

מכון ויצמן למדע

תוכנית קיסריה, רוטשילד - ויצמן

שילוב סוגיות של אתיקה ואחריות בהוראת הנושא:

”פלטטיק והשפעתו על הסביבה”

בשילוב הערכה חלופית באמצעות בניית תערוכה

פרויקט גמר

מגישה : גלית בראל, ת”ז : 037582889

מנחה : פרופ' רון בלונדר

תאריך הגשה : תמוז תשע”ו

תוכן עניינים

4	1. מבוא
4	1.1. תקציר
4	1.2. מבוא מדעי
5	1.3. מבוא לגישת RRI
6	1.4. שילוב RRI בהוראת המדעים
8	1.5. הצעות לשילוב היחידה ברצף ההוראה
8	2. שאלות המחקר
9	3. מתודולוגיה - שיטות וכלי המחקר:
9	3.1. אוכלוסיית המחקר
9	3.2. גישת המחקר
9	3.3. כלי המחקר
10	3.4. מהלך המחקר
10	3.5. עיבוד הנתונים
11	3.6. אתיקה מחקרית
11	4. תוצאות
14	5. דיון בתוצאות ומסקנות
14	5.1. מגבלות המחקר
14	5.2. השפעת ההתערבות על עמדות התלמידים בנוגע לשילוב ממדי ה-RRI במחקרים מדעיים
15	5.3. השפעת ההתערבות על העמקת הידע וההבנה של החומר המדעי הנלמד
17	5.4. השפעת ההתערבות על הפן האפקטיבי (הרגשי) והקשרים השין אישיים
19	6. המלצות וסיכום
19	6.1. המלצות לשדה המחקר
19	6.2. המלצות לשדה החינוכי
20	6.3. סיכום (בנימה אישית)
22	7. רשימת מקורות
24	8. נספחים
24	8.1. שאלון (שני חלקים)

- 8.2. [מצ"ב בדיסק](#):
- דיסק [מצגת חשיפה לנושא הפלסטיק \(מלווה שיר\)](#)
- דיסק [מצגת הסבר : מידע בסיסי על פלסטיק](#)
- דיסק [תמונות מהתערוכה עם מורים ואנשי צוות \(נערכה והותאמה להצגה בתוכנית רוטשילד-ויצמן\)](#) ..

1.1 מבוא

1.1.1 תקציר

בעבודתי בדקתי את ההשפעה של שילוב סוגיות אתיקה ואחריות בהוראת הנושא: פלסטיק והשפעתו על הסביבה" בשילוב הערכה חלופית של בניית תערוכה, על עמדות התלמידים בנוגע למחקרים מדעיים (בהתאם לממדי rzi), על העמקת הידע וההבנה של התלמידים ועל הפן האפקטיבי בין התלמידים ובין המורה. העקרונות המרכזיים עליהם מבוססת ההתערבות:

הבניית ידע והבנה בכימיה של פולימרים ובאקולוגיה המהווים תשתית להבנה וליכולות חקירה לעומק של השפעות ייצור ושימוש בפלסטיק. היחידה כוללת הסברים והכרת המושגים הבאים: פולימר, מונומר, פולימר סינטטי, חומר אורגני, חומר מתכלה ושאינו מתכלה, משאב טבע, מערכת אקולוגית, מגוון המינים, מפרקים.

טיפול מעורבות ואחריות אישית של התלמיד כלפי הסביבה לצד הכרה בהשפעות החברתיות והסביבתיות שיש למחקר: כל החומרים מקורם בכדור הארץ ולשימוש בהם יש השפעה סביבתית, בבדיקת הייצור והשימוש בפלסטיק ניתן לבחון דילמות הקשורות למחיר הסביבתי והחברתי בהשוואה לרווח שמפיקים ממוצרי הפלסטיק ולהכיר את האתגרים העומדים בפני המדע בכדי לפתח דרכים לעשות לרווחת האדם ולשיפור איכות החיים לצד צמצום הנזק הסביבתי.

הערכה חלופית של בניית תערוכה "מה המחיר של שקית פלסטיק?" ולמידה רלוונטית הקשורה לצורך חיוני מחיי היום יום של התלמידים משמשים ערוץ אפקטיבי לצורך הגברת המוטבציה ללמידה, תורמים לחווית הלמידה הפעילה ומשלבים התנסות בחקר, בניית דילמות מנקודות מבט שונות ובפתרון בעיות, במטרה לפתח ערכים של אחריות, אכפתיות, וצדק חברתי, לצד פיתוח חשיבה ביקורתית, מיומנויות של קבלת החלטות, תקשורת ועבודה בצוות.

1.2 מבוא מדעי

פלסטיק הוא שם כולל למגוון פולימרים סינתטיים אורגניים שאינם מתכלים או שזמן ההתכלות שלהם ארוך מאוד. עמידות הפלסטיק וחוזקו הם יתרון גדול לייצור מוצרים עמידים לאורך שנים, בנוסף הפלסטיק: קל, זול מאוד ביחס למשאבים אחרים, זמין, אינרטי ויכול להחליף משאבי טבע יקרים ממנו, מאפיינים המתאימים לייצור מגוון רחב מאוד של מוצרים העשויים פלסטיק (Hansen, 1990; Laist, 1987). השימוש המואץ בפלסטיק והרגלי הצריכה גורמים להצטברות פסולת פלסטית ביבשה ובמקורות המים ומהווים דאגה סביבתית. הפלסטיק עמיד מאוד ועלול לגרום לריכוז גבוה של מזהמים אורגניים, להכחדה ניכרת במגוון המינים הביולוגי, לשינויי אקלים, שינוי פני הנוף, הפצת מינים פולשים המתמפחים על גבי הפלסטיק שצפיפותו נמוכה ונישאים בים לסביבות חיים אחרות. פסולת הפלסטיק מהווה איום משמעותי ממשי על יצורים חיים בעיקר על יונקים ימיים, עופות,

צבים, דגים, סרטנים ורכיכות, כתוצאה מבליעה וחסירת מערכת העיכול, או מהסתבכות, חנק, כליאה או פגיעה מפסולת הפלסטיק.

הפלסטיק נערם ומכסה שטחים נרחבים. שיטות סילוק הפלסטיק המוכרות כיום: הטמנה, שרפה ומיחזור, בעייתיות: שרפה- פולטת מזהמים לסביבה. הפלסטיק אטום לאויר ולמים לכן הטמנה חונקת שטחים נרחבים ופוגעת פגיעה ממשית ביבולים. יש מגוון סוגים של פלסטיקים ממוחזרים, תהליכי מחקר ופיתוח לייצור פלסטיק ממוחזר מואצים, כאשר הפסולת מורכבת מסוגים שונים של פלסטיק תהליך המיחזור הופך ל מורכב.

(Webb et al., 2013 ; National Research Council, 1995; Laist, 1987; Snelgrove, 1999)

במדינת ישראל יש ביקוש של כ-274 שקיות גופיה לנפש בשנה, שהם כ-975 שקיות בשנה למשק בית. היקף השימוש 2.22 מיליארד שקיות גופיה בשנה, מתוכם כ 1.28 מיליארד שקיות במרכולים, הצפי של המשרד להגנת הסביבה " אם לא ישתנה דפוס השימוש בשקיות, ב- 2017 ישתמשו צרכני המרכולים ב 1.39 מיליארד שקיות גופיה שמשקלן 7,600 טון, עלותן לציבור 76 מיליון שקלים בשנה, שהם כ- 4.3% מהרווח לפני פחת ומס של רשתות השיווק, ומניבות רווח לתעשיית הפלסטיק של כ 1.4 מיליון שקלים בשנה."

1.3. מבוא לגישת RRI :

לפי (Derraik, 2002) בכדי להפחית את האיום הסביבתי והמפגעים הסביבתיים של זיהום הפסולת הפלסטית המאיימים על המגוון הביולוגי יש לשלב: חשיבה גלובלית של סקטורים שונים בקהילה, חקיקה, חינוך באמצעותו יש לשפר את התודעה האקולוגית, נטילת אחריות של הממשל ושל הקהילה המדעית.

(Stern & Elliott, 1997) טוענים שהתנהגות בלתי הולמת במחקר ובלבול בהגדרה של מהי התנהגות הולמת נובעים מתוכניות הלימודים הכוללות ידע בתחום הדעת ולא מפגישה את התלמידים עם לימודי אתיקה במחקר. הם ממליצים על שילוב קורסים באתיקה באופן רישמי וקבוע בכדי לרכוש מיומנויות שיאפשרו לבחון סוגיות ממספר נקודות מבט ויאפשרו למצוא את הפתרונות האתיים ביותר. במחקר אימפרי (Reiss, 1999) נמצא שתלמידים נוטים לראות במדע מוצא פתרונות לבעיות טכניות

בלבד, תלמידים לא רואים במדע יוזמה חברתית וכמעט שלא מוצאים שיש קשר בין צרכי החברה ומחקר, לדעת תלמידים מדענים עובדים במטרה למצוא תגליות ללא קשר לתועלת החברתית, בכדי לשפר את הליקויים שנמצאו בהוראת המדעים מומלץ לשלב סוגיות אטיות בשיעורי מדע.

