



Research article

מאמר מחקר

פיתוח קווים מנחים לתכנית לימודים בנושא אנרגיה מתחדשת על סמך תפיסות מומחים בתחום ותלמידי כיתה ט' קווים מנחים לתכנית לימודים בנושא אנרגיה מתחדשת על סמך תפיסות מומחים ותלמידים

ת' פישל^{1*}, א' בן צבי אסרף¹, ח' גינת²

¹ המחלקה להוראת המדעים והטכנולוגיה, אוניברסיטת בן גוריון בנגב
² מרכז מדע ים המלח והערבה

* פרטי התקשרות: tami.fishel@gmail.com 3804003 50 972 +

ת ק צ י ר

בעשורים האחרונים מתברר יותר ויותר כי העולם נתון במשבר סביבתי, שאחד הגורמים המשפיעים עליו הוא צריכה גבוהה של אנרגיה. השימוש במקורות אנרגיה פוסיליים גורם לזיהום רב, ונוסף על כך מאגרי המקורות האלה הולכים ומתכלים. לכן יש צורך לפתח מקורות אנרגיה חדשים בהתאם לעקרונות של פיתוח בר-קיימה, ובה בעת להפחית את צריכת האנרגיה של בני האדם. במטרה לקדם את נושא האנרגיה המתחדשת בישראל הוקמה במאי 2006 מנהלת אנרגיה מתחדשת באילת-חבל אילות, שאחת ממטרותיה היא שילוב נושא האנרגיה המתחדשת גם בתחום החינוך. בישראל נכלל נושא האנרגיה בתכנית הלימודים לכיתה ט', אך נושא האנרגיה המתחדשת הוא תחום לימוד חדש, ולכן אין עדיין סילבוס מובנה להוראתו. מטרת המחקר הנוכחי הייתה לפתח קווים מנחים לבניית יחידת לימוד בנושא אנרגיה מתחדשת, בהתבסס על תפיסות תלמידי כיתה ט' ומומחים בתחום. הגישה המחקרית כללה בשלב הראשון פנייה לקהילה המדעית, כדי לברר מהם העקרונות המדעיים בעלי החשיבות העליונה בנושא הנלמד. בשלב השני אופיינו תפיסות התלמידים את מרכיבי התוכן שהעלו החוקרים. במחקר נעשה שימוש בכלי מחקר איכותניים וכמותניים, שכללו ראיונות עומק עם עשרה מומחים בתחום האנרגיה, ושאלון לאיסוף נתונים איכותניים וכמותניים שהועבר ל-560 תלמידים בכיתה ט' ברחבי ישראל. מהממצאים עולה כי מומחים בתחום האנרגיה המתחדשת רואים חשיבות בלימוד נושא זה דרך היכרות עם מערכות כדור הארץ. מתוך כך יתברר לומדים בהמשך מהם מקורות האנרגיה המתכלים, ומהם יתרונותיהם וחסרונותיהם. עוד עולה כי לתלמידים רבים קשה לקשור בין תחומי ידע שונים הרלוונטיים לתחום האנרגיה המתחדשת. התלמידים הביעו מודעות סביבתית גבוהה, ונראה כי יש התעניינות בנושאי סביבה, אך חוסר בידע מקשה על יצירת הקשרים בין מונחים ועל היכולת לחשוב מה הפרט הבודד יכול לעשות. עוד נמצא כי בתפיסת ההיבטים השונים של קיימות יש פער בין המומחים לבין תלמידים בחטיבת הביניים: לתלמידים קשה להפעיל חשיבה ביקורתית בתחומים המוגדרים "ירוקים", ואילו המומחים מדגישים את משקלה של החשיבה הביקורתית ביחס לכל נושא סביבתי.

מילות מפתח:
חינוך סביבתי
אנרגיה מתחדשת
לימודי פיתוח בר-קיימה
ידע מומחים ותפיסות תלמידים

Developing guidelines for renewable energy curriculum, based on energy experts and 9th grade students' perceptions

T. Fishel^{1*}, O. Ben-Zvi Assaraf¹, H. Ginat²

¹ The Department of Science and Technology Education, Ben-Gurion University of the Negev

² Dead Sea and Arava Science Center

* Corresponding author: tami.fishel@gmail.com + 972 50 3804003

A B S T R A C T

The worldwide energy crisis emphasizes the need to develop new energy sources and reduce energy consumption. In order to promote the field of renewable energies in Israel, in May 2006 the Eilat-Eilat renewable energy initiative was established; one of its goals was to integrate the subject of renewable energy into education.

This study's goal was to develop a curriculum for renewable energy in junior high, including field trips, labs, students' projects etc. In Israel, the 9th grade junior high curriculum includes energy related science, but renewable energies are not included.

Our research approach was based on two main steps: (1) Appeal to the scientific community, to determine which scientific principles are of real importance to the subject. This was done by interviewing experts in the field of energy. (2) Based on the knowledge of the experts in the field, we created a research tool to assess students' perception of renewable energy.

The results derived from the experts' interviews emphasized the need for the 9th grade curriculum to recognize relationships between earth systems and humans, as well as the importance of acknowledging finite energy sources and increasing environmental damage. In addition, there is a gap in the perception of the different aspects of sustainability between the experts and the students. It is difficult for the 9th grade students to apply critical thinking in areas defined as "green", while the experts emphasized the importance of critical thinking towards any environmental issue.

Keywords:

Environmental education
Renewable energy
Sustainable development studies
Expert knowledge and student perceptions

לעשות זאת היא באמצעות החינוך (Bojic, 2004). אג'נדה 21 היא תכנית פעולה בינלאומית, שמטרתה לבלום את הידרדרות הסביבה העולמית ולשפר את מצב הסביבה בד בבד עם קידום פיתוח בר-קיימה (אג'נדה 21, 2002). אג'נדה 21 מציינת כי החינוך הוא הכלי המרכזי לקידום פיתוח בר-קיימה, ועל כן הוא גורם מכריע ביצירת מודעות סביבתית ואתית ובשיפור יכולת הציבור לגשת לנושאי סביבה ופיתוח בראייה נכונה (UNCED, 1992).

בשל הצורך ליצור מודעות בקרב הציבור ובמטרה לקדם את נושא האנרגיה המתחדשת בישראל הוקמה במאי 2006 מנהלת אנרגיה מתחדשת באילת-חבל אילות. המנהלת הוקמה ביוזמה מקומית כחלק מהתכנית האסטרטגית האזורית לקידום תחום האנרגיה המתחדשת וכמנוף לפיתוח אזורי בר-קיימה באילת וחבל אילות. אחת ממטרות המנהלת היא שילוב נושא האנרגיה המתחדשת גם בתחום החינוך, כפי שנכתב באתר הפרויקט: "העלאת המודעות בקרב מבוגרים וצעירים באזור לנושא האנרגיה המתחדשת כולל כתיבת תכנית חינוכית לאנרגיה מתחדשת לכל מוסדות החינוך החל מגיל הגן ועד תיכון" (מנהלת אנרגיה אילת-אילות, 2010).

נושא האנרגיה המתחדשת כתחום לימוד הוא חדש יחסית, ולכן לא קיים עדיין סילבוס מובנה להוראתו. זו הסיבה שעל מנת ליישם את מטרת המנהלת ולהעלות את המודעות יש לתכנן איך לשלב את

1. מבוא

בארבעת העשורים האחרונים מתברר יותר ויותר כי העולם נתון במשבר סביבתי, שאותותיו ניכרים בכל מקום על פני כדור הארץ. אחד הגורמים המשפיעים על המשבר הסביבתי הוא צריכה גבוהה של אנרגיה, לדוגמה שימוש בדלקים מאובנים, הגורם לפליטה של פחמן דו-חמצני, אחד הגורמים העיקריים לשינוי אקלים (Tertzakian, 2006). נקטת גישה של פיתוח בר-קיימה (sustainable development) בנושא שימוש באנרגיה נועדה למצוא את השילוב הנכון בין מגוון אינטרסים סביבתיים, חברתיים וכלכליים. גישה זו עשויה לגשר בין הצורך הגובר באנרגיה ותלות האדם בדלקים מאובנים לבין מצב הסביבה. מטרות הפיתוח בר-הקיימה הן צמצום בצריכת אנרגיה ומשאבים, עידוד השימוש במקורות מתחדשים של אנרגיה ומשאבי טבע, פיתוח מקורות חדשים ונוספים והקפדה שקצב הניצול שלהם יהיה נמוך מקצב התחדשותם (אג'נדה 21, 2002).

אנרגיה מתחדשת היא אנרגיה שמקורה בתהליכי טבע מתמשכים שאינם מתכלים, כגון אנרגיית רוח, אנרגיה הידרואלקטרית, אנרגיית שמש ואנרגיה גאותרמית. בשנים האחרונות נעשים במקומות שונים בעולם מאמצים לפתח טכנולוגיות לניצול מקורות אנרגיה מתחדשים. על מנת לקדם את נושאי האנרגיה המתחדשת והחיסכון באנרגיה באופן מקומי וגלובלי, יש ליצור מודעות בקרב הציבור, והדרך היעילה ביותר

הדאגה שמעורר נושא האנרגיה והסביבה התגברה בעשורים האחרונים, וכדי לטפל בבעיה ננקטות פעולות בינלאומיות שונות. חלק מהפתרונות הם טכניים, פתרונות אחרים מיושמים באמצעות פוליטיקה ומדיניות ממשלתית לצד מתן תמריצים כלכליים וחינוך. לפעולות אלה, אשר בראשן עומד החינוך, תפקיד חשוב בעיצוב התנהגות האדם ובמעבר החברה האנושית לעתיד בר-קיימה (Jennings and Lund, 2001; Zyadin et al, 2012).

2.2 חינוך ואנרגיה מתחדשת

חשיבות תחום האנרגיה בכלכלה, בפוליטיקה ובסביבה העלתה את חשיבותו גם בתחום החינוך המדעי (El Chaar and Lamont, 2010). מאחר שצפוי כי אנרגיה מתחדשת תתפוס נתח נרחב יותר מסך האנרגיה העולמית, שילוב טכנולוגיות מתאימות של אנרגיה מתחדשת ידרוש עלייה במספר המומחים בתחום. מסיבה זו יש לפעול לשינוי הגישה וההעדפות של הציבור הרחב ושל מקבלי ההחלטות לכדי קבלה רחבה של טכנולוגיות אנרגיה מתחדשת, ומכאן שחינוך בתחום זה הוא בעל חשיבות רבה (Kandpal and Broman, 2014). יתר על כן, מצופה שמערכות אנרגיה מתחדשת ייתנו פתרונות בני-קיימה לאספקת אנרגיה, ולכן הכרחי שהמפתחים של מערכות אלה יהיו מודעים לתאוריה של פיתוח בר-קיימה וליישומה (Jennings, 2009).

תחום האנרגיה המתחדשת טומן בחובו שני אתגרים עיקריים בהוראת הנושא. התחום, שהוא חלק מלימודים בנושאי קיימות (sustainability science), מאופיין ברב-תחומיות מדעית: מעורבים בו נושאים ממדעי הטבע וממדעי החברה, וליתר דיוק מתחומי הביולוגיה, הכימיה, הפיזיקה, הגאולוגיה והגאוגרפיה. בהוראת הנושא יש אפוא להתייחס לכך (Bacon et al., 2011). מעבר להיבט המדעי, לנושא האנרגיה בכלל והאנרגיה המתחדשת בפרט יש חשיבות רבה בתחומים נוספים, כגון כלכלה ופוליטיקה עולמית. לדוגמה, השימוש באנרגיה הוא יסוד מפתח המניע את הכלכלה העולמית: ריכוזם הגאוגרפי של מקורות האנרגיה הפוסיליים בשטחן של מספר מדינות קטן יחסית אל מול הצורך של כל מדינות העולם במשאבים אלה, משפיע רבות על הפוליטיקה העולמית. לפיכך חשוב שבהוראת הנושא תהיה התייחסות גם לנושאים הכלכליים, החברתיים והסביבתיים הנובעים מן התחום (Jennings, 2009).

