

"דברו אליי במספרים"

מלמידה להשפעה: אקטיביזם של תלמידים בנושא שינוי האקלים שלי רפ ורון בלונדר¹

שינוי אקלים הוא אחד מן הנושאים במודולות שבסביבת הלמידה "דברו אליי במספרים". סביבה זו עוסקת בסוגיות גלובאליות ומשלבת שיח מתמטי ומדעי מבוסס נתונים. בכל מודולה בוחנים התלמידים נתונים ומתבססים עליהם לנסח טיעונים מדעיים ואף חברתיים. הם אף בודקים כיצד אפשר להתמודד עם הסוגיות הגלובאליות ולהשפיע עליהן ואף הופכים לפעילים ומעורבים ששואפים לעשות שינוי ולאמץ הרגלי התנהגות התורמים לפתרון הבעיות.

יעדים לפיתוח בר קיימא (איור 1).¹ מדובר בתוכנית פעולה שעל כל האומות להטמיע על מנת להוביל להתפתחות עולמית בת קיימא עד לשנת 2030. יעדים אלה נועדו להבטיח חיים טובים יותר לדורות הבאים, תוך מיגור העוני, הגנה על כדור הארץ והקפדה שאף אחד לא יישאר מאחור.

האם חשבתם מה אפשר לעשות כדי לעצור את התחממות כדור הארץ? איך ההתנהגות שלנו יכולה להשפיע על התפשטות מגפת הקורונה בארץ ובעולם? כיצד אפשר לדאוג לכך שיהיה מספיק מזון לכל האנשים בעולם? או באיזה אופן אנחנו יכולים להשפיע על החיים מתחת למים?

בשנת 2015 אימצו מדינות העולם, ובהן ישראל, שבעה-עשר



איור 1: שבעה-עשר היעדים לפיתוח בר קיימא. מקור: SDGIsrael

1 ד"ר שלי רפ, חוקרת בקבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן וראש פרויקט "דברו אליי במספרים". פרופ' רון בלונדר, ראש קבוצת הכימיה במחלקה להוראת המדעים במכון ויצמן ואחראית אקדמית של המרכז הארצי למורי הכימיה.

דברו אליי במספרים - אתגרי פיתוח בר קיימא

תכנית "דברו אליי במספרים" עוסקת בסוגיות הגלובאליות ומשלבת שיח מתמטי ומדעי מבוסס נתונים. בואו להכיר מקרוב כמה מהאתגרים שהעולם מתמודד עימם וכיצד אנחנו יכולים להתמודד ולהשפיע עליהם, כיוון ששינוי מקומי יוביל לשינוי עולמי.



הצגת נגישות תנאי שימוש צור קשר

© כל הזכויות שמורות למחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

איור 2: [תמונת השער לתוכנית](#) "דברו אליי במספרים" - אתגרי פיתוח בר קיימא

עקרונות העיצוב של תוכנית "דברו אליי במספרים"

בכל מודולה בתוכנית אפשר למצוא את עקרונות העיצוב המאפיינים את התוכנית²:

1. מתוך שבעה-עשר היעדים לפיתוח בר קיימא בחרנו את היעדים העשירים במדע. כל מודולה עוסקת ביעד **פיתוח בר קיימא** מסוים. המודולה עוסקת בהיבטים שונים הקשורים ליעד זה. חלק מן התכנים במודולות רלבנטיים לתוכנית הלימודים, למשל יעדים הקשורים למחזור הפחמן, חומצות ובסיסים ומקורות אנרגיה חלופיים.
2. בכל מודולה התלמידים נתקלים באתגרים **מבוססי נתונים**, שכדי להתמודד איתם נדרש שימוש באוריינות מתמטית³. הנתונים יכולים להינתן במגוון דרכים: טבלאות, גרפים, מאמרים, מסד נתונים וכדומה.
3. בכל אחת מהמודולות ישנו דגש על **בניית טיעונים מדעיים** מבוססי ראיות^{4,5}. התלמידים משתמשים בנתונים ובעיבוד שביצעו על מנת לבסס את הטענות שלהם ולמנוע שיח אשר מבוסס ומסתמך רק על "תחושות בטן".
4. כל מודולה מסתיימת בפעילות **אקטיביזם** מבוססת נתונים, אשר מאפשרת לתלמידים להשפיע על סביבתם הקרובה.

