

הפעלת תכנית לימודים בכימיה בגליל:

מודל להסבת מורים מהוראת מקצוע אחד להוראת מקצוע אחר

רחל ממלוק, אבי הופשטיין, רות בן-צבי, מרים כרמלי

הקדמה

בעשרים וחמש השנים האחרונות נעשו בארץ, במסגרת המרכז להוראת המדעים, פעילויות רבות בתחום פיתוח והפעלה של חומרי למידה במדעים בכלל ובכימיה בפרט. הניסיון הרב שהצטבר מהפעלה אינטנסיבית זו הראה, שלעתים קרובות מהווה המורה מחסום להפעלה תקינה של חומרי למידה. דבר זה נכון במיוחד, אם מורה חייב ללמד מקצוע, שאותו לא הוכשר ללמד (לדוגמה, כימאי שצריך ללמד פיסיקה), או אם עליו להפעיל במקצועו תכניות לימודים חדשות ללא הכנה מתאימה. מכאן ניתן להסיק, שהמערכת צריכה ליצור תנאים ומערכות להכשרת מורים ולהפעלה של תכניות לימוד חדשות, כגון הפעלת התכנית לתלמידים בכיתות י"ב, והפעלתה לוותה בהשתלמויות מורים: ימים מרוכזים בחופשות והשתלמות מתמשכת במשך שנת הלימודים.

סקר מקדים על הוראת המדעים והטכנולוגיה בגליל העליון, שערך הגוינט בשנת תשמ"ט, הצביע בין השאר על מחסור במורים לכימיה באזור זה. התוצאה – מקצוע הכימיה נלמד רק בצורה מוגבלת ושולית בבתי הספר העל-יסודיים במחוז הצפון. במספר מצומצם של בתי ספר הוא נלמד כמקצוע עזר לביולוגיה, ובמקומות אחרים הוא לא נלמד כלל.

בעקבות סקר זה הוחלט על פתיחת קורס הסבה להוראת הכימיה למורים לביולוגיה ולחקלאות בשנת הלימודים תש"ן, ב-מיג"ל (מכון ידע גליל עליון) שבקרית-שמונה. מטרת הקורס הייתה להכין מורים אלה להוראת הכימיה במערכת החינוך בצפון הארץ. המורים היו מנוסים ובעלי תואר אקדמי במקצוע שלימדו. לרובם הייתה הכשרה פדגוגית מתאימה להוראת נושאים אלה, אך חסרה להם היכולת להתמודד עם הוראת הכימיה, בעיקר ברמה גבוהה. ההנחה של מתכנני הקורס הייתה, שתכנית רב-שלבית, אשר תכלול תכנים בכימיה ואת דרכי ההוראה המיוחדות למקצוע זה, תכשיר מורים אלה כראוי להוראת הכימיה.

התכנית הופעלה בין השנים תש"ן-תשנ"ד והתבטאה בפעילויות אינטנסיביות. הפעילויות כללו: הוראת התכנים של מקצוע הכימיה הנלמד בבית הספר התיכון ברמה בסיסית וברמה מורחבת, פעילויות העשרה, גיוון דרכי ההוראה והדרכת המורים בעבודתם בבתי הספר.

המאמר מתמקד בתיאור התכנית שהכשירה מורים אלה ללמד כימיה, אך ניתן ליישמה במקצועות אחרים ובקרב מורים מדיסציפלינות אחרות.

עקרונות מנחים

המורים אשר השתתפו בקורס היו, כאמור, בעלי ניסיון הוראה של שנים מספר בבית הספר התיכון, במקצועות מדעיים שונים, ולכן לא היה על מרכזי הקורס להתמודד עם בעיות של מורים מתחילים. לבעיות שבהן נתקלים מורים מתחילים מתייחס לורטי (Lortie, 1975). לדעתו, הכשרת המורים המתחילים לפני כניסתם לעבודה אינה ממצה דיה. הם אינם מתחילים את עבודתם בהדרגתיות, והניסיון המועט שצברו בתקופת ההכשרה אינו מאפשר להם לתפקד כהלכה בבתי הספר. על המורים להתמודד לא פעם עם בעיות שאינן די מוכרות להם, כמו העדר מוטיבציה אצל התלמידים, קשיי הבנה, הטרוגניות של הכיתה (Hall, 1981) או משמעת לקויה. לא די בהתמצאות בתכנים להוראה טובה, ולכן צריכה הכשרת המורים לשלב התמצאות זו עם ניסיון בהוראה (Shulman, 1987). יש לצייד את המורים הן בתכנים בתחום המדעים והן בדרכי הוראה, משמע – ידע פדגוגי מספק בתחום שבו הם עוסקים (Constable & Long, 1981).

להלן מספר מרכיבים הכרחיים להכשרת המורה, שהוגדרו על-ידי שולמן וסידקס והמסוכמים במאמרו של תמיר (Tamir, 1987).

- ידע תוכני מספק בתחום ההוראה;
- ידע פדגוגי מספק בתחום ההוראה;
- התמצאות בתכנית הלימודים.

קורס ההסבה להוראת הכימיה תוכנן על סמך עקרונות אלה ועל סמך ההנחה, שהמורים המשתתפים בו מנוסים בהוראת מקצועות מדע והם בעלי ידע פדגוגי מספק. למורים אלה יש הכשרה מקצועית מקפת וניסיון בשיטות הוראה שונות, ולכן קורס אינטנסיבי בתכנים ובדרכי ההוראה של הכימיה לבית הספר התיכון יאפשר להם להורות כימיה.

עם זאת, דווקא בשל ניסיונם היה צורך במודעות לבעייתיות העלולה להיווצר בהסבת המורים להוראת הכימיה כמקצוע חדש. זאת, משום שהסבה משמעותה שינויים הן אצל המורה והן במערכת בית הספר. על כן מתכנני הקורס הביאו בחשבון את הגורמים הנוספים הבאים:

1. מורים חרדים משינוי, ולכן יש לתכנן את תהליך ההכשרה בשלבים מספר (Harrison & Globman, 1988) יש לעקוב בזהירות אחר ההתפתחות של כל שלב, לפני שמתקדמים לבוא אחריו (Hall & Loucks, 1981).
2. מורים הם לומדים מצויינים, המעוניינים בשיפור דרכי ההוראה שלהם (Joyce & Showers, 1988).
3. תמיכת בית הספר: לתמיכה של הנהלת בית הספר השפעה גדולה מאד על הכשרתם המקצועית והפדגוגית של המורים (Lortie, 1975).

טבלה 1: מיון המורים לפי מספר שנות השתתפותם בקורס

מספר המורים	מספר שנות השתתפות בקורס
8	רק בשנה הראשונה
15	2 או 3 שנים
10	4 או 5 שנים
9	רק בשנה האחרונה
42	סה"כ

מטרות ההכשרה

1. הקניית תכני המקצוע הנלמד והצגת תכנית הלימודים בכימיה בבית הספר התיכון על פי הסילבוס שקבעה ועדת המקצוע. התכנית כוללת את פירוט הנושאים והמושגים, שאותם צריך ללמד מורה לכימיה המכין תלמידים לבחינות בגרות ברמות של 3 ו-5 יחידות לימוד.
2. הכשרת מורים להוראת כימיה:
 - א. מודעות לקשיי למידה בכימיה ולדרכי הטיפול בהם;
 - ב. שילוב הרלוונטיות של הכימיה בחיי יום-יום;
 - ג. גיוון דרכי הלמידה תוך מודעות להטרוגניות של קבוצת התלמידים;
 - ד. פיתוח חומרי למידה, כמו חומר עזר לתלמידים בנושאים שונים, מערכי שיעור בנושאים אינטגרטיביים, או חומר העשרה למורים.
3. תמיכה במורים בשלבים הראשונים של הפעלת ההוראה בכיתות.
4. יצירת גרעין של מורים "מומחים", שיוכלו להנחות את עמיתיהם ולהעביר להם את הידע ואת שיטות ההוראה והמיומנויות שרכשו באשר לפתרון בעיות למידה של התלמידים.