2.3 תפיסות תלמידים בנושא אנרגיה מתחדשת

על פי הגישה הקונסטרוקטיביסטית, כדי לפתח תכנית לימודים המובילה ללמידה משמעותית יש להתייחס לתנאי ההכרחי ללמידה משמעותית, כלומר יש לקשר את הנלמד לידע הקיים אצל התלמיד. למידה יעילה מתרחשת כאשר נעשים הקשרים משמעותיים לידע הקודם שיש לתלמיד. הידע החדש משתלב עם המבנה הקוגניטיבי הקיים אצלו, וכך הוא נשאר לטווח ארוך יותר (Littleddyke, 2008). מחקרים רבים עסקו בתפיסות ובגישות של תלמידים צעירים כלפי נושאי סביבה שונים, אך רק מעטים התמקדו בנושא האנרגיה המתחדשת (Halder et al., 2011). מחקר שבחן את הידע, את הגישה ואת התפיסות של צרכנים בנושא האנרגיה המתחדשת במטרה לבחון כיצד הדבר משפיע על הרגלי הצריכה שלהם בתחום, מצא כי לצרכנים רמה גבוהה של

הנושא בתוכני הלימוד. נושא האנרגיה באופן כללי נכלל בדרכים שונות בתכנית הלימודים במדע וטכנולוגיה לחטיבת הביניים, אך אין בתכנית התייחסות ייחודית לאנרגיה מתחדשת. כדי להבין תחום זה לעומקו וכדי לפתח אוריינות סביבתית אצל התלמידים נחוץ לבדוק תחילה מהו הבסיס המדעי ומהם המונחים החשובים שיש לדעת.

אוריינות סביבתית (environmental literacy) היא התשתית החינוכית ואחד ממושגי המפתח במאמץ ליישם אסטרטגיה של פיתוח בר-קיימה, ולקדם חברה המסוגלת לנהל אורח חיים ודפוסי צריכה ברוח הקיימות (Roth, 1992). למומחים העוסקים בתחום האנרגיה המתחדשת יש הבנה וראייה רחבה של הנושא מהיבטים שונים, ומשום כך ראיונות עמם מבטאים את האוריינות ברמה הגבוהה ביותר בתחום, ויכולים לשמש בסיס למבנה תאורטי לתכנית לימודים. אחד העקרונות של הגישה הקונסטרוקטיביסטית בחינוך הוא התאמת תכנית הלימודים להנחות התלמידים. בהתאם לכך יש לדעת כיצד נתפס הנושא בעיני התלמידים, ולפתח לאור זאת יחידות לימוד מותאמות לתפיסותיהם ולידע שלהם. כדי לבחון תפיסות אלה נדרש כלי מחקר מותאם למטרות אלו, המבוסס על תפיסות המומחים.

מטרת המחקר הנוכחי הייתה לפתח קווים מנחים לבניית תכנית לימודים בנושא אנרגיה מתחדשת לתלמידי כיתה ט'. התכנית מבוססת על מרכיבים של אוריינות סביבתית שהוגדרו על ידי מומחים בתחום, ועל בחינה של תפיסות תלמידים בנושא. המחקר עונה על צורך קיים, כיוון שאין כיום תכניות לימוד אנרגיה מתחדשת במסגרת לימודי המדע. תוצאות המחקר יכולות לשמש בסיס לפיתוח תכניות לימוד בנושא, ובכך לקדם את מודעות הציבור לנושא ולחשיבותו הרבה כבר מגיל צעיר.

2. סקירת ספרות

2.1 פיתוח בר-קיימה ואנרגיה מתחדשת

צריכת אנרגיה היא אחת הפעילויות האנושיות העכשוויות בעלות ההשפעה המובהקת ביותר על טביעת הרגל האקולוגית של אוכלוסיית העולם. אנרגיה היא מצרך הכרחי בעולם התעשייתי המודרני, וההשפעה הסביבתית שלה ניכרת ברמה המקומית וברמה העולמית כאחת. מרבית האנרגיה בעולם מופקת מדלקים מאובנים ההולכים ומתכלים, אשר לשימוש בהם יש השפעה סביבתית עמוקה (Stigka, et al., 2014). מאחר שהשימוש באנרגיה משפיע מאוד על הסביבה, יש חשיבות רבה לכך שהוא יעשה תוך כדי יישום עקרונות של פיתוח בר-קיימה. אג'נדה 21 מציעה לכך כמה הצעות, שהעיקרית בהן היא שימוש במקורות אנרגיה חודשים ומתחדשים. חיזוק לגישה זו התקבל בוועידת קופנהגן 2009, שהמליצה לעודד פיתוח טכנולוגיות הן לשימוש באנרגיות מתחדשות והן לחיסכון באנרגיה (UNCED, 1992; UNFCCC, 2009).

בשנים האחרונות נעשים גם במדינת ישראל ניסיונות שונים ליישם את עקרונות אג'נדה 21 ואת המלצות ועידת קופנהגן 2009, ולפתח את תחום האנרגיות המתחדשות. החלטת ממשלה קבעה יעד אשר לפיו עד שנת 2020 יגיעו 10% מצריכת החשמל של המדינה ממקורות מתחדשים (מסמך מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל, משרד התשתיות הלאומיות, 2010). ההשערה היא שהשימוש באנרגיות המתחדשות בעולם יעלה מ-10% בשנת 2008 ל-14% בשנת 2035 (EIA, 2011).

ב. 10 תלמידי כיתות ט' מבית ספר תיכון בערבה הדרומית. תלמידים אלה רואיינו ראיונות עומק כחלק מתהליך תיקוף השאלון.
ג. 560 תלמידי כיתות ט'. המדגם נבחר באופן אקראי וכלל 17 כיתות ט' מ-12 בתי ספר מאזורים שונים ברחבי המדינה.

3.3 כלי המחקר

3.3.1 ריאיון

ראיונות המומחים היו ראיונות חצי מובנים, אשר מאפשרים גמישות ואיסוף מידע רב מהמראיינים. גמישות זו התאימה למחקר הנוכחי, מאחר שמטרת המחקר הייתה אפיון הגישות השונות המוצגות על ידי קבוצה זו, ולא גיבוש הכללה לגבי תפיסות של כלל המומחים (Adams, 2001). השאלות לריאיון נבנו על בסיס ראיונות שנבנו עבור מחקרים קודמים על פי קטגוריות של ארגון NAAEE ועל סמך שאלון אוריינות סביבתית. הקטגוריות שלפיהן נעשתה החלוקה הן מאפייני האוריינות הסביבתית של ארגון NAAEE (Somers, 2005).

3.3.2 שאלון

השאלון לתלמידים במחקר זה פותח במיוחד עבור המחקר הנוכחי על בסיס הניתוח של תפיסות המומחים בנושא האנרגיה המתחדשת. מטרת השאלון הייתה להבין מה תלמידים בשכבת הגיל שנבחנה יודעים על הנושא טרם הלימוד, וכיצד הם תופסים את התמות המרכזיות שהועלו על ידי המומחים. השאלון מסוג ליקרט (likert) כלל 25 היגדים, שבהם היה על התלמיד לסמן את מידת הסכמתו עם ההיגד (בין 1- לא מסכים כלל, ל-5 – מסכים ביותר), ולהוסיף הסבר מדוע בחר את התשובה. לשאלונים נעשה ניתוח איכותני וכמותני. הניתוח הכמותני כלל חישוב ממוצע, סטיית תקן ומובהקות להיגדים ולקטגוריות, וחישוב שכיחות של ההיגדים. הניתוח האיכותני נעשה על ידי מתן ציון לכל הסבר על פי המקרא שלהלן:

0 – הסבר לא רלוונטי (או אין הסבר)

1 – הסבר אינטואיטיבי להיגד (כן, אני מסכים)

2 – הסכמה/אי הסכמה + הסבר

3 – הסבר + מנגנון התומך בהסבר.

4. תוצאות

4.1 מומחים בתחום האנרגיה: תפיסות המומחים כלפי מרכיבי אוריינות סביבתית בנושא אנרגיה מתחדשת

תפיסות המומחים נותחו לפי שלושת ממדי האוריינות הסביבתית: ממד קוגניטיבי (ידע ומיומנות), ממד רגשי-ערכי, והתנהגות סביבתית אחרת.

בממד הקוגניטיבי, טענה מרכזית אחת שעלתה היא הצורך בהבנת יחסי הגומלין אדם-סביבה, ומתוך כך הערכת השפעתו של האדם על הסביבה (טבלה 1, קטגוריה 1). לדעת המומחים, צריך לחזור ולעמוד על הקשר בין האדם לבין הסביבה כל משך הלימוד – מהבנת ההשפעה הסביבתית של השימוש במשאבים המתכלים, ועד ההכרה בכך שהאדם פוגע בסביבה גם כשהוא משתמש באנרגיות מתחדשות.

דאגה בנושאי סביבה. עם זאת נמצא ידע נמוך יחסית בנושא אנרגיה מתחדשת (Bang et al., 2000).

מטרת מחקר אחר, שנעשה בפינלנד, הייתה לבחון את התפיסות של אזרחים צעירים ואת גישותיהם כלפי ביו-אנרגיה, ולהבין כיצד משפיעים עליהן בתי הספר, הבית ואמצעי התקשורת. במחקר נמצא כי מרבית התלמידים אינם מכירים בחשיבות הנושא וביכולתו להשפיע על הסביבה. לצד זאת אחוז גבוה של תלמידים הביעו נכונות ללמוד יותר על הנושא באמצעות דרכים מעשיות כגון ביקור במפעל. החוקרים טענו כי תלמידים צעירים זקוקים לכמות רבה יותר של חוויות חיוביות וידע רלוונטי בנושא כדי שיוכלו לשנות את תפיסתם ואת גישותיהם כלפי תחום הביו-אנרגיה.

על מנת לבנות תכנית לימודים המתבססת על תפיסות התלמידים בנושא, יש לברר את תפיסותיהם כלפי תחום האנרגיה המתחדשת בצורה רחבה יותר (Halder et al., 2011). לאור כך, כדי לפתח קווים מנחים לבניית יחידת לימוד בנושא אנרגיה מתחדשת, נעשה שימוש במודל המשלב שלושה גורמים: תפיסות המומחים בתחום, המייצגים את הידע המדעי המתקדם בנושא, תפיסות התלמידים כלפי הנושא והסטנדרטים של תחום הדעת.

3. שיטות

3.1 הגישה המחקרית

בשלב ראשון במחקר זה נבדקו תפיסות המומחים כלפי אנרגיה מתחדשת לצורך גיבוש מערכת מרכזית של רעיונות, שתשמש לעיצוב קווים מנחים לפיתוח תכניות לימודים (Ruppert and Duncan, 2017). כדי להכיר לעומק את תפיסות המומחים בנושא ולבדוק את הידע ואת התפיסות של תלמידים בכיתות ט', מחקר זה שילב שיטות איכותניות וכמותיות לאיסוף הנתונים. שילוב השיטות נעשה במטרה להקיף את המחקר מכיוונים שונים: את תפיסות המומחים ניתן להבין לעומק באמצעות כלי המחקר האיכותני, ואילו המחקר הכמותי התאים לגיבוש הכללה לגבי תפיסת התלמידים את הנושא.

