

ניתוח תכניות לימודים וספרי לימוד במדעי הטבע בישראל

בהשוואה למדינות אחרות

פנחס תמיר ושרי זיו

מבוא

המחקר הבינלאומי השלישי לבחינת הוראת המתמטיקה ומדעי הטבע (TIMSS) שנערך בשנות ה-90, בדק, חקר והשווה את ההיבטים התרבותיים שבחינוך המדעי. זאת, באמצעות ניתוח תכניות הלימודים, חומרי הלימוד, שיטות ההוראה, נושאי הלימוד, וכן רצף ומשך ההוראה המוקדשים לנושאי הלימוד השונים במשך 12 שנות לימוד ב-45¹ מדינות. המחקר בדק את ההתאמה בין תכניות הלימודים לספרי הלימוד, את הדגשים בהוראת המדעים לפי תכניות הלימודים וספרי הלימוד וכן תפיסות ועמדות כלפי המדע.

הוראת מדע במערכת הבית ספרית היא הוראה מכוונת, ובדרך כלל היא מתבצעת על פי התכניות והמדיניות של מערכת חינוך. תכניות הלימודים מגדירות את המדיניות, המטרות, התכנים ואסטרטגיות ההוראה. כל אלה משותפים למערכות החינוך במדינות שונות. עם זאת, הצביע המחקר על הבדלים ניכרים ושונות רבה בין המדינות באשר למשך ההוראה של נושאי הלימוד ולאופן ניצולו. גם מידת השימוש בספרי הלימוד היא שונה, ובעזרת כלי המחקר ניתן לבדוק עד כמה המדיניות הרשמית של התכנית מכתיבה כללים והוראות מפורטים למורים המפעילים אותה.

הוראת המדעים ולמידתם אינן חלות רק על מדע "טהור", אלא הן עוסקות גם בתפיסות מדעיות מובנות, תלויות תרבות וחברה, הנוטות להדגיש היבטים יישומיים וחברתיים.

לצורך המחקר נערכו ניתוחים של תכניות לימודים וספרי לימוד שונים ומגוונים. זאת, על בסיס מפתחות ניתוח מוגדרים, המאפשרים האחדת נתונים והשוואה בין נתוני המדינות המשתתפות. כמו כן נערכו מבחני הישגים לתלמידים, שבאמצעותם ניתן לחבר בין המטרות המיועדות בהוראת המדעים לבין אלה המושגות בפועל.

המאמר שלפנינו מציג ממצאים בנושאים הנזכרים ומתאר את מקומה של מערכת החינוך בישראל בתחום הוראת המדעים בהשוואה למדינות אחרות.

¹ בחלקים אחדים של המחקר השתתפו פחות מ-45 מדינות.

המסגרת המושגית של הפעלת תכנית הלימודים

במחקרים המבוצעים בחסותו של ה-IEA, הגוף הבינלאומי להערכת הישגים בחינוך, נוהגים להתייחס לשלושה שלבים בקוריקולום: קוריקולום מיועד (Intended), מופעל (Implemented) ומושג (נקלט ונלמד) (Attained) (ראו תרשים 1). ההנחה היא שקיימת תלות של הקוריקולום המופעל בקוריקולום המיועד, ותלות של הנלמד במיועד ובמופעל גם יחד.

תרשים 1: שלבי הקוריקולום

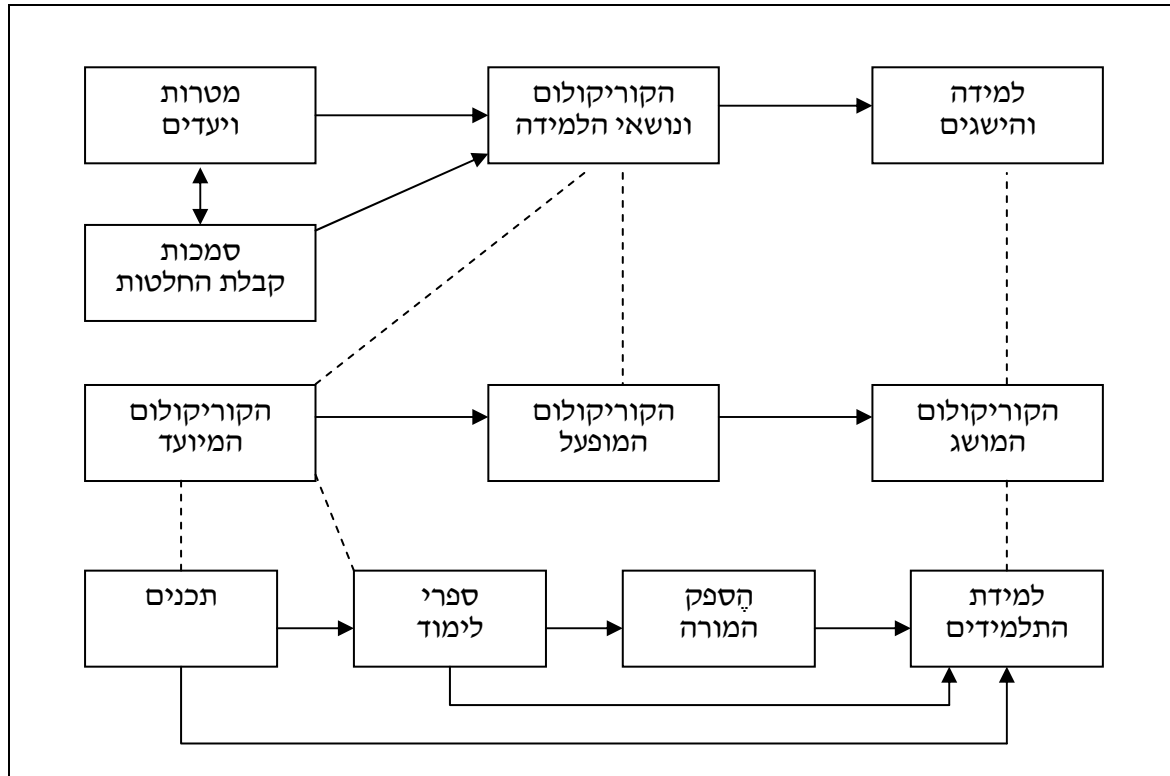
(מתוך: Schmidt et al., 1997)



המסגרת המושגית של יחסי הגומלין בין מטרות, הפעלה והישגים

תרשים 2 מציג את יחסי הגומלין בין מטרות ויעדים לבין ההפעלה וההישגים. מעניין שכל התהליכים זורמים בכיוון אחד – מהמטרות של הקוריקולום המיועד, דרך הלמידה ועד להישגים. עם זאת, המודל מראה גם יחסי גומלין הדדיים בין מטרות וקבלת החלטות: הקווים המקווקווים מצביעים על קשרים אפשריים בעלי יחסי גומלין בין הקטגוריות השונות שבתרשים, וגם מראים שקיימת אפשרות זרימה דו-כיוונית.

תרשים 2: מסגרת מושגית המציגה קשרים בין הקוריקולום להישגי התלמידים
(מתוך: Schmidt et al., 2001)