אוכלוסיית המשתתפים

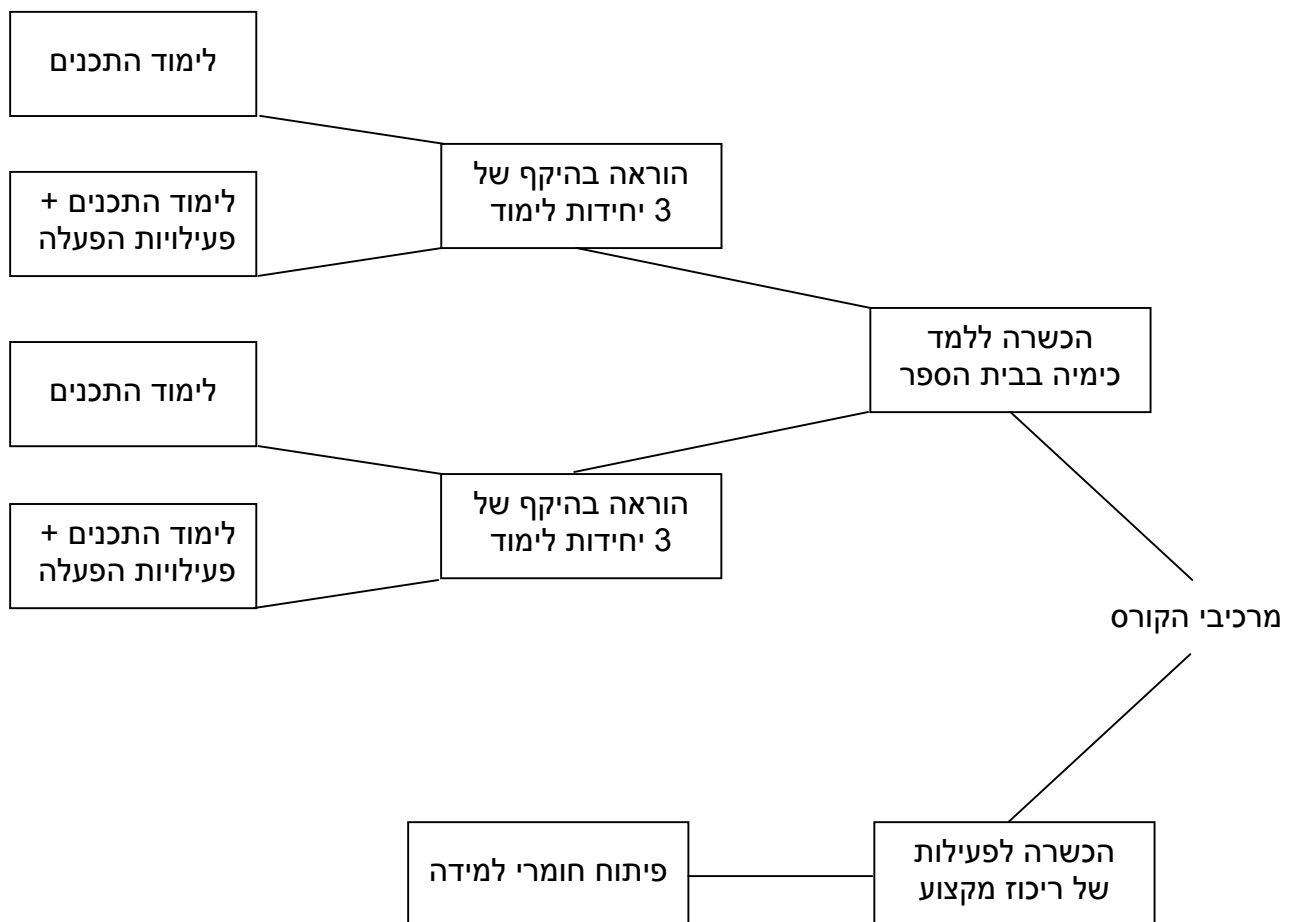
במשך חמש שנות קיומו השתתפו בקורס 42 מורים. בטבלה הבאה מוצגים נתונים על התפלגות המורים לפי מספר שנות השתתפותם בקורס.

כפי שניתן לראות בטבלה 1, כרבע מכלל המורים שהשתתפו בקורס התמידו להשתתף בו ארבע או חמש שנים. שמונה מורים לא המשיכו את השתתפותם לאחר השנה הראשונה, משום שמהשנה השנייה כלל הקורס מרכיבים רבים של הפעלה, ומורים אלה לא יכלו מסיבות שונות ללמד כימיה בבתי הספר שלהם. כמו כן עזבו מדי שנה מספר מורים מסיבות אישיות. בשנה האחרונה, לעומת זאת, הצטרפו לקורס מספר מורים מנוסים בכימיה – רובם עולים חדשים, אשר השתתפו בפעילויות שייחדו את השנה הזו, כפי שיתואר בהמשך.

מאפייני הקורס

באופן כללי ניתן למיין את מאפייני הקורס לשלושה:

- לימוד התכנים של המקצוע (בשלב הראשון בהיקף של 3 יחידות לימוד ולאחר מכן בהיקף של 5 יחידות לימוד);
- היבטים שונים הנוגעים להפעלה של התכנית בכיתות;
- היבטים שונים הנוגעים להכשרת המורים ולקידומם לעמדות של מרכזי מקצוע ומובילים בבית הספר שלהם ובאזור (ר' איור).



התיאור שיובא להלן מתייחס להיבטים שתוארו.

הקניית התכנים של מקצוע הכימיה (ברמות של 3 ו-5 יחידות לימוד)

בפרק זה ידונו, מלבד ההיבטים של הקניית הידע, גם הדרכים והמגוון הרב של פעילויות, שחלקן נועדו להרחבת האופקים של המורים המשתלמים וחלקן נועדו להפעלה בכיתות. ברור כי הקניית התכנים מיוחדת למקצוע הכימיה. לעומת זאת, לשאר ההיבטים ניתן למצוא יישומים כלליים גם בשטחים אחרים.

מרכיב עיקרי בהקניית הידע היה הדיון המפורט בהוראת התכנים של הכימיה בהתאם לתכנית הלימודים (בהיקף של 3 יחידות ולאחר מכן בהיקף המורחב) תוך שילוב היבטים רלוונטיים לחיי יום-יום. התכנים כללו גם היבטים היסטוריים ופילוסופיים, אשר תורגלו על-ידי שימוש במודלים, צפייה בסרטי וידאו ועבודה עם מאמרים בנושאים אלה.

המורים המשתתפים בקורס נפגשו עם המנחים והמרצים אחת לשבוע בבית מיג"ל, בחסות העמותה לקידום החינוך המדעי בגליל. סגל המורים בהשתלמות כלל מרצים ונחים מקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים של מכון ויצמן למדע. המרצים השתמשו בספרי הלימוד המקובלים להכשרת כימאים באקדמיה וכן בספרי הלימוד המקובלים בבית הספר התיכון.

