

מחפשים פתרונות: תחבורת העתיד – תחבורה ירוקה

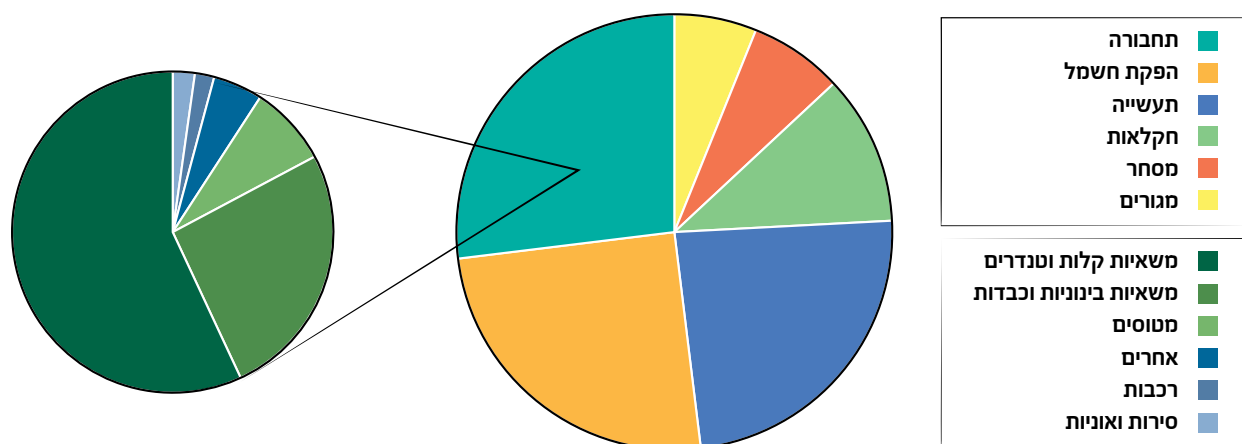
ליאורה ביאלר, יהבית לוריא ויעקב קיבה^{1,2}

המיזם החינוכי "תחבורת העתיד- תחבורה ירוקה" הציע לתלמידי חטיבות ביניים ובתי הספר היסודיים לקחת חלק בפיתוח פתרונות לתחבורה בת-קיימה שמצמצמת את פליטת הפחמן הדו-חמצני לאטמוספירה ותורמת בכך להאטת שינוי האקלים. המאמר מתאר את חשיבות הנושא, את המיזם על כל שלביו והכלים הפדגוגיים שסייעו לתלמידים, מציג נתונים מחוות דעת של תלמידים על חלק ממנו ותובנות על האופן בו הפעילו אותו מורים.

אימאן, חלא, מועאד ונסים, רינה, טוהר, וגם אורי ומיכל מפוזרים בקבוצות ברחבי האולם, עסוקים בשיח ער, בהשתתפות המורה ועד מבוגר מומחה (מנטור), על הרעיון שלהם לתחבורת העתיד. חלק מהם מתקנים ומשלימים מסמכים ואיורים במחשב. הם כבר השתתפו בהרצאת השראה על יזמות ופיתוח בתחום התחבורה. אחר כך המשיכו את עבודתם בבית הספר ובבית, והם נרגשים לקראת הצגת התוצר שלהם במיזם "תחבורת העתיד" בפני קבוצות אחרות בשבוע מדע וטכנולוגיה, שבו ועדת שיפוט תקבל החלטה מי הקבוצות שיזכו במקומות הראשונים בתחרות.

(לפי [דו"ח](#) של EPA מ-2020) מקורו מתחבורה, יש הכרח לפעול לצמצום פליטות אלה מן התחבורה ובכך להשפיע על האטת ההתחממות הגלובלית (ראו גרף 1 ו-2).

פיתוח "תחבורת העתיד" הוא תחום שמובילות מדינות וחברות המייצחות כלי תחבורה במטרה להשיג תחבורה בת-קיימה. מאחר ש-27% מפליטות הפחמן הדו-חמצני המצטבר באטמוספירה



גרף 2: התפלגות פליטות גזי חממה לפי כלי תחבורה שונים בארצות הברית ב-2020

גרף 1: התפלגות פליטות גזי חממה בארצות הברית לפי תחומים ב-2020

מקור: EPA - [US Environmental Protection Agency](#)

1. יהבית לוריא, יעקב קיבה וד"ר ליאורה ביאלר חברי צוות במרכז המורים הארצי מו"ט חט"ב
2. תודות למובילי המיזם: בילי פרידמן, מפמ"ר מדע וטכנולוגיה, ד"ר יעל שורץ, ראש מרכז המורים הארצי למדע וטכנולוגיה בחטיבות הביניים, ד"ר מירי דרסלר וגיא גרובס, ראשי מרכז המורים הארצי למדע וטכנולוגיה בבית הספר היסודי בעבר ובהווה, ד"ר אלי טייכר וד"ר יעל קליין ממשרד האנרגיה ולצוותי מרכזי המורים הארציים.