בנסיון לשפר את המחקר תוך הפעלת שיקולים חברתיים איתיים וסביבתיים, בניית אמון ובטחון הציבור בפיתוחי מחקר וחדשנות ולמידה מנסיון העבר, גובשה גישת RRI שמטרתה שימוש בטכנולוגיות לתועלת חברתית, מניעת נזקים מהתפתחות המדע והטכנולוגיה ויצירת מערכות גמישות בעלות כושר הסתגלות להתמודד עם תוצאות לא נצפות (A Report on Responsible Research and Innovation, 2011). בבסיסה של גישת RRI (Owen, Macnaghten, Stilgoe, 2012) שלושה מאפיינים למחקר וחדשנות אחראיים: מחקר דמוקרטי- דמוקרטיה של מטרות המחקר והחדשנות שלהם, שיתוף הציבור, קבלת החלטות בנוגע לאתגרים החברתיים החדשניים שיחקרו על ידי המדע

ובנוגע למסלול התפתחות מחקרים מדעיים, בדמוקרטיה דיונית. מענה לצרכים חברתיים - שיתוף ידע, ציוד הציבור בידע והבנה שיאפשרו להיות מעורבים במחקרים מדעיים, פתיחות מידע וחינוך תוך שימת דגש על שילוב דילמות אטיות, ערכים ומשמעויות, רפלקציה ושיקוף. לקיחת אחריות - לעודד אחריות עצומה בשל הבעיות במחקר שמעצם היותו חדשני, פועל בחוסר ודאות ועלול להניב תוצאות לא צפויות, להגדיר: חקיקה, גופים אחראיים, אכיפה וועדות בקרה. לפי (A Report on Responsible Research and Innovation, 2011) מחקר וחדשנות אחראיים יושגו באמצעות: מעורבות רציפה של הציבור בכל תהליך המחקר החדשני. חינוך וציוד הציבור בהבנה בסיסית של תהליכים מדעיים בכדי שיכול להפעיל שיקול דעת בשיח המדעי. הערכת של השפעות חברתיות, מוסריות, הערכת סיכונים עכשוויים ועתידיים שיש למחקר וליישומו, שיווין מגדרי מחויבות לדאוג לצדק חברתי. הגדרת מנגנוני פיקוח שיצפו סיכונים, יעלו ביקורות וסוגיות של לגיטימיות ואפקטיביות ויגיבו במהירות לנסיבות משתנות, לשינויים בידע ולהשפעתו (עידוד שימוש בקודים מחייבים, בתקני ISO, בועדות מדעיות, בועדות או"ם ועוד...). פתיחות ושקיפות בתהליכי המחקר, החל בשלב גיבוש המחקר על האופן שבו האינטרס הציבורי מוטבע בו, בקבלת ההחלטות, בשלבים השנויים במחלוקת, באי הוודאויות. דרישה לכנות ולפתיחות בנוגע ליתרונות ולהשפעות השליליות שיש לפיתוח.

1.4. שילוב RRI בהוראת המדעים:

ביחידה להלן נחשפים התלמידים תחילה למימדי ה-RRI ולומדים בהוראה ישירה מושגים בסיסיים על מבנה הפלסטיק, בלמידה קבוצתית בדרך החקר (PBL) התלמידים חוקרים דרך מימדי ה-RRI את ההשפעות שיש בייצור ושימוש חומרי פלסטיק. את תוצרי הלמידה מציגים התלמידים במטלת ביצוע- תערוכה, התלמידים הם הקובעים את התכנים והמידע המוצג בתערוכה. מחקרים רבים ציינו את היתרונות שיש ללמידה בדרך של פתרון בעיות (PBL): הלמידה ממוקדת בתלמיד ומציבה אותו כשותף פעיל במרכז תהליך הלמידה, במהלכה התלמיד מתכנן, מבקר, מעריך, בסיס ידע רחב וגמיש נבנה בצורה פעילה ולכן נשמר בצורה טובה יותר לאורך זמן ויש סיכוי להעבירו ולהשתמש בו בהקשרים שונים. היא משלבת בין רכישת ידע ורכישת מיומנויות במקצוע ומפתחת את יכולת התלמיד לנתח מצבים משתנים ובלתי צפויים (Hmelo-Silver, 2004; Barrows, 1996; Criswell, 2012) התלמיד הוא שקובע את אופן הלמידה ואת מידת העמקה בחומר, המורה יכול להציע, אך התלמיד הוא שמחליט איך לבנות את הידע. מתן אפשרות הבחירה מתייחס למוטבציה הפנימית של כל תלמיד ותלוי בענינו האישי ובהעדפותיו, היא מסייעת בגיבוש מטרות התלמיד ובהשגתן ובגיבוש זהותו האינטלקטואלית (Kuhn, 1989). כיון שלמידה היא לא אמת אובייקטיבית אלא תהליך הדדי, שיח משותף שמוביל להבנה חדשה, מומלץ שהלמידה בדרך החקר תהיה למידה קבוצתית בעיקר כאשר הלמידה משלבת פיתוח שיח טיעוני. במחקר שנעשה בשנת 2012 נמצא שקיים קושי לפתח שיח טיעוני שיוביל ללמידה משמעותית במליאה בכיתה, בכדי לקדם את הבנת המדעים מומלץ ללמוד בקבוצות למידה בלמידה המשלבת חקר ושיח טיעוני סביב רעיונות שמעלים התלמידים (Criswell, 2012). הלמידה הקבוצתית מסייעת לבנות ידע

אישי ומשותף ומפחיתה את העומס הקוגניטיבי, ידע הנוצר בתהליכי למידה בקבוצה, המשלבים שיח פנימי וחיצוני מתמיד של הלומד הוא ידע שמוכן באופן מעמיק, תוך ניהול העומס הקוגניטיבי והתארגנות המבנים הקוגניטיביים באופן יעיל, השיח מסייע להבין ולייחס משמעות לידע החדש, מגדיל את הסיכוי שהמידע ישמר ויאורגן בזיכרון לטווח ארוך ויש סיכוי גבוה יותר שהתלמיד יישם את הידע בהקשרים אחרים (יבצע העברה). בלמידה הקבוצתית התלמיד מתנסה ומפתח מגוון מיומנויות: עבודת צוות, הסבר עצמי, העמקה בהבנת הידע, ארגון ידע, חשיבה ביקורתית, גיבוש רעיונות ועמדות, המללת חשיבה, סובלנות, שיפוטיות, הקשבה, יצירתיות, ויסות עצמי ובקרה (Schmidt et al., 2007).

תוצר הלמידה, מטלת ביצוע, היא מטלה משמעותית, מאתגרת ורלבנטית לתלמיד, המאפשרת פתרונות שונים ומגוונים, פתרונות רב תחומיים המושגות על ידי קודם וידע חדש, בדרך כלל המטלה אינה מובנית וחד משמעית, ביצוע המטלה יכול להמשך זמן רב, היא מאפשרת ומצריכה עבודת צוות, יש בה שימוש רחב בכלי רפלקסיה והערכה עצמית (ברינבוים, 1997). מטלת ביצוע נותנת ביטוי לסגנונות למידה שונים ומאפשרת לשלב כישורים נוספים: כמו יצירתיות ומקוריות, לרוב מפתחת מיומנות של חקירה וביקורתית. מטלת ביצוע מאפשרת להעריך את תהליך הלמידה ולא רק את התוצר, הערכה שלה מתבצעת לפי מחוון הכולל תקני תוכן, תיקני ביצוע (מיומנויות) וממדים נוספים שהלומד צריך לרכוש, להפגין ולהיות מסוגל לעשות בהם שימוש. הערכה במטלת ביצוע נמשכת ומלווה לרוב מהנעה של התלמיד ובהגברת המוטיבציה (נוסינוביץ וחוב', 2000).

בהוראה ישירה ובדיונים בכיתה נחשפים התלמידים למימדי ה-RRI דרך השימושים שהיו בעבר בעפרות והשפעותיהם (יחידה שפותחה במכון ויצמן). בשלב מאוחר יותר בהוראה ישירה במליאה נלמד ידע בסיסי על ההרכב הכימי של הפלסטיק (במצגות, נספח), התלמידים בודקים את ההשפעות שיש לייצור ולצריכה של מוצרי פלסטיק דרך מימדי ה-RRI מנקודות מבט שונות, במליאה מציעים ובוחרים התלמידים בנושאים המשמעותיים בהם ירצו להתמקד במשימתם, במשימה קבוצתית המושתת על למידה בדרך של פתרון בעיות (PBL) התלמידים נדרשים לחפש, למיין ולנתח מידע וקשר בין מושגים ורעיונות, להעריך ולפרש את היתרונות שיש לשימוש בחומרי פלסטיק לצד ההשפעות שיש לחומרים אלו על הסביבה והחברה האנושית. במשימה הקבוצתית לאחר דיון פנימי שמבצע כל תלמיד עם עצמו הוא משתתף בדיון קבוצתי, בו נדרש להסביר את מערכת הערכים האישית שלו, להמליל את תפיסותיו ורעיונותיו, להקשיב, לטעון. בדיון הקבוצתי התלמידים נדרשים לארגן את חשיבתם, והוא גם מאפשר לזהות את התפיסות השגויות ואת הבעיות (איים קיימת) בהבנת הידע. את התובנות שאספו מציגים התלמידים במטלת ביצוע- תערוכה אותה התלמידים מארגנים בעצמם. בבניית התערוכה על התלמידים לנסח את מטרות התערוכה תוך התייחסות לקהל היעד העתיד לבקר בתערוכה, לרעיונות ולמידע המרכזיים אותם מעוניינים להעביר, לחוויה ולהתנסות אותה ירצו שהמבקרים בתערוכה יחוו, תיכנון התערוכה דורש הפעלת שיקול דעת בבחירת התכנים, תיכנון לוח זמנים, שיתוף פעולה בתוך הקבוצה ובין הקבוצות בכדי לקשור בין הדגמים בתערוכה וליצור רצף הבנתי של המבקרים בתערוכה, בניית התערוכה משלבת הזדמנויות להציג רעיונות והסברים מדעיים

בדרכים שונות, מקוריות ויצירתיות היא מאפשרת למורה להכיר את תלמידיו דרך התנסות שונה ואחרת.