בהוראה שולבו הרצאות פרונטליות עם עבודה בקבוצות וניסויים בהתאם לפרקי הלימוד. הניסויים היו בחלקם ניסויי הדגמה ובחלקם כאלה שערכו המשתתפים. ניסויי ההדגמה היו בחלקם חדשניים, כאלה המעוררים בתלמידים סקרנות ועניין, והיו מלווים בשאלות חקר, המחייבות תשומת לב מרבית מצד התלמידים (Ben-Zvi & Silberstein, 1980). כמו כן הודגמו לפני המשתתפים ניסויים העוסקים בתופעות מחיי יום-יום, וכאלה הניתנים לעריכה בבית התלמיד/ה תוך שימוש בחומרים ביתיים. המשתתפים בקורס התבקשו להגיש תרגילים בנושא הנלמד ועבודה מסכמת, שעליה הרצו בקורס. בשל החשיבות שיוחסה להקניית התכנים, נרכשו מדי פעם בחינות מסכמות על החומר הנלמד.

המחשת ההיבטים היישומיים בהוראת הכימיה והרלוונטיות לחיי היום-יום

נערכו מספר סיורים למפעלים כימיים, כמו מפעלי ים המלח, פמ"א – פיתוח משאבי אנרגיה, תרכובות ברז, דשנים וחומרים כימיים. זאת, כדי לפתח דרכי הוראה חלופיות חוץ-בית-ספריות וכן כדי להדגיש את חשיבות הסיור בתעשייה הכימית ולהבהיר למורים, שהסיור הלימודי הוא חלק אינטגרלי מתכנית הלימודים. ההנחה היא, שהתבוננות בתהליכים כימיים בתעשייה עשויה לסייע הן ביצירת מוטיבציה לימודית והן בהקניית ידע. בסיור הלימודי יבחינו התלמידים, כי תהליך הפיכת חומר גולמי למוצרים מועילים אינו מוגבל לתחום הכימיה, אלא שייך גם לטכנולוגיה ולכלכלה

(Hofstein, 1987; Orion, 1993; Orion & Hofstein, 1995) הסיור הלימודי אף מסייע להגברת המודעות לתרומתה של התעשייה הכימית לחברה ולהכנת התלמידים לעתיד, כשיהיה עליהם לקבל החלטות המצריכות רקע מדעי כלשהו.

המורים אף הוכשרו לתכנן את הסיור במרב היעילות. ההכשרה כללה תכנון פעילויות עם התלמידים כלהלן:

א. לפני הסיור: יצירת קשר עם המפעל, יצירת מודעות אצל התלמידים לנושא התעשייה הכימית בכלל והצגת המאפיינים של המפעל שבו ייערך הסיור בפרט.

ב. בזמן הסיור עצמו: סיור במתקנים ובמעבדות תוך הפעלת התלמידים למילוי שאלונים ודפי עבודה ושיחה עם בעלי תפקידים שונים.

ג. לאחר הסיור: בדיקת התרשמות התלמידים מן הסיור בעזרת שאלון עמדות, בדיקת ידע התלמידים והעשרתו בעקבות הסיור ודיון פתוח, שבו יביעו התלמידים את דעתם על המפעל ועל היבטים השונים של התעשייה הכימית.

דיון בקשיי למידה ובדרך לטפל בהם

בפעילויות השונות שולבו תרגילים בקשיי למידה ובבעיות הנוצרות בעת הוראת מושגים שונים בכימיה. פעילויות אלו סייעו להטמעה של מושגים חדשים בכימיה (Joyce & Showers, 1983). כמו כן הן סייעו להבנת דרכי הלמידה של התלמידים, הקשיים העומדים בפניהם והטעויות שהם עושים בעת פתרון בעיות בכימיה (הופשטיין, תשמ"ו). בפני המורים המשתתפים בקורס הוצגו מחקרים שנעשו למטרות שונות:

- א. איתור קשיי למידה של תלמידים בתחום לימודי הכימיה ומציאת דרכי הוראה להתגבר על קשים אלו (Ben Zvi, Eylon & Silberstein, 1987; Ben-Zvi, Eylon & Silberstein, 1988).
- ב. בדיקת הסיבות לקשיי למידה – סיבות הקשורות בתחום הקוגניטיבי והמבוססות על תיאוריות הלמידה של פיאז'ה ושל אוסובל (Dale, 1975; Novak, 1984).
- ג. הבנת דרכי החשיבה של תלמידים בלימודי הכימיה – מחקרים שהשתמשו בתיאוריית התפתחות החשיבה של פיאז'ה (Herron, 1975; Gable & Sherwood, 1981).

תרגול קשיי הלמידה בקורס נעשה באמצעות ממצאים הקשורים בניתוח בחינות הבגרות שהתקיימו בארץ. ממצאים אלה מתפרסמים מטעם הפיקוח על הוראת הכימיה מדי שנה, מאז תשמ"א. לנושא חשוב זה הוקדשו מפגשים אחדים, ובהם גם נידונו דרכים להתגבר על בעיות אלה, כגון שמירה על רצף למידה הגיוני, התבססות על מושגים קודמים, ארגון החומר בצורת תרשימי זרימה ומפות מושגים. מפות מושגים מופיעות בחומר עזר לתלמידים "הכימיה – אתגר" (בן-צבי וזילברשטיין, תשמ"ה). המשתתפים תרגלו שימוש במפות מושגים תוך ביסוס הידע התיאורטי שלהם בנושא ובהתייחס למיומנויות קודמות (Bradford, Bretz & Nova, 1984).

גיוון דרכי ההוראה

בספר **ההנעה ללימודים ואישיות התלמיד** מסווגת לאה אדר (תש"ל) את התלמידים לפי המאפיינים הבאים: הישגי, סקרן, מצפוני, חברתי. הבנת ההתנהגות של כל אחד מסוגי התלמידים האלה תורמת להבנת הקשר בין דרכי הלמידה שלהם לבין הישגיהם הלימודיים. מכאן, שכיתת הלימוד מורכבת בדרך כלל מאוכלוסייה הטרוגנית של תלמידים – הן ביכולתם ללמוד והן במוטיבציה ללמידה (Hofstein & Kempa, 1985; הופשטיין ובן-צבי, תש"ס).

כדי להניע את התלמידים ללמוד ולהשקיע מאמץ, יש לגוון את אמצעי ההוראה, כך שכל אחד מהתלמידים ימצא עניין וישתתף בתהליך הלמידה תוך בחירת אסטרטגיות הוראה (Kolesnick, 1978). באמצעים אלה ניתן לכלול עבודות העשרה, משחקים ומאמרים, גיוון האמצעים מגדיל את הסיכוי להגיע אל מרבית התלמידים.

להלן תיאור של אמצעים מספר, שננקטו בקורס לגיוון דרכי ההוראה בכימיה בחטיבה העליונה.

עבודות העשרה

בעבודות ההעשרה התבטא יישום הכימיה בחיי היום-יום תוך קישור לרקע ההיסטורי של הכימיה. הנושאים יכולים להיות שונים, לדוגמה: נפט, מפעלי ים המלח, דשנים וקוסמטיקה, רדיואקטיביות, זיהום אוויר. התלמידים יבחרו בנושא בהתאם ליכולתם אחדים מעדיפים לעבוד בקבוצות, ולעומתם יש כאלה המעדיפים עבודה יחידנית

העבודות מוצגות בכיתה בדרכים שונות, בהתאם ליכולתם של התלמידים:

א. הרצאה בנושא;

ב. פוסטר אשר יתאר את העבודה.