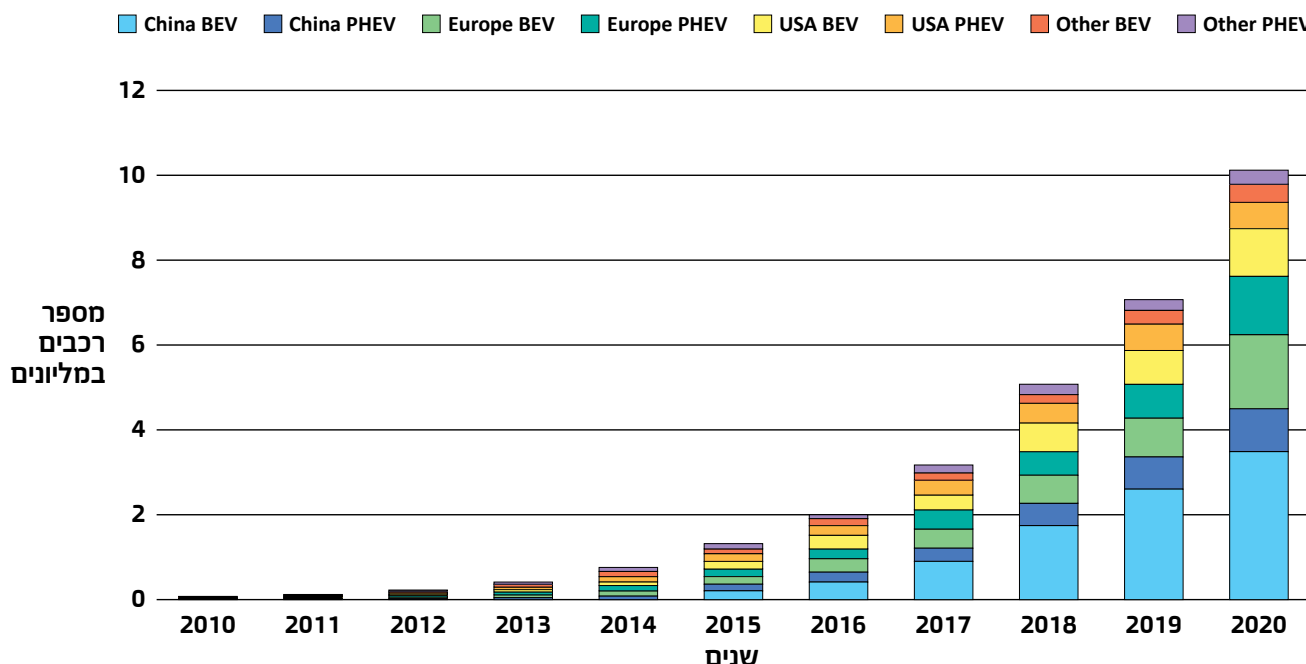
ביסודי ובחטיבות הביניים. המיזם קרוי "תחבורת העתיד - תחבורה ירוקה" והוא מאפשר לתלמידים לתכנן פתרונות טכנולוגיים לתחבורה נקייה, כחלק מחינוך אקלימי שהתייחסו אליו בפתח הדבר לגיליון זה.

חינוך אקלימי עוסק בפיתוח מודעות התלמידים לשינוי האקלים ולפעולות שהם יכולים לנקוט (מטרה 3 של [יעד 13](#) מבין יעדי SDG שנוסחו באו"ם) כדי לתרום לתהליכי אפחות גזי חממה ולסייע לתלמידים לפתח חוסן אישי. חוסן זה יאפשר להם להסתגל גם למצבים מאתגרים שיבועו מן הבעיות שיציב בפניהם שינוי האקלים ולתפקד ביעילות.

חינוך להתמודדות עם שינוי האקלים הוא אף חלק מתחומי [מיומנויות "דמות הבוגר 2030"](#), ובהן מיומנויות קוגניטיביות כמו אוריינות מדעית ובתוכה אוריינות מדעית אקלימית (ראו מאמרה של [איריס אלקח](#) בגיליון 34-35 של קריאת ביניים), אוריינות מידע, חשיבה ביקורתית ויצירתית.

תחבורה בת-קיימה תאפשר נידוד סחורות ואנשים בקצב מהיר ובבטיחות, ובד בבד ללא פליטות פחמן דו-חמצני, או בצמצום רב של פליטות. כחלק מתהליך זה חלה בשנים האחרונות עלייה במכירות כלי רכב חשמליים בעולם, ממיליון רכבים חשמליים שנמכרו ב-2017 ל-10 מיליון ב-2022 (ראו גרף 3).

מהלכים נוספים נמצאים בפיתוח מואץ, ובהם המעבר לתאי דלק מימניים, כמקור אנרגיה בכלי רכב (ראו מאמר של הילה הוניג בגיליון זה). תהליכי פיתוח נוספים קשורים לפיתוח חומרים שנועדו לייעל את תפקוד כלי התחבורה הקיימים ולהפחית את צריכת האנרגיה שלהם, למשל חומרים המסייעים בהפחתת חיכוך ובהקטנת המשקל של כלי הרכב, וכך גם תהליכי יעול בעירת הדלק במנועים להפחתת צריכת הדלק ופליטת מזהמים. חשיבות פיתוח תחבורה בת-קיימה הובילה את הפיקוח על הוראת מדע וטכנולוגיה ליזום מיזם חינוכי בשיתוף משרד האנרגיה, שאותו הובילו המרכזים הארציים למורי מדע וטכנולוגיה



גרף 3: מלאי עולמי של מכוניות נוסעים חשמליות בין 2010 ל-2020

מקור: IEA (2021), Global EV Outlook 2021, IEA, Paris

<https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>, License: CC BY 4.0

הערה: המכוניות החשמליות כוללות מכוניות חשמליות מונעות סוללה (BEVs), מכוניות היברידיות שבהן הסוללה נטענת מעמדת טעינה (PHEVs) ומכוניות חשמליות המונעות בתא דלק מימני (FCEV)



שילוב כמה תחומי דעת בלמידה המעוגנת בסוגיות אותנטיות הרלבנטיות לחיי האנושות.⁸ מיזם "תחבורת העתיד" לתלמידי מדע וטכנולוגיה ביסודי ובחטיבת הביניים הוא דוגמה ללמידה מבוססת פרויקטים בגישת STEM המיזם מעודד את התלמידים לגלות מעורבות ולהציע פתרון יצירתי ואפקטיבי להפחתת פליטת הפחמן הדו-חמצני מתחבורה, תוך רכישת מיומנויות דמות הבוגרת והבוגר 2030 והגברת המסוגלות העצמית. זו השנה השנייה שהמיזם מתקיים. בשנה"ל תשפ"ב התמקדה התחרות ב"רכב העתיד" ובשנה"ל הנוכחית המיזם הורחב ל"תחבורת העתיד". במאמר זה נתמקד בתהליכים, בתוצרים ובתובנות מהמיזם שהתקיים בתשפ"ג.