נושא הפלסטיק מפגיש את התלמיד עם מיקום האדם כחלק ממערכת אקולוגית ואת אחריותו כלפיה. ביחידה יש נסיון לחזק את הזיקה בין התלמיד לסביבה שבה הוא חיי וכך להנחיל ערכים של אכפתיות ואחריות לסביבה ולמשאבים בהם האדם משתמש ושל צדק חברתי, היחידה משלבת פיתוח מודעות עצמית לתפקיד היחיד במערכת החברתית ויחד עם זאת הבנה של הצרכים הפיזיים של אוכלוסיית האדם ושל היתרונות שמוצא האדם בחומרי הפלסטיק. ההתנסות במשימה מעודדת את התלמידים לפתח מערכת ערכים פלורליסטית וחשיבה ביקורתית, התלמיד מתנסה בניתוח הסיבות להיווצרות דילמות ודן במגוון דרכי הפעולה הקיימות במטרה לתת את המענה היעיל ביותר לאוכלוסייה. היות שהיחידה מזמנת דיון בדילמות המפגישות ערכים מתנגשים היא משלבת העמקת ההבנה של המושגים: אזרחות, זכויות האזרח ומחויבויות.

1.5. הצעות לשילוב היחידה ברצף ההוראה:

בתיכון במסגרת ה-30% של ההיבחנות הפנימית, במבנית בחירה פולמרים. הפעילות כוללת הערכה חלופית בנושאים: מבוא לעידן הפלסטיק, תהליכי פילמור, מונומור, תנאי פילמור, פולימרים תרמופלסטיים ואלוסטומרים מיחזור (פלסטיק ואיכות הסביבה), סיבים טבעיים וסינתטיים, מסיסות של פולמרים.

בחטיבת הביניים במסגרת לימודי האקולוגיה בשכבה ח', הפעילות כוללת הערכה חלופית בנושאים: חומר אורגני, מיחזור החומר האורגני בטבע, חומר שאינו מתכלה, מושגים בסיסיים: פולימר, מונומר, סוגי פלסטיק.

2. שאלות המחקר

- א. האם למידת הנושא "פלסטיק והשפעתו על הסביבה" תשפיע על עמדות התלמידים בנוגע לשילוב מימדי ה-RRI במחקרים מדעיים?
- ב. באיזו מידה תשפיע הערכה חלופית של הקמת התערוכה על העמקת הידע וההבנה של החומר המדעי הנלמד?
- ג. כיצד תשפיע הערכה חלופית של הקמת תערוכה על הפן האפקטיבי (הרגשי) והקשרים הבין אישיים של הלומדים בינם לבין עצמם ובינם לבין המורה?

3. מתודולוגיה- שיטות וכלי המחקר

3.1. אוכלוסיית המחקר

23 תלמידי כיתה ח' מחט"ב יונתן, רעננה (חט"ב ממלכתית רגילה) השתתפו בלמידת היחידה (11 בניים, 12 בנות)

3.2. גישת המחקר

המחקר הנוכחי מבוסס על העיקרון של מחקר איכותני, עם זאת הוא משלב כלים של מחקר כמותי ניסויי

3.3. כלי המחקר

שאלון עמדות הבנוי מ-21 היגדים ומחולק לשני חלקים, החלק הראשון מתאר את עמדות התלמידים לגבי סוגיות מחקר (על חלק זה השיבו פעמיים 21 תלמידים, נספח 1) החלק השני מתאר את עמדות התלמידים לגבי הערכה חלופית באמצעות בניית תערוכה (על חלק זה השיבו פעמיים 11 תלמידים, נספח 1), את השאלון מילאו נהתלמידים פעמים: פעם אחת לפני ההתערבות ופעם אחת בסיומה. השאלות בשאלונים חולקו לשמונה קטגוריות, חמש קטגוריות בדקו את עמדות התלמידים לגבי סוגיות מחקר: מחויבות ומעורבות, חינוך מדעי, שוויון מגדרי, נגישות למידע, אתיקה ופיקוח ושלוש קטגוריות בדקו את עמדות התלמידים לגבי הערכה חלופית באמצעות בניית תערוכה: אוירה בכתה, מסוגלות אישית, רכישת ידע.

- השאלון נבנה על די פרופ' רון בלונדר ועבר תיקוף בעבר על ידי Irresistible Israel, מכון ויצמן.
 - בשאלון שולבו גם היגדים שנוסחו בדרך השלילה על מנת לאמת את תשובתיהם העקביות של התלמידים.
 - שני תלמידים מילאו את השאלון פעם אחת בלבד ולכן תשובותיהם לא נכללו באיסוף הנתונים.
- תצפית בכתה**, חלק ניכר מהעבודה בקבוצות: הלמידה הקבוצתית, תכנון הדגם וחלק מבניתו נעשו בעבודה קבוצתית בכתה.
- חמישה **ראיונות אישיים חצי מובנים**: לראיונות נבחרו תלמידים בעלי הישגים שונים במדעים, תלמידה שהישגיה מעולים, תלמיד ותלמידה שהשיגיהם טובים-בינוניים, תלמיד ותלמידה שהשיגיהם במדעים נמוכים. (בשל תקלה טכנית הראיונות לא הוקלטו, עיקרי הראיונות תועדו בכתב במהלך הראיון ובסיומו).

בעקבות הראיונות האישיים עלה צורך לבדוק אם חלק מהתגובות מייצגות ומשותפות לרוב התלמידים ולבדוק את הלך הרוח הכיתתי, לכן בוצע **שיח כיתתי במליאה**.

3.4. מהלך המחקר

- א. העברת החלק השני של השאלון המתאר את עמדות התלמידים לגבי הערכה חלופית באמצעות בניית תערוכה
- ב. העברת החלק הראשון של השאלון המתאר את עמדות התלמידים לגבי סוגיות מחקר
- ג. חשיפה לממדי ה-RRI דרך למידת היחידה על השימושים שהיו בעבר בעופרת והשפעותיהם (היחידה פותחה על ידי Irresistible Israel, מכון ויצמן)
- ד. (לאחר כחודשיים) במליאה : למידה משולבת מצגת (נספח 2) בנושא : ההרכב הכימי של הפלסטיק וסוגי הפלסטיק המהווים רקע מדעי לחקר הקבוצתי
- ה. הסבר על מטלת הביצוע הכיתתית : תערוכה.
- ו. מטלה קבוצתית : לאחר קריאת מידע ודיון בו מציגים התלמידים היבטים מנקודות מבט שונות המושתתות על ממדי RRI בהשפעות ייצור וצריכת מוצרי פלסטיק, כל קבוצה מציעה נושאים שחשוב להציג בתערוכה.
- ז. שיח כיתתי במליאה : הצגת ההצעות לנושאים של הקבוצות, בחירה כיתתית בנושאים המתאימים להצגה בתערוכה, בחירה של כל קבוצה בנושא אותו מעוניינת לחקור ולהציג, העברת מחוון לתערוכה.
- ח. עבודה קבוצתית, חקר קבוצתי על הנושא שנבחר : איסוף מידע, הכוונה של המורה, למידה משותפת, תימצות המידע
- ט. תיכנון דגם התערוכה ובנייתו
- י. הצגת הדגם בפני המליאה בשילוב הסבר על המידע שנאסף והמללת התובנות הקבוצתיות בפני כל הכתה, הצעות לשיפור ולתיקון הדגם על ידי כל תלמידי הכיתה.
- יא. בניית התערוכה
- יב. העברת שני חלקי השאלון שוב.

3.5. עיבוד הנתונים

לשם עיבוד הנתונים נקבעו המדדים הסטטיסטיים הרלוונטיים : ממוצע, סטיית תקן, מבחן t עבור מקדם רגרסיה המאפשר לקבוע האם מקדם הרגרסיה מובהק סטטיסטית. לצורך עיבוד הנתונים שנאספו מהשאלונים התלמידים התבקשו לדרג את מידת הסכמתם, לכל היגד ניתן דירוג מ-1 ל-5, על פי המדרג הבא : 1- איני מסכים/ה בכלל : 5- מסכים/ה מאוד (עבור היגדים המנוסחים על דרך השלילה נעשה ההיפוך הדרוש לצורך התאמה).

