסית של רפורמות המציעות שינויים בתחומים שונים ולעתים רבות בשילובם. בין תחומים אלה נכללים שינויים בתכנית הלימודים, בפדגוגיות השונות (הוראה מבוססת-חקר; הוראה קישורית; הוראה-מבוססת-הקשר), בתיאום שבין הוראת דיסציפלינות שונות; בקשר שבין מדע לטכנולוגיה ובין מדע לחברה.

הסקירה מצביעה על עריכת רפורמות משמעותיות בהיבטים שונים בארה"ב, כשהמרכזיות שבהן נוגעות לכינונם של סטנדרטים בשתי פעימות מרכזיות. ראוי לציין את תרומתם של איגודים מקצועיים לא ממשלתיים לכינון של רפורמות מרכזיות אלה, כדוגמת ה-AAAS. עם זאת, ספרות ענפה מצביעה על כך שעוצמת ואיכות הסטנדרט אינן מנבאות את הישגי התלמידים והיא מלמדת על קושי ללמד בהתאם לסטנדרטים לפחות בכל הקשור לנושאים טעונים הכוללים אידיאולוגיה ותפיסות אישיות כגון למשל אבולוציה. גם בהקשר של רפורמות ה-STIS וה-SATIS הסקירה מעלה כי ככלל, רפורמות אלה לא בהכרח תרמו להבנה טובה יותר במדעים.

בכל הנוגע לרפורמות בפדגוגיה ובשיטות להוראת המדעים, הקשורות גם ביעדי ההוראה, הסקירה מצאה כי רפורמת ההוראה מבוססת-הקשר (Salters, אנגליה) הגבירה את העניין בלימודי המדע ואת הבנת הרלבנטיות שלו למציאות ולפרקטיקה, אולם גם אלה לא בהכרח הביאו לשיפור בהישגי התלמידים. לתנועת ה-STIS הייתה תרומה משמעותית יותר בהגברת העניין בלימודים וגם בהוראה (בעיקר באנגליה ובאוסטרליה) וזו תרמה אף להיבטים של שוויון ונגישות טובה יותר לתכנים מדעיים. לעומת זאת, לרפורמה בהוראה לחשיבה ביקורתית בסינגפור הייתה השפעה מזערית על מיומנות החשיבה הביקורתית של התלמידים, ומורים סרבו או התקשו ליישם פדגוגיה חדשה זו בכיתה. רפורמה זו אף לא הביאה לשינוי בדרך ההערכה של החינוך המדעי ובמרכיביה. מחקרי הערכה על רפורמות בפדגוגיה ובשיטות ההוראה גם הצביעו על כך שחלקן היטיבו או נקלטו בחיוב בקרב תלמידים חזקים ועוררו אתגרים מוגברים בקרב תלמידים מתקשים.

באשר לפיתוח וחיזוק הקשר שבין חינוך מדעי לחינוך טכנולוגי, הניסיון הפיני מלמד שבתי הספר לא עמדו בציפיות הגבוהות של הרפורמה והאינטגרציה של טכנולוגיות אלה במערכת החינוך הייתה איטית מהמצופה, לרוב בשל אינטרס מופחת של המורים או היעדר מיומנויות והכשרה.

ניתוח הרפורמות השונות מחזק את הטענה כי יש לראות רפורמות בחינוך מדעי באופן הוליסטי (כוללני) ושיטתי כמיועדות לחולל שינוי בתכנים, בדרכי ההוראה, בהכנת הסגל ובפיתוחו ובמערכת התמיכה הבית-ספרית (Bybee, 1995). שינוי בתכנית הלימודים לבדה עלול ליצור משקל מופחת להתמודדות עם אתגרי הוראת המדעים ולהתעלם מבעיות חמורות יותר הנוגעות לצורך בתמיכה בתכנית וביישומה (Bower, 2005). במובן זה הרפורמה שבוצעה בפינלנד הייתה הקרובה ביותר לקיים את מאפיין ההוליסטיות. רפורמה זו כללה הגדרה ברורה של יעדים, מטרות ואבני דרך. היא חיברה בין בעלי עניין רבים ומגוונים, כללה התייחסות לפיתוח מקצועי, העמידה קריטריונים להצלחתה ולוותה בבקרה והערכה. כן כללה רפורמה זו התייחסות מדויקת לתפקיד הממשל, לחשיבות פרסום התכניות המוצעות במסגרתה ולאיתור התאמות לתוכן, פדגוגיה וסביבות למידה. למרות זאת, וכפי שסקירה זו הראתה, הצלחתה של רפורמה כוללתית זו לא הייתה גבוהה.

מעבר למאפיין הכוללניות, סקירת תנועות ה-STIS וה-SATIS עשויה לתמוך בטענה כי ראוי לאמץ לחינוך המדעי תפיסות המגיעות מתיאוריות גלובליות, להתייחס לכוחות החדשים הפועלים על הוראת המדעים בכיתה ולבחון כיצד שאלות מדעיות מעוצבות מחדש בהקשר העל-מדינתי (Carter, 2005).

ניכר מדוגמאות רבות בסקירה כי הכרה וכבוד למדעים בקרב הורים ומורים עשויה להיות בעלת השפעה על אקלים הלימודים בכיתה בפרט ועל איכות הוראת המדעים בכלל (Belin & Kisida, 2015). הכרה, מוטיבציה רבה יותר והיחס החיובי ללימודי מדע גוברים ככל שהלמידה היא רלבנטית יותר ללומד. עם זאת, על אף היתרונות שבלמידה פעילה בהקשר של החינוך המדעי, ניכר במיוחד מניחות רפורמות בפדגוגיה של החינוך המדעי כי מורים עלולים להתנגד ליישום רפורמות בשל חוסר רצון לשאת בסיכון הכרוך באובדן שליטה של המורה, בשל השקעתם הרבה בשיטת הלימודים המסורתית ובשל הקושי להעריך את הלמידה בשיטה זו (פונדק ורוזנר, 2006). נמצא שכדי שרפורמה תצליח, על המורים המיישמים אותה להפנים את הצורך ברפורמה, ועל התועלת האישית והחברתית הנובעת ממנה לחול בשלב מוקדם יחסית ביישומה (Tedman, 2005).

בהמשך לכתיבתו של פילוסוף החינוך Kieran Egan (1996), ניתן לטעון כי הרפורמות שהוצעו בסקירה זו משקפות שני כיווני חשיבה הנוגעים למהות החינוך המדעי והחינוך בכלל. הכיוון האחד, המיוצג למשל על-ידי הקול הפרגמטי מבית מדרשם של רוסו, דיואי, פיאז'ה ואחרים, מדגיש את פיתוח הפוטנציאל האישי שבכל תלמיד, ויישומו הוא בחשיבות של הלמידה "כיצד לומדים", וכיצד יש להשתמש במה שנלמד. ידע יישומי זה הוא עליון וגובר על הידע האקדמי-תוכני וככזה הוא יכול להיתמך על-ידי רפורמות תכנית 2061 ותנועות ה-STIS /SATIS ועל-ידי הערכים המקודמים באמצעות רפורמות אלה. כיוון שני מיוצג על-ידי תפיסה אפלטונית של אמת אודות המציאות, פועל וחוקר את מה שקיים בעולם ומברר את טיבו האמיתי. ידע זה נתמך בתכנית לימודים רציונלית ובמצע תיאורטי עשיר, מפורט וקוהרנטי, המקודמים, למשל, דרך רפורמות הסטנדרטים. כיוון כזה נראה למשל בהתנגדויות ליישום הרפורמות בסינגפור, בהולנד ובמידה מסוימת גם בפינלנד. בהמשך לכך וכפי שרפורמות פדגוגיות רבות מראות, ניתן לומר כי תלמידים מוכשרים ובעלי עניין במדע ממילא יצליחו בלימודי המדע גם ללא התנסויות, חשיבה ביקורתית או חקר. מאידך, רפורמות המונעות מתוך תפיסת אמת אפלטונית עלולות להיות בעלות השלכות שליליות על תלמידים בעלי עניין במדע (Aikenhead, 2003).