על נושאי העבודה ניתן לדון בכיתה בדרכים שונות:

א. על-ידי קריאת העבודה בכיתה ומתן אפשרות לתגובות התלמידים;

ב. על-ידי משחק סימולציה או משפט ציבורי, אם הנושא מלהיב את התלמידים, בהתאם לנוכחותם לשתף פעולה.

משחקים לימודיים

משחקים לימודיים עשויים לסייע ללמידה (Jensen, 1990). ניתן להשתמש בהם לסיכום נושא או לתרגול, והם מאפשרים לתלמידים, שאינם משתפים פעולה בשיעורים הרגילים, להוכיח את עצמם. ניתן להשתמש במשחקים מוכנים, או לבקש מהתלמידים להכין. ניתן להפעילם בקבוצות או בעבודה יחידנית. לא פעם מופיעות במשחקים אלה (שהוכנו על ידי התלמידים או על ידי המורים) טעויות מכוונות, המאפשרות ויכוחים ודיונים בין התלמידים לבין עצמם.

קריאת מאמרים בעיתונות

יש חשיבות רבה להקניית הרגלי קריאה של מאמרים מדעיים, הלקוחים מעיתוני מדע או מעיתונות יום-יומית. זהו סוג של למידה לא פורמלית, המאפשר הרחבה בנושאים נלמדים ועדכון ידע בנושאים אקטואליים, רכישת מיומנויות של ביקורתיות וברירה של מושגים עיקריים וחשובים (Wellington, 1991). באמצעות העיתונות היום-יומית ניתן, לדוגמה, לעקוב אחר חיפוש מקורות אנרגיה או אחר מחירי נפט ולנסות לנתח נושאים מדעיים שונים מבחינה חברתית, כלכלית ופוליטית. לפעמים הנושא אינטרדיסציפלינרי וההבחנה בין תחומי המדע מיטשטשת. במקרה כזה לומדים התלמידים להבחין עד כמה קשה להפריד בין תחומי המדע השונים ועד כמה הם קשורים אלו באלו.

את המאמר יש להתאים לרמת הידע וליכולת התלמידים. על המורה להקפיד, שהמאמר לא יהיה ארוך מדי ושיהיה בו איזון נכון בין מושגים חדשים לבין מושגים מוכרים. לפעמים אף יש צורך לכתב את המאמר או להכין שאלות מנחות, כדי לסייע לתלמידים להבין אותן. זאת משום שתלמידים רבים אינם מבחינים בין עיקר לטפל ונתקלים בקשיים בהבנת הנקרא. המורה אף יכול לבקש מן התלמידים להכין שאלות מנחות, או לסמן משפטים מרכזיים או מילות מפתח. כך מפעילים את התלמידים, ביחידים או בקבוצות, בשיטות שונות, כגון שיטת הגייקסו (שרון

ולרוביץ', תשל"ח). הפעלת התלמידים מאפשרת למורה להתפנות להדרכה אישית של כל תלמיד ותלמידה.

הפעלה

בשנה השנייה לתכנית ההכשרה החלו המורים ללמד את מקצוע הכימיה בבית-הספר.

כדי לתמוך בעבודתם של המורים נעשו פעילויות מספר:

א. ביקורים של מנחי הקורס בבתי-הספר;

ב. סדנאות בבתי-הספר.

מנחי הקורס ביקרו אחת לשבועיים בבתי-הספר וצפו בשיעורים שנתנו משתתפי הקורס. לאחר כל שיעור התקיים דיון על דרכי ההוראה, על הבעיות שהעלו התלמידים בנושא הנלמד ועל קשיי הלמידה. לצפייה ולדיון הצטרפו מורי כימיה נוספים, שלא השתתפו בקורס והמלמדים באותם בתי-ספר. בכך נעשתה בפגישות אלה עבודת צוות.

אחת לכמה פגישות מרוכזות התקיימו סדנאות בבתי-הספר (כחמש סדנאות בשנה). נושאי הסדנאות התבססו על שיעורים לדוגמה של משתתפי הקורס. המורים צפו בשיעור, ואחר כך התקיימה פעילות בצוותים. פעילות זו כללה: ניתוח השיעור, הצעות חלופיות להוראת הנושא, המלצות לניסויים נוספים או לחומר העשרה והכנת חומר עזר לתלמידים.

דרכי העבודה של המורים בקורס

כבר בשנה הראשונה חשו המורים אחריות להצלחת הקורס, שיתפו זה את זה בבעיות תוכניות או מתודיות, ברעיונות ובמערכי שיעור. ביזמתם הם הגיעו לפגישות השונות עם הצעות של בחינות, בחנים, דפי עבודה וניסויים מעניינים. מכיוון שהתבקשו לעבוד על מטלות שונות בצוותים, הפך כל צוות למעין תת-קבוצה תומכת, שהמשיכה ופעלה ללא כל תלות במסגרת הקורס. עבודתם של צוותים אלה באה לידי ביטוי בעיקר בשנה האחרונה לקורס, שבה התבקשו המשתתפים לפתח חומרי למידה בנושאים אינטגרטיביים.

הערכה

במסגרת ההערכה, שנעשתה בעיקר בשנה החמישית והאחרונה של הקורס, נבחרו לבדיקה שני תחומים מרכזיים:

א. תרומת הקורס למורים המשתתפים.

ב. מצב הוראת הכימיה בגליל בתשנ"ד.

איסוף הנתונים הדרושים נעשה באמצעות שאלונים למורים המשתתפים, ראיונות עם 10 מהם, שיחות טלפוניות עם חלק מהמורים שנשרו מהקורס במשך השנים ושאלונים לבתי-הספר שמוריהם השתתפו בקורס. כמו כן נותחו תוצאות בחינות הבגרות בכימיה באותם בתי-הספר ב-4 השנים הקודמות.

להלן תיאור המורים שהשתתפו בקורס בתשנ"ד. לאחר מכן יפורטו תרומת הקורס למורים המשתתפים (כולל פירוט הכיתות שבהן הם מלמדים כימיה) ומצב הוראת הכימיה בגליל.

תיאור המורים המשתתפים בתשנ"ד

מלכתחילה היה הקורס מיועד למורים למדעים (מלבד כימיה), רובם מורי ביולוגיה, כדי להכשירם להוראת כימיה. בשנת תשנ"ד הצטרפו לקורס, כאמור, תשעה מורים שלרובם רקע מתאים להוראת כימיה לבגרות. השתתפותם בקורס נועדה להעמיק את רמת הידע שלהם בנושאים המשלימים לרמת 5 יח"ל ולספק להם העשרה כללית.

להלן אפיוני המשתתפים בתשנ"ד מבחינת מספר שנות השתתפות בקורס, השכלה, ותק בהוראה בכלל ובהוראת כימיה בפרט וניסיונם בהכנה לבגרות בכימיה. בשנת תשנ"ד השתתפו בקורס 24 מורים, ובטבלה 2 מוצגת ההתפלגות לפי מספר שנות השתתפותם בקורס. שבעה מורים התמידו בקורס החל בשנתו הראשונה ו-8 מורים השתתפו בקורס בין שנתיים לארבע שנים.