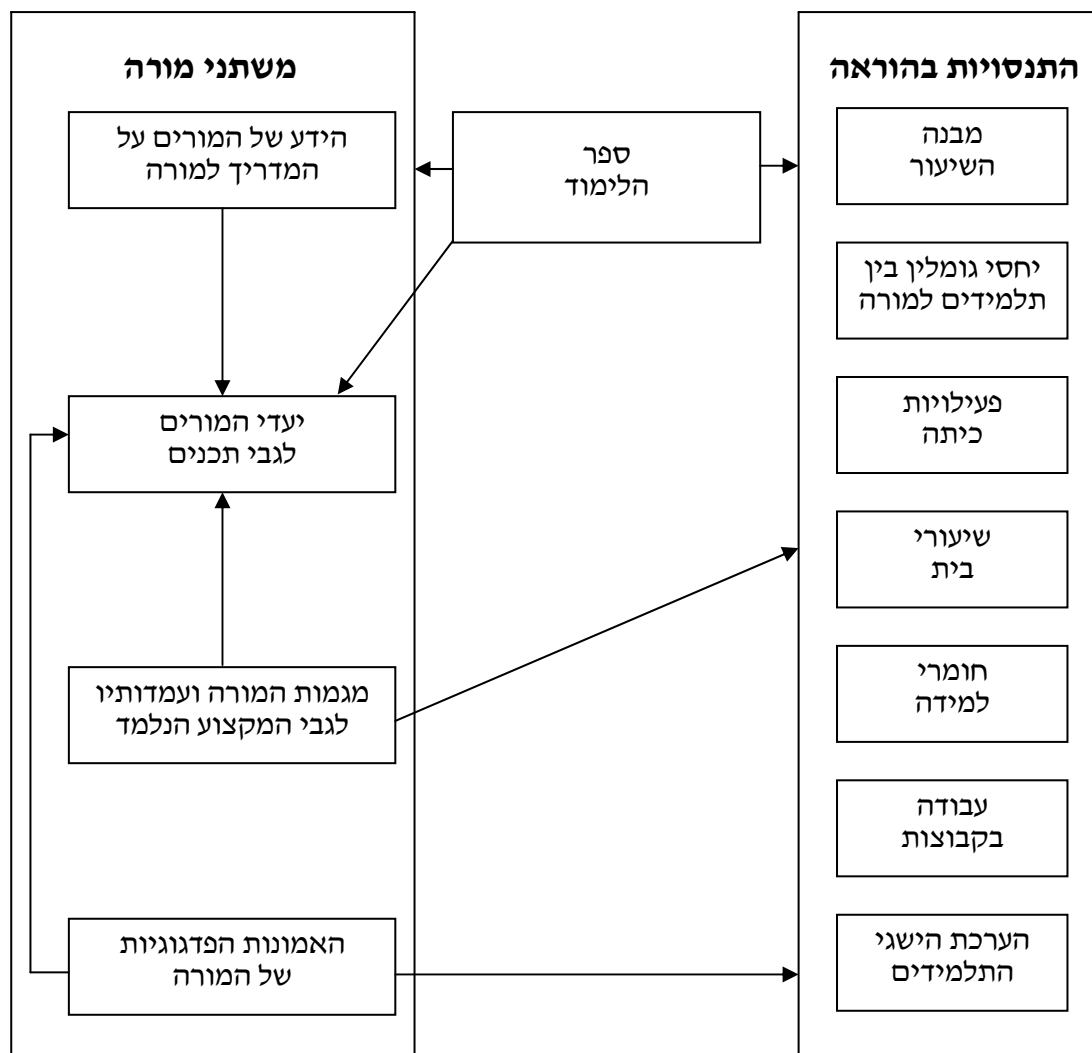


המסגרת המושגית להפעלת הקוריקולום

תרשים 3 מציג את המסגרת המושגית להפעלת תכנית לימודים. בצדו הימני רשומים המרכיבים העיקריים של למידה בבתי הספר. בטור השמאלי רשומים המרכיבים של עבודת המורה ועמדותיו לגבי פעילויות חינוכיות ולגבי ידע פדגוגי כללי וייחודי למקצועות הלימוד. שלושה חצים חד-כיווניים מתייחסים לידע של המורים לגבי תכנים, למגמות ועמדות של המורים, לאמונותיהם והשקפותיהם. בצד ימין רשומים שבע פעילויות ואמצעי עזר שבהם קיימת אינטראקציה עם משתנים של המורים. ניתן להסיק שהיחס בין משתני המורים והתלמידים מתמקד בדרכי ההוראה כיחידה אחת ואינו מתייחס לקשרים בין משתני ההוראה כל אחד בנפרד.

תרשים 3: מסגרת מושגית להפעלת הקוריקולום

(מתוך: Schmidt et al., 2001)



השיטה

הדגימה של השאלונים והמבחנים, תרגומם לשפתה של כל מדינה, ניתוח-תוכן של ספרי הלימוד ותכניות הלימודים, וכן העברת המבחנים והשאלונים – כל אלה בוצעו על ידי כל מדינה משתתפת בשפה המתאימה, לפי הנחיות המרכז בבוסטון. תשומת-לב מיוחדת ניתנה ב-TIMSS לבדיקת ההתאמה בין המטרות, הקוריקולום והמבחנים (Schmidt et al., 1997). הנתונים שנאספו נשלחו למרכז המחקר ונותחו על ידי צוות מיוחד באוניברסיטה של המבורג.

הציונים במבחני ההישגים מדווחים בשני אופנים. האופן הראשון ידוע למורים – אחוז התשובות הנכונות (ציונים גולמיים). האופן השני, שמשמשים בו כאשר רוצים לקבל מכה משותף להשוואת הציונים בכלי המחקר השונים – הוא ציוני תקן. במאמר זה נדווח על הקשרים בין המשתנים הבלתי-תלויים ובין ההישגים באמצעות ציוני תקן.

לצורך ההשוואה עם ישראל, בחרנו מדינות אחדות שהתנאים הנהוגים בבתי הספר שלהן נראו לנו דומים למדי לאלה של בתי הספר בישראל, או במדינות שמקיימות חילופי מידע עם ישראל. המחקר הנוכחי הוא מחקר משותף של הוראת המדעים והמתמטיקה, ולכן הוא נקרא TIMSS (The Third International Mathematics and Science Study).

המחקר כלל 3 אוכלוסיות – כיתות ד', כיתות ח' וכיתות י"ב. במחקר השתתפו 45 מדינות ונאספו נתונים על 5 מקצועות – לימודי כדור הארץ, ביולוגיה, כימיה, פיזיקה ומדעי הסביבה. הערכת ההישגים בוצעה באמצעות מבחנים. רבע מהשאלות במבחנים היו פתוחות, והיתר היו שאלות בחירה מרבות. נוסף להערכת ההישגים, נבדקו גם גורמים העשויים להשפיע על ההישגים, כמו בית ההורים, בית הספר והקהילה. המידע על גורמים אלה נאסף באמצעות שאלונים לתלמיד, למורה ולמנהל. הנהלת המחקר ב-Boston College הקפידה מאוד על איכות הנתונים בכל השלבים, החל מהכנת כלי המחקר ובחירת המדגם וגמור באיסוף הנתונים והכנת סיכומי הממצאים. מאמר זה מבוסס על הדו"ח המסכם על אודות תלמידי כיתות ח' (Beaton et al., 1996).

שלב ראשון בהערכת התכניות היה הגדרה ומיפוי של נושאי הלמידה (General Topic Trace Mapping, GTTM), כדי לעקוב אחר **רצף ומשך הוראה** בכל נושא: מתי, במשך 12 שנות הלימוד, הוא נלמד תוך התמקדות או הרחבה, מתי הוא נלמד באופן חלקי, או האם בכלל נלמד.

לגבי שלוש אוכלוסיות הגיל נעשה ניתוח של ספרי לימוד ב**חתך אופקי**: מתוך כל הספרים של כיתות ד' (בני 9), כיתות ח' (בני 13), כיתות י"ב (בני 17) בנושאי המדעים, נבחרו ספרים שהיו בשימוש של לפחות 40% מהאוכלוסייה. ספרים אלה יצאו לאור על ידי הוצאות ספרים רשמיות או על ידי חוקרים חיצוניים. לגבי מספר נושאים מצומצם נעשה גם **חתך אנכי** (In-depth Topic Trace Mapping, ITTM), כלומר חקר השינויים ולמידה חוזרת בדרגות כיתה שונות.

ארבעים ואחת מדינות דיווחו על 77 תכניות לימודים לכיתות ד', 111 לכיתות ח' ו-63 למתמחים בפיזיקה מכיתות י"ב. הן דיווחו על 96 ספרי לימוד לכיתות ד', 156 לכיתות ח' ו-60

ספרים בפיזיקה למתמחים בכיתות י"ב. הניתוח מקיף 251 תכניות לימודים ו-312 ספרים, ובסך הכול – 563 מסמכים ביותר מ-30 שפות.

על מפתחות הקידוד היה לגלות את המאפיינים בתחום הכוונות, המבנה והתוכן. הניתוח יצר התפלגות ליחידות וליחידות-משנה בעלות אפיונים מזהים (Blocks), ואלה סוכמו בטפסים מיוחדים שהדגישו את המובנות ואת ההאחדה של ההערכה. נעשה שימוש בתדריכים מדויקים והופעלו סדנאות תרגול וביקורת איכות.

חלוקת הזמנים

משך-הזמן המוקצה להוראת מדע שונה בגילים שונים במדינות שונות, ולעתים אף במחוזות שונים באותה מדינה. כמו כן ניתן לאבחן אם ההדגשים הם על תפיסת מושגים והקניית ידע או על עבודה מעשית. תכנית הלימודים קובעת את ההזדמנויות ללמוד. במדינות אחדות קיימת מגמה לשנות ולחדש את תכניות הלימודים במדעים גם כאשר התכנית "מצליחה", כלומר גם כאשר התלמידים לומדים ומתעניינים והמשוב מראה שהם גם מבינים ואולי אף נהנים – גם אז רצוי לשנות, לגוון ולהציג נקודות ראות שונות. יש אפוא חשיבות ייחודית לעצם החדרת חידושים וגיוון הגישות של תכנון ההוראה ושל ההערכה.²

הניתוח שנעשה ב-TIMSS בדק תכניות וספרי לימוד שהם שני גורמים מרכזיים בכל מערכות החינוך המשתתפות במחקר. תכניות לימודים הן מסמכים רשמיים המשקפים את כוונותיהם של מכווני המדיניות במערכת החינוך ואת דעותיהם של מומחים בתחומי התוכן השונים. לעומת זאת, ספרי הלימוד הם פחות רשמיים והם משקפים גם את תפיסותיהם של מאפיינים אחרים במערכת החינוך. בספרי הלימוד משתקפות לעתים הארות חשובות של הכוונות והמטרות של כותביהם. בעקבות הניתוח, נערכה השוואה בחתכים אחדים בנושאים נבחרים תוך שימת-לב לדגשים בדרך ההוראה, ציפיות לפיתוח מיומנויות בעבודה במעבדה ופיתוח של חשיבה מדעית ועמדות חיוביות כלפי המדע.

² התופעה של שיפור ההישגים והתפוקות בעקבות הנהגת שינוי חדשני נפוצה מאוד בספרות החינוכית והסוציולוגית וידועה בשם Hawthorn Effect.

מהלך המחקר

כאמור, בשלב הראשון נערכו **מיפוי** של נושאי הלימוד במשך 12 שנות לימוד ו**ניתוח תוכן** של תכניות הלימודים וספרי הלימוד. הוכנו כלים מתאימים שכללו רשימת נושאים בכל מקצוע וקובץ של מיומנויות אינטלקטואליות ופסיכומטריות. כל מדינה ניתחה את מסמכיה, ותוצאות הניתוח הוקלדו באורח אחיד כך שניתן להשוות בקלות את הנתונים של הוועדות המשותפות. במקביל הוכנו **מבחני הישגים** במתמטיקה ובמדעים ונבחרו פריטי מבחן בנושאי לימוד מתחומי ידע אלה. הפריטים עברו שני שלבים של מיון ושיפור באמצעות מבחני חלוץ. בדיקת ההלימה בין חומרי הלמידה לבין מבחני ההישגים בוצעה על המתכונת הסופית של המבחנים באמצעות נתוני Test-Curriculum Matching Analysis שנאספו מהמדינות המשתתפות. פרסום ראשון של תוצאות הניתוח במתמטיקה יצא לאור בשנת 1997 (Schmidt et al., 1997) וסייע בחלקו לכותבי מאמר זה שעניינו הוראת המדעים (לא מתמטיקה).