3.6. אתיקה מחקרית

השאלונים אנונימיים - לא משפיעים על הציון.

ניתן אישור מיוחד של המדען הראשי להעביר את השאלון בבית הספר.

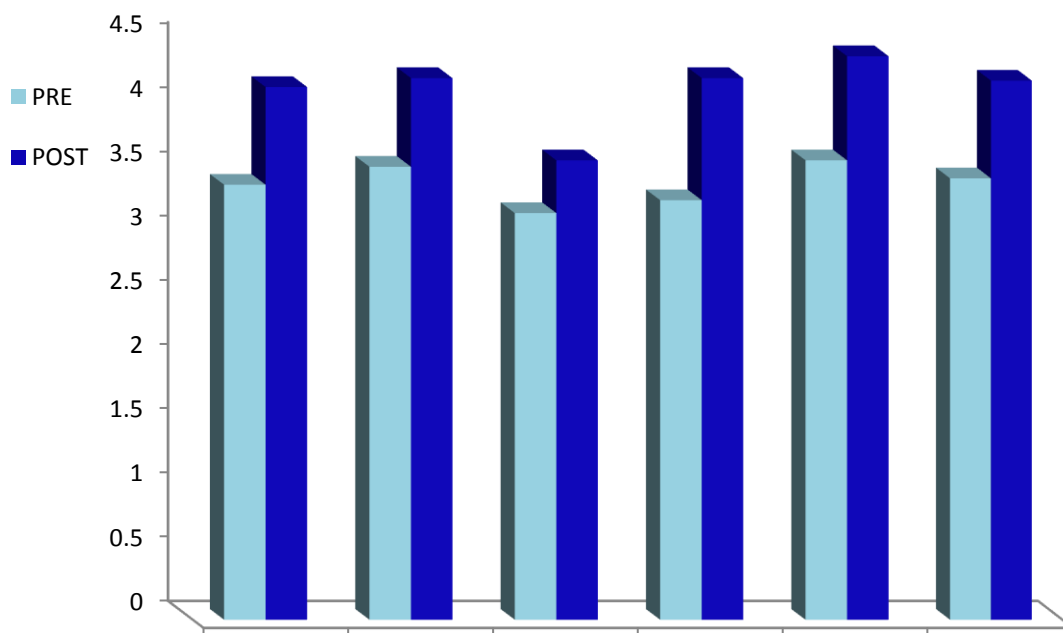
ניתן אישור ממנהלת בית הספר לבצע את ההתערבות.

4. תוצאות

תוצאות החלק הראשון של השאלון המתאר את עמדות התלמידים לגבי סוגיות מחקר, לפני ואחרי הפעילות מוצגים בטבלה 1 ובגרף 1.

טבלה 1

מובהקות סטטיסטית P	סטיית תקן לשאלון לאחר הפעילות	ממוצע לשאלון לאחר הפעילות	סטיית תקן לשאלון לפני הפעילות	ממוצע לשאלון לפני הפעילות	מספר תלמידים שמלאו את השאלון	מספר שאלות בשאלון	קטגוריה
4.26E-06 = 0.00000426	0.46	4.38	0.80	3.57	21	6,8	אתיקה
4.36E-05 = 0.0000436	0.59	84.22	0.92	3.27	21	4,12	גישה חופשית למידע
0.016965	0.79	3.55	0.83	3.12	21	3,10	שוויון בין המינים
1.14E-06 = 0.00000114	0.66	4.21	0.78	3.50	21	2,9	חינוך מדעי
2.21E-05 = 0.0000221	0.47	4.12	0.67	3.35	21	1,7	מחויבות ומעורבות
8.12E-05 = 0.0000812	0.74	4.20	0.74	3.45	21	5,11	פיקוח



עיבוד סטטיסטי לפי מבחן t-Test
 * P<0.05
 **** P<0.0001

מחוייבות ומעורבות ****
 חינוך מדעי ****
 שוויון מגדרי *
 נגישות למידע ****
 אתיקה ****
 פיקוח ****

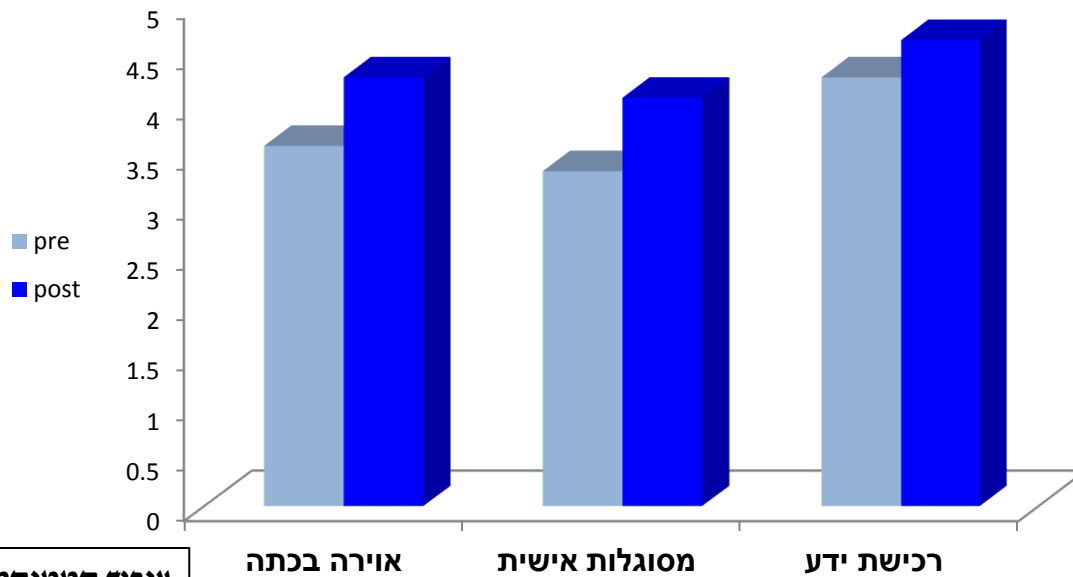
הסבירות שערך המובהקות הסטטיסטית $p < 0.05$ יהיה נמוך (או נמוך אף יותר $p < 0.0001$) מתוצאות שנאספו באופן אקראי נמוכה מאוד, לכן יש סבירות גבוהה שהשינוי בתוצאות נובע מההתערבות.

תוצאות החלק השני של השאלון המתאר את עמדות התלמידים לגבי הערכה חלופית של הקמת תערוכה, לפני ואחרי הפעילות מוצגים בטבלה 2 ובגרף 2.

טבלה 2

מובהקות סטטיסטית P	סטיית תקן לשאלון לאחר הפעילות	ממוצע לשאלון לאחר הפעילות	סטיית תקן לשאלון לפני הפעילות	ממוצע לשאלון לפני הפעילות	מספר תלמידים שמלאו את השאלון	מספר שאלות בשאלון	קטגוריה
0.083	0.44	4.27	0.97	3.59	11	4,5	רכישת ידע
0.002	0.60	4.07	0.87	3.34	11	1,2,7,8	מסוגלות אישית
0.031	0.48	4.64	0.75	4.27	11	6	אווירה בכתה

גרף 2



עיבוד סטטיסטי לפי מבחן t-Test
* P<0.05

מטבלה 2 וגרף 2 ממוצע דרוג התלמידים את הסכמתם להיגדים עלה בכל הקטגוריות, קיימת מובהקות סטטיסטית בדרוג התלמידים את תפיסת המסוגלות העצמית והאזירה בכתה לפני ואחרי ההתערבות : הערכה חלופית של הקמת תערוכה, המעידה על שינוי משמעותי בעמדות התלמידים לפני ואחרי ההתערבות.

5. דיון בתוצאות ומסקנות

5.1. מגבלות המחקר :

המחקר הנוכחי נעשה בחטי"ב יונתן ברעננה במגזר הממלכתי עבור קבוצת לימוד אחת על ידי מורה אחת, גודל המדגם מצומצם, המדגם לא מייצג את כלל אוכלוסיית ישראל. לצורך הסקת מסקנות והכללת התוצאות על כלל האוכלוסייה יש צורך לבצע את המחקר על מדגם מייצג. בנוסף, קיים קושי לבצע הזרה- לבצע את המחקר כחוקרת ולא כמורה, מעורבותי האישית, מוערבות תלמידי והקשר שנוצר עם התלמידים עלולים לפגוע במיהמנות המחקר ובתוקפו.

