יחידת הוראה

פתרונות למשבר האקלים

עבור מורים לתלמידי תיכון

ד"ר נירית לביא אלון | ד"ר הגר ליס

2020

מכון ויצמן למדע
המחלקה להוראת המדעים

הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל

המרכז הארצי למורי הביולוגיה ולמורי מדעי הסביבה

מדינת ישראל

מינהלת מל"ם
המרכז הישראלי לחינוך מדעי-טכנולוגי ע"ש עמוס דה-שליט

רקע למורה:

ביחידה זו נעסוק בפתרונות המגוונים למשבר האקלים. נלמד את יחידה זו לאחר לימוד המבוא המדעי (יחידות 1 ו־2) ויחידה 3 העוסקת בהשפעת משבר האקלים על הטבע ועל בריאות האדם. עד כה הגדרנו את הבעיה והרחבנו בהשלכות של משבר האקלים. הבעיה והשלכותיה יכולות לעורר תחושות של חרדה ולכן ליחידה זו חשיבות רגשית רבה - היא מציגה בפני התלמידים מגוון רחב של פתרונות למשבר האקלים שאפשר ליישם ומראה שהמצב אינו אבוד. אנו נלמד על פתרונות מדעיים וטכנולוגיים, על פתרונות שיכולים להתוות במדיניות ובכלכלה והחשוב ביותר ־ נלמד גם על פתרונות שכל אדם יכול להשתתף בהם. המטרה של היחידה היא גם לעורר סקרנות ועניין של תלמידים ובנוסף לקרוא להם לפעול ולהשתתף בפתרון.

היחידה נפתחת בנושא התלות של האנושות באנרגיה ומה הם האתגרים באספקה של אנרגיה הזאת. נמשיך בלמידה על מקורות אנרגיה חלופיים (שיעור 2) ופתרונות טכנולוגיים ומדעיים לעודף הפחמן הדו־חמצני שכבר באטמוספירה (שיעור 3). חשוב להבין שאין פתרונות קסם ושלכל טכנולוגיה יש השפעות כאלו או אחרות על הסביבה. בשיעור 4 יישמו התלמידים את הידע שרכשו במשחק כיתתי המבוסס על הדמיה. במשחק יגלמו התלמידים קבוצות אינטרסים שונות (תעשיית דלקי המאובנים, מדינות מתפתחות, תעשיית האנרגיה הנקייה וכו׳...) שיחד צריכות למצוא את הדרך לצמצם את פליטות גזי החממה. המטרה היא מצד אחד להמחיש את המציאות המורכבת שבה אנו חיים ומצד אחר להבין שבכל זאת אפשר למצוא פתרונות למשבר. סוף היחידה מוקדשת למקום של האדם הפרטי בפתרונות למשבר האקלים.

הערה: יחידת הוראה זו על פתרונות למשבר האקלים דורשת רקע מדעי לתחום ולכן אינה עומדת בפני עצמה, אלא לאחר לימוד המבוא המדעי (יחידות 1 ו־2) ולימוד יחידה 3 על השפעת משבר האקלים על הטבע והחברה (יחידה 3).

היחידה תבחן את הרעיונות הגדולים האלה:

- התפתחות הטכנולוגיה והקדמה נותנות מענה לצרכים ולבעיות החברה האנושית ומשפיעות על החברה, הכלכלה והסביבה.
- משבר האקלים הוא תוצאה של התערבות האדם בסביבה והוא בעל השלכות על הכלכלה, החברה והסביבה.
- לאדם מחויבות לצמצום הפגיעה בסביבה באמצעים טכנולוגיים והתנהגותיים.

כתיבה ופיתוח: ד״ר הגר ליס וד״ר נירית לביא אלון.

רצף השיעורים ביחידה:

שיעור	שם השיעור	מטרות מרכזיות	מושגים
1. פתיחה	[אתגרי אנרגיה]()	- בירור ידע קודם והצגת הבעיה. - הבנה שאנרגיה חיונית להתפתחות חברתית וכלכלית וגם לאספקת שירותים בסיסיים כמו שירותי בריאות, אספקת מים ומזון ולתחבורה. - הכרה כי מקור רוב האנרגיה בעולם הוא בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) ולכן אנו תלויים בדלקים האלו. - הכרה כי קיימת מורכבות במעבר לאנרגיות מתחדשות אך המעבר אפשרי בעזרת פיתוחים טכנולוגיים ונכונות פוליטית וכלכלית.	אנרגיה, יחידות אנרגיה (watt), מעברי אנרגיה (לבחירת המורה), אנרגיות מתחדשות ואנרגיות מתכלות.
2. התנסות	[כיצד נפחית את השימוש בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים)]()	- הבנה שאפשר להפחית את התלות שלנו בדלקי מאובנים בשימוש במקורות אנרגיה חלופיים, בשינוי מדיניות כלכלית כמו מיסוי ירוק או בהתייעלות אנרגטית. - הבנה שאין פתרון קסם - לכל פתרון יש יתרונות וחסרונות. - הכרה כי מדינת ישראל היא מדינה קטנה ולכן עליה לשקול כיצד יעיל ביותר בשבילה לצמצם את השימוש בדלקי מאובנים בהתייחסות למגבלות כמו שטח פנוי.	תמהיל אנרגיה, אנרגיה ירוקה, אנרגיה חלופית, דלקים ביולוגיים - ביודיזל, אנרגיה משרפת פסולת, אנרגיה סולרית, אנרגיית רוח, אנרגיה גרעינית, אנרגיה גיאותרמית, התייעלות אנרגטית, מיסוי ירוק או מיסוי סביבתי.
3. התנסות	[פתרונות למשבר האקלים - הנדסת אקלים]()	- הכרות עם הנדסת אקלים - התערבות מכוונת באקלים של כדור הארץ על ידי סילוק פחמן דו־חמצני שקיים באטמוספירה או על ידי הורדת כמות הקרינה שזמינה לחימום כדור הארץ. - הבנה כי שיטות הנדסת אקלים שנויות במחלוקת כיוון שהשפעתן לטווח הארוך אינה ידועה.	הנדסת אקלים או התערבות אקלים, לכידת פחמן, דישון אוקיינוסים.

4. יישום	קבלת החלטות על בסיס התנסות בהדמיה	- הכרות עם פתרונות כלכליים וטכנולוגים למשבר האקלים. צריך להביא בחשבון את האינטרסים המתנגשים של גורמים שונים. - קבלת החלטות ומציאת מדיניות להפחתת פליטת גזי חממה בהתייחסות לצרכים ורצונות של קבוצות אינטרסים. - לבחון כיצד טכנולוגיות שונות ומדיניות כלכלית או חברתית משפיעות על פליטות גזי חממה בשימוש בהדמיה.	תוצר מקומי גולמי (תמ"ג), אנרגיה נקייה או ירוקה, אנרגיה חלופית, אנרגיה מתחדשת, מחיר פחמן.
5. סיכום, יישום והערכה	פתרונות למשבר האקלים התנהגות האדם	- ההבנה שגם אנחנו, "האזרחים הקטנים", יכולים להיות חלק מהפתרון למשבר האקלים בשינוי התנהגות והרגלים הקשורים להתייעלות אנרגטית בבית הפרטי שלנו, במזון שאנו אוכלים ובתחבורה שאנו בוחרים בה. - ההבנה שלכל אחד מאיתנו אחריות ומחויבות לעשייה אישית כדי להשתתף בפתרון משבר האקלים.	מיטיגציה.

בשיעורים אלו יש התייחסות לגורמים קבועים:

גורם	**ניסויים והתנסויות**	**המחשות והדגמות**	**מענה לשונות**	**הקשרים וחידושים**	**היסטוריה ופילוסופיה של המדע**
הסבר	קישורים להנחיות ניסויים והתנסויות אפשריות	קישורים להדמיות, סרטונים, הנחיות להדגמות והמחשות	פעילויות של הוראה דיפרנציאלית הנותנות מענה לשונות התלמידים	חידושים במדע ובטכנולוגיה בתחום היחידה	מהלך המחקר בנושא היחידה, סיפור גילוי התופעות המרכזיות, סיפורי מחקר בתחום, מדענים ומדעניות בולטים.

שיעור 1		מהלך השיעור: הצעה 1 - סרטון על דרישה ואספקה של אנרגיה	פתיחה אפשר להעמיק בסוגי אנרגיה ומעברי אנרגיה בהתאם לרמת הכיתה		
שיעור 2	ניתוח נתונים והשוואה בין חלופות אנרגיה שונות		מהלך השיעור: אפשר להעמיק בניתוח נתונים ובהשוואה של חלופות האנרגיה בהתאם לרמת הכיתה (הצעה 3 הפשוטה ביותר, הצעה 1 המורכבת ביותר)	טכנולוגיות עכשוויות לאנרגיה חלופית	
שיעור 3		פתיחה: ניתוח איורים אשר מראים את מאזן האנרגיה של כדור הארץ ואת מחזור הפחמן	מהלך השיעור: הצעה 1 - ניתוח מאמר ודיון. השלב השני של הדיון נתון לבחירת המורה על פי רמת הכיתה. הצעות 2 ו־3 - קבוצות עבודה על נושאים שונים. אפשר להתאים את הנושא לצורכי הקבוצה (בשיעור מסומנים מקורות מידע קשים או ארוכים יותר).	מגוון שיטות להנדסת אקלים	
שיעור 4	שימוש בהדמיה כדי לבחון את ההשפעה של גורמים שונים על טמפרטורה או על מחירי אנרגיה.	שימוש בהדמיה של en roads	הצעה 1 - מענה על שאלות בסיסיות. הצעה 2- עומק העבודה והיקפה יותאמו לרמת הכיתה.	שימוש בהדמיה שמבוססת על נתוני אמת.	
שיעור 5		פתיחה - קטעי קריאה כמשל			

הערכה

בשיעור המסכם מוצגת הצעה לפעילות הערכה. כמו כן, אפשר להעריך את התלמידים בהערכה חלופית.

מספר שיעור ונושא	מטלה בשיעור	אופן הערכה	הצעה לחלק יחסי בציון באחוזים
1. אתגרי אנרגיה	מהלך השיעור: הצעה 1 - מענה על שאלות על סרטון. הצעה 2 - מענה על שאלות על מאמר. סיכום - הצעת פתרונות לאתגרי אנרגיה.	א. רמת תשובות בדף העבודה, ניתוח נתונים ומידת ההבנה של מקורות המידע. ב. השתתפות ועבודה בקבוצות.	10%
2. כיצד נפחית את השימוש בדלקי מאובנים	מהלך השיעור והסיכום: הצעה 1 - הצעה למדינת ישראל להפחית את התלות שלה בדלקי מאובנים (תמהיל אנרגיה וצעדים כלכליים או מדיניים). הצעה 2 - הצעת דעה מבוססת בנוגע למקורות אנרגיה חלופיים. הצעה 3 - השוואה בין מקורות אנרגיה ומענה על שתי שאלות.	א. הצגת העבודה של הקבוצה ב. השתתפות ועבודה בקבוצות	25%
3. פתרונות למשבר האקלים בדגש הנדסת אקלים	מהלך השיעור והסיכום: הצעה 1 - ניתוח מאמר ומציאת יתרונות וחסרונות של טכנולוגיות שונות להנדסת אקלים. הבעת דעה אישית (שלב 2). הצעות 2 ו־3 - הצגת טכנולוגיות שונות להנדסת אקלים בפני הכיתה והבעת דעה אישית.	א. עומק ניתוח המאמר (הצעה 1). ב. רמת ההצגה בפני הכיתה (הצעה 2). ג. הבעת דעה אישית בכתב (סיכום). ד. השתתפות ועבודה בקבוצות.	20%
4. קבלת החלטות על בסיס התנסות בהדמיה	שימוש בהדמיה - תפקוד הקבוצה בשיעור.	השתתפות ועבודה בקבוצות	25%
5. פתרונות למשבר האקלים - התנהגות האדם	סיכום: ריכוז רשימת פתרונות ודירוג היישומיות שלהם, השתתפות בדיון או כתיבת נייר עמדה.	השתתפות בדיון, כתיבת נייר עמדה	20%

<u>הגדרות</u>

אנרגיה: אפשר להגדיר אנרגיה למערכת מסוימת. אנו יכולים לראות, להרגיש ולמדוד את התופעות הנגרמות עקב פעולה כלשהי, וכך לאפיין את תכונות האנרגיה שגרמה לפעולה. שינויים (בחום, בתנועה וכו') מלווים במעברי אנרגיה.

<u>נגדיר את מקורות האנרגיה:</u>

אנרגיה גיאותרמית: מקורו של המושג גיאותרמי במילים היווניות גיאה שפרושה ארץ, ותרמוס שפרושה חום. בתוך כדור הארץ יש מאגר חום עצום שאפשר להשתמש בו להפקת אנרגיה. מקור אנרגיה זה נחשב למקור אנרגיה מתחדשת. מקור החום הוא מהתפרקויות רדיואקטיביות של כמה יסודות (אורניום 238, תוריום 232 ואשלגן 40) ואנרגיה אגורה בליבת כדור הארץ מתקופת היווצרותו. האזורים בעולם שבהם האנרגיה הגאותרמית זמינה ביותר הם האזורים שמתרחשת בהם פעילות טקטונית. החום עולה לפני השטח באזורים וולקניים עם הלבה הרותחת שמקורה במעמקים, או במים חמים או קיטור מגייזרים. לחלופין באמצעות קידוח לעומק כדור הארץ אפשר להגיע לשכבות בטמפרטורות גבוהות ולנצל חום זה לאנרגיה זמינה.

אנרגיה גרעינית: בתהליך הפקת אנרגיה גרעינית מתרחשת תגובת שרשרת שמתחילה בביקוע הגרעין באטום. ביקוע גרעיני מוביל לתגובת שרשרת והוא הבסיס לפעולתו של כור גרעיני. הביקוע נעשה בצורה מבוקרת ואיטית. תגובה זו מייצרת כמויות עצומות של חום שבעזרתו מרתיחים מים לקיטור אשר מפעיל טורבינות ליצירת חשמל. החומרים שבהם משתמשים בכורים הם רדיואקטיביים, לרוב אורניום או פלוטוניום. קיימת <u>מחלוקת</u> אם לכלול אנרגיה גרעינית ברשימת האנרגיות המתחדשות.

אנרגיה חלופית: שם כולל לאנרגיה שמקורה <u>אינו</u> בדלק מאובנים (נפט, גז טבעי, פחם). דוגמאות לאנרגיות חלופיות הן אנרגיית שמש, אנרגיה של תנועה של מים או רוח, אנרגיה גרעינית וכו'...

אנרגיית תנועת מים: אנרגיה המופקת מתנועה טבעית של מים. השימוש העיקרי באנרגיית תנועת מים הוא בהפקת אנרגיה חשמלית, המכונה אנרגיה הידרואלקטרית. זוהי האנרגיה המתחדשת בשימוש הנפוץ ביותר והיא מיוצרת באמצעות ניצול תנועת המים בנהרות, בנחלים, במפלים, בגלי ים ובתנועת גאות ושפל של האוקיינוסים. את האנרגיה מתנועת המים אפשר להסב בקלות לחשמל בניצול זרימת המים לסיבוב גלגל (טורבינה) היוצר אנרגיה חשמלית.

אנרגיה מתחדשת: אנרגיה שמקורה בתהליכים טבעיים מתמשכים, למשל אנרגיית תנועה של רוח או מים, אנרגיית שמש, אנרגיה גיאוטרמית או ביוגז. מקורות אנרגיה מתחדשים נבדלים ממקורות אנרגיה מתכלים כגון דלק מאובנים (נפט, פחם וגז טבעי), שהשימוש בהם כרוך בהקטנה ניכרת של מאגר האנרגיה הזמין האצור בהם.

אנרגיה נקייה או אנרגיה ירוקה או אנרגיה ידידותית: כינוי כללי לסוגי אנרגיה אשר אינם מזהמים ישירות את הסביבה בגזי חממה או במזהמים אחרים. אנרגיות ירוקות נחשבות ידידותיות לסביבה לעומת אנרגיה מדלקי מאובנים.

אנרגיה סולרית: אנרגיה שמקורה בקרינת השמש. זוהי אנרגיה חלופית ומתחדשת. מתקני אנרגיה סולרית ממירים את הקרינה שמגיעה מהשמש לאנרגיה תרמית או לחשמל.

אנרגיית תנועה של רוח: זו האנרגיה הקינטית (אנרגיית התנועה) של הרוח. אפשר לרתום את האנרגיה הזאת למטלות שונות כגון השטת סירות מפרש, הפעלת טחנות רוח והפעלת טורבינות חשמל.

דלקים ביולוגיים (ביו־דלק): דלקים ביולוגיים נחשבים מקור לאנרגיה מתחדשת, כי השימוש בהם יוצר "מעגל סגור" של פחמן דו־חמצני: הפחמן הדו־חמצני שמשתחרר בתהליך שרפת הדלקים האלו נצרך בחזרה בתהליך הפוטוסינתזה בזמן גידול הצמחים. דלקים אלו יכולים להיות מבוססים אלכוהול (מתהליך תסיסה של סוכרים) או שמנים (ביודיזל). דלקים ביולוגיים יכולים להיות מוצקים. דוגמאות נפוצות לדלקים ביולוגיים הן עצים, נסורת, גזם דשא, אשפה ביתית או פסולת חקלאית. דלקים ביולוגיים הם חלק הארי של האנרגיה המתחדשת הנצרכת בעולם.

דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים): מקורות <u>אנרגיה מתכלים</u>. כלומר, כמות דלקי המאובנים מוגבלת כיוון שקצב היווצרותם (מיליוני שנה) איטי הרבה יותר מקצב השימוש בהם. דלקי מאובנים כוללים גז טבעי, פחם ונפט. המקור של דלקי מאובנים הם צמחים ובעלי חיים שמתו בעבר, נקברו במעמקים ותחת לחץ נעשו דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). בדרך כלל חומרים אלו נותרים מתחת לקרקע, אלא שבני אדם מוציאים אותם בקידוחים ושורפים אותם. בעירת דלקי מאובנים משחררת פחמן לאטמוספירה בצורת פחמן דו־חמצני, שהיה נשאר מתחת לקרקע אילולי פעילות האדם.

<u>**הגדרות נוספות**</u>

הנדסת אקלים או התערבות אקלים: התערבות מכוונת בדרך כלל בממדים גדולים מאוד באקלים של כדור הארץ במטרה לצמצם שינויי אקלים.

התייעלות אנרגטית: שימוש בפחות אנרגיה לאותה משימה - כלומר, צמצום בזבוז אנרגיה. דוגמה בסיסית - התקנת תאורת LED במקום נורות להט. התייעלות אנרגטית היא הדרך הזולה ביותר, ולעיתים קרובות המידית ביותר, להפחתת השימוש בדלקי מאובנים. אפשר ליישם התייעלות אנרגטית בכל מגזר במשק - בבניינים, בתחבורה, בתעשייה או בייצור האנרגיה.

לכידת פחמן: טכנולוגיה אשר לוכדת את הפחמן ישירות מתוך האטמוספירה וכך גם מסלקת אותו.

מחיר פחמן: גביית כסף על זיהום פחמן, יש כמה דרכים ליישם גבייה זו. שיטה זו קרויה בדרך כלל "מס פחמן" או סחר פליטות. קיימת הסכמה רחבה כי השיטה היעילה ביותר להפחתת פליטות גזי חממה היא לגבות כסף על זיהום בפחמן דו־חמצני כדי לעודד את המזהמים להפחית את כמות גזי החממה שהם פולטים באטמוספירה.

מיתון (מיטיגציה): פעילות שמטרתה למנוע, להפחית או לדחות שינויי אקלים עתידיים בעיקר בהפחתה של פליטות גזי חממה לאטמוספירה. להבדיל מהסתגלות (אדפטציה) שזו תגובה לשינויי אקלים שכבר בלתי נמנעים בגלל פליטות גזי חממה בעבר.

מיסוי ירוק: הטלת מיסים על דלקי מאובנים ופליטות פחמן.

תוצר מקומי גולמי (תמ"ג): זהו מונח כלכלי המציין מדידה של הערך הכולל של הסחורות (מוצרים) והשירותים שיוצרו בשטח מסוים (לרוב מדובר על מדינה) במהלך תקופה נתונה.

עוד בנושא משבר האקלים למורים:

בשנים האחרונות גוברת המודעות והחשיפה התקשורת לנושא משבר האקלים. ברשת אפשר למצוא חומרי הוראה רבים בנושא כגון הרצאות מוקלטות, מערכי שיעור, פעילויות לא פורמליות ועוד. למשל:

- תיקייה שיתופית של מורים למען האקלים;
- אתר אקלים ישראל - חינוך: https://climatechangeisrael.org/education/;
- אתר זווית בחינוך - שינוי אקלים;
- אתר מפמ"ר מדעי הסביבה.

מורים המעוניינים להרחיב את פעילותם בנושא מוזמנים להצטרף לקבוצת מורים למען האקלים בפייסבוק. כמו כן, חשוב להכיר את מיזם מצעד האקלים המתרחש מדי שנה במרץ, ולהצטרף אליו עם התלמידים.

אתגרי אנרגיה

שיעור 1 - אתגרי אנרגיה (פתיחה, המשגה)

ידע למורה: ביחידת המבוא למדנו ששרפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) גורמת לשחרור גזי חממה לאטמוספירה הגורמים להתחממות גלובלית ובעקבותיה למשבר האקלים. כדי להבין את סוגיית משבר האקלים ולדון בשלל הפתרונות שאפשר ליישם צריך תחילה להבין שמקור המשבר הוא בצריכת האנרגיה המוגברת בעולם המודרני. האנרגיה היא חיונית בחיינו, וכולנו שותפים לשימוש בדלקי מאובנים - מקור אנרגיה יעיל וזמין (אך לא בהכרח הזול ביותר לייצור). ב־2018 יותר מ־85 אחוזים מצורכי האנרגיה של האנושות היו מבוססים על דלקי מאובנים. בעולם המערבי אנחנו נהנים מִקדמה ומרמת חיים גבוהה בזכות שימוש בדלקים אלו. מי היה רוצה לוותר על מכונת כביסה, או תנור, או רכב או מזגן? אנשים רבים נהנים מרכבים, מטיסות לחו"ל ומאכילת בשר בקר - כל אלו צורכים כמויות גבוהות מאוד של אנרגיה מבוססת בדרך כלל על דלקי מאובנים.

נפתח את השיעור בדיון על אנרגיה ועל הקשר שלה למשבר האקלים. נסתכל על צריכת האנרגיה של ישראל ונבין שאנרגיה היא חלק בלתי נפרד מחיינו. כל פתרון למשבר האקלים חייב לכלול גמילה משימוש בדלקי מאובנים. בהצעה הראשונה לפתיחה ניגע בחשיבות האנרגיה בחיי כולנו ונבחן כיצד שימוש באנרגיה מעצבת את החיים שלנו בעולם. בהצעה השנייה נבחן את המונח אנרגיה ומגוון היבטים של אנרגיה שפגשנו בלימודים עד כה. במהלך השיעור נבחן את האנרגיות החלופיות ואת היכולת שלהן לספק את צורכי האנרגיה שלנו ונבדוק מה הם האתגרים העומדים בפנינו. הצעה 1 (סרטון) דנה בסוגיה האם אפשר לספק את כל צורכי האנרגיה מאנרגיות מתחדשות?; הצעה 2 (מאמר מזווית) עוסק בדעות קדומות על אנרגיות מתחדשות. לסיכום נכין מפת חשיבה שבה נסכם את מגוון ההיבטים של שאלת אספקת האנרגיה ונעלה פתרונות אפשריים.

מושגים: אנרגיה, יחידות אנרגיה (watt), מעברי אנרגיה (לבחירת המורה), אנרגיות מתחדשות ואנרגיות מתכלות.

פתיחה

הצעה 1: דמיינו עולם בלי חשמל

העולם המודרני תלוי באנרגיה, אבל פעם אנשים היו חיים בלי אנרגיית חשמל (לפני המאה ה־19). נבקש מהתלמידים לדמיין עולם בלי אנרגיית חשמל. אפשר לבקש מהם לחשוב בזוגות מה הם לא היו יכולים לעשות בלי חשמל או לבקש מזוגות לדון יחד בשאלה זו:

- כיצד הייתם עושים את הפעולות האלה בלי חשמל?

- כביסה
- תאורה
- שטיפת כלים
- מקלחת חמה
- קירור ביום חם או חימום ביום קר
- שמירה על מזון שלא יתקלקל
- בישול או אפייה

נדון במליאת הכיתה ברעיונות שעלו לתלמידים בזוגות.

הצעה 2: אנרגיה - מה אנחנו יודעים עליה?

כולנו מכירים את המילה אנרגיה. שמענו את המונח לא מעט בשיעורים הקודמים וגם שמענו אותו בחיי היום־יום. אנרגיה היא תכונה נשמרת של חומר אשר מאפשרת לו לעשות משהו. נשאל את התלמידים:

- אילו סוגי אנרגיה אתם מכירים?
- לאילו סוגי אנרגיה יש קשר למשבר האקלים?
- מה אופי הקשר?

נבחין בין סוגי אנרגיה לבין מקורות אנרגיה.

מורים המעוניינים להרחיב על חוק שימור האנרגיה יכולים להשוות בין אנרגיה לכסף - אפשר לקנות זוג נעליים בכרטיס אשראי, במזומן, בצ'ק או בהעברה דרך יישומון - כל אלו צורות של כסף. גם לאנרגיה יש צורות שונות ואפשר להעביר אנרגיה מצורה אחת לאחרת. נשאל את התלמידים:

תנו כמה דוגמאות למעברי אנרגיה מתוך החומר שלמדנו או דוגמאות מחיי היום־יום שלכם.

בשנת 2018 צריכת האנרגיה של ישראל עמדה על כ-295 טרה ואט לשעה* (TWh - terra watt per hour). זה בעצם 295×10^{12} ואט לשעה. לשם קנה המידה, מזגן צורך בין 2.5 ל־3 קילו ואט לשעה (קילו ואט הוא 1,000 ואט); תנור ומכונת כביסה צורכים בין 3.5 ל־4 קילו ואט לשעה ומחשב צורך עד 0.5 קילו ואט לשעה. באיור האינטראקטיבי תוכלו להסתכל על צריכת האנרגיה השנתית של ישראל לאורך זמן. שימו לב שהרוב המוחלט של האנרגיה בישראל מופקת מדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). חשבו על החיים שלכם.

- כיצד אתם צורכים אנרגיה שמקורה בשרפת דלקי מאובנים?

אפשר לכלול צריכה ישירה כמו נסיעה ברכב וצריכה עקיפה כמו שתייה של מים מותפלים (תהליך ההתפלה דורש אנרגיה).

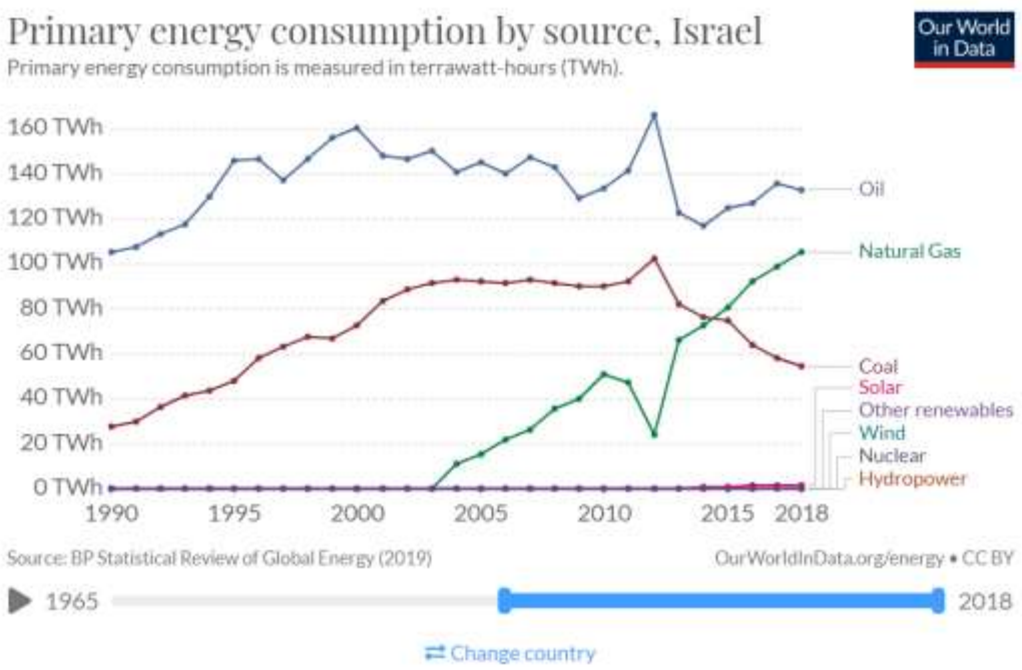
*טרה ואט לשעה (TWh) - יחידת מידה של צריכת אנרגיה או ייצור אנרגיה. נהוג לקבל את חשבונות החשמל ביחידות של קילו ואט לשעה (קוט"ש).

צריכה ישירה - כל מכשיר שפועל על חשמל (בישראל חשמל מיוצר בעיקר מגז טבעי ולאחר מכן מפחם וסולר. פחות מ־5 אחוזים מהאנרגיות הן מתחדשות), תחבורה (כלי רכב, מטוסים, רכבות ועוד), צרכנות וכו'...

צריכה עקיפה - מזון (ייצור וגם הובלה), ביגוד והנעלה, הזמנות מחו"ל, שירותי בריאות מתקדמים, חינוך, וכו'...

עיינו באיור האינטראקטיבי שבקישור ובחנו את צריכת האנרגיה השנתית של ישראל לאורך זמן.

האיור האינטראקטיבי בקישור זה



https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-consumption-by-source?time=1990..&country=~ISR

מהלך השיעור

הצעה 1: סרטון ודיון מונחה או דף עבודה

נצפה בסרטון העוסק בשימוש באנרגיה ובאספקתה ובאתגרים העומדים בפני החלפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) באנרגיות מתחדשות. דף עבודה (נספח 1) מלווה את הסרטון. אפשר לעבוד בקבוצות קטנות.

הצעה 2: קריאת מאמר ודף עבודה

נקרא את המאמר "אוטופיה אנרגטית? זה אפשרי" של ד"ר דניאל מדר (מתוך אתר זווית בחינוך). דף עבודה (נספח 2) מלווה את המאמר. אפשר לעבוד בקבוצות קטנות.

סיכום:

לסיכום נבקש מהתלמידים לבחור שני אתגרים בנושא האנרגיה ולהציע להם פתרונות:

בחרו שני אתגרים העומדים בפני האנושות בנושא האנרגיה. האתגרים יכולים להיות קשורים לצורכי אנרגיה או לאספקתה והציעו פתרונות לאתגרים.

מהלך השיעור, הצעה 1 נספח 1 - דף לתלמיד: סרטון אנרגיה

בפתח המהפכה התעשייתית גילו בני האדם שאפשר לרתום את האנרגיה הטמונה בדלקי המאובנים לייעול תהליכי ייצור ועבודה. תגלית זו שינתה את התפתחות האנושות מקצה לקצה. גישה לאנרגיה זולה היא אחד המניעים העיקריים להתפתחות כלכלית וטכנולוגית, ובזכותה אנו נהנים מרמת חיים גבוהה במדינות מפותחות. על פי האו"ם "אנרגיה היא חיונית להתמודדות עם כמעט כל אתגר העומד בפני העולם כיום". נכון להיום אנחנו מפיקים את רוב האנרגיה שלנו (ב־2018 יותר מ־85 אחוזים מהאנרגיה) מדלקי מאובנים - נפט, גז טבעי ופחם.

צפו בסרטון וענו על השאלות.

קישור לסרטון - 6 דקות, כתוביות בעברית ובערבית.

ענו על השאלות:

1. הסרטון פותח בעובדה שהעולם צורך כ־35 מיליארד (35×10^9) חביות נפט לשנה. מחבית נפט אחת אפשר ליצור די דלק לנסיעה של 450 ק"מ ברכב בינוני - המרחק מנהריה לאילת וכן מגוון מוצרים אחרים כמו קוסמטיקה, פלסטיק ועוד. היכנסו לקישור זה כדי לראות מה אפשר לעשות בחבית נפט אחת. אף שדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) הם מקור אנרגיה זמין ויעיל, השימוש בהם מלווה בבעיות רבות. תנו דוגמאות לבעיות בשימוש בדלקי מאובנים (מתחילת הסרטון).

2. שלא כדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) שהם מקור אנרגיה מתכלה, קיימים מקורות אנרגיה מתחדשים או לא מוגבלים (0:34 בסרטון). מקורות אנרגיה אלו הם, על פי רוב, ירוקים יותר מדלקי מאובנים כי הם פולטים פחות גזי חממה לאטמוספירה. תנו דוגמאות למקורות של אנרגיות מתחדשות.

3. לצד מקורות האנרגיה המתכלים ־ דלקי המאובנים (הדלקים הפוסיליים) המזהמים יש מקורות אנרגיה מתחדשים. מה החסמים העומדים בפני אספקת צורכי האנרגיה שלנו על ידי דלקים מתחדשים וירוקים? (דקה 0:60)

4. דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) הם המקור לייצור אנרגיה חשמלית. תיאורתית, אנרגיית השמש יכולה לספק את כל צורכי החשמל של האנושות, ומה גם שכיום קיימת הטכנולוגיה לרתום את אנרגיית השמש ליצירת אנרגיה חשמלית. מדוע זה לא קורה? (דקה 2:15)

5. אחד היתרונות המובהקים של דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) הוא שהם מוכנים לשימוש ואפשר להוביל אותם בקלות ממקום למקום. לעומת זאת צריך למצוא דרך לאגור אנרגיה אשר מופקת ממקורות מתחדשים כמו השמש, תנועת המים או הרוח, לפני שיהיה אפשר להוביל אותם. כיצד אפשר לאגור אנרגיה מהשמש למשל? האם הדבר יעיל וישים? (דקה 04:00)

6. בסרטון נאמר שכדי למצוא פתרונות אנרגיה ירוקה נצטרך יצירתיות, חדשנות ותמריצים. כמו כן, יש להביא בחשבון שיקולי מדע וטכנולוגיה, כלכלה ופוליטיקה. הציעו דרכים שבהן אפשר לתמוך במעבר מדלקי מאובנים לאנרגיה מתחדשת.