נושא נוסף העולה מן הסקירה נוגע לאחת המטרות שמשותפת לרפורמות רבות והיא פיתוח אוריינות מדעית בקרב כל הלומדים. במובן הזה הרפורמות שנסקרו מסמלות מעבר תפיסתי מגישה שאפיינה את העידן הקדום יותר, ייעדה את החינוך המדעי למצוינים וראתה בו אמצעי לקידום מצוינות לגישה שוויונית ואינטגרטיבית החותרת להבנה ולשימוש מדעי בידי כלל הלומדים. בעניין היותה של האוריינות המדעית יעד מרכזי של החינוך המדעי קיימת הסכמה בקהילת אנשי החינוך המדעי (רובין, בר ופלביאן, 2016; הוועדה העליונה, 1992). הקושי בעניין זה קשור בכך שמושג זה הינו מושג רחב (Osborne, 2007) הכולל בתוכו רעיונות חינוכיים רבים שהשתנו עם הזמן. רעיונות אלה משליכים על מטרותיו של החינוך המדעי כך שרפורמה שאינה מבהירה את המושג הזה עלולה שלא להיות מיושמת בהצלחה (DeBoer, 2000). מעבר לכך, יש מי שטוען כי יהא זה תמים לחשוב שהתלמידים מסוגלים ללמוד לחשוב כמדענים וכי הסמכתם



לשקול ולקבל החלטות רציונליות עצמאיות מבחינה מדעית היא פעולה לא פרקטית. במקום יש להנגיש להם ייעוץ אחראי בנושאים כאלה. התוכן הלימודי צריך להתייחס לטבע המדע ולתהליך המדעי ומעט מאוד למדע עצמו. ככל שייעשה שימוש ברעיונות מדעיים עצמם, הוא יהיה לצורך הדגמה של טבעו של התחום המדעי וימחיש כיצד המדע עובד (Shamos, 1995).

כפי שהניסיון בנוגע לרפורמות בתחום הטכנולוגיה מלמד, רפורמות שלא לוקחות בחשבון ידע, אמונות ופרקטיקות קיימות של מורים עלולות להיכשל ולא להיות מיושמות בצורה מוצלחת. מעורבות המורים ברפורמות עשויה לבוא לידי ביטוי באופנים רבים לרבות גילוי יוזמה, בחירת יעדי הרפורמה, כתיבת תוכניות הלימודים, בחירת הקורסים נשוא הרפורמות ועוד. למעורבות זו של מורים בתוכני ובשיטות הוראת המדעים חשיבות עצומה ותרומה עיקרית להצלחתן (Bower, 2005). ברור גם שכדי שהידע הפרקטי של מורים ישתלב בצורה מוצלחת עם הידע ההתנסותי שלהם (הרלבנטי מאוד להוראת המדעים, בוודאי בגישה מבוססת-חקר), הידע הפורמלי שלהם ותפיסותיהם האישיות, נדרש לפתח את יכולתם של המורים לשילוב כזה באמצעות פיתוח מקצועי מתמשך המשלב בין אסטרטגיות מגוונות, לרבות קהילות לומדות, אימון על-ידי עמיתים, שיתופי פעולה ועוד (Driel, Beijaard, & Verloop, 2001) כפי שהדבר נראה, למשל, ברפורמת ה-NGSS המיועדת מהגיל הרך ועד לסיום לימודי התיכון.

ראוי לצין כי הסקירה אינה מעלה קביעת מדדי הצלחה ברורים לרפורמות – נקודה המשליכה גם על אופן הערכתן. חלק גדול מהרפורמות נוגעות למספר אופנים הקשורים בהוראה (תכנים, פדגוגיות, הכשרה מקצועית של מורים ועוד) והן נפרשות על-פני תקופה ארוכה, המגיעה לכמה עשורים. אף שמרבית הרפורמות באות לחזק את עניין התלמידים במדע, את בחירותיהם להמשיך וללמוד מדעים ואת הישגיהם המדעיים, המשמשים בסיס להצלחה בשוק העבודה, בעולם הטכנולוגי ובמציאות החברתית, ההשוואה בין הרפורמות השונות היא קשה. הדבר נובע לא רק על שום הרקע השונה שלהן, אלא משום שלרפורמות יש יעדים שונים ואסטרטגיות מורכבות למימושם. הרפורמות שונות אלה מאלה בהיקפן, בגורמים היוזמים אותן ובשחקנים המשתתפים בתהליך הוצאתן אל הפועל.

כיוונים עתידיים לרפורמות בחינוך המדעי כוללים התאמה טובה יותר למגוון התרבותי של הלומדים וגישור בין למידה פורמלית לבלתי-פורמלית הכוללת התייחסות ראויה למשאבים בלתי פורמליים כגון משפחה, רשתות עמיתים, קהילות לומדים שונות ועוד. כיוון אחר נוגע למשל לעיצוב מחדש של פרקטיקות מדעיות, המשלבות טכנולוגיות חדשות כגון מאגר נתונים גנטי, ניתוח מידע המשתמש בתצוגה מדעית ועוד (Pea & Collins, 2008). כיוון שלישי מדגיש את הקשר שבין מדע לחברה ומתמקד בתובנות הנוגעות לדרך שבה מתקיימת הלמידה באופן המוצלח ביותר במקום אימוץ תפיסה שרואה במורה המדעי כמי שמתרגם עבור התלמידים רעיונות מדעיים (Yager, 2000).

ברור שלהצלחתן של רפורמות בחינוך המדעי כמו לרפורמות בכלל יש קשר לגורמים רבים ובכללם היותה של הרפורמה מיועדת לטווח ארוך וכוללת תכניות מחייבות ומובנות; גישה מערכתית הכוללת מעורבות רבה של מורים למדעים בשיתוף מדענים ומקבלי החלטות במערכות חינוך מרכזיות; יצירת אורך רוח ובחינת השינויים שהרפורמה מביאה לשחקנים השונים על פני תקופה ארוכה תוך הימנעות מרפורמות נוספות, שעלולות לסתור רפורמות קודמות; פיתוח תרבות של

הפקת לקחים, למידה באשר ליישומה של הרפורמה והתמודדות עם תוצאות משמעותיות בלתי צפויות שנגרמות כתוצאה ממנה (פורטס, מועלם ולוי נחום, 2009). ככל שמדובר ברפורמה בתוכני הוראה, עליה להתבצע בהלימה עם שינויים בפדגוגיה ולצד הכשרה מתמשכת של המורים. הצלחה זו קשורה גם למעורבות הציבור בתוכני הרפורמה ולקהלים המקצועיים הרלבנטיים, שעשויים לתרום להצלחת יישומה (US Department of Education, 2000).