בשלב הראשון של המחקר רואיינו 11 מומחים בתחום האנרגיה, ולאחר מכן נערך ניתוח תוכן לראיונות המומחים על ידי ביצוע קטגוריזציה לראיונות, על פי הקריטריונים של ארגון המחקרים הצפון אמריקניים לחינוך סביבתי – NAAEE (North American Association for Environmental Education). בהתבסס על הדברים שהעלו המומחים בראיונות – הידע המדעי החשוב בעיניהם לנושא, ההבנה המושגית שלהם את הנושא ותפיסותיהם כלפי עקרונות שונים בתחום – חולצו קטגוריות ופותח שאלון לתלמידי כיתה ט'.

3.2 אוכלוסיית המחקר

אוכלוסיית המחקר כללה שלוש קבוצות:

א. 11 מומחים בתחום האנרגיה, כולם אנשי מדע בעלי תואר שלישי העוסקים בתחום מכיוונים שונים: שבעה מומחים הם מדענים העוסקים באנרגיה פוסילית ואנרגיה מתחדשת (פיזיקאים, גאולוגים וביולוגים), שני אנשי חינוך סביבתי, נציגה מהמשרד להגנת הסביבה אשר עוסקת בחינוך סביבתי, ונציגה ממנהלת האנרגיה של חבל אילת-אילות.

טבלה 1: סיכום קטגוריות ראיונות מומחים: ממד קוגניטיבי

ממד קוגניטיבי		
קטגוריה	הסבר הקטגוריה	ציטוט
תת-קטגוריה 1: ידע של עקרונות אקולוגיים ועקרונות חברתיים-פוליטיים	הממד הקוגניטיבי מתייחס להיבטים שונים של ידע ושימוש בו. קטגוריה זו מתייחסת למושגים ולעקרונות החינויים להבנת נושא האנרגיה המתחדשת, ושלדעת המומחים חייבים להילמד כחלק מהנושא. הנושאים כוללים עקרונות מדעיים ועקרונות חברתיים.	
מערכות כדור הארץ וקשרי הגומלין ביניהן	נושא זה מתייחס להיכרות עם מערכות כדור הארץ השונות, להכרת הקשרים ביניהן ולדרכי ההשתלבות של בני האדם במערכות השונות.	"אפילו לפני שנכנסים לעניין של האנרגיות, להבין שהאדם הוא חלק ממערכת בעולם, הוא משפיע על המערכת הזאת, ולכל עשייה שלנו למעשה יש השלכות סביבתיות. אני חושבת שזה הבסיס." "אני חושבת שצריך לצאת מתוך כדור הארץ והבנה של יחסי גומלין אדם וטבע ואדם וגאולוגיה ואדם וחי ודומם [...] מערכת הגומלין ומקומו של האדם בתוך הכדור."
הבנת השפעת האדם על הסביבה	נושא זה ממשיך את ההיכרות עם מערכות כדור הארץ, אך שם דגש על פעילותו של האדם ועל דרכי השפעתו על הסביבה.	"יש בעיות סביבה שהן כתוצאה מפעילות של הטבע, יש בעיות סביבה שהן כתוצאה מפעילות של אנשים. יש בעיות סביבה שהן מזיקות לאנשים, יש התפרצות של הר געש, יש גזים רעילים, זה מזיק לאנשים. משהו מוציא גזי שריפה שיש בהם רעלים, מזיק לאנשים, יש בעיות אחרות שכתוצאה מהן אנחנו גורמים לשינויים של הטבע, שינויים אקלימיים זו בעיה אחרת, גם כן בעיית סביבה." "לא כל דבר נותן פתרון להכול, אתה נותן פתרון לדבר אחד, אתה פוגע בדבר שני, מערכת אקולוגית כזאת."
סוגי אנרגיה מתחדשת	נושא זה כולל את ההגדרה של אנרגיה מתחדשת ואת הסוגים הקיימים של אנרגיה מתחדשת.	"על מנת שמקור אנרגיה חלופי יהיה באמת חלופי, הוא צריך לענות על שלושה קריטריונים: (1) מזון - לא להיות בתחרות כמקור מזון; (2) קרקע - לא להיות בתחרות על הקרקע (לא לקחת קרקע שהיא חקלאית ולגדל עליה מקור אנרגיה); (3) מים - להשתמש במים שאינם לצורכי אנרגיה (מי ביו, מי ים)." "יש אנרגיה סולרית אבל יש גם ביו-אנרגיה, אנרגיית רוח, אנרגיה באוקיינוסים, בימים, ראית את הפנטז הזה עם גלים? אפילו חלק מזה, זה לא שפל, אז גלים, תנועה של הגלים מניעה גל ארכובה, שהופך את התנועה הלוך-חזור לתנועה גלית ומניע גנרטור, נגיד."
מדינות מתפתחות ומדינות מפותחות: קשרי גומלין. השפעת הגלובליזציה על האנרגיה	נושא זה מתייחס להבנת הקשרים בין מדינות מתפתחות לבין מדינות מפותחות, התייחסות לאמנות בינלאומיות וגישה של פיתוח בר-קיימה בשימוש באנרגיה.	"אמנות בינלאומיות, לשפכים, מה באמת מקורו של הנפט, מאיפה הוא מגיע וכו'. עכשיו זה לימוד שהוא מאוד חיוני, כשאתה מלמד אנרגיה מתחדשת. זאת אומרת, להבין את הנושא של עולם במשבר סביבתי בכלל, כי בסופו של דבר כל הדברים קשורים זה לזה."
תת-קטגוריה 2: ידע ויכולת לזהות, לנתח, לחקור ולהעריך בעיות סביבה ונושאי סביבה	קטגוריה זו מתייחסת להיכרות עם בעיות סביבתיות הנובעות משימושי האנרגיה - המתכלה והמתחדשת - ולחשיבה עליהן.	
השפעה סביבתית של שימוש במשאבים מתכלים	נושא זה כולל את ההשפעות השונות של המשאבים המתכלים: זיהום אוויר כתוצאה משריפת דלקים, פליטת CO ₂ לאוויר, דליפות לקרקע ועוד.	"גם אם מדובר על נפט, תהליכי הזיקוק שלו הם תהליכים שיש בהם פליטה גם שתורמת רבות לזיהום אוויר, וגם פליטה שמגיעה בסופו של דבר כתשטיפים למערכת הניקוז [...] הבעיה השנייה היא באחסנות. בצורה זו או אחרת, לפחות בעבר, היו דליפות גדולות ממכלים [...] שריפה של דלק היא דבר שיש לו השפעה על הסביבה. פחם כדלק לא מתחדש, כדלק קונבנציונלי הוא פחות מפוזר, יותר מרוכז היכן שיש תחנות כוח שהן מופעלות על פחם. אבל שם שוב החל משאלת האחסון והזיהום, בעיקר אם הוא לא מטופל כמו שצריך ואחר כך תוצרי הלוואי של השריפה כולל פליטת חלקיקים. גם באפר הקרקעית, גם באפר המרחף וגם בחלקיקים שהם מוקרנים לסביבה בסוף."
שיקולים בשימוש באנרגיה חלופית	נושא זה כולל היכרות מעמיקה יותר עם המשאבים המתחדשים: השיקולים שיש להביא בחשבון כשרוצים להשתמש באנרגיה מסוימת, כגון שיקולי קרקע עבור אנרגיה סולרית.	"להפיק חשמל מאנרגיה סולרית דורש שטחים גדולים מאוד. לכאורה כדי לחשמל את כל מדינת ישראל בחשמל סולרי היה צריך סדר גודל של 300 קמ"ר. זה לא הרבה, זה ריבוע של 20 על 15 ק"מ. הנגב הוא שטח של 10,000 קמ"ר, אז שטח קטן מאוד יחסית, אבל הנגב מחולק. בעיקר הצבא תפס את הכול, מה שלא הצבא - זה ישובים אזרחיים, מה שלא - זה בדואים, ומה שלא - זה נופש ופנאי, ולכן כל אחד רוצה את חלקת האלוהים הקטנה שלו. מדינת ישראל לא מסוגלת היום לסמן שטח של 300 קמ"ר שנוח מבחינה אסטרטגית."

ממד קוגניטיבי		
קטגוריה	הסבר הקטגוריה	ציטוט
הפעלת חשיבה ביקורתית בנושאי סביבה	מטרתו של נושא זה לפתוח לתלמידים פתח לכיווני חשיבה בנושאי סביבה שונים, ולתת להם כלים להפעלת חשיבה ביקורתית בניתוח בעיות סביבה.	<p>"צריך ללמד את האנשים האלה מה הבעיה לעשות חשמל, זה לא דבר כל כך פשוט. אנחנו מורגלים לזה כולנו שאנחנו באים הביתה, מדליקים חשמל, והכל תמיד עובד. אני פותח את המקרר, והוא קר, הוא לבדו יודע להתחיל לקרר את עצמו כשהוא מתחמם וכנ"ל גם המזגן שלי. אנחנו לא יודעים איך התהליכים האלה באמת עובדים, מה עומד מאחורי זה, כמה זה עולה, מה האנשים שעושים את זה, מה המורכבות, התשתיות, האם באמת מדינת ישראל יכולה להשתמש בזה. נשאל את עצמנו, האם זה באמת ריאלי שמדינת ישראל לא תבנה תחנה פחמית עכשיו? רוב האנשים שעוסקים בזה פשוט לא יודעים, הם לא מתמודדים עם השאלה בדרך הנכונה. אז אחרי שלומדים קצת את חוקי הטבע, צריך לדעת מה התהליכים הטבעיים הבסיסיים שאותם אנחנו צריכים לבנות ולשפר."</p> <p>"אני חושב שראייה ביקורתית מאוד חשובה. בכל תחום. התשובה הזאת לא נכונה לסביבה אלא לכל דבר. לא לקבל שום דבר, כי ככה כתוב בעיתון, כי ככה כתוב בכתב-עת הכי מקצועי שיש."</p> <p>"טיפוח הסקרנות זה האלף-בית, היכולת והרצון לשאול שאלות [...] תן לי שאלה, אל תיתן לי תשובה, אני חושב שפה יש קטע שדורש התמודדות הרבה יותר מעמיקה עם נושא לימודים. אני אומר שטיפוח הסקרנות והרצון לשאול שאלות הוא לפני הכול, והוא טוב לכל דבר."</p> <p>"המסר העיקרי צריך להיות התייחסות ביקורתית כלפי נושאי טכנולוגיה, כל דבר לחקור ולחשוב עליו. אם אומרים לך שיש מכונת היברידיה חדשה, אז לא ישר להגיד יופי זה מצוין, אלא לחקור, לשאול, לבדוק, להבין מה זה אומר. לא להתייחס לכל טכנולוגיה ולכל דבר כ-הפיתרון והדבר הכי טוב שיש."</p>
תת-קטגוריה 3: ידע ויכולת ליישם אסטרטגיות של פעילות סביבתית, שמטרתן להשפיע על ההשלכות שיש לבעיות סביבה ולנושאים סביבתיים	קטגוריה זו מתייחסת לממד היישומי של השימוש באנגריה והשפעתה על הסביבה, להיכרות עם פעולות שניתן לעשות ולהקניית כיווני מחשבה שונים לתלמידים.	
התייחסות אקולוגית לבעיות סביבה	נושא זה מתייחס להבנה של פגיעת האדם בסביבה כתוצאה משימוש באנרגיות מתחדשות ולחשיבה על פתרונות לבעיות השונות.	<p>"האנגריה הסולרית תשפיע על האקולוגיה של האזור, על החיות, על הביו-דיברסיטי (שונות) של המקום. אבל אלה דברים שאפשר לפתור. אפשר גם לקחת את זה בחשבון."</p> <p>"מבחינה סביבתית, לכל סוג של אנרגיה מתחדשת אם היית עוברת עכשיו על הרשימה, הייתי אומר לך מה הבעיות הסביבתיות שזה יוצר. אם אנחנו מדברים על מערכות הידרואלקטריות, סכרים שמדינות בונות, זה יוצר בעיות אקולוגיות סביבתיות, אסואן במצרים, יאנג צה בסין. יש לזה השלכות סביבתיות, חברתיות, אבל זה צריך להתמקד בכל סוג של אנרגיה, כל סוג פוגע בדרך אחרת."</p>
אסטרטגיות של פעילויות סביבתיות	נושא זה כולל היכרות עם פתרונות שונים לנושאים סביבתיים בגישה של פיתוח בר-קיימה ולחשיבה עליהם, למשל בנייה ירוקה או אסטרטגיות שימוש בחשמל מבחינה מדינית.	<p>אם כל בית בישראל שנבנה ב-2010 היה נבנה לפי העקרונות של בנייה ירוקה, היה אפשר לחסוך הרבה מאוד חשמל, וזה למשל לחסוך בבנייה של תחנת כוח חדשה. לחסוך תחנת כוח חדשה זה לחסוך פליטות לאטמוספירה. זאת אומרת, זה הכול קשור. ולכן זה צריך לבוא אחד יחד עם השני. צריך גם לחסוך באנגריה וגם לחשוב על פתרונות של אנרגיה מתחדשת."</p>

ומים וכמות האנגריה שניתן להפיק ממקור מתחדש מסוים (טבלה 1, קטגוריה 2).