טבלה 2: התפלגות המורים המשתתפים בתשנ"ד לפי מספר שנות השתתפותם בקורס

מספר שנים בקורס	מספר משתתפים
1	9
2	2
3	5
4	1
5	7
סה"כ	24

בניסיון לבחון את המניעים לנשירה מהקורס נערכו מספר שיחות טלפוניות עם מורים, שהשתתפו בקורס שנה-שנתיים ועזבו. מידע נוסף על הסיבות לנשירה היה בידי מפעילי הקורס. נראה שהנושרים עזבו מסיבות אישיות שונות, למשל: ארבעה מהמשתתפים עזבו את ההוראה, שניים עזבו את האזור, שניים עברו לתפקידי הדרכה, והעומס לא אפשר להם להמשיך, והיתר קיבלו תפקידי מפתח בבית-הספר ולא לימדו כימיה כלל, או שלא עמדו בעומס עקב בעיות משפחתיות. יש לציין, שכל המורים שנשאלו טלפונית לסיבות עזיבתם שיבחו בהתלהבות את הקורס והביעו את צערם על כך שלא יכלו להתמיד בו. 22 מתוך 24 המורים המשתתפים הם בעלי תואר אקדמי (92%), מהם 14 בעלי תואר ראשון ו-8 בעלי תואר שני. מורה אחת הנדסאית כימיה ואחרת לומדת לתואר ראשון.

בטבלה 3 מוצגת ההתפלגות לפי מקצועות הלימוד לתואר.

מבדיקת ההתפלגות עולה, שבשנה האחרונה (תשנ"ד) היו 8 משתתפים (33%) בעלי השכלה מלאה בכימיה והאחרים בעלי השכלה בביולוגיה ובמקצועות קרובים. מצב זה שונה מזה שהיה בראשית הקורס, כאשר רוב המשתתפים היו מתחום הביולוגיה ומיעוטם מביוכימיה. מבחינת השכלתם הפדגוגית, רובם המכריע של המשתתפים ענה על הדרישות הפורמליות להוראה בבית הספר התיכון, ורק לאחד מהם לא הייתה השכלה פדגוגית מתאימה. נתון זה תואם את כוונת יוזמי הקורס לפנות לאנשים שהם בעלי הכשרה להוראת מדעים, אך חסרים ידע מעמיק בכימיה.

טבלה 3: התפלגות המשתתפים בתשנ"ד לפי מקצוע הלימוד

מספר המשתתפים	מקצוע הלימוד
8	כימיה
2	הנדסת כימיה
7	ביולוגיה
4	חקלאות, מדעי החיים
1	הוראת מדעים
2	אחר
24	סה"כ

התפלגות המורים לפי מספר שנות ותק מוצגת בטבלה 4. מתוך הטבלה עולה, כי אוכלוסיית המורים המשתתפים ותיקה יחסית בהוראה, אך פחות ותיקה בהוראת כימיה ועוד פחות מכך בהכנה לבגרות. דבר זה משתקף היטב בוותק הממוצע. כמו כן בולטת העובדה, שלמשתתף אחד בלבד אין כלל ניסיון בהוראת כימיה וארבעה עדיין לא התנסו בהכנה לבגרות.

20 מתוך 24 המורים שהשתתפו בקורס בתשנ"ד (83%) לימדו כימיה בכיתות י-יב. בטבלה 5 מופיע פירוט מספר המורים שלימדו כימיה בתשנ"ד, לפי כיתה ומספר יחידות לימוד.

מבין ארבע המורות שלא לימדו כימיה, אחת הייתה בשבתון, אחת מלמדת בבית-ספר שאין בו לימודי כימיה ושתיים אחרות מלמדות בבתי ספר, שבהם יש כיתת כימיה אחת בלבד ומורה ותיק מלמד בה מקצוע זה. 9 מורים מלמדים ביולוגיה ו-3 מלמדים גם מתמטיקה.

מעניין לציין, כי בשנה הראשונה להפעלת הקורס, בתש"ן, 22 מתוך 25 המורים המשתתפים (88%) לא הכינו מעולם לבגרות בכימיה. אמנם הייתה תחלופה של חלק מהמשתתפים במשך השנים, ולמרות זאת היו המורים בקשר תמידי עם מרכזי הקורס, והדבר השפיע במידה רבה על הלמידה, על ההישגים ועל מספר התלמידים שניגשו לבחינות בגרות בכימיה.

טבלה 4: התפלגות המורים לפי מספר שנות ותק בהוראה בכלל, בהוראת כימיה

ובהכנה לבגרות בכימיה (n = 24)

מס' שנות ותק	בהוראה	בהוראת כימיה	בהכנה לבגרות
0	-	1	4
5-1	2	11	14
10-6	9	6	3
15-11	5	3	3
20-16	7	3	-
21+	1	-	-
ממוצע	12.7	7.8	4.3

תרומת הקורס למשתתפים

הערכת התרומה של הקורס למורים מתבססת בעיקר על השאלון המסכם, שמילאו בסוף השנה כל המשתתפים, על הראיונות שנערכו עם 10 מהם ועל השיחות הבלתי פורמליות, שהתקיימו בביקורים ובפגישות הקבוצה במיג"ל.

נתייחס למרכיבי הקורס השונים: שליטה בנושאי הלימוד, דרכי הוראה, שילוב מחשב בהוראה והתנסות בכתיבת חומרי למידה. כמו כן נבדוק את הדימוי העצמי המקצועי של המשתתפים כמורים לכימיה.

שליטה בנושאי הלימוד. בשאלון המסכם נתבקשו המורים לציין באיזו מידה תרם הקורס לחיזוק הידע שלהם ולהרחבתו בכמה נושאים מרכזיים ומושגי מפתח (שנלמדו בקורס ברמה הבסיסית בשנים קודמות) ולהעמקת הידע והמתודיקה בנושאי הבחירה של היחידה החמישית. סולם התשובות נע בין 1 – "לא הייתה כל תרומה" ל-5 – "תרומה רבה מאוד". כמו כן נשאלו המשתתפים לגבי מספר פעילויות נוספות הקשורות לדרכי הוראה. בטבלה 6 מוצגים הממוצעים של תשובות המורים לכל נושא, כשסדר הנושאים מופיע בטבלה לפי רמת התרומה שהתקבלה (מהגבוהה ביותר לנמוכה). מתוך עיון בטבלה עולה, כי המורים דיווחו על תרומה רבה ברוב הנושאים הלקוחים מתכנית הלימודים (פריטים 1-6 בטבלה), חוץ מאשר בנושא סוכרים (פריט 7).

גם בראיונות הזכירו המורים את התרומה הרבה שהפיקו מהקורס מבחינת היכרות עם נושאים שונים ושליטה בהם. כך, למשל, אמרה מורה עולה חדשה שהיא מורה ותיקה לכימיה:

טבלה 5: מספר המורים המלמדים כימיה בכיתות י-יב לפי מספר יחידות לימוד

מספר המורים	מספר יח"ל	כיתה
14	-	י
11	3	יא
10	3	יב
12	5	

לא הכרתי את הנושא של תעשיית ברום. ברוסיה התהליכים שונים לגמרי, והייתי חייבת את הקורס על תעשיית ברום. סוכרים, אם להגיד את האמת, בכלל לא ידעתי מה זה סוכרים, ממה להתחיל, מה זה מודלים וכו' וכו'... בתוך הקורס הזה שמעתי גם על חלבונים, גם על סוכרים, שמענו כאן את כל הנושאים שאנחנו מלמדים בבית הספר... עכשיו אני מומחית, בכל בחינה פותרת מיד את הבעיה בסוכרים. וזאת העזרה של הקורס הזה.