## רשימת מקורות

- אוריון, נ', אבן, נ', בן שלום ר', גרטל ג' ומדין, י' (2002). סביבת הלימוד החוץ כיתתית: מיפוי הוראתי למורה. רחובות וירושלים: מכון ויצמן למדע, המחלקה להוראת המדעים ומשרד החינוך, האגף לתכניות לימודים. מאוחזר מתוך:  
[http://stwww.weizmann.ac.il/menu/Disciplines/earth\\_books/pdf%20siurim.zip](http://stwww.weizmann.ac.il/menu/Disciplines/earth_books/pdf%20siurim.zip)
- דגן, ק' וארנברג, ר' (2015). התנועה לחינוך STEM. אאוריקה, 38, 5-1.
- משרד החינוך. (2006). ביולוגיה: תכנית לימודים לחטיבה העליונה בכל המגזרים. ירושלים: המזכירות הפדגוגית.
- משרד החינוך. (2006). הערכת התכנית המערכתית "למידה משמעותית": תפיסות של תלמידים, מורים, ומנהלים בשנים תשע"ד-תשע"ה. ירושלים: הרשות הארצית למדידה והערכה בחינוך.
- משרד החינוך והתרבות. (1992). "מחר 98": דוח הוועדה העליונה לחינוך מדעי וטכנולוגי. ירושלים: משרד החינוך והתרבות.
- פונדק, ד' ורוזנר, ש' (2006). התמודדות חברי סגל עם אתגרי הלמידה הפעילה. על הגובה, 5, 4-7.
- פורטס, ד', מועלם, ר' ולוי נחום, ת' (2009). מאתמול להיום: מה אפשר ללמוד מ"מחר 98". *הד החינוך*, 83(6), 84-80.
- ציבולסקי, ד' (2012). ההשפעה של ביקורים במעבדות מחקר אוניברסיטאיות על עמדות של התלמידים כלפי מדע ועל הבנתם את היבטים שונים של מהות המדע. חיבור לשם קבלת תואר דוקטור לפילוסופיה. האוניברסיטה העברית בירושלים. רובין, ע', בר, ו' ופלביאן, ה' (2016). הוראת מדעים מפעילה: טיפוח מיומנויות של תלמידים עם ליקויי למידה. תל אביב: הוצאת מכון מופ"ת.
- Ab Kadir, M.A. (2010). *Rethinking 'Thinking Schools, Learning Nation': teachers' and students' perspectives of critical thinking in Singaporean Education*. Unpublished doctoral dissertation.
- Ab Kadir, MA. (2016). Engendering a culture of thinking in a culture of performativity: The challenge of mediating tensions in the Singaporean educational system. *Cambridge Journal of Education*, DOI: 10.1080/0305764X.2016.1148115.
- Achieve. (2010). *International science benchmarking report: Taking the lead in science education – forging next-generation science standards*. Available at:  
<http://www.achieve.org/files/InternationalScienceBenchmarkingReport.pdf>
- Achieve. (2012). *Attitudes toward science education: Key findings from a national survey*. Available at:  
<http://www.nextgenscience.org/sites/default/files/AttitudesTowardScienceEducation1page6.pdf>

- Aikenhead, G.S. (2003). STS education: A rose by any other name. In R. Cross (Ed.), *A vision for science education: Responding to the work of Peter J. Fensham*. (pp. 59-75). Routledge.
- Aldridge, B.G. (1992). Project on scope, sequence and coordination: A new synthesis for improving science education. *Journal of Science Education and Technology*, 1(1), 13-21.
- American Association for the Advancement of Science. (1989). *Science for all Americans*. Available at: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm>
- American Association for the Advancement of Science. (1993). *Benchmarks for science literacy*. NY: Oxford University Press.
- American Association for the Advancement of Science. (1995). *Project 2061 Science literacy for a changing future: A decade of reform*. Washington, DC.
- American Association for the Advancement of Science. (2013). Project 2061. Available at: <http://www.project2061.org/publications/sfaa/>
- American Association for the Advancement of Science. (2016). *Project 2061 Research & Development Initiatives*. Available at: <http://www.aaas.org/program/project2061/research>
- Anderson, R.D. (2002). Reforming science teaching: What research says about inquiry? *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Atjonen, P. (2006). Finnish teachers and pupils as users of ICT. *Informatics in Education*, 5(2), 167-182.
- Bandoli, J.H. (2008). Do state standards matter? Comparing student perceptions of the coverage of evolution in Indiana and Ohio public schools. *The American Biology Teacher*, 70, 212-216.
- Banks, P. (1997). *Students' understanding of chemical equilibrium*. Unpublished MA thesis, University of York, UK.
- Barber, M. (2000). *A comparison of NEAB and Salters' A-level chemistry students' views and achievements*. Unpublished Master's thesis. York: University of York.
- Barker, V., & Millar, R. (1996). *Differences between Salters' and traditional A-level chemistry students' understanding of basic chemical ideas (Science Education Research Paper 96/05)*. York, UK: University of York.
- Belin, C.M., & Kisida, B. (2015). Science standards, science achievement, and attitudes about evolution. *Educational Policy*, 29(7), 1053-1075.
- Bennett, J., Gräsel, C., Parchmann, I., & Waddington, D. (2005). Context-based and conventional approaches to teaching chemistry: Comparing teachers' views. *International Journal of Science Education*, 27(13), 1521-1547.

- Bennett, J., Hogarth, S., & Lubben, F. (2003). *A systematic review of the effects of context-based and science-technology –society (STS) approaches in the teaching of secondary science: Review summary*. University of York, UK. Available at: <https://docente.ifrn.edu.br/albinonunes/disciplinas/pesquisa-em-ensino-pos.0242-posensino/lubben-f.-bennett-j.-hogarth-s.-a-systematic-review-of-the-effects-of-context-based-and-science-technology-society-sts-approaches-in-the-teaching-of-secondary-science.-york-university-of-york-2003>
- Bennett, J., & Lubben, F. (2006). Context-based chemistry: The Salters approach. *International Journal of Science Education*, 28(9), 999-1015.
- Bennett, J., & Lubben, F., & Hogarth, S. (2006). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91, 347-370.
- Bower, J.M. (2005). *Scientists and science education reform: Myths, methods, and madness*. Available at: <http://www.nas.edu/rise/backg2a.htm>
- Bowman, K.L. (2008). The evolution battles in high school science classes: Who is teaching what? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6, 69-72.
- Bybee, R.W. (1995). Science curriculum reform in the United States. In R.W. Bybee & J.D. McInerney (Eds.), *Redesigning the science curriculum: A report on the implications of standards and benchmarks for science education*. Colorado Springs, Colorado: National Science Foundation. (pp. 12-20)
- Bybee, R.W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms. *Science Teacher*, 78(9), 34-40.
- Campbell, B., Lazonby, J., Millar, R., Nicolson, P., Ramsden, J., & Waddington, D. (1994). Science: The Salters approach – a case study of the process of large scale curriculum development. *Science Education*, 78(5), 415-447.
- Carnegie Corporation of New York. (2007). *The opportunity equation: Transforming mathematics and science education for citizenship and the global economy*. Available at: [https://www.carnegie.org/media/filer\\_public/80/c8/80c8a7bc-c7ab-4f49-847d-1e2966f4dd97/ccny\\_report\\_2009\\_opportunityequation.pdf](https://www.carnegie.org/media/filer_public/80/c8/80c8a7bc-c7ab-4f49-847d-1e2966f4dd97/ccny_report_2009_opportunityequation.pdf)
- Carter, L. (2005). Globalisation and science education: Rethinking science education reforms. *Journal of Research in Science Teaching*, 42, 561-580.
- DeBoer, G.E. (2000). Scientific literacy: Another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), 582-601.