הממד הקוגניטיבי נתפס כבעל חשיבות רבה בעיני המומחים. ידע בסיסי על מערכות כדור הארץ וההבנה של השפעת האדם על סביבתו הכרחיים כדי לפתח חשיבה ביקורתית אצל תלמידים, והיא חשובה כדי שאזרחי המחר יהיו בעלי מחויבות ואחריות לשמירה על הסביבה.

ממד נוסף של אוריינות סביבתית הוא הממד הרגשי. הטענה המרכזית שהעלו המומחים לגבי ממד זה היא הצורך להכיר בחשיבות מקורות האנגריה המתכלים עבור האדם ובהשפעתם על הסביבה (טבלה 1, קטגוריה 1 וקטגוריה 2). כלומר המוטיבציה של תלמיד להתעניין בנושא והחיבור הרגשי שלו אליו צריכים לנבוע קודם כול מהבנת הצורך של האדם באנגריה. בשלב הבא צריכה להגיע ההכרה ביתרונות ובחסרונות

טענה שנייה שעלתה היא הצורך בהבנת מערכות כדור הארץ והקשרים ביניהן. מרבית המומחים ציינו שלא ניתן להבין אנרגיה מתחדשת בלי להכיר ולהבין את מערכות כדור הארץ ואת המחזוריים בטבע, כגון מחזור הפחמן. מקטגוריה זו עלה כי הבנת הקשרים בין מערכות כדור הארץ היא בסיס לכל נושא האנגריה המתכלה והמתחדשת, ומתוך כך עשויה להגיע ההבנה של ההשפעות הסביבתיות שיש לשימושי האנגריה השונים.

הטענה המרכזית השלישית שמה דגש על חשיבה ביקורתית בנושאי סביבה (טבלה 1, קטגוריה 2). לדעת המומחים, חשוב לתת לתלמידים כלים לשאול שאלות, לפתח את הסקרנות ולחשוב על השיקולים השונים בכל נושא סביבתי, כגון מה ההשפעה על משאבים מתכלים. נוסף לכך יש צורך בהתייחסות לשיקולים לגבי שימוש באנגריה חלופית, כמו קרקע

טבלה 2: סיכום קטגוריות ראיונות מומחים: ממד רגשי-ערכי

ממד רגשי-ערכי		
קטגוריה	הסבר הקטגוריה	ציטוט
תת-קטגוריה 1: ההכרה בחשיבותה של איכות סביבה וקיומם של בעיות ושל נושאים סביבתיים	לממד הרגשי והערכי ולמעורבות רגשית יש חשיבות רבה בחינוך הסביבתי. מתוך החיבור הרגשי לסביבה יכולים לעלות גם המודעות והרצון לפעול בנושא. קטגוריה זו מתייחסת לחיבור של התלמידים אל הסביבה דרך הכרה בחשיבות הסביבה לאדם ומודעות לקיומן של בעיות סביבה.	
הכרה בחשיבות יחסי אדם וסביבה והשפעתם על איכות הסביבה	נושא זה מתייחס לקשר שבין האדם לסביבה, מדוע יחסים אלו חשובים ומה השפעת האדם על איכות הסביבה. הבנת יחסי גומלין אלה יכולה לעזור לפתח את החיבור הרגשי לסביבה.	"אני חושב שהתלמידים צריכים להבין שזה אולי בעיה מספר אחת, ואם לא אז בעיה מספר שתיים של המאה ה-21 [...] שהם גם תורמים לה וגם ניזוקים ממנה. זה בעיניי בממד הרגשי הדבר הכי חשוב [...] ואז מתוך זה תיוולד המודעות למה אני יכול לתרום למדינה, איפה אני בתוך זה. אני חושב שהממד הרגשי העיקרי [...] זה התובנה של הילדים שזה שלהם, שזה חלק מהם, שהם חיים בעולם הזה."
הכרה בחשיבות מקורות האנרגיה המתכלים (יתרונות וחסרונות)	נושא זה מתייחס להכרה בחשיבות המשאבים המתכלים, על יתרונותיהם וחסרונותיהם. מלבד ההיכרות עם ההשפעות הסביבתיות של משאבים אלו והבנתם על מנת ליצור חיבור של התלמידים לנושא, יש ללמוד תחילה מהי חשיבותם לאדם, ומדוע השימוש בהם כה נרחב.	"הבסיס של אנרגיה מתחדשת הוא בדלקים פוסיליים, שיבינו למה משתמשים בזה, למה כל כך אוהבים את זה. התרגלנו. כל דבר שאנחנו עושים מהבוקר עד הערב, אנחנו משתמשים בחשמל ואנרגיה, אנחנו לא חושבים על זה, כי התרגלנו לזה. אנחנו אוהבים את החשמל, את המכונות שלנו, כל דבר." "אנחנו חיים בבית שצריך לחמם בחורף, לקרר בקיץ, להדליק תאורה כי הוא לא בנוי בצורה תואמת אקלימית ועוד ועוד. אז אני יכול להציג את ההתפתחות האנושית, את ההבדל ברמת חיים בין אדם שחי ברמת חיים מסוימת לאחרת בהקשר האנרגטי שלה, כמה אנרגיה כל אחד צורך." "שיבין קודם כול את היתרונות הגדולים של אנרגיה מחצבת. מזה שהוא יבין את היתרונות הוא יבין את הבעיות, זה מקור האנרגיה של רוב האנושות. כל האנושות מייצרת אנרגיה מפחם." "חייבים לתת לסטודנט או לכל אדם שעושה דבר חדש את המוטיבציה, והמוטיבציה היא שהוא חייב להבין את החסרונות של הפחם, של הגז הטבעי, של הנפט. אם הוא יבין ויקבל את זה בצורה מצוינת, אז זה קל מאוד לחנך אותם לעשות דברים."
הכרה בחשיבות האנרגיה המתחדשת לאיכות הסביבה	בהמשך לנושא הקודם, כדי להבין את חשיבות פיתוח מקורות האנרגיה המתחדשים, יש להכיר ולהבין את חשיבותם לאיכות הסביבה. נוסף על כך, יש חשיבות להבנת הצורך בפיתוח מקורות מתחדשים לקידום פיתוח כלכלי ועצמאות אנרגטית.	"הבעיה הגדולה היא בסיסית, שאין את המודעות בארץ, או המודעות עדיין רק בחיתוליה, יצירה של מודעות לחשיבות של פיתוח מקורות אנרגיה מתחדשת."
תת-קטגוריה 2: יחס אמפתי, מעריך ודואג כלפי הסביבה	קטגוריה זו מתייחסת לחיבור של התלמידים לסביבה דרך יצירת קשר אישי ולפיתוח יחס מעריך ודואג כלפי הסביבה.	
חיבור לסביבה	נושא זה מתייחס לדרך שניתן לחבר בה תלמידים לסביבה. מציאת דרך לחיבור אישי באמצעות דברים שהתלמיד אוהב ומכיר מחיי היומיום.	"אני הייתי רוצה שזה יהיה רמה אחרת של הלימוד, שילד ייכנס מתוך החיבור של כדור הארץ, בעיותיו, ומה אני הקטן יכול לעשות."

בגיבוש אמונה ביכולת להשפיע ובביצוע פעילות סביבתית. הסוגיה המרכזית שהעלו המומחים בקטגוריה זו היא כיצד ניתן להקטין את השפעתו של האדם על הסביבה. לטענתם, הדרך העיקרית לעשות זאת היא באמצעות חיסכון אנרגטי (טבלה 3, קטגוריה 2). המומחים התייחסו לכך שבתחום האנרגיה המתחדשת אין באפשרות התלמיד לבצע מעשים יומיומיים, ולכן ההתנהגות הסביבתית האחרת צריכה להתבטא בעיקר בחיסכון באנרגיה בכל דרך אפשרית. הנושא של פעילות חסכונית בצריכה כאמצעי להקטנת השפעתו של האדם על הסביבה מתממשת בתחומים נוספים, כגון מחזור וצרכנות נבונה (טבלה 3, קטגוריה 2).

של מקורות האנרגיה המתכלים ובצורך להשתמש במקורות אנרגיה מתחדשים. נקודה נוספת שציינו המומחים היא שהחיבור וההתייחסות למשאבי האנרגיה המתחדשים צריכים להגיע הן מהתחום הסביבתי והן מהתחומים הכלכלי והחברתי.

ניתן לראות כי גם בממד הרגשי עולה הנושא של יחסי אדם-סביבה, וכי הוא הבסיס ליצירת החיבור לנושא. ההכרה בצורך שלנו באנרגיה היא הבסיס ליצירת הקשר הרגשי לנושא, וממנה אפשר להתקדם להבנת ההשלכות הסביבתיות ולפיתוח יחס אמפטי כלפי הסביבה. הידע והרגש הנבנים אצל התלמיד יבואו לידי ביטוי בהתנהגות סביבתית אחרת,