תיאור המיזם

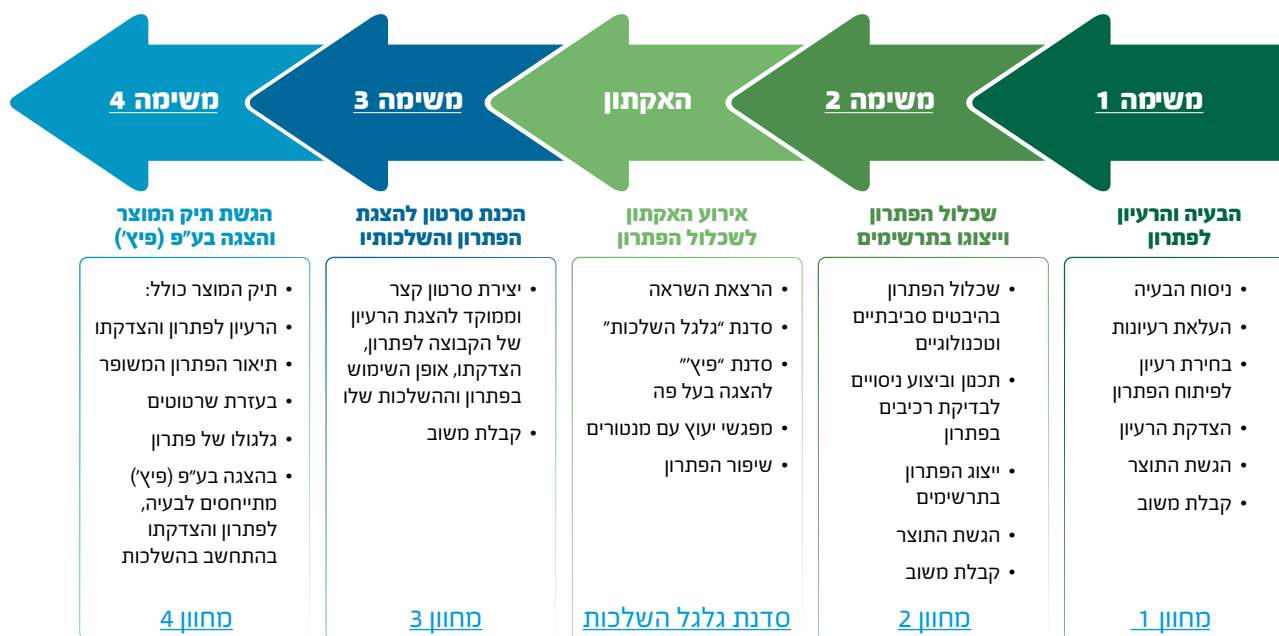
מיזם "תחבורת העתיד" הוא משימת ביצוע מתמשכת לאורך חמישה שלבים, בעלת אופי תחרותי, המיועדת לצוותי תלמידים מבתי הספר היסודיים וחטיבות הביניים. מובילים את המיזם מפמ"ר מדע וטכנולוגיה, משרד האנרגיה ושני מרכזי המורים

האז"ם ניסח מטרות לימודיות חברתיות-רגשיות העוסקות בקידום יכולת הלומד לעודד אחרים לבצע פעולות הנוגעות להתמודדות עם שינוי האקלים.² לפי דו"ח יוניסקף מ-2021, כביליון ילדים צפויים לסבול ולהיות בסיכון גבוה לבעיות שונות כתוצאה משינוי האקלים. לפיכך אין פלא שתלמידים רבים חווים חרדה אקלימית, הגורמת לדאגה, לתחושת חוסר אונים ולכעס על המנהיגים שאינם פועלים די למנוע אסון אקלימי.^{3,4} השגת מטרות האז"ם יכולה לסייע בהתמודדות עם חרדה אקלימית שחווים ילדים ובני נוער.

במחקר שבוצע באוניברסיטת ייל נמצא כי פעילות משותפת של לומדים בסוגיית האקלים מגבירה את תחושת השליטה שלהם בתהליכי ההתמודדות עם השינוי.⁵ עוד עולה כי כדי להתמודד עם החששות מעיסוק בשינוי האקלים מומלץ לתת ביטוי ל"קול" של התלמידים בתהליך הלמידה בנושא, ולעודד אותם להיות מעורבים ופעילים, למשל, על ידי ביצוע פרויקטים במישור הבית-ספרי והקהילתי.^{6,7}

ביצוע פרויקט לימודי בנושא מאפשר לימוד בגישת STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) -

מיזם תחבורת העתיד



* כדי להכנס למשימות יש ללחוץ על הקישורים בחצים

ההנחיות לכל שלב ניתנו בעברית ובערבית, תוך שימוש במגוון ייצוגים - במלל, בקומיקס, בטבלת משימות ובמחווה לתיאום ציפיות. השימוש בקומיקס מקרב את התלמידים לעולם המוכר להם ומאפשר לקבל את המידע במקטעים קטנים באמצעות שאלות ותשובות. בשלבי הביצוע נשזרו תהליכי משוב והערכה מעצבת שנועדו לסייע לתלמידים שנבחרו להמשיך לשפר את התוצרים ולהתקדם לשלב הבא.