5.2. השפעת ההתערבות על עמדות התלמידים בנוגע לשילוב מימדי ה-

RRI במחקרים מדעיים

לפי התוצאות (טבלה 1, גרף 1) יש התאמה בין למידת הנושא : שימוש וייצור מוצרי פלסטיק דרך ממדי RRI לבין ההשפעה על עמדות התלמידים, ממוצע דרוג התלמידים את הסכמתם להיגדים עלה באופן משמעותי בכל אחת מהקטגוריות, בכל הקטגוריות קיימת מובהקות סטטיסטית שכוללת בעיקר בחמש קטגוריות בהן $p < 0.0001$: פיקוח, אתיקה, נגישות למידע, חינוך מדעי, מחוייבות ומעורבות, המעידה על שינוי משמעותי בעמדות התלמידים לפני ואחרי ההתערבות. בראיונות האישיים אחת התלמידות הסבירה את החשיבות שיש לשילוב נושא ה-RRI בהוראת המדעים : " כל הנושאים של מחקרים מדעיים שדיברנו עליהם מאוד חשובים לכל האנשים ולא רק למקצוע מדעים. כשלמדנו על הפלסטיק או על העופרת אף אחד לא שאל שאלות כמו : למה אני צריך את זה בכלל?, ברור לכולם שזה ידע לחיים, הנושאים האלו קרבו את נושא המדעים אל המציאות וסיפקו הסבר למה חשוב שכולם ילמדו מדעים ולא רק מי שרוצה להרחיב מדעים בתיכון". תלמידים נוספים הוסיפו הסברים למשמעות שיש ללמידת נושא רלוונטי הקשור לחיי היום-יום של התלמידים, מדבריו של תלמיד : "יותר נהנתי כשלמדנו על הפלסטיק, כי העופרת זה משהו שהיה פעם וכשלמדנו על פלסטיק בדקנו מה קורה היום, לדעתי חשוב שכולם ילמדו מדעים בכדי שיוכלו להבין כל מיני מחקרים וחשוב שכל האזרחים יהיו מעורבים ויבינו את ההשפעה שיש לכל מחקר", אחת התלמידות תארה את ההקשר שעשתה בין הלמידה בכיתה לבין עולמה האישי : "הנושא מאוד השפיע עלי, אחרי שלמדנו, כשסבתא קיבלה תרופה חדשה היה חשוב לי לקרוא את האותיות הקטנות, בפרסומות חשוב לי לדעת מי פרסם? אם היו מניעים אישיים בפרסום?". תלמידה נוספת הסבירה שהנושא של מחקר חדשני

ואחראי "משלב הסטוריה ומדעים, מלמד אותנו ללמוד מההסטוריה ולא לחזור על טעויות שנעשו. ידעתי שפלסטיק מזהם אבל עכשיו הבנתי שיתכן שהמוצרים שאני משתמשת בהם כל יום יכולים לפגוע מאוד בסביבה ובסופו של דבר גם בי ושאיני צריכה להיות יותר זהירה בשימוש של מוצרים חדשים כי יכול להיות שיש להם השפעות לא טובות". תלמיד נוסף סיפר על חווית הלמידה והמשמעות האישית שהייתה למידע שחקר עם קבוצתו: "לא חשבתי שחוקרים יכולים לשנות מידע או לפרסם רק את מה שמתאים להם, הייתי בטוח שכשמפרסמים משהו בודקים אותו לפני כן, בקשר לפלסטיק, לא חשבתי שבשקיות מתכלות יתכן שיש פלסטיק OXO פלסטיק עם תוסף שהוא עצמו יכול לפגוע בסביבה, בגלל זה כל כך התלהבנו כשמצאנו בעצמנו מחקר לא אחראי: אתרים באנגלית שאמרו שהפלסטיק עם התוסף ידידותי לסביבה ושאינו בו מתכות שפוגעות ומצד שני באתרים בעברית ראינו שהתוסף בו מזיק לסביבה והוא לא מתכלה לפי התקן הישראלי". בשיח במליאה התלמידים הדגישו את חשיבות הנושא לכלל האוכלוסיה, בנוגע לייצור ושימוש במוצרי פלסטיק, התלמידים ציינו שהבינו לעומק את הנזקים הנגרמים משימוש בפלסטיק, יחד עם זאת רוב התלמידים העידו בבושה שהם לא שינו את הרגלי הצריכה שלהם, התלמידים סיפרו שהמודעות בעקבות ההתערבות תרמה להתנהגותם: כל התלמידים סיפרו שיקפידו לזרוק פסולת לפחי אשפה ולא להשליך אותה לסביבה, רוב התלמידים יקפידו למיין את הפסולת, חלקם העידו שימינו את הפסולת בעקבות הפעילות (האחרים הקפידו גם לפני).

5.3. השפעת ההתערבות על העמקת הידע וההבנה של החומר המדעי

הנלמד

לפי ממוצעי התוצאות (טבלה 2 גרף 2) רוב התלמידים בקבוצה חשו שהעמיקו את הידע וההבנה של החומר המדעי בעזרת בניית תערוכה, בנוגע למובהקות הסטטיסטית: ($p > 0.05$) עבור ממצא זה כלומר, יתכן שהשינוי בממוצעים נובע מסיבה אקראית ולא מההתערבות. בראיונות האישיים התלמידים שיתפו וסיפרו על תחושותיהם בנוגע לרכישת הידע בעקבות הפעילות (רוב התלמידים בתשובותיהם השוו בין הערכה החלופית של בניית תערוכה לבין הערכה המסורתית של מבחן):

"היתה אפשרות ללמוד את החומר לעומק, ללמוד מה שמעניין אותנו, אפשרות לבחור להציג דברים כמו שאנו רוצות, השקענו המון, יותר מבכל עבודה שהגשנו עד כה גם בלמידה וגם במראה אבל נהנו מאוד מאוד גם מהכנת התערוכה ובעיקר מהתגובות"

"בתערוכה לומדים בכיף לכן הדברים נשארים איתך, לא לומדים רק למבחן ולומדים הרבה יותר, חשבתי שאני יודעת הרבה דברים על הפלסטיק ושאינו מה לחדש לי, התברר שהיו הרבה דברים שלא ידעתי, לא היה לי מושג שהנזק של הפלסטיק באוקיאנוסים כל כך גדול... חיפשנו נושאים שיענינו, אני זוכרת שקראנו על הלוייתן שמעלה גרה ויש לו בקיבה כמה חלקים כאשר שקית נתקעת ביניהם הוא מת... וראינו תמונה שלו, לא יכולנו להפסיק לקרוא זה היה מעניין ועצוב."

"הכנת תערוכה יותר חווייתית ומהנה מאשר מבחן אבל במבחן לומדים קצת יותר מידע... בשביל ילדים שנוהגים להתחיל לעבוד ברגע האחרון כמוני, בניית תערוכה נשארת באוויר ועלולה לגרום

לסיבוכים למיניהם... אני חושבת שאם הינו מתכננים טוב יותר את הזמן ולא מבזבזים אותו על יותר מידי רעיונות יכולנו להיות יותר מעשיים ולבצע את העבודה והחקר יותר טוב" "למדתי המון דברים בזכות התערוכה, למבחן לא הייתי לומד הרבה, ובתערוכה למדתי מלא דברים שלא ידעתי ושלא הבנתי לפני כן: מה זה חומר אורגני, על מפרקים בטבע, איך רושמים תגובה כימית, מה זה גופרית ודברים נוספים: לחשוב מחוץ לקופסא, לתמצת מידע" "למדתי הרבה יותר מאשר במבחן, איך נוצר הפלסטיק?, מהם החסרונות של שקית פלסטיק". מהראיונות האישיים ומתוצרי הפעילות (דגמי התערוכה) חשתי שהילדים שהשגיהם היו טובים מאוד במדעים והתלמידים שהשגיהם היו נמוכים חוו למידה משמעותית, חלק מהתלמידים שהשגיהם היו בינוניים נתקלו בקשיים לבצע את המשימה. השיח הכיתתי תמך בממצאים בקבוצה: חלק מהתלמידים שהשגיהם בינוניים דיווחו שלדעתם היו לומדים באופן רציני ומעמיק יותר לו נבחנו במבחן. בראיונות האישיים שני תלמידים התייחסו ליתרון של הלמידה המהנה המשולבת בבחירה האישית ובתהליך החקר בשמירת המידע לטווח ארוך יותר. "ניתנה אפשרות לכל קבוצה לשמר את המקוריות שלה, ולצאת למקומות והיצרניות שהיא רוצה"... "כל אחד נותן חלקים מעצמו, זה יותר כיף וכשלומדים בדרך כייפית זוכרים את זה יותר טוב" בהוראה ישירה המידע לא נשאר לאורך זמן יש קושי ליישם את החומר הנלמד כיון שהיא מציעה דרך אחת אחידה משותפת לכל התלמידים. הלמידה תלויה במגוון גורמים הקשורים: בחומר, במורה ובעיקר בתלמיד. מתן אפשרות בחירה מתייחסת למוטבציה הפנימית של התלמיד ולהעדפותיו. הדרכה ישירה מצמצמת את ראיית העולם של התלמידים ומגבילה את החשיבה למציאת תשובה אחת נכונה. יש ללמד לא רק את הידע אלא גם מיומנויות במקצוע בכדי לצייד את התלמידים ביכולות לנתח מצבים משתנים ובלתי צפויים. דוגמה למשימה המשלבת רכישת מיומנות במקצוע: חיפוש פעיל של התלמיד לקבלת מידע ובדיקתו באופן רפלקטיבי, (Kuhn, 1989). חופש הבחירה משמעותי לפיתוח תהליך ההכוונה העצמית. תלמידים שניתנה להם אפשרות בחירה במטלות היו בעלי הנעה פנימית גבוהה יותר מאשר תלמידים שביצעו מטלות שהוכתבו להם. (דיסי וחוב', 1991) התצפית בכתה נותנת הסבר אפשרי לתחושות שהועלו: התלמידים שהשגיהם טובים מאוד התלהבו מיד מהמטלות, חקרו את הנושאים לעומק, התעניינו במידע שמצאו, ניכר שאותגרו והשקיעו מאמצים וזמן רב בחקר לתערוכה (ואיתגרו אף אותי בהבנה ובמתן הסבר למידע שמצאו), הם הכינו תוצרים מעולים וזכו להתפעלות של מבקרים רבים בתערוכה. התלמידים שהשגיהם היו נמוכים, "זכו" להוראה פרטנית מותאמת, לראשונה בכתה ההטרוגנית ניתנה להם אפשרות ללמוד ולעבוד בקצב המתאים להם, הם ביקשו הסברים והכוונה, דרשו הסבר נוסף להסבר שנשמע בכיתה, בנוסף ההשגים שלהם נמדדו לפי תהליך הלמידה כולו והתוצרים ביחס לעצמם (ולא ביחס לתלמידי הקבוצה), הם הגישו תוצרים מושקעים וחלקם לראשונה חוו חוויות הצלחה בין כותלי בית הספר, התוצרים חזותיים ויש להם נראות רבה, אנשי צוות ותלמידים התפלאו והחמיאו, אין ספק שעבורם הפעילות היתה מעצימה. בהשוואה אליהם התלמידים שהשגיהם בינוניים התלהבו מהרעיון אך היו אבודים בשפע המידע והאפשרויות, הם הוכיחו יכולת ניווט מסויימת בים המידע וכאשר הצעתי עזרה הם דחו את הצעותיי ונתנו הסברים לפיהם ניכר היה שיש להם ידע בסיסי בנושא, הערכה החלופית דרשה: משמעת עצמית, אחריות, ארגון ועמידה בלוח זמנים, יתכן שחלק מהתלמידים התקשו לגייס את