טבלה 3: סיכום קטגוריות ראיונות מומחים: התנהגות סביבתית אחראית

התנהגות סביבתית אחראית ומעורבות אישית או קבוצתית בהתנהגות סביבתית אחראית		
קטגוריה	הסבר הקטגוריה	ציטוט
תת-קטגוריה 1: אמונה ביכולת האישית והקולקטיבית להשפיע על ההשלכות שיש לבעיות ולנושאים סביבתיים	התנהגות סביבתית היא תוצר של ידע, של ערכים ושל מעורבות רגשית, המובילים למודעות סביבתית. בדרך כלל יש פער בין עמדות כלפי הסביבה לבין התנהגות בפועל. קטגוריה זו מתייחסת להבנה וליצירת נכונות לפעולה למען הסביבה.	
נכונות לפעול למען הסביבה	נושא זה מתייחס ליצירת נכונות בקרב תלמידים לפעול כלפי הסביבה - מה אני באופן כללי יכול לעשות.	"קודם כול אני חושבת שכדאי להעביר את השילוש הזה שכדי לטפל בבעיות אנרגיה אנחנו צריכים להתנהג אחרת: לצרוך פחות אנרגיה. אנחנו צריכים להתייעל, ואנחנו צריכים לנסות לעבור לאנרגיות אחרות." "אנרגיה מתחדשת זה לא כל כך ברמה האישית [...] כדאי לעשות בסיס סביבתי רחב, שהאנרגיה המתחדשת תהיה חלק ממנו [...] ואז נגיד אחריות סביבתית היא הרבה יותר קלה ליישום ברמה האישית. אמרת לחסוך במים, אמרת להפריד אשפה, לכבות את האור, ואז גם הילד מגן ילדים מרגיש אחריות אישית והשתתפות במאמץ הגלובלי."
השפעת האדם	נושא זה מתחבר לקטגוריות הקודמות הקשורות להשפעת האדם על הסביבה. כאן יש התייחסות לדברים שאני כאדם יכול לעשות כדי להשפיע בצורה חיובית על הסביבה.	"הולכת ובוחרת את המצרכים שמוציאים הכי פחות אנרגיה [...] טביעת הרגל הפחמנית. רשתות השיווק מייעדות שטחי שיווק גדולים יותר לאלה שבעלי טביעת רגל פחמנית קטנה יותר." "חיסכון באוכל ובמים זה חיסכון באנרגיה. אנשים לא שמים לב לזה. כל זה קשור באופן ישיר לסביבה ואנרגיה יותר נקייה."
תת-קטגוריה 2: מודעות אקולוגית ופעילות חסכונית בצריכה	קטגוריה זו מתייחסת לדברים מעשיים שניתן לבצע למען הסביבה בהקשר של אנרגיה מתחדשת. מרבית המומחים ציינו כי אין פעולה ישירה שניתן לבצע בהקשר של אנרגיה, והמיקוד צריך להיות בחיסכון אנרגטי בכל התחומים. לדעת מרבית המומחים נושא זה חייב להילמד בד בבד עם לימוד משאבי האנרגיה המתחדשים.	
מחזור	נושא זה כולל בתוכו את כל סוגי המחזור שניתן לבצע בחיי היומיום.	"אז ברמה האישית אנחנו מדברים על התנהגות בת-קיימה בנושא של אנרגיה, בדברים הכי קטנים. להשתדל לא לקחת שקיות ניילון, תשתדל למחזור כל דבר שאתה יכול, גם אם אתה לא חייב. תחשוב חכם מבחינת השימוש באנרגיה, תחליף נורות לנוורות פלורסנט, תעשה כל דבר שאפשר להוריד את השימוש במזגנים - אתה יוצא מהחדר, כבה את המזגן, כבה את האור. ההתנהגות של הילדים לגבי צורת הבנייה היא לא רלוונטית, אבל אם יש מעורבות ויש איזה שהוא לחץ של הילדים שאומרים לאבא [...] העדפה לנסיעה בתחבורה הציבורית זה גם ברמת ההתנהגות של הילד. זאת אומרת להראות להם שזה התנהגות, זה חשיבה יומיומית."
חיסכון אנרגטי	נושא זה מתייחס לחיסכון בכל התחומים האפשריים (מים, חשמל) מתוך ההבנה שכל דבר צורך אנרגיה ולכן כל חסכונות גם חוסכת אנרגיה.	"דבר חשוב אחד הוא שימור - בכל דבר. כל דבר הוא מיוצר מאנרגיה, משתמשים באנרגיה לייצור כל דבר. חוסכים במים - חוסכים באנרגיה. זה יהיה יותר בעתיד, כשהמים שלנו יבואו מזיקוק. לזיקוק משתמשים בחשמל. נייר גם לוקח הרבה חשמל. לחסוך בחשמל עצמו." "בתור ילד הדבר הראשון שאני יכול לעשות הוא לדאוג לנושא של השימוש, לא להשתמש יותר מדי, החיסכון בשימוש. אבל גם התייעלות וגם מקור האנרגיה שלי הם לא דברים שאני צריך להתנער מהם. מה אני יכול לעשות? אני יכול לעשות הסברה, אני יכול להיות סוכן שינוי, אני יכול לדנדנד לאבא ואימא כשאני יודע שהם הולכים להחליף מקרר, שיסתכלו על דרגת היעילות שלו." "הנושא של שימור אנרגיה, זה הצרכנות האחראית. שימור אנרגיה זה מתחיל בלכבות את האור ואת המזגן, ועד רמה של בנייה - לחשוב איך אני בונה בצורה אנרגטית."
צרכנות נבונה	נושא זה מתחבר לקטגוריה הקודמת, והוא המשך ישיר שלה - צרכנות נבונה היא עוד דרך לחסוך באנרגיה.	"תסרב לקנות, ואם אתה קונה אז מה שפחות. מסיימים ללבוש בגדים לא לזרוק לפח, לתת הלאה. זה דברים חשובים, כי זה מה שכל אחד יכול לעשות."
תת-קטגוריה 3: אקטיביזם סביבתי - פעילות אקטיבית למען הסביבה	קטגוריה זו מתייחסת לפעילות אקטיבית למען הסביבה, הכוללת בתוכה גם פעילות פוליטית. בנושא האנרגיה המתחדשת כתחום לימוד לתלמידים בחטיבה, קטגוריה זו לא קיבלה ביטוי רב.	
שכנוע	נושא זה מתייחס לפעילויות שונות שניתן לבצע על מנת להרחיב את המודעות בציבור לחשיבות נושא האנרגיה המתחדשת.	"צריך להתחיל למטה מהאנשים וליצור מודעות. לדחוף אנשים להשתמש באנרגיה מתחדשת. הבעיה היא בעיה של שימוש בטכנולוגיה, וזה לא רק באנרגיה מתחדשת אלא בכל טכנולוגיה. כשאנשים משתמשים בטכנולוגיה מסוימת, משתמשת פעם, מתרגלת לזה, וזהו. אנחנו מפחדים לעשות דברים חדשים. זה לא קל, אבל חייבים לעשות את זה."
פעילות פוליטית	נושא זה מתייחס למעשים שניתן לבצע מבחינה פוליטית על מנת לקדם את תחום האנרגיות המתחדשות (תחום זה לא קיבל ביטוי נרחב בשל עמדת מרבית המומחים שהוא אינו רלוונטי לתלמידי חטיבת הביניים).	"הממשלה אומרת מה לעשות לחברות, והן עושות את זה. נותנות הרבה כסף לאוניברסיטה למחקר לבדוק דברים. אם אנשים ישפיעו על פוליטיקאים, זו הדרך היחידה. אקטיביזם זה דרך מודעות והשלכה של אנשים לנושא זה. שאנשים יתחילו להפריד - תהיה תכנית של מפלגה שתיקח 20% לסביבה."

פרט לסימון מידת הסכמתם התבקשו התלמידים להסביר מדוע בחרו בציון המסוים שנתנו, ולהסבירם אלה נעשה ניתוח תוכן. ממוצע הציונים של כלל ההיגדים בשאלון הוא $M=1.63$, כלומר מרבית התלמידים כתבו הסבר כלשהו להיגד, אך רוב ההסברים לא נתמכו בבסיס מדעי. נוסף על כך, ניתוח ההסברים העלה כי תלמידים רבים התקשו בניסוחם. מתוך כ-560 שאלונים נאספו רק כ-200 הסברים שניתן היה להתייחס אליהם במחקר. בטבלה 4 מוצגים פירוט ההיגדים בשאלון, ממוצע הציונים שנתנו התלמידים להיגדים והתפלגות הציון להסבר.

4.2 תלמידי כיתות ט': מאפייני הבנה מושגית את המרכיבים

המרכיבים שעלו על ידי המומחים בנושא אנרגיה מתחדשת

כדי לבחון חלק זה נבנה עבור המחקר הנוכחי שאלון לתלמידים, שכלל חלק איכותני וחלק כמותני. מניתוח החלק הכמותני ניתן לומר כי באופן כללי גישתם של התלמידים כלפי הסביבה היא חיובית – ממוצע כלל ההיגדים בשאלון הוא $M=3.75$. עם זאת במרבית ההסברים של התלמידים לא הובאו טיעונים לתמיכה בעמדה שהציגו, כלומר קיים פער בין עמדת התלמידים לבין הידע הנדרש לביסוס עמדה זו.

טבלה 4: פירוט ההיגדים בשאלון, הציונים שניתנו על ידי התלמידים (ממוצעים) והתפלגות הציון להסברים

קבוצה 1: שימושי האנרגיה כיום והשפעתם על האדם									
התפלגות הציון להסברי התלמידים (%)						ערך ממוצע של מידת הסכמת התלמידים עם ההיגד (%)		היגד	
SD	(n)	3	2	1	0	SD			
0.72	(227) 1.98	23.8	51.1	24.2	0.9	0.92	4.26	1	כתוצאה משריפת דלקים לצורך שימושים שונים לאדם נפלטתם חומרים הפוגעים בבריאות האדם.
0.89	(142) 1.45	9.2	44.4	28.9	17.6	1.02	3.29	2	כל עוד נפט ופחם יהיו זמינים וקלים להפקה מבחינה טכנולוגית, החברה המערבית לא תעבור לאנרגיה מתחדשת.
0.82	(219) 1.69	13.7	50.7	26.5	9.1	1.03	3.63	3	משאבי האנרגיה המתכלים הולכים ונגמרים. עוד פחות ממאה שנה לא יהיו נפט ופחם זמינים לשימוש האדם.
0.96	(128) 1.15	6.3	35.2	25.8	32.8	0.93	3.04	4	כיום אין עדיין טכנולוגיות זמינות, שמאפשרות לנצל אנרגיה מתחדשת בצורה מיטבית.
0.79	(127) 1.39	5.5	41.7	39.4	13.4	1.06	3.87	5	תהליכי הזיקוק של נפט הם תהליכים שיש בהם פליטה, שתורמת רבות לזיהום אוויר.
0.90	(108) 1.11	3.7	35.2	29.6	31.5	0.91	3.17	6	הדרישה לאנרגיה כיום הולכת וגדלה, ולכן השימוש באנרגיה מתחדשת לא יוכל להחליף לחלוטין את השימוש בנפט ובפחם.
0.69	(246) 2.04	22	63.4	11	3.7	0.97	4.17	7	צריכת האנרגיה של האדם בישראל כיום גדולה בהרבה בהשוואה לצריכה שהייתה קיימת עם קום המדינה (לפני כ-60 שנה).
0.88	(156) 1.65	15.4	44.2	30.1	10.3	1.01	3.93	8	למקורות האנרגיה המתכלים יש חיסרון בכך שההפקה שלהם והשימוש בהם יוצרים זיהום הפוגע באדם.
1.04	(136) 1.26	12.5	32.4	23.5	31.6	1.10	3.46	9	למקורות האנרגיה המתכלים יש מחיר סביבתי כבד.
0.80	(163) 1.90	23.3	47.9	24.5	4.3	1.14	3.99	10	* אין קשר בין רמת החיים של בני האדם לבין צריכת האנרגיה שלהם.
0.63	(219) 1.89	11	71.7	13.2	4.1	1.13	3.14	11	* הסביבה היא ספק האנרגיה עבור בני האדם, ולכן זכותו של האדם לנצל את משאבי הטבע.
0.93	(190) 1.73	21.1	42.1	25.3	11.6	1.03	3.72	12	* בני האדם מנצלים את משאבי הטבע להפקת אנרגיה, ובכך הם עלולים להפר את האיזון הטבעי של כדור הארץ.

* היגדים הפוכים במקור, הציון הממוצע המוצג הוא לאחר היפוך.