תוכנית **"דברו אליי במספרים"**² עוסקת באתגרים הגלובליים הללו, ובשיח מדעי מבוסס נתונים ומתמטיקה המתחולל בהקשרם. כל מודולה בתוכנית עוסקת באתגר פיתוח בר קיימא אחר, שבו מוצגים לתלמידים נתונים בייצוגים מתמטיים שונים, יחד עם הרקע המדעי הרלבנטי להם. התלמידים מנתחים כל סוגיה באמצעות שימוש במיומנויות מתמטיות גבוהות ודנים בפתרונות שונים המבוססים על הנתונים שעובדו. לאחר הסקת המסקנות התלמידים מציגים דרכים שבהן הם יכולים להשפיע על סביבתם, בהתבסס על אותם נתונים, ופועלים בהתאם כחלק מן המאמץ הכללי להתמודדות עם שינוי האקלים. פעילויות הלמידה עצמן נמצאות ב**סביבת פטל** (Personalized Teaching and Learning), מיזם להוראה ולמידה מותאמת אישית שהשימוש בו מחייב השתלמות מורים ורישום הן של המורים והן של התלמידים.

על מנת להבין כיצד התוכנית מסייעת לתלמידים להפוך למשפיעים בנושא האקלים נציג את עקרונות עיצוב התוכנית, כיצד בנויה המודולה בנושא האקלים וכן עדויות מתוך שיח עם מורות אשר הטמיעו את התוכנית בכיתות.

2 פרויקט "דברו אליי במספרים" פותח בקבוצת הכימיה, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן. בצוות פיתוח הפרויקט לקחו חלק (לפי סדר האל"ף-ב"ת): גב' שושנה אינטרקט, ד"ר מורן בודס, פרופ' רון בלונדר, ד"ר שרון גלר, גב' פזית נגר, גב' עאישיה סינדיאני, ד"ר איילת עודאני, ד"ר אלכס פרידלנדר, ד"ר שרמן רוזנפלד, ד"ר אירה ריימן וד"ר שלי רפ.

הפרויקט מומן על ידי קרן טראמפ כחלק מן המהלך של הקרן לקידום המצוינות בחטיבת הביניים



מודולת שינוי האקלים (SDG-13)

דברו אליי במספרים > SDG 13 - שינוי אקלים

SDG 13 - שינוי אקלים

אתגרי שינוי האקלים קורא לנו לקדם פעולה דחופה לבעיות השינוי האקלימי - ההתחממות הגלובלית וההשפעות מודולת שינוי האקלים כוללת חשיפה לבעיות ההתחממות הגלובלית וההשפעות שלה על המזג האווירי, למד כיצד הטבע מאזן את שינויי האקלים על מנת לא לאבד את ההתאמה של המערכת. במהלך המודול, נחשף אנחנו לתופעות שונות על מנת להבין למסקנות המדעיות והתאוריות החדשות. בסיום המודול, נדע כיצד אפשר לצמצם את 'השפעת' העל המסתתרת. שילוב נכון לסייע לעשיית כדור הארץ.



אקלים



התחממות גלובלית



גזי חממה



התחממות גלובלית



התחממות גלובלית

צור קשר

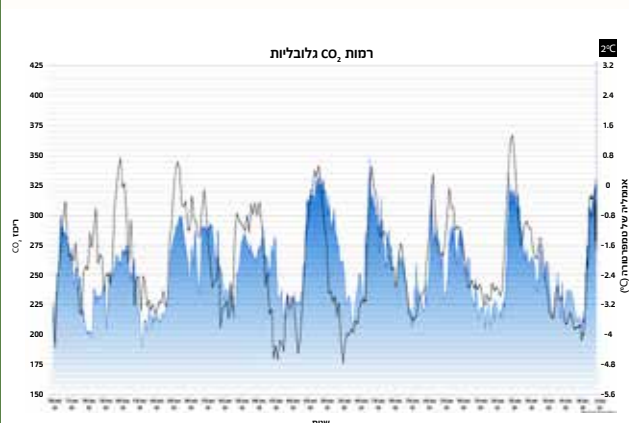
התא שילוב

התחממות

כל הזכויות שמורות למחלקת למידות ומדיניות, מכל יצחק למדע

איור 3: [שער שינוי האקלים](#) מתוך "דברו אליי במספרים - אתגרי פיתוח בר קיימא"

הגרף **הכחול** מתאר את שינוי ה- CO_2 באטמוספירה ביחידות ppm לאורך מאות אלפי שנים.
הגרף **השחור** מתאר את שינוי הטמפרטורה העולמית - מוצג כהפרש מהטמפרטורה העולמית הרב שנית הממוצעת במעלות צלסיוס ($^{\circ}\text{C}$) לאורך מאות אלפי שנים.