שהערכה החלופית דרשה, תלמידים אלו למדו למידה שיטחית יותר, לא העמיקו בתהליך החקר באופן רחב והידע שרכשו היה בתחום המצומצם אותו הציגו. כל התלמידים בקבוצה סיפרו שלמדו ופיתחו מיומנויות נוספות מעבר לאלו הנדרשים בהערכה המסורתית: מבחן. בעיקר צוינו המיומנויות החברתיות שפיתחו, היצירתיות והמקוריות. בניית התערוכה נותנת מענה לשונות של הלומדים, החקירה מפתחת תובנות ומחזקת את הקשר עם הסביבה תוך כדי למידה חווייתית מהנה.

5.4. השפעת ההתערבות על הפן האפקטיבי (הרגשי) והקשרים הבין

אישיים:

הקשר שבין המורה לתלמיד ובניית האמון בין מורה לתלמיד, הם בעלי חשיבות גדולה מאוד לקידום הלמידה, הם מהווים גורם השפעה משמעותי על הרגשות, השאיפות ודרך החשיבה של התלמיד (Watson, 2003) לפי ממוצעי התוצאות (טבלה 2 גרף 2) רוב התלמידים חשו שהאווירה בכיתה השתפרה בעקבות הקמת התערוכה, קיימת מובהקות סטטיסטית ($P < 0.05$) בדרוג התלמידים את הסכמתם לשיפור האווירה בעקבות הקמת התערוכה. בראיונות האישיים התלמידים תארו את תחושותיהם במהלך ובסיום הפעילות:

"אני מאוד נהנתי, בהתחלה ראיתי איך כולם עושים דגמים, ואז גם אני עשיתי, והיה לי ממש כיף להכין הכל...אני מרוצה מהדגם שעשיתי ושמעתי עליו הרבה מחמאות"

"בהכנת התערוכה כולם עושים ועוזרים לכולם, הכנת התערוכה מגבשת ומהנה... לומדים להכיר תלמידים נוספים ואת הכישרונות שיש בכיתה"

"היה איחוד ושיתוף פעולה בין חברי כל הקבוצה ולקראת הסוף היה שיתוף פעולה גם בין כל חברי הכיתה, בפעם הראשונה עשינו משהו לימודי ביחד ככיתה הקבוצות עזרו אחת לשנייה כי התערוכה היא של כולם...התערוכה עודדה שיתוף פעולה בין כל התלמידים"..."נהנתי שכל קבוצה קיבלה את החופש שלה ושהתאפשר לה ללמוד, לבנות ולצאת למקומות שהיא רוצה"

"הבאתי את הדגם שעשינו בפסח לכיתה, בנינו עצים מגלילים ופלסטלינה וזרקתי כמה שקיות בסביבה, אבל אז ראיתי את יתר הדגמים והתאכזבתי...הדגם שלנו היה ללא הסברים וגם הצורה שלו הייתה עלובה ידעתי שאני יכול יותר. את רבקה הלבורנטית עזרתם לנו והבאתם דבק חם, פרקנו את הדגם ובנינו מההתחלה... היה כיף לבנות את הדגם בזמן השיעור והיה כיף שהרגשנו שרוצים שנצליח, אנחנו בחרנו מה רצינו לעשות אבל אתן הייתן שם לעזור לנו"

"בהתחלה זה היה די מעיק, ביקשתי מאחת הקבוצות להצטרף אליהם והם אמרו שהם כבר התחילו בעבודה וחלקו ביניהם את העבודה, לאחר שמצאתי קבוצה, חברי הקבוצה לא קיבלו או הקשיבו לחלק מרעיונותי, היה בקבוצה משהו שהחליט שעושים מה שהוא רוצה וחלק מהמשתתפים לא היווה חלק ניכר מהעבודה, תהליך המחקר והתכנון לא היו מהנים במיוחד בגלל שכל הזמן פסלו והורידו חלקים מרכזיים. למרות זאת אני עדיין מעדיפה תערוכה, זה מלחיץ פחות וכשהכנו את הדגם עבדנו בשיתוף פעולה והיה יותר כיף"

במהלך התיווך בלמידה והתצפיות עלו לא מעט רגעים משמעותיים מאוד עבורי בהוראה, ראיתי את תלמידי מזוויות מבט נוספות, הבנתי והזדהתי עם חלק מהקשיים האישיים שגילו חלק מהתלמידים ושהכעיסו אותי לפני כן, רגעים שבהם הרגשתי שהצלחתי לתרום ולהניע את תלמידי: הלמידה לוותה בשיח כיתתי ופרטי עם התלמידים בקבוצת הוויטסאפ, התלמידה שהתקשתה למצוא קבוצה יצרה עימי קשר במהלך חג הפסח, חשתי בקושי ונפגעי עמה כאשר אחת הקבוצות דחתה את בקשתה להצטרף אליהם ושמחתי איתה על התוצר המצויין שהציגה עם קבוצה אחרת אליה הצטרפה. במהלך הצגת הביניים של הדגמים, תלמידת שילוב בקבוצתי שהישגיה היו נמוכים מאוד במקצועות הנלמדים, העבירה את הדגם שעשתה בקבוצתה מהמעבדה אל חדר ההכנה, הדגם: ברווז מעיסת נייר שביטנו מלאה בפסולת פלסטיק, נבנה בהמשך לכתבה שסיפרה על ברווז שנמצא מת באחד מחופי הארץ לאחר שנחנק מפסולת פלסטיק, תלמידי השכבה שלא מהווים חלק מהקבוצה התאספו מסביבה, התלהבו והחמיאו על הדגם. לראשונה בבית הספר פגשתי את התלמידה זקופה מסבירה בגאווה ובאופן ברור את הרקע ליצירת הדגם, אין ספק שהצגת הדגם העצימה אותה והציגה אותה באור שונה בפני התלמידים.

אחד מתלמידי לרוב כועס ולא מרוצה, בישיבות הפדגוגיות כל המורים הציגו את הבעיות הרגשיות והחברתיות המלוות את האינטרקציות עימו. התלמיד סרב בתקיפות לעבוד בקבוצה ולכן הגיש את המטלה לבד, הוא הציג בפני המליאה דגם של מונומרים המרכיבים סוגים שונים של פולימרים - פלסטיקים מסוגים שונים. הפוסטר שהכין הציג מידע משמעותי ומורכב ועל כך זכה למחמאות שלי ושל חברי הכיתה, בסיום ההצגה הוא חייד!!! וכשהציעו לו "לשפר" את הדגם הוא הביע רצון מבלי להתלונן.