הארגונים למדע וטכנולוגיה, מרכז למדע למורי יסודי ואוניברסיטת תל אביב והמרכז למורי חטיבת הביניים במכון ויצמן.

המיזם שם לו למטרה לעודד מעורבות של התלמידים בפיתוח פתרונות לצמצום פליטת CO₂ מתחבורה, תוך התמודדות עם פתרון בעיות טכנולוגיות, בעבודת צוות ומכוונות עצמית בלמידה.

[קול קורא לבתי הספר להשתתפות בתחרות "תחבורת העתיד"](#)

הציג את הרציונל של המיזם, את שלביו ואת פרטי ההרשמה של המורים וצוותי התלמידים (עד 2 צוותים לכל בית ספר ועד 4 תלמידים בצוות). בהמשך התקיימו מפגשי חשיפה מקוונים למורים ולתלמידים שנרשמו לתחרות ([מצגת החשיפה למיזם](#)).

[באתר המיזם](#) אפשר לצפות בשלבי התהליך ובחומרי הלמידה.

[illegible]

הפתרונות החדשניים האלה מעוררים פליאה על יכולתם של מדענים ומהנדסים להמציא פתרונות טכנולוגיים לשיפור איכות החיים של בני האדם. אך יחד עם זאת, על מהנדסי התחבורה מוטלת משימה נוספת: לתכנן ותחבורה חדשנית שתהייה "נקייה".

מהי תחבורה נקייה ומדוע תחבורה נקייה?
קראו על כך בקומיקס שבמעמודים הבאים.



כן. זהו סקר לי אכל מה קרה לאטמוספירה בגלל האדם

נמצא שיריבו הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה עלה במהלך 60 השנים האחרונות. כפי שמוצג בגרף זה:

מה גרם לשינוי האקלים ולנכח התופעות הקשות האלה?

מדענים האקלים טוענים שכלי זה קורה בגלל הפליטה של גזי האדמה הפחילית של בני האדם וגורמת לפליטה של גזי חממה לאטמוספירה. לדוגמה שימוש בחומרי דלק מוצצים (נפט ולחי, פחם אבן וגז טבעי) גורם לפליטה של גזי חממה פחמן דו-חמצני.

ריכוז פחמן דו-חמצני באטמוספירה בין השנים 1880-2020 (ppm)

הזה הזכר שכלי כלום. אנוחז פולטים אותו בתהליך הנשימה והוא אותו זה שנקלט בלי ידי המצמיים. בתהליך הפוטוסינתזה.

שינוי טמפרטורת הממוצע בעולם בין השנים 1880-2020

כן יורד ואז את זה בגרף... אך אני עדיין לא מבנה את הקשר בין האקלים. פחמן דו-חמצני לבין שינוי האקלים.

מדענים ישראליים קשר בין העלייה בטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ לבין עלייה בריכוז של גזי חממה באטמוספירה. בגרף הזה תוכלו לראות שהטמפרטורה הממוצעת של כדור הארץ עלתה במעלה אחת שלוש במשך 140 שנים.

במשך 140 שנים.

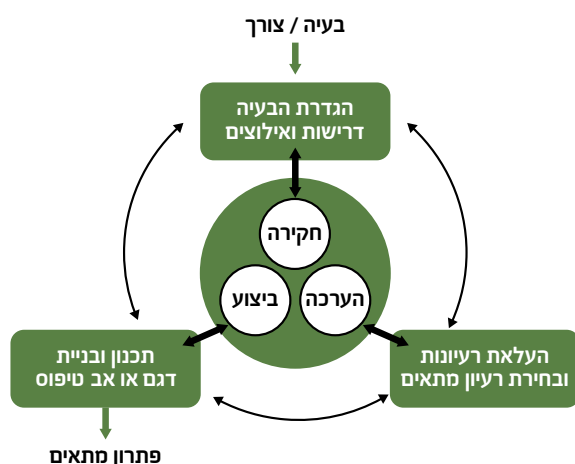
החברים	הרעיונות לתפרות המצויים בספרות אצל פילוסוף הפוסטמודרני חסידיו בתחומים החברתיים, שיוכלו ליישם בעתיד על כל אשכולות התחומים והענפים, על התרבות בקובץ וורד.
	1. נוסח את המסמך הטכנולוגי שברצונם לפתור. שיוכלו ליישמו בעתיד 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין העצב המרכזי למרכז הרצוי. 3. מיהו המסמך המשפט האמרי.
החברים	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
החברים	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
החברים	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
החברים	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?
	1. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 2. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 3. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו? 4. מיהו המסמך זה? הפועל בין התפרות שתרצו?

כלים פדגוגיים

לפיתוח מיומנויות תיכון; "גלגל השלכות" לבחינת הפתרון בעזרת חשיבה מערכתית וביקורתית; וכללים ליצירת סרטון קצר ואיכותי.