ממצאים

המחקר מציג את המשותף והמאחד במערכות חינוך בעלות צרכים והשקפות שונים. ההבדלים כוללים את גיל הכניסה לבית הספר, מספר שנות לימוד/לימוד חובה, הרמה הארגונית/מנהלית שבה מתקבלות ההחלטות ומדיניות הרכב החטיבות בבתי הספר. קיימת שונות רבה גם בגישות להוראת המדעים, למבנה של תכניות הלימוד ולשימוש בספרי הלימוד. במאמר זה יידונו ההבדלים והמאפיינים המשותפים.

1. גיל הכניסה לבית הספר וחינוך חובה

ב-69% מהמדינות, גיל הכניסה לבית הספר הוא 6, ובכ-20% – 7. בישראל התלמידים נכנסים לבית הספר בגיל 6, והם חייבים ללמוד 10 שנים, עד סוף כיתה י'. בגיל 5 הילדים נכנסים לגן-חובה. לכן בישראל נהוג חינוך חובה במשך 11 שנים. **לוח 1** מציג את התפלגות מספר שנות חינוך החובה בארצות השונות.

לוח 1: התפלגות שנות חינוך חובה בארצות שונות
(מתוך: Schmidt et al., 1997)

שנות חינוך חובה	המדינה
8	איטליה, אירן, בולגריה, ליטא, סלובניה, רוסיה, הרפובליקה הדומיניקנית, שוויץ
9	אירלנד, אוסטריה, אוסטרליה, דנמרק, הונג-קונג, יוון, יפן, לטביה, מקסיקו, נורבגיה, סין, סלובניה, צ'כיה, קפריסין
10	איסלנד, דרום-אפריקה, הונגריה, ניו-זילנד, ספרד, צרפת, קנדה, רומניה
11	ארצות-הברית, הולנד, ישראל, סקוטלנד, תוניסיה
12	בלגיה, גרמניה

יש להבחין בין חינוך חובה מחד גיסא לבין חינוך חופשי מאידך גיסא. למשל, בישראל, משך הלימודים הוא 13 שנים, מזה גן-חובה מגיל 5 עד כיתה א' בגיל 6, ומשך חינוך החובה הוא 11 שנים. ברוב המדינות לומדים בבית הספר 12 שנים; יוצאת מהכלל היא סין, שבה מסיימים את בית הספר אחרי 10 שנים ואיסלנד – שבה קיים חינוך חופשי ללא תשלום במשך 14 שנים. ברוב המדינות, גיל הכניסה לבית הספר הוא 6; בסין, בדנמרק, בנורבגיה, בסלובניה וברפובליקה הדומיניקנית – 7; וברוסיה, בשבדיה ובשוויץ, חלק מהתלמידים מתחילים בגיל 6 וחלק בגיל 7.

2. היבטים במדיניות מערכות החינוך

יש מדינות שבהן קיימת מערכת חינוך מרכזית הומוגנית, ובאחרות קיימת חלוקה למערכות-משנה, לפי מחוזות או מדינות. דוגמה למערכת לאומית הטרוגנית היא ספרד: קיימות בה שלוש תת-מערכות, ולכל אחת מהן גישות חינוכיות שונות, וכן גישות שונות בתחום קביעת החלטות ומדיניות, בחירת חומרי למידה ושיטות הוראה. קביעת המדיניות וקבלת ההחלטות בהיבטים עקרוניים משתנות בהתאם למבנה המערכת, והן פחות מורכבות מאשר מערכת מרכזית הומוגנית.

נמצאו הבדלים בולטים לגבי קבלת החלטות בין מערכות החינוך של משתתפי TIMSS בעניינים כמו: מיהם המחליטים – גופים בעלי סמכות או אנשים מסוימים בעלי סמכות או צירוף של אלה? מהי מידת המעורבות של המורים בקבלת ההחלטות ובאילו תחומים הם מחליטים? בתחום הוראת המדעים קיים דמיון בכך שכולם מלמדים מדע, אולם מספר הנושאים המדעיים הנלמדים ותוכניהם, במיוחד בכיתות בית הספר היסודי, משתנה ממדינה למדינה. במשך

12 שנות לימוד, התלמידים במדינות השונות נחשפים ל-38-78 נושאים, כאשר בקנדה, מקסיקו והפיליפינים התלמידים עוסקים במספר הנושאים הגדול ביותר, ובהונג-קונג ובתוניסיה – הקטן ביותר. בחטיבות הביניים המצב נעשה מורכב ורבגוני. יש שקורס במדעים הוא מקצוע אחד, ויש שהוא משלב מקצועות אחדים, ואז הצירופים יכולים להיות שונים ומגוונים.

רפורמות וחדושים במדעים ובהוראתם באים לידי ביטוי בתכניות הלימודים באופנים שונים. בישראל, כמו במדינות רבות אחרות, בבתי הספר היסודיים ובחטיבות הביניים גוברת בהוראת המדעים המגמה להגדיל את משקלם של ההיבטים היישומיים והחברתיים על חשבון המדע "הטהור". בכיתות י"א-י"ב, לעומת זאת, נלמדים המקצועות המדעיים ביולוגיה, פיזיקה וכימיה בנפרד, כל אחד לפי התכנית שלו לבחינת הבגרות, ובדרך כלל לומדים אותם המתמחים במקצוע. בביולוגיה, למשל, הוכנסה בשנת 2003 תכנית לימודים חדשה שהחליפה את התכנית שהופעלה מאז 1991, והשימוש בה גדל בהדרגה.

3. משקל יחסי של מקצועות ונושאים שונים

קיימת העדפה להוראת המדעים הפיזיקליים ומדעי החיים על פני מדעי כדור הארץ. הדבר נובע כנראה משתי סיבות: הסיבה הראשונה היא קיומו של מקצוע הגאוגרפיה, שבו תלמידים לומדים תכנים ותופעות הנכללים גם במקצוע מדעי כדור הארץ. הסיבה השנייה היא התרומה היחסית של כל אחד ממקצועות המדע לחיי היומיום והקושי ללמד את מדעי כדור הארץ בשילוב עם ניסויים במעבדה. במחקרנו נאספו נתונים גם על מקצועות/נושאים נוספים במסגרת STS – מדע, חברה, טכנולוגיה: תולדות המדעים, חינוך סביבתי, מהות המדע, המדע ומקצועות אחרים. בהכללה נמצא שבכל המדינות נע היקף הלמידה של מקצועות אלה בטווח 0%-10%. יוצאת מהכלל היא ארצות-הברית, שבה המשקל של STS נע בתחום 21%-30% ומשקל מדעי הסביבה – בתחום 11%-20%. בישראל, כמו ברוב המדינות, משקלו של כל אחד מהנושאים האלה הוא בתחום 0%-10%. הנטייה להקדיש זמן והזדמנויות למידה למקצועות המייצגים מדעים, מקורה כנראה בתדמית המדע בעיני התלמידים והמורים, בעוד שלנושאים הנוספים שנזכרו לעיל נודעת בעיניהם חשיבות פחותה.

לוח 2 מציג את התפלגות המדינות השונות לפי חלוקה לחטיבות לימוד. כל חטיבה היא מקבץ של דרגות כיתה, ותכניות הלימודים בנויות בהתאם לכך. כך, למשל, כשהגיעו למסקנה בישראל שדרושה רפורמה במערכת החינוך, הצעדים החשובים היו לשנות את מבנה המערכת. הוחלט

להיפרד מהמבנה – 8-1, 12-9 – ולשנותו לחטיבות – 6-1, 9-7, 12-10. רק כמחצית מבתי הספר אימצו את המבנה החדש, ולא נמצאו הבדלים בולטים בהישגי התלמידים במדע בשני המבנים.

לוח 2: התפלגות המדינות לפי חטיבות לימוד

(מתוך: Schmidt et al., 1997)

המבנה	חלוקה לחטיבות לימוד	המדינות*
A	1-6, 7-9, 10-12	אוסטריה, אירלנד, אירן, ארצות-הברית, יוון, יפן, ישראל, מקסיקו, נורבגיה, סין, סינגפור, פורטוגל, קוריאה, קנדה, קפריסין, הרפובליקה הדומיניקנית, שוויץ, תאילנד, תוניסיה
B	1-8, 9-12	הונגריה, ישראל, ניו-זילנד, סלובקיה, הרפובליקה הדומיניקנית, שוויץ
C	1-8, 9-11, 12-13	ארגנטינה, הולנד, ספרד
D	1-7, 8-10, 11-14	איסלנד
E	1-6, 7-12	אוסטרליה, הונג-קונג
F	1-4, 5-10, 11-13	גרמניה
G	1-4, 5-8, 9-12	אוסטריה, בולגריה, סלובניה, רומניה

* הכפילויות נובעות מכך שבמדינות מסוימות קיים יותר ממבנה אחד.

קיימת שונות רבה בסדר ובהרכב של הלימודים בין בתי הספר בתוך כל מדינה, ועוד יותר בין המדינות שהשתתפו ב-TIMSS. בקטע הבא נתאר את הנתונים ונפרט את הסוגיות של מערכות החינוך לפי מסלולים.