אחת הקבוצות הורכבה מתלמידות שהשגיהן במדעים היו מעולים, התלמידות חששו לשתף את הכיתה כולה בדגם שעשו וכל הזמן הביעו ספק מאופן מתן הציון, למרות ההסברים החוזרים שלי שהתערוכה היא תוצר משותף שלנו ככתה. בהצגת תוצרי הביניים הן נאלצו להקשיב להערות הבונות שקיבלו מתלמידי הכיתה- תלמיד יצרתי במיוחד הציג להעמיד דמויות אנשים כדוברים וההצעה תרמה מאוד לדגם. הבנות השקיעו מאמצים רבים ולאחר העזרה שקיבלו הן שיתפו ועזרו מאוד ליתר הקבוצות, סיכום מעמיק שעשו שרת את כל הדגמים שנעשו בתערוכה, לקראת סוף הפעילות הן הסבירו והנחו ברצון ליתר התלמידים, מהפעילות הן למדו לעזור ולהעזר- זוהי לדעתי למידה שיתופית.

באחד מימי רביעי, תלמידי השכבה קיבלו אישור לא להגיע לשעתיים הראשונות (מאחר שהיו בהצגה ערב לפני עד שעה מאוחרת), למרות זאת הגיעו שלושה תלמידים מקבוצתי ועוד מספר תלמידים מהקבוצות האחרות, את התלמידים כינסנו יחד במעבדת מדעים, תלמידי הקבוצות האחרות התבקשו למצוא כתבות ומאמרים בנושאי אקולוגיה, תלמידי התבקשו להמשיך בעבודתם ואני מצאתי הזדמנות לעבוד באופן פרטני עם אחד מתלמידי שהשגיו בלימודים היו מהנמוכים ביותר בשכבה, במהלך העבודה חיפשנו יחד חומר, הראתי לו גופרית, דיברנו על ההבדל בין ההתבוננות על החומר במקרו ובמיקרו, יחד החלטנו איך יראה הדגם, לראשונה ראיתי את תלמידי עובד בחריצות! בשיעור

שלאחר מכן הוא וחבריו הגיעו עם הדגם שהוא התחיל, הוא הוביל והנחה את כולם, כאשר הוצגו הדגמים הוא זכה לשבחים רבים.

תלמיד נוסף שהשיגו בלימודים היו בינוניים אך הוא מרבה להפריע בשיעורים ובעל הערות התנהגות רבות, הפריע בזמן העבודה בקבוצות והתלונן שאין לו מה לעשות, בהכוונה מתאימה ובעזרת תלמידי הכתה, נרתם גם הוא להשקיע במטלה: לאחר שבחר נושא מהנושאים שהוצגו לתערוכה, גיבשו יחד את תתי הנושאים אותם יחקור הוא חקר לעומק את נושא המחזור, אסף מידע רב, תמצת את המידע, לאחר מכן קראנו יחד את המלל והחלטנו על השינויים הדרושים. התלמיד השקיע רבות בדגם שבנה הופתעתי כאשר ניגש אלי באחד השיעורים בהם לימדתי כתה אחרת (כתה ז') וביקש לקחת את עבודתו שהשאיר בבית הספר, בסיומם של שיעורים בהן לימדתי כתה ז', ניגש אלי למעבדה והציג בפני ובפני הלבורנטית בגאווה את הדגם שעשה, הסביר על כוונתו להוסיף בדגם הסבר כיצד ניתן לשלב מיחזור פלסטיק בפוליאסטר ובבדים, צוות בית הספר והתלמידים הופתעו מהרצינות והחריצות שבהן עבד להכנת הדגם.

תלמידים טובים יחשו טוב לגבי עצמם, יהיו קשובים לסביבתם ויהיו בעלי ערך עצמי גבוה, הערך העצמי נבנה בעזרת יכולות מוכחות בבית הספר ותחושת מסוגלות אישית ויש להם השפעה ישירה על הישגי התלמידים, בפיתוח האמונה ביכולת לבצע משימה מסויימת (דיסי וחוב', 1991). לתחושת התערוכה איפשרה לי ליצור קשר אישי והכרות טובה יותר עם תלמידי, העצימה וחיזקה בהם את תחושת המסוגלות העצמית.

6. המלצות וסיכום

6.1. המלצות לשדה המחקר

לצורך הבנה נרחבת של השפעות ההתערבות יש לבחון את ההתערבות במחקר עתידי שיבדוק את אותו ניסוי באוכלוסייה רחבה מרבדים סוציו אקונומיים שונים ובאוכלוסיות שונות. מעניין היה לבדוק עוד מספר שנים את הידע שנשאר מהפעילות ואת השפעותיה על חיי היומיום, האם הפעילות הצליחה ליצור שינוי בהרגלי הצריכה ובהתנהגות התלמידים?

מחקר עתידי מעניין נוסף יהיה בהשוואה בין חקר, הבנה והצעת פתרונות לדילמות מדעיות של תלמידים שהתנסו בפעילות ושל תלמידים שלא התנסו בפעילות, וכך ללמוד על המיומנויות הנוספות בהם צויידו התלמידים.

6.2. המלצות לשדה החינוך

ממצאי המחקר הנוכחי מהווים בסיס להמלצות לשדה החינוך, מההתנסות כדאי לדעתי לעצב תוכנית לימודים דומה שתשלב לימודי מדע עם שיח וחקר סביב דילמות אתיות במחקר המושתתים על ששת ממדי rzf, תוך עידוד התלמידים לבטא ולהסביר את תפיסותיהם, התבוננות ממספר נקודות מבט על פיתוחים מדעיים והשפעותיהם. תוכנית לימודים כזאת תפתח מודעות למתח החברתי שיוצרים

אינטרסים מנוגדים, תצייד את התלמידים ביכולת לנתח את הסיבות להיווצרותם, תפתח חשיבה מערכתית – תוך הכרה בגורמים המושפעים והבנה שהשפעה על גורם אחד יכולה להשפיע באופן משמעותי גם על גורמים אחרים ותקדם אמונה ביכולת התלמידים לחולל שינוי. אני ממליצה מאוד למקד את הפעילות בנושא הפלסטיק בשילוב הערכה חלופית של בניית תערוכה: הנושא מתאים לתכנים המדעיים בתוכנית הלימודים (גם בחט"ב וגם בתיכון), מאפשר להעמיק בידע המדעי ברמות שונות, הוא קרוב לעולמם של התלמידים, חקר השפעות ייצור וצריכת הפלסטיק הפגיש את התלמידים עם מיקום האדם כחלק ממערכת אקולוגית בסביבה ואת אחריותו כלפיה, הפעילות חיזקה את הזיקה בין התלמידים לסביבה והנחילה ערכים של אחריות ואכפתיות לסביבה לצד הכרה והבנה של הצרכים הפיזיים של האוכלוסייה, הכרת היתרונות שמוצא האדם בחומרים הפלסטיים והבנת האתגרים העומדים בפני המדע בפיתוח פתרונות.

שילוב הערכה חלופית של בניית תערוכה ושילוב חלק מבניית התערוכה בכתה הוציאו אותי ממקום הנוחות של תוכנית הלימודים המובנת, חששתי מאוד מחוסר הסדר והבלגן בכתה, במהלך בניית התערוכה תלמידים יצאו מהכיתה בזמן השיעור, חיפשו בבית הספר פסולת פלסטית לעבודתם וחששתי שיפריעו ליתר הכיתות. אך בניית התערוכה הפגישה אותי עם מצבים לא מוכרים, ספונטנים, היא אפשרה לי לבנות מערכת יחסים אישית עם תלמידי, להבין את הקשיים שלהם, להכיר את החוזקות שלהם, היא אפשרה לי "להגיע" אל חלקם ולבנות מערכת חשובה של אמון והבנה המיצרת בסיס מתאים ללמידה.

המלצות נוספות:

- בכדי לייצור ערוץ לחיזוק הקשר הבינאישי בין המורה והתלמידים ממליצה לבנות חלק מהתערוכה בכתה.
- נראה היה שלפחות לשתי קבוצות היתה בעיה של ניהול זמן ומשמעת עצמית, בכדי לסייע לתלמידים (בעיקר בגילאים הנמוכים של חט"ב) יתכן שעדיף לחלק את המשימה הגדולה לתתי משימות שיוגשו.
- בכדי להפיק חקר מעמיק יותר בכל הקבוצות יתכן שכדאי לשלב בתערוכה גם ציון עבור הוראת עמיתים- הוראה של הקבוצות על הנושא שחקרו.

סיכום (נמצא גם בסיום המצגת של תמונות התערוכה):

החלפתי נושא ושוב החלפתי ו...שוב החלפתי, חששתי שאם אאפשר לבנות חלק מהתערוכה בכיתה התלמידים יראו בכך שיעור חופשי ולא למידה...כריסטופר קולומבוס אמר "אתה לעולם לא תוכל לחצות את האוקיינוס עד שיהיה לך את האומץ לאבד את מראה החוף" (חצייתי את האוקיינוס עם כל פסולת הפלסטיק בתוכי 😊) החוויה הייתה משמעותית ומהנה, התאפשר לי לראות את תלמידי מנקודות מבט אחרות "כל עשב ועשב יש לו ניגון מיוחד משלו" כתב רבי נחמן מברסלב, היו תלמידים שמיד ניסחו, תכננו וביצעו חקירה מקיפה, התפעלתי מכיווני המחקר ומהעמקה בו! תלמידים אחרים נהנו מהחיפוש המשותף ושלפו רעיונות מצוינים אך התקשו לגייס משמעת עצמית בכדי לממש אותם.