الملحق 1 – ورقة عمل للطالب: فيلم قصير عن الطاقة

في بداية الثورة الصناعية، اكتشف الإنسان أنه يمكن تسخير الطاقة الموجودة في الوقود الأحفوري لتحسين عمليات الإنتاج والعمل. غيّر هذا الاكتشاف تطور الإنسان من طرف إلى آخر. يُعتبر الحصول على الطاقة الرخيصة أحد الدوافع الرئيسية للتنمية الاقتصادية والتكنولوجية، وبفضله نتمتع بمستوى معيشي عالٍ في الدول المتقدمة. وفقًا للأمم المتحدة

"الطاقة ضرورية لمواجهة كل تحدٍ يواجه العالم اليوم تقريبًا". نستخرج حاليًا معظم طاقتنا (أكثر من 85 بالمائة من طاقتنا، في عام 2018) من الوقود الأحفوري – النفط، الغاز الطبيعي والفحم.

شاهدوا الفيلم القصير، وأجيبوا عن الأسئلة.

رابط **للفيلم القصير** - 6 دقائق، ترجمة إلى اللغتين العبرية والعربية.

أجيبوا عن الأسئلة:

1. يبدأ الفيلم بحقيقة أن العالم يحتاج إلى حوالي 35 مليارًا (35×10^9) من براميل النفط سنويًّا. يُمكن أن يُنْتِج برميل واحد من النفط وقودًا كافيًا لرحلة تبلغ 450 كم في مرْكَبة متوسطة - المسافة من نهاريا إلى إيلات، بالإضافة إلى مجموعة متنوعة من المنتجات الأخرى، مثل: مستحضرات التجميل، البلاستيك وغيرها. ادخلوا إلى هذا الرابط لمعرفة ما يمكن عمله في برميل واحد من النفط. على الرغم من أن الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) هو مصدر طاقة متوفر وناجع، إلا أن استخدامه ترافقه العديد من المشاكل. أعطوا أمثلة لمشاكل استخدام الوقود الأحفوري (من بداية الفيلم).

2. على عكس الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) الذي يُعتبر مصدرًا للطاقة القابلة للنفاذ (المتناقصة)، هناك مصادر طاقة متجددة أو غير محدودة (الدقيقة 0:34 في الفيلم). تُعتبر هذه المصادر للطاقة، في معظمها، أكثر اخضرارًا من الوقود الأحفوري، لأنها تنبعث منها غازات دفيئة أقل إلى الغلاف الجوي. أعطوا أمثلة لمصادر طاقة متجددة.

3. إلى جانب مصادر الطاقة القابلة للنفاذ - الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) الذي يلوث، هناك مصادر طاقة متجددة. ما هي العوائق التي تمنع من إمداد احتياجاتنا بطاقة الوقود المتجددة الخضراء؟ (الدقيقة 0:60).

4. الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) هو مصدر لاستخراج الطاقة الكهربائية. من الناحية النظرية، تستطيع الطاقة الشمسية أن تزود الإنسان بجميع احتياجاته من الكهرباء، والأكثر من ذلك، توجد الآن تكنولوجيا لاستغلال الطاقة الشمسية لتوليد الطاقة الكهربائية. لماذا لا يحدث ذلك؟ (الدقيقة 2:15)

5. إحدى الحسنات الواضحة للوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) أنه يُمكن استخدامه ونقله بسهولة من مكان إلى آخر. بدلًا من ذلك، يجب إيجاد طريقة لتخزين الطاقة التي يتمّ استخراجها من مصادر متجددة، مثل: الشمس، حركة المياه أو الرياح.

كيف يمكن تخزين الطاقة من الشمس، على سبيل المثال؟ هل هذا ناجع وقابل للتطبيق؟ (الدقيقة 04:00).

6. يوضح الفيلم أنه من أجل إيجاد حلول للطاقة الخضراء، نحتاج إلى إبداع، ابتكار وحوافز.

كما يجب أيضًا أن نأخذ بالحسبان العلوم والتكنولوجيا، الاقتصاد والسياسة.

اقترحوا طرقًا تدعم الانتقال من الوقود الأحفوري إلى الطاقة المتجددة.

מהלך השיעור הצעה 2 נספח 2 - שאלות על המאמר "אוטופיה אנרגטית? זה אפשרי"

קראו את המאמר "אוטופיה אנרגטית? זה אפשרי" וענו על השאלות.

אוטופיה אנרגטית? זה אפשרי, ד"ר דניאל מדר, 20/07/2016

שינוי האקלים כאן, והוא צפוי להישאר אתנו עוד הרבה זמן. השנתיים האחרונות הדגימו זאת בצורה משכנעת. כל 13 החודשים האחרונים, שברו את שיא הטמפרטורה החודשית הממוצעת הגלובלית ב-137 שנים של מדידות. שינוי האקלים עלול לפגוע בכלכלת ישראל בצורה קשה מאוד, עד כדי עצירת הצמיחה בישראל בסביבות שנת 2055 ,ולהתכווצות משמעותית בכלכלה עד שנת 2100. גם אם רק רבע מהיקף התחזית הקודרת הזאת יתממש אנו נהיה בצרות צרורות.

הפתרון ידוע, צריך לעבור לאנרגיות שפולטות מעט מאוד גזי חממה, כמו אנרגיית גרעין או אנרגיות מתחדשות. אך משום מה אנו ממשיכים לדחות את יישומו, או לקדמו בצעדי תינוק. למה? בואו ונבחן כמה דעות קדומות על אנרגיות בכלל ואנרגיות מתחדשות בפרט.

אמונה רווחת: אנרגיות מתחדשות הן טכנולוגיות חדשות ויקרות, שיש לסבסד אותן בצורה ניכרת. יהיה משתלם לעבור להשתמש בהן רק כאשר תהנה זולות יותר.

המציאות: בכל שנה, העולם מסבסד בצורה ישירה דלקי מאובנים בהיקף של כ-700 מיליארד דולר. איך? במימון תשתיות, בזיכויי מס, באבטחה ועוד. מדובר בסכום גדול **פי שבעה מההשקעות השנתיות באנרגיות מתחדשות**. אם לוקחים בחשבון את הנזקים שגורמים דלקי מאובנים, כמו נזקים לתשתיות ולבריאות, אנו מגיעים לסבסוד של פי 20 מסכום זה – שני טריליון דולר בשנה.

כיום ניתן להפיק חשמל מפאנלים סולאריים ובעזרת טורבינות רוח במחירים דומים למחירים של הפקת חשמל מתחנות כוח פחמיות או מבוססות גז. כך, למשל, כחצי מכושר הייצור של מתקני האנרגיה החדשים שהוקמו בעולם בשנת 2014 הוא של אנרגיות מתחדשות.

אמונה רווחת: מכיוון שלא ניתן לאגור חשמל המופק מאנרגיות מתחדשות, שייצורן מושפע ממזג האוויר, רשת חשמל הנסמכת עליהן תהיה לא יציבה.

המציאות: יש כיום טכנולוגיות לא יקרות לאגירת אנרגיה. עלויות תחזוקה והרחבת רשת החשמל האמריקאית המסתמכת על דלקי מאובנים עד 2050, שווים לעלויות להפיכתה לרשת שנסמכת רק על אנרגיות מתחדשות, בשילוב מנגנונים קיימים לאגירת אנרגיה (אגירה שאובה, אגירת חום, אגירת קור, ייצור מימן ועוד) שמקנים לרשת יציבות. בנוסף, אם לוקחים בחשבון את העלויות החיצוניות של השפעות האופציה הקונבנציונלית (הכסף שאנו משלמים על נזקי שינוי אקלים, נזקי זיהום אוויר, ועוד), אפשר לראות שהחלופה המתחדשת מהווה כ-40 אחוז בלבד מעלות החלופה הקונבנציונלית.

טכנולוגיות רוח חדשות שייכנסו לשוק תוך כמה שנים ,יספקו חשמל בצורה אמינה ורציפה כמו תחנות כוח פחמיות או מונעות בגז .כבר כיום, מתקנים תרמו-סולריים, שלוכדים את חום השמש, מסוגלים לאגור אנרגיית חום ולשחרר אותה לפי הצורך לייצור חשמל.

אמונה רווחת :גז טבעי הוא ירוק ולא מזהם את האוויר כמו פחם ונפט. לכן, חייבים להוציא את הגז מהאדמה.

המציאות :גז טבעי אמנם פולט הרבה פחות מזהמים בעת שריפתו לעומת פחם ונפט, אבל שימוש בגז פולט גזי חממה שגורמים לנזק באותו סדר גודל כמו פחם ונפט ולעתים אפילו יותר .אנרגיית גרעין ואנרגיות מתחדשות לא מזהמות את האוויר, והן הפתרון היחידי כיום לצמצום מסיבי של פליטות גזי חממה.

אמונה רווחת :גז טבעי ישראלי ישחרר אותנו מהתלות בנפט, יקנה לנו עצמאות אנרגטית, יציבות, בטחון אנרגטי אסטרטגי.

המציאות :הסתמכות על אסדת קידוח גז אחת או שתיים, ועל צינור הולכה אחד או שניים, יהפוך אותנו למכורים לגז. במקום להיות תלויים בנפט מיובא, אנו תלויים בחברות פרטיות ובתשתית גז רגישה.

ניתן היום להקים פאנלים סולאריים על מבנים רבים בארץ, כולל פאנלים שמשולבים בקירות ובחלונות ולהפוך בניינים רבים לעצמאיים מבחינה אנרגטית, או לפחות תלויים הרבה פחות בחשמל מהרשת הראשית. במצב כזה, גם אם רשת החשמל כולה קורסת (מלחמה, אסון טבע, נגמר הגז), בניינים רבים יכולים להמשיך ולתפקד ברמה מסוימת ואפילו ברמה מלאה.

אמונה רווחת :אנרגיית גרעין היא נוראית ומסוכנת.

המציאות :למרות המוניטין הרעים שיצא לאנרגיה גרעינית, מספר הנפגעים והיקף הנזקים הכלכליים שאסונות גרעיניים גרמו ,קטנים לאין שיעור לעומת מספר הנפגעים והיקף הנזקים הכלכליים להם אחראיים דלקי המאובנים. כמו כן, בעתיד הקרוב ניתן יהיה לבנות כורים גרעיניים קטנים חסינים כמעט לחלוטין בפני תאונות גרעיניות.

אמונה רווחת :אנרגיה סולארית ואנרגיית רוח תופסות שטח רק ופוגעות בשטחים פתוחים.

המציאות :זה נכון חלקית. אבל כיום טכנולוגיות סולאריות תופסות שטח בסדר גודל דומה למתקנים ותשתיות להפקת חשמל מגז או מפחם, לכל מגה-וואט שמיוצר. בנוסף, שילוב פאנלים סולאריים בבניינים PV ו (BIPV-לא תופס שטח כלל.

אמונה רווחת :ישראל מדינה קטנה, אין לה השפעה על פליטות גזי החממה.

המציאות :רצוי שניקח דוגמה מאורוגואי, מדינה בסדר הגודל של ישראל ואפילו בעלת אמצעים צנועים יותר משלנו ,אשר עברה לייצר 94 אחוז מהחשמל שלה ממקורות מתחדשים.

במקום שהמדינות תיקחנה אחריות על גורלן ועל גורל אזרחיהן, רבות לא עושות מספיק, ומשאירות את המלאכה לרשויות מקומיות, לקרנות ולחברות. מדינות וחברות עסקיות בתחום דלקי המאובנים, מסתכנות בנקיטת צעדים כלכליים ומשפטיים כנגדן- על אי עשייה לשם צמצום פליטות גזי חממה. אפילו הבנקים הגדולים בארה"ב מבינים את זה ודורשים תמחור פחמן (הכללה בערך מוצר את השפעתו על שינוי אקלים) ומדיניות חזקה לצמצום שינוי האקלים.

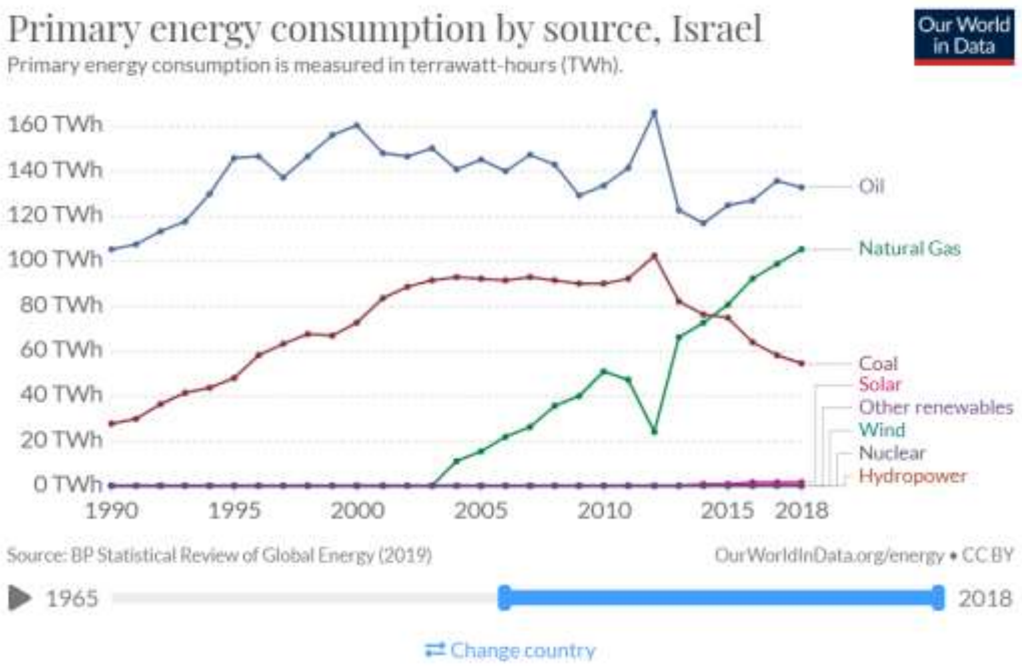
ישראל יכולה להפיק את מרב האנרגיה שלה ממקורות שאינם פולטים כמעט גזי חממה, כמו אנרגיות מתחדשות וגרעין. כרגע, אנו בוחרים במודע שלא לעשות זאת: מכורח ההרגל, עקב מידע שגוי, ועקב אינטרסים כלכליים ופוליטיים.

ענו על השאלות:

1. המאמר עוסק באנרגיות מתחדשות. מה הן אנרגיות מתחדשות ומה מבדיל אותן מאנרגיה מתכלה (דלקי מאובנים - דלקים פוסיליים)? אפשר להיעזר באתר של מכון ויצמן כדי לענות על השאלה.

2. במאמר ד"ר מדר מציין שמדינת ישראל אינה עוברת לאנרגיות מתחדשות מספיק מהר. בשנת 2018 צריכת האנרגיה של ישראל עמדה על כ-295 טרה ואט לשעה* (TWh - terra watt per hour). באיור האינטראקטיבי שבקישור זה (יש גם צילום מסך מתחת לשאלה) תוכלו להסתכל על צריכת האנרגיה השנתית של ישראל לאורך זמן. מה המקורות העיקריים של האנרגיה בישראל?

*טרה ואט לשעה (TWh) - יחידות מידה של צריכת אנרגיה או ייצורה. נהוג לקבל את חשבונות החשמל ביחידות של קילו ואט לשעה (קוט"ש). טרה ואט לשעה - 10^{12} קוט"ש.



3. לדלקים מאובנים (פוסיליים) יתרונות מובהקים - הם עתירי אנרגיה, כלומר כל יחידת מסה מכילה כמות גדולה יחסית של אנרגיה, הם מקור אנרגיה זמינה ואפשר להוביל אותם ממקום למקום בקלות. השלימו את הטבלה הבאה המשווה בין דלקי מאובנים לאנרגיית שמש או לאנרגיית תנועת רוח:

	דלקים מאובנים (דלקים פוסיליים)	אנרגיית שמש או אנרגיית תנועת רוח
כמה האנרגיה מרוכזת?	אנרגיה מרוכזת - כמות גדולה של אנרגיה על כל יחידת מסה של חומר.	
זמינות האנרגיה	אנרגיה זמינה כל הזמן - רק צריך להבעיר.	
האם אפשר להוביל אותם בקלות?	אפשר להוביל אותם ממקום למקום בקלות.	

4. באיור שראיתם בשאלה 2 רואים עלייה בשימוש בגז טבעי בישראל.

א. מה היתרונות בשימוש בגז טבעי?

ב. מה החסרונות בשימוש בגז טבעי?

ג. על פי התשובות שלכם לסעיפים הקודמים, האם לדעתכם היתרונות של גז טבעי עולים על החסרונות שבו או שכדאי להיגמל משימוש בו בגלל החסרונות? הסבירו את עמדתכם.

5. אנרגיה גרעינית כמעט אינה פולטת גזי חממה בתהליך הפקתה. האם אתם בעד או נגד שימוש באנרגיה גרעינית? נמקו את תשובתכם.

6. קיימות הטכנולוגיות אשר מאפשרות את המעבר מאנרגיה מבוססת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) מזהמים לאנרגיות מתחדשות בעלות טביעת רגל פחמנית קטנה הרבה יותר. ד"ר מדר נותן דוגמה למדינה קטנה כמו ישראל, אורוגוואי, אשר עברה כמעט לחלוטין לאנרגיות מתחדשות כדי לספק את צורכי החשמל שלה. הציעו דרכים שבהן אפשר יהיה לעודד מעבר של ישראל לאנרגיות מתחדשות.

الملحق 2 - أسئلة حول مقال "مثاليّة الطاقة؟ هل هذا ممكن"

اقرأوا مقال "مثاليّة الطاقة؟ هل هذا ممكن"، وأجيبوا عن الأسئلة.

"مثاليّة الطاقة؟ هل هذا ممكن"، د. دانيال مدار، 20/07/2016

تغيُّر المناخ هنا، ومن المتوقع أن يبقى معنا لفترة زمنية طويلة. لقد أثبت العامان الماضيان ذلك بشكل مقنع. كل الأشهر الـ 13 الماضية، حطمت الرقم القياسي العالمي لمعدل درجات الحرارة الشهرية في 137 عامًا من القياسات. يمكن أن يؤثّر تغيّر المناخ على الاقتصاد الإسرائيلي بشكل صعب جدًّا، وقد يؤدي إلى توقف النمو في إسرائيل بحلول عام 2055 تقريبًا، وانكماش كبير في الاقتصاد حتى عام 2100. حتى لو تحقق ربع هذا التوقع الكئيب فقط، فسنكون في ورطة كبيرة جدًّا.

الحل معروف، يجب أن ننتقل إلى طاقات تُصدر كميات قليلة جدًّا من غازات الاحتباس الحراري، مثل: الطاقة النووية أو الطاقات المتجددة. لكن لسبب ما نستمر في تأجيل تنفيذ الحل، أو نُقدّمه بخطوات صغيرة. لماذا؟ دعونا نفحص بعض الآراء السابقة حول الطاقات بشكل عام والطاقات المتجددة بشكل خاص.

الاعتقاد الشائع: الطاقات المتجددة هي تكنولوجية جديدة غالية الثمن، تحتاج إلى دعم كبير. يُمكن استخدامها عندما تكون رخيصة فقط.

الحقيقة: كل عام، يدعم العالَم الوقود الأحفوري بشكل مباشر، بحوالي 700 مليار دولار. كيف؟ في تمويل البنية التحتية، الإعفاءات الضريبية، الأمن وغير ذلك. هذا المبلغ هو **سبعة أضعاف الاستثمارات السنوية في الطاقات المتجددة**. إذا أخذنا بعين الاعتبار الضرر الناجم من الوقود الأحفوري، مثل: الأضرار التي تحدُث بالبنية التحتية والصحة، فإننا نحصل على دعم يبلغ 20 ضعف هذا المبلغ، وهو 2 تريليون دولار سنويًّا.

يُمكن اليوم توليد الكهرباء من الألواح الشمسية وبمساعدة توربينات الرياح بأسعار مماثلة لأسعار توليد الكهرباء من محطات الطاقة التي تعمل بالفحم الحجري أو الغاز. وهكذا، على سبيل المثال، فإنّ حوالي نصف الطاقة الإنتاجية لمنشآت الطاقة الجديدة التي تمّ إنشاؤها في العالَم، في عام 2014، هي طاقة متجددة.

الاعتقاد الشائع: بما أنه لا يمكن تخزين الكهرباء المُستخرج من الطاقة المتجددة التي يتأثر إنتاجها بالطقس، فإن شبكة الكهرباء التي تعتمد عليها ستكون غير مستقرة.

الحقيقة: يوجد اليوم تكنولوجيا غير مكلفة لتخزين الطاقة. تكاليف صيانة وتوسيع شبكة الكهرباء الأمريكية، التي تعتمد على الوقود الأحفوري حتى عام 2050، تساوي تكاليف تحويلها إلى شبكة تعتمد على الطاقة المتجددة فقط، من خلال دمج آليات تخزين الطاقة الحالية (التخزين بالضخ، تخزين الحرارة، تخزين بالبرودة، إنتاج الهيدروجين وغير ذلك) التي تؤدي إلى استقرار شبكة الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، إذا أخذنا بعين الاعتبار التكاليف الخارجية لتأثير الطريقة التقليدية (الأموال التي ندفعها مقابل أضرار تغيّرات المناخ، أضرار تلوث الهواء وغير ذلك)، يُمكن أن نرى أن طريقة الطاقة المتجددة تُشكِّل حوالي 40 في المائة، فقط، من تكاليف الطريقة التقليدية.

توفّر تقنيات الرياح الجديدة، التي ستدخل السوق في غضون بضع سنوات، الكهرباء بطريقة موثوقة ومستمرة كمحطات الطاقة التي تعمل بالفحم الحجري أو الغاز. اليوم بالفعل، المنشآت الحرارية

الشمسية، التي تلتقط الحرارة الشمسية، قادرة على تخزين الطاقة الحرارية وإطلاقها حسب الحاجة لتوليد الكهرباء.

الاعتقاد الشائع: الغاز الطبيعي أخضر، ولا يلوث الهواء كالفحم الحجري والنفط. لذلك، يجب إخراج الغاز من الأرض.

الحقيقة: على الرغم من أن الغاز الطبيعي تنبعث منه ملوثات أقل بكثير عند الاحتراق مقارنة بالفحم الحجري والنفط، فإنّ استخدام الغاز تنبعث منه غازات الاحتباس الحراري التي تسبب أضرارًا بنفس مقدار الفحم الحجري والنفط وأحيانًا أكثر. الطاقة النووية والطاقة المتجددة لا تلوث الهواء، وهي الحل الوحيد اليوم لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري بشكل كبير جدًا.

الاعتقاد الشائع: يحررنا الغاز الطبيعي الإسرائيلي من الاعتماد على النفط، يمنحنا استقلال في الطاقة، استقرار وأمن طاقة استراتيجي.

الحقيقة: الاعتماد على واحد أو اثنين من منصات التنقيب عن الغاز، وعلى واحد أو اثنين من خطوط أنابيب النقل، يجعلنا مدمنين على الغاز. بدلاً من الاعتماد على النفط المستورد، نعتمد على الشركات الخاصة والبنية التحتية الحساسة للغاز.

يُمكن اليوم تركيب الألواح الشمسية على العديد من المباني في البلاد، بما في ذلك الألواح الشمسية المدمجة في الجدران والنوافذ لجعل العديد من المباني مستقلة من ناحية الطاقة، أو على الأقل أقل اعتمادًا على الكهرباء من الشبكة الرئيسية. في مثل هذه الحالة، حتى لو انهارت شبكة الكهرباء بالكامل (بسبب حرب، كارثة طبيعية، نفاد الغاز)، يمكن أن تستمر العديد من المباني في العمل بمستوى معين وحتى بمستوى كامل.

الاعتقاد الشائع: الطاقة النووية مروعة وخطير.

الحقيقة: على الرغم من السمعة السيئة للطاقة النووية، فإنّ عدد الضحايا ومدى الضرر الاقتصادي الناجم من الكوارث النووية أقل بكثير مقارنة بعدد الضحايا ومدى الضرر الاقتصادي الناجم من الوقود الأحفوري. بالإضافة إلى ذلك، في المستقبل القريب، يُمكن بناء مفاعلات نووية صغيرة تكاد تكون محصنة تمامًا من الحوادث النووية.

الاعتقاد الشائع: الطاقة الشمسية وطاقة الرياح تحتل مساحة كبيرة، وتضر بالمناطق المفتوحة.

الحقيقة: هذا صحيح جزئيًا. لكن تقنيات الطاقة الشمسية اليوم تحتل مساحة مماثلة للمنشآت والبنية التحتية لتوليد الكهرباء من الغاز أو الفحم الحجري، لكل ميغاواط يتمّ إنتاجه. بالإضافة إلى ذلك، فإنّ دمج الألواح الشمسية في المباني الكهروضوئية PV وَ BIPV لا يحتل أي مساحة بتاتًا.

الاعتقاد الشائع: إسرائيل دولة صغيرة، لا يوجد لها تأثير على انبعاث غازات الاحتباس الحراري.

الحقيقة: يجب أن نأخذ على سبيل المثال أوروغواي، وهي دولة بكبر إسرائيل، وبوسائل أكثر تواضعًا من بلدنا انتقلت لاستخراج 94 في المائة من الكهرباء من مصادر متجددة..

بدلًا من أن تتحمّل الدول مسؤولية مصيرها ومصير مواطنيها، لا تفعل الكثير من الدول ما يكفي، تاركين المهمة للسلطات المحلية، المؤسسات والشركات المحلية. تتعرض الدول والشركات في مجال الوقود الأحفوري لخطر اتخاذ تدابير اقتصادية وقانونية ضدها - لفشلها في القيام بذلك من أجل تقليل

انبعاث غازات الاحتباس الحراري. حتى البنوك الكبرى في الولايات المتحدة تُدرك ذلك وتطالب بتسعير الكربون (ضمن قيمة المُنْتَج لتأثيره على تغيّر المناخ) وتفرض سياسة قوية للحد من تغيّر المناخ.

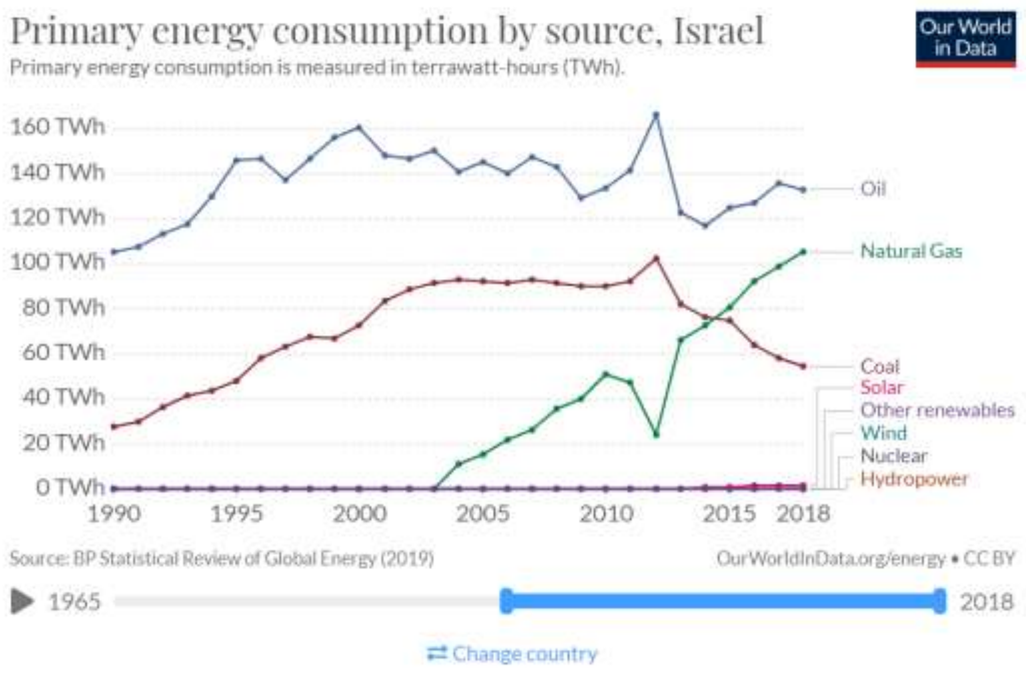
تستطيع إسرائيل أن تستخرج معظم طاقتها من مصادر لا تنبعث منها غازات دفيئة تقريبًا، مثل: الطاقات المتجددة والطاقة النووية. في الوقت الحالي، نختار بوعي عدم القيام بذلك: بدافع العادة، بسبب المعلومات الخاطئة وبسبب المصالح الاقتصادية والسياسية.

أجيبوا عن الأسئلة:

1. يتناول المقال الطاقة المتجددة. ما هي الطاقة المتجددة وما الذي يميزها عن الطاقة القابلة للنفاذ (الوقود الأحفوري - الوقود المتحجر)؟ يمكنكم الاستعانة بموقع معهد وايزمن אתר של מכון ויצמן للإجابة على السؤال.

2. يُشير الدكتور مدار في مقاله إلى أن دولة إسرائيل لا تنتقل إلى الطاقة المتجددة بالسرعة الكافية. في سنة 2018، بلغ استهلاك الطاقة في إسرائيل حوالي 295 تيرا واط في الساعة* (TWh - terra watt per hour). في الرسم التوضيح التفاعلي في هذا الرابط איור האינטראקטיבי שבקישור זה (يوجد تصوير للشاشة أيضًا في أسفل السؤال) يمكنكم التمعُّن في استهلاك إسرائيل السنوي للطاقة مع مرور الوقت. ما هي مصادر الطاقة الرئيسية في إسرائيل؟

* تيرا واط في الساعة (TWh) - وحدة قياس استهلاك أو استخراج الطاقة. من المعتاد استلام فواتير الكهرباء بوحدات كيلو واط في الساعة. تيرا واط في الساعة - 10^{12} كيلو واط في الساعة.



3. للوقود الأحفوري (المتحجر) حسنات كثيرة - فهو غني في الطاقة، مما يعني أن كل وحدة كتلة تحتوي على كمية كبيرة نسبيًّا من الطاقة، وهو مصدر للطاقة المتوفرة ويمكن نقلها من مكان إلى آخر بسهولة. أكملوا الجدول التالي الذي يقارن الوقود الأحفوري بالطاقة الشمسية أو طاقة الرياح:

	الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر)	الطاقة الشمسية أو طاقة حركة الرياح
ما مقدار الطاقة المركّزة؟	الطاقة المركزة - كمية كبيرة من الطاقة لكل وحدة كتلة من المادة.	
توافر الطاقة	الطاقة متوفرة كل الوقت - تحتاج للحرق فقط.	
هل يمكن أن ننقلها بسهولة؟	يمكن أن ننقلها بسهولة من مكان إلى آخر.	

4. في الرسم التوضيحي، في السؤال 2، نرى ازدياد في استخدام الغاز الطبيعي في إسرائيل.

أ. ما هي فوائد استخدام الغاز الطبيعي؟

ب. ما هي سيئات استخدام الغاز الطبيعي؟

ت. بناءً على إجاباتكم عن الأقسام السابقة، هل تعتقدون أن حسنات الغاز الطبيعي تفوق سيئاته أم يجب التوقف عن استخدامه بسبب سيئاته؟ اشرحوا موقفكم.

5. لا تُطلق الطاقة النووية غازات دفيئة تقريبًا أثناء عملية الاستخراج. هل أنتم مع أو ضد استخدام الطاقة النووية؟ اشرحوا إجابتكم.

6. هناك تقنيات تكنولوجية تسمح بالانتقال من الوقود الأحفوري الملوث (الوقود المتحجر) إلى طاقات متجددة ذات بصمة قدم كربونية أصغر بكثير. يُعطي الدكتور مادار مثالًا لدولة صغيرة مثل إسرائيل، وهي أوروغواي التي تحولت بالكامل تقريبًا إلى الطاقات المتجددة لتلبية احتياجاتها من الكهرباء.
اقترحوا طرقًا من خلالها يُمكن تشجيع انتقال إسرائيل إلى الطاقات المتجددة.

פתיחה הצעה 2 תשובות למורה:

להלן רשימה של סוגי אנרגיה ומקורות אנרגיה שונים והקשר שלהם למשבר האקלים.

- **אנרגיית קרינה או שמש** - אנרגיה שמקורה בשמש, היא מגיעה לכדור הארץ ומחממת אותו. השמש היא מקור האנרגיה העיקרי של כדור הארץ.

הרחבה - יצורים פוטוסינתטיים (יצרנים ראשוניים) קולטים את אנרגיית השמש והופכים אותה לאנרגיה כימית (סוכרים). בעלי חיים אוכלים צמחים, ומשם מקבלים אנרגיה לתפקוד שלהם. כאשר חומר צמחי מת, נקבר ושוהה בתנאי לחץ וחום גבוהים נוצרים דלקי מאובנים. לכן אפשר לומר שמקורה של האנרגיה שבדלקי המאובנים הוא בשמש. כאשר אנו שורפים דלקי מאובנים אנו משחררים את האנרגיה הזאת.

- **אנרגיה תת־אדומה או אנרגיית חום** - אנרגיית שמש מחממת את פני כדור הארץ, והוא פולט אנרגיית חום בחזרה החוצה. גזי חממה כולאים את אנרגיית החום הזאת וכך גורמים להתחממות. ראו יחידת המבוא, שיעור 3. ראו בקישור זה סרטון הממחיש את הנושא.