- מה מייצג כל אחד משני צירי ה-y (הימני והשמאלי) שבאיור?
- מהו טווח ההערכים שמקבל כל משתנה?
- מדוע לדעתכם הוצגו שני הגרפים האלה ביחד?

איור 4: דוגמה לפעילות המאפשרת ללומדים לבחון אם ישנה קורלציה בין העלייה בטמפרטורה לבין נוכחות פחמן דו-חמצני

במהלך היחידות התלמידים מסתמכים על הנתונים, מתכננים ומבצעים פעילות אקטיביסטית. כחלק מהפעילות על התלמידים "לדבר במספרים", וכך הם משפרים את כישוריהם המתמטיים והמדעיים. התלמידים מקבלים הזדמנות לארגן את מחשבותיהם, לבנות טיעונים מדעיים מבוססים וליצור מודעות לצורך בשינוי בסביבתם הקרובה בדרך הקרובה אליהם. כדי להמחיש כיצד עקרונות העיצוב הללו באים לידי ביטוי בתוכנית, נתאר בקצרה את המודול העוסק בנושא שינוי האקלים.

במודול שינוי האקלים נחשפים התלמידים לריאיון טלוויזיוני שבוצע עם ג'נטה, הנערה האקטיביסטית משבדיה הפועלת למען עצירת ההתחממות הגלובלית. על התלמידים להחליט אם הם מסכימים עם דבריה, שלפיהם בני האדם הם אלה האחראים להתחממות הגלובלית, דברים אשר בשלב הראשוני מובאים ללא ביסוס מדעי. על מנת שהתלמידים יוכלו להחליט אם דבריה נכונים, הם לומדים להתבונן על היבטים שונים במהלך היחידה. לדוגמה, הם בונים גרפים על סמך מסד נתונים ובוחנים אם באמת יש עלייה בטמפרטורה העולמית. כמו כן הם לומדים את החשיבות של העלייה בטמפרטורה ולמה היא כל כך מעניינת אותנו. נוסף על כך, התלמידים לומדים את המדע הרלבנטי, כלומר, לומדים על אפקט גזי החממה. לאחר מכן הם מבצעים ניסוי כדי לבדוק אם ישנה קורלציה בין העלייה בטמפרטורה לבין נוכחות פחמן דו-חמצני (ראו דוגמה לפעילות

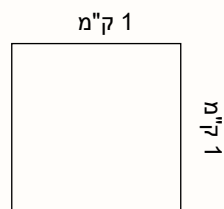


להגיע למסקנה מבוססת נתונים ביחס לשאלה המובילה. בסיום חלק זה הם לומדים בפועל ששינוי בהרגלי הנסיעה שלהם יכול להשפיע משמעותית על פליטות גזי החממה ועל ההתחממות הגלובלית אולם התשובה לשאלה תלויה בגורמים שונים ואינה ברורה מאלה.

בחלק הבא של היחידה התלמידים נחשפים לנתונים על מעגל הפחמן. מתוך עיבוד נתונים אלה הם לומדים כי לא קיים איזון מלא בין פליטות פחמן דו-חמצני לבין הקליטה של פחמן באמצעות הימים והצמחייה. התלמידים מבצעים עיבוד נוסף של מסד הנתונים, ועולה כי מאגרי הפחמן המופק מהאדמה מוגבלים וכי

באיור 4). לבסוף התלמידים חוזרים לריאיון עם גרטה ומבססים את טענותיהם על סמך העיבודים שביצעו במהלך חלק זה של היחידה. כך נפתחת היחידה של שינוי האקלים. בשלבים הבאים התלמידים נחשפים לתחומים שונים המשפיעים על ההתחממות הגלובלית. כמו גרפים המציגים את התרומה של כל מקור (הפקת חשמל, תחבורה, חקלאות ותעשייה) לפליטת גזי החממה, תוך התמקדות בתחבורה, שהיא כיום המקור העיקרי לפליטות פחמן דו-חמצני. השאלה המובילה את החלק האחרון בפרק זה היא "האם מוטב לנסוע לבית הספר באוטובוס או ברכב פרטי?" התלמידים נחשפים למידע על פליטות פחמן דו-חמצני מכלי תחבורה שונים ומנסים

מתכננים לשתול יער סמוך לכביש על שטח של קילומטר מרובע (1 ק"מ x 1 ק"מ) במטרה לספח כמות גדולה ביותר של פד"ח הנפלט מכלי הרכב הנוסעים על אותו כביש.