4. שיעור הלמידה של נושאים שונים בדרגות כיתה שונות

מבין שלושת המקצועות המדעיים, המדעים הפיזיקליים זוכים למשקל הרב ביותר ומדעי כדור הארץ למועט ביותר, בעוד שמדעי החיים תופסים מקום נכבד באמצע. מתוך 12 מדינות שהשוו, ב-9 מקדישים ללימודי כדור הארץ פחות מ-20% מהיקף הלמידה, ולעומת זאת בשום מדינה אין מקדישים למדעים הפיזיקליים פחות מ-20%, וב-5 מדינות משקלם גבוה מ-50%. היחס המאוזן ביותר בין המקצועות נמצא בקנדה, שבה לכל מקצוע יש משקל של 31%-40%. בארבע

מדינות – ישראל, דנמרק, גרמניה וסינגפור – לא לומדים, למעשה, שום נושא מתחום לימודי כדור הארץ במסגרת מדעי הטבע.

מיפוי נושאי הלימוד במדעים בדרגות כיתה שונות נעשה על ידי אנשים העוסקים בתכניות לימודים. המיפוי מאפשר לבדוק באיזו דרגת כיתה מתחילה הוראתו של הנושא (Initial) ובאילו דרגות כיתה היא מתמקדת בו, מרחיבה ומעמיקה את תכניו, תוך הקצאת זמן הוראה בהתאם. בלוח 3 מוצג שיעור ההוראה של נושאי לימוד במדעים בדרגות הכיתה השונות. כדי לא להעמיס על הקוראים, נדגמו באקראי הנושאים לפי הפירוט הבא: 5 מתוך 20 נושאים מתחום מדעי כדור הארץ, 10 נושאים מתחום מדעי החיים ועוד 10 נושאים מתחום המדעים הפיזיקליים. ההשוואה נעשתה לפי המפתח הבא: לפחות 70% מהנושא נלמד בדרגת הכיתה (התמקדות; ++), 10%-70% (למידה בינונית; +), פחות מ-10% (למידה מעטה; -), הנושא לא נלמד כלל (). הגבולות 10% ו-70% הם לכאורה שרירותיים, אולם הם נקבעו בקפידה לאחר ניתוח תוצאות זהיר, על מנת שהנתונים שנאספו ייצגו באופן הטוב ביותר את מידת ה"כיסוי" שנושאי הלימוד מקבלים בתכניות הלימודים. הנתונים מייצגים את הכוונות המוצהרות בתכניות הלימודים (קוריקולום מיועד) ולא את הנלמד בפועל.

לוח 3 מאפשר לבחון את מידת ההתמקדות המיועדת בכל נושא בכל דרגת כיתה. בדרגות הכיתה הנמוכות (א'-ג'), ההוראה מתמקדת במספר קטן של נושאים. נושאים אחדים מתחום מדעי כדור הארץ נלמדים במערכות חינוך רבות כבר בכיתות ג'-ה', ואחר-כך בהרחבה בעיקר בכיתות ז'-ח', ובאופן רצוף עד י"ב. בתחום מדעי החיים – בכיתות הנמוכות (א'-ב') נלמדים ברמה בסיסית הנושאים שיניון, ארגון ומבנה של בעלי חיים וטיפוסים של בעלי חיים, ובג'-ד' גם תאים, מיקרואורגניזמים, מחזוריות בטבע ואקולוגיה. רוב נושאי מדעי החיים נלמדים ברוב המדינות בין כיתה ה' ל"ב, בהתאם לדרגות הקושי או המורכבות. המדעים הפיזיקליים אינם נלמדים כלל בכיתות א'-ב', אך בכיתות ג'-ד' נלמד הנושא חום וטמפרטורה, ובכיתות ה'-ו' גם מגנטיות וקוונטים. שאר הנושאים נלמדים רק מכיתה ז' ואילך, חלקם בהרחבה. אם בהוראת המתמטיקה, למשל, נמצא שבכ-70% מהמדינות, הוראת שברים עשרוניים מתבצעת בכיתה ה', לגבי שום נושא מכל נושאי המדעים לא נמצאה אחידות כזו בתכניות המיועדות. לעומת מתמטיקה, השונות המתקבלת ממיפוי הנושאים במדעים על פי תכניות הלימודים במדעים היא גבוהה מאוד.

לוח 3: התפלגות נושאי הלימוד לפי דרגת כיתה

(מתוך: Schmidt et al., 1997)

התחום	הנושא	דרגת כיתה					
		א'-ב'	ג'-ד'	ה'-ו'	ז'-ח'	ט'-י'	י"א-י"ב
מדעי כדור הארץ	הרכב ומבנה של כדור הארץ	+	+	+	++	++	++
	אקלים ומזג אוויר			++	++	+	+
	תהליכים פיזיקליים	+	+	+	++	+	+
	מקום כדור הארץ בתבל	-	-	-	++	+	+
	סלעים וקרקע	-	+	+	+	+	+
מדעי החיים	שינון, ארגון ומבנה של בעלי חיים	+	+	+	+	+	+
	טיפוסים של בעלי חיים	+	+	++	++	++	+
	תאים	-	+	+	++	+	+
	טיפוסי מיקרואורגניזמים	-	+	++	++	+	+
	גלגולי אנרגיה	-	-	-	++	++	+
	מחזוריות בטבע	-	+	+	++	++	+
	רבייה	-	-	+	++		
	אבולוציה	-	-	-	-	+	++
	ביוכימיה של תורשה	-	-	-	-	+	++
	מערכות אקולוגיות והביוס	-	+	+			
מדעים פיזיקליים	מבנה החומר	-	-	-	+	++	+
	אנרגיה בעבר	-	-	-	+	++	++
	חום וטמפרטורה	-	+	+	++	++	+
	מגנטיות	-	-	+	+	+	+
	תורת הקוונטים	-	-	+			
	מסוגל לתאר שינוי כימי	-	-	+	+	+	+
	מסוגל להסביר שינוי כימי	-	-	-	-	+	+
	שינוי כמותי ושינוי איכותני	-	-	-	-	+	+
	אנרגיה ושינויים כימיים	-	-	-	-	+	+
	כימיה גרעינית	-	-	-	-	++	++

++ = לפחות 70% מהנושא נלמד בכיתה זו; + = 10%-70%; - = לכל היותר 10%.

השוואה בין מדינות שונות מעידה שישראל מקדישה זמן רב יחסית להוראה מורחבת ומעמיקה של נושאים רבים. מיפוי הנושאים מראה שסלעים וקרקע הוא נושא הנלמד בהרחבה פעמים אחדות בין כיתה א' לכיתה ז'. מתעמקים בנושא זה בכיתות א', ג', ה' וז'. הנושאים אקלים ומזג אוויר נלמדים גם במסגרת שיעורי גאוגרפיה ואקולוגיה בין כיתות א' ליי"ב, ומתמקדים בהם בעיקר בכיתות א', ז' וי"א. הנושאים אברים ורקמות נלמדים בהרחבה בכיתה ח'; בישראל לומדים על העין, האוזן, רקמת הדם, השרירים. ברוב המדינות מלמדים תורשה ואבולוציה בכיתה י"ב,

מבנה החומר בכיתה י' ותכונות כימיות של חומרים בכיתה ט'. בישראל נלמדים נושאים אלה בכיתות ט', ז', ו-ח', בהתאמה.

5. מספר הנושאים הנלמדים בכל דרגת כיתה ב-12 שנות לימוד

התרשימים המפורטים של כל מדינה (אינם מוצגים כאן) מאפשרים להשוות מערכות חינוך שונות בהתאמה למגמות החינוכיות שלהן. בישראל, בהשוואה למדינות אחרות, נלמד מספר רב של נושאים בכל שנה, חלקם באופן מצומצם וחלקם בהדגשה. עד סוף כיתה ו' נחשפים התלמידים לכ-40 נושאים.

בכיתה א' בישראל נחשפים התלמידים לכ-15 נושאים, בכיתה ב' ממשיכים ללמוד אותם נושאים או חלקם, ובכיתה ג' לומדים כ-10 נושאים נוספים. בכיתה ד' כללה התכנית רק 2-3 נושאים נוספים. בכיתה ו' הופסקה למידתם של 2-3 נושאים, ובכיתה ח' נוספו כ-5 נושאים והופסקה למידתם של כ-10. אם נחבר את כל הנושאים שהתווספו ואת אלה שהופסקו – נקבל את המספר המצטבר של נושאי הלימוד ב-12 שנות לימוד.

באשר לשיעור הצגתם של נושאים חדשים ו/או הפסקת למידתם של אחרים, נמצא כי סין העממית היא דוגמה קיצונית לכך שבכיתה א' התכנית בנויה על 2-3 נושאים, ועד כיתה ז' לא נוספו נושאים חדשים. מסתבר שבחטיבה היסודית מתמידים בהוראה של מספר מצומצם של נושאים. בין כיתות ז' עד י' נוספו נושאים חדשים והופסקה למידתם של נושאים אחדים, ובכיתות י"א וי"ב שוב נוספו מעט מאוד נושאים בהדרגה ובמינון שונה, כך שהתוספת ההדרגתית בונה צורה של "מניפה". גם באוסטרליה התבצעה הוספה הדרגתית מאוד של נושאים.

6. ההתאמה בין תכניות הלימודים לספרי הלימוד

ניתן לזהות 3 קבוצות של נושאים לפי מקומן בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד: קבוצה א' כוללת נושאים הנמצאים בתכנית הלימודים בלבד ואינם נמצאים בספרי הלימוד; קבוצה ב' כוללת נושאים הנמצאים בתכנית הלימודים וגם בספרי הלימוד; וקבוצה ג' כוללת נושאים המצויים בספרי הלימוד בלבד ואינם נכללים בתכנית הלימודים. מן הראוי להזכיר שמידע זה נאסף מניתוח ספרי לימוד הנמצאים בשימוש של לפחות 40% מאוכלוסיות התלמידים של מדינות TIMSS. בכל דרגת כיתה ניתן לכסות מספר רב של נושאים בצורה כללית או מספר קטן של נושאים בהרחבה ובהעמקה.