- **שרפת דלקי מאובנים - דלקי מאובנים כמקור אנרגיה** - מקור אנרגיה זה משמש לחשמל, להנעת כלי תחבורה ועוד. צריכת האנרגיה העצומה שלנו היא שגורמת לעלייה חדה בריכוז גזי החממה כמו פחמן דו־חמצני באטמוספירה ובעקבותיה גם לעלייה בטמפרטורה.

- **מקורות אנרגיה חלופיים** - אנרגיה המופקת ממקורות שאינם דלקי מאובנים. למשל אנרגיית שמש, אנרגיה מתנועת רוח או מתנועת מים, אנרגיה גיאותרמית, אנרגיה גרעינית, דלק ביולוגי (ראו שיעור 2 ביחידה זו). מקורות אנרגיה אלו נחשבים, על פי רוב, נקיים יותר ממקורות של דלקי מאובנים, אך כפי שנראה בשיעור 2 ביחידה, גם הם עלולים לזהם ולפגוע בסביבה.

- **מזון** מספק **אנרגיה לגוף.**

- אפשר להזכיר אנרגיה קינטית, אנרגיה פוטנציאלית או אנרגיה כימית אם התלמידים מכירים את המונחים.

קישור לאתר של מכון ויצמן על סוגי אנרגיה.

דוגמאות למעברי אנרגיה

בתשובה מובאים סוגי האנרגיה של כל מעבר - אפשר להתאים לרמת הכיתה:

*אנרגיית השמש (אנרגיית אור - פוטונים) מומרת לאנרגיה כימית בתוך סוכרים בצמח בתהליך הפוטוסינתזה.

*אנרגיית השמש (אנרגיית אור - פוטונים) מומרת לאנרגיית חום המחממת את פני השטח של כדור הארץ כולל קרקע ומים.

*פני שטח כדור הארץ פולטים חלק מאנרגיית החום לאטמוספירה.

*שריפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים - אנרגיה כימית) משחררת אנרגיית חום.

* אנרגיה במזון (אנרגיה כימית) מומרת לאנרגיה זמינה לגוף שלנו וגם לחום (בעזרת תהליך נשימה תאית נוצר המטבע האנרגטי ATP שהוא סוג של אנרגיה כימית). אנחנו יכולים להשתמש באנרגיה כימית כמו ATP כדי לזוז (אנרגיה קינטית) ולתחזק חילוף חומרים בגוף.

מהלך השיעור הצעה 2 דף עבודה ־ תשובות למורה:

1. דוגמאות לבעיות בשימוש בדלקי מאובנים:

- זיהום אוויר, קרקע ומים, פליטת גזי חממה וגרימת התחממות גלובלית.
- דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) הם מקור אנרגיה מתכלה, כלומר כמות דלקי המאובנים מוגבלת. קצב היווצרותם (מיליוני שנה) איטי הרבה יותר מקצב השימוש בהם.
- היבט נוסף מוכר פחות (שאינו מוזכר בסרט, אבל אפשר להזכיר אותו) הוא בטיחות עבודה - כריית דלקי מאובנים (במכרות או באסדות נפט וגז) כרוכה בעבודה מסוכנת.

2. דוגמאות למקורות של אנרגיות מתחדשות:

- אנרגיית תנועת רוח, אנרגיה סולרית, אנרגיית תנועת מים (אנרגיה המופקת מתנועה של מים).
- לא מוזכר בסרטון: אנרגיה ממקור גיאותרמי (האנרגיה שמפיקים מן החום בתוך קרום כדור הארץ), דלק ביולוגי (ממקור צמחי).

קיימת מחלוקת אם לכלול אנרגיה גרעינית ברשימת האנרגיות המתחדשות.

3. החסמים העומדים בפני אספקת צורכי האנרגיה שלנו על ידי דלקים מתחדשים וירוקים:

- דלקי מאובנים הם יעילים (האנרגיה הטמונה בהם היא דחוסה מאוד) וגם זמינים.
- פוליטיקה (בסרטון אין פירוט) - תעשיות הנפט והגז מגלגלות עשרות מיליארדים של דולרים בשנה ולכן יש להן כוח עצום. כמו כן, למדינות רבות יש מאגרים של דלקי מאובנים.

4. אנרגיית השמש יכולה לספק את כל צורכי החשמל של האנושות אבל זה לא קורה משום שיש בעיה של יעילות ובעיה של הובלה.

כדי להגביר יעילות, כדאי שחוות לאנרגיה סולרית ישכנו באזורים שבהם יש הרבה השמש. על פי רוב, מקומות אלו רחוקים ממוקדי התיישבות - שם דרישת האנרגיה גבוהה. למשל, בישראל התחנה הסולרית שוכנת באשלים, בנגב.

לגבי בעיה בהובלה של האנרגיה - הובלת חשמל בחוטי חשמל אינה יעילה - כיוון שחלק מהאנרגיה אובדת בגלל התנגדות חשמלית.

5. אגירת אנרגיה מהשמש - אפשר לאגור אנרגיה בסוללות. אבל כמות האנרגיה שהן אוגרות קטנה יחסית לכמות האנרגיה במסה דומה של דלק מאובנים. לכן אנרגיות מתחדשות יכולות להיות יקרות יותר וישימות פחות - בסרטון נותנים דוגמה לסוללה במשקל 1,000 טון המספקת אנרגיה המספיקה למטוס.

6. דרכים שבהן אפשר לתמוך במעבר מדלקי מאובנים לאנרגיה מתחדשת:

- כלכלי־טכנולוגי: השקעה כלכלית במחקר ופיתוח של פתרונות טכנולוגיים;
- כלכלי־מדיניות: תמיכה בהקמת תחנות ירוקות להפקת חשמל;
- כלכלי: הטלת מס על שימוש בדלקי מאובנים;
- כלכלי: סבסוד של אנרגיות ירוקות.
- פוליטי: התחייבות לצמצום שימוש בדלקי מאובנים ואסדרה של השימוש בהם ידחפו למציאת פתרונות טכנולוגיים (הפתרון ייוולד מתוך הצורך).

מהלך השיעור הצעה - תשובות לשאלות על המאמר "אוטופיה אנרגטית? זה אפשרי"

1. דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) הם מקור אנרגיה מתכלה. כלומר, כמות דלקי המאובנים מוגבלת. למשל נפט נוצר כתוצאה מקבורה וחימום של חומר אורגני מוצק שמשתמר. מקורו של חומר האורגני הוא מיצורים חיים שמתו ושקעו בזמן יצירת הסלע (לכן גם השם - דלק פוסילי או דלק מאובנים). קצב היווצרותם (מיליוני שנה) של דלקי מאובנים איטי הרבה יותר מקצב השימוש בהם ולכן הם נגמרים. גם בלי קשר למשבר האקלים, כיוון שדלקי מאובנים ייגמרו בשלב מסוים, נזדקק לאנרגיה חליפית בעתיד.

אנרגיות מתחדשות הן אנרגיות שאינן מוגבלות בכמות שלהן ומתחדשות. מקורות אנרגיה מתחדשת הם אנרגיית תנועת רוח, אנרגיה סולרית, אנרגיית תנועת מים (אנרגיה המופקת מתנועה טבעית של מים), אנרגיה גיאותרמית (האנרגיה שמפיקים מן החום בתוך קרום כדור הארץ), וביודיזל או דלק ביולוגי (ממקור צמחי). קיימת מחלוקת אם לכלול אנרגיה גרעינית ברשימת האנרגיות המתחדשות.

שימו לב! לא כל האנרגיות המתחדשות בהכרח "ירוקות". למשל ביודיזל, שעליו נרחיב בשיעור 2 ביחידה זו, וכן אנרגיית תנועת רוח ושמש שלגביהן יש מחלוקות ודילמות בין היתרונות לחסרונות הסביבתיים שלהן.

2. המקורות העיקריים של האנרגיה בישראל - אפשר לראות בגרף שצריכת האנרגיה של מדינת ישראל מבוססת בעיקר על דלקי מאובנים - פחם במגמת ירידה, גז טבעי במגמת עלייה ונפט בירידה איטית. אחוז קטן מאוד מסך כל האנרגיה מופק באנרגיות חלופיות - האנרגיה המפותחת ביותר שבהן היא אנרגיה סולרית.

3.

	דלקים מאובנים (דלקים פוסיליים)	אנרגיית שמש או אנרגיית תנועת רוח
כמה האנרגיה מרוכזת?	אנרגיה מרוכזת - כמות גדולה של אנרגיה על כל יחידת מסה של חומר.	אנרגיה מהולה. אנרגיית שמש רבה מאוד מגיעה לכדור הארץ, אבל אנרגיית זו אינה מרוכזת במקום אחד אלא מתפרסת על פני שטח עצום.
זמינות האנרגיה	אנרגיה זמינה כל הזמן - רק צריך להבעיר.	אנרגיה לא כל הזמן זמינה (לילה / עננות או ימים ללא רוח). לכן צריך למצוא דרך לאגור את האנרגיה כדי שתהיה זמינה כל הזמן.
האם אפשר להוביל אותם בקלות?	אפשר להוביל אותם ממקום למקום בקלות.	צריך קודם לאגור את האנרגיה בצורה יעילה, ורק אז אפשר יהיה להוביל אותה.

הערות נוספות:

השמש והרוח יכולים לספק את כל צורכי האנרגיה של העולם (ובעודף). אבל אי אפשר להעביר את האנרגיות האלו ממקום למקום כמו דלקי מאובנים. צריך קודם לאגור את האנרגיה בצורה יעילה ואז יהיה אפשר להוביל אותה ממקום למקום (ממקור האנרגיה, כמו

החווה הסולרית בנגב, אל מוקדי ההתיישבות שבהם הדרישה לאנרגיה גבוהה, כמו באר שבע או תל אביב).

נקודה נוספת שעולה במאמר שאפשר לתת עליה את הדעת: כאשר מייצרים חשמל מדלקי מאובנים אפשר לשלוט בקלות על כמות החשמל. לעומת זאת מקורות אנרגיה מתחדשים כמו אנרגיית שמש אינם יציבים כל הזמן - הפתרון לכך הוא אגירה של אנרגיה.

4א. היתרונות בשימוש בגז טבעי - לעומת נפט ופחם, שרפת גז טבעי מזהמת פחות את האוויר. השימוש בגז טבעי נותן לישראל עצמאות אנרגטית.

ב. מה החסרונות בשימוש בגז טבעי - כאשר גז טבעי נשרף הוא פולט גזי חממה לאטמוספירה וכך משפיע על ההתחממות גלובלית. לכן הוא לא פוטר את החרפת משבר האקלים. נוסף על כך, אם נמשיך להשתמש בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) נעכב את המעבר לאנרגיות מתחדשות, נקיות יותר.

ג. כל תשובה מנומקת תתקבל. אך ברור ששימוש בגז טבעי אינו הפתרון למשבר האקלים.

5. כל תשובה מנומקת תתקבל. אפשר לדון בתופעת NIMBY - not in my back yard.

6. דרכים שבהן אפשר יהיה לעודד מעבר של ישראל לאנרגיות מתחדשות:

- תמריצים כלכליים - מיסוי שימוש בדלקי מאובנים מצד אחד ומנגד סבסוד של אנרגיות מתחדשות.
- תמיכה כלכלית ומדינית בהקמת תחנות אנרגיה מתחדשת ותשתיות לאנרגיה מתחדשת.
- תמיכה כלכלית במחקר ובפיתוח בנושא אנרגיות מתחדשות.
- אסדרה: הגבלה של כמות דלקי המאובנים אשר מותר להשתמש בהם.

כיצד נפחית את השימוש בדלקים פוסילים

שיעור 2 - כיצד נפחית את השימוש בדלקי מאובנים? - יישום (90 דקות)

ידע למורה

בשל משבר האקלים מאוד לא רצוי להמשיך להשתמש בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים), ואנו חייבים למצוא דרכים להפחית את השימוש בדלקים אלו ולעבור לתחליפי אנרגיה ירוקים יותר. בשיעור זה נעמיק באפשרויות לצמצום פליטות בשימוש באנרגיות חלופיות, בהתייעלות אנרגטית ובמיסוי ירוק. בפתיחת השיעור ניחשף למקומה של ישראל לעומת מדינות אחרות מבחינת צמצום פליטות גזי חממה ונראה שיש מקום לשיפור. במהלך השיעור יבחנו התלמידים את היתרונות והחסרונות של כל פתרון - בהצעה הראשונה ידונו התלמידים במגוון אפשרויות לצמצום גזי חממה ובהצעה השנייה הם יבחנו את השימוש באנרגיית שמש ורוח בישראל לעומק. לסיכום יכתבו התלמידים מכתב לשר האנרגיה, לשרה להגנת הסביבה או לרשות המקומית או לכל גוף אחר בנושא צמצום פליטות גזי חממה של ישראל. חשוב לזכור כי לא כל אנרגיה חלופית היא בהכרח ידידותית לסביבה. למשל אנרגיה גרעינית אינה פולטת גזי חממה, אבל היא מייצרת פסולת רדיואקטיבית; ואנרגיית תנועת מים לא תמיד ידידותית לסביבה. למידע נוסף על ההבדל בין אנרגיה חלופית לאנרגיה ירוקה ראו קישור לאתר בעברית ולאתר באנגלית.

<u>לקראת הדיון מומלץ למורים לקרוא את חומר הרקע הזה (אפשר לתת לתלמידים לקרוא את הכתבות להעשרה):</u>

כתבה מ־ynet של אילנה קוריאל, "בישראל יש הרבה שמש, אז למה אין אנרגיה ירוקה?", 2016.

כתבה של ד"ר דניאל מדר, "האם ישראל היא באמת מעצמת אנרגיה מתחדשת?", מתוך אתר זווית, 2020.

כתבה של צפריר רינת מעיתון הארץ, "אין חדש תחת השמש: העולם מאמץ את האנרגיה הסולרית, ובישראל לא עומדים בקצב", 2019.

מושגים: תמהיל אנרגיה, אנרגיה ירוקה, אנרגיה חלופית, דלקים ביולוגיים - ביודיזל, אנרגיה משרפת פסולת, אנרגיה סולרית, אנרגית רוח, אנרגיה גרעינית, אנרגיה גיאותרמית, התייעלות אנרגטית, מיסוי ירוק או מיסוי סביבתי.

פתיחה:

כיום העולם הולך ומתקדם לעבר שימוש במקורות אנרגיה חלופיים. משמעות המושג "אנרגיה חלופית" היא הפקת אנרגיה ממקורות שאינם דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). דלקי מאובנים נפוצים כיום לשימוש להפקת חשמל, ומדובר בעיקר בנפט המזוקק (סולר ומזוט), בפחם הכרוי ובגז הטבעי. חשוב למצוא מקורות אנרגיה חלופיים משתי סיבות עיקריות:

1. המשאבים המשמשים להפקת אנרגיה מתכלים ועשויים להיגמר ביום מן הימים.

2. מקורות אנרגיה אלו הם אחת מהסיבות העיקריות לזיהום האוויר ולפליטת גזי החממה אשר הובילו להתחממות כדור הארץ ולמשבר האקלים.

נציג לתלמידים את התחייבותה של מדינת ישראל לעבור לעשרה אחוזים של אנרגיות מתחדשות עד שנת 2020:

מתוך האתר של המשרד להגנת הסביבה:

"המשרד להגנת הסביבה פועל לקידום השימוש באנרגיות מתחדשות בישראל במסגרת החלטת ממשלה 4450 מינואר 2009. בהחלטה זו קבעה הממשלה את שנת 2020 כיעד שבו 10 אחוז ממערך ייצור האנרגיה של מדינת ישראל יסופקו ממקורות אנרגיה מתחדשים (פוטו־ולטאי, תרמו־סולרי, רוח וביו־גז)".

http://www.sviva.gov.il/subjectsEnv/SvivaAir/Electricity/RenewableEnergies/Pages/default.aspx

לאחר מכן נבחן את תמהיל צריכת האנרגיה של מדינת ישראל בהשוואה למדינות OECD בשנת 2018 (איור 1). נדון בהבדלים בין ישראל למדינות אחרות וננסה להעלות רעיונות מדוע ההבדלים האלו קיימים. נתחיל בשאלות אשר מתמקדות במיומנות קריאת גרפים:

- מדוע בחרו להציג את הנתונים בגרף עוגה (אחוזים מתוך מאה אחוז)?

- הציעו דרך נוספת להצגת הנתונים. (עמודות)

מידע נוסף ־ התמונה הנשקפת מתמהיל האנרגיה* של ישראל ב־2018 אינה מעודדת ־ אנרגיות מתחדשות מספקות רק 3 אחוזים מצורכי האנרגיה. בסוף 2019 נתון זה עמד על 5־6 אחוזים, לעומת 11 אחוזים במדינות OECD. (ד"ר דניאל מדר, אתר זווית)

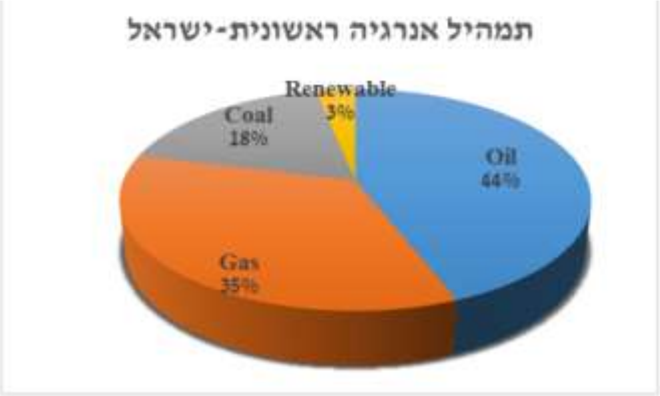
*תמהיל אנרגיה: תערובת מקורות האנרגיה או הרכבה והחלק היחסי של כל אחת מהן.

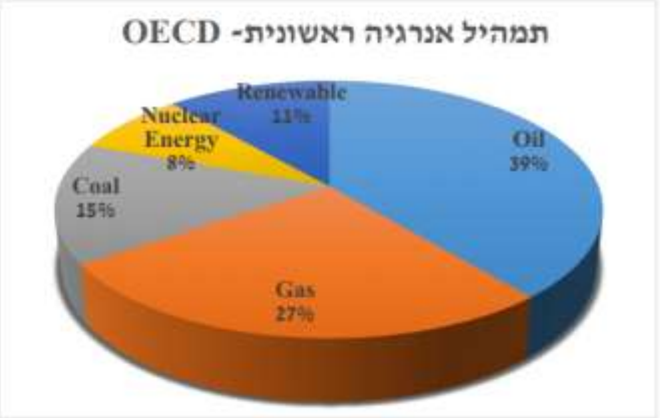
<u>נקודות אפשריות לדיון:</u>

- מהו תמהיל מקורות האנרגיה של ישראל?
- אילו הבדלים ניכרים בין תמהיל האנרגיה של ישראל לתמהיל של מדינות OECD?
- מה לדעתכם מעכב את המעבר לאנרגיות מתחדשות כמו אנרגיה סולרית?

גורמים אלה מעכבים את המעבר לאנרגיות מתחדשות בישראל:

- תלות בגז טבעי - לישראל מאגרי גז טבעי והשימוש בו עולה (ראו פתיחה בשיעור 1). הגז הטבעי הוא חלופה זולה ונקייה מפחם וממזוט.
- לאנרגיות מתחדשות רבות ניצולת נמוכה יחסית. הם יעילים הרבה פחות מדלקי מאובנים.
- ישראל היא מדינה קטנה ולה שטח מצומצם, בכל זאת חשוב שתפחית את פליטת גזי החממה שלה (מתקשר לנושא אחראיות קולקטיבית לפליטות ושימוש הגבוה יחסית של תושבי מדינות מערביות באנרגיה).
- חוסר תמיכה מדינית במעבר לאנרגיות מתחדשות (אין סבסוד, הורדת מס וכו'...) ועידוד שימוש בגז.
- נדרש שיתוף פעולה של הרשויות כמו רשות החשמל וחברת החשמל.
- עיכוב בגלל פרוצדורות ובירוקרטיה, קביעת מכסות ותעריפים.





איור 1: תמהיל האנרגיה של ישראל ב־2018 לעומת מדינות אחרות ב־OECD.

https://www.gov.il/BlobFolder/reports/energy_sector_2018/he/energy_sector_review_2018.pdf

מהלך השיעור:

הצעה 1: תמהיל חדש לישראל

בפתיחת השיעור ראינו שמדינת ישראל צריכה ליישם יותר פתרונות להפחתת פליטת גזי חממה. נסביר לתלמידים שהם ועדה מייעצת למדינה ישראל שעכשיו מבקשת לשנות את תמהיל צריכת האנרגיה שלה ובוחנת כמה אפשרויות. השיעור יתנהל בשיטת ג׳יקסו. בשלב הראשון נחלק את התלמידים לקבוצות מומחים שבהן הם ילמדו על נושא מסוים וימלאו דף מנחה. בשלב השני נחלק את הכיתה מחדש לקבוצות של ועדה מייעצת - כל ועדה תורכב ממומחה אחד מכל תחום.

שלב ראשון:

נחלק את התלמידים לקבוצות מומחים, כל קבוצה תבחן אפשרות אחרת לצמצום השימוש בדלקי מאובנים. הקבוצות יבחנו פתרונות אנרגיה לצד פתרונות אחרים כמו התייעלות אנרגטית ומיסוי ירוק (ראו רשימה מטה). כל קבוצת מומחים תקבל כרטיס מידע או תאסוף מידע ברשת על מקור האנרגיה שהיא חוקרת. כל קבוצה תבחן את הפתרון שלה בתבחינים האלה: יתרונות וחסרונות; השלכות סביבתיות של שימוש במקור אנרגיה זה; עלויות (ראו דף מנחה בנספח 1).

שימו לב - יש תשע קבוצות מומחים. יש לדאוג לחלוקה של הכיתה מראש לפי מספר התלמידים. אם אין די תלמידים, אפשר לוותר על אנרגיה גיאותרמית ואנרגיית תנועת מים,

לחלופין אפשר לחבר את הנושאים האלו יחד לקבוצה אחת. אפשרות נוספת היא ליצור קבוצות קטנות יותר לנושאים אלה וכך לא יהיה מומחה אנרגיית תנועת מים או אנרגיה גיאותרמית בכל ועדה מייעצת.

<u>רשימת קבוצות מומחים (ראו כרטיסי מידע ב נספח 4):</u>

הערה: הנושאים הקשים יותר מסומנים בכוכבית

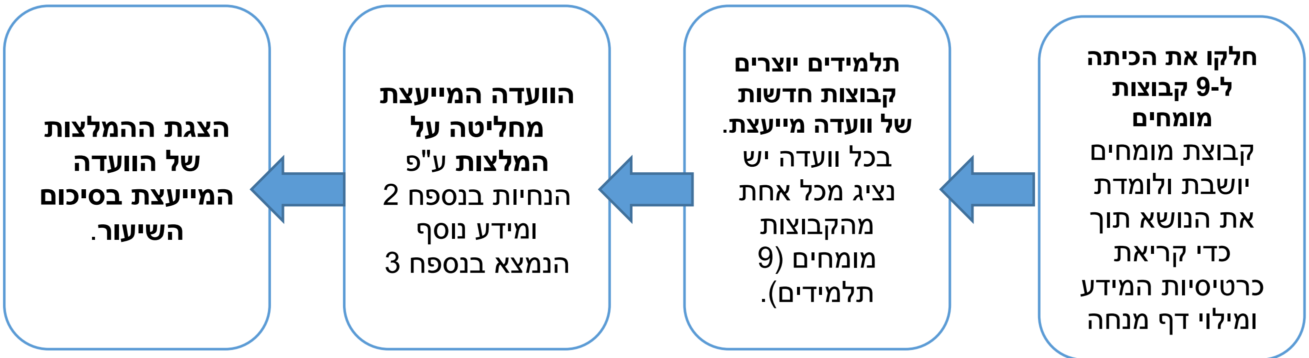
1. ביודיזל (דלק ביולוגי) *
2. אנרגיה משרפת פסולת
3. אנרגיה סולרית *
4. אנרגיית רוח
5. אנרגיה גרעינית
6. אנרגיה גיאותרמית
7. אנרגיית תנועת מים
8. התייעלות אנרגטית *
9. מיסוי ירוק

שלב שני:

לאחר פגישת קבוצת המומחים יתחלקו התלמידים שוב, הפעם לוועדות מייעצות - בכל ועדה מייעצת יהיה לפחות נציג מומחה אחד של כל פתרון אנרגיה. בתוך הוועדה המייעצת יציג כל מומחה את מקור האנרגיה שלו בפני התלמידים האחרים בקצרה. בתום ההצגות הוועדה צריכה להחליט על תמהיל חדש של אנרגיה (אילו אנרגיות ירכיבו 100 אחוזים מהתמהיל) לישראל וגם להמליץ המלצות נוספות להתייעלות אנרגטית ומיסוי ירוק ולנמק נימוק יסודי של הצעתם (ראו דף מנחה בנספח 2).

דף מידע כללי אשר משווה בין פליטות גזי החממה, העלות והיעילות של הפתרונות המוצעים (נספח 3) יעמוד לרשות הוועדה. שימו לב: כמה מהגרפים בנספח 3 עלולים להיות קשים. אפשר לבחור את הגרפים שתואמים את צורכי הכיתה. הגרפים פותחים פתח לדיון מעמיק יותר בחלופות אנרגיה.

סיכום מבנה המהלך:



הערה: רשימה של כל הדפים שצריך להכין ולהדפיס מופיעה בתחילת הנספחים.

הצעה 2: משחק תפקידים - בעד או נגד תחנות סולריות או טורבינות רוח בישראל

נחלק את התלמידים לקבוצות בעלי עניין שיציגו דעות חלוקות בנושא בניית תחנות סולריות או טורבינות רוח בישראל. קיימות כבר תחנות להפקת חשמל מסוגים אלו ויש תוכניות להקים נוספות. אפשר לבחור לעסוק בשני הנושאים או בנושא אחד - תלוי במספר התלמידים בכיתה. כל קבוצה תחקור את הנושא שלה בעזרת כרטיסי מידע (ראו אנרגיה סולרית ואנרגיית תנועת רוח בנספח 4) ומקורות נוספים ותמלא דף מנחה (נספח 1) שיעזור לה להגיע להחלטה. רצוי לחלק את מקורות המידע המופיעים בסוף הכרטיסייה בין התלמידים, כך שתתקבל תמונה מלאה. בתום השיעור, כל קבוצה תציג לאחרות את עמדתה, ותתקבל החלטה כיתתית.

<u>הפעילות:</u>

בישראל, כמו בשאר העולם, הביקוש לחשמל הולך וגובר עם העלייה בגודל האוכלוסייה וברמת החיים. החשמל המסורתי מופק בתחנות להפקת חשמל משרפה של דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) - לרוב גז טבעי ופחם וגם מזוט שהוא תוצר נפט גולמי ומשאבים מתכלים. נוסף על כך, שימוש בדלקים אלו לייצור חשמל כרוך בזיהום אוויר (במיוחד שימוש בפחם) ופליטת גזי חממה התורמים להתחממות גלובלית ושינויי אקלים. יש לציין שלא כל דלקי המאובנים שווים ברמת הזיהום - הגז הטבעי פולט הרבה פחות פליטות מסוכנות ולכן הוא נחשב לרע במיעוטו (פולט כמחצית מפליטת פחמן דו־חמצני שפולט הפחם וגם גורם להרבה פחות זיהום אוויר). מנגד, שימוש במשאבים מתחדשים כמו שמש ורוח הוא נקי יותר. בישראל מתעוררות בעת האחרונה יוזמות רבות של הקמת תחנות הפקת חשמל סולריות, בעיקר ברחבי הנגב, ושל הקמת טורבינות רוח בעיקר בגליל, בגולן ומעט בדרום הארץ.

לצד היתרונות של השימוש במשאבים מתחדשים לייצור אנרגיה זו יש גם חסרונות המובילים להתנגדות הציבור לשימוש במשאבים אלה - ייצור האנרגיה מאנרגיית שמש או מתנועת רוח גורמת למטרד לאוכלוסייה שחיה בקרבת תחנות הפקת החשמל המבוססות על משאבים אלה וכן פוגעת במערכות האקולוגיות ובמגוון הביולוגי. לישראל מגוון ביולוגי עשיר במיוחד ויש לה אחריות מוסרית לשמור על המגוון הביולוגי שבתחומה.

אתם התושבים של יישוב קהילתי קטן יחסית שבו חיות כמאה משפחות. הגיע אליכם יזם המעוניין להקים תחנה להפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת (רוח או שמש) על שטח חקלאי לא רחוק מהיישוב. ברצונכם לקבל החלטה משותפת אם להסכים להצעה או לדחות אותה, אך אתם מרגישים שאין לכם די מידע מסודר על הנושא ואינכם מבינים אותו על בוריו כדי להגיע להחלטה. החלטתם ללמוד את התחום בקבוצות קטנות. לרשותכם עומדים מגוון מקורות מידע. בעת הפגישה כתבו את היתרונות ואת החסרונות שבהקמת תחנת חשמל מאנרגיה מתחדשת. בתום המפגשים והלימוד ערכו הצבעה וקבלו החלטה דמוקרטית לפי דעת הרוב.

הצעה 3: השוואה בין מקורות אנרגיה (הצעה פשוטה מהקודמות)

בהצעה זו נבקש מהתלמידים להשוות בין דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) לבין אחד ממקורות האנרגיה החלופיים לבחירתם. התלמידים יעבדו בקבוצות קטנות - כל קבוצה תבחר מקור אנרגיה חליפית אחר. אפשר להשתמש בכרטיסי מידע (נספח 4) ובגרפים או חלק מהגרפים בנספח 3 (בהתאם לרמת הכיתה). התלמידים ישוו בין המקורות האנרגיה בטבלה בתבחינים (קריטריונים) האלה:

- עלות ההתקנה ועלות התחזוקה;

- האם נפלטים גזי חממה?

- האם נגרם נזק סביבתי אחר?

- כמה שטח נדרש לייצור האנרגיה?

לאחר ההשוואה כל קבוצה תענה על השאלות האלה:

1. מדוע לדעתכם רוב האנרגיה בעולם עדיין מופקת מדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים)?
2. האם האנרגיה החליפית שבחרתם מתאימה ליישום סביב העולם? האם היא מתאימה ליישום במדינת ישראל? נמקו.

סיכום:

נחלק את התלמידים לקבוצות ונבקש מהם לכתוב מכתב לנציג ממשלה - שר האנרגיה, השרה להגנת הסביבה, משרד התחבורה, רשות מקומית, מנהל בית ספר או כל דמות אחרת או גוף אחר שתבחרו. במכתב יתייחסו התלמידים להיבט מסוים של צמצום פליטות גזי חממה בארץ, באזור מסוים בארץ או בארגון מסוים - למשל התקנת תאים פוטו־וולטאים על גג בית הספר, הקמת תחנת כוח סולרית, מיסוי ירוק או התייעלות אנרגטית. חשוב שהמכתב יכלול טיעונים הנתמכים בנימוקים מדעיים (קישור נוסף לטיעון: אתר פרקטיקות משרד החינוך).

רשימת נספחים:

	נושא	**למי מיועד?**	**מספר עותקים**
נספח 1	דף מנחה לקבוצת מומחים -הצעה 1 דף לתושבים - הצעה 2	קבוצת מומחים או תושבים	כל התלמידים
נספח 2	דף מנחה לוועדה מייעצת	ועדה מייעצת	לכל התלמידים
נספח 3	מידע על דלקי מאובנים ואנרגיות חלופיות	ועדה מייעצת	שני עותקים לכל קבוצה
נספח 4	כרטיסי מידע	קבוצות מומחים	עותק של הכרטיסייה הרלוונטית לכל תלמיד מקבוצת מומחים מסוימת

נספח 1: דף מנחה לקבוצת מומחים (הצעה 1) או תושבים (הצעה 2)

קראו את כרטיס המידע שלפניכם ומלאו את הטבלה בעת הדיון בקבוצה. רצוי להשתמש במקורות מידע נוספים (ראו מקורות מידע בסוף כרטיס המידע. אפשר לחפש עוד מקורות). שימו לב למידע נוסף אשר משווה בין מקורות האנרגיה בנספח 3. כל תלמיד או תלמידה בקבוצת המומחים צריכים למלא את הטבלה, והיא תשמש אותם בדיון בוועדה המייעצת.

סוג האנרגיה	
האם נפלטים גזי חממה?	**כמה שטח נדרש לטכנולוגיה?**
עלות התקנה או יישום: **גבוה מאוד, גבוה, בינוני, נמוך**	**עלות תחזוקה:** **גבוה מאוד, גבוה, בינוני, נמוך**
האם אפשר ליישם במדינת ישראל? **באיזה קנה מידה?**	**מה הם הקשיים ביישום?** **כיצד אפשר לעודד יישום?**
סיכום יתרונות	**סיכום חסרונות**

נספח 2: דף מנחה לוועדה מייעצת

התכנסתם בוועדה מייעצת שתדון באמצעים להפחתת פליטות גזי חממה במדינת ישראל. הוועדה צריכה להציע תמהיל אנרגיה (אילו אנרגיות יבנו את סך כל האנרגיה המשמשת בארץ בחלוקה לאחוזים) והמלצות נוספות שיכולות להפחית את התלות של המדינה בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). את ההמלצות תתנו על בסיס מידע מהמומחים ועל בסיס המידע שניתן בנספח 3. לפניכם דף מנחה שיעזור לכם במתן ההמלצה. לכל אחת מהאפשרויות ניתן ניקוד (מ־1 ־ לא כדאי, עד 5 ־ כדאי מאוד) על פי כמה תבחינים (קריטריונים).

שימו לב שלא כל התבחינים רלוונטיים לכל האפשרויות. אפשר להוסיף תבחינים נוספים (בהסכמת כל הוועדה) כדי לשפוט את האפשרויות. בתום מילוי הטבלה, שכללו את כלל הניקוד לכל אחת מהאפשרויות. אם רוצים, בשלב השכלול אפשר לתת משקל שונה לכל תבחין.