לצורך ביצוע המשימות לאורך שלבי התהליך נעזרו התלמידים במספר כלים פדגוגיים שסייעו להם להגיע לתוצר המצופה. הכלים כללו תרשים תהליך לפתרון בעיה טכנולוגית המסייע

תרשים תהליך לפתרון בעיה טכנולוגית ולפיתוח מיומנויות תיכון

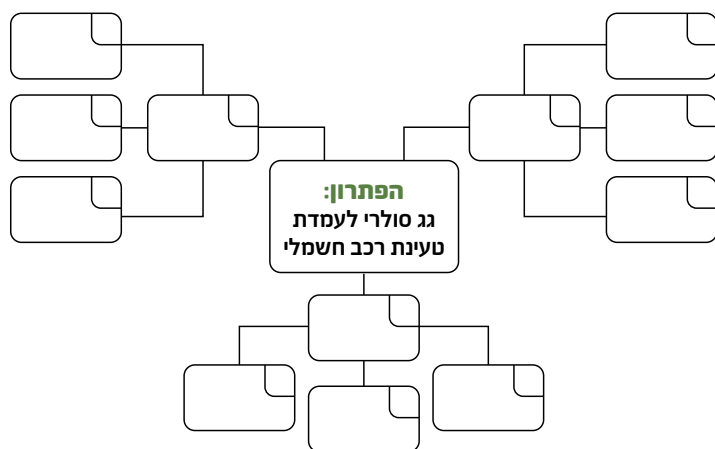


תרשים זרימה מתפצל המייצג את תהליכי החשיבה והביצוע הדורשים כדי להתקדם מבעיה לפתרון.

התרשים הוא דרך תמציתית להצגת התהליך ומסייע בזיכרון שלביו.

התרשים ליווה את התלמידים בביצוע שתי המשימות הראשונות שבהן הם התבקשו להציג את הבעיה ואת הדרישות מהפתרון, להעלות רעיונות טובים לפתרון, לבחור את הרעיון המתאים, להצדיק אותו ולבסוף להכין תכנון הנדסי של הפתרון ולייצגו בשרטוטים.

גלגל השלכות – לבחינת הפתרון ולפיתוח חשיבה מערכתית וביקורתית



יתרון	חיסרון	חסר מידע
קבלת החלטה		

באירוע ההאקתון התלמידים למדו כיצד להכין "גלגל השלכות" של הפתרון שפיתחו. זהו כלי חשיבה לפיתוח חשיבה מערכתית שנועד לסייע לתלמידים להעלות את ההשלכות הנובעות מהפתרון המוצע על ידיהם ולזהות את כל הגורמים העשויים להיות מושפעים ממנו, לרבות אפיון ההשלכות כחיוביות או שליליות. בשלב זה, המטרה היא לקבל החלטה אם הפתרון מוצלח ונותן מענה מתאים לבעיה בלי להזיק לחברה ולסביבה. כדי להגיע להחלטה התלמידים נעזרו ב"טבלת קבלת החלטות", ובה השוו את מספר ההשלכות החיוביות למספר ההשלכות השליליות.

כלי עזר להצגת הפתרון בעזרת סרטון קצר ואיכותי

במשימה השלישית התבקשו התלמידים ליצור סרטון קצר וממוקד שיציג את הפתרון המוצע של הקבוצה, הצדקתו, אופן השימוש בו והשלכותיו.

לצורך הכנת הסרטון נעזרו התלמידים בשני כלים:

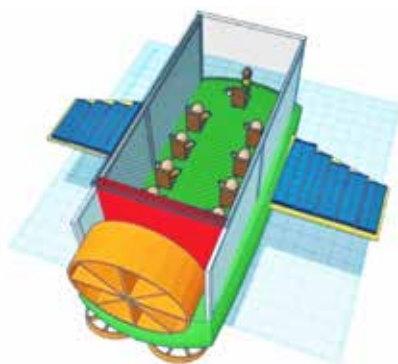
א. ["6 טיפים מעולים לצילום וידאו בסלולרי"](#)

ב. סימניית **"כללים להעברת מסר"** (מוצגת מימין).

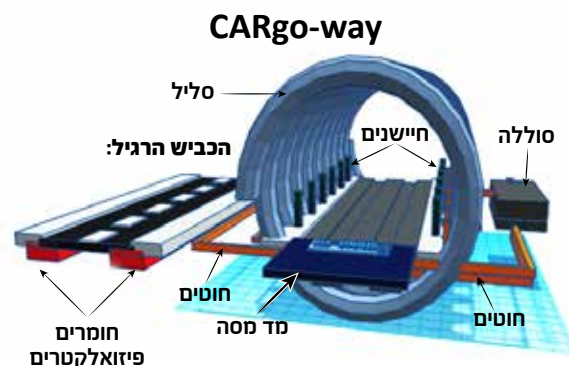
כלים אלו מציגים בצורה תמציתית ונגישה הנחיות לביצוע איכותי של הסרטון ומפתחים אצל התלמידים את יכולות הצגת הרעיונות והביצועים שלהם באופן קולע וברור, שיתאים לקהל היעד אליו הם מייעדים את הסרטון.



במהלך השנתיים שהמיזם פעל בהן התלמידים העלו מגוון פתרונות שיאפשרו צמצום פליטת פחמן דו-חמצני מתחבורה. להלן שתי דוגמאות.



רחפת שמתבססת על הנעה חשמלית המוזנת מלוחות סולריים המצפים את כנפי הרחפת והדפנות בנוסף בעמדות העגינה בחוף, בגמלים ובאסדות יותקנו עמדות לטעינה מהירה.



מסילה תת-קרקעית להעברת משאות שמוותקנת מתחת לעורקי תנועה מרכזיים. המסילה תעביר משאות ותפחית את השימוש בספינות, במשאיות ובמטוסים. המסילה עובדת בעזרת שדה אלקטרומגנטי. בשולי הכביש יותקנו סלילי נחושת המחוברים לסוללה ולציוד חיישנים המזהים תנועה של משאות.



“כלל לא” ו-5 “במידה רבה מאוד”.