גילתי גם תלמידים שהישגיהם בכל המקצועות נמוכים וגם בשיעור מדעים הם אבודים...עם הכוונה מתאימה וצמודה הם עבדו בחריצות הפתיעו את כולנו סביבם ובעיקר את עצמם! תלמידים העידו שיזכרו את הלמידה הזאת, אין לי ספק שתלמידים אלו לא ישכחו את חווית ההצלחה , קראתי פעם דברים של מאיה אנג'לו "אנשים ישכחו מה אמרתם ומה עשיתם אבל הם בחיים לא ישכחו איך גרמתם להם להרגיש" מודה לפרופ' רון בלונדר על ההכוונה והתמיכה, מודה לרבקה הלבורטניט בחט"ב יונתן , רעננה על עזרתה הרבה בתקופה לא פשוטה בחיי, מודה לתלמידי מקווה שהתלמידים שחו חווית הצלחה יזכרו את רגש ההצלחה זמן רב ויתעצמו ממנו.

רשימת מקורות:

J. Hansen Draft position statement on plastic debris in marine environments Fisheries, 15 (1990), pp. 16–17

D.W. Laist Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment Marine Pollution Bulletin, 18 (1987), pp. 319–326

H.K. Webb, J. Arnott, R.J. Crawford, E.P. Ivanova,(2013) Plastic degradation and its environmental implications with special reference to polyethylene terephthalate. Polymers, 5, pp. 1–18

National Research Council, 1995. Understanding marine biodiversity. National Academy Press, Washington DC

P.V.R. Snelgrove Getting to the bottom of marine biodiversity: sedimentary habitats BioScience, 49 (1999), pp. 129–138

<http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/Waste/PlasticBags-Super/Pages/default.aspx> - אתר המשרד להגנת הסביבה:

Derraik J. G. B., (2002).The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. Mar. Pollut. Bull. 44,842–852.

J.E. Stern, D. Elliott.,(1997) The Ethics of Scientific Research. A Guidebook For Course Development, New England Press, Hanover, London.

Reiss, M.J., (1999). Teaching ethics in science. Studies in Science Education, 34, 115-139

Owen R., Macnaghten P., Stilgoe J. (2012) Responsible research and innovation: from science in society to science for society, with society. Science and Public Policy, 6: 751760.

A Report on Responsible Research and Innovation for the European Commission MATTER, London (2011), http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/rri-report-hilary-sutcliffe_en.pdf

Barrows, H. S. (1996). Problem-based learning in medicine and beyond: A brief overview. New Directions for Teaching and Learning, 68, 3-12.

Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review, 16(3), 235-266.

Criswell, B. (2012). Reducing the degrees of freedom in chemistry classroom conversations. *Chemistry Education Research & Practice*, 13, 17-29

Schmidt, H. G., Loyens, S. M. M., Van Gog, T., & Paas, F. (2007). Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42(2), 91-97.

Kuhn, D. (1989). Children and adults as intuitive scientists. *Psychological Review*, 96, 674-689

בלונדר, ר'. שחם, א'. זמלר, א' (2015). באילו תנאים נאפשר החלפה של חלונות בית הספר בתאים סולאריים מבוססי-פרובסקיט? על כימיה, 26-32

בירנבוים, מ' (1997). חלופות בהערכת הישגים. רמות, תל-אביב

נוסינוביץ, ר'. דודי, ו' (2000), הערכה: אפשר גם אחרת. ירושלים: המרכז להוראת המדעים, האוניברסיטה העברית.

דיסי, א., ולרנד, ר"ג. (1991). מוטיבציה וחינוך: הפרספקטיבה של הכוונה עצמית. בתוך: חינוך החשיבה, 20, 36-54, מכון ברנקו-וויס לטיפוח החשיבה.

תוכנית הלימודים המותאמת (30-70) באתר מפמר כימיה:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/Chimya/TochniyotLimudimChadasha/Tochnit.htm

תוכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה חט"ב:

http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Tochniyot_Limudim/science_tech/TochnitMeodkenet/

Watson, M. (2003). *Learning to trust: Transforming difficult elementary classrooms through developmental discipline*, SF: Jossey-Bass.

8. נספחים

8.1. שאלון

חלק א' שאלון למדידת עמדות תלמידים לגבי סוגיות מחקר:

מטרת שאלון זה הינה ללמוד על עמדות תלמידים לגבי מקומם של מחקר אקדמי וחדשנות בחברה המודרנית.

השאלון הינו אנונימי, והשימוש בתעודת הזרות או במספר הטלפון היא לצורך שמירה על פרטיות הנשאל בעת ניתוח התשובות.

מספר תעודת זהות: _____, או מס' טלפון: _____

לפניך 13 היגדים, הינך מתבקש/ת לקבוע את מידת הסכמתך לכל היגד עפ"י המדרג הבא:
איני מסכים/ה בכלל ; 5 - מסכים/ה מאוד - 1

1. על מנת להחליט אלו נושאים לחקור, על מדענים להיוועץ בנציגי הקהילה האזרחית כגון: ארגונים לאיכות הסביבה, עמותות לזכויות אדם, גופים להגנת הצרכן וכו'.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאוד
-------------------	---	---	---	---	---	--------------

2. יש לשלב בבתי-הספר הרצאות של תעשיינים העוסקים בפיתוח מוצרים טכנולוגיים כגון: טלפונים סלולריים חדישים, יישומי מחשב וכו'.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאוד
-------------------	---	---	---	---	---	--------------

3. מדענים חייבים להקפיד על איזון בין מספר הגברים והנשים העוסקים במחקר.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאוד
-------------------	---	---	---	---	---	--------------

4. בכל תהליך מחקרי יש להקצות חלק מהתקציב לפרסומים והסבר לציבור על המחקר והשפעותיו.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

5. מחקרים באוניברסיטאות ובמוסדות להשכלה גבוהה חייבים לעמוד תחת פיקוח ממשלתי.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

6. הגבלות ותקנות לביצוע מחקרים באופן הוגן ומוסרי, יסייעו להבטחת איכות גבוהה של הישגים בתחומי המדע והטכנולוגיה.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

7. גופים המממנים מחקרים מדעיים צריכים להתייעץ עם מדענים, ולהחליט יחדיו מה הם נושאי המחקר הראויים למימון.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

8. מצופה ממדענים שיהיו בעלי תחושת אחריות חברתית, ושיפסיקו מחקרים שיש בהם השלכות חברתיות/סביבתיות שליליות.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

9. תכניות הלימוד במדעים בבתי הספר צריכות לכלול נושאים העוסקים בפתרונות מדעיים לבעיות חברתיות.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

10. יש לקיים שוויון מלא בין גברים לנשים בקבוצת המחקר.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

11. מתפקידה של הממשלה למנוע מחקרים ופיתוח מוצרים בעלי פוטנציאל שלילי או בלתי מוסרי.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

12. מדענים חייבים לאפשר גישה לתוצאות מחקריהם גם בקרב אוכלוסיות שאינן עוסקות בתחום המחקר.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

13. כמה פעמים, אם בכלל, השתתפת במסגרת שיעורי המדעים בכיתתך, בדיונים אשר עוסקים בעמדות שונות סביב פיתוחים הקשורים במדע וחברה (דוגמה לשאלות שיתכנו בהן עמדות שונות: "האם יש מקום לעודד פיתוחן של טכנולוגיות גרעין?" או "מה הם הסיכונים והתועלות בפיתוח יישומים ננוטכנולוגיים?")

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

14. רשום/רשמי אלו נושאים לדעתך, מתאימים לדיון והצגת עמדות שונות במדע
ובחברה, במסגרת לימודי מחקר ופיתוח של טכנולוגיות חדשות בתחומי רבייה
באדם:

(חלק ב') שאלון בנושא: הערכה חלופית, באמצעות בניית תערוכה:

ציינו באיזו מידה אתם מסכימים למשפטים הבאים-(המשפטים מנוסחים בלשון זכר אך
פונים לשני המגדרים) 1. איני מסכים/ה כלל , 5. מסכים/ה מאוד

א. אני יכול לתכנן תערוכה של תכנים מדעיים עכשוויים

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ב. יש לי מוטיבציה לתכנן ולבנות תערוכה מדעית

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ג. תכנון של תערוכה מדעית בנושא מסויים מאפשר לי להעמיק את הידע שלי בנושא

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ד. בנייה של תערוכה מדעית משפרת את היחסים בין התלמידים

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ה. בנייה של תערוכה מדעית משפרת את היחסים בין התלמידים לבין המורים

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ו. טכנולוגיה ומחשבים מהווים כלים מצוינים לפיתוח תערוכה מדעית

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ז. אני יכול ליצור תערוכה מדעית כדי להעלות את המודעות של הקהילה לנושאים מדעיים.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------

ח. באמצעות פיתוח של תערוכה מדעית אני יכול להשפיע על האופן בו המבקרים בתערוכה יקבלו החלטות הנוגעות לסוגיות חברתיות בנושאי מדע, טכנולוגיה וסביבה.

איני מסכים/ה בכלל	1	2	3	4	5	מסכים/ה מאד
-------------------	---	---	---	---	---	-------------