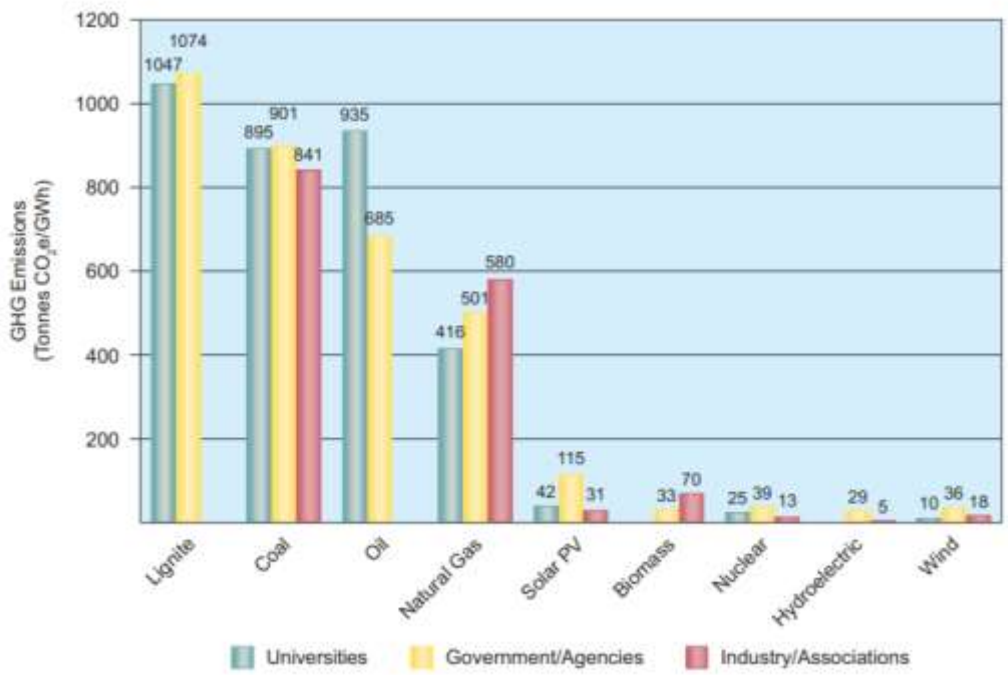
סכמו את המלצות הוועדה בנוגע לתמהיל האנרגיה של מדינת ישראל באחוזים - כמה אחוזים מכל סוג אנרגיה ירכיבו את סך כל האנרגיה המשמשת בארץ ובנוגע לצעדים נוספים להפחתת פליטת גזי חממה.

	כמות פליטות	עלות התקנה (אם נדרש)	עלות תחזוקה	שטח הנדרש	יעילות אנרגטית - כמה אנרגיה ליחידת חומר	חיסכון באנרגיה	אחר (פרטו)	סך הכול ניקוד
פחם								
נפט או סולר								
גז טבעי								
ביודיזל								
שרפת פסולת								
תחנת כוח סולרית								
תאים סולריים פוטו־וולטאים								
אנרגיית רוח								

								אנרגיה גרעינית
								אנרגיה גיאותרמית
								אנרגיית תנועת מים
								התייעלות אנרגטית
								מיסוי ירוק
								אחר

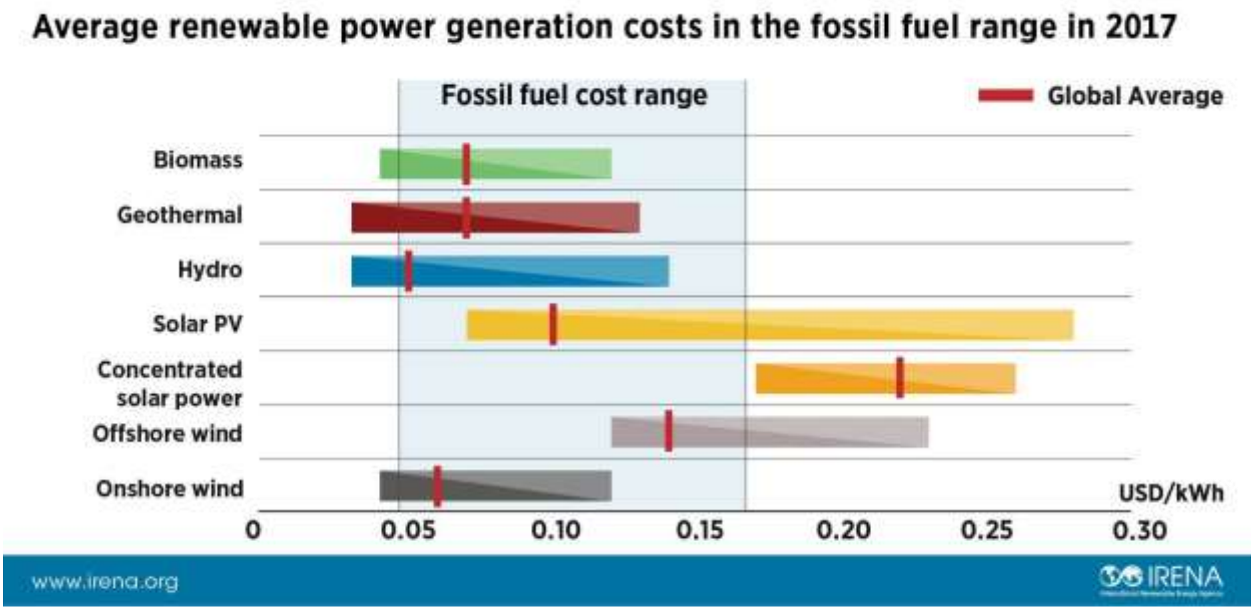
נספח 3: מידע על דלקי מאובנים ואנרגיות חלופיות

<u>איור 1: השוואה של פליטת גזי חממה של כמה מקורות אנרגיה.</u>



איור 1: פליטות גזי חממה בשימוש באנרגיות שונות ביחידות של טון פחמן דו־חמצני בהספק אנרגיה של גיגה ואט לשעה. באיור אפשר לראות סיכום נתונים ממחקרים שערכו כמה גופים. ירוק מסמן מחקרים שיצאו מקבוצות מחקר באוניברסיטאות, צהוב מסמן מחקרים של גופי ממשלה וסוכנויות ובאדום מסומנים מחקרים של התעשייה וארגונים אחרים. מקור.

איור 2: עלות של אנרגיות חלופיות בהשוואה לדלקי מאובנים.



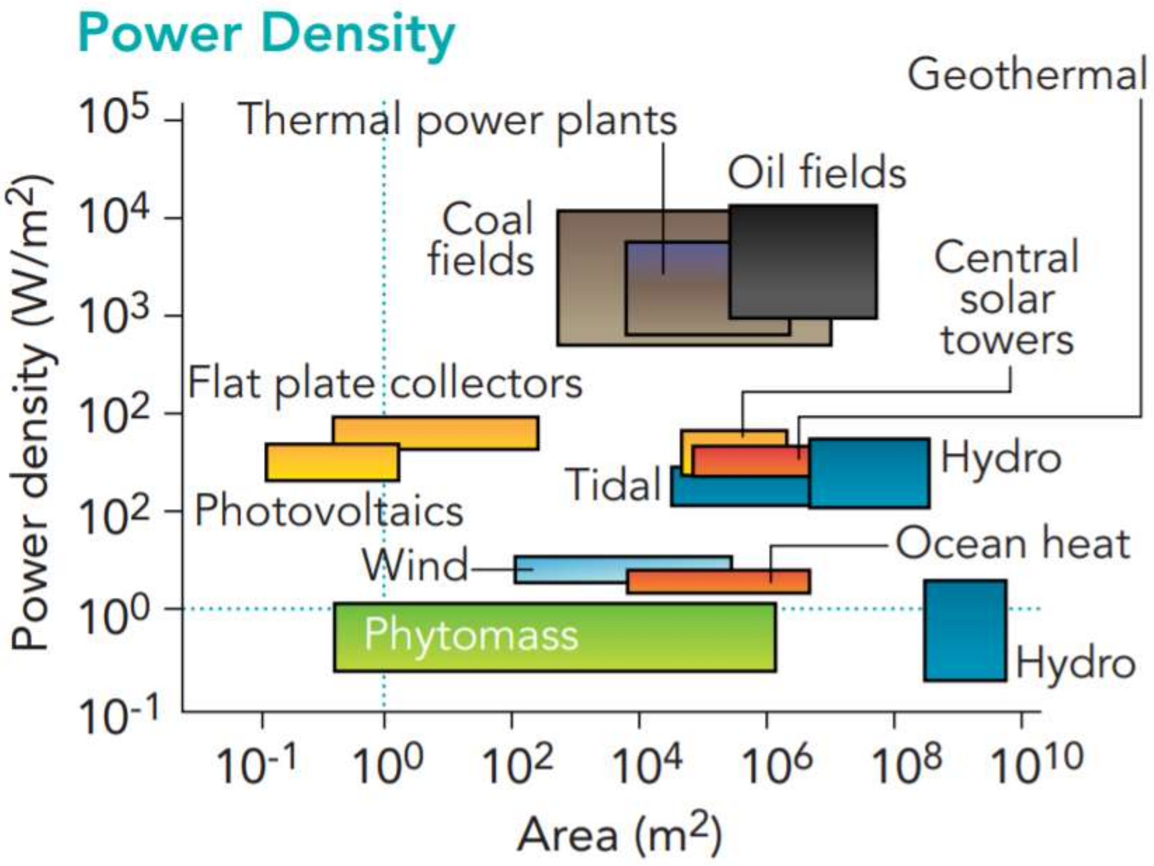
איור 2: טווח עלות (בדולר לקוט"ש) של אנרגיות חלופיות לעומת עלות דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). טווח עלות של דלקי מאובנים מוצלל באפור (fossil fuel cost range). הקווים האדומים מסמנים את העלות הממוצעת בעולם (global average). שימו לב שטווח העלות של אנרגיה סולרית מִתאים פוטו־וולטאים (solar PV) רחב. מכיוון שכללו בחישוב גם טכנולוגיות ישנות שהיו יקרות יותר מהטכנולוגיות המשמשות היום. מקור:

International Renewable Energy Agency - IRENA https://www.irena.org/

תרגום:

Biomass	דלקים ביולוגים
Geothermal	אנרגיה גיאותרמית
Hydro	אנרגיית מים
Solar PV	אנרגיה סולרית - תאים פוטו־וולטאים
Concentrated solar power	אנרגיה סולרית מרוכזת (ריכוז שמש על ידי מראות או עדשות, מיושם במגדלי שמש)
Offshore wind	אנרגיית תנועת רוח הנקצרת על ידי טורבינות שעומדות בתוך גופי מים, בדרך כלל בים
Onshore sind	אנרגיית תנועת רוח הנקצרת על ידי טורבינות ביבשה

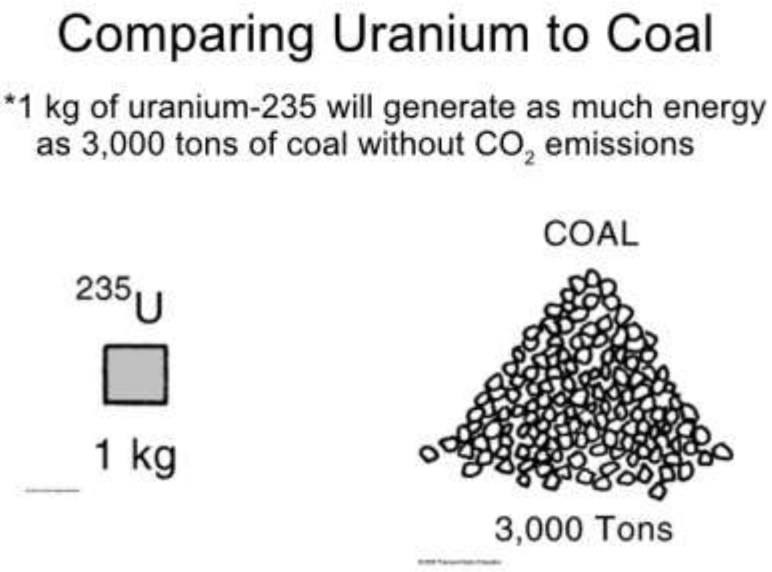
<u>איור 3: יעילות אנרגטית של מקורות אנרגיה</u> (גרף זה קשה להבנה ולכן מתאים לתלמידים מתקדמים).



איור 3: צפיפות ההספק במקורות אנרגיה שונים והשטח שהם דורשים - כמות האנרגיה שאפשר להפיק (ציר Y) מול השטח הנדרש להפקת אותה אנרגיה. ככל שצפיפות ההספק גבוהה יותר, אפשר להפיק אנרגיה רבה יותר מאותו מקור ליחידת שטח. למשל, צפיפות ההספק של אנרגיה סולרית נמוכה מזו של פחם. אפשר לראות שנדרש יותר שטח למתקני אנרגיה סולרית (תחנות כוח סולריות) מלפנלים סולאריים (פוטו־וולטאים) אבל לשניהם צפיפות אנרגיה דומה. על אנרגיה גרעינית ראו איור 4.

מקור: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518305512

איור 4: יעילות אנרגטית של אנרגיה גרעינית לעומת פחם



איור 4: צפיפות ההספק של אנרגיה גרעינית גדולה בהרבה מזו של פחם - אפשר להפיק מק"ג אחד של אורניום 235 את אותה כמות אנרגיה שאפשר להפיק מ־3,000 טון פחם, בלי פליטת גזי חממה. מקור: https://www.slideshare.net/edstermer/nuclear-power-3961454

1. <u>ביודיזל (דלק ביולוגי)</u>

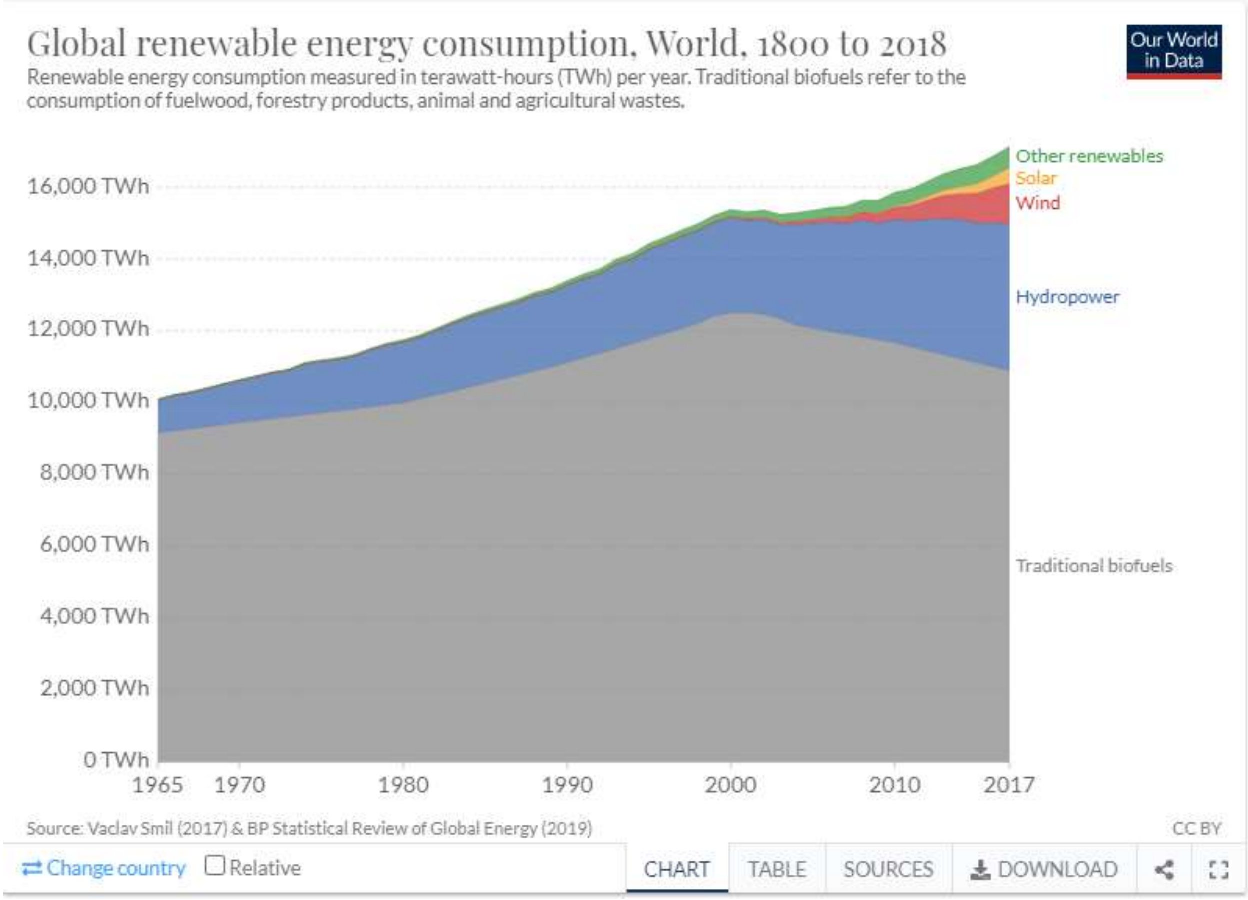
ביודיזל הוא סוג של דלק ביולוגי* העשוי משמנים כגון שומן חיות, שמני מאכל משומשים (כולל שמן סויה, שמן קנולה, שמן קוקוס ושמן בוטנים) או שמנים צמחיים המופקים במיוחד לשם ייצור ביודיזל מתירס, סויה או מדקלים. אפשר להשתמש בדלק ביודיזל לדלק טהור או לערבב אותו עם סולר באחוזים משתנים. ביודיזל נקי יותר מדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) כי השרפה שלו פולטת הרבה פחות גזי חממה (ראו איור 1 בנספח 3). יתר על כן, בעת שרפת ביודיזל חלה ירידה ניכרת בפליטת מזהמים אחרים כגון תחמוצות גופריות, פחמימנים שונים וחלקיקי פיח. הביודיזל הוא בטווח המחירים של דלקי מאובנים, ואף יכול להיות זול יותר מהם אם יטילו על דלקי מאובנים מס גבוה יותר מעליו (ראו איור 2). עם זה, האנרגיה הטמונה בביודיזל, כלומר, ערכו הקלורי, נמוכה בכ־9 אחוזים מזה של הסולר. זאת אומרת שטווח הנסיעה לליטר ביודיזל נמוך מדלקי מאובנים.

שלא כנפט, הביודיזל אינו רעיל וכך במקרה של נזילות אל הקרקע או אל מקורות מים, אין חשש לאסון אקולוגי. הביודיזל בטוח לשימוש והובלה. מנגד, מאחר שהביודיזל אינו רעיל ומקורו ביולוגי חיידקים ופטריות נוטים להתפתח בו בעת אחסנה ממושכת. לכן השימוש בו צריך להיות קרוב ככל האפשר לרגע הייצור, שאם לא כן, הוא מתקלקל. עקב המגמה ההולכת וגוברת בעולם לשימוש באנרגיה חלופית, החלו בעת האחרונה יצרני רכב גדולים לייצר מכוניות המתוכננות לנסוע על ביודיזל. במכוניות רגילות אפשר למהול סולר בביודיזל בריכוז שאינו עולה על 5 אחוז, בלי לשנות את מנוע הרכב. יש בביו דיזל גם כמה חסרונות מבחינת הכלכלה העולמית - ככל שיגדל השימוש בדלקים ביולוגיים, כך תגדל גם התחרות בין ענף האנרגיה לענף המזון. מכיוון שעיקר חומרי הגלם המשמשים לייצור ביודיזל הם אותם חומרים שנעשה בהם שימוש בתעשיית המזון. כך למשל שימוש בתירס לביודיזל במקום להזנה יפגע במחירי המזון ובזמינותו.

אף שביודיזל משווק כאנרגיה ירוקה, יש גם עלויות אקולוגיות נוספות לשימוש בביודיזל צמחי: הצורך הגדל בצמחים לתעשיית הביודיזל יוביל להקצאת שטחים נרחבים בכדור הארץ למטרה זו ושטחים טבעיים ויערות ייפגעו מכך. כך למשל שטח ניכר מיערות הגשם בברזיל נכרת לצורך גידולי סויה כמקור לביודיזל. ייצור רב של ביודיזל יכול גם להוביל לעלייה במחירי התבואה הן לצורכי דלק הן לצורכי מזון, ואוכלוסיות חלשות ייפגעו מכך. הפתרון האידיאלי לחלק גדול מן החסרונות הוא שימוש בשמנים משומשים ועודפים משומני חיות, אולם כמותם אינה עונה על הדרישה העולה לביודיזל. נכון להיום המשרד להגנת הסביבה מתנגד להפקת אנרגיה מגידולים ייעודיים, הן משום שלרוב מדובר בגידולים שבאים על חשבון גידולים חקלאיים המיועדים למזון או שבאים על חשבון שטחים טבעיים שיומרו לשטחים חקלאיים, הן משום שגידול של ביומסה לאנרגיה דורש השקעה גדולה יחסית במים, בדשנים, בקרקע ובאנרגיה.

*דלק ביולוגי (או ביו־דלק) הוא מקור אנרגיה מחומרים אורגנים (מהחי והצומח). דלקים ביולוגיים נחשבים מקור לאנרגיה מתחדשת, כיוון שהשימוש בהם יוצר "מעגל סגור" של פחמן דו־חמצני: אותו פחמן דו־חמצני שמשתחרר בתהליך שרפת הדלקים האלו נצרך בחזרה בתהליך הפוטוסינתזה בזמן גידול הצמחים. דלקים אלו יכולים להיות מבוססים אלכוהול (מתהליך תסיסה של סוכרים) או שמנים (ביודיזל). דלקים ביולוגים יכולים להיות מוצקים. דוגמאות נפוצות הן עצים, נסורת, גזם דשא, אשפה ביתית או פסולת חקלאית. כפי שאפשר

לראות באיור שלהלן, דלקים ביולוגים משמשים חלק הארי של האנרגיה המתחדשת הנצרכת בעולם.



איור 1 - צריכת אנרגיה מתחדשת בעולם בין השנים 1800-2018. אפשר לראות שדלקים ביולוגיים מסורתיים (לרוב חומר צמחי כמו עץ) משמשים בין 60 ל-70 אחוזים מסך כל הדלקים המתחדשים. במדינות עניות, שימוש בדלקים ביולוגיים מסורתיים נפוץ מאוד לצורכי בישול וחימום. מקור: https://ourworldindata.org/renewable-energy

מקורות מידע:

שימוש בביומסה כמקור לאנרגיה, מכון ויצמן

ביודיזל, פורטל המיחזור

ביודלק, אתר אנרגיה מתחדשת

2. הפקת אנרגיה מפסולת

בישראל מיוצרת מדי שנה כמות של כ־17.5 מיליון טונות פסולת מוצקה לסוגיה השונים, ומהם כ־5 מיליון טונות פסולת עירונית וכ־6 מיליון טונות פסולת חקלאית. טיפול בפסולת הזאת היא אתגר גדול מאוד, ואחד הפתרונות הוא להפיק ממנה אנרגיה. הרווח מכך כפול: מצד אחד מפיקים אנרגיה שיכולה להחליף דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) ומצד אחר, אפשר לצמצם את נפח הפסולת שעולה על גדותיו. על פי החלוקה הבסיסית, פסולת מחולקת לשני סוגים: פסולת רטובה ופסולת יבשה. פסולת רטובה כוללת חומרים אורגניים, בעיקר שאריות מזון, ואפשר לפרק אותה פירוק ביולוגי. פסולת יבשה כוללת את כל יתר הפסולת - חומרים אורגניים כמו עץ ונייר לצד פלסטיק ־ שאי אפשר למחזר אותם בקומפוסט או לפרק אותם על ידי פעילות חיידקים.

אפשר לחלק את הטיפול בפסולת לשלושה תבחינים מרכזיים:

1. שרפה - מתאים לפסולת יבשה.
2. טיפול ביולוגי - מתאים לפסולת ביולוגית רטובה ־ עיכול אנאירובי (פירוק על ידי חיידקים בסביבה בלי חמצן)
3. טיפול בחום - מתאים לפסולת יבשה ־ כולל מגוון טכנולוגיות שבהן משקיעים אנרגיה ומעלים את הטמפרטורה כדי להפיק חומרי דלק מהפסולת. לא נעמיק בקטגוריה זו.

שרפה - בעבר שיטה זו שימשה, בין השאר, חלופה להטמנה. אפשר להפיק אנרגיה מתהליך השרפה ביעילות, אך צריך קודם כול למיין את הפסולת. יש להוציא תחילה את החומרים הניתנים למחזור, כגון פלסטיק, נייר וקרטון, זכוכית, מתכות, וחומר פריק ביולוגי. עדיף שההפרדה הזאת תיעשה בעת השלכת הפסולת (אריזות לפח הכתום), אך אפשר גם להפריד את החומרים במתקני מיון. חשוב להרחיק מוצרים גדולים או מסוכנים שיכולים להביא לפליטת חומרים מסוכנים. זה עשרות שנים שרפה אינה משמשת פתרון ראשון לטיפול בפסולת בשל ההשלכות הסביבתיות והבריאותיות שלה. בעקבות השרפה מזדהם האוויר ונפלטים גזי חממה המשפיעים על ההתחממות הגלובלית. באירופה מערכות רבות לטיפול בפסולת משלבות מניעה, שימוש חוזר, הפרדה במקור, מחזור ושרפת פסולת כמכלול פתרונות קבילים, בניסיון לצמצם את נפחי הפסולת הנשלחים להטמנה.

טיפול ביולוגי וביוגז - ביוגז הוא גז המופק מחומר אורגני בתהליך של פירוק חיידקי בתנאים בלי חמצן. ביוגז יכול לשמש להנעת גנרטורים לייצור חשמל או ליצירת חום בעת שרפתו. תהליך זה הוא טבעי ומתרחש מעצמו בתנאים המתאימים, לדוגמה במטמנות ובאתרי פסולת. ממחקרים שנערכו באתרי הטמנה גדולים (אתרים שאליהם מובילים פסולת מוצקה) גילו שכמויות גדולות של גזים נפלטים מריכוזי האשפה. אחד מהגזים הללו הוא המתאן. גז זה יכול לשמש מקור אנרגיה. החישובים מראים שאפשר להפיק כ־200 ליטר גז מתאן מכל 1 ק"ג פסולת מוטמנת. את הגז אוספים באמצעות צינורות שמחדירים אל תוך ערמת הפסולת. הגז עולה ונשאב מתוך הצינורות. גז זה יכול לשמש אנרגיה חלופית המשמשת להנעת כלי רכב למשל. כמו כן, אפשר להקים מתקנים ייעודיים להפקת ביוגז מפסולת אורגנית. בישראל קיימים שלושה מתקנים אזוריים (מיצר ברמת הגולן, עמק חפר ובאר טוביה) המשמשים להפקת ביוגז מזבל רפתות. אחת הבעיות הקשות בהקמת מתקנים אזוריים אלו היא ההתנגדות של התושבים אשר חוששים ממפגעי תברואה וריח ואינם רוצים שמתקנים אלו יקומו באזורם. נוסף על כך, במתקן שמופק בו ביוגז מזבל פרות יש לטפל בעודפי הנוזלים שנוצרים בתהליך הקרויים מי נטל. מים אלו מכילים מלחים וצורן ויש לסלקם לאתרים

מיוחדים. יש גם מתקנים לייצור ביוגז מפסולת תעשייתית (מחלבות, משחטות, מפעלי מזון, מפעלי משקאות, מפעלי בירה וגם מפעל נייר).

חשוב להבין שהשבת פסולת לאנרגיה לא תפתור את בעיות האנרגיה של ישראל. בטכנולוגיות הקיימות, מדובר באחוזים בודדים מכלל צריכת האנרגיה הישראלית בשנה. אבל להפקת אנרגיה מפסולת יש היבט כלכלי שיהפוך את הטיפול בפסולת ליעיל כלכלית וגם יעיל סביבתית יותר ממחזור, יותר משיטות שאינן מפיקות אנרגיה; דבר זה יביא אף לצמצום ההטמנה של הפסולת ויפחית את ההזנחה של הטיפול בפסולת שעדיין קיים בישראל. אחד התנאים המקדימים החשובים ביותר להפקת אנרגיה מפסולת הוא הפרדת הפסולת.

מקורות מידע:

היבטים כלכליים של הפקת אנרגיה מפסולת עירונית וחקלאית

שיפור מערך הפקת האנרגיה מפסולת אורגנית בישראל

הפקת אנרגיה מפסולת, מוסד שמואל נאמן

(3) אנרגיה סולרית

מקורה של אנרגיה סולרית היא בקרינת השמש (אנרגיית חום ואור) שהיא אחד המקורות הזמינים ביותר לאנרגיה. השמש צפויה לבעור עוד מיליארדי שנים ולכן נחשבת לאנרגיה מתחדשת. כמו כן, אנרגיה סולרית היא נקייה יחסית וניצולה אינו גורם לפליטת כמויות גדולות של גזי חממה (ראו איור 1 וטבלה 1). כמות האנרגיה הסולרית שמגיעה לכדור הארץ עצומה - כל צריכת האנרגיה העולמית השנתית משתווה לכמות האנרגיות שמגיעה מהשמש אל כדור הארץ במשך שעות ספורות. השימושים של אנרגיה שמקורה בשמש מגוונים. אפשר להשתמש באנרגיה זו מיד וישירות למטרות חימום, אידוי וייבוש מזון, כמו בישול בעזרת תנור שמש, ברכות אידוי להפקת מלחים וייבוש כביסה. כך נחסוך בחשמל או בגז בזמן בישול מזון ובחשמל שצורך מייבש כביסה. אפשר גם להמיר את אנרגיית השמש לחום. הדרך המוכרת לנו היא דודי שמש - קולטנים המורכבים על גגות הבתים הופכים את אנרגית השמש לאנרגיית חום ומחממים את המים שבדודי השמש. השימוש בדודי שמש נפוץ כל כך, עד שלמעשה בחוק הישראלי נקבע כי חובה להתקין על כל בית חדש שנבנה מערכת קולטני שמש ודודים.

בדומה לכך, אפשר הגם ליצור חשמל באמצעות אנרגיית שמש. מכיוון שמדובר בכמות אדירה של אנרגיית שמש, אנרגיה סולרית יכולה לשמש מרכיב בעל תפוצה נרחבת בשוק האנרגיה העולמי. עדיין קיימים שני אתגרים עיקריים בתחום זה:

(א) אנרגיית השמש אינה מרוכזת, כלומר היא מתפזרת על פני שטח גדול מאוד.

(ב) קשה לאגור את אנרגיית השמש. עוצמת הקרינה המגיעה ללוחות סולריים משתנה בהתאם לתנאי מזג האוויר - וצריכת האנרגיה בפועל (כמה חשמל אנשים משתמשים, למשל) אינה בהכרח תואמת לתנאים אלו, לכן יש צורך באמצעי אגירה. רק בעשור האחרון (2010-2020) תהליכי הלכידה, ההמרה והאגירה של אנרגיית השמש עברו התייעלות, ולכן גם מחירי האנרגיה הסולרית נעשו כדאיים יותר כלכלית (ראו איור 2). מתקני אנרגיה סולרית מרכזים את קרינת השמש באמצעות מראות או עדשות וכן מערכות אשר מאפשרות מעקב אחר השמש. כל אלו מאפשרים ניצול טוב יותר של אנרגיית השמש ושימוש ביישומים שבהם נדרשת טמפרטורה גבוהה. מתקני עקיבה, שעוקבים אחר תנועת השמש בשמיים בשעות היום, עשויים לתרום להגדלת יעילות המתקן גם ללא ריכוז קרני השמש.

שימוש באנרגיית השמש לצרכים תעשייתיים או ליצירת חשמל אפשריים באחת משתי דרכים אלה:

1. **קצירת אנרגיה תרמו־סולרית** - חימום נוזל לצורך הפעלת מנוע חום שמייצר חשמל או עבודה מכנית. בשיטה זו בשלב הראשון הופרים את האנרגיה הנקלטת מהשמש לחום. בשלב השני יוצרים מהחום קיטור, ובסופו של דבר, משתמשים בקיטור כדי להפעיל טורבינה המייצרת חשמל.

2. **קצירת אנרגיה פוטו־וולטאית** (אנרגיה פוטו־חשמלית) - תאים פוטו־וולטאיים הם תאים סולריים שממירים אור שמש לחשמל. תאים אלו עשויים מסיליקון ומכילים חומר מוליך למחצה (Semi-conductor). אפשר לייצר חשמל ישירות, או לחלופין לאגור את אנרגיית השמש באמצעי אגירה כמו סוללות, שאיבת מים לגובה, או אגירה תרמית (חום) בתוך נוזלים או מוצקים ולהפיק את האנרגיה מהאמצעים האלו מאוחר יותר. בשימוש בטכנולוגיה הפוטו־וולטאית אפשר לחסוך במשאבי קרקע בהתקנה של קולטי שמש על גגות הבתים. אחד

היתרונות הבולטים של אנרגיה סולרית הוא שהיא מקטינה את התלות במשווקים חיצוניים ומאפשרת להפיק חשמל בהפקה עצמאית.