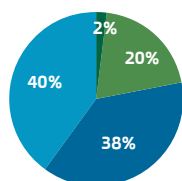
מניתוח תשובות תלמידי חטיבות הביניים שהשתתפו בהקאתון, שמחם לגלות ששביעות הרצון של 90% מהתלמידים היתה גבוהה ו-87% מהם ציינו שירצו להשתתף בתחרות בשנה הבאה. בבדיקת שביעות הרצון של התלמידים ממגוון הפעילויות שהם חוו, 80% מהם ציינו שנהנו במיוחד מהשיח עם המנטורים ומהחידון שהתקיים כחלק מיום השיא.

אחד מרגעי השיא של המיזם היה השתתפות התלמידים שעברו בהצלחה את שני השלבים הראשונים באירוע האקתון, שמטרתו היתה לפתח את הפתרון בסיוע מומחים ולרכוש כלי עזר לשיפורו.

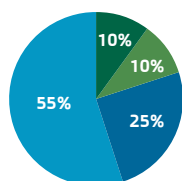
מה אפשר ללמוד ממשובי התלמידים שהשתתפו בהאקתון?

מחקר הערכה שהתבצע כלל טופס משוב למורים ולתלמידים על שביעות רצונם מהפעילויות השונות בהאקתון ועל תרומת ההאקתון לידע והמיומנויות שרכשו בסולם של 1-5 כאשר 1-

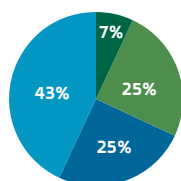
השתתפות בחידון



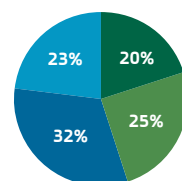
שיח עם המנטורים



השתתפות בסדנה



השתתפות בהרצאות

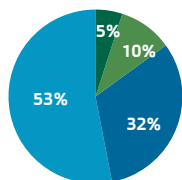


גרף 1: סיכום משובי התלמידים על מידת שביעות הרצון שלהם מהפעילויות השונות בהאקתון

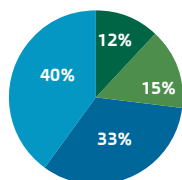
שתרומת ההאקתון להעשרת הידע ולרכישת מיומנות חדשה היתה גבוהה יחסית (כ-75%), וש-85% מהתלמידים ציינו שהתרומה היתה גבוהה במיוחד לשיפור הפתרון.

מתגובות התלמידים אפשר להסיק שחווית הלמידה בהאקתון הייתה טובה יותר בפעילויות שהייתה בהן התנסות מעשית ושיח עם מומחים באופן הרלבנטי למיזם של התלמידים, ופחות בהרצאות להעשרת הידע. בנוסף, נמצא כי התלמידים סברו

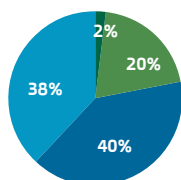
תרומה לשיפור הפתרון



לימוד מיומנות חדשה



העשרת ידע



גרף 2: סיכום משובי התלמידים על מידת התרומה של ההאקתון במספר היבטים

מה אפשר ללמוד מהמורים שהובילו את המיזם?

על מנת להכיר מעט לעומק את תהליך ההוראה-למידה במיזם ואת הנדרש להצלחתו, ריאיינו שתי מורות שהשתתפו עם תלמידיהם במיזם “תחבורת העתיד” בשתי שנות הפעלתו. **מיכל** (שם בדוי) היא מורה למדע וטכנולוגיה בחינוך ההתיישבותי המלווה תהליכי יזמות בבית הספר ונלהבת מן הנושא. את מיזם “תחבורת העתיד” בחרה כדי לעודד תלמידים נוספים בבית הספר

אם נסכם, מטרת המיזם הייתה לזמן לתלמידים אירוע משמעותי ומעורר מוטיבציה שיסייע להם לשפר את הפתרון שלהם, ובכך השגנו את המטרה. מתשובות התלמידים אפשר להסיק שהאירוע היה משמעותי עבורם, הן ברמת החוויה האישית, הן ברמת הלמידה וההתפתחות האישית והן בתחושת ההצלחה. כל אלו עשויים להוביל להעלאת תחושת המסוגלות של התלמידים להשתתף במיזמים דומים גם בשנים הבאות.



לקחת חלק בתהליכי יזמות.

ראנין (שם בדוי), אף היא מורה למדע וטכנולוגיה, שנלהבת מהובלת תהליכי למידה של חקר ופתרון בעיות ובמיוחד כשהם מלווים בתחרות. היא עובדת בפזורה הבדואית והחליפה בתי ספר בין תשפ"ב לתשפ"ג אף על פי שבית הספר החדש שהגיעה אליו לא השתתף בפרויקטים ארציים ובתחרויות, ראנין החליטה לעודד את בית הספר להשתתף במיזמים כאלו, בכוונה לאפשר לתלמידים רבים ככל האפשר לחוות תהליכי למידה פרויקטנטים שרובם כוללים תחרויות¹. היא זכתה בתמיכה נלהבת של מנהל בית הספר.

משיחות עם שתיהן למדנו שמיזם תחבורת העתיד נותן הזדמנות להשיג את המטרות הבאות:

1. התנסות בתהליכי חקר מדעי ובתהליכי פתרון בעיות בטכנולוגיה.
2. חיזוק המסוגלות העצמית של הלומדים והגברת האמונה שלהם ביכולותיהם.
3. קידום ההנאה של התלמידים מחוויית הלמידה ומהפיתוח של הפתרון.
4. פיתוח מיומנויות עבודת צוות ופיתוח מיומנויות לומד עצמאי.

ההקשר התרבותי של אוכלוסיית התלמידים של ראנין, שהם חלק מן הפזורה הבדואית ומבודדים מעט משאר האוכלוסייה, גרם לראנין להציב מטרה נוספת חשובה, והיא מתן הזדמנות לתלמידים לחוות מפגש בין-תרבותי ולחוש חלק מן החברה הישראלית.