- Dougherty, M.J., Pleasants, C., Solow, L., Wong, A., & Zhang H. (2011). A comprehensive analysis of high school genetic standards: Are states keeping pace with modern genetics? *CBE Life, Sciences, Education*, 10(3), 318-327.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education*, 13(1), 105-122.
- Druger, M., & Allen, G. (1998). A study of the role of research scientists in K-12 science education. *The American Biology Teacher*, 60(5), 344-349.
- Duncan, D.B., Lubman, A., & Hoskins, S.G. (2011). Introductory biology textbooks under-represent scientific process. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 12(2), 143-151.
- Egan K. (1996). Competing voices for the curriculum. In M. Widden, & M.C. Courtland (Eds.), *The struggle for curriculum: Education, the state, and the corporate sector*. Burnaby, BC, Canada: Institute for Studies in Teacher Education, Simon Fraser University. (pp. 7-26).
- Eijkelhof, H.M.C., Kortland, K., & Lijnse, P.L. (1996). STS through physics and environmental education in the Netherlands. In R.E. Yager (Ed.), *Science/technology/society as reform in science education*. Albany, NY: Suny Press. (pp. 249-260).
- Eijkelhof, H. (2015). Context-Led science projects. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of Science Education* (pp. 232-235). Springer. Available at: <http://link.springer.com/referencework/10.1007/978-94-007-2150-0/page/7#>
- Eilks, I., & Hofstein, A. (Eds.). (2015). *Relevant chemistry education: From theory to practice*. Rotterdam: Sense.
- Ellis, J. (2004). The influence of the National Science Education Standards on the science curriculum. In K. Hollweg & D. Hill (Eds.), *What is the influence of the National Science Education Standards? Steering committee on taking stock of the National Science Education Standards: The research, National Research Council (U.S.)*. Committee on Science Education K-12, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. (pp. 39-63).
- Fowler, S.R., & Meisels, G.G. (2010). Florida teachers' attitudes about teaching evolution. *The American Biology Teacher*, 72, 96-99.
- Franssila, H., & Pehkonen, M. (2005). Why do ICT-strategy implementation in schools fail and ICT-practices do not develop? In *Scientific papers of media skills and competence conference*. (pp. 9-16). Available at: <http://www15.uta.fi/conference/mediaskills/>

- Fullan, M., & Stiegelbauer, S. (1991). *The new meaning of educational change*. New York: Teachers College Press.
- Gallagher, J.J. (1971). A broad base for science education. *Science Education*, 55, 329-338.
- Gilbert, J.K. (2006). On the nature of 'context' in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957-976.
- Gopinathan, S. (1999). Preparing for the next rung: Economic reconstructing and educational reform in Singapore. *Journal of Education and Work*, 12(3), 295-308.
- Gopinathan, S. (2007). Globalisation, the Singapore developmental state and education policy: A thesis revisited. *Globalisation, Societies and Education*, 5, 53-70.
- Hargreaves, J., & Hargreaves, T. (1983). Some models of school science in British curriculum projects, and their implications for STS teaching at the secondary level. *Social Studies of Science*, 13(4), 569-604.
- Heitin, L. (2014). *Nevada adopts common science standards*. Education Week, available at: [http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2014/02/nevada\\_adopts\\_common\\_science\\_s.html](http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2014/02/nevada_adopts_common_science_s.html)
- Heitin, L. (2016). *Hawaii adopts the next generation standards*. Education Week. Available at: [http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2016/02/hawaii\\_adopts\\_the\\_next\\_generation\\_science\\_standards.html?cmp=SOC-SHR-TW](http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2016/02/hawaii_adopts_the_next_generation_science_standards.html?cmp=SOC-SHR-TW)
- Hermann, R.S. (2008). Evolution as a controversial issue: A review of instructional approaches. *Science & Education*, 17, 1011-1032.
- Herr, N. (2007). *National Science Education Standards*. Available at: <http://www.csun.edu/science/ref/curriculum/reforms/nses/>
- Hofstein, A., & Kesner, M. (2006). Industrial chemistry and school chemistry: Making chemistry studies more relevant. *International Journal of Science Education*, 28(9), 1017-1039.
- Hong, J. (2016). Science teachers' perception and implementation of inquiry-based reform initiatives in relation to their beliefs and professional identity. *International Journal of research Studies in Education*, 5(1), 3-17.
- Hunt, A. (1994). STS teaching in Britian. In J. Solomon, & G. Aikenhead (Eds.), *STS education: International perspectives on reform*. London: Teachers College Press. (pp. 68-74).
- Hunt, A. (1998). SATIS approaches to STS. *International Journal of Science Education*, 10(4), 409-420.

- Hurd, P.D. (1975). Science, technology and society: New goals for interdisciplinary science teaching. *The Science Teacher*, 42(2), 27-30.
- Jung, I.S. (2005). ICT-Pedagogy integration in teacher training: Application cases world-wide. *Educational Technology & Society*, 8(2), 94-101.
- Key, M.B. (1998). *Students' perceptions of chemical industry: Influences of course syllabi, teachers, first-hand experience*. Unpublished Ph.D. thesis. University of York, UK.
- King, D. (2012). New perspectives on context-based chemistry education: Using a dialectical sociocultural approach to view teaching and learning. *Studies in Science Education*, 48(1), 51-87.
- Koh, A. (2002). Towards a critical pedagogy: Creating "thinking schools" in Singapore. *Journal of Curriculum Studies*, 34(3), 255-264.
- Koppal, M., & Caldwell, A. (2004). Meeting the challenge of science literacy: Project 2061 efforts to improve science education. *Cell Biology Education*, 3, 28-30.
- Kromhout, R., & Good, R. (1983). Beware of societal issues as organizers for science education. *School science and Mathematics*, 83, 647-650.
- Kortland, J. (2005). Physics in personal, social and scientific contexts. In *Making it relevant: Contextbased learning in science*. Munchen: Waxmann. (pp. 67-71).
- Lim, L. (2014). Critical thinking and the anti-liberal state: The politics of pedagogic recontextualization in Singapore. *Discourse: Studies in the Cultural Politics of Education*, 35, 692-704.
- Lipman, M. (2003). *Thinking in education*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- Marshall, J.C. (2013). *Succeeding with inquiry in science and math classrooms*. Alexandria, VA: ASCD & NSTA.
- Marshall, J.C., & Alston, D.M. (2014). Effective, sustained inquiry-based instruction promotes higher science proficiency among all groups: A 5-year analysis. *Journal of Science Teacher Education*, 25(7), 807-821.
- Marshall, J.C., Smart, J.B., & Alston, D.M. (2016). Inquiry-based instruction: A possible solution to improving student learning of both science concepts and scientific practices. *International Journal of Science and Mathematics Education*: DOI 10.1007/s10763-016-9718-x
- McComas, W.F., & Wang, H.C.A. (1998). Blended science: The rewards of integrating the science disciplines for instruction. *School Science and Mathematics*, 98(6), 341-348.
- Mead, L.S., & Mates, A. (2009). Why standards are important to a strong science curriculum and how states measure up. *Evolution: Education and Outreach*, 2(3), 359-371.



- Ministry of Education. (2004). *Information society programme for education, training and research 2004-2006*. Ministry of Education, Finland. Available at: [http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2004/liitteet/opm\\_231\\_opm14.pdf?lang=en](http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2004/liitteet/opm_231_opm14.pdf?lang=en)
- Moore, R. (2002). Teaching evolution: Do state standards matter? *Bioscience*, 52, 378-381.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a conceptual framework for new K-12 science education standards. Board on science education, Division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academies Press. [http://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework\\_k12\\_science/index.htm](http://sites.nationalacademies.org/dbasse/bose/framework_k12_science/index.htm)
- Next Generation Science Standards (NGOS). (2016). Available at: <http://www.nextgenscience.org/>
- Nivala, M. (2009). Simple answers for complex problems: Education and ICT in Finnish information society strategies. *Media Culture Society*, 31(3), 433-48.
- Nuffield Foundation. Science for public understanding/Science in society 1999. Available at: <http://www.nuffieldfoundation.org/science-public-understanding-science-society-1999>
- Nyachwaya, J.M., & Wood, N.B. (2014). Evaluation of chemical representations in physical chemistry textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*, 15, 720-728
- Osborne, J. (2007). Science education for the twenty first century. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 3(3), 173-184.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections*. London: The Nuffield Foundation. Available at [http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci\\_Ed\\_in\\_Europe\\_Report\\_Final.pdf](http://efepereth.wdfiles.com/local--files/science-education/Sci_Ed_in_Europe_Report_Final.pdf)
- Osborne, J., Duschl, R., & Fairbrother, R. (2002). *Breaking the mould? Teaching science for public understanding*. London: Nuffield Foundation. Available at: [http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Breaking%20the%20mould\\_science%20for%20public%20understanding.pdf](http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/Breaking%20the%20mould_science%20for%20public%20understanding.pdf)
- Paul, R. (1995). *Critical thinking: How to prepare students for a rapidly changing world*. California: Foundation for Critical Thinking.
- Pea, R., & Collins, A. (2008). Learning how to do science education: Four waves of reform. In Y. Kali, & M.C. Linn, & J.E. Roseman (Eds.), *Designing coherent science education*.