לצד היתרונות הרבים לשימוש באנרגיה סולרית ישנם גם כמה חסרונות: ההשקעה הכספית הראשונית בבניית תחנות כוח סולריות ובהפקת חשמל היא גבוהה יחסית לתחנות הכוח הקונבנציונליות. כאן נדרשת תמיכה מדינית. כמו כן, אנרגיה סולרית אינה יציבה ומשתנה לאורך שעות היום ובמהלך השנה, והיעילות שלה ליחידת שטח נמוכה, כיוון שאנרגיית השמש אינה מגיעה לכדור הארץ בצורה מרוכזת. גם הניצול של שטחים פתוחים לצורך בניית תחנות כוח סולריות פוגע בסביבה, במגוון הביולוגי ובמשאבים הטבעיים. לכן עדיף להתקין לוחות סולריים על גגות מבנים. בניית תחנת כוח דורשת גם היא שימוש בחשמל, בטכנולוגיות ובחומרים הפוגעים בסביבה. כדי להתגבר על כמה מהחסרונות בשימוש באנרגיה סולרית, נעשים היום ניסיונות לשלב בין תחנות אנרגיה סולרית ובין תחנות אנרגית רוח (מאמר 2 בנושא). בשיטה זו אפשר לנצל גם את שעות הלילה ואת עונות החורף כדי לייצר חשמל. בנוסף לכך, מושקעים מאמצים בבניית קולטי שמש בעלי שטח פנים גדול יותר המשלבים רכיבים ננו־טכנולוגיים כדי להגדיל את תפוקת האנרגיה הנוצרת.

מקורות מידע:

אנרגית שמש, מכון ויצמן

ניצול יעיל של אנרגיית השמש, מכון דוידסון

חשמל סולארי מהרוח

אנרגיה סולארית, ויקיפדיה

יתרונות וחסרונות באנרגיה סולארית

חשמל במסלול הירוק, החברה להגנת הטבע

(4) אנרגית רוח

אחת מהדרכים הנפוצות בעולם להפקת אנרגיה חלופית לייצור חשמל לערים שלמות היא הקמת תחנות כוח המבוססות על טורבינות רוח. טורבינות רוח הן מדחף המורכב על גבי עמוד, בדומה לתחנת הרוח ההיסטורית אשר שימשה בעבר לטחינת קמח באמצעות חשמל שהפיקה מאנרגיית הרוח. טורבינות הרוח משמשות מקור אנרגיה חלופי ולא מזהם (ראו איור 1 וטבלה 1) אשר אינו מתכלה. יתר על כן, אחד מהשיקולים המשפיעים ביותר על ההחלטה להקים שדה טורבינות רוח הוא רווח כספי (ראו איור 2). אמנם עלות ההתקנה של מערך טורבינות גבוה יותר מהקמת תחנת כוח מבוססת דלקי מאובנים - אך תפוקתן של טורבינות הרוח גדולה יותר משל תחנה רגילה, לצד יתרונות נוספים. העלות של ייצור חשמל על ידי טורבינות הרוח היא רק הקמתן, ועלות הקמתן בטלה לחלוטין לעומת תפוקתן. שימוש בטורבינות להפקת החשמל הוא פשוט וכמעט נטול תקלות. נוסף על כך, הטורבינות מצריכות יחסית מעט טיפול ותחזוקה.

אי אפשר להקים מערך טורבינות רוח ליצירת חשמל בכל מקום. יש לבחון את מהירות הרוח הממוצעת באזור שבו יותקן מערך הטורבינות, וככל שהרוח באתר חזקה יותר ותדירה יותר, כך יפיק מערך הטורבינות כמות גדולה יותר של חשמל. ייצור חשמל מטורבינות רוח בים, ובעיקר בים העמוק, הוא תחום שמתפתח במהירות. על פי מחקר שבחן את הפוטנציאל להפקת חשמל באמצעות טורבינות רוח מול חופי ישראל (במגבלות נתיבי השיט וצורכי חיל הים) מצא כי קיים פוטנציאל רב להפקת חשמל ממקור זה. מאפייני הטורבינות עצמן משפיעים ישירות על כמות החשמל שהן ייצרו ועל יעילותו של מערך הטורבינות - המשתנים העיקריים הם גודלם של להבי הטורבינה והדגם שלה. ככל שלהבי הטורבינה גדולים יותר - כך הטורבינה יכולה להפיק חשמל רב יותר. דגמי הטורבינות העכשוויים מבוססים על טכנולוגיות חדישות המאפשרות ייצור של חשמל רב.

הבעיות העיקריות ביצירת חשמל בניצול אנרגיית הרוח הן הרעש הנוצר מהמדחפים ומתנועת הלהבים והריצוד (עוצמת אור משתנה באזורים מסוימים מהטלת צל להבי הטורבינה) ובשלן נוצרת התנגדות להקמת מערכי טורבינות בקרב הציבור. לכן נאלצים להקים את חוות הרוח במקומות מרוחקים מיישובים מאוכלסים, מה שמייקר את הקמת התשתיות. ככל שיידרש יותר חשמל המיוצר ממערך הטורבינות - כך יוקצה שטח גדול יותר לחוות רוח. הקצאת שטח גדול לחוות רוח יכולה לגרום להפרעות במערכות אקולוגיות ולפגיעה בנוף. כמו כן, ישראל היא מדינה קטנה בעלת שטחים קטנים יחסית. אחד הפתרונות לכך הוא הקמת מערך טורבינות מול חופי המדינה, כפי שנעשה בארצות הברית ובבריטניה. סיבוב הטורבינות יכול גם לפגוע בציפורים ובעטלפים אשר לא מבחינות בכנפי הטורבינה. עם זה, בדגמים החדשים האטו את תנועת הטורבינות והגדילו את הלהבים, כך שיהיו ברורים לציפורים ותימנע פגיעתם.

השימוש בחשמל המופק מאנרגיית תנועת רוח עומד על כאחוז אחד מסך תפוקת החשמל העולמית הכללית. אירופה היא כנראה המובילה מבין יבשות העולם בניצול אנרגיית הרוח. מדינת ישראל מייצרת אף היא חשמל מאנרגיית הרוח בשתי חוות רוח השוכנות באזור רמת הגולן ובגלבוע. הפקת אנרגיה מרוח בישראל מוגבלת בשל אופי השטח, האקלים, וכמובן בשל צפיפות הבנייה ושימושי הקרקע. נוסף על כך, מסדרון הרוח של ישראל הוא גם נתיב מעבר של מיליוני עופות נודדים, ויש חשש לפגיעה במגוון ביולוגי. זו אחריות מוסרית של ישראל לדאוג למגוון הביולוגי העובר בתחומה. בהתאם לפרסומי הנתונים הרשמיים בשנת 1998, פוטנציאל האנרגיה להפקה מהרוח בישראל עומד על כשש מאות מגה ואט, שזהו הספק השווה למאה חוות רוח בממוצע. כמו כן, נעשים היום ניסיונות לשלב בין תחנות אנרגיה סולרית ובין תחנות אנרגית רוח (מאמר שני בנושא).

מקורות מידע:

רב־שיח בנושא הקונפליקט סביב אנרגיית הרוח בישראל, אקולוגיה וסביבה

אטלס אנרגיית הרוח של ישראל, אקולוגיה וסביבה

הערכה כלכלית-סביבתית של הפקת אנרגיה באמצעות טורבינות רוח בישראל, אקולוגיה וסביבה

אנרגית הרוח וניצולה, מכון ויצמן

חשמל סולארי מהרוח

אנרגית רוח, אתר אנרגיה מתחדשת

רעש וריצוד מטורבינות רוח ־ דרכי התמודדות בעולם והמלצות לישראל, אקולוגיה וסביבה

השפעות טורבינות רוח על הבריאות והסביבה, החברה להגנת הטבע

(5) אנרגיה גרעינית

בתהליך הפקת אנרגיה גרעינית מתרחשת תגובת שרשרת שמתחילה עם ביקוע הגרעין באטום. תגובת שרשרת של ביקוע גרעיני הוא הבסיס לפעולתו של כור גרעיני והוא נעשה בצורה מבוקרת ואיטית. תגובה זו מייצרת כמויות עצומות של חום ובעזרתו מרתיחים מים לקיטור אשר מפעיל טורבינות ליצירת חשמל. בכורים משתמשים בחומרים רדיואקטיביים, לרוב אורניום או פלוטוניום. ייצור אנרגיה על ידי ביקוע גרעיני הוא תהליך יעיל מאוד - שכן דרושה כמות קטנה של חומר להפקת כמות גדולה של אנרגיה (ראו איור 5, נספח 3). לאנרגיה גרעינית יתרון גדול נוסף והוא שהיא נקייה כמעט לחלוטין מפליטת גזי חממה (ראו איור 1 בנספח 3).

בשנת 2011 אנרגיה גרעינית תרמה כעשרה אחוזים מסך כל ייצור החשמל בעולם. עלות ייצור חשמל בשיטה זו זולה במקרים רבים מעלות ייצורו מפחם, והיא נחשבת לזולה מקרב האנרגיות החלופיות (שימו לב שעל פי רוב אין מחשיבים את הטיפול בפסולת רדיואקטיבית בחישוב העלות). הפקת חשמל מאנרגיה גרעינית מיושמת בעשרות ארצות כולל צרפת, ארצות הברית, סין, גרמניה ועוד. עם זה, לאנרגיה גרעינית חסרונות רבים. אחת הבעיות המרכזיות היא תוצרי הלוואי הרעילים והרדיואקטיביים שקשה להיפטר מהם ויש לאחסנם בבטיחות כך שלא ידלפו לקרקע או חלילה יזהמו מאגרי מים. בכל שנה מיוצרים בעולם עשרות אלפי טונות של פסולת רדיואקטיבית שיש לקוברה. בארצות הברית חוצבים מנהרות אחסון מאובטחות בליבם של הרים מבודדים. לחלופין מדינות שולחות אלפי טונות של פסולת רדיואקטיבית ליבשת אפריקה או לאזורים במזרח אירופה תמורת תשלום גבוה מאוד. את הפסולת הרדיואקטיבית אין קוברים מיד. הפסולת מאוחסנת למשך כמה חודשים בכורים עצמם. משום שיש להמתין עד שרמת הרדיואקטיביות של הפסולת תדעך קצת. חשוב לציין שרמת הרדיואקטיביות של הפסולת מכור גרעיני נשארת מסוכנת לאלפי שנים, כך שבעיית האחסון הבטוח נשארת לדורות הבאים. חיסרון נוסף של הפסולת הרדיואקטיבית של כורים גרעיניים הוא החשש שאפשר להשתמש בתוצרי הביקוע של הכור הגרעיני כדי לבנות פצצה גרעינית.

חיסרון נוסף הוא תרחיש של דליפה בכור הגרעיני כתוצאה מתאונה, אסון טבע או פגיעה מכוונת (נושא רגיש במדינות שאינן יציבות מבחינה גיאופוליטית). דליפת קרינה רדיואקטיבית היא הרת אסון בקנה מידה גדול כמו האסון שהתרחש בצ׳רנוביל שבאוקראינה בשנת 1986. בניגוד לדעה הרווחת, תחנת כוח גרעינית אינה יכולה לגרום לפיצוץ גרעיני. בעקבות האסון שאירע בשנת 2011 בתחנת הכוח הגרעינית בפוקושימה שביפן הודיעו כמה מדינות שהן שוקלות מחדש את המשך השימוש בגרעין להפקת חשמל. תחזוקה שוטפת של כור גרעיני בטוח היא מורכבת מאוד ויש חשש כבד מסיכון לעובדים ולסביבה במקרה של תקלה.

מסיבות אלו בעולם המערבי כמעט לא מקימים תחנות כוח גרעיניות חדשות בשנים האחרונות, וישנן מדינות כמו גרמניה שהתחייבו לסגור את הכורים הגרעיניים שלהן בתוך פרק זמן קצוב בעקבות לחץ ציבורי. לעומת זאת, בארצות כמו קוריאה הדרומית, סין, רומניה ורוסיה הולכות ונבנות תחנות גרעיניות רבות כדי להתמודד עם צריכת החשמל ההולכת וגוברת. כורים אלו נבנים לפי תקנים מחמירים המאפשרים דרגת בטיחות גבוהה. בשנים האחרונות (2008־2002) החלה החברה לאנרגיה אטומית של קנדה (AECL) בשיתוף עם חברות חשמל קנדיות לשפץ כורים גרעיניים קנדים שהתיישנו, לצורך הארכת השימוש בהם גם אחרי התקופה המקורית שעבורה הם נבנו.

בישראל מעולם לא הופק חשמל מאנרגיה גרעינית. בשנות השבעים החליטה הממשלה על הקמת תחנה גרעינית להפקת חשמל, אך החלטה זו לא יצאה אל הפועל. לדיון בסוגיה זו בישראל יש רובד נוסף, בשל מצבה הגיאופוליטי של ישראל, הנוקטת שנים ארוכות מדיניות עמימות גרעינית ומסרבת לחתום על אמנת אי־הפצת נשק גרעיני. על אף מורכבות הנושא לא יהיה נכון לקבוע עמדות לגביו כאילו הוא עומד בפני עצמו. כורים גרעינים לייצור חשמל הם רק חלופה אחת בסל המקורות לייצור אנרגיה, ולכן יש לבחון את החלופה הזאת אל מול החלופות האחרות.

מקורות מידע:

אנרגיה גרעינית, מכון דוידסון

אנרגיה גרעינית בישראל. זה כדאי?, Ynet

רב־שיח בנושא ייצור חשמל בכורים גרעיניים בישראל, אקולוגיה וסביבה

שילוב אנרגיה גרעינית בתמהיל הדלקים העתידי בישראל: מה מבין, יודע וחושב הציבור?, דו"ח למשרד האנרגיה

(6) אנרגיה גיאותרמית

המושג גיאותרמי מקורו במילים היווניות גיאה שפרושה ארץ, ותרמוס שפרושה חום. בתוך כדור הארץ יש מאגר חום עצום שאפשר להשתמש בו להפקת אנרגיה. מקור אנרגיה זה נחשב למקור שאינו מתכלה. מקור החום הוא מהתפרקויות רדיואקטיביות של כמה יסודות (אורניום 238, תוריום 232 ואשלגן 40) ואנרגיה אגורה בליבת כדור הארץ מתקופת היווצרותו. האזורים בעולם שבהם האנרגיה הגיאותרמית זמינה ביותר הם האזורים שקיימת בהם פעילות טקטונית. החום עולה לפני השטח באזורים וולקניים עם הלבה הרותחת שמקורה במעמקים, או בצורת מים חמים או קיטור מגייזרים. לחלופין באמצעות קידוח לעומק כדור הארץ אפשר להגיע לשכבות בטמפרטורות גבוהות, ולנצל חום זה כאנרגיה זמינה. אפשר להשתמש באנרגיה זו לייצור חשמל או לוויסות טמפרטורת בניינים ובתים. השדה הגיאותרמי הגדול בעולם נמצא באזור הגייזרים בקליפורניה, צפונית לסן־פרנסיסקו. נוסף לארצות הברית מייצרים חשמל גיאותרמי גם במדינות רבות אחרות כמו באיטליה, בצרפת, בניו־זילנד, במקסיקו ובאיסלנד. ברוב המקומות מפיקים את החשמל בשימוש בקיטור ובמיעוטם ממים חמים. כך למשל באיסלנד, בנוסף לייצור חשמל, המים מחוממים עד לטמפרטורה של כ־82 מעלות צלזיוס ומוזרמים לצנרת של עיר הבירה רייקיאוויק, שם הם משמשים לרחצה, להסקה ואף להפשרת שלג וקרח מהמדרכות.

אנרגיה גיאותרמית היא נקייה מאוד מבחינת פליטת גזי חממה ומבחינת זיהום אחר (ראו איור 1, נספח 3). כמו כן, זהו מקור אנרגיה אמין כיוון שאין השפעות של אספקת דלק או תלות במחירי דלקים (כמו בתחנות כוח מבוססות דלקי מאובנים), אין השפעות של מזג אוויר ואין הבדלים בין יום ללילה (כמו באנרגיה סולרית ואנרגיית תנועת רוח). בנוסף מקור אנרגיה גיאותרמי אינו דורש שטחי קרקע גדולים, ולכן אינו משפיע על תוואי הנוף. במדינת ישראל אין תחנות כוח גיאותרמיות אך יש מערכות אקלום גיאותרמי - מערכת המבוססת על החלפת חום עם האדמה על ידי הזרמת מים במערכת צינורות סגורה. טמפרטורת הקרקע היא קבועה (בישראל כ־20 מעלות צלסיוס), והמערכת הגיאותרמית בנויה מצינורות היורדים לעומקים של כמה עשרות מטרים לאדמה וחוזרים בחזרה למבנה. בצינורות זורמים מים המתקררים או מתחממים (בהתאם לעונת השנה) באדמה עד לטמפרטורה של 20 מעלות וחוזרים למבנה כדי לקררו או לחממו. כך נדרשת פחות אנרגיית חשמל לווסת את הטמפרטורה במבנה (למשל על ידי מזגן). משרד האנרגיה האמריקני מעריך כי בשימוש במערכות אקלים גיאו־תרמיות חוסכים בין 30 אחוזים ל־70 אחוזים באנרגיה. כדי להניח את הצמרת יש לחפור חפירה אנכית לעומק של כמה עשרות מטרים, או חפירה אופקית לעומק של כמה מטרים, תלוי באופי הקרקע ובעומס החום הדרוש. מערכת צינורות גיאותרמיים ניתנים ליישום במבנים חדשים ובמבנים קיימים.

מקורות מידע:

מערכת איקלום גיאותרמית, המועצה לבניה ירוקה

אנרגיה גיאותרמית, מכון ויצמן

מהי אנרגיה גיאותרמית?, מכון דוידסון

אנרגיה גיאותרמית - לייצר חשמל מבטן האדמה, פורטל תשתיות

אנרגיה גיאותרמית, אתר אנרגיה מתחדשת

אנרגיה גיאותרמית

(7) אנרגיית תנועת מים

אנרגיית תנועת מים היא אנרגיה המופקת מתנועה טבעית של מים. שימוש בתנועת מים כמקור אנרגיה החל כבר בזמנים קדומים, למשל זרימת מים שימשה מקור אנרגיה בטחנות קמח שבהן הניעה זרימת המים את אבן הריחיים. בימינו השימוש העיקרי באנרגיית תנועת מים הוא בהפקת אנרגיה חשמלית, המכונה אנרגיה הידרואלקטרית. זוהי האנרגיה המתחדשת הנמצאת בשימוש הנפוץ ביותר ומיוצרת מניצול תנועת המים בנהרות, בנחלים, במפלים, בגלי ים ובתנועת הגאות והשפל של האוקיינוסים. את האנרגיה מתנועת המים אפשר להסב בקלות לחשמל בניצול זרימת המים לסיבוב גלגל (טורבינה) המייצר אנרגיה חשמלית. בתחנת כוח הידרואלקטרית מים נופלים מפתח סכר או ממפל מים טבעי ומסובבים טורבינה. מרגע שתחנת כוח כזו נבנית ומופעלת כמעט שלא נוצרים גזי חממה או פסולת בעקבות פעולת התחנה. המים ניתנים לאגירה באגמים טבעיים או מלאכותיים או במאגרים אחרים. וכך אפשר לאגור את אנרגיית המים הפוטנציאלית (כאנרגיה שאובה) ולהשתמש בה לייצור חשמל כאשר עולה הצורך בכך.

תחנת הכוח הראשונה שסיפקה חשמל לארץ ישראל ולעבר הירדן הייתה תחנה הידרואלקטרית - את תחנת הכוח בנהריים הקים פנחס רוטנברג והיא נחנכה בשנת 1932. התחנה ניצלה את מי הירדן והירמוך להפקת חשמל. התחנה פעלה משנת 1932 ועד כיבוש המקום בידי חיילי הליגיון הערבי בשנת 1948. בישראל אין מפלים המאפשרים ניצול אנרגיה הידרואלקטרית ובכלל יש מעט מאוד מקורות מים, וכמות המים הזורמת בנחלים אינה משתווה לזרימה בנהרות גדולים במדינות אחרות בעולם. אולם בנימין הרצל כבר הגה את פרויקט תעלת הימים. מדובר בחפירת תעלה שתזרים מים לים המלח מהים התיכון או מים סוף לשם ייצור חשמל בעזרת זרימת מים. בשנות החמישים החלו לעבד תוכניות לייצור חשמל מטורבינות מים בתעלת הימים, שהייתה אמורה לזרום מהים התיכון או מים סוף לים המלח, בניצול הפרשי הגבהים הגדולים. בדיקות הראו שאין לתוכנית כדאיות כלכלית ויש לה השלכות סביבתיות נרחבות, וכך, למרות ההשקעה העצומה שכבר גויסה לשם כך מיהודי התפוצות ננטשה התוכנית. במדינת ישראל קיימות כיום שתי תחנות כוח הידרואלקטריות - האחת בכפר הנשיא (על הירדן ההררי) והשנייה בנהריים. התחנות מפיקות כמויות קטנות יחסית של חשמל (2.5 ו־18 ג'יגהוואט בהתאמה).

מקורות מידע:

הגן הסולארי

אנרגיה הידרואלקטרית, ויקיפדיה

(8) התייעלות אנרגטית

כדי שתתרחש התייעלות אנרגטית יש להשתמש בפחות אנרגיה לעשיית משימה שבדרך כלל תדרוש צריכת אנרגיה רבה יותר - כלומר, צמצום בזבוז אנרגיה. להתייעלות אנרגטית מגוון יתרונות: הפחתת פליטות גזי חממה, הפחתת הצריכה של אנרגיה מיובאת והוזלת עלויות במשקי בית, בתעשייה ובכלכלה כולה. בעוד אנרגיות מתחדשות חשובות בהשגת היעדים האלה, התייעלות אנרגטית היא הדרך הזולה ביותר, ולעיתים קרובות המידית ביותר, להפחתת השימוש בדלקי מאובנים. אפשר ליישם התייעלות אנרגטית בכל מגזר במשק, בין שמדובר בבניינים ובתחבורה, בין שמדובר בתעשייה או בייצור אנרגיה. דו"ח של סוכנות האנרגיה הבינלאומית (IEA) קבע שהתייעלות אנרגטית יכולה להפחית את הגידול בצריכת הנפט ב־23 מיליון חביות בשנה. לצורך השוואה, מדובר בכמות שוות ערך להפקת הנפט של ערב הסעודית ורוסיה יחד ביום בשנת 2015. ישראל התחייבה לעמוד ביעד לאומי של צמצום צריכת החשמל בשיעור של 17 אחוזים לפחות עד שנת 2030 מצריכת החשמל הצפויה לפי תרחיש "עסקים כרגיל".

בניינים:

בניינים מכל סוג (מלונות, בתי חולים, קניונים ובנייני מגורים למשל) צורכים כמויות אנרגיה גדולות לפעילותם השוטפת. אפשר ליישם התייעלות אנרגטית הן בשלבי התכנון והבנייה של בניינים חדשים הן בבניינים קיימים. תהליך ההתייעלות יכול להיות בקנה מידה קטן - שימוש בנורות לד חסכוניות באנרגיה, ובמכשירי חשמל אחרים שצורכים פחות אנרגיה; או בקנה מידה גדול יותר - למשל התקנת בידוד יעיל שיקטין את הצורך בהפעלת מיזוג לצורכי קירור או חימום. כמו כן, אפשר לשלב אנרגיות מתחדשות בבניינים, כגון לוחות סולריים אשר יקטינו את השימוש באנרגיית חשמל. רעיון נוסף - בציפוי שמשות לסינון קרינת השמש אפשר להפחית בעד 50 אחוז מהצריכה הצפויה של מיזוג בבניין שהשמשות שלו אינן מצופות. החיסרון של שיטה זו היא שרוב הציפויים האלו מסננים חלק ניכר מקרינת האור, מה שיכול לגרום לירידה בעוצמת האור הטבעי ולצורך להדליק תאורה מלאכותית באמצע היום, דבר שפוגע ביעילות הורדת צריכת החשמל למיזוג.

תחבורה:

ישנם כלי רכב יעילים באנרגיה שהם צורכים, כלומר הם צורכים פחות דלק מכלי רכב אחרים כדי לנסוע את אותו מרחק. כמו כן, קיימים כלי רכב היברידיים וכלי רכב חשמליים אשר פולטים פחות גזי חממה. רכב היברידי משתמש בשני סוגי מנועים יחד (ומכאן שמו: מנוע היברידי ־ בן־כלאיים): מנוע בעירה פנימית הוא מנוע הבנזין הרגיל והמוכר; ומנוע חשמלי אשר ממיר את אנרגיית התנועה (האנרגיה הקינטית) של הרכב לחשמל. רוב כלי הרכב ההיברידיים שבשוק היום הם מסוג "היבריד מקביל", כלומר, כלי רכב בעלי מערכות חכמות המפעילות את שני המנועים יחד בתזמון שמאפשר שימוש יעיל באנרגיה, בהתאם לסוג הנסיעה ולתנאי הדרך. כך, למשל, בנסיעה איטית יעבוד המנוע החשמלי יותר ולא יצטרך את הסיוע ממנוע הבנזין, וכך החיסכון בדלק יהיה גדול יותר.

מחזור חום:

לא כל אנרגיית החום שנוצרת בתחנות כוח המבוססות על פחם, על סולר, על גז טבעי או אפילו על אנרגיה גרעינית נהיות חשמל. תחנות כוח כאלה יוצרות חשמל על ידי חימום מים במערכת סגורה, שרפה של דלק (פחם, גז או סולר) או ביקוע גרעיני. המים מתאדים ונהיים קיטור. הקיטור גורם להנעת טורבינה המניעה מגנטים שיוצרים שדה חשמלי. בדרך כלל, יותר

מחצי מאנרגיית החום המיוצרת בתהליך אובדת ואינה מנוצלת. ב"לכידת" החום עודף ובניצולו אפשר להגיע ליעילות גבוהה יותר של ניצול אנרגיה. יעילות זו שיכולה להגיע עד ל־80 אחוז ניצול (לעומת פחות מ־50 אחוזים בדרך המסורתית). פירוש הדבר הוא שנדרשת כמות קטנה יותר של דלק כדי לייצר את אותה כמות של חשמל. קיימות תחנות כוח הפועלות בשילוב כוח וחום. אילו לוכדות את כל החום או חלק ממנו למטרות חימום, ומשתמשות בו בסמוך למתקן או במקומות מרוחקים יותר על ידי חימום מים והעברתם בצינורות.

<u>תעשייה:</u>

הפעלת מכונות גדולות בתעשייה גם היא יוצרת חום רב, ואפשר לנצל אותו. נוסף על כך, מכונות רבות מבזבזות אנרגיה בלי בקרה - ובדיקה פשוטה תאפשר ייעול וחיסכון באנרגיה.

התוכנית להתייעלות אנרגטית של משרד האנרגיה:

התוכנית עוסקת בצמצום צריכת החשמל בשנים 2016־2030 ולפיה צפויה ירידה של 17 אחוזים בצריכת החשמל בארץ עד 2030. פעולות אלה יצמצמו את השימוש בחשמל:

- יינתן תקן ליעילות מינימלית של מבנה חדש או משופץ על פי תקן שיפחית את צריכת החשמל ויוזיל עלויות.
- עידוד בנייה מאופסת אנרגיה.
- חשיפה של בעלי מבנה חדש או בעלי מבנים קיימים למידע על צריכת אנרגיה.
- שיפור אנרגיה במערכות קירור וחימום.
- מתן תקן למכשירי חשמל ולגופי תאורה חסכניים באנרגיה ולאנרגיה חסכונית בתעשייה.

<u>התנהגות:</u>

האסטרטגיות שלעיל משפרות את יעילות האנרגיה באמצעות טכנולוגיה ועיצוב. עם זה, לדרך בה אנשים משתמשים בטכנולוגיה יש השפעה מרחיקת לכת על היעילות. מחקרים הראו כי 30 אחוז מחיסכון האנרגיה הפוטנציאלי בטכנולוגיות יעילות נאבד בגלל מגוון גורמים חברתיים, תרבותיים וכלכליים. ולכן חשוב לתת את הדעת לגורמים אלה בתהליך ההתייעלות האנרגטית. עם החסמים הבולטים להתייעלות נמנים חוסר במידע או חוסר מודעות של הצרכנים בנוגע לשימוש יעיל וחסכוני באנרגיה, ואף לבחירה נכונה בטכנולוגיות החוסכות אנרגיה; היעדר מימון ותמריצים מספיקים ועוד.

סרטון:https://www.youtube.com/watch?v=bJh53jhpKDA

מקורות:

Energy Efficiency (באנגלית)

ההיבט ההתנהגותי של ההתייעלות האנרגטית, חברת חשמל

"התייעלות אנרגטית היא טרנד מהחזקים בעולם, אסור להתעלם", גלובס

קוגנרציה, ויקיפדיה

Efficient energy use (באנגלית), ויקיפדיה

בניה ירוקה, ויקיפדיה

מהי בנייה ירוקה?, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

(9) מיסוי ירוק / מס סביבתי

דרך נוספת להפחית את השימוש בדלקי מאובנים היא הטלת מיסים על דלקי מאובנים ועל פליטות פחמן. צפו בסרטון זה (אפשר להתחיל בדקה 3:34 ולסיים בדקה 9:42) ועיינו במקורות האלה:

מיסוי ירוק, גלובס

מס סביבתי, אקו-ויקי

الملحق 1: ورقة إرشاد لمجموعة من الخبراء (اقتراح 1) أو السكان (اقتراح 2)

اقرأوا بطاقة المعلومات التي أمامكم واملأوا الجدول خلال النقاش في المجموعة. من الأفضل استخدام مصادر معلومات إضافية (انظروا إلى مصادر المعلومات في نهاية بطاقة المعلومات. يمكنكم البحث عن المزيد من المصادر). انتبهوا إلى المعلومات الإضافية التي تقارن بين مصادر الطاقة في الملحق 3. يجب على كل طالب وطالبة في مجموعة الخبراء إكمال الجدول، حيث يتم استخدامه خلال النقاش في اللجنة الاستشارية.

نوع الطاقة	
هل تنبعث غازات الدفيئة؟	**ما هي المساحة المطلوبة للتكنولوجيا؟**
تكلفة التركيب أو التطبيق: **مرتفع جدًّا، مرتفع، متوسط، منخفض**	**تكلفة الصيانة:** **مرتفع جدًّا، مرتفع، متوسط، منخفض**
هل يمكن تطبيقه في دولة اسرائيل؟ **بأي مدى؟**	**ما هي الصعوبات في التطبيق؟** **كيف يمكن التشجيع على التطبيق؟**
تلخيص الحسنات	**تلخيص السيئات**

الملحق 2: ورقة إرشاد للجنة الاستشارية

اشتركتم في لجنة استشارية تُناقش إجراءات الحدّ من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في دولة إسرائيل. يجب على اللجنة أن تقترح مزيجًا لاستخدام الطاقة وتوصيات إضافية يمكن أن تقلل من اعتماد الدولة على الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر). يمكنكم تقديم توصيات بناءً على معلومات من الخبراء وبناءً على المعلومات الواردة في الملحق 3. أمامكم ورقة إرشادية تساعدكم في تقديم التوصية. نمنح كل إمكانية عدد معين من الدرجات (من 1 – غير جدير بالاهتمام، إلى 5 - مفيد جدًا) وفقًا لعدة معايير.

انتبهوا إلى أنه ليست كل المعايير مناسبة لجميع الإمكانيات. يمكن إضافة معايير إضافية (بموافقة اللجنة بأكملها) للحكم على الإمكانيات. في نهاية ملء الجدول الذي يشمل النتيجة الإجمالية لكل إمكانية من الإمكانيات. إذا رغبتم في ذلك، يمكنكم في مرحلة إعداد النتائج إعطاء درجة مختلفة لكل معيار.

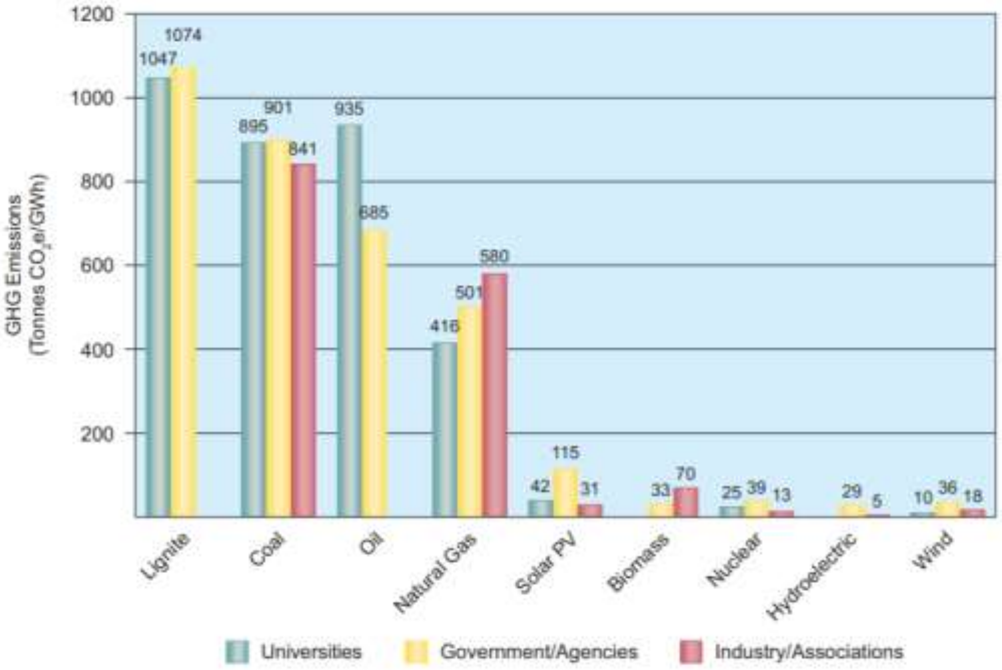
لخصوا بالنسبة المئوية توصيات اللجنة بخصوص مزيج استخدام الطاقة لدولة إسرائيل - ما هي النسبة المئوية من كل نوع من أنواع الطاقة التي تكوّن إجمالي الطاقة المستخدمة في الدولة، وفيما يتعلق بالتدابير الإضافية لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري.