יש להניח כי כאשר הנושא מיוצג בתכנית הלימודים וגם בספרי הלימוד, הוא יקבל הדגשה בשנת הלימודים המיועדת להוראתו. התמקדות והדגשה על פי ספרי הלימוד באה לידי ביטוי במספר יחידות התוכן המוקדשות לנושאים, ולספרי הלימוד יש מקום מרכזי בהוראה ובפעילות הלימודית. הנושאים: טיפוסים בעלי חיים, אברים ורקמות, מבנה החומר וחשמל נכללים בישראל הן בתכניות הלימודים והן במדריך למורה ובספרים של כיתות ח', בעוד שאבולוציה, שינון, מחלות באדם, אטומים, מולקולות ויונים, צורות אנרגיה, משאבים והתמרות – נכללים בתכנית הלימודים המיועדת, אך לא בספרי הלימוד שנסקרו, ולכן נושאים אלה בדרך כלל לא נלמדים בפועל. שינויים במבנה הכימי של החומר, שינויים אורגניים וביוכימיים, יישומי מדע במתמטיקה ובטכנולוגיה אינם נכללים כלל בתכניות של בתי הספר גם לפני כיתה ח' וגם אחריה.

הנושאים הנכללים בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד המיועדים לכיתות ד' וח' אצל כ-70% מהמדינות המשתתפות ב-TIMSS, שייכים בעיקר לתחומי המדעים הפיזיקליים, המדע היישומי והטכנולוגיה. בספרי הלימוד מודגשים 6 נושאים בפיזיקה – 5 מהם עוסקים באנרגיה ובתהליכים פיזיקליים, והשישי בכוחות ותנועה. מתוך כ-70% מיחידות התוכן בספרים שהוקדשו לנושאים אלה, כ-20% עוסקים בחשמל וכ-10% בכל אחד מהנושאים האחרים. צורות אנרגיה, מקורות אנרגיה וגלגולי אנרגיה הם נושאים הנכללים ברוב תכניות הלימודים המיועדות לכיתות אלה ברוב מערכות החינוך.

לוח 4 מפרט, כדוגמה, את הנושאים הנכללים בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד המיועדים למתמחים בפיזיקה בכיתות י"ב של לפחות 70% מהמדינות שהשתתפו במחקר.

יש מקרים שבהם הרפורמה בתכניות הלימודים של מדינה כלשהי שהשתתפה ב-TIMSS טרם יושמה בספרי הלימוד שלה, ולעתים נושאים מסוימים מוצגים ומורחבים בספרי הלימוד יותר מאשר בתכניות הלימודים.

כל הנתונים שנסקרו במאמר זה התבססו על ספרי לימוד שהיו בשימוש בשנת תשנ"ג (1992/3) אצל לפחות 40% מאוכלוסיות התלמידים הנבדקות. מנתחי הספרים מצאו שהספרים הם כלים המנסים ליצור בקרב התלמידים עמדות חיוביות כלפי מדעי הטבע, אם כי אין בהם הכוונה בולטת של התלמידים לבחור בתחום ידע זה כתחום התמחות או כמקצוע עתידי.

לוח 4: הנושאים הנכללים בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד
המיועדים למתמחים בפיזיקה בכיתות י"ב של לפחות 70% ממדינות TIMSS
 (מתוך: Schmidt et al., 1997)

נכלל במדריך למורה:	אטומים, מולקולות, יונים מקרו-מולקולות, גבישים חום וטמפרטורה כימיה גרעינית יישומי מדע במתמטיקה ובטכנולוגיה
נכלל בספרי הלימוד:	חלקיקים תת-אטומיים צורות אנרגיה, מקורות אנרגיה וגלגולי אנרגיה* תופעות גלים* קול ותנודות קול אור* חשמל* מגנטיות*
לא נכלל בספרי הלימוד:	תאוריית הקוונטים, חלקיקים בסיסיים טיפוסי כוחות זמן, חלל, תנועה* דינמיקה של תנועה תאוריית חלקיקים קינטיים תורת היחסות

* נושא זה מודגש בספרי הלימוד.

7. הדגשים בהוראת המדעים לפי תכניות הלימודים וספרי הלימוד

מניתוח תכניות הלימודים וספרי הלימוד המיועדים לאוכלוסיות המחקר בחתך אופקי, נמצא שקיימת בדרך כלל אחדות דעים במדינות TIMSS באשר לנושאי הלימוד ולדרגות הכיתה שבהן נושאים אלה נלמדים. ניתן לבדוק כמה נושאים מְכֻסָּה תכנית לימודים של כל מערכת חינוך בשנת לימודים, האם כל אחד מהם מודגש ומורחב באותה מידה, האם נושא נלמד בהרחבה ובהעמקה במשך שנת לימודים אחת או שהוראתו מתפרשת על פני שנות לימוד אחדות, ומהי מידת ההעמקה בנושא בספר הלימוד. ניתן לבחון כל אחד מההיבטים האלה לפי מספר קריטריונים:

- מהם הנושאים המופיעים בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד;

- אילו נושאים מיועדים לשנת לימודים אחת;
- מהי מידת ההדגשה הניתנת לכל נושא בתכנית הלימודים;
- מהו משך-הזמן הכולל המוקדש לכל נושא;
- מהו השיעור (באחוזים) של יחידות התוכן שהוקדשו לכל נושא בספרי הלימוד ובתכניות הלימודים.

מחקר TIMSS אסף נתונים על שוני בתכניות הלימודים מבחינת המבנה, הארגון, סדר הזדמנויות הלמידה במדעים בדרגת כיתה מסוימת. בדרך כלל, במשך שנת לימודים אחת התלמידים לומדים יותר מקורס אחד במדעים, ולעתים קיימים מסלולים אחדים בתכנית הלימודים. בצרפת, למשל, תלמידים יכולים לבחור מדע כמקצוע ראשי לתעודת בגרות, או כמקצוע משני במסלול של מדע וטכנולוגיה. במדינות אחרות, למשל ביפן, לא קיימת בחירה כזאת. בישראל לומדים כל התלמידים, מכיתה א' עד סוף י', תכנית אחידה, ואין מסלולים מדעיים נפרדים. מדעי כדור הארץ נלמדים בין כיתות י"א לי"ב במסגרת תכנית הלימודים בגאוגרפיה או בגאולוגיה. החל מכיתה י"א, המדעים השונים נלמדים כתחומי ידע נפרדים וברמות שונות לבחינות הבגרות: למשל, בביולוגיה קיימות שתי רמות – 3 או 5 יחידות לימוד.

המטרה והיעוד של הוראת המדעים בבתי הספר אינה רק פיתוח ידע בנושאים שונים, אלא גם פיתוח וטיפוח מיומנויות חשיבה מדעית וחקר תוך כדי למידת התכנים המדעיים, כולל עבודה מעשית במעבדה. אי-לכך, בניית תכניות הלימודים וספרי הלימוד ניתן מקום נכבד לאיתור והגדרה של ציפיות מהתלמיד ומחומרי הלמידה. במסגרת המחקר נעשה ניסיון להעריך מהן הציפיות מהתלמיד בתחום החשיבה, החקר והעבודה המעשית בשלבים מסוימים של תהליך הלמידה, ועד כמה חומרי הלמידה מתייחסים לציפיות אלה. נקבעו חמש קטגוריות או סוגי מיומנויות, וניתן להם מפתח קידודי ייחודי:

1. הבנת מידע פשוט ומורכב, ובמיוחד רעיונות מרכזיים.
2. פתרון בעיות, כולל הסקת מסקנות ויישום עקרונות מדעיים בפתרון בעיות.
3. שימוש בתהליכים ובמיומנויות-חקר מדעיים.
4. חקירת טבע.
5. תקשורת.

כל יחידת ניתוח בתכנית הלימודים או בספר הלימוד קודדה לתוכן, למיומנויות מצופות ולעמדות כלפי המדע. בחתכי הרוחב של הניתוח נבדקו חומרי לימוד של כיתות ד', ח' וי' במדעים השונים. לגבי כיתות י"ב, נאספו נתוני ניתוח של המתמחים בפיזיקה בלבד³ (ראו לוח 4). אפשר לבחון עד כמה ספרי הלימוד כוללים ציפיות מהתלמיד לשליטה במיומנויות כמו הבנה, כושר ניתוח, פתרון בעיות, עבודה מעשית התנסותית, חקר, תקשורת. ב-70% עד 100% מיחידות התוכן בספרי הלימוד של המדינות הנחקרות, זוהו ציפיות לפיתוח מיומנויות חשיבה ברמה של הבנה, וב-10% – לפיתוח מיומנויות חשיבה גבוהות ומורכבות יותר. בישראל, בספרי הלימוד המיועדים לכיתות ח' הנמצאים בשימוש אצל לפחות 40% מהאוכלוסייה, זוהו ב-70% עד 80% מיחידות התוכן ציפיות ברמה של הבנת החומר, ובכ-10% – ציפיות ליכולת ניתוח, לפתרון בעיות וליכולת חקר. בכ-20% מהתכנים זוהו ציפיות לפיתוח יכולת הפעלה של ציוד, וכן הבנה של תהליכים מדעיים והליכים שגורתיים במעבדה.