מורה אחרת, אף היא מורה לכימיה, שהצטרפה לקורס בשנה האחרונה, סיפרה: הצטרפתי בחששות, כי ידעתי שזה קורס למורים לביולוגיה וחשבתי שזה לא בשבילי. את הנושאים של סוכרים, חלבונים, פולימרים, לא לימדתי מעולם, ואת זה קיבלתי כאן.

מורה זו לימדה ל-5 יח"ל בפעם הראשונה במקביל להשתתפותה בקורס.

טבלה 6: ממוצעי תשובות של המורים למידת התרומה שקיבלו בקורס בנושאים שונים

ממוצע כללי (n = 24)	תחום ונושא
	נושאים מתוך תכנית הלימודים:
4.75	1. תעשייה כימית
4.57	2. אלקטרוכימיה
4.50	3. חלבונים
4.47	4. תרמודינמיקה
4.29	5. פולימרים
4.22	6. שיווי משקל חמצון-חיזור
3.77	7. סוכרים
	פעילויות נוספות:
4.30	8. פיתוח חומר לימודי
3.87	9. פיתוח מודלים ואמצעי הוראה שונים
3.04	10. שילוב המחשב בהוראת הכימיה

* בסולם מ-1-5 = 1 "לא הייתה כל תרומה", 5 = "תרומה רבה מאד".

דרכי הוראה. בשאלון המסכם נשאלו המורים במיוחד על התרומה שקיבלו בנושאים מספר השייכים לדרכי הוראה: פיתוח מודלים ואמצעי הוראה שונים, בניית מבחנים ושילוב המחשב בהוראת הכימיה (בסולם 1-5 כפי שצוין לעיל). בטבלה 6 מוצגים הממוצעים של תשובות המורים גם לפריטים אלה. חשוב לציין, שנושאים אלה נבחרו לשאלון, מכיוון שטופלו במסגרת הקורס במידה זו או אחרת.

בדיקת הממוצעים בטבלה מצביעה על תרומה נאותה בפיתוח מודלים ואמצעי הוראה שונים ותרומה קטנה יותר בשני התחומים האחרים. באופן כללי, ובמבנה הקורס הזה בפרט, ניתוק המתודיקה, דרכי ההוראה ואסטרטגיות ההוראה מנושאי הלימוד עצמם הוא מלאכותי מעיקרו. זאת מכיוון שהצגת דרכי הוראה ודפי עבודה והשימוש במודלים ועזרים שונים נעשו תמיד במשולב עם הצגת התכנים עצמם. ואמנם, בראיונות הזכירו רוב המורים את השימוש הרב שהם עושים בחומרי הלמידה שקיבלו במסגרת הקורס – דפי עבודה, מאמרים וחומרי העשרה אחרים – ואת הרעיונות החדשים ששאבו מן הדיונים שנערכו בפגישות.

להלן דוגמאות מספר לדברים שנאמרו בראיונות :

- הקורס נותן הרבה מבחינת המתודיקה, חומרי עזר והעשרה, ממש מתודיקה של הנושאים.
- סביב הגרעין הבסיסי (של נושאי הלימוד) היה רדיוס שהלך וגדל של המון אמצעי עזר, והמון דברים שבאו אחר כך מתוך הקורס עצמו, מתוך האנשים – דפי עבודה, מבחנים, מאמרים, אינסוף.
- למשל על סוכרים לא היה אף דף, חוץ משאלות בבגרות, וזה לא הספיק. קיבלנו המון חומר כאן, כנ"ל לגבי ברום, שהחלו להכניס לבגרות רק משנת 90.

מורים אחדים ציינו, שלפעמים אינם משתמשים בדפי העבודה בדיוק כפי שהם ניתנים, אלא הם נוהגים לשנותם ולהתאימם לרמת התלמידים, או לצרכים הספציפיים שהתעוררו בכיתתם במהלך ההוראה. נושא בניית המבחנים לא טופל באינטנסיביות במשך השנה, אך לדברי מפעילי הקורס עסקו בו באופן מעמיק בשנים קודמות. ייתכן שעובדה זו מסבירה את התרומה המעטה יחסית שחשו המשתתפים השנה בתחום זה.

לשילוב המחשב בהוראת הכימיה הוקדשו במשך השנה שתי פגישות. רמת התרומה נמוכה למדי, במיוחד בקבוצת המורים הוותיקים בקורס. בראיונות שנערכו, נשאלו המורים לדעתם על פעילויות אלו. מרביתם הסכימו שהנושא חשוב, אולם חשבו שכדי להרגיש יותר ביטחון בהפעלת המחשב בכיתה, עליהם להתנסות בו יותר ולתרגל את הפעלתו וכן את השימוש בתוכנות הרלוונטיות. כמו כן ציינו חלקם, שהציוד הקיים בבתי הספר עדיין אינו מאפשר שילוב יעיל של המחשב בהוראה בשלב זה. להלן דברים אופייניים שאמרו משתתפים :

- בטוח שצריך להשתמש בזה. אנחנו בעצמנו צריכים לתרגל המון, מה שקיבלנו כאן לא מספיק. בסיס קיבלנו, פחות או יותר, בסיס לא מספיק.

- אני לומדת מזה, אבל יש בעיה להביא לכיתה. קודם כל צריך שיהיו המחשב והתוכנה, וצריך ללמד תלמידים לעבוד עם זה. אני מניחה שצריך להקדיש כמה שיעורים רק כדי ללמד את התלמידים להפעיל את התוכנה. לו הייתה בבית ספר מצגת להדגמה זה היה נחמד.

צוותים לפיתוח חומרי לימוד. לצורך הכתיבה בקבוצות יצרו המשתתפים 6 צוותים, שבכל אחד מהם 4-2 מורים ובאחד אף היו 5 מורים. מספר המפגשים שקיים כל צוות לצורך הכתיבה המשותפת נע בין 8-2 מפגשים, ולפחות בחלקם נערכו בשעות אחר הצהריים והערב בבתיהם של המורים. מתגובותיהם של המורים ניתן ללמוד, כי העיסוק בכתיבה בצוותים תרם להם מכמה היבטים :

1. הכרת היתרונות הטמונים בעבודת צוות: מורים אחדים ציינו, שפיתוח נושא מסוים בעבודה קבוצתית גורם להפריה הדדי, יעיל מבחינת ניצול זמן ומביא להשגת תוצרים ברמה גבוהה.
2. הרחבת אופקים בנושאים שאינם לקוחים מתכנית הלימודים: רבים הזכירו שהקדישו זמן רב לחיפוש חומר חדש, וזו הייתה הזדמנות להכרת נושאים חדשים ולהעלאת רעיונות חדשים, בעיקר בהקשרים מתודיים.

3. תרגול בכתובת נושא והתאמתו למטרות ודרכי הוראה: עבור חלק מהמורים זו הייתה התנסות חדשה, שהוסיפה פן נוסף לגיוון העבודה היומיומית.

4. חיזוק הקשרים החברתיים: העבודה בקבוצות קטנות תרמה לחיזוק היחסים האישיים בין המשתתפים.