	كمية الانبعاث	تكلفة التركيب (إذا لزم الأمر ذلك)	تكلفة الصيانة	المساحة المطلوبة	كفاءة الطاقة – كمية الطاقة لكل وحدة من المادة	توفير الطاقة	أخرى (فصّلوا)	مجموع الدرجات
الفحم الحجري								
نفط أو سولار								
غاز طبيعي								
بيو ديزل								
حرق النفايات								
محطة للطاقة الشمسية								
الخلايا الشمسية الكهروضوئية								
طاقة الرياح								
الطاقة النووية								
الطاقة								

الحرارية الأرضية								
طاقة حركة الماء								
كفاءة الطاقة								
الضرائب الخضراء								
آخر								

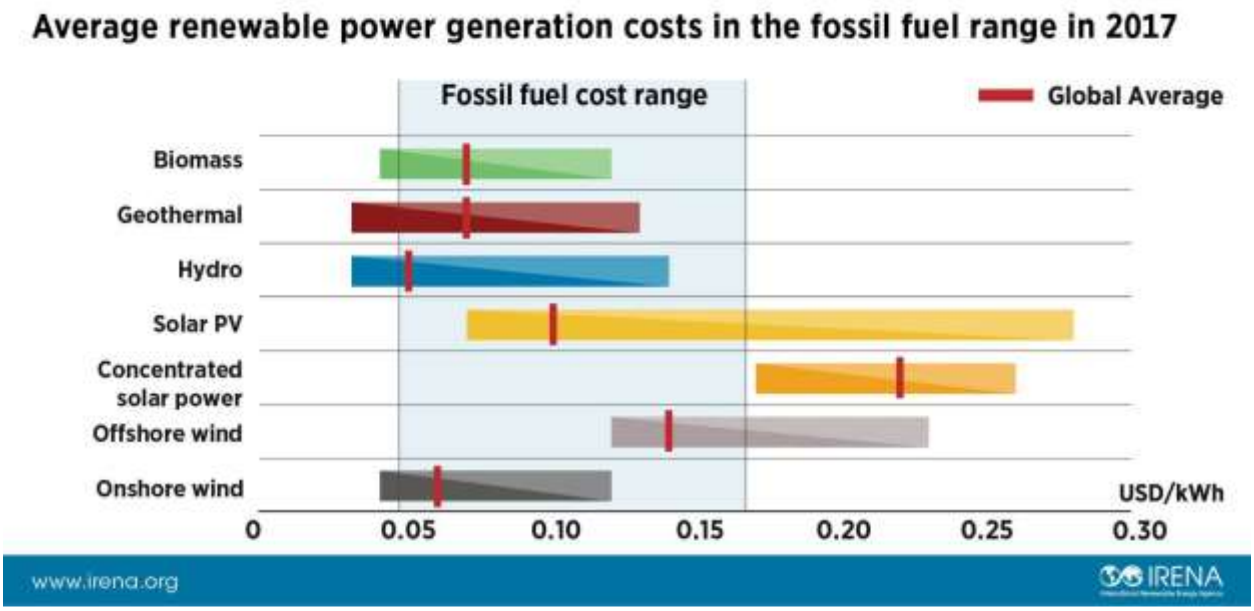
الملحق 3: معلومات عن الوقود الأحفوري والطاقات البديلة

الرسم البياني 1: مقارنة بين انبعاث غازات الاحتباس الحراري من عدة مصادر للطاقة.



الرسم البياني 1: انبعاث غازات الاحتباس الحراري باستخدام طاقات مختلفة، بوحدة طن ثاني أكسيد الكربون، بقدرة طاقة مقدارها واحد جيجا واط في الساعة. يمكن أن نرى في الرسم البياني تلخيص لمعطيات أبحاث أجرتها عدة مؤسسات. يُشير اللون الأخضر إلى أبحاث أجرتها مجموعات بحث في الجامعات، يُشير اللون الأصفر إلى أبحاث أجرتها هيئات ووكالات حكومية، ويُشير اللون الأحمر إلى أبحاث أجرتها الصناعة ومنظمات أخرى. מקור.

<u>الرسمة 2: تكلفة الطاقات البديلة مقارنة بالوقود الأحفوري.</u>

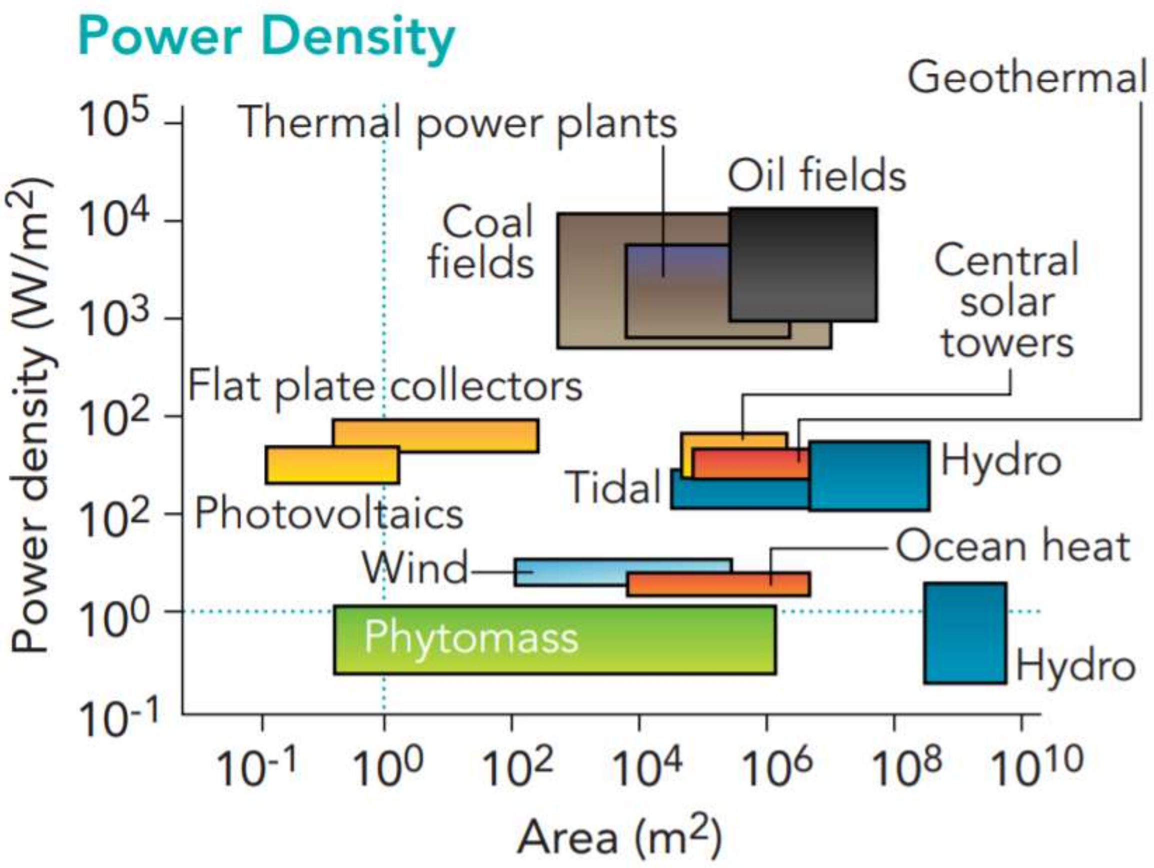


الرسم البياني 2: مجال التكلفة (بالدولار لكل كيلو واط ساعة) للطاقات البديلة مقابل تكلفة الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر). مجال تكلفة الوقود الأحفوري مُظلل باللون الرمادي (fossil fuel cost range). تُشير الخطوط الحمراء إلى معدل التكلفة في العالَم (global average). انتبهوا إلى أن مجال تكلفة الطاقة الشمسية مناسب للخلايا الكهروضوئية الواسعة (solar PV)، لأنها تشمل في الحسابات التقنيات القديمة أيضًا، التي كانت أغلى من التقنيات المستخدمة اليوم.
المصدر:

International Renewable Energy Agency - IRENA https://www.irena.org/

Biomass	الوقود الحيوي
Geothermal	طاقة حرارية من باطن الأرض
Hydro	طاقة الماء
Solar PV	الطاقة الشمسية - الخلايا الكهروضوئية
Concentrated solar power	الطاقة الشمسية المجمّعة (تجميع الطاقة الشمسية بواسطة مرايا وعدسات، يتم تطبيق ذلك في الأبراج الشمسية)
Offshore wind	طاقة حركة الرياح التي تحصدها التوربينات الموجودة داخل أجسام مائية، عادة في البحر.
Onshore sind	طاقة حركة الرياح التي تحصدها التوربينات في اليابسة

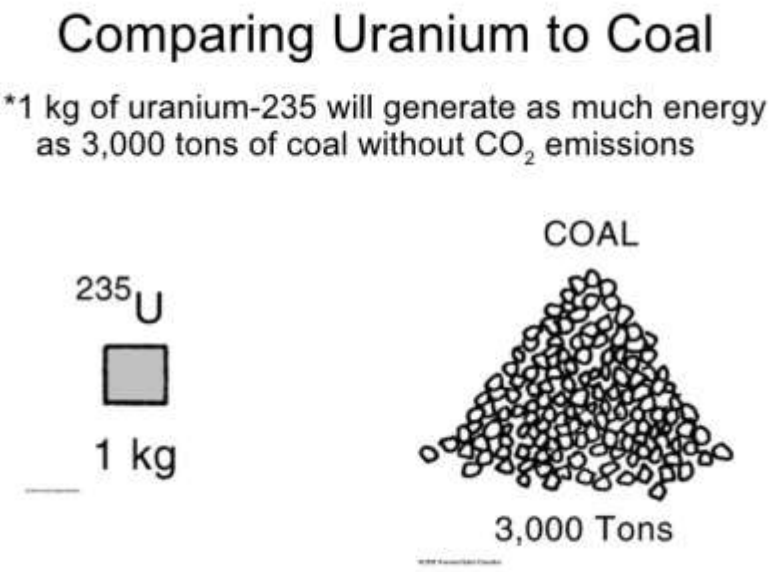
<u>الرسم البياني 3: كفاءة مصادر الطاقة (هذا الرسم البياني صعب، لذا فهو مناسب للطلاب المتقدمين).</u>



الرسم البياني 3: كثافة قدرة الطاقة من مصادر طاقة مختلفة والمساحة التي تتطلبها - كمية الطاقة التي يمكن استخراجها (المحور Y) مقابل المساحة المطلوبة لاستخراج نفس الطاقة. كلما ازدادت كثافة قدرة الطاقة، يُمكن استخراج المزيد من الطاقة من نفس المصدر لكل وحدة مساحة. مثلًا: كثافة قدرة الطاقة الشمسية أقل من كثافة قدرة طاقة الفحم الحجري . نلاحظ أن هناك حاجة إلى مساحة أكبر لمنشآت الطاقة الشمسية (محطات الطاقة الشمسية) كالألواح الشمسية (الخلايا الكهروضوئية)، لكن كلاهما لهما كثافة طاقة مماثلة. أما بالنسبة للطاقة النووية، انظروا إلى الرسم البياني 4.

المصدر: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421518305512

<u>الرسم البياني 4: كفاءة الطاقة النووية مقارنة بالفحم الحجري</u>



الرسم البياني 4: كثافة قدرة الطاقة النووية أكبر بكثير من كثافة قدرة طاقة الفحم الحجري - يُمكن استخراج نفس كمية الطاقة من 3000 طن من الفحم الحجري ومن كيلوغرام واحد من اليورانيوم -235، دون انبعاث غازات الاحتباس الحراري من الطاقة النووية.

المصدر: https://www.slideshare.net/edstermer/nuclear-power-3961454

ملحق 4: بطاقات معلومات

<u>وقود الديزل الحيوي (وقود حيوي)</u>

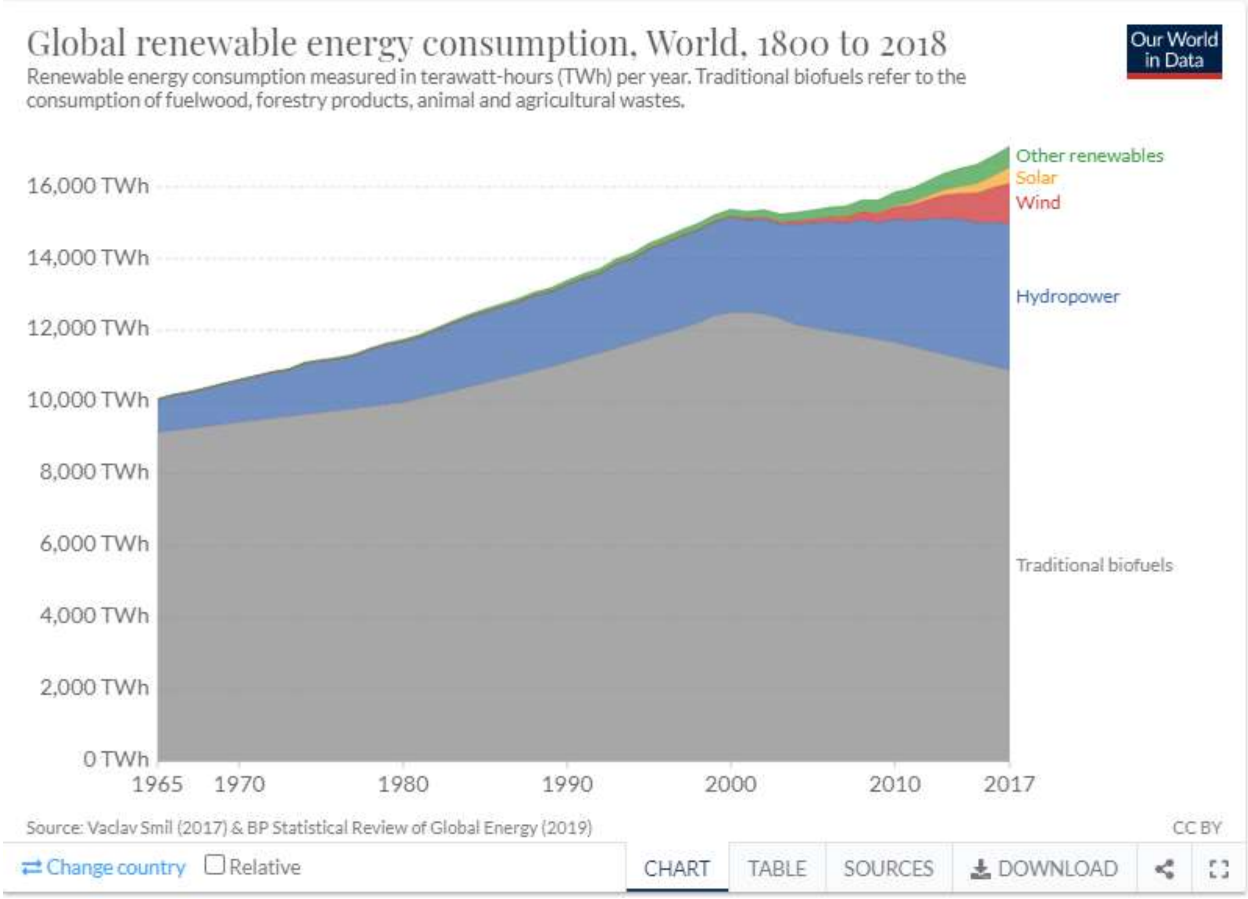
وقود الديزل الحيوي هو نوع من الوقود الحيوي* المصنوع من زيوت، مثل: الدهون الحيوانية، زيوت الطعام المستخدمة (بما في ذلك زيت فول الصويا، زيت الكانولا، زيت جوز الهند وزيت الفول السوداني) أو الزيوت النباتية المُستخرجة خصيصًا لإنتاج الديزل الحيوي من الذرة، فول الصويا أو النخيل. يُمكن استخدام وقود الديزل الحيوي كوقود نقي أو نخلطه مع الديزل بنسب مختلفة. يُعتبر وقود الديزل الحيوي أنظف من الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر)، لأن احتراقه يُنْتِج غازات دفيئة أقل بكثير (انظروا إلى الرسم البياني 1 في الملحق 3). بالإضافة إلى ذلك، أثناء حرق وقود الديزل الحيوي، هناك انخفاض كبير في انبعاثات الملوثات الأخرى، مثل: أكاسيد الكبريت، هيدروكربونات مختلفة وجسيمات السخام. سعر وقود الديزل الحيوي في مجال أسعار الوقود الأحفوري، ويمكن أن يكون أرخص منه إذا تمّ فرض ضريبة أعلى على الوقود الأحفوري (انظر الرسمة 2). ومع ذلك، فإن الطاقة الموجودة في وقود الديزل الحيوي، أي قيمته من السعرات الحرارية، أقل بنحو 9 في المائة من وقود السولار. هذا يعني أن مسافة السفر لكل لتر من وقود الديزل الحيوي أقل من الوقود الأحفوري.

على عكس النفط، فإن وقود الديزل الحيوي غير سام، وبالتالي في حالة تسربه إلى الأرض أو مصادر المياه، لا يوجد خوف من كارثة بيئية. وقود الديزل الحيوي آمن للاستخدام والنقل. من ناحية أخرى، بما أن وقود الديزل الحيوي غير سام ومن مصدر بيولوجي، تميل البكتيريا والفطريات إلى التطور أثناء التخزين المطول. لذلك يجب أن يكون استخدامه في أقرب وقت ممكن من لحظة الإنتاج، وإلا فسوف يفسد. في أعقاب الاتجاه المتزايد في العالَم لاستخدام الطاقة البديلة، بدأ كبار مصنعي السيارات مؤخرًا في إنتاج سيارات مصممة للعمل على وقود الديزل الحيوي. في السيارات العادية، يُمكن تخفيف السولار بوقود الديزل الحيوي بتركيز لا يزيد عن 5 في المائة، دون تغيير محرك السيارة. للديزل الحيوي بعض السيئات فيما يتعلق بالاقتصاد العالمي - كلما ازداد استخدام الوقود الحيوي ازدادت المنافسة بين مجال الطاقة ومجال صناعة الأغذية. لأن معظم المواد الخام المستخدمة في إنتاج وقود الديزل الحيوي هي نفس المواد المستخدمة في صناعة المواد الغذائية. على سبيل المثال، فإن استخدام الذرة للديزل الحيوي بدلًا من التغذية يضر بأسعار الغذاء وتوافره.

على الرغم من تسويق وقود الديزل الحيوي على أنه طاقة خضراء، إلا أن هناك أيضًا تكاليف بيئية إضافية لاستخدام وقود الديزل الحيوي النباتي: تؤدي الحاجة المتزايدة إلى النباتات لصناعة وقود الديزل الحيوي إلى تخصيص مساحات كبيرة من الأراضي لهذا الغرض وتتضرر المناطق الطبيعية والغابات نتيجة لذلك. على سبيل المثال، تمّ قطع الكثير من الغابات الماطرة في البرازيل لزرع محاصيل فول الصويا كمصدر للديزل الحيوي. يمكن أن يؤدي الإنتاج الكثير للديزل الحيوي إلى ارتفاع أسعار الحبوب لكل من الوقود والغذاء، وسوف يتضرر السكان الفقراء من ذلك. الحل الأمثل للعديد من السيئات هو استخدام الزيوت المستعملة والدهون الحيوانية الزائدة، لكن كميتها لا تلبي الطلب المتزايد لوقود الديزل الحيوي. تُعارض وزارة حماية البيئة المحيطة حاليًا إنتاج الطاقة من محاصيل معينة، لأن هذه المحاصيل تكون على حساب محاصيل غذائية

أخرى، أو على حساب مناطق طبيعية يتم تحويلها إلى أراضٍ زراعية، أو لأن زراعة الكتلة الأحيائية للطاقة يتطلب استثمارًا كبيرًا نسبيًّا في المياه، الأسمدة، التربة والطاقة.

*الوقود البيولوجي (أو الوقود الحيوي) هو مصدر للطاقة من مواد عضوية (من الحيوانات والنباتات). يُعتبر الوقود الحيوي مصدرًا للطاقة المتجددة، لأن استخدامه يُنْتِج "دائرة مغلقة" من ثاني أكسيد الكربون: نفس ثاني أكسيد الكربون الذي يتمّ إطلاقه في عملية حرق هذا الوقود يتمّ استهلاكه مرة أخرى في عملية التركيب الضوئي أثناء نمو النبات. يمكن أن تعتمد هذه الوقود على الكحول (من عملية تخمير السكريات) أو الزيوت (وقود الديزل الحيوي). يمكن أن يكون الوقود الحيوي صلبًا. الأمثلة الشائعة هي: الأشجار، نشارة الخشب، قصاصات العشب، القمامة المنزلية أو النفايات الزراعية. يتضح من الرسمة أدناه أن استخدام الوقود الحيوي يُشكّل الجزء الأكبر من الطاقة المتجددة المستهلكة في العالَم.



الرسمة 1 - استهلاك الطاقة المتجددة في العالَم بين السنوات 1800-2018. نلاحظ أن الوقود الحيوي التقليدي (عادة مادة نباتية مثل الخشب) يُستخدم بنسبة 60 إلى 70 في المائة من جميع أنواع الوقود المتجدد. في الدول الفقيرة، يُستخدم الوقود الحيوي التقليدي بشكل شائع جدًّا لأغراض الطهي والتدفئة.

مصدر: https://ourworldindata.org/renewable-energy

مصادر المعلومات:

שימוש בביומסה כמקור לאנרגיה, מכון ויצמן

ביודיזל, פורטל המיחזור

ביודלק, אתר אנרגיה מתחדשת

3. استخراج الطاقة من النفايات

في إسرائيل، يتمّ إنتاج حوالي 17.5 مليون طن من النفايات الصلبة كل عام، منها حوالي 5 ملايين طن نفايات مدنية وحوالي 6 ملايين طن نفايات زراعية. تُعتبر معالجة هذه النفايات تحديًّا كبيرًا للغاية، وأحد الحلول هو استخراج الطاقة منها. الربح من ذلك مضاعف: من ناحية واحدة، يتمّ استخراج طاقة بدلًا من الوقود الأحفوري (الوقود المتحجرة) ومن ناحية أخرى يمكن تقليل حجم النفايات الفائضة. حسب التقسيم الأساسي، تنقسم النفايات إلى نوعين: النفايات الرطبة والنفايات الجافة. تحتوي النفايات الرطبة على مواد عضوية، خاصة بقايا طعام، ويمكن تحليلها تحليل بيولوجي. تشمل النفايات الجافة جميع النفايات الأخرى - المواد العضوية، مثل: الخشب الورق والبلاستيك الذي لا يمكن إعادة تدويره في عملية الكومبوست (السماد)، ولا يمكن تحليله بواسطة نشاط بكتيريا.

يمكن تقسيم معالجة النفايات إلى ثلاثة معايير رئيسية:

1. الاحتراق - مناسب للنفايات الجافة.
2. المعالجة البيولوجية - مناسبة للنفايات البيولوجية الرطبة - التحليل اللاهوائي (تحلل بواسطة بكتيريا في بيئة محيطة خالية من الأكسجين).
3. المعالجة الحرارية - مناسبة للنفايات الجافة - مجموعة متنوعة من التقنيات التي يتم فيها بذل طاقة ورفع درجة الحرارة لاستخراج وقود من النفايات. لا نتعمق في هذه الفئة.

حرق النفايات: في الماضي، تمّ استخدام هذه الطريقة، من بين أمور أخرى، كبديل للطمر. يمكن استخراج طاقة من عملية الاحتراق بكفاءة، لكن يجب أولًا تصنيف النفايات. يجب أولًا إخراج المواد القابلة لإعادة التدوير، مثل: البلاستيك، الورق والكرتون، الزجاج، المعادن والمواد القابلة للتحلل بطريقة بيولوجية. من الأفضل أن يتمّ هذا الفصل قبل التخلص من النفايات (الرُّزم إلى الحاوية البرتقالية) ، لكن يمكن أيضًا فصل المواد عن بعضها في منشآت فرز المواد. من المهم ابعاد منتجات كبيرة أو خطيرة يُمكن أن تؤدي إلى انبعاث مواد خطيرة. منذ عشرات السنين، لا يُستخدم الحرق كحلّ أول لمعالجة النفايات بسبب عواقبه البيئية المحيطة والصحية. بَعد الحريق يتلوث الهواء وتنبعث غازات الدفيئة مما يؤثر ذلك على ظاهرة الاحتباس الحراري. في أوروبا، تدمج العديد من أنظمة معالجة النفايات بين الوقاية، إعادة الاستخدام، الفصل في المصدر، إعادة التدوير والحرق كمجموعة من الحلول المقبولة، في محاولة لتقليل حجم النفايات التي يتمّ إرسالها للطمر في مكب النفايات.

المعالجة البيولوجية والغاز الحيوي: الغاز الحيوي هو غاز يُستخرج من مادة عضوية في عملية تحلّل بواسطة بكتيريا في ظروف خالية من الأكسجين. يمكن استخدام الغاز الحيوي لتشغيل المولدات الكهربائية لتوليد الكهرباء أو لتوليد الحرارة عند حرقه. هذه العملية طبيعية وتحدث تلقائيًّا في ظروف مناسبة، على سبيل المثال في أماكن طمر النفايات ومواقع النفايات. وُجد في الأبحاث التي أُجريت في مطامر نفايات كبيرة (المواقع التي تُنقل إليها النفايات الصلبة) أن كميات كبيرة من الغازات تنبعث من القمامة. أحد هذه الغازات هو الميثان. يمكن استخدام هذا الغاز كمصدر للطاقة. بيّنت الحسابات أنه يمكن إنتاج حوالي 200 لتر من غاز الميثان من كل 1 كغم من النفايات المطمورة. يتمّ تجميع الغاز بواسطة أنابيب أُدخلت في كومة النفايات. يصعد الغاز ويُضخ من الأنابيب. يمكن استخدام هذا الغاز كطاقة بديلة تستخدم لتشغيل المرْكَبات على سبيل المثال. يُمكن أيضًا إنشاء منشآه خاصة لاستخراج الغاز الحيوي من النفايات العضوية.

في إسرائيل، هناك ثلاث منشآت إقليمية (ميتسر في الجولان، وادي حيفر وبئر توفيا) تُستخدم لإنتاج الغاز الحيوي من زبل الحظائر. إحدى المشاكل الصعبة في إنشاء هذه المنشآت الإقليمية هي اعتراض السكان الذين يخشون من المضرات الصحية والرائحة، ولا يريدون بناء هذه المنشآت في منطقتهم. بالإضافة إلى ذلك، في المنشأة التي يُستخرج فيها الغاز الحيوي من روث البقر، يجب معالجة السوائل الزائدة التي تَنْتُج خلال العملية وتسمّى مياه الصابورة (مياه ثقل، تُستعمل لتوازن السفن). تحتوي هذه المياه على أملاح وسليكون ويجب إزالتها إلى مواقع خاصة. هناك أيضًا منشآت لإنتاج الغاز الحيوي من النفايات الصناعية (إنتاج الألبان، المسالخ، مصانع الأغذية، مصانع المشروبات ومصانع الجعة (البيرة) ومصانع الورق أيضًا).

من المهم أن نفهم أن إعادة النفايات إلى طاقة لا يحلّ مشاكل الطاقة في إسرائيل. في التقنيات الحالية، تشكّل هذه الطاقة نسبة قليلة من إجمالي استهلاك الطاقة الإسرائيلي سنويًّا. لكن استخراج الطاقة من النفايات له جانب اقتصادي يجعل معالجة النفايات أكثر نجاعة من ناحية اقتصاديّة، وأيضًا أكثر كفاءة من الناحية البيئية المحيطة مقارنة بإعادة التدوير، أكثر من الطرق غير المنتجة للطاقة؛ يؤدي ذلك أيضًا إلى تقليل طمر النفايات وإلى تقليل إهمال معالجة النفايات التي لا تزال موجودة في إسرائيل. يُعتبر فصل النفايات أحد أهم المتطلبات الأساسية لإنتاج الطاقة من النفايات.

مصادر المعلومات:

היבטים כלכליים של הפקת אנרגיה מפסולת עירונית וחקלאית

שיפור מערך הפקת האנרגיה מפסולת אורגנית בישראל

הפקת אנרגיה מפסולת, מוסד שמואל נאמן

(3) الطاقة الشمسية

مصدر الطاقة الشمسية هو الإشعاع الشمسي (طاقة الحرارة والضوء) وهو أحد أكثر مصادر الطاقة المتوافرة. من المتوقع أن تحترق الشمس لمليارات السنين، لذا تُعتبر طاقة متجددة. كما أن الطاقة الشمسية نظيفة نسبيًّا واستخدامها لا يُنْتِج كميات كبيرة من غازات الاحتباس الحراري (انظروا إلى الرسمة 1 والجدول 1). كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الأرض هائلة - كل استهلاك الطاقة العالمي السنوي يساوي كمية الطاقة التي تصل من الشمس إلى الأرض بضع ساعات. استخدامات الطاقة التي مصدرها من الشمس متنوعة. يُمكن استخدام هذه الطاقة على الفور وبشكل مباشر لأغراض التدفئة، التبخير وتجفيف الطعام، مثل: الطهي بمساعدة فرن يعمل بالطاقة الشمسية، برك التبخير لإنتاج الأملاح وتجفيف الغسيل. هكذا نوفر الكهرباء أو الغاز أثناء طهي الطعام، كما نوفر الكهرباء التي يحتاجها مجفف الملابس. يُمكن أيضًا تحويل الطاقة الشمسية إلى حرارة. الطريقة التي نعرفها هي سخانات المياه بالطاقة الشمسية דודי שמש - المستقبلات المثبتة على أسطح المنازل تحوّل الطاقة الشمسية إلى طاقة حرارية وتسخن المياه في سخانات المياه بالطاقة الشمسية. يُعتبر استخدام سخانات المياه بالطاقة الشمسية أمرًا شائعًا لدرجة أنّ القانون الإسرائيلي ينص في الواقع على وجوب تركيب نظام من الألواح الشمسية والمراجل في كل منزل جديد يتم بناؤه.

وبالمثل، يمكن أيضًا توليد الكهرباء باستخدام الطاقة الشمسية، لأن كمية الطاقة الشمسية هائلة، ويمكن أن تُستخدم الطاقة الشمسية كمكون واسع النطاق في سوق الطاقة العالمي.

لا يزال هناك تحديان رئيسيان في هذا المجال:

(أ) الطاقة الشمسية غير مركّزة، بمعنى أنها موزعة على مساحة كبيرة جدًّا.

(ب) من الصعب تخزين الطاقة الشمسية. يتغير شدة الإشعاع الذي يصل الألواح الشمسية حسب ظروف الطقس - ولا يتوافق استهلاك الطاقة الفعلي (كمية الكهرباء التي يستخدمها الناس، على سبيل المثال) بالضرورة مع هذه الظروف، لذلك هناك حاجة إلى وسائل تخزين. فقط في العقد الماضي (2010 - 2020)، أصبحت عمليات التقاط، تحويل وتخزين الطاقة الشمسية أكثر كفاءة، لذا أصبحت أسعار الطاقة الشمسية مجدية من الناحية الاقتصادية (انظروا إلى الرسمة 2).

تُركّز منشآت الطاقة الشمسية أشعة الشمس بواسطة مرايا أو عدسات، وكذلك أنظمة تُتيح متابعة الشمس. كل هذا يُتيح استخدام أفضل للطاقة الشمسية واستخدامها في التطبيقات التي تتطلب درجة حرارة عالية. قد تساهم أجهزة التتبع التي تراقب حركة الشمس في السماء نهارًا في زيادة كفاءة الجهاز حتى بدون تركيز أشعة الشمس.

يمكن استخدام الطاقة الشمسية للأغراض الصناعية أو لتوليد الكهرباء بإحدى طريقتين:

1. تجميع الطاقة الحرارية الشمسية - تسخين سائل لتشغيل محرك حراري ينتج كهرباء أو عمل ميكانيكي. في هذه الطريقة، في المرحلة الأولى، نحوّل الطاقة الممتصة من الشمس إلى حرارة. في المرحلة الثانية، يتمّ توليد بخار من الحرارة، وفي النهاية يتمّ استخدام البخار لتشغيل التوربينة التي تُنْتِج الكهرباء.

2. **تجميع الطاقة الكهروضوئية** - الخلايا الكهروضوئية هي خلايا شمسية تحوّل ضوء الشمس إلى كهرباء. هذه الخلايا مصنوعة من السيليكون وتحتوي على مادة شبه موصلة (Semi-conductor). يمكن توليد الكهرباء مباشرة، أو تخزين الطاقة الشمسية بوسائل تخزين، مثل: البطاريات، أو ضخ المياه إلى ارتفاع، أو التخزين الحراري (الحرارة) في السوائل أو المواد الصلبة واستخراج الطاقة من هذه الوسائل لاحقًا. يمكن أن يؤدي استخدام التكنولوجيا الكهروضوئية إلى توفير مورد الأرض عن طريق تركيب الألواح الشمسية على أسطح المنازل. إحدى المزايا البارزة للطاقة الشمسية في أنها تقلل من الاعتماد على المسوقين الخارجيين، وتُتيح توليد الكهرباء بشكل مستقل.

إلى جانب الحسنات العديدة لاستخدام الطاقة الشمسية، هناك أيضًا بعض السيئات: الاستثمار المالي الأولي في بناء محطات الطاقة الشمسية وتوليد الكهرباء مرتفع نسبيًّا مقارنة بمحطات الطاقة التقليدية. هناك حاجة إلى دعم سياسي. كما أن الطاقة الشمسية غير مستقرة وتتغير على مدار اليوم وطوال العام، وكفاءتها لكل وحدة مساحة منخفضة، حيث لا تصل الطاقة الشمسية إلى الأرض بطريقة مركّزة. إنّ استخدام مساحات أراضي مفتوحة لبناء محطات الطاقة الشمسية يضر أيضًا بالبيئة المحيطة، بالتنوع البيولوجي وبالموارد الطبيعية. لذلك من الأفضل تركيب ألواح شمسية على أسطح المباني لוחות סולריים על גגות מבנים. يحتاج بناء محطة توليد كهرباء إلى استخدام كهرباء، تقنيات ومواد تضر بالبيئة المحيطة. من أجل التغلب على بعض سيئات استخدام الطاقة الشمسية، تُبذل محاولات اليوم لدمج محطات طاقة شمسية مع محطات طاقة رياح (المقال 2 حول هذا الموضوع) לשלב בין תחנות אנרגיה סולרית ובין תחנות אנרגית רוח (מאמר 2 בנושא). بهذه الطريقة يمكن استغلال ساعات الليل وفصول الشتاء لتوليد الكهرباء. بالإضافة إلى ذلك، تُبذل جهود لبناء ألواح شمسية ذات مساحة سطحية أكبر تشتمل على مكونات نانو تكنولوجية لزيادة إنتاج الطاقة الناتجة.