New York: Teachers College Press. available at: [http://www.life-slc.org/docs/Pea\\_Collins\\_Learnhowscieducation\\_2008.pdf](http://www.life-slc.org/docs/Pea_Collins_Learnhowscieducation_2008.pdf)

- Player-Koro, C. (2013). Hype, hope and ICT in teacher education: A Bernsteinian perspective. *Learning, Media and Technology*, 38(1), 26-40.
- Ratcliffe, M. (2001). Science, technology and society in school science education. *School Science Review*, 82(300), 83-92.
- Retna, K.S. (2007). The learning organisation: A school's journey towards critical and creative thinking. *The Asia-Pacific Educational Researcher*, 16, 127-142.
- Shamos, M. (1995). *The myth of scientific literacy*. New Brunswick, NJ: Rutgers University Press.
- Sipilä, K. (2010). The impact of laptop provision on teacher attitudes towards ICT. *Technology, Pedagogy and Education*, 19(1), 3-16.
- Sjøberg, S., & Schreiner, C. (2010). *The ROSE project: An overview and key findings*. Oslo: University of Oslo, 1-31. Available at: <http://www.cemf.ca/%5C/PDFs/SjobergSchreinerOverview2010.pdf>
- Solomon, J. & Aikenhead, G. (Eds.). (1994). *STS education: International perspectives on reform*. London: Teachers College Press.
- Stanford Encyclopedia of Philosophy. 2003. *Creationism*. (last updated 6 June 2014). Available at: <http://plato.stanford.edu/entries/creationism/>
- Swanson, C.B. (2005). Evolution in state science education standards. *Education Week* (9 November 2005), 1-9.
- Tan, J. (2007). Schooling in Singapore. In G.A. Postiglione & J. Tan (Eds.), *Going to school in East Asia*. (pp. 301-319). USA: Greenwood Press.
- Tan, J. (2008). The marketisation of education in Singapore. In J. Tan & P.T. Ng (Eds.), *Thinking schools, learning nation: Contemporary issues and challenges* (pp. 19-38). Singapore: Prentice Hall.
- Tedman, D.K. (2005). Science teachers' views on science, technology and society issues. In S. Alagumalai et al. (Eds.), *Applied rasch measurement: A book of exemplars*. (pp. 227-249). The Netherlands: Springer.
- Toh, K-A., & Goh, N-K. (2003). Reform in science and technology curricula. In J.P. Keeves and R. Watanabe (Eds.), *International handbook of educational research in the Asia-Pacific region*. (pp. 1243-1256). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Tong, G.C. (1997). *Shaping our future: thinking schools, learning nation*. Speech by Prime Minister Goh Chok Tong at the opening of the 7th international conference on thinking, 2 June 1997. Available at: <https://www.moe.gov.sg/media/speeches/1997/020697.htm>
- University of York. Department of Education. (2016). Curriculum projects. Available at: [www.york.ac.uk/education/research/uyseg/projects](http://www.york.ac.uk/education/research/uyseg/projects)
- US Department of Education. (2000). *Before it's too late: A report to the nation from the national commission on mathematics and science teaching for the 21st century*. Available at: <http://www.csu.edu/cerc/researchreports/documents/BeforeItsTooLate2000.pdf>
- Van Driel, J.H., Beijaard, D., & Verloop, N. (2001). Professional development and reform in science education: The role of teachers' practical knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(2), 137-158.
- Walker, A. (1988). *An evaluation of SATIS*. (unpublished report).
- Wallberg-Henriksson, H., Hemmo, V., Csermely, P., Rocard, M., Jorde, D., & Lenzen, D. (2008). *Science education now: A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Weiss, I.R. (1997). The status of science and mathematics teaching in the United States: Comparing teacher views and classroom practices to national standards. *ERS Spectrum*, 15, 34-39.
- Weiss, I., Pasley, J., Smith, P., Banilower, E., & Heck, D. (2003). *A study of K-12 mathematics and science education in the United States*. Chapel Hill, NC: Horizon Research. Available at: <http://www.horizon-research.com/insidetheclassroom/reports/looking/complete.pdf>
- Witz, K.G., & Lee, H. (2009). Science as an ideal: Teachers' orientations to science and science education reform. *Journal of Curriculum Studies*, 41(3), 409-431.
- Yager, R.E. (2000). The history and future of science education reform. *The Clearing House*, 74(1), 51-54.

## נספח א טבלה משווה של הרפורמות השונות

Next Generation Science Standards	National Science Education Standards	Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science	Project 2061 Science for All Americans	
ארה"ב	ארה"ב	ארה"ב	ארה"ב	ארץ
NRC	NRC	NSTA	AAAS	גוף יוזם
NRC	NRC	בתי ספר, באופן וולונטרי	AAAS	גוף מבצע
בשיתוף הציבור ומומחים לאחר הכנת מסמך מסגרת.	חברי ועדה	כפי הנראה, מעורבות פחותה של מורים.	נעשו התייעצויות עם מורים וגם עם מדענים, מהנדסים, מתמטיקאים והיסטוריונים.	מעורבות מורים
2013	שנות ה-90	שנות ה-80	שנות ה-80	שנת הכרזה
2013 – נוכחי	1996	1989	1993	שנת ביצוע
פדראלית ומדינתית.	פדראלית, מדינתית ומחוזית.	מדינתית	פדראלית; מדינתית ומדינות מחוץ לארה"ב.	מחוזות יעד
על יסודי	K-12	על יסודי	K-12	טווח גילאים
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ירידה ביכולת הכלכלה התחרותית האמריקאית</li> <li>• דירוג נמוך של תלמידים במבחני ה- TIMSS, PISA וה- NAEP</li> <li>• צורך לעדכן את הסטנדרטים הקיימים בעקבות התפתחויות שחלו במדע ובהוראת המדע</li> <li>• שיעור נמוך של בוגרי תיכון שממשיכים לתארים מתקדמים ולקריירות מדעיות</li> <li>• סקר דעת ציבור שדירג ברמה בינונית את איכות החינוך המדעי.</li> </ul>	סטנדרטים אחידים בתחומי תוכן, פדגוגיה הערכה, הכשרת מורים ומבנה בית הספר.	ביקורת כנגד הוראת דיסציפלינות מדעיות שנתיות נפרדות.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• התאמה טובה יותר בין הלימודים למציאות החיים של תלמידים</li> <li>• עידוד לחשיבה ביקורתית ולניהול חיים פרודוקטיביים, שמושפעים על-ידי מדע וטכנולוגיה.</li> </ul>	כוח מניע
יצירת סטנדרטים מבוססי מחקר שישרתו את הלומדים ויכינו אותם	הגדרת רמת ההבנה שאליה צריכים תלמידים לפתח.	הוראה מוקפדת ומותאמת של לימודי המדע מבחינת	אוריינות מדעית הכנה לחיים.	מטרה או יעד