שתי המורות הבינו כי הצלחה במיזם מסוג "תחבורת העתיד" מחייב גיוס שותפים שיסייעו להתגבר על פערים בידע ואף בתמיכה לוגיסטית. הן גייסו מורי פיזיקה, מורה סטזר ומומחי מדעים או טכנולוגיה, ואלה תמכו בתלמידים בהבנת המושגים והעקרונות הפיסיקליים ובתכנון ניסויים רלבנטיים לרעיון שבחרו. גם קרובי משפחה היו מעורבים למשל מהנדס שנתן משוב להיתכנות של רעיון, או הורים שהתגייסו להסיע את ילדיהם לבית הספר בעת שביתת ההסעות במגזר הבדואי.

דרכי הפעולה שבחרו מיכל וראנין היו בזיקה לתפיסת עולמן על למידה ועל הצלחה במיזם ומתוך כוונה להשיג את מטרותיהן. שתיהן הבינו כי קיימים ידע ומיומנויות הנדרשים ללמידה במיזם ודאגו ללמד, לפעמים כהוראה מטרימה לכלל הכיתה, ולפעמים בהתאם לנדרש לאורך עבודת התלמידים על המיזם. הן לימדו על משבר האקלים ועל הקשר בין פליטת פחמן דו-חמצני להתחממות הגלובלית והשפעותיה. שתיהן לימדו גם מיומנויות מידעניות, כמו חיפוש מידע, בחירת מקורות מידע מהימנים ואופן רישומם. התהליך בכיתה של מיכל הותנע בלמידה על ההתפתחות ההיסטורית של כלי התחבורה. שתי המורות דאגו לכך שהתלמידים יתנסו בתכנון וביצוע ניסויים המדגימים את העיקרון הפיזיקלי שבבסיס הפתרון המוצע שלהם לתחבורת העתיד ויבדקו את היתכנותו. ניסויים אלו גרמו להנאה בלמידה וסייעו להעמיק את הבנת העקרונות הפיזיקליים הנוגעים לפתרון.

ראנין מייחסת חשיבות להתנסות בתהליך חקר ופתרון בעיות שלם וגם להצלחה בתחרות והגעה לשלב הגמר. היא פעלה בהתאם כדי להעמיק את יכולת התלמידים המשתתפים לבצע חקר ותהליך פתרון בעיות בטכנולוגיה, ולכן בחרה להגיש את תהליכי החקר באופן שיעורר הזדהות ועניין אצל התלמידים. היא עשתה זאת על ידי הצגת סיפורי חקר מדעיים שאותם ניתחו התלמידים "במבט לאחור" בשפת החקר. היא אף הציגה בפניהם מוצרים הנמצאים בשימוש יומיומי, כמו סמארטפונים ומכונות, והתלמידים ניתחו את המוצרים בשפה הטכנולוגית, כלומר, זיהו את הבעיות שהמוצר נותן להן מענה, לרבות הדרישות מהפתרון לבעיות אלה וכדומה.

הן מיכל והן ראנין רואות חשיבות בהעצמת התלמידים ויכולותיהם. מיכל הקפידה להדגיש שההצלחה של מיזם כזה אינה בניצחון בתחרות, אלא בחווייה שחווה התלמיד בתהליך הלמידה והפיתוח ובהתפתחותו האישית כלומר. היא עודדה קידום מטה-קוגניציה ומודעות למה שלמדו התלמידים במיזם ונעזרה בכך במחנכת הכיתה. היא הקפידה לכבד את רעיונות התלמידים באופן שנתן להם תחושת בעלות על הרעיון וביטחון.

1. כמו **ידיד החקר המדע**, **נתיב האור** ותחרות **בחקר החלל**. היא אף לקחה תלמידים תת-משיגים ללמידה וחקר במסגרת המעבדה והחממה שהוקמה בבית הספר במטרה להעצים אותם ולטפח את ביטחונם העצמי ביכולותיהם.



מיכל מספרת כי אחד הקשיים שחוותה היה התגובות המורכבות של התלמידים למשוב שקיבלו מן הבודקים בשלבים השונים. הם התקשו להבין היכן טעו והתלבטו כיצד להמשיך. ראנין מדגישה שהקושי הגדול של התלמידים היה בהעלאת רעיונות ובחירת הרעיון המוביל. בשתי הקבוצות המרחק בין מגורי התלמידים הקשה אף הוא ונדרשו פתרונות של למידה מרחוק או הגעה לבית הספר גם בהיעדר הסעות.

מיכל וראנין מספרות כי הניסיון שלהן בהובלת המיזם הקל עליהן ללוות את התלמידים בשנתו השנייה ותחושת הזרות פחתה באירוע ההאקתון. המעבר מלוחות זמנים דחוסים וקצרים בתשפ"ב ללוחות זמנים מרווחים בתשפ"ג הקל מחד גיסא, אך חייב שמירה על דריכות והתקדמות הלומדים מאידך גיסא. המורות מציינות לטובה את השיפור שחל בדיוק המשימות המאתגרות ובניסוח המחווונים ואת מתן המשוב במועד. הן התייחסו לסדר היום של ההאקתון שהתאים יותר לצרכים השנה. ראנין אף ציינה כי השנה המפגש הבין-תרבותי היה טוב מזה שהתקיים בשנה הקודמת.

ראנין מספרת כי המנחים והמנטורים שפגשו התלמידים השנה, סטודנט להנדסת מכונות ואיש אלקטרוניקה, התייחסו במקצועיות ובנעימות אליה ואל תלמידיה וסייעו להם לקדם את הפתרון; ומנגד מיכל סבורה שיש לדאוג לכך שהמנטורים יהיו בוגרים ומומחים יותר.