דימוי עצמי מקצועי. הואיל ומטרת הקורס הייתה לצייד את המורים המשתתפים בכלים להוראת כימיה ולהעניק להם ביטחון ואמון ביכולתם ללמד את המקצוע, נבדקה הרגשתם ובטוחים ביכולתם להכין תלמידים לבגרות, לפחות ברמה של 3 יח"ל.

מתוך הדברים שנאמרו ניתן ללמוד, כי הביטחון שהפגינו ו"גאוות היחידה" שחשו מסתמכים על שני מרכיבים:

א. ההכשרה הטובה שקיבלו והשליטה שרכשו בתכנית הלימודים – בתכנים, בדרכי הוראה, ברעיונות; להעשרה ועוד;

ב. הקשר הבלתי אמצעי עם מפעילי הקורס והתחושה העמוקה שתמיד יוכלו לפנות בבקשת עזרה וייעוץ בכל נושא וייענו בחיוב.

להלן שתי מובאות מדברי המרואיינים המדגימות נקודות אלה:

- היום אני מרגישה ביטחון ללמד 3 יח"ל, וזה לחלוטין רק על בסיס הקורס הזה.
- יש הבדל עצום בין איך שלימדתי אז לבין היום. לא מבחינת לדעת כימיה, אלא מבחינת כל ההעשרה, דרכי ההוראה. קודם לא השתמשתי בכל כך הרבה אמצעי העשרה.

תיאור של מצב לימודי הכימיה כיום בגליל

כדי לעמוד על מצב לימודי הכימיה כיום בגליל, בחרנו לבדוק את הנושאים הבאים:
מספר הלומדים כימיה בתשנ"ד בכיתות י-יב בבתי הספר שבהם לימדו המשתתפים בקורס, הישגי תלמידים במבחן בכימיה בכיתה י (בהשוואה לכיתות י במרכז הארץ) ותוצאות בחינות הבגרות בשנים תשנ"א-תשנ"ד.

מספר התלמידים הלומדים כימיה. במשך חמש שנות הקורס (תש"ן-תשנ"ד) השתתפו בו 42 מורים מ-23 בתי ספר. מתוך הנתונים שנאספו מבתי ספר אלה עולה, שב-19 בתי ספר נלמד בתשנ"ד מקצוע הכימיה לבגרות, ב-3 נוספים הוא נלמד רק כתמיכה ללימודי הביולוגיה (ולא לבגרות) ובבית ספר אחד אין לימודי כימיה. 23 מתוך 26 המורים לכימיה ב-22 בתי הספר (88%) השתתפו בקורס לפחות באחת משנות קיומו.

לשם השוואה מן הראוי להזכיר נתונים שנאספו במסגרת סקר, שערך הגוינט בשנת הלימודים תשמ"ט. בסקר זה נבדק ותואר באופן יסודי מצב הוראת המדעים ב-9 בתי ספר תיכוניים בגליל. מבחינת הוראת כימיה נמצא, כי ב-5 מהם נלמד מקצוע הכימיה לבגרות ברמה של 3 יח"ל ובאחד מתוכם אף ניגשו מספר תלמידים ל-5 יח"ל. בתי ספר אלו נבדקו שוב בתשנ"ד, ונמצאה תמונת מצב שונה לחלוטין: בבית ספר אחד בלבד אין לימודי כימיה, באחד – 3 יח"ל וביתר שבעת בתי הספר לומדים לבגרות בכימיה ברמה של 5 יח"ל.

עוד עולה מן הנתונים, כי 1163 תלמידי כיתות י' למדו כימיה בתשנ"ד ב-22 בתי הספר, וחלקם עתידיים להמשיך בלימוד המקצוע לבגרות. בכיתות יא למדו בסך הכל 540 תלמידים, 168 מהם (כשליש) ברמה של 5 יחידות לימוד.

תוצאות בחינות הבגרות. עיבוד תוצאות בחינות הבגרות מובא כאן כמדד אובייקטיבי לבדיקת שינויים בהוראת הכימיה בגליל. עבור כל אחד מבתי הספר, שנציגיהם השתתפו בקורס לפחות בשנה אחת מתוך חמש השנים, נבדקו נתוני בחינת הבגרות בכימיה בשנים תשנ"א-תשנ"ד. בחינת הבגרות בכימיה מורכבת משני חלקים: חלק של 3 יח"ל שבו נבחנים כולם, והשלמה של 2 יחידות לימוד לתלמידים הנבחנים ברמה מוגברת (5 יח"ל). לגבי כל בית ספר נאספו בכל שנה הנתונים הבאים: מספר התלמידים שניגשו לבחינת 3 יח"ל, מספר התלמידים שניגשו ל-5 יח"ל, אחוז העוברים והציון הממוצע של התלמידים בשתי הרמות. בבתי ספר מסוימים ניגשים התלמידים לבחינה ברמת 3 יח"ל בסוף כיתה י"א ומשלימים את התוספת ל-5 יח"ל בסוף יב.

טבלה 7: תוצאות בחינות הבגרות בכימיה בגליל בשנים תשנ"א-תשנ"ד

לפי מספר יחידות לימוד

(בסוגריים – אחוז העוברים מתוך הניגשים)

שנה	3 יח"ל				תוספת ל-5 יח"ל			
	ניגשים	עוברים	ממוצע	ארצי	ניגשים	עוברים	ממוצע	ארצי
תשנ"א	213	186 (87%)	72.9	78.9	28	27 (96%)	82.8	83.3
תשנ"ב	181	154 (85%)	71.1	*	92	80 (87%)	72.1	*
תשנ"ג	357	322 (90%)	73.4	¹ *	114	95 (83%)	71.7	*
תשנ"ד	430	389 (90%)	76.6	79.0	248	224 (90%)	78.5	81.0

מתוך הנתונים המוצגים בטבלה 7 עולה:

- א. סה"כ הנבחנים בבחינת הבגרות בכימיה הוכפל בין השנים תשנ"א-תשנ"ד.
- ב. אחוז הנבחנים ברמה מוגברת (מתוך כלל הניגשים) גדל בצורה משמעותית במשך השנים, ובשנת תשנ"ד הגיע ל-58%.

* בדיווחי משרד החינוך חסר הנתון המתאים להשוואה.

ג. אחוז העוברים את הבחינה בבתי הספר בגליל הגיע בשנה האחרונה ל-90%, שהוא מעט גבוה מאחוז העוברים ברמה הארצית. זה האחרון היה בשנה האחרונה 87% לשלוש יחידות לימוד ו-89% לתוספת ל-5 יח"ל.

ד. הציון הממוצע בתשנ"ד נמוך מעט מהממוצע הארצי, הן ב-3 יח"ל והן בתוספת ל-5 יח"ל.

דיון וסיכום

במשך חמש שנות קיומו של הקורס השתתפו בו 42 מורים מ-23 בתי ספר. ב-19 בתי ספר נלמדה הכימיה לבגרות בתשנ"ד, ו-22 מתוך 26 המורים שלימדו כימיה בבתי ספר אלה השתתפו בקורס ההסבה לפחות שנה אחת. מספר התלמידים הלומדים כימיה בגליל גדל בהדרגה, ובשנת תשנ"ד נבחנו כ-430 תלמידים בבחינת הבגרות בכימיה (מהם כ-58% בבחינה ברמה מוגברת של 5 יחידות לימוד). 90% מהניגשים עברו את הבחינה, והציון הממוצע נמוך רק במעט מהממוצע הארצי. מתוך האמור לעיל נראה, כי הקורס השיג את המטרה שלשמה נועד ולימדו הכימיה אכן קיבלו תנופה משמעותית.