להמשך לימודים ולאזרחות.		הדיסציפלינות השונות.		
Next Generation Science Standards	National Science Education Standards	Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science	Project 2061 Science for All Americans	
פיזיקה, מדעי החיים, מדעי כדור הארץ ועיצוב הנדסי.	תוכן, פדגוגיה, הערכת הלומד, הכשרת מורים ומבנה בית הספר.	פיזיקה, כימיה, ביולוגיה ומדעי כדור הארץ.	מתמטיקה, פיזיקה, ביולוגיה וטכנולוגיה.	<b>תחומי דעת</b>
יצירת סטנדרטים עדכניים מבוססי-מחקר, שיאפשרו גמישות בתכנון הוראה והתנסות כדי ליצור בלומדים ענייין ולהכנים לקולג', לאוניברסיטה ולאזרחות. הסטנדרטים מבוססים על מושגים רוחביים בתחומי המדע, לימוד פרקטיקות מדעיות והנדסיות ורעיונות בסיסיים בינתחומיים.	יצירת סטנדרטים שמשקפים את רמת ההבנה שאליה צריכים תלמידים לפתח באמצעות חמישה תחומים (לעיל).	פריסה מחודשת של תכנית הלימודים על-פני שנים רבות יותר. הצגת התופעה ברובד ראשוני והיבטים תיאורטיים ברובד מאוחר.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• תכנית לימודים חדשה</li> <li>• הערכת מורים</li> <li>• פיתוח מקצועי.</li> </ul>	<b>מרכיבי הרפורמה</b>
רעיונות בסיסיים בינתחומיים.	רעיונות מרכזיים בינתחומיים.	תיאום בינתחומי הדעת.	לימוד בינתחומי וטשטוש גבולות תחומי הדעת.	
פיתוח, בתמיכה פדראלית.	פיתוח, בתמיכה פדראלית.	שינוי התכנית כך שהוראת המדע תתאים יותר מבחינת רצף העניינים והדיסציפלינות השונות.	בסיס הרפורמה הביא לתיקון ספרי הלימוד ושימש תשתית לרפורמה בנושא האחדה של חומרי הלימוד.	<b>תכנית לימודים</b>
עמדות מורים משפיעות על נושאי ההוראה ועל בחירתם לפנות לסטנדרטים לצורך ההוראה.	פיתוח בתמיכה מדינתית פיתוח מנגנון רישוי ברמה מדינתית.	לא ידוע אם הרפורמה הוחלה גם בתכניות להכשרת מורים.	תוצרי הרפורמה משמשים בידי מורי מורים.	<b>הכשרת מורים</b>
בתמיכה פדראלית, מדינתית ומחוזית.	בתמיכה פדראלית, מדינתית ומחוזית.	לא ידוע אם הרפורמה הוחל גם בתכניות לפיתוח מקצועי.	תוצרי הרפורמה משמשים גם לפיתוח מקצועי של מורים בפועל.	<b>פיתוח מקצועי</b>

Next Generation Science Standards	National Science Education Standards	Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science	Project 2061 Science for All Americans	
<b>פדגוגיה</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• תוכן ומיומנויות שישרתו את הלומדים במהלך חייהם החינוכיים והמקצועיים כמו תקשורת, שיתוף פעולה, חקירה, פתרון בעיות וגמישות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• פרקטיקות מדעיות והנדסיות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• הבנה של רעיונות מדעיים ופיתוח יכולות חקר</li> <li>• אינטגרציה של תכנים מדעיים</li> <li>• אינטגרציה של טכנולוגיה ומחשוב.</li> <li>• בניית ידע משותף הדרגתי</li> <li>• התנסות פרקטית.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• רעיונות יסוד</li> <li>• מיומנויות חשיבה</li> <li>• ריכוך קווי הגבול בין תחומים מדעיים</li> <li>• הדגשת הקשר בין תחומים באמצעות רעיונות מושגיים</li> <li>• פדגוגיה של הוראה קישורית.</li> </ul>	<b>דגש לימודי</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ידע של עובדות</li> <li>• למידה של נושאים העומדים בפני עצמם</li> <li>• הפרדה בין ידע מדעי לתהליך מדעי</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ידע של עובדות מדעיות</li> <li>• הפרדה בין ידע מדעי לתהליך מדעי</li> <li>• כיסוי נושאים רבים</li> <li>• יישום חקר כתהליך.</li> </ul>	<p>הפחתת ההיבטים התיאורטיים הקשורים לדיסציפלינות מדעיות בשנים הראשונות ללימודים.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• כמות הידע</li> <li>• מיעוט במינוח טכני.</li> </ul>	<b>דגש מופחת</b>
<p>השפעת הסטנדרטים על תכני ההוראה.</p>	<p>ציפיות ביצוע מן התלמיד מוגדרים היטב.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• הערכת ביצוע של התלמידים באמצעות טכנולוגיה אינטראקטיבית</li> <li>• בחינת האופן שבו מועברים תכנים מדעיים (שילוב דיסציפלינות לעומת הוראה של דיסציפלינות באופן נפרד)</li> </ul>	<p>התאמת תכניות הלימוד לרעיונות היסוד ולפדגוגיה שבבסיס הרפורמה</p>	<b>מדדי הצלחה</b>

Next Generation Science Standards	National Science Education Standards	Project on Scope, Sequence, and Coordination of Secondary School Science	Project 2061 Science for All Americans	
<b>הערכה</b>				
בעיקר, מחקרים עצמאיים.	בתמיכה מדינתית ומחוזית	בעיקר, מחקרים עצמאיים.	בתמיכה משותפת של המדינה וה-AAAS	<b>מחקרים מלווים הערכה מלווה</b>
בחינת איכות הסטנדרטים, בחינת השימוש בסטנדרטים בהוראה עצמה.	בחינת איכות הסטנדרטים, בחינת השימוש בסטנדרטים בהוראה עצמה.	בחינת הערכה ועניין שמגלים תלמידים ומורים בהוראת המדעים.	מחקרי הערכה מגוונים.	<b>אמצעי הערכה</b>
* פיתוח מנגנון רישוי הנסמך על הבנה ויכולות בתחום המדעים. * הערכת מורים המתייחסת גם בהוראת המדעים בהתאם לסטנדרטים	באמצעות ראיונות במחקרים שונים.	באמצעות ראיונות במחקרים עצמאיים.	לא ידוע	<b>הערכת מורים</b>
* הערכת הישגי הלומדים כפונקציה של איכות הסטנדרטים והשימוש בהם.	לא ידוע.	הערכת ביצועי תלמידים באמצעים אינטראקטיביים	לא ידוע	<b>הערכת תלמידים</b>
עוצמת ואיכות הסטנדרט לא מנבאת את הישגי התלמידים.	מחקרים ספורים הצביעו על העדר קשר הכרחי בין איכות הסטנדרט לבין הישגי התלמידים.	לרפורמה התלווה הערכת ביצוע של תלמידים. לא ידועה תרומתה להישגי הלומדים.	לא ידוע	<b>הישגי תלמידים</b>
<b>מוקדם להעריך את מידת הצלחה</b> ככלל, ניכרת השפעה של הסטנדרטים על תכניות לימוד רבות. עם זאת, בנושאים מסוימים, הטעונית ערכית ושנויים במחלוקת למשל אבולוציה וגנטיקה, לא נעשה שימוש בסטנדרטים.	<b>דוגמה לא מובהקת להצלחה</b> הסטנדרטים שפותחו עודכנו במהדורה חדשה ומותאמת יותר. פיתוח הדור החדש של הסטנדרטים נעשה, בין היתר, לאור דירוג נמוך של הסטודנטים במבחנים ושיעור נמוך של סטודנטים הבוחרים בלימודי מדעים. מכאן, שרפורמה זו לא זוהתה עם הצלחה ממשית.	<b>דוגמה לא מובהקת להצלחה</b> הרפורמה זכתה לביקורת של מורים ומדענים וזכתה להערכה פחותה בשל השילוב של דיסציפלינות שונות והצורך ללמד אותן יחד.	<b>דוגמה להצלחה</b> תוצרי הרפורמה משמשים באופן נרחב מורים, מפתחי תכניות לימוד ובעלי עניין ברמה המדינתית והלאומית וחזונה מהווה בסיס להערכת חומרי הלימוד.	<b>עמידה ביעדים</b>



Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
בינלאומי לרבות אנגליה, אוסטרליה, הולנד ועוד.	סינגפור	פינלנד	אנגליה, - מקום היזמה. לאחר מכן הורחב לבלגיה, הונג-קונג, ניו-זילנד, ספרד, שוויץ וארה"ב.	ארץ
באנגליה, האיגוד הבריטי לחינוך מדעי קרן Nuffield ואוניברסיטת יורק( STS) ASE.	משרד החינוך	גופים : מנהלים מוסדות להשכלה גבוהה ו ASE.	אוניברסיטת יורק בשיתוף פעולה עם קבוצות מורים מובילים.	גוף יוזם
באנגליה – אוניברסיטת יורק באוסטרליה – תמיכת התעשייה.	המכון הלאומי לחינוך	המועצה הלאומית לחינוך, מוסדות להשכלה גבוהה. ועדה מייעצת מטעם משרד החינוך.	בתי ספר באופן וולונטרי.	גוף מבצע
באנגליה – תמיכה מדינתית במסגרת בחינת הבקיאות בלימודי המדע והגדלת שיעור דרישות החובה ללימודי מדעים במסגרת תכנית הלימודים.	תמיכה ארגונית לאומית לצד גוף עצמאי חוקר ומוסדות להכשרת מורים.	<ul style="list-style-type: none"> <li>תמיכה תקציבית בדיגיטציה</li> <li>שיתוף פעולה בין המועצה הלאומית לחינוך ומוסדות להכשרה גבוהה</li> </ul>	חקיקה המחייבת הערכה חיצונית	מרכיב ארגוני
באנגליה – מורים מגיבים על היחידות וממשיבים אותן.	תחושה של הכתבה מלמעלה מערכת צנטרליסטית.	מעורבות חלקית והעדר מודעות של מורים להכשרות הקיימות.	תכנון וכתבת תכנית הלימודים, בחירת מגוון הקורסים ליישום; מתן משוב לפילוט.	מעורבות מורים
החל מ-1976 באנגליה	1997	2004	1983	שנת הכרזה
סוף שנות ה-90 תחילת שנות ה-2000.	החל מ-1997. בהמשך, הוחלו רפורמות המרחיבות את ה-TSLN	2004	1985 (לאחר שנתיים של פיילוט)	שנת ביצוע
מדינת ואיזורי	מדינת ואיזורי.	בינלאומי, לאומי ואיזורי.	חלק מבתי הספר במחוזות.	מחוזות יעד

Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
דאגה שלימודי המדע מרוחקים מהתנסויות יומיומיות ולא מכינים את הנוער לחיים בוגרים ולשוק העבודה.	<ul style="list-style-type: none"> <li>במסגרת מאמץ רחב להשאיר את המדינה תחרותית ומותאמת למעבר לכלכלת ידע.</li> <li>הבנה כי מיומנות חשיבה ביקורתית הינה מרכזית להישרדות במאה ה-21.</li> </ul>	תפיסה לפיה שימוש מוגבר בטכנולוגיות מידע ותקשורת מקדמים תחרות ויצרניות, שיוויון חברתי, רווחה, חדשנות ואיכות חיים.	חשש, שהעברת ידע קונספטואלי ושימוש במושגים מדעיים מופשטים אינם יוצרים מוטיבציה ללמידה ולפיתוח קריירה בתחום המדע.	<b>כוח מניע</b>
מקומם של המדע והטכנולוגיה בעולם המודרני ובהגברת המודעות לשימוש בהם כדי להבטיח את עתיד האנושות הבנת מהות המדע אוריינות מדעית בשם "מדע עבור הבנת הציבור" שילוב היבטים חברתיים בלימודי המדע.	הכשרת לומדים פעילים בעלי מיומנויות של חשיבה ביקורתית ולפתח תרבות של חשיבה יצירתית וביקורתית בבתי הספר.	<ul style="list-style-type: none"> <li>קידום שותפויות בין גופים שונים</li> <li>פיתוח מיומנויות והגברת השימוש בטכנולוגיות מידע ותקשורת בשירותים ציבוריים ובמנהל</li> <li>הגדלת מגוון שיטות ההוראה וסביבות הלימודים באמצעות טכנולוגיות חדשות.</li> <li>העמדת קריטריונים של איכות לחומרי לימוד וירטואליים.</li> <li>פיתוח תכניות לימודים ובהכשרת מורים.</li> </ul>	רצון להפוך את המקצוע ליותר אטרקטיבי וליותר רלבנטי לאינטרסים של לומדים צעירים ולחיייהם היומיומיים.	<b>מטרה או יעד</b>
בריאות ורפואה; אוכלוסייה; מזון וחקלאות; עובדות; אנרגיה; מקורות מינרליים; תעשייה בכלכלה; אדמה ומים ומבט לעתיד. מדעי החיים ופיזיקה.	הוראה של מיומנויות חשיבה ביקורתית ויצירתית.	חינוך טכנולוגי.	מיקוד ראשוני בכימיה, הרחבה לביולוגיה ופיזיקה.	<b>תחומי דעת</b>

Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• תכנית לימודים</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• הכשרת מורים</li> <li>• פיתוח מקצועי</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• תכנית לימודים</li> <li>• הכשרת מורים</li> <li>• פיתוח מקצועי</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• פיתוח קורסים ודרכי הוראה מתוך חיי הלומדים והחברה</li> <li>• שילוב ביקורים בתעשייה במסגרת הלימודים.</li> </ul>	<b>מרכיבי הרפורמה</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• שילוב יחידות העוסקות בקשר שבין תחומי מדע (כמו פיזיקה) לתופעות בחיי היומיום (PLON)</li> <li>• הצגת תכנים חדשים בנושאים של מדע טכנולוגיה וחברה (אוסטרליה)</li> </ul>	לא נתפסה כגנרית או קשורה לתוכן ולהקשר מסוים.	פיתוח חומרים אלקטרוניים באיכות גבוהה ובנגישות מירבית הגדלת המגוון בשיטות ההוראה ובסביבות הלימודים.	שילוב קורסים שפותחו ברפורמה במסגרת תכנית הלימודים.	<b>תכנית לימודים</b>
לא ידוע על תרומת הרפורמה במסגרת הכשרת המורים באמצעות ההתנסות הפרקטית והדגשת מיומנויות ההוראה.	שינוי מערכי קורסים פיתוח סדנאות שינוי הערכת השתתפות בפרקטיקום	הכשרה טכנולוגית בשלוש רמות: רמה אישית (מיומנויות בסיס); רמה מתקדמת (שימוש פדגוגי בטכנולוגיה) והכשרה לשמש תומך טכנולוגיה בסביבה הבית-ספרית.	לא ידוע.	<b>הכשרת מורים</b>
העדר תמיכה והעדר פיתוח מקצועי	סדנאות הכשרה בתכנית בנושא שילוב חשיבה בנושאי תוכן	הכשרה טכנולוגית	לא ידוע.	<b>פיתוח מקצועי</b>

Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
<b>פדגוגיה</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>יצירת הבנה טובה יותר בדבר מקום המדע והטכנולוגיה בעולם המודרני והגברת השימוש בהם</li> <li>דיון במדע בהיבטים נוספים כמו מוסר, אסתטיקה וכלכלה.</li> <li>דגש על המורה המעביר את תכני הלימוד.</li> </ul>	חשיבה ביקורתית ויצירתית בבתי הספר.	שימוש מוגבר בטכנולוגיות חדשות ובפדגוגיה טכנולוגית.	תרומת הכימיה לחיי התלמידים והאופן שבו לימודי הכימיה מסייעים לרכישת הבנה טובה יותר של הסביבה הטבעית.	<b>דגש לימודי</b>
לא היה דגש על הפחתה של נושאים קיימים.	נושאי תוכן בשיעור של עד 30%	לא היה דגש על הפחתת נושאים או שימוש בפדגוגיות קיימות.	רעיונות קונספטואלים ושימוש במושגים מופשטים.	<b>דגש מופחת</b>
על המורה לשקול את יישום היבטים חברתיים בלימודי המדע.	<ul style="list-style-type: none"> <li>תפקיד המורה אינו כמעביר ידע אלא כמאפשר ומקל על תהליך הלמידה ופיתוח מיומנויות החשיבה</li> <li>זניח פדגוגיות מסורתיות</li> <li>דידקטיות לטובת פדגוגיות קונסטרוקטיביות חדשות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ליצור אינטגרציה עם טכנולוגיות ושימוש מוגבר שלהן בתהליך ההוראה.</li> <li>עליו להכיר את היתרונות שבשימוש בטכנולוגיות ולהביאן לכיתה בהתבסס על תפיסותיו האישיות.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>להציע תשובות לשאלות מאתגרות ביחס למדע בהתבסס על ניסיון וידע.</li> <li>הבעת עמדה לצורך יצירת בסיס משותף לתחילת דיון/תהליך הלמידה.</li> </ul>	<b>תפקיד המורה</b>
עבודת פרויקט, חיפוש מידע.	הלומד במרכז. הוראה מובדלת, למידה של מיומנויות לאורך חיים.	פדגוגיה נתמכת טכנולוגיות חדשות.	פדגוגיות מבוססות-פרויקט והקשר.	
דיווח והצגה בפני הכיתה.	למידה מעורבת.		לימוד בקבוצות קטנות	
<ul style="list-style-type: none"> <li>צפייה בסרטים וסימולציות בנושאי קבלת החלטות</li> <li>הרחבה של דרכים חדשניות להעברת המידע</li> <li>ביקור בתעשייה.</li> </ul>	נראה, שהרפורמה לא כללה מרכיב של שינוי הסביבה הלימודית.	בית ספר וירטואלי ובית ספר על-יסודי בגישה מרחוק.	<ul style="list-style-type: none"> <li>משחקי תפקידים</li> <li>חיפושים ברשת</li> <li>ביקור תלמידים בתעשייה כימית מקומית.</li> </ul>	<b>סביבה לימודית</b>

Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
<ul style="list-style-type: none"> <li>יכולת טובה של אוריינות מדעית,</li> <li>שימוש בחשיבה ביקורתית</li> <li>הגברת ההזדמנויות להשקיף על סוגיות אתיות, כלכליות ויישום המדע בחברה.</li> <li>בחינת מידת העניין בלימודי המדע וההנאה מהם.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>בחינת היקף השימוש בפדגוגיות קונסטרוקטיביות, כפי הנראה, ללא הצבת מדדי מוגדרים מראש.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>בחינת שיעור המורים בעלי ידע ומיומנויות בשימוש בטכנולוגיות מידע ותקשורת בחינוך.</li> <li>עמידה במיומנויות הקשורות בטכנולוגיות מידע ותקשורת בתעשיות הידע ברמה הבינלאומית.</li> <li>עמידה בקריטריונים של איכות חומרי לימוד וירטואליים בחינוך.</li> <li>רמה מתקדמת של הסביבה התפעולית של הרפורמה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>"שאלות פתוחות" בעלות אופי מחקרי המוגשות לתלמיד</li> <li>הערכה פורמאלית של מיומנויות חקר פרקטיות</li> </ul>	<b>מדדי הצלחה</b>
<b>הערכה</b>				
מחקר מלווה לרוב עצמאי	הקמת מרכז להוראת החשיבה, נסגר לאחר זמן מה	מחקר מלווה	הערכה חיצונית מלווה	<b>מחקרים מלווים הערכה מלווה</b>
בהולנד - מורים חשו לא בנוח ללמד יחידות שבהן היבטים לא מדעיים. באוסטרליה – מורים התלהבו מעידוד דיונים בכיתה ההופכים סוגיות מדעיות לרלבנטיות. אך, חלקם התקשה ללמד בשיטה זו.	הוכחת יכולות של חשיבה בנושאי תוכן ובהערכה. * בפועל, מורים העדיפו אסטרטגיות דידקטיות מסורתיות.	הכנסת הרכיב של ידע בטכנולוגיות תקשורת ומידע.	<ul style="list-style-type: none"> <li>בחינת עמדות המורים באמצעות ראיונות מצאה שההוראה הייתה יותר מעניינת אך גם תובענית.</li> <li>בחינת מידת התמיכה המקומית שהמורים זכו לה.</li> </ul>	<b>הערכת מורים</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>בחינה ביקורתית של חומרי הקריאה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>שינוי דרכי הערכה כך שיכללו התייחסות לחשיבה ביקורתית וליכולת ללמוד.</li> <li>תלמידים מעידים שהתכנית השפיעה באופן מזערי על מיומנויות החשיבה הביקורתית שלהם</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>לא ידוע. נמצא, שהרפורמה לא לקחה בחשבון עמדות של תלמידים ביחס לשימוש בטכנולוגיה.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>תלמידים בתכנית הביעו יותר חשש להתמודד עם תיקונים ובחינות;</li> <li>הביעו יותר עניין בלימודים וגיוון בתכנית.</li> </ul>	<b>הערכת תלמידים</b>

Science in Society/STS	Thinking Schools, Learning Nation (TSLN) Innovation and Enterprise Teach Less, Learn More	חינוך טכנולוגי וטכנולוגיה בחינוך	SALTERS Advanced Chemistry	
לא בהכרח מביאה להבנה גדולה יותר של מושגים מדעיים.	לא ידוע על תרומת הרפורמה להישגי התלמידים. ממילא הערכת התלמידים נעשתה באמצעות הישגיות אקדמית וללא התייחסות מהותית לרכיבי הרפורמה.	לא ידוע על הקשר בין הרפורמה להישגי התלמידים.	מחקרים שונים מצביעים על יתרון קל אך לא מובהק; בשאלון סטנדרטי של האגוד המלכותי לכימיה הערכות התלמידים נמוכות יותר.	<b>הישגי תלמידים</b>
<b>דוגמה לא מובהקת להצלחה</b> ביקורת בספרות מזהה מדי עם העמדות והערכים שבתעשייה, בתאגידים השונים ובמוסדות המקצועיים ממחקר ראשוני עולה שהתלמידים מגלים בה פחות עניין גידול במספר התלמידים שנבחרים במקצועות המדע שיעור מאוד גבוה של המשתתפים בקורס היו נשים (כ-60%) הגדלת ההנאה מלימודי המדע תלמידים ציינו בחיוב את ההזדמנויות להשקיף על סוגיות אתיות, כלכליות ועל יישום המדע בחברה קושי בשינוי תרבותי אימפקט במספר מצומצם של בתי ספר ובזכות שחקנים ספציפיים	<b>דוגמה לכישלון</b> לא יצרה עולם חינוכי חדש אלא שכפול של עולם חינוכי ישן השפעה מזערית על מיומנות החשיבה הביקורתית שלהם מורים רק מפצירים לנהוג ביצירתיות מבלי ללמד כיצד תכנית לימודים מוכתבת וריבוי מבחנים ברמה הלאומית ידע מועט של מורים מהעדר תכנית הכשרה ופיתוח מקצועי ארוך-טווח בהוראה של חשיבה ביקורתית הערכה נותרת צנטרליסטית ונשלטת על-ידי הישגיות אקדמית פער תרבותי	<b>דוגמה לא מובהקת להצלחה</b> האינטגרציה של טכנולוגיות אלה עם מערכת החינוך הייתה איטית מהמצופה חוסר שביעות הרצון משילוב של קורסים בנושאים אלה עוד בשלב הכשרת המורים שיפור ברמת הדיווח העצמי של מורים ביחס להבנתם בטכנולוגיה אך חוסר שביעות רצון משילוב הקורסים בנושא, אינטרס מופחת, העדר אמונה שלמידת מיומנויות חברתיות ניתנת באמצעות משאבים טכנולוגיים.	<b>דוגמה להצלחה</b> מחקר המצביע על הבנת תפקיד הכימיה התעשייתית התעניינות תלמידים מורים מצאו את הקורס מעורר יותר מוטיבציה להוראה מעורבות במחקר עצמאי המשכיות ללימודים מתקדמים בכימיה	<b>עמידה ביעדים</b>