לסיום, מיכל וראנין ציינו לטובה את ההתלהבות של התלמידים מהמיזם כפי שבאה לידי ביטוי בקבוצת הווטסאפ של המיזם, בכך שהתלמידים ביקשו להתייעץ איתן בשעות שונות, וגם בשמחה שהביעו במעבר משלב לשלב. שתיהן סבורות שעל אף העומס, התלמידים אוהבים את החוויה וירצו להשתתף בתהליכים דומים בעתיד.

מיזם "תחבורת העתיד - תחבורה ירוקה" חשוב לחינוך המדעי והטכנולוגי והאקלימי אך בכך לא תמה מלאכתנו. עלינו לפעול כדי לעודד תלמידים פחות להסתמך על הרכב הפרטי ויותר לאמץ הרגלי התנהגות שמקדמים צמצום בפליטת פחמן דו-חמצני כמו העדפה של הליכה ברגל לבית הספר או לחוגים, כשאפשר או עידוד המשפחה להשתמש בתחבורה ציבורית או שיתופית למרות קשיי הנוחות.

תפיסת עולם זו השפיעה גם על הבחירה של אוכלוסיית המשתתפים. שתי המורות הציגו את המיזם בפני התלמידים בכיתות ז' ו' / או ח' והזמינו אותם להירשם למיזם. מיכל אפשרה לכל הנרשמים להשתתף, וראנין בחרה את התלמידים בעלי הסיכוי הגבוה ביותר להצליח בתהליך ובתחרות בפועל התגבשה בשני בתי הספר קבוצת לומדים מצטיינים המחויבת לתהליך.

מעורבות המורות בלמידה הייתה קשורה אף היא למטרותיהן ולתפיסת עולמן. מיכל סיפרה כי בשנה שעברה הייתה מעורבת יותר בעשייה של התלמידים ואילו השנה הרפתה ("זה שלהם!"). הם קבעו לעצמם את לוח הזמנים לעבודה ועבדו הרבה מרחוק כי הם גרים בישובים שונים המקשים על מפגשים פיסיים. ראנין עבדה בצמוד עם תלמידיה במהלך המיזם בשתי שנות השתתפותה, בין היתר מאחר שהתלמידים נזקקו לסיוע עקב פערי שפה. לצורך ביצוע המיזם השתמשה ראנין בכל השעות האפשריות שעמדו לרשותה, כלומר, שיעורי המדעים, שעות פרטניות ושעות תגבור.

בחירת הרעיון המוביל נעשתה בשתי הקבוצות תוך סיעור מוחין ובו הועלו רעיונות שונים לצמצום פליטת פחמן דו-חמצני בתחבורה. תחילה העלו התלמידים רעיונות מכניים מן הידע הכללי שלהם, אך בהמשך, וכדי להעלות אפשרויות נוספות, פנו הלומדים לאינטרנט לחקור וללמוד את הנושא לעומק. בתוך כך הם חילצו מידע ושייכו אותו למיזם שלהם. מיכל מספרת כי התלמידים קראו בעברית ובאנגלית והסבירו זה לזה דברים לא ברורים. ראנין מציינת כי נוכחותו של שדה גדול ובו לוחות סולאריים, המספקים חשמל לכפרים הלא מוכרים שהתלמידים גרים בהם, תרמה רבות להעלאת הרעיונות ובחירתם, בדמות לוחות סולאריים על גגות של כלי רכב, והרחבת הרעיון לשילוב מקורות אנרגיה נוספים.

המורות מדווחות כי התלמידים פעלו בשיתוף פעולה, חילקו ביניהם משימות, תחילה באופן אקראי ובהמשך בהתאם לצורכי המשימה, לפי ההיכרות האישית ביניהם הנותנת ביטוי לחוזקותיהם. שני דפוסים של שיתופי פעולה עולים מתוך שנתיים של פעילות: (1) הובלת הקבוצה על ידי תלמיד אחד; (2) פתרון הבעיה בצוות תוך התגברות על חילוקי דעות. בשני המקרים הדיונים קידמו את פיתוח הרעיון (שאלות כמו: "למה דווקא לעשות ככה...?" או "איך זה יכול להיות?" או "איך זה קורה?"). התלמידים עברו משיח שיפוטי לשיח מכיל ובונה.

מקורות

- 1 IEA (2023). [Transport Improving the sustainability of passenger and freight transport](#).
- 2 UNESCO, (2017). [Education for sustainable development goals: Learning objectives](#)
- 3 Unicef, (2021). [One billion children at 'extremely high risk' of impacts of the climate crisis](#)
- 4 Thompson, T. (2021). Young people's climate anxiety revealed in landmark survey. *Nature*, 597, 605.
- 5 Kristoffersen, (2022). [Collective action helps young adults deal with climate change anxiety](#). Yale school of public health.
- 6 ביאלר, ל., רוזנפלד, ש. ופליק, א. (2020). [חינוך בנושא שינוי אקלים כבר כאן, ובכל מקום אחר בעולם](#). קריאת ביניים, גיליון 34–35, עמ' 42–48.
- 7 Monroe, M., C., Plate, R., R., Oxarart, A., Bowers, A. & Chaves, W., A. (2019). Identifying effective climate change education strategies: a systematic review of the research, *Environmental Education Research*, 25:6, 791-812.
- 8 ניסן, ח., דיזנדרוק, ו., ובר-און, נ., (2022). [סקירת ספרות: STEM, במסגרת הערכת תוכנית פיתוח פדגוגיה ברוח ה-STEM](#). צוות מכון דוידסון בתוך אתר משרד החינוך.