קבוצה 2: השפעת האדם על הסביבה, עתיד האנרגיה והשפעה שלי על הסביבה									
התפלגות הציון להסברי התלמידים (%)						ערך ממוצע של מידת הסכמת התלמידים עם ההיגד (%)		היגד	
SD	(n)	3	2	1	0	SD			
0.84	(178) 1.67	12.4	53.4	23	11.2	0.98	3.79	שיתוף פעולה בין מדינות יכול לתרום להפקת חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים.	
1.03	(159) 1.44	18.9	28.3	30.8	22	1.03	3.9	בנייה ירוקה בישראל יכולה לחסוך הרבה מאוד חשמל.	
0.68	(166) 1.75	9.6	59.6	26.5	4.2	1.03	4.02	כולנו בחברה האנושית משפיעים על בעיית האנרגיה.	
0.8	(171) 1.60	10.5	48	32.2	9.4	1.12	3.73	* בגלל ההתפתחות הטכנולוגית העדר מקורות אנרגיה בעולם הוא לא בעיה גדולה כיום.	
0.96	(165) 1.19	10.3	26.1	35.8	27.9	1.05	3.73	* לשימוש באנרגיות מתחדשות אין משמעות מבחינת איכות הסביבה.	
0.53	(182) 1.89	8.2	73.6	17	1.1	0.97	4.17	כולנו בחברה האנושית צריכים להיות שותפים לפתרון בעיית האנרגיה.	
0.65	(199) 1.87	10.1	69.2	17.2	3.5	1.08	3.97	* בעתיד הטכנולוגיה תהיה מאוד מפותחת, ולכן אין צורך לדאוג לדורות הבאים מבחינת מקורות אנרגיה.	
0.85	(171) 1.75	19.3	44.4	28.7	7.6	1.05	3.63	פעולות שאני עושה יכולות להשפיע על מצב האנרגיה בארץ.	
0.59	(165) 1.65	3.0	62.4	31.5	3.0	1	4.01	יש לחסוך באנרגיה בכל דרך אפשרית למען הדורות הבאים.	
0.63	(254) 1.95	16.1	63.8	18.9	1.2	1.1	3.37	חשוב שאני אביע את דעתי לגבי שמירה על הסביבה בנושאי אנרגיה באמצעות הפגנות, עצומות וכו'.	
1.12	(189) 1.77	23.9	36.2	28.7	11.2	1.15	3.68	* לדברים שהמשפחה שלי קונה בשבוע לבית אין השפעה על צריכת האנרגיה בארץ.	
0.73	(189) 1.84	17.5	51.3	29.1	2.1	1.09	3.97	* אני לא יכול לעשות שום פעולה שתשפיע על מצב האנרגיה בארץ.	
0.67	(149) 1.76	10.7	57	29.5	2.7	1	3.78	חשוב שיהיו חוקים ותקנות שמטרתם להגן על הסביבה עקב שימוש באנרגיה גם במחיר של הגבלת הפעילות שלי.	

* היגדים הפוכים במקור, הציון הממוצע המוצג הוא לאחר היפוך.

אחדים הסברים מעניינים, והסבירו מהי פגיעה באיזון הטבעי: "הורסים, כורתים עצים להפקת נייר או לשרוף אותם, וזה הורג את החיים, מבזבז אוויר, התחממות גלובלית, זה פוגע. לא למדנו את זה באמת הרבה בבית הספר, זה לרוב ידע אישי, כי זה מעניין אותי."



איור 1: תלמידים במהלך סיור לימודי בנושא אנרגיה מתחדשת בערבה הדרומית

בהתאמה לניתוח ראיונות המומחים על פי ממדי האוריינות הסביבתית, גם שאלוני התלמידים נותחו לאור ממדים אלה ולאור הדברים שאמרו המומחים. נושא מרכזי שעלה אצל המומחים בממד הקוגניטיבי הוא חשיבות ההיכרות עם מערכות כדור הארץ והקשרים ביניהן. כאשר נשאלו התלמידים על ניצול משאבי טבע ופגיעה באיזון של כדור הארץ כתוצאה משימוש במשאבים מתכלים, הם הצליחו לתת בתשובותיהם הסברים על הפרה של מערכת אקולוגית ופגיעה באיזון כדור הארץ. עם זאת התברר שהמושגים עצמם אינם מוכרים להם די הצורך, והם אינם מצליחים לכלול בדוגמאותיהם את מערכות כדור הארץ.

כך הסבירו כמה תלמידים: "אנו משתמשים במשאבי הטבע, ובכך מזהמים את הסביבה, את הטבע, החמצן"; "בני האדם צריכים להפיק אנרגיה ממשאבים שלא מזיקים לכדור הארץ"; "האדם פוגע בסביבה ובטבע כאשר הוא מנצל אותה." גם בראיונות בעל פה לא הצליחו התלמידים לקשר את ההסברים שלהם למערכות כדור הארץ, אך כאשר הם נשאלו באופן ספציפי מהו איזון כדור הארץ, נתנו תלמידים

גם בריאיון בעל פה נתנו התלמידים תשובות דומות, ומרביתם לא הצליחו לפרט ולעשות קישור מובהק יותר לחיי היומיום. אחת התלמידות הצליחה בכל זאת לקשר בין הדברים והסבירה: "לכולנו יש חלק בזיהום האווירי ובכל הזיהום בכלל. כי אנחנו כן, נגיד, אוכלים בשקיות אוכל, ואנחנו כן משתמשים בהרבה דפים, ואנחנו כן קונים כל מיני דברים עם גז, ומכונות, ותחבורה ציבורית. הכול פוגע בסביבה." על מנת לבנות יסוד חזק יותר לתחום ולבסס את הידע, יש לשים דגש על ידיעת מקורם של המשאבים המתכלים ועל השימוש בהם, וזאת מתוך היכרות את מערכות כדור הארץ ואת החיבור לאדם. גם חשיפה מעשית לנושאים כגון בנייה ירוקה תורמת לחיזוק הידע, מחברת תאוריה למציאות, ובכך מחזקת גם את ההיבט הרגשי.

מלבד ההיבט הקוגניטיבי וההיבט הרגשי-ערכי, היבט עיקרי נוסף של אוריינות סביבתית הוא התנהגות סביבתית אחראית – פיתוח האמונה שהפרט יכול לשנות את הסביבה ולהשפיע עליה באופן אישי ובאופן קולקטיבי, בהנחה שידע אילו פעולות הוא יכול לעשות. לדעת המומחים, החיסכון באנרגיה בכל דרך אפשרית הוא התחום העיקרי שבו נכון לעודד את התלמידים לפעול. היגדים שהתייחסו לתחום זה הראו כי לתלמידים יש מודעות סביבתית לנושאים הנלמדים, ובעיקר לסוגיות העוסקות בדורות הבאים.

מתשובות התלמידים ניכר כי נושאי סביבה הופכים מוכרים יותר, ורבים מזדהים עם נושאים אלה וחושבים כי ביכולתם להשפיע. למרות זאת, מהסבריהם עולה חוסר בידע התומך בדעות שהם מביעים, ידע שחשוב להשלימו על מנת להגשים את מטרות החינוך הסביבתי ולקדם אזרחים בעלי אוריינות סביבתית גבוהה. לדוגמה, היגד שעסק בנושא של חיסכון באנרגיה למען הדורות הבאים קיבל ציון ממוצע גבוה ביותר, ומעל 70% מהתלמידים הסכימו עם ההיגד. היגד זה, כמו כמה היגדים נוספים בשאלון, מכוון לגישה של פיתוח בר-קיימה, אף על פי שהמושג עצמו אינו מוזכר באופן ישיר. נראה אפוא כי התלמידים מכירים בחשיבות החיסכון עבור הדורות הבאים, אך המושג עצמו אינו מוכר להם. תלמיד אחד ידע להתייחס בריאיון למושג פיתוח בר-קיימה ולקשר אותו לנושא האנרגיה המתחדשת: "אנרגיה מתחדשת זה משהו שאני מתעניין, אוהב [...] למדנו, איכות הסביבה. פיתוח בר-קיימה זה בא עם זה. למדנו פחות, אני מכיר את המושג כי אני מכיר אותו."

היגדים אחרים שהתייחסו לפעולות שהפרט (התלמיד הנשאל) עושה, ולשאלה אם הן משפיעות על הסביבה, קיבלו גם הם ציונים גבוהים, וכאמור נראה כי התלמידים מאמינים שביכולתם להשפיע. למרות המודעות והאמונה ביכולת להשפיע, גם כאן התקשו התלמידים לתת דוגמאות לדרכים שבהן הם יכולים להשפיע. הסברים רבים היו אינטואיטיביים או פשוטים מאוד, לדוגמה "כל דבר שעושים יכול להשפיע", "צריך שכולם יעשו", "מכיוון שאנחנו צורכים אנרגיה רבה" וכדומה. מעט מאוד תלמידים הצליחו לבטא את עצמם ולתת הסבר הכולל דוגמאות לפעולות שהם יכולים לנקוט.

בראיונות בעל פה הצליחו התלמידים לתת במהלך השיחה דוגמאות נוספות לדרך שבה אנו משפיעים על הסביבה, למשל: "כמעט כולם בחברה היום משתמשים בטכנולוגיה שדורשת אנרגיה, אז [...] יש אנשים, שנגיד אין להם רישיון, אז הם לא משתמשים באוטו, יש מיעוט של אנשים שלא משתמשים בדברים טכנולוגיים." גם מדברים אלה

במדד הקוגניטיבי ציינו המומחים גם את נושא החשיבה הביקורתית כתחום שיש לפתחו בלימודי סביבה בכלל ובנושא אנרגיה מתחדשת בפרט. ניתוח תשובות התלמידים להיגדים שעסקו בנושא העלה כי התחום אינו מפותח. דוגמה לכך היא ההיגד שעסק בבנייה ירוקה: "בנייה ירוקה בישראל יכולה לחסוך הרבה מאוד חשמל." מניתוח היגד זה ניתן לראות כי החיבור של המילים "ירוק" ו"חשמל" מעלה מיד אצל התלמידים הקשר חיובי, גם אם הוא אינו מבוסס ידע. במושג "בנייה ירוקה" לא נעשה שימוש רב, על אחת כמה וכמה בתכניות הלימודים, ואף על פי כן התלמידים הסכימו עם המשפט בצורה רחבה. מבדיקה של הסברי התלמידים ניתן לשער כי הסכמת התלמידים עם היגד זה נובעת בעיקרה מאינטואיציה. כ-50% מהסברי התלמידים לא היו רלוונטיים, כולל תשובות רבות של "לא יודע", או הסבר אינטואיטיבי של הסכמה, לדוגמה: "אני תומך באנרגיה סולארית או ירוקה." תלמיד אחר הסביר: "אם נבנה בבנייה ירוקה נשלם הרבה כסף, אבל אז יהיה לנו חיסכון בחשמל."

ראיונות התלמידים חיזקו תמונה זו. כל התלמידים שרואיינו הסכימו עם הנאמר במשפט, אך כאשר נשאלו מהי בנייה ירוקה, מרביתם לא ידעו כלל למה הכוונה. בתשובתה של אחת התלמידות ניכרת בבידור השפעת התקשורת על המודעות, וניכר שהמודעות כלל אינה מבוססת על ידע: "אני לא יודעת מה זה בנייה ירוקה, אני חושבת שעכשיו גם נגיד שהתחילו כל מיני פרסומות בטלוויזיה לחשוב ירוק וכו', ואני חושבת, נגיד כמו אצלנו (בבית הספר), ששמו עכשיו שלושה פחים שאחד לנפילונים, אחד לנייר ואחד לזבל רגיל, אז אני חושבת שזה כן באיזשהו מקום מקל על הזיהום הסביבתי." לעומת זאת תלמיד אחר שגר בקיבוץ, ושבנו תחום הבנייה הירוקה מפותח ביותר, הכיר את המושג. משמע חשיפה מקרוב לתחום תורמת רבות לידיע: "בנייה ירוקה מובילה לקיצוץ במשאבי האנרגיה [...] אולי אני יודע את זה כי אני נחשף בקיבוץ."