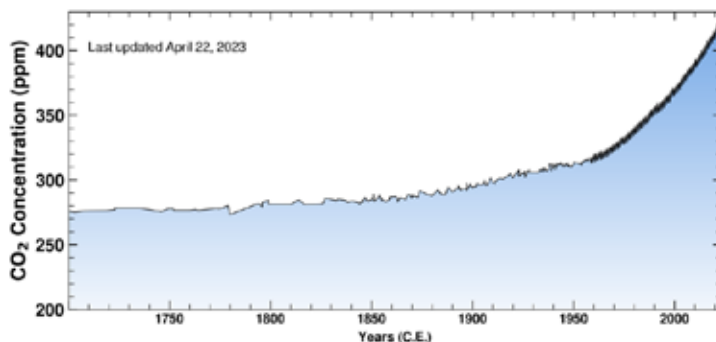


צפיפות היער עתידה להגיע למרחק של מטר אחד בין הצמרות של עצים סמוכים באות שורה ובאותו טור. המתכננים מתלבטים בין שני סוגי עצים, כאשר התכנון הוא לשתול עץ מסוג אחד בלבד. לפניכם הנתונים הבאים:

סוג העץ	קוטר צמרת העץ (במטרים)	ירוק עד/נשיר	קליטת פד"ח (בגרם) ליום
עץ בינוני	6	ירוק עץ	400
עץ גדול	9	ירוק עץ	650

כתבו המלצה מנומקת לגבי סוג העץ העדיף לשתילה במקרה זה. בנימוקכם עליכם להתייחס לנתונים עבור שתי האפשרויות, לגבי המספר המקורב של העצים אשר ניתן לשתול בשטח זה, וכמות הפד"ח שאמורה להיספח.

איור 5: דוגמה לשאלה מתוך מודולת שינוי האקלים העוסקת בשתילת יערות תוך התבססות על קירובים וחישובים מתמטיים