مصادر المعلومات:

אנרגית שמש, מכון ויצמן

ניצול יעיל של אנרגיית השמש, מכון דוידסון

חשמל סולארי מהרוח

אנרגיה סולארית, ויקיפדיה

יתרונות וחסרונות באנרגיה סולארית

חשמל במסלול הירוק, החברה להגנת הטבע

(4) طاقة الرياح

إحدى الطرق الشائعة في العالَم لتوليد طاقة كهربائية بديلة لمدن بأكملها هي بناء محطات طاقة تعمل بواسطة توربينات الرياح. توربينات الرياح טורבינות רוח عبارة عن مروحة مثبتة على عمود، على غرار محطة الرياح التاريخية التي كانت تُستخدم سابقًا لطحن الدقيق باستخدام الكهرباء الذي نولده من طاقة الرياح. تُستخدم توربينات الرياح كمصدر طاقة بديل وغير ملوث (انظروا إلى الرسمة 1 والجدول 1) وهي غير قابلة للاستنفاد. علاوة على ذلك، فإنّ أحد أكثر الاعتبارات تأثيرًا في قرار إنشاء حقل توربينات الرياح هو الربح المالي (انظروا إلى الرسمة 2). على الرغم من أن تكلفة تركيب مجموعة التوربينات أعلى من تكلفة بناء محطة طاقة تعمل بواسطة الوقود الأحفوري - إلا أنّ ناتج توربينات الرياح أكبر من إنتاج محطة عادية، إلى جانب حسنات أخرى. إن تكلفة توليد الكهرباء عن طريق توربينات الرياح هي بنائها فقط، وتكلفة بنائها قليل جدًّا مقارنة بإنتاجها. يُعتبر استخدام التوربينات لتوليد الكهرباء أمرًا بسيطًا وخالٍ من المشاكل تقريبًا. بالإضافة إلى ذلك، تحتاج التوربينات إلى القليل من العناية والصيانة نسبيًّا.

لا يمكن إنشاء مجموعة من توربينات الرياح لتوليد الكهرباء في كل مكان. يجب فحص معدل سرعة الرياح في المنطقة التي يتمّ تركيب التوربينات فيها، وكلما ازدادت قوة الرياح وكانت أكثر ترددًا في الموقع ازدادت كمية الكهرباء التي يُمكن توليدها من التوربينات.

يُعتبر توليد الكهرباء من توربينات الرياح البحرية، وخاصة في أعماق البحار، مجالًا سريع التطور. وبحسب أبحاث فحصت إمكانية توليد الكهرباء باستخدام توربينات رياح قبالة سواحل إسرائيل (على الرغم من محدودية ممرات الشحن والاحتياجات البحرية)، وُجد أن هناك إمكانيات كبيرة لتوليد الكهرباء من هذا المصدر. تؤثر خصائص التوربينات نفسها بشكل مباشر على كمية الكهرباء التي تولدها وعلى كفاءة التوربينات - المتغيّرات الرئيسية هي حجم شفرات التوربينات ونموذجها. كلما ازداد كبر شفرات التوربينة ازدادت الطاقة التي يمكن أن تولدها التوربينة. تعتمد نماذج التوربينات الحالية على التقنيات الحديثة التي تُتيح إنتاج الكثير من الكهرباء.

المشاكل الرئيسية הבעיות העיקריות في توليد الكهرباء باستخدام طاقة الرياح هي الضوضاء الناتجة عن المراوح وحركة الشفرات ووميض الظل (تختلف شدة الضوء في بعض المناطق بسبب ظل شفرات التوربينات)، ونتيجة لذلك يعترض الناس على إنشاء أنظمة توربينات بالقرب من المناطق السكنية. لذلك، يتمّ إنشاء مزارع الرياح في أماكن بعيدة عن المناطق المأهولة بالسكان، مما يجعل بناء البنية التحتية أكثر تكلفة. كلما ازدادت الحاجة إلى المزيد من الكهرباء الذي تولده التوربينات، يتمّ تخصيص مساحة أكبر لمزارع الرياح. يمكن أن يؤدي تخصيص مساحة كبيرة لمزرعة رياح إلى حدوث اضطرابات في الأنظمة البيئية وإلى إلحاق الضرر بالمناظر الطبيعية أيضًا، إسرائيل دولة صغيرة ذات مناطق صغيرة نسبيًّا. أحد الحلول لهذا الأمر هو إنشاء مجموعة من التوربينات قبالة سواحل البلاد מערך טורבינות מול חופי המדינה، كما حدث في الولايات المتحدة والمملكة المتحدة. يمكن أن يؤدي دوران التوربينات إلى إصابة الطيور والخفافيش التي لا تلاحظ أجنحة التوربينات. ومع ذلك، في النماذج الجديدة قاموا بإبطاء حركة التوربينات وزيادة الشفرات بحيث تكون واضحة للطيور وتمنعها من الاصطدام.

يبلغ استخدام الكهرباء الناتج من طاقة الرياح حوالي واحد بالمائة من إجمالي إنتاج الكهرباء العالمي. ربما تكون أوروبا هي القارة الرائدة في العالم في استخدام طاقة الرياح. تُنْتِج دولة إسرائيل الكهرباء من طاقة الرياح في مزرعتين للرياح تقعان في مرتفعات الجولان وفي الجلبوع. إنتاج طاقة الرياح في إسرائيل محدود بسبب طبيعة المنطقة والمناخ، وبالطبع بسبب كثافة البناء واستخدامات الأرض. بالإضافة إلى ذلك، يُعتبر ممر الرياح في إسرائيل طريق عبور لملايين الطيور المهاجرة أيضًا، وهناك خوف من الإضرار بالتنوع البيولوجي. إن مسؤولية إسرائيل الأخلاقية هي الاهتمام بالتنوع البيولوجي الذي يمرّ عبر أراضيها. وفقًا للمعطيات الرسمية المنشورة في عام 1998، تبلغ القدرة الكامنة لإنتاج الطاقة من الرياح، في إسرائيل، حوالي ستمائة ميغاوات، وهذه القدرة تساوي معدل مائة مزرعة رياح. كما تُبذل محاولات اليوم للدمج بين محطات الطاقة الشمسية ومحطات طاقة الرياح (المقال الثاني في هذا الموضوع).
לשלב בין תחנות אנרגיה סולרית ובין תחנות אנרגית רוח (מאמר שני בנושא).

مصادر المعلومات:

רב־שיח בנושא הקונפליקט סביב אנרגיית הרוח בישראל, אקולוגיה וסביבה

אטלס אנרגיית הרוח של ישראל, אקולוגיה וסביבה

הערכה כלכלית-סביבתית של הפקת אנרגיה באמצעות טורבינות רוח בישראל, אקולוגיה וסביבה

אנרגית הרוח וניצולה, מכון ויצמן

חשמל סולארי מהרוח

אנרגית רוח, אתר אנרגיה מתחדשת

רעש וריצוד מטורבינות רוח ־ דרכי התמודדות בעולם והמלצות לישראל, אקולוגיה וסביבה

השפעות טורבינות רוח על הבריאות והסביבה, החברה להגנת הטבע

(5) الطاقة النووية

في عملية إنتاج الطاقة النووية، يحدث تفاعل متسلسل يبدأ بانشطار النواة في الذرة. تفاعل سلسلة الانشطار النووي هو أساس تشغيل المفاعل النووي، وهو يتم بطريقة بطيئة ومنضبطة.

يُنْتِج هذا التفاعل كميات هائلة من الحرارة وبمساعدتها يتم تسخين الماء حتى درجة الغليان للحصول على بخار لتشغيل التوربينات لتوليد الكهرباء. في المفاعل النووي تُستخدم مواد مشعة (راديوأكتيفية)، وغالبًا ما يكون يورانيوم أو بلوتونيوم. يُعتبر إنتاج الطاقة عن طريق الانشطار النووي عملية ناجعة للغاية - حيث إنّ كمية صغيرة من المادة مطلوبة لإنتاج كمية كبيرة من الطاقة (انظروا إلى الرسمة 5، الملحق 3). الميّزة الرئيسية الأخرى للطاقة النووية أنها خالية تمامًا تقريبًا من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري (انظروا غلى الرسمة 1 في الملحق 3).

في عام 2011، ساهمت الطاقة النووية بنحو 10% من إجمالي إنتاج الكهرباء في العالَم. غالبًا ما تكون تكلفة توليد الكهرباء بهذه الطريقة أرخص من تكلفة إنتاجها من الفحم الحجري، وتُعتبر أرخص الطاقات البديلة (انتبهوا إلى أن معالجة النفايات المشعة عادة لا تؤخذ في الاعتبار في حساب التكلفة). يتمّ تنفيذ توليد الطاقة النووية في عشرات الدول بما في ذلك فرنسا، الولايات المتحدة، الصين، ألمانيا وغيرها. ومع ذلك، فإن الطاقة النووية لها سيئات كثيرة. إحدى المشاكل المركزية هي النواتج الثانوية السامة والمشعة التي يصعب التخلص منها، ويجب تخزينها بأمان حتى لا تتسرب إلى الأرض أو تلوث مجمعات المياه. في كل عام يتمّ إنتاج عشرات الآلاف من الأطنان من النفايات المشعة، في جميع أنحاء العالم، التي يجب دفنها. في الولايات المتحدة، توجد أنفاق تخزين آمنة في قلب الجبال المعزولة. بدلاً من ذلك، تُرسل دول معينة آلاف الأطنان من النفايات المشعة إلى القارة الأفريقية أو إلى مناطق أوروبا الشرقية مقابل مبالغ عالية جدًّا.

لا يتمّ دفن النفايات المشعة على الفور. يتمّ تخزين النفايات لعدة أشهر في المفاعلات نفسها. لأنه يجب الانتظار حتى يتلاشى مستوى النشاط الإشعاعي للنفايات قليلًا. من المهم أن نذكر أنّ مستوى النشاط الإشعاعي للنفايات من المفاعل النووي لا يزال خطيرًا لآلاف السنين، لذلك تبقى مشكلة التخزين الآمن للأجيال القادمة. سيئة أخرى للنفايات المشعة من المفاعلات النووية هي الخوف من استخدام النواتج الانشطارية للمفاعل النووي لبناء قنبلة نووية.

سيئة أخرى هي سيناريو حدوث تسرب في المفاعل النووي نتيجة لحادث أو كارثة طبيعية أو ضرر متعمد (قضية حساسة في الدول غير المستقرة من الناحية الجيوسياسية). التسرب الإشعاعي هو كارثي على نطاق واسع مثل ذلك الذي حدث في تشيرنوبيل، أوكرانيا في عام 1986، צ'רנוביל שבאוקראינה . خلافًا للاعتقاد السائد أن محطة الطاقة النووية لا تؤدي إلى انفجارًا نوويًا.

بَعد كارثة سنة 2011 في محطة فوكوشيما للطاقة النووية في اليابان، أعلنت عدة دول أنها تُعيد النظر في استمرار استخدام الطاقة النووية لتوليد الكهرباء. إن الصيانة الروتينية لمفاعل نووي آمن أمر معقد للغاية، وهناك خطر كبير على العمال وعلى البيئة المحيطة في حالة حدوث خلل.

لهذه الأسباب، لا يتمّ في العالم الغربي إنشاء محطات طاقة نووية جديدة في السنوات الأخيرة، وهناك دول مثل ألمانيا تعهدت بإغلاق مفاعلاتها النووية في غضون فترة زمنية محدودة بعد الضغط الشعبي.

في المقابل، في دول مثل كوريا الجنوبية، الصين، رومانيا وروسيا يتمّ بناء العديد من محطات الطاقة النووية لمواجهة الاستهلاك المتزايد للطاقة الكهربائية. تم بناء هذه المفاعلات وفقًا لمعايير صارمة تُتيح مستوى عالٍ من الأمان. في السنوات الأخيرة (2002-2008) دخلت الشركة الكندية للطاقة الذرية (AECL) في شراكة مع شركات كهرباء كندية لتجديد المفاعلات النووية الكندية القديمة لتمديد استخدامها حتى بعد الفترة الأصلية التي بُنيت من أجلها.

في إسرائيل، لم يتمّ توليد الكهرباء من الطاقة النووية مطلقًا. في السبعينيات، قررت الحكومة بناء محطة للطاقة النووية، لكن هذا القرار لم يتحقق. إنّ الحديث عن هذا الموضوع في إسرائيل له جوانب أخرى بسبب الوضع الجيوسياسي لإسرائيل، التي اتبعت لسنوات عديدة سياسة الغموض النووي، وترفض التوقيع على معاهدة حظر انتشار الأسلحة النووية. على الرغم من تعقيد القضية، لا يجوز اتخاذ مواقف بشأن هذا الموضوع كأنه موجود بمفرده. المفاعلات النووية لتوليد الكهرباء ليست سوى بديل واحد في سلة مصادر إنتاج الطاقة، لذلك يجب فحص هذا البديل مقابل البدائل الأخرى.

مصادر المعلومات:

אנרגיה גרעינית, מכון דוידסון

אנרגיה גרעינית בישראל. זה כדאי?, Ynet

רב־שיח בנושא ייצור חשמל בכורים גרעיניים בישראל, אקולוגיה וסביבה

שילוב אנרגיה גרעינית בתמהיל הדלקים העתידי בישראל: מה מבין, יודע וחושב הציבור?, דו"ח למשרד האנרגיה

(6) الطاقة الحرارية الأرضية

مصدر المصطلح طاقة حرارية أرضية Geothermal energy من الكلمات اليونانية gea التي تعني أرض، وَ thermal التي تعني حرارة. يوجد داخل الأرض مجمع حراري ضخم يمكن استخدامه لإنتاج الطاقة. يُعتبر هذا المصدر للطاقة مصدرًا غير قابل للاستنفاد. مصدر الحرارة هو التحلل الإشعاعي لعدّة عناصر (اليورانيوم 238، الثوريوم 232 والبوتاسيوم 40) وطاقة مخزونة في لب الأرض منذ تكوينها. المناطق التي تتوفر فيها الطاقة الحرارية الأرضية أكثر هي المناطق التي يوجد فيها نشاط تكتوني. تصعد الحرارة إلى السطح في المناطق البركانية مع الحمم البركانية المغلية التي مصدرها في الأعماق، أو تصعد على شكل ماء ساخن أو بخار من الينابيع الحارة. بدلًا من ذلك، من خلال الحفر في عمق الأرض، يمكن الوصول إلى طبقات فيها درجات حرارة عالية، واستخدام هذه الحرارة كطاقة متوافرة. يمكن استخدام هذه الطاقة لتوليد الكهرباء أو تنظيم درجة حرارة المباني والمنازل. يقع أكبر حقل للطاقة الحرارية الأرضية في العالم في منطقة الينابيع الحارة في كاليفورنيا، شمال سان فرانسيسكو. بالإضافة إلى الولايات المتحدة، يتمّ إنتاج الكهرباء من الحرارية الأرضية في العديد من الدول الأخرى، مثل: إيطاليا، فرنسا، نيوزيلندا، المكسيك وأيسلندا. في معظم الأماكن يتمّ توليد الكهرباء باستخدام البخار وفي أماكن قليلة يتم استعمال الماء الساخن. في أيسلندا على سبيل المثال، بالإضافة إلى توليد الكهرباء، يتمّ تسخين المياه إلى درجة حرارة حوالي 82 درجة مئوية، ويتم تدفقها في أنابيب العاصمة ريكيافيك، حيث يتمّ استخدامها للاستحمام، التدفئة وحتى إذابة (انصهار) الثلج والجليد من الأرصفة.

الطاقة الحرارية الأرضية نظيفة للغاية من حيث انبعاث غازات الاحتباس الحراري والتلوث (انظروا إلى الرسمة 1 ، الملحق 3). كما أنها مصدر موثوق للطاقة حيث لا يوجد تأثير لإمدادات الوقود أو الاعتماد على أسعار الوقود (كما هو الحال في محطات الطاقة التي تعمل بواسطة الوقود الأحفوري)، ولا يوجد تأثير على الطقس ولا يوجد فروق بين النهار والليل (كما هو الحال في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح). بالإضافة إلى ذلك، لا يحتاج مصدر الطاقة الحرارية الأرضية إلى مساحات أراضي كبيرة، وبالتالي لا يؤثر على المناظر الطبيعية. لا توجد محطات لتوليد الطاقة الحرارية الأرضية في دولة إسرائيل، لكن توجد أنظمة للتأقلم مع حرارة الأرض מערכות אקלום גיאותרמי - نظام يعتمد عمله على تبادل الحرارة مع الأرض عن طريق تدفق المياه في نظام أنابيب مغلق. درجة حرارة الأرض ثابتة (حوالي 20 درجة مئوية في إسرائيل) ويتكون نظام الطاقة الحرارية الأرضية من أنابيب تنزل إلى عمق يبلغ بضع عشرات من الأمتار في الأرض وتعود الأنابيب إلى المبنى. تتدفق مياه في الأنابيب وهي تبرد أو تسخن (حسب الموسم) في الأرض إلى درجة حرارة 20 درجة وتعود إلى المبنى لتبريده أو تسخينه. وبالتالي، يتطلب الأمر إلى طاقة كهربائية أقل لتنظيم درجة الحرارة في المبنى (على سبيل المثال عن طريق مكيف الهواء). تُقدر وزارة الطاقة الأمريكية أنّ استخدام أنظمة المناخ الجوفية للطاقة الحرارية الأرضية تُوفر ما بين 30% إلى 70% من الطاقة. لتركيب الجزء العلوي، يجب أن نحفر عموديًا على عمق بضع عشرات من الأمتار، أو نحفر أفقيًا على عمق بضعة أمتار، وذلك بناء على طبيعة التربة والحمل الحراري المطلوب. يمكن تطبيق نظام الأنابيب الحرارية الأرضية في المباني الجديدة والمباني الموجودة.

مصادر المعلومات:

מערכת איקלום גיאותרמית, המועצה לבניה ירוקה

אנרגיה גיאותרמית, מכון ויצמן

מהי אנרגיה גיאותרמית?, מכון דוידסון

אנרגיה גיאותרמית - לייצר חשמל מבטן האדמה, פורטל תשתיות

אנרגיה גיאותרמית, אתר אנרגיה מתחדשת

אנרגיה גיאותרמית

(7) طاقة حركة الماء

طاقة حركة الماء هي الطاقة الناتجة عن الحركة الطبيعية للماء. يعود استخدام حركة الماء كمصدر للطاقة إلى العصور القديمة، على سبيل المثال، تمّ استخدام تدفق المياه كمصدر للطاقة في مطاحن الدقيق، حيث حرّك تدفق المياه حجر الرحى. في الوقت الحاضر، الاستخدام الرئيسي لطاقة حركة المياه هو إنتاج طاقة كهربائية، والمعروفة باسم الطاقة الكهرومائية. إنها الطاقة المتجددة الأكثر استخدامًا الناتجة عن استغلال حركة المياه في الأنهار، الجداول، الشلالات، أمواج البحر وحركة المد والجزر في المحيطات. يمكن تحويل طاقة من حركة الماء بسهولة إلى كهرباء عن طريق استخدام تدفق الماء لتدوير عجلة (توربينة) تُنْتِج طاقة كهربائية. في محطة توليد الطاقة الكهرومائية، تسقط المياه من فتحة سد أو شلال طبيعي وتدور التوربينات. من لحظة بناء وتشغيل هذه المحطة للطاقة، لا تَنْتُج غازات دفيئة أو نفايات تقريبًا نتيجة لتشغيل المحطة. يمكن تخزين المياه في بحيرات طبيعية أو صناعية أو مجمعات أخرى. وهكذا يمكن تخزين الطاقة المائية الكامنة (كطاقة مضخّة) واستخدامها لتوليد الكهرباء عند الحاجة.

أول محطة تزويد كهرباء إلى إسرائيل وعبر الأردن هي محطة طاقة كهرومائية – بنى بنحاس روتنبرغ محطة الكهرباء في نهاريم، وتمّ افتتاحها في عام 1932. استغلت المحطة مياه الأردن واليرموك لتوليد الكهرباء. عملت المحطة من عام 1932 حتى احتلالها من قبل جنود الفيلق العربي عام 1948. في إسرائيل، لا توجد شلالات تُتيح استخدام الطاقة الكهرومائية، وبشكل عام هناك عدد قليل جدًّا من مصادر المياه، وكمية المياه المتدفقة في الجداول لا تساوي التدفق في الأنهار الكبيرة في دول أخرى في العالم. ومع ذلك، وضع بنيامين هرتسل تصورًا لمشروع القناة البحرية، وهو عبارة عن حفر قناة لتدفق المياه إلى البحر الميت من البحر الأبيض المتوسط أو البحر الأحمر لتوليد الكهرباء بمساعدة تدفق المياه. في الخمسينيات من القرن الماضي، بدأ تحضير خطط لتوليد الكهرباء من توربينات المياه في القناة البحرية، وكان من المفترض أن تتدفق المياه من البحر الأبيض المتوسط أو البحر الأحمر إلى البحر الميت، حيث تُستغل فروق الارتفاعات الكبيرة لتوليد الطاقة الكهربائية. بيّنت الفحوصات أن الخطة ليس لها جدوى اقتصادية، ولها عواقب بيئية محيطة بعيدة المدى. وبالتالي، على الرغم من الاستثمار الضخم الذي تمّ جمعه لهذا الغرض من يهود الشتات، فقد تم التخلي عن الخطة.

يوجد في دولة إسرائيل حاليًا محطتان لتوليد الطاقة الكهرومائية - واحدة في قرية هناسيه (على جبل الأردن) والأخرى في نهاريم. تولد هاتان المحطتان كميات صغيرة نسبيًّا من الكهرباء (2.5 وَ 18 جيجاوات على التوالي).

مصادر المعلومات:

הגן הסולארי

אנרגיה הידרואלקטרית, ויקיפדיה

(8) كفاءة (نجاعة) الطاقة

من أجل تحقيق كفاءة الطاقة، يجب استخدام طاقة أقل لأداء مهمة تتطلب عادةً المزيد من استهلاك الطاقة - أي تقليل هدر الطاقة. لكفاءة الطاقة مجموعة متنوعة من الحسنات: تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري، تقليل استهلاك الطاقة المستوردة وخفض التكاليف في المنازل، الصناعة والاقتصاد كله. في حين أن الطاقات المتجددة مهمة في تحقيق هذه الأهداف، فإن كفاءة الطاقة هي الطريقة الأرخص، والأكثر إلحاحًا في كثير من الأحيان، لتقليل استخدام الوقود الأحفوري. يمكن تطبيق كفاءة الطاقة في كل قطاع من قطاعات الاقتصاد، سواء كان في المباني والمواصلات، وسواء كان في الصناعة أو إنتاج الطاقة. يُشير تقرير صادر عن وكالة الطاقة الدولية (IEA) إلى أن كفاءة الطاقة يمكن أن تقلل من زيادة استهلاك النفط بمقدار 23 مليون برميل سنويًّا. للمقارنة، هذه الكمية تساوي إنتاج النفط في المملكة العربية السعودية وروسيا معًا يوميًّا حتى عام 2015.
تعهدت إسرائيل بتحقيق الهدف الوطني لخفض استهلاك الكهرباء بنسبة 17 في المائة، على الأقل، بحلول عام 2030 من استهلاك الكهرباء المتوقع في إطار سيناريو "الأعمال كالمعتاد".

المباني:

تستهلك المباني بجميع أنواعها (مثل: الفنادق، المستشفيات، مراكز التسوق والمباني السكنية) كميات كبيرة من الطاقة لنشاطاتها اليومية. يمكن تطبيق كفاءة الطاقة في مرحلتَيْ التخطيط وبناء المباني الجديدة والمباني الموجودة. يمكن أن تكون عملية تحسين نجاعة الطاقة على نطاق صغير - باستخدام مصابيح LED الموفّرة للطاقة، والأجهزة الأخرى التي تستهلك طاقة أقل؛ أو على نطاق أوسع – مثلًا: تركيب عازل ناجع من شأنه أن يقلل الحاجة إلى تشغيل تكييف الهواء لأغراض التبريد أو التدفئة. يمكن أيضًا دمج الطاقة المتجددة في المباني كالألواح الشمسية التي تقلل من استخدام الطاقة الكهربائية. فكرة أخرى - عند طلاء الزجاج الأمامي في المبنى لتصفية الإشعاع الشمسي، يمكن تقليل الاستهلاك المتوقع لمكيف الهواء بنسبة تصل إلى 50 في المائة مقارنة بمبنى لا يتم طلاء زجاجه الأمامي. السيئة لهذه الطريقة هو أن معظم هذه الطلاءات تقوم بتصفية جزء كبير من إشعاع الضوء، مما يؤدي إلى انخفاض شدة الضوء الطبيعي والحاجة إلى تشغيل الإضاءة الاصطناعية في منتصف النهار، ومما يُضعف كفاءة انخفاض الطاقة لمكيف الهواء.

المواصلات:

هناك مَرْكَبات موفّرة للطاقة التي تستهلكها، مما يعني أنّها تستهلك وقودًا أقل من المرْكَبات الأخرى لقطع نفس المسافة. هناك أيضًا مَرْكَبات هجينة ومرْكَبات كهربائية تنبعث منها غازات دفيئة أقل. تستخدم السيارة الهجينة نوعين من المحركات معًا (ومن هنا جاء اسمها: المحرك الهجين): محرّك الاحتراق الداخلي هو محرّك البنزين العادي والمعروف؛ والمحرِّك الكهربائي يقوم بتحويل طاقة حركة السيارة إلى كهرباء. معظم المرْكَبات الهجينة الموجودة في السوق اليوم هي من النوع "الهجين المتوازي" ، هذا يعني أن المرْكَبات ذات أنظمة ذكية تُشغل المحركين معًا بتزامن يُتيح استخدام الطاقة بشكل ناجع حسب نوع السفر وظروف الطريق . مثلًا: في السفر البطيء، يعمل المحرك الكهربائي أكثر ولا يحتاج إلى مساعدة من محرك البنزين، وبالتالي يكون توفير الوقود أكبر.

إعادة الحرارة:

ليست كل الطاقة الحرارية الناتجة في محطات الطاقة التي تعمل بواسطة الفحم الحجري، أو الديزل، أو الغاز الطبيعي أو حتى الطاقة النووية تصبح كهرباء. تولد هذه المحطات الكهرباء عن طريق تسخين المياه في نظام مغلق أو حرق الوقود (الفحم الحجري، أو الغاز، أو الديزل) أو الانشطار النووي. يتبخر الماء ويصبح بخارًا. يُحرّك البخار التوربينات التي تحرك مغناطيس يُنْتِج مجالًا كهربائيًّا. عادة، يتمّ فقدان أكثر من نصف الطاقة الحرارية الناتجة في العملية ولا يتمّ استخدامها. من خلال "التقاط" الحرارة الزائدة والاستفادة منها، يمكن تحقيق كفاءة أعلى في استخدام الطاقة. يمكن أن تصل هذه الكفاءة إلى 80 في المائة من الاستخدام (مقارنة بأقل من 50 في المائة بالطريقة التقليدية). هذا يعني أن هناك حاجة إلى كمية وقود أقل لإنتاج نفس الكمية من الكهرباء. هناك محطات لتوليد طاقة تعمل بواسطة الدمج بين الطاقة والحرارة، حيث تلتقط كل الحرارة أو جزء منها لأغراض التسخين، وتستخدمها بالقرب من المنشأة أو في أماكن بعيدة عن طريق تسخين المياه ونقلها عبر الأنابيب.

الصناعة:

عند تشغيل الآلات الكبيرة في الصناعة تنتج كمية كبيرة جدًّا من الحرارة التي يمكن الاستفادة منها. بالإضافة إلى ذلك، تهدر العديد من الآلات الطاقة بدون مراقبة - ويتيح فحص بسيط تحسين كفاءة الطاقة وتوفيرها.

خطة كفاءة الطاقة التابعة لوزارة الطاقة:

تتناول الخطة تقليص استهلاك الكهرباء في السنوات 2016-2030، والتي بموجبها من المتوقع حدوث انخفاض بنسبة 17% في استهلاك الكهرباء، في الدولة، بحلول عام 2030. تُقلل هذه الإجراءات من استخدام الكهرباء:

- توفير معيار للحد الأدنى من الكفاءة للمبنى الجديد أو المجدد وفقًا لمعيار يقلل من استهلاك الكهرباء ويقلل من التكاليف.
- تشجيع بناء صفر أو منخفض الطاقة.
- يتعرف أصحاب مبنى جديد أو أصحاب مبانٍ موجودة على معلومات عن استهلاك الطاقة.
- تحسين الطاقة في أنظمة التبريد والتدفئة.
- توفير معيار للأجهزة الكهربائية ولأجسام الإضاءة الموفرة للطاقة، وللطاقة الموفرة في الصناعة.

السلوك:

تعمل الاستراتيجيات المذكورة أعلاه على تحسين كفاءة الطاقة من خلال التكنولوجيا والتصميم. ومع ذلك، فإن الطريقة التي يستخدم بها الناس التكنولوجيا لها تأثير بعيد المدى على الكفاءة. بيّنت الأبحاث أنّ 30 بالمائة من توفير الطاقة الكامنة في التقنيات الناجعة تضيع بسبب مجموعة متنوعة من العوامل الاجتماعية، الثقافية والاقتصادية. لذلك من المهم الانتباه إلى هذه العوامل في عملية كفاءة الطاقة. هناك عوائق بارزة تُقلل من كفاءة الطاقة منها نقص المعلومات أو نقص

الوعي من قبل المستهلكين فيما يتعلق باستخدام الطاقة بنجاعة وتوفيرها من حيث التكلفة، وحتى الاختيار الصحيح لتقنيات توفر الطاقة؛ قلة التمويل والحوافز الكافية وغير ذلك.

فيلم قصير: https://www.youtube.com/watch?v=bJh53jhpKDA

مصادر:

Energy Efficiency (באנגלית)

ההיבט ההתנהגותי של ההתייעלות האנרגטית, חברת חשמל

"התייעלות אנרגטית היא טרנד מהחזקים בעולם, אסור להתעלם", גלובס

קוגנרציה, ויקיפדיה

Efficient energy use (באנגלית), ויקיפדיה

בניה ירוקה, ויקיפדיה

מהי בנייה ירוקה?, המועצה הישראלית לבנייה ירוקה

(g) الضرائب الخضراء / الضرائب البيئية المحيطة

هناك طريقة أخرى لتقليل استخدام الوقود الأحفوري، وهي فرض ضرائب على استخدام الوقود الأحفوري وعلى انبعاث الكربون. شاهد هذا الفيلم القصير סרטון זה (يمكنكم البدء في الدقيقة 3:34 والانتهاء في الدقيقة 9:42) واقرأوا المصادر التالية:

מיסוי ירוק, גלובס

מס סביבתי, אקו-ויקי

פתרונות למשבר האקלים
בדגש הנדסת אקלים

שיעור 3 - פתרונות למשבר האקלים בדגש הנדסת אקלים (יישום, 90 דקות)

ידע למורה: בשיעור הראשון של היחידה עסקנו בהגדרת הבעיה - התלות שלנו באנרגיה והזיהום הסביבתי ופליטת גזי חממה אשר נגרמים משרפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). בשיעור 2 הצענו פתרונות אפשריים, בדגש על אסטרטגיות לצמצום פליטת גזי חממה - הן בשימוש באנרגיות חלופיות הן בשינוי מדיניות. בשיעור זה נמשיך בנושא פתרונות למיתון (מיטיגציה, ראו יחידה 3 ההתחממות הגלובלית), הפעם בשיטות של הנדסת אקלים או התערבות אקלים (climate engineering). זוהי התערבות מכוונת באקלים כדור הארץ כדי לצמצם את הנזקים של שינויי אקלים. חלק מהשיטות האלו שנויות במחלוקת שכן השפעתן לטווח הארוך עדיין אינה ידועה.

המונח הנדסת אקלים מתאר שני סוגים של התערבות -

1. סילוק פחמן דו־חמצני וגזי חממה מהאטמוספירה (למשל נטיעת עצים, לכידת פחמן, דישון האוקיינוסים).

2. הפחתת כמות קרינת השמש שכדור הארץ סופג (למשל העלאת האלבדו של פני שטח כדור הארץ בשיטת שונות או ריסוס אירוסולים באטמוספירה כדי להחזיר קרינה לחלל).

מושגים: הנדסת אקלים או התערבות אקלים, לכידת פחמן, דישון אוקיינוסים.

פתיחה:

שימוש נרחב בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) פולט גזי חממה לאטמוספירה וגורם להתחממות גלובלית ולשינויי אקלים. מצד אחד, אפשר לטפל בבעיה בהפחתת פליטות גזי החממה - בשיעור הקודם למדנו על אנרגיות חלופיות כגון אנרגיית תנועת רוח או שמש, על שינוי באופן השימוש באנרגיה (התייעלות אנרגטית) ועל מדיניות (מיסוי ירוק). בשיעור זה נלמד על רעיונות נוספים למזעור ההתחממות הגלובלית. נבקש שיעיינו באיורים 1 ו־2 ובעזרתם יעלו רעיונות כיצד אפשר לצמצם את תופעת ההתחממות הגלובלית (דף לתלמיד בנספח 1). איור 1 מראה את מחזור הפחמן (שיעור 5, יחידת מבוא) ואיור 2 מראה את מאזן האנרגיה של כדור הארץ (סיכום שיעור 3, יחידת מבוא).