עוד בהקשר למערכות כדור הארץ ויחסי הגומלין ביניהן, העלו המומחים גם את הצורך להבין את יחסי הגומלין בין האדם לבין הסביבה, ומתוך כך להבין גם את השפעתו של האדם על הסביבה. טיעון זה נקשר לנושא שעלה כבר בממד הרגשי, והוא הצורך להכיר בחשיבותם של מקורות האנרגיה המתכלים עבור האדם ובהשפעתם על הסביבה. על סמך ניתוח ההיגדים שהתייחסו לסוגיות אלו ניתן לומר כי יש מודעות ברמה מסוימת לקשר בין האדם לסביבה, וישנו חיבור רגשי של תלמידים לנושא דרך ההבנה בחינוך המשאבים הללו.

עם זאת, למרות המודעות והחיבור הרגשי יש לתלמידים יכולת נמוכה מאוד בהבעה בכתב וביצירת קשר בין מושגים שונים מתחומים שונים. לדוגמה, היגדים שעסקו בנושא "ההשפעה שלי על בעיית האנרגיה" קיבלו ציונים גבוהים יחסית. התלמידים הצליחו להתחבר לאמירה הכללית של ההיגדים, ומרבית תשובותיהם כללו הסבר קצר כגון: "כן, כי אנו הגורם לבעיה הגדולה", "כדי שיהיה שינוי כולנו צריכים לקחת חלק". התלמידים הצליחו להסביר מדוע כולם שותפים לבעיה, ומהתרשמות ראשונית ניכר כי הם מכירים בחשיבותה, אך הם לא הצליחו לקשר את האמירה הכללית לחיי היומיום שלהם. מעטים הצליחו לתת דוגמה לפעילויות אפשריות שניתן לעשות, למשל "כל אחד צריך לחסוך קצת ולהשתדל וזה יעזור" או "להשתמש בכמה שפחות חומרים מתכלים ולמחזר יותר".

כדור הארץ בהקשר לתופעות סביבתיות, ובכך יתרמו להבנת הנושא (Orion and Ault, 2007).

על סמך הדברים שעלו במחקר זה בראיונות המומחים ובשאלוני התלמידים, ועל סמך העולה מן הספרות, חשוב להכניס ביחידת לימוד העוסקת בנושא האנרגיה המתחדשת, תכנים המעודדים הבנה של מערכות כדור הארץ ויחסי הגומלין ביניהן, למשל מעבדה להיכרות עם מקורות האנרגיה המתכלים דרך מערכות כדור הארץ, וסיוור החושף את התלמידים לנעשה בתחום האנרגיה המתחדשת ושימור אנרגיה בסביבתם הקרובה.

5.2 חשיבה ביקורתית

יכולת נוספת שיש לפתח כדי לקדם אוריינות סביבתית בקרב תלמידים ואזרחים היא החשיבה הביקורתית. על פי הספרות, חשיבה ביקורתית מושפעת מכמה גורמים. יש חוקרים הטוענים שכל שרמת הידע עולה, כך הופכים התלמידים ביקורתיים יותר כלפי נושא נלמד (Halder et al., 2010). עם זאת מחקרים אחרים מראים כי ידע מדעי הוא אמנם תנאי הכרחי, אך אין די בו כדי לפתח חשיבה ביקורתית, ויש צורך בשילוב של אסטרטגיות למידה מכוונות לנושא. הראיה – כאשר נעשה שימוש באמצעים כגון שאילת שאלות על ידי תלמידים, חקר עצמי של תופעה, תרגול ניסוי חקר והסקת מסקנות, למידה מבוססת בעיה וארגומנטציה, הכישורים והיכולות של חשיבה ביקורתית של התלמידים עולים באופן ניכר (Barak et al., 2007).

נושאים חברתיים-מדעיים מציעים הזדמנויות לפיתוח מיומנויות דיון וטיעון בקרב התלמידים, אשר עוזרות לחשוב באופן ביקורתי על הקשרים בין מדע, טכנולוגיה וחברה (Albe, 2008). גם הצגת גישות ודעות שונות הקיימות בחברה תורמת להבנה ולפיתוח החשיבה הביקורתית (Simonneaux and Simonneaux, 2009). מסקירת מחקרים בנושא עולה כי על מנת לפתח את החשיבה הביקורתית ולצמצם את הפער בין מומחים לבין תלמידים, יש צורך הן בחיזוק הידע המדעי והן בשילוב תכנים ופעילויות לימודיות המתייחסים לחשיבה ביקורתית. לפיכך מוצע לשלב ביחידת הלימוד תכנים מדעיים-חברתיים המשלבים חשיבה ביקורתית, לדוגמה פעילות העוסקת בניית חשיבה סביבתית, הנמצאת על סדר היום של הציבור הישראלי. פעילות כזו מאפשרת לתלמידים לנתח את הסוגיה המדוברת מכיוונים אחדים, ובכך לפתח נקודת מבט ביקורתית. נוסף על כך, לאורך כל משימות הלימוד מומלץ לבקש מהתלמידים להתייחס ליתרונות ולחסרונות של מכשירים ושל טכנולוגיות שפגשו בהם, וזאת כדי לעודד אותם לבחון את הנושא מכמה זוויות אפשריות.

5.3 התנהגות סביבתית

היבט נוסף שהמומחים התייחסו אליו הוא התנהגות סביבתית. המומחים רואים חשיבות בעידוד להתנהגות סביבתית, בעיקר דרך הקניית כלים לחיסכון באנרגיה. על פי הספרות, קיים פער בין ידע בנושא בעיות סביבה לבין היכרות עם פעולות שאפשר לעשות למען הסביבה. במחקרים קודמים שמטרתם הייתה לבחון תפיסות בנושא סביבה בקרב מורים ותלמידים בישראל, נמצא פער בין העמדות הסביבתיות שהביעו

ניתן לראות את חשיבות החשיפה לתחום ואת חשיבות ההיכרות עם פעילויות הנעשות בנושא, שיסייעו להעלות את מודעות התלמידים. בניית חלק זה שוב ניכר כי תלמידים רבים נקשרים לנושאי סביבה, והשמירה עליה חשובה להם, אך אין להם די ידע כדי לבטא בצורה מעשית את מחויבותם לסביבה ואת דאגתם לדורות הבאים. על מנת לפתח את ההתנהגות הסביבתית האחראית יש לחזק אצל התלמידים את הידע הקיים בנושא.

5. דיון ומסקנות

מטרת-העל של מחקר זה הייתה פיתוח קווים מנחים לבניית יחידת לימוד בנושא אנרגיה מתחדשת בהתבסס על תפיסות מומחי אנרגיה ותפיסות תלמידי כיתה ט'. המניע לכך היה המחשבה כי נושא האנרגיה המתחדשת צובר תאוצה עולמית ומקומית, ועל כן יש צורך להגביר אליו את מודעות הציבור, בין היתר על ידי הכנסתו כתחום לימודים בבית הספר. מתוך תוצאות המחקר עלו כמה נקודות עיקריות, שיש להתייחס אליהן בבואנו לבנות תכנית לימודים לתחום.

5.1 מערכות כדור הארץ וקשרי הגומלין ביניהן

נושא האנרגיה המתחדשת נקשר באופן ישיר למערכות כדור הארץ, ולכן חשיבותו רבה בעיני המומחים. באמצעות מערכות כדור הארץ ניתן להכיר את מקורם של משאבי האנרגיה המתכלים והמתחדשים, אשר כל אחד מהם נקשר למערכת מסוימת, ובכך להבין אותם טוב יותר. החשיבות שבהבנת מערכות כדור הארץ כבסיס להבנת נושאים סביבתיים ובעיות סביבתיות שונות עולה גם מן הספרות. יש יתרון להוראה באמצעות גישת מערכות כדור הארץ, אשר רואה את העולם כמערכת אחת המורכבת מארבע תת-מערכות מרכזיות – גאוספירה, הידרוספירה, אטמוספירה וביוספירה. גישה זו יכולה להעניק לתלמידים כלים וכישורים, שיעזרו להם לתרגם בעיות סביבתיות בנושאים שונים לכלל הבנה ברורה יותר של הסביבה (Ben-Zvi Assaraf and Orion, 2005). היכרות עם כל אחת ממערכות כדור הארץ והסביבה כגוף שלם – כולל מקומם של בני האדם – הכרחית על מנת שאנשים יוכלו לחיות בדו-קיום ובשלווה עם הסביבה ועל מנת לפתח תפיסה מערכתית, שהיא יסוד מפתח באוריינות סביבתית (Kali et al., 2003). למרות חשיבות הנושא, ניכר שהוא מעורר קושי אצל תלמידים, עניין שעלה גם בתוצאות מחקר זה. הסבר אחד לתופעה הוא שתלמידים בכל הגילים מתקשים להבין מורכבות של מערכת, קושי הקיים גם בלימודי מדעי כדור הארץ. דוגמה לכך מופיעה במחקר שנעשה בקרב תלמידים בנושא מחזור המים בטבע. המחקר העלה כי תלמידים תופסים את מחזור המים ככמה תהליכים נפרדים, אך חסרה להם התפיסה של הדינמיות, המחזוריות והסיסטמיות של מערכת (Ben-zvi Assaraf and Orion, 2004a). הסבר נוסף שניתן לתופעה הוא שבמסגרת לימודיהם תלמידים אינם נחשפים חשיפה מספקת ליחסי הגומלין בין מערכות כדור הארץ, ולכן הידע שלהם בנושא דל. כדי להתמודד עם קושי זה מציעה הספרות לפתח את החשיבה המערכתית באמצעות למידה מודרכת, המתבססת על למידת חקר בכיתה ומחוצה לה, לדוגמה שילוב מעבדות חקר וסיוורים שייטנו ביטוי מפורש ליחסים בין מערכות