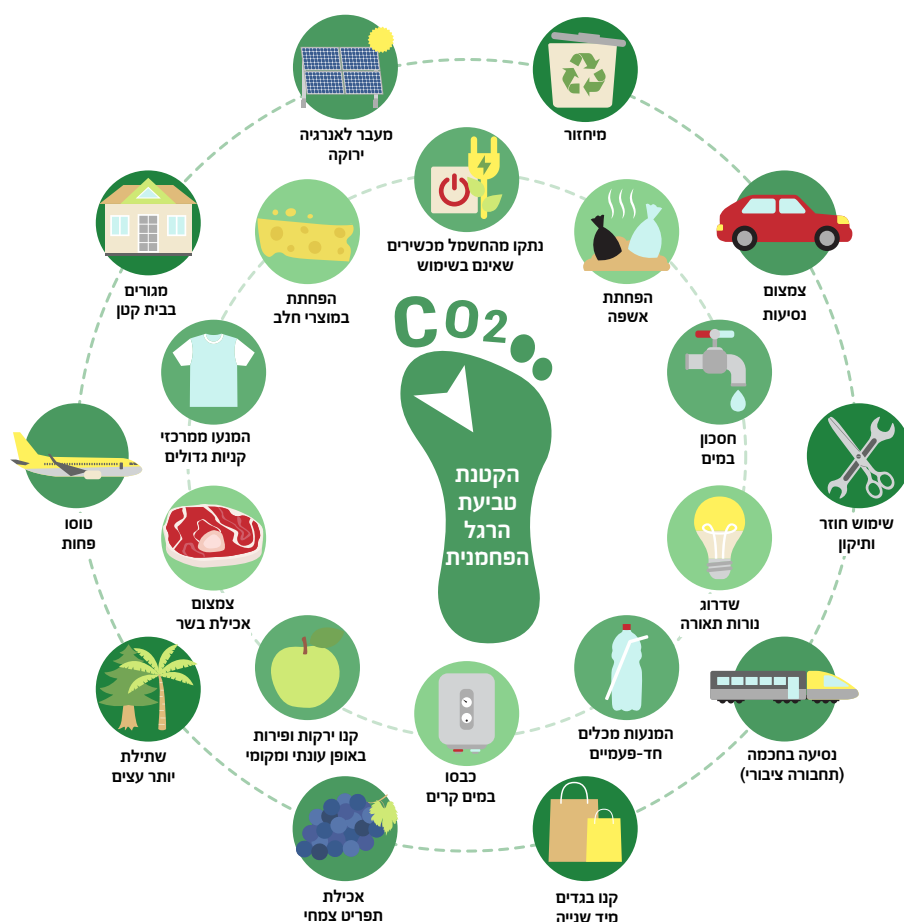


איור 6: עקומת קילינג. מקור: Diego San UC at Oceanography of Institution Scripps



אקטיביזם. בפעילות זו התלמידים, אשר עיבדו נתונים רבים בנוגע לסוגיית שינוי האקלים, נדרשים לבצע שינוי בסביבתם הקרובה במטרה להפחית את טביעת הרגל הפחמנית שלהם. לצורך כך הם מקבלים נתונים משלושה תחומים: צריכת מזון, שימוש בתחבורה וצריכת חשמל ביתית. כל תלמיד בודק את טביעת הרגל הפחמנית שלו בכל אחד מהתחומים הללו ולבסוף מציג דרך שבה יוכל להפחית ב-15% את טביעת הרגל הפחמנית שלו. כפי שאפשר להבין, המודולה בנויה באופן המאפשר לתלמיד להגיע למסקנות והחלטות הקשורות להתנהגות בצורה מושכלת, המבוססת על נתונים שאותם עיבד. בחלק מהמקרים, כפי שנפרט בהמשך, התלמידים הם אלו שהחליטו לקחת את פעילות

לא יהיה אפשר להשתמש בהם לעד. בשלב הזה הם נחשפים לאחד הפתרונות לקליטת פחמן דו-חמצני, והוא שתילת יערות. התלמידים נחשפים גם לנתונים על אודות קליטת פחמן דו-חמצני בעבור סוגי עצים שונים, ותוך כדי שימוש בחישובים וקירובים מתמטיים (ראו דוגמה באיור 5) בוחנים אילו סוגי עצים מומלץ לשתול ומדוע. בהקשר זה התלמידים נחשפים לעקומת "קילינג" (איור 6)³ ומסיקים מסקנות על מחזוריות ריכוז הפחמן הדו-חמצני בטבע. התלמידים מעבדים נתונים אודות התכת הקרחונים באנטרקטיקה ובוחנים מה יעלה במרל ערי חוף מסוימות בהתאם לפליטות שונות של פחמן דו חמצני. מודולת שינוי האקלים, כשאר המודולות, מסתיימת בפעילות



איור 7: פעולות לצמצום טביעת הרגל הפחמנית

3 עקומת "קילינג", על שם צ'ארלס דיוויד קילינג, מתארת את הצטברות הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה. העקומה ממחישה כי שיעור הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה עולה משמעותית ועקבית.



בשתי צורות ההפעלה, לטיעון המבוסס של התלמידים יש תפקיד מרכזי. מעניין לציין שיש שתי גישות בסיסיות לטיעון: טיעון מדעי וטיעון חברתי^{5,4}. מטרתם של טיעונים מדעיים היא הבנת תופעה, בהתבסס על נתונים מדעיים תומכים. מטרת הטיעון החברתי, לעומת זאת, היא לשכנע אחרים לקבל עמדה מסוימת, ואפשר להשתמש גם בסוגים אחרים של תמיכה. בדוגמאות לאקטיביזם אשר באו לידי ביטוי בתוכנית, הטיעונים המדעיים של התלמידים שימשו בסיס לטיעונים החברתיים שלהם.

סיכום

תוכנית "דברו אלי" במספרים" כוללת פדגוגיה ייחודית מבוססת נתונים, המעניקה לתלמידים המשתתפים בה הזדמנות להיחשף לנתונים, לעבדם, לנתחם, להרחיב את בסיס הידע שלהם - ובסופו של דבר להגיע למסקנות מבוססות ולפעול על פיהן. אנו מאמינים שבזכות תוכנית זו ודומות לה נחזק את האוריינות המדעית של התלמידים, כמו גם את היכולת שלהם לפעול למען הסביבה בצורה ביקורתית ואחראית יותר, וכך נוכל ליצור שינוי משמעותי מבוסס נתונים ועדויות, אשר יתרום לפתרון סוגיות גלובליות המשפיעות על חיינו.