70% מתכניות הלימודים הרשמיות וכ-70% מכלל ספרי הלימוד של 70% מהמדינות שהשתתפו ב-TIMSS, מעידים על ציפיות לפיתוח שליטה במיומנויות חשיבה ועבודה במעבדה בקרב תלמידי כיתות ד' וח'. הנתונים מעידים שתכניות הלימודים אמורות לפתח בקרב תלמידי כיתות ד' מיומנות לחקר הטבע במעבדה ובשדה. כמו כן יש כוונה לפתח מיומנות של הפעלת מכשירים, שימוש במחשבים, ביצוע עבודה ניסויית ועיבוד נתונים וארגונם. בקרב תלמידי כיתות ח', תכניות הלימודים מיועדות לפתח הבנה תאורטית, יכולת ניתוח נתונים ופתרון בעיות, חשיבה בדרך החקר לתכנון, להסקת מסקנות ולדיווח. בספרי הלימוד כלולות הדגמות של כל אותם עניינים המוצגים בתכנית הלימודים בצורת שאלות, ניסויים, חזרות והסקת מסקנות.

הנתונים שנאספו ברוב המדינות על אודות כיתות ד' מוליכים למסקנה כי אין הלימה מלאה בין תכניות הלימודים לספרי הלימוד: הכוונות לפיתוח ידע והבנה של חקר הטבע בעולמו (Natural World) אינן כלולות בספרי הלימוד; כלומר, הספרים אינם תומכים בכוונות ובהשקפות הרשמיות המוצהרות בתכניות הלימודים. הספרים מחזקים הקניה של ידע פשוט ומורכב והבנתו, וכן פיתוח של ידע טכני והפעלה של מכשור. גם במתמטיקה המצב דומה. כלומר, לא קיימת חפיפה מלאה בין הסילבוס וספר הלימוד. לעומת זאת, בספרי כיתות ח' קיימת חפיפה רבה יותר בין הציפיות של תכנית הלימודים לבין ספרי הלימוד. היישום של תכנית הלימודים באמצעות ספרי

³ בגלל היעדר תקציב, בדקו ב-TIMSS בכל העולם רק את תלמידי י"ב בפיזיקה.

הלימוד של כיתות ח' מתבסס על הכוונות הרשמיות של מערכת החינוך. בספרי הלימוד קיימת הדגשת הבנתו של ידע פשוט ומורכב, כלומר של התכנים, והדבר מעיד על אופיים השמרני של הספרים. ניתוח ספרי המתמטיקה מגלה גם הוא גישה שמרנית בהשוואה לתכנית הלימודים.

נערכה השוואה של הציפיות לפיתוח מיומנויות חשיבה וביצוע לפי תכנית הלימודים במדעים של כיתות ד' וח' ב-43 מדינות. נמצא כי בישראל קיימות בתכניות הלימודים של כיתות ד' ציפיות לגבי קשת רחבה של מיומנויות בתחומי הבנה, פתרון בעיות, שימוש בתהליכים ובמיומנויות-חקר מדעיים, וכן חקירת הטבע ותקשורת. לעומת זאת, בתכניות של כיתות ח' לא זוהו ציפיות ביחס לקבלת החלטות מתחום פתרון הבעיות, לזיהוי וניסוח שאלות מחקר ולתכנון חקירות במדעי הטבע. הנתונים חושבו על פי השיעור באחוזים של היחידות המוקדשות לציפיות מכלל יחידות הניתוח בספרים (לכל יחידה ניתן קוד לתוכן, קוד לציפיות וקוד לעמדות). בישראל, כ-61%-70% מיחידות הספר כוללות ציפיות לגבי הבנת מידע פשוט הכולל – שם המוצג, יכולת לזהות ולהגדיר מוצג ויכולת הסבר; 11%-20% מיחידות הספר מצביעות על ציפיות להבנת מידע מורכב הנבנה על ידי שילוב של פיסות מידע פשוט; פחות מ-10% מיחידות הספר התייחסו למיומנויות האחרות.

בכיתות י"ב, בספרי לימוד המיועדים למתמחים בפיזיקה, ככלל, 100% מיחידות הניתוח מעבירות חומר לימוד ברמה של מידע פשוט. עם זאת, כ-60% מאותן היחידות משלבות מידע פשוט ומידע מורכב, ובכ-10%-20% זוהו ציפיות לפיתוח מיומנויות של פתרון בעיות ועבודה מעשית במעבדה. בתכניות הלימודים נכללות ציפיות לכל המיומנויות, מלבד אלה של תקשורת (דיונים בתוצאות ובהעברת נתונים). תכניות הלימודים מדגישות למידה של מדעי הטבע בדרך החקר, כולל תכנון מחקר, איסוף נתונים ופירושם. מיומנויות חקר אלה אינן נכללות בספרי הלימוד המדגישים הבנה של מידע עובדתי ופתרון תרגילים. גם כשמדובר בכיתות י"ב, ספרי הלימוד שמרניים יותר מתכניות הלימודים מבחינת הפיתוח והטיפול של מיומנויות חשיבה ועבודה במעבדה.

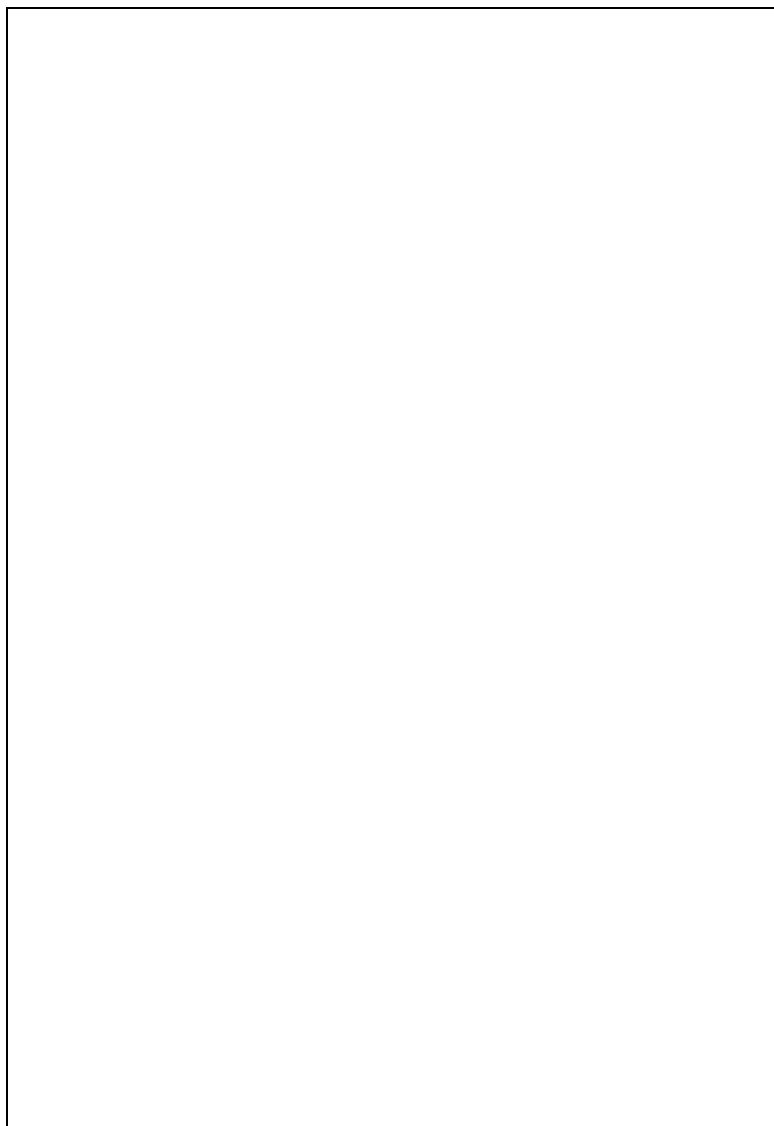
בניתוח האופקי של ספרי כיתות ד' נמצא שהנושאים הנלמדים ביותר הם טיפוסים של בעלי חיים, פטריות וצמחים, אולם בישראל הם אינם נלמדים בדרגת כיתה זאת. בניתוח האופקי של ספרי כיתות ח' נמצא ש"אברים ורקמות" הוא הנושא הנלמד ביותר – 36 מדינות דיווחו שהן מלמדות אותו והוא מופיע בשיעורים שונים בספרי הלימוד שלהן. לפיכך ראינו לנכון להביא כאן את **תרשים 4** כדוגמה להשוואה בין התוצאות של המדינות השונות לגבי המשקל היחסי של הנושא "אברים ורקמות". התרשים מציג את המשקל היחסי של נושא זה בספרי הלימוד. בכיתה ח', הנתונים מצביעים על טווח רחב מאוד – החל מ-2% ברומניה ובסלובניה וגמור ב-32% ברפובליקה

הדומיננטית. ישראל נמצאת בערך באמצע, עם משקל של 8%. אף כי שכיחות של 32% היא חריג בולט מאוד, יש לשים לב שתרשים 4 עוסק בנושא אחד.