מקורות

- אג'נדה 21, 2002. אג'נדה 21 והצהרת ריו, רקע תקציר והיבטים ישראליים. המשרד להגנת הסביבה. ירושלים.
<http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0101-P0200/p0162.pdf>
- מנהלת אנרגיה אילת-אילות, 2010.
http://eilatenergy.org/site/Minhelet_Heb.aspx
- מרכז השל, 2017.
<http://www.heschel.org.il>
- משרד החינוך, הפיקוח על הוראת מדעי הסביבה, 2017.
http://cms.education.gov.il/EducationCMS/Units/Mazkirut_Pedagogit/MadaeHasvivva/Zevet_Hadracha/VadatMikzohaTashaa.htm
- משרד התשתיות הלאומיות, 2010. מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל.
<http://energy.gov.il/GxmsMniPublications/renewables.pdf>
- Adams, S., 2001. Views of the uncertainties of climate change: A comparison of high school students and specialists. *Canadian Journal of Environmental Education* 6, 58–76.
- Albe, V., 2008. When scientific knowledge, daily life experience, epistemological and social considerations intersect: Students' argumentation in group discussions on a socio-scientific issue. *Research in Science Education* 38, 67–90.
- Bacon, C. M., Mulvaney, D., Ball, T. B., DuPuis, E. M., Gliessman, S. R., Lipschutz, R. D., Shakouri, A., 2011. The creation of an integrated sustainability curriculum and student praxis projects. *International Journal of Sustainability in Higher Education* 193–208, (2) 12.
- Bang, H. K., Ellinger, A. E., Hadjimarcou, J., Traichal, P. A., 2000. Consumer concern, knowledge, belief, and attitude toward renewable energy: An application of the reasoned action theory. *Psychology & Marketing* 17 (6), 449–468.
- Barak, M., Ben-Chaim, D., Zoller, U., 2007. Purposely teaching for the promotion of higher-order thinking skills: A case of critical thinking. *Research in Science Education* 37, 353–369.
- Ben-Zvi Assaraf, O., Orion, N., 2004. A study of perceptions of junior high students of the water cycle in its application to teaching science in the "science for all" era.
<https://core.ac.uk/download/pdf/5206799.pdf>
- Ben-Zvi Assaraf, O., Orion, N., 2005. Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching* 42, 518–560.
- המשתתפים לבין ההתנהגות שעליה דיווחו: הנחקרים הביעו מודעות סביבתית גבוהה, אך לא הצליחו לחבר אותה להתנהגות יומיומית שביכולתם לבצע (Goldman et al., 2006; Negev et al., 2008). פער זה עלה גם במחקר הנוכחי בתוצאות ניתוח שאלוני התלמידים. מרבית התלמידים הביעו מודעות לבעיות סביבה ברמות שונות ואף אמונה ביכולתם להשפיע, עם זאת התקשו לתת דוגמאות ליישום המודעות הסביבתית שלהם, כלומר דוגמאות להתנהגות סביבתית שביכולתם לנקוט.
- מרכיב חשוב בתהליך הלימודי הוא היכרות עם עקרונות אקולוגיים מרכזיים המציגים את הקשר בין מרכיבי הסביבה לבין בני האדם, כגון הבנת מקומו של האדם כחלק מהביוספירה וחיוניותו של שאר מערכות כדור הארץ לקיומו. היכרות זו יכולה להוביל לתגובות של פליאה, כבוד, אמפתיה ותחושת זיקה לסביבה, אשר יובילו להתנהגות פרו-סביבתית, ובכך ייווצר החיבור בין הממד הקוגניטיבי לבין ממד ההתנהגות (Farmer et al., 2007; Littlelydyke, 2008). נוסף לכך מוצע לשלב תכנים החושפים את התלמידים לנעשה בסביבתם הקרובה, תוך כדי שילוב היבטים של קיימות מבחינה כלכלית, חברתית וסביבתית ורעיונות מעשיים להתנהגות.
- לאור ממצאים אלה מוצע לשלב ביחידת הלימוד פעילויות אחדות לחיזוק הנושא, כגון סיור שיחשוף את התלמידים לסביבתם הקרובה ולדברים הנעשים באזורם. התלמידים ימלאו שאלון "טביעת רגל אקולוגית", שילווה בדיון המנתח את הממצאים. כך יבנו התלמידים כמה הם צורכים, וכיצד הצריכה משפיעה על הסביבה, ואף יקבלו רעיונות לדרכים שבהן הם יכולים להשפיע.
- על סמך תוצאות מחקר זה נבנתה יחידת לימוד בנושא אנרגיה מתחדשת. בהתאם לתוצאות המחקר, התכנית כוללת מגוון סביבות למידה – סיור לימודי, מעבדות, שיעורי צפייה, עבודות עצמאיות ועוד. צורת לימוד מגוונת זו מאפשרת להגיע לכל תלמיד, לעסוק בנושא האנרגיה המתחדשת בדרכים שונות, להכיר את הסביבה הקרובה ולשפר מיומנויות מדעיות שונות.
- מוצע לקיים מחקר המשך שיעריך את תוצרי התכנית ויבחן את הפער בין המומחים לבין התלמידים ואת קידום האוריינות הסביבתית בתחום האנרגיה המתחדשת. אנו מקווים שיחידת לימוד זו (נספח 1 מציג את מרכיבי יחידת הלימוד שנבנתה) תהיה שימושית, ותסייע לתלמידים לרכוש ידע נוסף בתחום האנרגיה המתחדשת, לשפר כישורים רלוונטיים ולהפוך לאזרחים בעלי אוריינות סביבתית.

תודות

מחקר זה נעשה בתמיכתה של מנהלת האנרגיה המתחדשת אילת-חבל אילות.

תודותינו לצוות ולהנהלה של בית הספר מעלה שחרות על האפשרות להעביר את תכנית הלימודים לתלמידי בית הספר. תודות גם לג'קי גל-ים, מורה לפיזיקה בבית הספר מעלה שחרות, על הליווי ועל העזרה בכתיבת יחידת הלימוד ובהעברתה.

- Negev, M., Sagy, S., Garb, Y., Salzberg, A., Tal, A., 2008. Evaluating the environmental literacy of Israeli elementary and high school students. *The Journal of Environmental Education* 39 (2), 3–20.
- Orion, N., Ault, C., 2007. Learning earth sciences. In: Abell, S., Lederman, N., (Eds.), *Handbook of research on science teaching and learning*. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ.
- Pithers, R. T., Soden, R., 2000. Critical thinking in education: A review. *Educational Research* 42 (3), 237–249.
- Roth, C., 1992. Environmental literacy: Its roots, evolution and directions in the 1990s. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED348235.pdf>
- Ruppert, J., Duncan, R. G., 2017. Defining and characterizing ecosystem services for education: A Delphi study. *Journal of Research in Science Teaching* 54, 737–763.
- Simonneaux, L., Simonneaux, J., 2009. Students' socio-scientific reasoning on controversies from the viewpoint of education for sustainable development. *Cultural Studies of Science Education* 4 (3), 657–687.
- Somers, R. L., 2005. Putting down roots in environmental literacy: A study of middle school students' participation in Louisiana Sea Grant's Coastal Roots project. Louisiana State University and Agricultural and Mechanical College.
- Stigka, E. K., Paravantis J. A., Mihalakakou, G. K., 2014. Social acceptance of renewable energy sources: A review of contingent valuation applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 32, 100–106.
- Tertzakian, P., 2006. *A thousand barrels a second*. McGraw-Hill, New York.
- UNCED, 1992. United Nations commission on environment development. *The global partnership for environment and development: A guide to Agenda 21*.
- UNFCCC, 2009, December. UNFCCC Report of the conference of the parties serving as the meeting of the parties to the Kyoto protocol on its fifth session, Copenhagen.
- Zyadin, A., Puhakka, A., Ahponen, P., Cronberg, T., Pelkonen, P., 2012. School students' knowledge, perceptions, and attitudes toward renewable energy in Jordan. *Renewable Energy* 45, 78–85.
- Bojic, M., 2004. Education and training in renewable energy sources in Serbia and Montenegro. *Renewable Energy* 29, 1631–1642.
- EIA-U.S Energy Information Administration, 2013. *International Energy Outlook 2013*.
- El Chaar L., Lamont L. A., 2010. Nourishing green minds in the land of oil. *Renewable Energy* 35, 570–575.
- Energy Department US, 2010. *Fossils*. <http://www.energy.gov/energysources/fossilfuels.htm>
- Farmer, J., Knapp, D., Benton, G. M., 2007. An elementary school environmental education field trip: Long-term effects on ecological and environmental knowledge and attitude development. *The Journal of Environmental Education* 38 (3), 33–42.
- Goldman, D., Yavetz, B., Pe'er, S., 2006. Environmental literacy in teacher training in Israel: Environmental behavior of new students. *The Journal of Environmental Education* 38 (1), 3–22.
- Halder, P., Pietarinen, J., Havu-Nuutinen, S., Pelkonen, P., 2010. Young citizens' knowledge and perceptions of bio-energy and future policy implications. *Energy Policy* 8, 3058–3066.
- Halder, P., Havu-Nuutinen, S., Pietarinen, J., Pelkonen, P., 2011. Bio-energy and youth: Analyzing the role of school, home, and media from the future policy perspectives. *Applied Energy* 88, 1233–1240.
- Jennings, P., Lund, C., 2001. Renewable energy education for sustainable development. *Renewable Energy* 22, 113–118.
- Jennings, P., 2009. New directions in renewable energy education. *Renewable energy* 34, 435–439.
- Kali, Y., Orion, N., Eylon, B., 2003. Effect of knowledge integration activities on students' perception of the earth's crust as a cyclic system. *Journal of Research in Science Teaching* 40 (6), 545–565.
- Kandpal, T. C., Broman, L., 2014. Renewable energy education: A global status review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 34, 300–324.
- Littledyke, M., 2008. Science education for environmental awareness: Approaches to integrating cognitive and affective domains. *Environmental Education Research* 14 (1), 1–17.

נספח 1: תקציר יחידת הלימוד שנבנתה על סמך המחקר

“אנרגיה בציר הזמן”: יחידת לימוד בנושא משאבים מתכלים ומתחדשים לכיתה ט' – תקציר

הנושא המאגד את היחידה הוא התקדמות בציר הזמן עם צריכת האנרגיה של האדם, ולפיכך ניצול משאבי אנרגיה שונים.

מבוא

אנרגיה, עבודה, אנרגיה קינטית, אנרגיה פוטנציאלית, אנרגיה חשמלית, מושגים הקשורים לדלקים מאובנים (מערכות כדור הארץ, חומר אורגני, דלקים מאובנים). מעברי פאזה (פלזמה, גז, נוזל, מוצק), תנועת בראון, מדי חום (קלווין, צלזיוס, פרנהייט), תרשים חימום חומר. דרכים של העברת חום (הולכה, הסעה, קרינה). תנועת אוויר גלובלית (וצורות של העברת חום), אפקט החממה.

רצף היחידות (כל יחידה בת 3 שעות לימודיות)

1. מערכות כדור הארץ, צריכת אנרגיה של האדם ודלקים מאובנים

- מערכות כדור הארץ (אינטראקציות, מערכות אנרגיה וכדור הארץ)
- צריכת האנרגיה של האדם: דלקים מאובנים ומקורות אנרגיה מתחדשים - רקע כללי
- נפט: פעילות מעבדה על דלקים מאובנים, יחסי הגומלין בין מערכות כדור הארץ בתהליך ההיווצרות של נפט ופחם

2. בעיות סביבתיות ואתגרים סביבתיים בהקשר של משאבי האנרגיה המתכלים

השפעות סביבתיות של השימוש בדלקים מאובנים: גישות שונות לנושא (ניסוי - הקשר בין העלייה בריכוז CO₂ לבין עלייה בטמפרטורה, שיעור בשימוש בתקשורת, מחזור הפחמן) עלייה בצריכת האנרגיה, ומשבר האנרגיה, פיתוח בר-קיימה.

3. אנרגיה מתחדשת: אנרגיה סולרית (כולל פעילות מעבדה וסיור), אנרגיות מתחדשות נוספות

היכרות עם מקורות אנרגיה מתחדשים (אנרגיה סולרית, פעילות מעבדה כדי לבחון דרכים שונות לניצול אנרגיית שמש).
סיור – אנרגיה סולרית ושימור אנרגיה ברמה המקומית (חקר מקרה: אזור הערבה בישראל) (הכנה לסיור, חוברת סיור, הכנת דוח מסכם) מקורות מתחדשים אחרים (רוח, מים, אנרגיה גאותרמית, ביו-אנרגיה).

4. אנרגיה בת-קיימה, טביעת רגל אקולוגית, פיתוח בר-קיימה, השפעת על הסביבה

ניתוח של בעיה סביבתית – מקרה מבחן לעבודה קבוצתית (למשל פצלי השמן באזור עדולם) כיצד ניתן להשפיע על מצב האנרגיה בעולם? מהי טביעת רגל אקולוגית?

דרכים לחיסכון באנרגיה סיכום – פרויקט אישי: עבודה בזוגות על אחד ממקורות האנרגיה – מתכלים או מתחדשים.

את יחידת הלימוד המלאה ניתן למצוא באתר אילת-אילות אנרגיה מתחדשת:

<http://www.eilateilot.org/wp-content/uploads/2014/08/Grade-9.pdf>