מקורות

- 1 United Nations [UN] (2015). Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. [Sustainable development goals](#).
- 2 Rap S., Blonder R., Sindiani-Bsoul A., and Rosenfeld S. (2022) [Curriculum development for student agency on sustainability issues: An exploratory study](#). *Front. Educ.* 7:871102.
- 3 Hendroanto, A., Istiandaru, A., Syakrina, N., Setyawan, F., Prahmana, R., C., I., and Hidayat, A., S., E. (2018). [How students solves PISA tasks: An overview of students' mathematical literacy](#). *Int. J. Emerg. Math. Educ.* 2, 2, 129–138.
- 4 Osborne, J., Erduran, S., and Simon, S. (2004). [Enhancing the quality of argumentation in school science](#). *J. Res. Sci. Teach.* 41, 994–1020.
- 5 Simon, S., Erduran, S., and Osborne, J. (2006). [Learning to teach argumentation: Research and development in the science classroom](#). *Int. J. Sci. Educ.*, 28, 235–260.

האקטיביזם צעד אחד קדימה ויזמו פעולת אקטיביזם נוספת ברמה הבית-ספרית, המשפחתית או הקהילתית אשר תשפיע על הסביבה ועל ההתחממות הגלובלית.

פעילות האקטיביזם מנקודת המבט של המורה

מתוך שיח עם מורים אשר הפעילו את מודלות שינוי האקלים בכיתתם למדנו על פעילות האקטיביזם אשר התרחשה בכיתות. בכל כיתה בוצע האקטיביזם בצורה שונה, יוזמי הפעילות היו בדרך כלל התלמידים, והם השתמשו בידע בנוגע ל-SDGs שלמדו במהלך היחידה כבסיס לפעילות, יחד עם נתונים שהם למדו ומצאו.

לדוגמה, אחת מהמורות שהפעילו את התוכנית סיפרה כי בכיתה הציגו התלמידים להחליף את כל נורות בית הספר בנורות LED. התלמידים השתמשו בנתונים ובחישובים על מנת להראות את הכדאיות מבחינת פליטת הפחמן הדו-חמצני. אך התלמידים לא הסתפקו בפעילות זאת, אלא החליטו לבדוק גם את הפן הכלכלי ולבחון בתוך כמה זמן תשתלם עלות ההחלפה. כלומר, התלמידים פעלו ברמה הבית-ספרית, ולאחר שמצאו על פי חישוביהם שהפעילות כדאית, פנו לגורמים בעירייה כדי שאלה ישקלו החלפה של הנורות בשאר בתי הספר בעיר. הם כתבו מכתב מנומק ומבוסס נתונים על מנת להוביל שינוי בעיר. הם בבית ספר אחר החליטו התלמידים להדריך תלמידים בכיתות נמוכות יותר כיצד להתנהג נכון יותר ובכך להוביל לשינוי סביבתי. גם במקרה זה שילבו התלמידים את הידע שרכשו על אתגר הפיתוח שינוי אקלים (SDG13) ואת מיומנות בניית הטיעון כדי ליזום את הפעילות. התלמידים הם אלו שיצרו הפעם את המצגות בעבור תלמידי השכבות האחרות, ובחרו להציג את המידע והנתונים בצורה המותאמת לרמתם של התלמידים, לרבות המתמטיקה הדרושה להם להבנה של הנתונים.

כפי שניתן לראות לפעילות האקטיביזם של כל מודולה היו שתי אופני הפעלה אפשריים: (1) האקטיביזם המודרך שבו המורה הוא היוזם ומנחה את פעילות האקטיביזם כמו שזו הוצגה בתוכנית. בצורה זו לתלמידים ניתנת עדיין זכות בחירה באשר לאופן שבו ינהגו בתוך הפעילות עצמה; (2) אקטיביזם פתוח, שבו התלמידים הם יוזמי הפעילות ומפעילים אותה בסביבתם הקרובה. שתי צורות הפעלה אלה אינן סותרות זו את זו, אלא משלימות במהלך התוכנית אנו מעודדים את המורים לאפשר לתלמידים להציע יוזמות אקטיביזם ולתמוך בהם בהגשמתן.