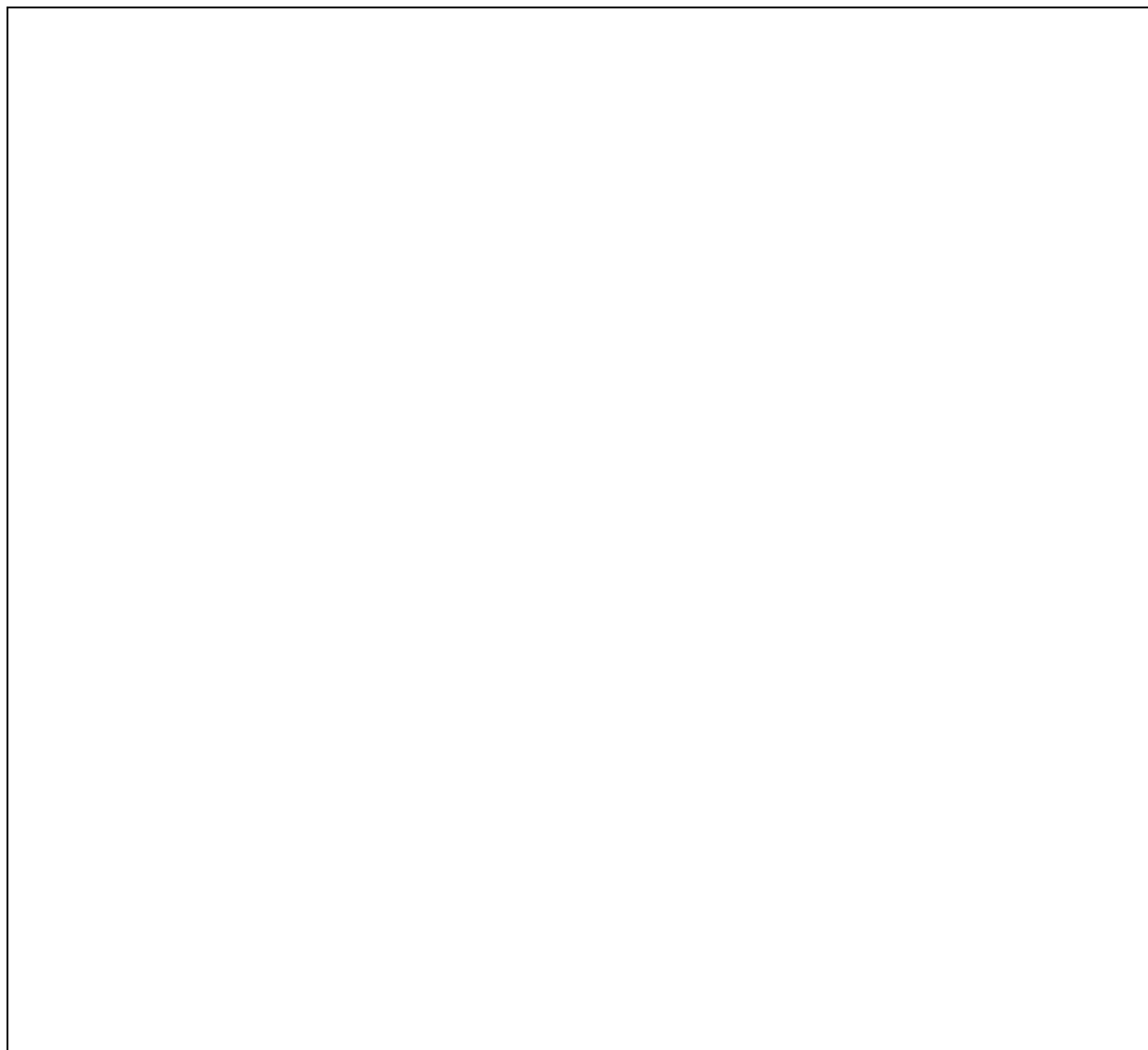
יש נושאים המקבלים העדפה בתכניות הלימודים המיועדות והמופעלות של מרבית המשתתפים ב-TIMSS והם: בתחום מדעי כדור הארץ – סלעים וקרקע, מזג אוויר ואקלים; במדעי החיים – מיני צמחים ובעלי חיים, תחושות ותגובות, רבייה, יחסי גומלין בין יצורים חיים; במדעים הפיזיקליים – אנרגיה ותהליכים פיזיקליים על תת-פרקיהם. נושאים נוספים הם יישומים מדעיים במתמטיקה, בטכנולוגיה ובשימור איכות הסביבה וניצול של משאבי טבע. כדוגמה לתמונה המתקבלת מהשוואת המדינות השונות, נביא שני תרשימים המתייחסים ללימודי מדעי החיים בכיתה ח' (תרשים 4) וללימודי פיזיקה בכיתות י"ב (תרשים 5).

באופן דומה נערכה השוואה לגבי 6 הנושאים הנלמדים ביותר בכיתות י"ב של מתמחים בפיזיקה – 5 מהם מתחום האנרגיה והתהליכים הפיזיקליים ואחד מתחום הכוחות והתנועה. החלוקה הפנימית לתת-נושאים והמקום שהם מקבלים בספרים, מצביעים גם הם על שונות רבה. ישראל, ניו-זילנד ודרום-אפריקה חריגות בכך שהן מתמקדות ב-6 הנושאים האלה ומקדישות להם, יחד, כמעט 100% מתוכן הספרים. לעומתן, בולגריה, דנמרק ורומניה מקדישות להם 20%-30% בלבד מתוכן הספרים, והן הדוגמה הקיצונית ההפוכה. אם כמות התוכן בספרי הלימוד המוקדשת לכל נושא מצביעה על מידת ההתמקדות בו, כלומר על חלקו בתכנית הכוללת, מסתבר שגם בכיתות י"ב של מתמחים בפיזיקה אין אחידות בין המדינות השונות באשר למקומו של כל נושא נלמד בתכנית הכוללת.

תרשים 4: המקום המוקדש לנושא "אברים ורקמות" בספרי הלימוד של כיתות ח'
(מתוך: Schmidt et al., 1997)



תרשים 5: המקום המוקדש לנושאים בפיזיקה בספרי מתמחים בכיתה י"ב
(מתוך: Schmidt et al., 1997)



מצב דומה משתקף גם בספרי כיתות ח'. קיימים הבדלים גדולים בין ספרי הלימוד למדעים בכיתות ח' במדינות השונות. מכיוון שספר הלימוד הוא אחד האמצעים העיקריים לקליטת מידע, ניתן לצפות להבדלים גדולים בין מה שנלמד בבתי ספר שונים גם כאשר הם מלמדים לפי תכנית לימודים זהה. ישראל אינה שונה באופן משמעותי ממרבית משתתפות TIMSS, ש-71%-80% מכלל יחידות התוכן בספרי הלימוד שלהן אמורים לעודד ולטפח חשיבה ברמה של מידע פשוט, ו-11%-20% ברמה של מידע מורכב – ממצא המדגיש גישה מיושנת בספרי הלימוד יותר מאשר בתכניות הלימודים. חקר עולם הטבע, למשל, לא בא לידי ביטוי בספרים באותה מידה שהוא מתבטא בציפיות המוגדרות בתכניות הלימודים. בספרי הלימוד של כיתות ח', הגישה המיושנת בולטת יותר מאשר בספרי הלימוד של כיתות ד', מאחר שחלק נכבד יותר מהספרים מצפה להבנה ברמת מידע פשוט. אם בספרי כיתות ד' החדשים נעשה מאמץ לפתח יכולת של פתרון בעיות, הסקת מסקנות המובילות לניסוח עיקרון מדעי על סמך נתונים, וכן יישום עקרונות מדעיים לפתרון בעיות כמותיות – בספרי כיתות ח' בכל המדינות, כולל ישראל, הציפיות לפיתוח מיומנויות אלה אצל התלמידים הן נמוכות. אם הן קיימות כל עיקר, הן מופיעות בתכניות הלימודים ולא בספרי הלימוד. עם זאת, יש להביא בחשבון שכאשר חומר לימוד נעשה יותר מורכב וקשה, יוקדשו לתוכן ולהבנה יותר משאבים – כך שבמקרים האלה הדבר אינו נובע מ"גישה מיושנת".

עד כה התייחסו הממצאים למיומנויות המצופות על פי ספרי הלימוד ותכניות הלימודים ללא התייחסות לנושא נלמד כלשהו. לצורך בדיקת המיומנויות המצופות מהנושאים המקובלים ביותר באוכלוסיות המחקר, חולקו המיומנויות ל-6 קטגוריות: הבנת מידע פשוט, הבנת מידע מורכב, פתרון בעיות, שימוש בתהליכים ובמיומנויות-חקר מדעיים, חקירת הטבע, תקשורת. ספרי לימוד בנושאים מקובלים שנבדקו בנוגע למבנה ולתכנים, נבדקו גם בנוגע למיומנויות הצפויות בהם. בכיתות ד', הנושאים המקובלים הם צמחים ופטריות וטיפוסים של בעלי חיים. מאחר שנושאים אלה אינם נלמדים בדרגת כיתה זו בישראל, אין לנו ממצאים. בכיתות ח', נושא מקובל בתחום מדעי החיים הוא אברים ורקמות, ובספרי הלימוד של מרבית המדינות מושם דגש חזק (מעל 60% מהיחידות) על הבנה ברמה של מידע פשוט. בספרי הלימוד הישראליים, כ-95% מהיחידות מדגישות הבנה ברמת מידע פשוט, והשאר – הבנה ברמת מידע מורכב ועבודה מעשית.

8. תפיסות ועמדות כלפי המדע

ההיבט השלישי שבו עוסק TIMSS הוא הערכה עד כמה ניתן לפתח בקרב תלמידים עמדות חיוביות כלפי המדע באמצעות חומרי הלמידה. בעזרת מפתח קידוד מיוחד, זהו בספרים יחידות שמהן היה ניתן לאמוד פיתוח עמדות ותפיסות כלפי המדע. במדינות רבות לא נכלל היבט זה של עמדות במדיניות של תכנית הלימודים, ולכן הניתוח שלו והתוצאות מוגבלים למדי. נמדד השיעור של יחידות ניתוח התוכן בתכניות הלימודים שבהן ניתן לזהות התייחסות לקטגוריות הבאות:

1. עמדות כלפי מדע, מתמטיקה וטכנולוגיה.

2. מקצוע עתידי בתחום של מדע/מתמטיקה/טכנולוגיה.

3. השתלבות בצוותים העוסקים במתמטיקה ובמדעים.

4. הגברת העניין במקצועות הנ"ל.

5. בטיחות בעבודה מדעית.

6. הרגלי חשיבה מתמטית ומדעית.