המורים המשתתפים הביעו שביעות רצון רבה מהקורס על כל מרכיביו והפגינו ביטחון ואמון ביכולתם ללמד כימיה לבגרות. המורים שמלמדים גם ביולוגיה דיווחו על השפעה חיובית של הקורס גם על הוראת מקצוע זה.

סקירת מבנה הקורס ותכניו מעידה שקיימת הדרגתיות מכוונת, החוזרת על עצמה בצורה ספירלית: הקניית נושאי הלימוד למורים, התנסות המורים בהוראה תוך קבלת הדרכה ותמיכה, הקניית נושאים חדשים למורים ומתן העשרה והעמקה בנושאים קודמים, וחוזר חלילה. במבנה הקורס קיים יסוד דינמי-התפתחותי, שככל הנראה תרם להצלחתו.

מתוך כל החומר שנאסף ונותח נראה, כי חלק חשוב בהצלחת הקורס ניתן לייחס לכמה מרכיבים נוספים, שניתן לכנותם "פסיכולוגיים":

1. המורים הצטרפו לקורס בגישה חיובית והיו בעלי דימוי עצמי מקצועי כמורים לביולוגיה וללא שום מחסומים בקבלת הדרכה בתחום, שאינם אמורים להיות בקיאים בו. עם זאת, לכולם היה ידע כלשהו בכימיה מלימודים קודמים, כך שהדיסציפלינה החדשה לא הייתה זרה להם.

2. הקשר עם קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן נתפס כחשוב ביותר. כמורים המלמדים בפריפריה, העריכו המשתתפים את ההזדמנות שניתנה להם ללמוד באופן בלתי אמצעי מפי כותבי היחידות עצמם ולהבין את רוח הדברים, את הדגשים החשובים בחומר ואת הבעיות הצפויות בכיתה הפגישות עם המפמ"ר ועם כותבי התכניות במסגרת הקורס העניקו למורים הרגשה, שהם מעודכנים בכל החידושים והשינויים החלים בלימודי הכימיה. חלק מהמרואינים ציינו בהתלהבות את העובדה, שהמרצים האורחים מקבוצת הכימיה, רובם ככולם, הם גם מורים בבתי הספר, ולכן עצותיהם לא היו תיאורטיות בלבד, אלא לקוחות באופן מעשי מהכיתה.

הבעת תודה

כותבי המאמר מבקשים להודות לד"ר אורי מר-חיים, מנהל העמותה לקידום החינוך המדעי בגליל, ולצוות ההדרכה בעמותה ובמיג"ל, על מעורבותם ותמיכתם בפרוייקט בכל שלביו.

אדר ל' (תש"ל). **ההנעה ללימודים ואישיות התלמיד**, בית הספר לחינוך של האוניברסיטה העברית ושל משרד החינוך והתרבות, ירושלים.

בן-צבי ר' וזילברשטיין י' (תשמ"ה). **הכימיה-אתגר**, מכון ויצמן למדע, רחובות.

שרון ש' והרץ-לזרוביץ ר' (תשל"ח). **שיתוף פעולה ותקשורת בבית הספר**, שוקן, תל-אביב.

Ben-Zvi, R. & Silberstein, J. (1980). The Use of Motivational Experiments in the Teaching of Quantitative Concepts in Chemistry, **Journal of Chemical Education**, **57**, pp. 792-794.

Ben-Zvi, R., Eylon, B.S. & Silberstein, J. (1986). Is an Atom of Copper Nalleable? **Journal of Chemical Education**, **63**, pp. 64-66.

Ben-Zvi, R., Eylon, B.S. & Silberstein, J. (July 1987). Students' Visualisation of a Chemical Rreaction, **Education in Chemistry**, pp. 117-119.

Berliner, D.C. (1983). Training teachers for their executive founctions. In: Tamir P., Hofstein A. & Ben-Peretz M. (Eds.), **Preservice and Insevice Education of Science Teachers**, pp, 546-564.

Gabel, D.L. & Sherwood, R.D. (1981). Using Facilitating Problem Solving in Hige School Chemistry, A paper presented at the **54th NARST Meeting, New York**.

Constable, H. & Long A. (1991). Changing Science Teaching: Lessons from a Long-term Evaluation of a Short in-service Course, **International Journal of Science Education**, **13**, pp. 405-419.

Dale, I.O. (1975). Some implications from the work of Jean Piaget. In: Gardner, P.M. (Ed.), **The Structure of Science Education**, London: Longmans.

Hall, G. & Louks, S. (1981). Program definition and adaptation implications for inservice, **Journal of Research Development in Education**, **14** (2), 46 ff.

Harrison, J. & Globman, R. (1988). **Evaluation of Training Teachers in Active Learning: A Research Report**, Ramat-Gan: Bar-Ilan University and the Ministry of Education (Hebrew).

Herron, J.D. (1975). Piaget for Chemists, **Journal Chemical Education**, **52**, pp. 146-150.

Hofstein, A. (1987). The Teaching of Industrial Chemistry Widening the Scope of High School Chemistry, reprinted from **Widening the Scope of Chemistry IUPAC**.

Hofstein, A. & Kempa, R.F. (1985). Motivating Strategies in Science Education: Attempt at an Analysis, *Journal of Chemical Education*, **7**, pp. 221-229.

Jensen, H. (1990). Games in Chemistry, **Chem 13 News** / May 1990, pp. 4-5.

Joyce, B. & Showers, B. (1983). **Powers in Staff Development – through Research on Training Ensuring Transfer of Training**, Alexandria, Va: Association for Supervision & Curriculum Development. Ch. 3 – Attacking the transfer problem.

Klotz, I.M. (1992). Science Literacy, **Journal of Chemical Education**, **69**, pp. 225-228.

Kolesnick, W.B. (1978). **Motivation, Understanding and Influencing Human Behavior**, Boston: Allyn and Bacon.

Lortie, D. (1975). **School teacher: Sociological study**, Chicago: University of Chicago Press.

Novak, J.D., Ring, D.J. & Tamir, P. (1971). Interpretation of Research Findings in terms of Ausubel's Theory and Implications for Science Education, **Science Education**, **55**, pp. 483-519.

Orion, N. (1993). A Model for the Development and Implementation of Field Trips as an Integral Part of the Science Curriculum, **School Science and Mathematics**, **93**, pp. 325-331.

Orion, N. & Hofstein, A. (1995). Factors that influence Learning during a Scientific Field Trip in a Natural Environment, **Journal of Research in Science Teaching** (in press).

Pendley, B.D., Bretz, L. & Novak, J.D. (1994). **Journal of Chemical Education**, **71**, pp. 9-15.

Shulman, L.S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform, **Harvard Educational Review**, **57**, pp. 1-22.

Tamir, P. (1983). Science Teacher Education: Problems and issues. In: Tamir P., Hofstein A. & Ben-Peretz M. (eds.), **Preservice and Inservice Education of Science Teachers**, pp. 3-23.

Tamir, P. (1988). Subject Matter related Pedagogical Knowledge in Teacher Education, **Teaching and Teacher Education**, **4**, pp. 99-110.

Wellington, J. (1991). Newspaper Science, School Science: Friends of Enemies? **International Journal of Science education**, **13**, pp. 363-372.