בתכניות הלימודים של מדינות TIMSS קיימת התייחסות לרוב הקטגוריות האלה. לגבי תכנית הלימודים, ישראל אינה שונה מהמדינות האחרות שהשתתפו ב-TIMSS, ואילו לגבי ספרי הלימוד הישראליים – גישות חיוביות למדע ומודעות לבטיחות בעבודה מדעית הופיעו בכ-5% מיחידות הניתוח, וניסיון להגברת העניין במדע, במתמטיקה ובטכנולוגיה הופיע ב-10%-15% מהיחידות. גם כאן, ככלל, ספרי הלימוד הציגו גישות יותר שמרניות מתכניות הלימודים.

דיון וסיכום

המחקר הבינלאומי השלישי בהוראת מדעי הטבע והמתמטיקה, TIMSS, הציג למדינות המשתתפות מפתחות אחידים לניתוח תכניות הלימודים שלהן וספרי לימוד הנמצאים בשימוש של לפחות 40% מאוכלוסיות התלמידים הנבדקות – כיתות ד', ח' וי"ב (מתמחים בפיזיקה, 5 יחידות לבגרות).

ניתוח חומרי הלמידה ומיפוי הנושאים הנלמדים נעשה בשנת הלימודים 1993/4. ב-5 תכניות לימודים הוערכו ההיבטים הבאים: מדיניות, מטרות, תכנים, ציפיות לפיתוח מיומנויות ביצוע

וחשיבה, התפרסות ומיקוד ההוראה של נושאים במדעי הטבע במשך 12 שנות לימוד. כמו כן נסקרו מספר הנושאים הנלמדים ומידת ההעמקה בהם בכיתות של אוכלוסיות המחקר. באמצעות ניתוח תכניות הלימודים וספרי הלימוד ניתן למדוד את היקף התוכן המוקדש לכל נושא נלמד וכן להעריך את הגישה החינוכית של מעצבי הספרים.

על פי הנתונים שנאספו, ובזכות אחידותה של שיטת הניתוח, נערכה השוואה בין כל המדינות המשתתפות לפי אמות-מידה אחידות שהציבה הנהלת המחקר. נמצאה שונות רבה בין מערכות החינוך השונות. החלק התאורטי תואר בדו"ח תוכני מאוגוסט 1995, בעוד שהמאמר הנוכחי מציג ממצאים שהתקבלו מהעיבוד הראשוני של הנתונים שנאספו, והוא מאיר נקודות אחדות הקשורות להוראת המדעים בישראל. הנתונים הללו מתייחסים להיבטים אחדים:

1. **תכניות הלימודים וספרי הלימוד – אפיונים ומבנה.** המידע על כל תכנית לימודים כולל מספר מרכיבים: מדיניות וקביעת מדיניות, מטרות-על, גישות פדגוגיות, פירוט תוכני הוראה לדרגות כיתה שונות, ועד כמה תכניות הלימודים הן מפורטות וספציפיות. לתוכני ההוראה יש היקף ומשקל שונים במערכות החינוך השונות, במיוחד בתכניות הישראליות שבהן למרכיב התוכן יש היקף כמותי נכבד בכל אוכלוסיות בתי הספר. תכנים בנושאי קרקע וסלעים מוצגים לראשונה לתלמידים בישראל שנה עד שנתיים לפני הדגם הממוצע שהוצג בהשוואה של TIMSS, וכך גם הנושא "כדור הארץ במערכת השמש". סוגי מיקרואורגניזמים, וזמן, חלל ותנועה הם נושאים המוצגים לראשונה לתלמידים בישראל שנה עד שנתיים אחרי הדגם הממוצע המהווה בסיס להשוואה. עם זאת, הזמן המוקדש במוצע להוראת כל נושא הוא ארוך יותר ב-1-2 שנים מהממוצע המהווה בסיס להשוואה.

2. **ניתוח בחתך אורך ומיפוי נושאי הלימוד לאורך 12 שנות לימוד.** הוגדרו 8 תחומים הכוללים 76 נושאים ונערך מיפוי ומעקב לגבי רצף ומשך ההוראה של כל אחד מהם. השוואה בין משתתפי TIMSS מציגה באיזו דרגת כיתה במוצע מתמקדים בהוראתו של כל נושא וכמה שנות הוראה מייעדים לו. נבדק באיזו דרגת כיתה במוצע נלמד לראשונה כל נושא ונמצא כי בתכניות הלימודים הישראליות, ראשית ההוראה של תכנים הנוגעים לכ-15 נושאים מתבצעת מוקדם מרמת כיתה ממוצעת, ושל תכנים הנוגעים לכ-3-4 נושאים – מאוחר מהממוצע (הבינלאומי). נוסף לכך, חושב מספר שנות ההוראה הממוצע לכל נושא וכן כמה נושאים נלמדים בממוצע בכל דרגת כיתה במשך 12 שנות לימוד. נמצא כי בישראל, בין כיתה ג' לכיתה ו', נלמדים במקביל

תכנים ממספר רב של נושאים בדרגות הכיתה השונות (מעל 25), חלקם כנושאים ראשיים תוך התמקדות בדרגת כיתה מסוימת, וחלקם כנושאים מתמשכים. בין כיתות ז' ל"ב, נלמדים במקביל תכנים מכ-30 נושאים. נתונים אלה מייחדים את המערכת הישראלית בהשוואה לתכניות של מערכות חינוך אחרות.

3. נעשה **ניתוח בחדר אופקי** לגבי תכנים, העמקה והתמקדות בהוראת הנושאים בכיתות ד', ח' ו"ב (מתמחים בפיזיקה, 5 יחידות לבגרות), וחושב אחוז יחידות התוכן בספרי הלימוד של אוכלוסיות המחקר הנ"ל בנושאים הנלמדים. הנושאים הנלמדים בהדגשה בכיתות ד' בישראל הם מקורות אנרגיה, דלק וחשמל, מערכות בגוף האדם; ובכיתות ח', מהמדעים הפיזיקליים – חום וטמפרטורה, כימיה וחשמל, וממדעי החיים – מאזן המים ביצורים חיים ורבייה. מהנתונים המשווים שבהם עסק הניתוח, מסתבר שלנושא "אברים ורקמות" מוקדשות כ-8% מיחידות התוכן שבספרי הלימוד. שאר יחידות התוכן מוקדשות לנושאים אחרים אשר לא נסקרו בפירוט בשלב זה. בספרי כיתות י"ב של המתמחים בפיזיקה, כ-65% מיחידות התוכן מוקדשות למגנטיות, חשמל ואור, כ-30% לתופעת הגלים, כ-2% לזמן, חלל ותנועה, וכ-15% למקורות, סוגים ומעברי אנרגיה. יחידות תוכן לא מעטות קודדו ליותר מנושא אחד, לכן סך-כל היחידות גדול מ-100%.

4. **ציפיות לפיתוח וטיפול מיומנויות חשיבה ועבודה במעבדה.** מנתחי תכניות הלימודים וספרי הלימוד העריכו את רמת הציפיות לפיתוח חשיבה וכישורי עבודה במעבדה בתכניות הלימודים ובספרי הלימוד. נמדד מספר יחידות התוכן המייצגות הבנת מידע פשוט ומורכב, פתרון בעיות, הסקת מסקנות ויישום עקרונות מדעיים, שימוש בתהליכים ובמיומנויות-חקר מדעיים, חקירת תופעות טבע, תקשורת. הציפיות מכיתות ד' וח' בישראל הן פחות או יותר זהות, ומושם דגש על הבנתו של מידע פשוט ומורכב. בכיתות י"ב יש ציפיות גבוהות להישגים בתחום הידע וגם בתפקודים מורכבים יותר, כגון מיומנויות חשיבה וחקר והיכולת ליישם את הנלמד.

5. **עמדות כלפי המדע.** נעשה ניסיון להעריך באיזו מידה קיימת בתכניות הלימודים התייחסות לעמדות כלפי המדע, הגברת העניין במקצועות המדע, פיתוח וטיפול הרגלי חשיבה מדעיים, הכרת תפיסות מודרניות של מהות המדע, וכן הַכוּוּנָה לעסוק במקצועות המדעיים כקריירה. באמצעות יחידות שזוהו בספרים, ניתן היה לאמוד את פיתוח העמדות והתפיסות כלפי המדע. בתכניות הלימודים של בית הספר היסודי וחיבות הביניים באות לידי ביטוי עמדות חיוביות.

קידום מעמדם של המדע, המתמטיקה והטכנולוגיה בולט בעיקר בתכניות של חטיבות הביניים. ניתנת תשומת לב רבה להכוונה לבטיחות בעבודה מדעית מעשית ולפיתוח הרגלי חשיבה מדעיים. לעומת תכניות הלימודים, ספרי הלימוד לכיתות ד' וח' בישראל הם שמרניים למדי. יש להניח שהעמקה והרחבה של ספרי הלימוד תקדם גם את הישגי התלמידים.

ביבליוגרפיה

תמיר, פ', לוי, א', חן, ד' וזוזובסקי, ר' (1988). **הוראת מדעי הטבע בישראל באמצע שנות השמונים**, המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית בירושלים.

Beaton, A.E., Martin, M.O., Mulis, I.V.S., Gonzales, E.J., Smith, T.A. & Kelly, D.L.

(1996). **Science achievement in the middle school years: Third International Mathematics and Science Study**, Boston College, IEA, Chestnut Hills, MA.

Schmidt, W.H., Raizen, S.A., Britton, E.D., Bianchi, L.T. & Wolfe, R.G. (1997). **Many visions, many aims, Volume 2: A cross-national investigation of curriculum intervention in school science**, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.

Schmidt, W.H., McKnight, C., Honang, R.T., Wang, H.C., Wiley, D.E., Cagan, L.S. & Wolfe, R.G. (2001). **Why school matter: A cross-national comparison of curriculum and learning**, Jossey-Bass, San Francisco, CA.