בהתאם לצורכי הכיתה אפשר לשאול שאלות מנחות:

- אנרגיית השמש היא המקור לרוב אנרגיית החום בכדור הארץ. האם אפשר להקטין את אנרגיית השמש אשר מגיעה לכדור הארץ? תנו דעתכם לחלל שמחוץ לכדור הארץ וגם לאטמוספירה של כדור הארץ.

- חלק מאנרגיית השמש המגיעה לכדור הארץ נבלעת בפני השטח ומחממת אותם וחלק ממנה מוחזרת לחלל. האם אפשר להקטין את כמות האנרגיה הנבלעת ולהגדיל את כמות האנרגיה המוחזרת לחלל?

- פחמן דו־חמצני הוא אחד מגזי החממה העיקריים באטמוספירה. חשבו על דרכים להוציא את הפחמן הדו־חמצני מהאטמוספירה, במסגרת מחזור הפחמן הטבעי או מחוצה לו.

מהלך השיעור:

הצעה 1: קריאת מאמר על הנדסת אקלים

נקרא את המאמר "הנדסת אקלים: פתרון או אסון?" של אסף בן נריה מתוך אתר זווית (נספח 2) ונדון בו. המאמר סוקר מגוון רעיונות להנדסת אקלים ואת המחלוקת בנוגע להם. בשלב הראשון של השיעור נחלק את התלמידים לקבוצות קטנות בכל קבוצה ינתחו התלמידים את המאמר ויציינו את היתרונות והחסרונות של כל שיטה. נוסף על כך, נבקש מהתלמידים להגדיר מהי הנדסת אקלים ומה מבדיל בין הפתרון הזה לבין הפתרונות שלמדנו עליהם בשיעור הקודם. בהתאם לזמן ולאופי הכיתה, בשלב השני אפשר לערוך דיון בשאלה אם כדאי לתמוך במחקר של שיטות להנדסת אקלים ובפיתוחן.

שלב ראשון - נחלק את התלמידים לקבוצות עבודה ובהן יקראו התלמידים את המאמר וינתחו אותו. התלמידים ייעזרו זה בזה ובמורה ויבהירו נקודות שאינן ברורות להם. בעת הקריאה יערכו התלמידים רשימה של השיטות להנדסת האקלים המוזכרות במאמר ורשימה של היתרונות והחסרונות של כל שיטה (נוח מאוד לסדר את הרשימות בטבלה שמכינים מראש). בסיום ניתוח המאמר בקבוצות, נדון במגוון השיטות במליאה.

שלב שני (לבחירת המורה בהתאם ללוחות הזמנים ולרמת הכיתה) - נדון עם התלמידים בשאלה זו: האם רצוי לתמוך כלכלית וכך גם לעודד מחקר ופיתוח של שיטות הנדסת אקלים? אולי כדאי לתמוך רק בשיטות מסוימות ולא באחרות?

בדיון נביא בחשבון שחלק מהכסף התומך במחקר ובפיתוח מגיע מהמיסים שהציבור משלם. השקעה של כסף במקום אחד בהכרח באה על חשבון משהו אחר. אפשר להפנות את התלמידים למקורות מידע נוספים אשר מופיעים בהצעה 2.

הערה: אם תלמידים מחפשים מידע ברשת על הנדסת אקלים, יש מקורות מידע אשר מתייחסים להנדסת אקלים כאל תיאוריית קונספירציה - הימנעו ממקורות מידע אלו.

הצעה 2: שיטות להנדסת אקלים - העמקה

בהצעה זו נעמיק במגוון שיטות הנדסת האקלים. נחלק את הכיתה לקבוצות עבודה - כל קבוצה תקבל מידע על שיטה מסוימת להנדסת אקלים ותחליט כיצד להציג את המידע בקצרה בפני הכיתה - למשל במצגת, בעזרת הלוח, בליווי תמונה מסוימת וכו׳... לתלמידים זריזים אפשר לתת נושא נוסף. מצורפות הערות שיעזרו להתאים את הנושאים לתלמידים. בתחילת השיעור נגדיר לתלמידים מהי הנדסת אקלים.

נושא	מקורות	הערות
1. לכידת פחמן	מאמר 1, מאמר 2, סרטון 1, הרצאת TED	נושא מורכב. יכול להתאים לצוות קצת גדול.
2. דישון האוקיינוסים	מאמר	נושא קצר. דורש הבנה של מחזור הפחמן.
3. מיזם טריליון עצים -	מאמר, מאמר "טריליון עצים -	דרושה עבודה מעמיקה כדי להבין

מחקר: נטיעה של טריליון עצים תמתן את משבר האקלים	יוזמה מסוכנת", סרטון (יש כמה דעות על היוזמה), אתר היוזמה	את מגוון הדעות בנושא. יכול להתאים לצוות גדול.
4. ריסוס אירוסולים	מאמר	מאמר ארוך ומורכב (אך מרתק!)
5. הגדלת אלבדו	מאמר 1, מאמר 2 (אנגלית)	כולל מאמר באנגלית (רשות), נושא קליל

הצעה 3: שיטות הנדסת אקלים - הצעה קלה יותר

הצעה זו דומה להצעה 2 אך קלה יותר ממנה - יש בה פחות נושאים וגם החומרים לכל נושא קלים יותר.

נחלק את הכיתה לקבוצות עבודה - כל קבוצה תקבל מידע על שיטה מסוימת להנדסת אקלים ותחליט כיצד להציג את המידע בקצרה בפני הכיתה - למשל במצגת, בעזרת הלוח, בליווי תמונה מסוימת וכו'... לתלמידים זריזים אפשר לתת נושא נוסף. מצורפות הערות שיעזרו להתאים את הנושאים לתלמידים. בתחילת השיעור נגדיר לתלמידים מהי הנדסת אקלים.

נושא	**מקורות**	**הערות**
1. לכידת פחמן	מאמר 1, מאמר 2, סרטון	יכול להתאים לצוות גדול
2. דישון האוקיינוסים	מאמר	נושא קצר יותר, דורש הבנה של מחזור הפחמן
3. מיזם טריליון עצים - מחקר: נטיעה של טריליון עצים תמתן את משבר האקלים	מאמר, מאמר "טריליון עצים - יוזמה מסוכנת", סרטון (כמה דעות על היוזמה)	יכול להתאים לצוות גדול
4. הגדלת אלבדו	מאמר 1	

סיכום:

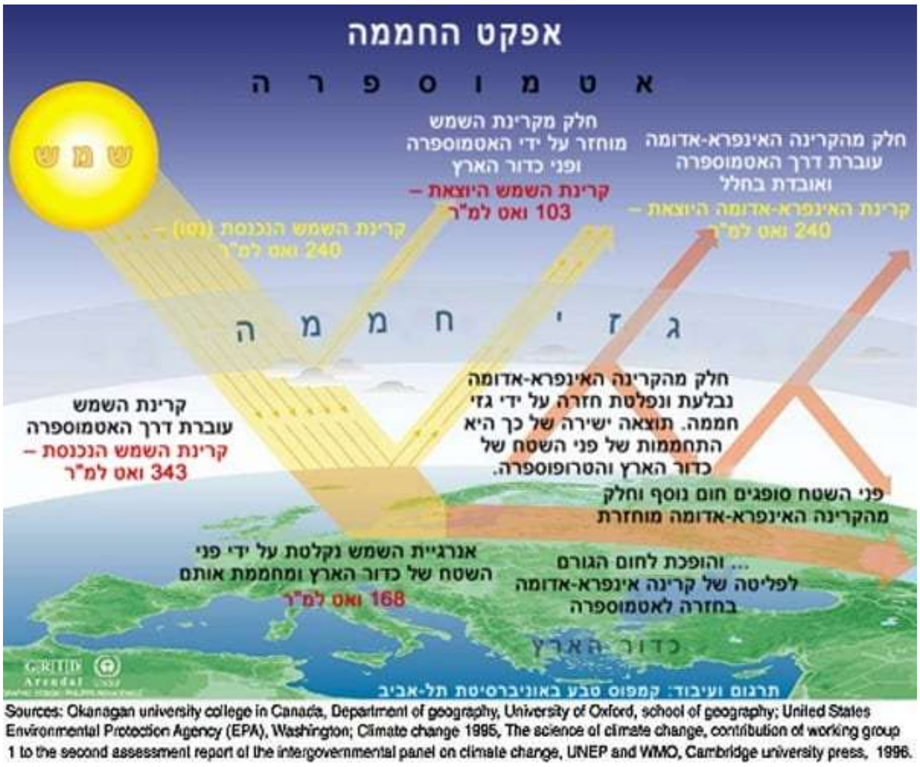
נבקש מהתלמידים לכתוב פסקה או שתיים העונה לשאלה הזאת: האם אתם תומכים בהנדסת אקלים או לא ומדוע?

חשוב שיגדירו מהי הנדסת אקלים וגם כיצד שיטה זו של מיתון (מיטיגציה) שונה מהפתרונות האחרים שדיברנו עליהם בשיעור הקודם. אפשר להרחיב את המשימה לחיבור טיעון כהערכה חלופית.

נספח 1 - דף לתלמיד: צמצום תופעת ההתחממות הגלובלית.

עיינו באיורים 1 ו־2 ובעזרתם העלו רעיונות כיצד אפשר לצמצם את תופעת ההתחממות הגלובלית.

איור 1 - מקור מכון דוידסון



איור 2. מקור https://inbalskits.com/parisconference/

תשובות לדוגמה:

- מחזור הפחמן - אם נעלה את כמות הפוטוסינתזה או היצרנות הראשית יקטן גם ריכוז הפחמן הדו־חמצני באטמוספירה, כי הוא יעבור קיבוע - במקום להיות גז באטמוספירה הפחמן יהיה בתוך חומר אורגני. את כמות הפוטוסינטזה אפשר להעלות על ידי נטיעת עצים או על ידי עידוד גידול פיטופלנקטון בים (יצורים פוטוסינתטיים זעירים). שימו לב - כמחצית מהיצרנות הראשונית בכדור הארץ היא בים.
- אפשר לשאוב את הפחמן מהאטמוספירה באמצעים טכנולוגיים.
- השמש היא מקור האנרגיה אשר מחממת את כדור הארץ. אם נקטין את כמות אנרגיית השמש אשר מגיעה לכדור הארץ נקטין את אפקט החממה. כל רעיון הנוגע להקטנת אנרגיית השמש שמגיעה לכדור הארץ יתקבל. למשל - להעלות את האלבדו של פני שטח כדור הארץ.

נספח 2 מאמר: הנדסת אקלים: פתרון או אסון? מאת אסף בן נריה, זווית 30 במאי 2018

צביעת עננים כך שיהפכו ל"בהירים" יותר, שינוי צבע פני הקרקע לכזה שיעלה את אחוז הקרינה שמוחזר לחלל ופיזור חלקיקים באטמוספירה - כל אלה אינם תרחישים הלקוחים מסרט מדע בדיוני, אלא דוגמאות ספורות לשיטות שנחקרות היום במלוא הרצינות כחלק מהתחום המכונה הנדסת אקלים. הנדסת אקלים, או התערבות אקלימית, מוגדרת כ"שינוי מכוון של הסביבה במטרה להיאבק בתופעת שינוי האקלים".

בקרב הקהילה המדעית וקובעי המדיניות ישנה כיום הסכמה רחבה על כך שנדרשות פעולות משמעותיות ומידיות לבלימת שינוי האקלים העולמי, שמשפיע על עליית פני הים, על בצורות וסופות ועל התפשטות מחלות. דרך הפעולה המוסכמת כיום מתמקדת בצמצום פליטת גזי החממה, שנפלטים כתוצאה משריפת דלקי מאובנים. אך לפי המצדדים בשיטות של הנדסת אקלים, קיימות דרכים נוספות, שהן אולי יעילות בהרבה.

עם זאת, רבות מהשיטות הללו שנויות במחלוקת, מפני שהאפשרות ליישמן בתנאי שדה, מחוץ לגבולות המעבדה או המודל הממוחשב, אינה באמת ידועה, וההשפעות הפוטנציאליות שלהן על האקלים העולמי אינן ברורות. כך, למשל, בעוד שבאופן תיאורטי פיזור של חלקיקים באטמוספירה צפוי להקטין את הקרינה באזור מסוים, בפועל הוא עלול להגדיל את שכיחות השיטפונות באזור אחר.

האם ישנן שיטות בטוחות להנדסת אקלים? על שאלה זו ועל דרכים אפקטיביות למאבק בשינוי האקלים ניסו מומחים מאוניברסיטאות מובילות בעולם לענות באסיפה השנתית של האגודה האירופית לחקר מדעי כדור הארץ, EGU, שנערכה לאחרונה בווינה בהשתתפות חוקרים ישראלים.

לתפוס מהאוויר ולהטמין באדמה

למרות המחלוקת, ישנן שיטות הנדסיות שהקונצנזוס עליהן רחב, והסיכון שכרוך ביישומן הוא נמוך או שנתפס כהגיוני. אלה כוללות דרכים להוצאה או שאיבה של פחמן דו-חמצני מהאוויר - אותו גז חממה שמשפיע על שינוי האקלים. נטיעת יערות היא אולי הדרך הפשוטה ביותר ליישום: העץ מקבע פחמן דו-חמצני כחלק מתהליך הפוטוסינתזה ומשתמש בו כאבן בניין לצמיחתו. כך אותו פחמן דו-חמצני אינו מהווה יותר גז חממה.

אך קרקע לנטיעת עצים היא משאב מוגבל, שעליו מתחרים שימושים רבים כמו חקלאות, מרעה, תעשייה, תשתיות ונדל"ן. למעשה, קצב בירוא היערות כיום גובר על קצב נטיעת היערות, ולכן שיטות אחרות ללכידת פחמן זוכות לתשומת לב בקרב הקהילה המדעית: כמו לכידה של פחמן מארובות של מפעלים ותחנות כוח, או הפרדתו מהאוויר על ידי מלכודות פחמן והטמנתו בעומק הקרקע, שמכונה "הטמנה גיאולוגית עמוקה".

ההטמנה של הפחמן והאתגר במציאת אתרים שיבטיחו שאותו פחמן יישאר שם "לנצח" מהווים אתגר מדעי והנדסי משמעותי, ולכן זוכה תחום זה למספר רב של מחקרים. ישנן תכניות להטמין את הגז במאגרי גז ונפט שננטשו לאחר שההפקה מהם פסקה. הגז המוטמן נלכד כך בין חלקיקי הקרקע, מומס במי התהום ובמקרים מסוימים אף הופך למאובן, ולכן מצדדי השיטה רואים בהטמנה פתרון ארוך טווח ובטוח. מאידך, המתנגדים מדגישים את הסיכון שיישום שיטה זו מהווה למי התהום ואת העובדה שהתערבות כזו עלולה לגרום לשינויים סיסמיים ולהוות טריגר לרעידות אדמה.

יעיל יותר ומסוכן יותר

הרחקה של פחמן דו-חמצני מהאוויר, פעולה שצפויה להקטין את אפקט החממה ואת תופעות שינוי האקלים, היא תהליך ארוך שגם אם יתחיל מחר, יעברו שנים רבות עד שהשפעותיו יורגשו. לכן, בין משתתפי הכנס בווינה יש התומכים בשיטות דראסטיות יותר. לדברי אחד המשתתפים, "רק פיזור של חלקיקים בסטרטוספירה, שכבת האטמוספירה השנייה שבה נמצאת גם שכבת האוזון, יביא לשינוי מידי במגמה".

פיזור של חלקיקים באטמוספירה צפוי להביא לפיזור של הקרינה הנכנסת אליה, כפי שקורה כאשר מתרחשת התפרצות משמעותית של הר געש. במקרה כזה, האפר המפוזר באוויר מביא להפחתה משמעותית של כמות קרינת השמש שפוגעת בכדור הארץ, ויש הסוברים שאחד הגורמים לעידן הקרח הקטן, שהחל בסביבות המאה ה-14, ולשורה של תקופות קרות נוספות, הוא פעילות געשית מוגברת.

אך כפי שהשיטה הזו היא בעלת פוטנציאל לחולל שינוי גדול בזמן קצר, כך היא גם מסוכנת. "שיטות שתכליתן שינוי של קרינת השמש הנכנסת, כמו פיזור של חלקיקים בסטרטוספירה או שליחת צי של לוויני מראות זעירים שיחזירו את קרינת השמש לחלל, כל אלה מסוכנים מהסיבה שקשה לחזות את התוצאה המדויקת של פעולתם", מסביר פרופ' יואב יאיר, דיקן בית הספר לקיימות במרכז הבינתחומי הרצליה.

טראמפ קופץ על העגלה

תומכי הנדסת האקלים קיבלו לאחרונה דחיפה משמעותית דווקא מממשל טראמפ, שידוע דווקא בהכחשתו העיקשת של בעיית שינוי האקלים. בעידוד הממשל, ייתכן שאחת משיטות הנדסת האקלים השנויות ביותר במחלוקת, שתכליתה "הבהרת עננים" כך שיחזירו יותר מקרינת השמש לחלל, תעבור לשלב ניסוי השדה עוד השנה. בשיטה זו מפוזרים חלקיקי סולפט בעננים כדי שצבעם יהפוך לבהיר יותר והם יפזרו את הקרינה הנכנסת בצורה יעילה יותר.

בעוד שמחקרים הראו שלשיטה זו יש פוטנציאל משמעותי להפחית את טמפרטורת פני כדור הארץ, מודלים אקלימיים הצביעו על כך שליישום של שיטה זו בקנה מידה רחב יכולות להיות השלכות חמורות. אחת מהן היא בצורת קשה באסיה, באפריקה ובדרום אמריקה, והפחתה של עד שליש בכמות המשקעים באזורים אלו.

איך נוצר שילוב האינטרסים המוזר בין טראמפ להנדסת האקלים? סילביה ריבריו, מארגון ETC שעוסק בשמירה על האינטרסים של אוכלוסיות מוחלשות בעקבות יישום של טכנולוגיות חדשות, מסבירה בראיון ל"גארידאן" הבריטי: "לתפיסתו של טראמפ, בנייה של חומה גדולה ויפה של סולפטים באטמוספירה תצדיק את המשך הכרייה של דלקים מאובנים. אנחנו צריכים להתמקד באמצעים קיצוניים לחתוך בפליטות גזי החממה, ולא ב'פטנטים' הנדסיים שהם לא בטוחים ושאינם עומדים בעקרון הצדק הסביבתי".

"נדרשת השקעה של מיליארדים ולא של מיליונים"

גם משתתפי הפאנל הבינלאומי הסכימו על כך שבשלב ראשון יש להפסיק להתייחס לאטמוספירה כאל ה"ביוב" של הפחמן הדו-חמצני בעולם ולעשות הכל לצמצום פליטות גזי החממה. באשר ליעילות של שיטות הנדסת האקלים במאבק בהתחממות, לא הושגה הסכמה - בעיקר בשל המחלוקת לגבי בטיחות השיטות.

הדרך להגביר את הוודאות באשר ליעילות ולבטיחות של שיטות הנדסת האקלים היא פשוטה - צריך לחקור אותן. "אין מספיק מחקר על הנדסת אקלים שנעשה מחוץ למעבדה", מסכימים המדענים. "במאיץ החלקיקים CERN ובטלסקופ החללHubble הושקעו מיליארדים, אז למה כדי לפתור את הבעיות הסביבתיות הבוערות ביותר לא משקיעים את המשאבים הנדרשים?".

לדבריו פרופ' יואב יאיר, קיימים בינתיים פתרונות בטוחים ופשוטים ליישום שעקרונותיהם דומים לעקרונות הנדסת האקלים, ושניתן להתחיל בהם כבר כעת. אחד מהם הוא ייעור, שהוזכר קודם, ושני הוא הפיכה של ערים ללבנות יותר, כדי לגרום לאלבדו שלהן (מידת ההחזרה של קרינת השמש) להיות גבוה יותר. הדבר יכול להקל על תושבים שגרים בערים ולצמצם את תופעת אי החום העירוני.

המוביל הארצי היה שם קודם

"ישראל עושה הנדסת אקלים כבר למעלה מ-40 שנה", מדגיש יאיר. דוגמה אחת לכך היא זריעת עננים ביודיד הכסף, תרכובת של יוד ושל המתכת כסף, כדי להגדיל את כמות המשקעים מעל אזור מסוים. לדבריו, באשר למידת ההצלחה של שיטה זו אין הסכמה בקהילה המדעית.

דוגמה נוספת להנדסת אקלים מקומית שמבוצעת בישראל נוגעת למפעל המים הלאומי - המוביל הארצי. "לאורך השנים העברנו כמויות מים גדולות מאזור הצפון לאזור הדרום. המוביל הארצי הפך חלקים נרחבים בנגב מצחיחים ובהירים לאזורים כהים יותר עם שדות ואפילו יערות. בכך שינינו למעשה את האלבדו של אזור הדרום וצמצמנו את כמות הקרינה שמחוזרת לחלל", מסכם יאיר.

קבלת החלטות על בסיס התנסות בסימולציה

שיעור 4 - קבלת החלטות על בסיס התנסות בהדמיה (התנסות ויישום, לפחות 90 דקות)

ידע למורה:

עד כה למדנו על פתרונות שונים למשבר האקלים - פתרונות של מיתון - מיטיגציה (פעילות שמטרתה למנוע, להפחית או לדחות שינויי אקלים בעיקר בהפחתה של פליטות גזי חממה לאטמוספירה, ראו יחידה 3, שיעור 4). לדוגמה שימוש באנרגיות חליפיות ונקיות, התייעלות אנרגטית, מיסוי ירוק והנדסת אקלים. בשיעור הזה יתנסו התלמידים בקבלת החלטות - הם ישקלו בכל אסטרטגיה את העלות לעומת התועלת שלה מנקודת מבטם של קבוצות בעלות אינטרסים שונים. העבודה תתבסס על הדמיה של en-roads, ארגון שצמח מתוך MIT Sloan (בית ספר לניהול של אוניברסיטת MIT). מטרת ההדמיה היא לקדם דיונים פוריים בנושא משבר האקלים הנותנים את הדעת למורכבות הרבה הכרוכה בכך. ההדמיה מורכבת ומאפשרת רמת פירוט גבוה. ההצעה להלן היא ברמה הבסיסית ביותר. מורים המתעניינים באפשרויות נוספות יכולים לצפות בסרטון ההדרכה הזה או להיכנס לאתר.

בפתיחה לשיעור ילמדו התלמידים לעבוד עם ההדמיה. בהצעה הראשונה במהלך השיעור יערכו התלמידים עבודה בסיסית בהדמיה ויענו על שאלות. בהצעה השנייה ייצגו התלמידים את האינטרסים של הקבוצות שניתנו להם ויחפשו דרך ההדמיה אסטרטגיה לצמצום ההתחממות הגלובלית המשרתת את מטרתם. חשוב להדגיש לתלמידים שהם צריכים להיכנס לדמות ולייצג את האינטרסים של הקבוצה שלהם ייצוג אמין בלי לערב את הרגשות האישיים שלהם (גם לקבוצות המייצגות את תעשיית דלקי המאובנים למשל). לסיכום הפעילות, תנהל הכיתה דיון ותנסה להגיע בו להסכמה בנוגע לאסטרטגיה הטובה ביותר למיגור של ההתחממות הגלובלית. שלב הדיון עשוי לקחת הרבה זמן, ולכן כדאי אם אפשר להקדיש לו שיעור שלם.

מושגים:

תוצר מקומי גולמי (תמ"ג): מונח כלכלי המציין מדידה של הערך הכולל של הסחורות (מוצרים) והשירותים שיוצרו בשטח מסוים (לרוב מדובר על מדינה) במהלך תקופה נתונה.

אנרגיה נקייה או ירוקה: כינוי לסוגי אנרגיה אשר אינם מזהמים את הסביבה ישירות בגזי חממה ובמזהמים אחרים.

אנרגיה חלופית: שם כולל לאנרגיה שמקורה אינו בדלק מאובנים. להבדיל מאנרגיה ירוקה, אשר בעיקרה נוגעת להקטנת הזיהום, המונח אנרגיה חלופית נוגע לבעיית התלות בדלקי מאובנים.

אנרגיה מתחדשת: אנרגיה שמקורה בתהליכים טבעיים מתמשכים. מקורות אנרגיה מתחדשים נבדלים ממקורות אנרגיה מתכלים כגון דלקי מאובנים (נפט, פחם וגז טבעי) שהשימוש בהם כרוך בהקטנה ניכרת של מאגר האנרגיה הזמינה האצורה בהם.

מחיר פחמן: קיימת הסכמה רחבה כי השיטה היעילה ביותר להפחתת פליטות גזי חממה היא לגבות כסף על זיהום בפחמן דו-חמצני כדי לעודד את המזהמים להפחית את כמות גזי החממה שהם פולטים לאטמוספירה. שיטה זו בדרך כלל קרויה מס פחמן או סחר בפליטות (carbon trading). בהדמיה מחיר פחמן מייקר את דלקי המאובנים שפולטים פחמן דו-חמצני.

פתיחה:

התלמידים יערכו היכרות עם ההדמיה בקבוצות עבודה לפי ההנחיות (נספח הנחיות לפעילות). כל קבוצה צריכה לפחות מחשב אחד. מומלץ לנהל את הפתיחה כדיון - התלמידים יעבדו על המחשבים וידונו בתשובות במליאה. מומלץ להדפיס עותק של נספחים 1 ו־2 (תרגום והסברים) לכל תלמיד.

מהלך השיעור:

הצעה 1: תרגול עבודה בהדמיה

התלמידים יתנסו בהדמיה ויענו על השאלות האלה, אפשר לתרגל את ההדמיה בדיון כיתתי ־ התלמידים יעבדו בקבוצות במחשב ויענו בעל פה לשאלות, או לתת את השאלות לתרגול ההדמיה לעבודה בבית שבוע מראש (נספח 3 ־ תרגול עבודה בהדמיה)

הצעה 2: ייצוג קבוצת אינטרסים

רצוי לתרגל את העבודה בהדמיה (הצעה 1) לפני הפעילות הזאת.

הפעילות מבוססת על פעילות של enroads.

נחלק את התלמידים לקבוצות עבודה. כל קבוצה מייצגת אינטרסים אחרים (ראו רשימה בנספח: פעילות אתגר האקלים). נדגיש לתלמידים שעליהם להציג את הקבוצה שלהם הצגה מהימנה.

כל קבוצה תקבל כרטיס מידע (נספח 4) ותתחיל לעבוד. המטרה היא להשתמש בהדמיה כדי לצמצם את ההתחממות הגלובלית לפחות ב־2 מעלות צלזיוס עד שנת 2100. כל קבוצה צריכה להביא בחשבון את האינטרסים שלה המופיעים בכרטיס העבודה. בסיום העבודה ישתפו הקבוצות את הפתרונות שלהן עם המורה או בקבוצה ייעודית שפותחים בווטסאפ או יעלו את הפתרונות שלהן לתיקייה משותפת כך שבסוף לכל התלמידים תהיה גישה לכל ההדמיות.

קישור להדמיה: https://en-roads.climateinteractive.org/scenario.html?p1=-1&p50=0.3&p67=2&v=2.7.19

סיכום:

הצעה 1 ־ לסיכום הצעה 1

לאחר שהתלמידים התנסו בהדמיה וענו על השאלות הבסיסיות אפשר לדון עם התלמידים בפתרונות שהם מציעים לצמצום גזי חממה.

- האם הפתרונות מציאותיים ולמה?

הצעה 2 ־ לסיכום הצעה 2

בסיכום נבליט כי קיימים מגוון פתרונות למשבר האקלים ונדרשים שיתוף פעולה ופשרות כדי להגיע לפתרון מיטבי. ייתכן שהכיתה לא תצליח להגיע להסכמה בנוגע לנושאים מסוימים. חוסר ההסכמה תשקף את המציאות המורכבת של היום. הסיכום יהיה מבוסס על ההדמיה של הקבוצה שמייצגת את תעשיית דלקי המאובנים. הבחירה בקבוצה זו אינה שרירותית, אלא משקפת את הדומיננטיות שלה במציאות של היום. הסיכום יתנהל בכמה שלבים:

לפני שנתחיל את הסיכום נזכיר לתלמידים שהמטרה שלשמה התכנסה הוועדה היא לצמצם את העלייה בטמפרטורה לפחות מ־2 מעלות צלזיוס.

שלב ראשון ־ הצגת הצעת תעשיית דלקי המאובנים

נציגי תעשיית דלקי המאובנים (הדלקים הפוסיליים) יציגו את ההדמיה שלהם ב־3 דקות (חשוב להקפיד על זמנים!). על הקבוצה להציג **ארבע** נקודות מפתח בהדמיה שלה שמראות שגם הם נותנים את הדעת ברצינות למשבר האקלים.

שלב שני ־ הצרת ההדמיות של שאר הקבוצות

שאר הקבוצות יציגו את ההדמיות שלהן. בזמן שהתלמידים מסתכלים על ההדמיות של הקבוצות האחרות עליהם לחשוב על שינוי שירצו להציע בהדמיה של קבוצת דלקי המאובנים. כל קבוצה תוכל להציע **הצעה אחת בלבד**. קבלה של כל הצעה לשינוי מותנית בהצבעת הרוב במליאה. רק הצעה אחת עומדת לרשות כל קבוצה ולכן כדאי לה לחשוב טוב על ההצעה שלה ולוודא שלא יהיו כפילויות עם קבוצות אחרות. (15 דקות)

שלב שלישי - שלב המשא והמתן

כל קבוצה חושבת יחד מה שינוי המדיניות שהם ירצו להציע בהצעת קבוצת נציגי תעשיית דלקי המאובנים. כל קבוצה יכולה להעלות רק הצעה אחת ולכן כדאי לוודא עם קבוצות אחרות שאין כפילויות ושפועלים יחד כדי להשיג את המיטב. כמו כן, אפשר לדון עם הקבוצות האחרות בנוגע לתמיכה שלהן בהצעות השונות (זכרו, כדי שהשינוי יתקבל חייבים רוב בהצבעה בעד ההצעה). אפשר למשל להציע עסקת חליפין - למשל קבוצה מסוימת תתמוך בהצעה שלכם אם גם אתם תתמכו בהצעה שלה. (10 דקות)

שלב רביעי ־ הצעות בסבב

כל קבוצה תציע שינוי אחד בסבב להדמיה של קבוצת דלקי המאובנים ונערוך הצבעה על השינויים במליאה. אם ההצעה מקבלת רוב, נערוך את השינוי בהדמיה. חשוב לבדוק מה קורה לטמפרטורה ולמחיר האנרגיה לאחר השינוי. בסוף הסבב נבחן אם הגענו ליעד של התחממות מתחת ל־2 מעלות צלזיוס. אם נשאר זמן, אפשר להמשיך לסבב נוסף.

הצעה להערכה חלופית והזדמנות לרפלקציה (אפשר לתת לשיעורי בית)

על בסיס הניסיון שלהם בהדמיה, נבקש מהתלמידים לכתוב:

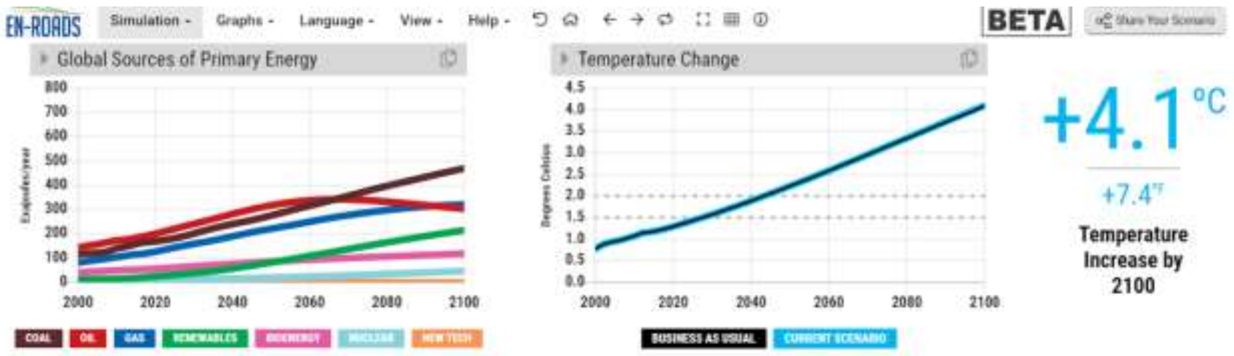
- מה לדעתכם המטרות החשובות ביותר העומדות לנגד עיני מקבלי ההחלטות בעולם?
- מהם הקשיים העומדים בפני השגת מטרות אלו?
- כיצד אפשר להתגבר עליהם?

נספח הנחיות לפעילות:

מנהיגי העולם וקבוצות בעלי השפעה צריכים למצוא פתרון משותף למשבר האקלים. בשיעור זה נבחן את היעילות של מגוון אסטרטגיות לבלימת משבר האקלים בשימוש בהדמיה. בשיעור 6, ביחידת המבוא, למדנו על חשיבות המודלים ככלי תכנון לקראת העתיד. בפעילות זו אתם תעבדו במודל שפיתחה אוניברסיטת MIT לצורך בחינה של פתרונות שאפשר ליישם כדי לצמצם את ההתחממות הגלובלית.

להלן ההוראות:

1. פתחו את [ההדמיה](#) - הגעתם למסך הראשי. בחלק העליון של העמוד אפשר לראות שני גרפים: מצד שמאל - גרף המציג את השתנות תמהיל האנרגיה העולמי במשך השנים, לפי כמה מקורות - Global sources of primary energy, ומצד ימין מוצג גרף של שינוי בטמפרטורה במשך השנים. הערך החיובי מעיד על עלייה בטמפרטורה הממוצעת. ההדמיה מתחילה בתרחיש של "עסקים כרגיל" - כלומר בלי שינוי ניכר בפליטות ובשיעור הצמיחה הכלכלית. לפי תחזית זו, צפויה עלייה של כ־4.1 מעלות צלזיוס עד שנת 2100.



מקרא צבעי מקורות אנרגיה לגרף השמאלי:

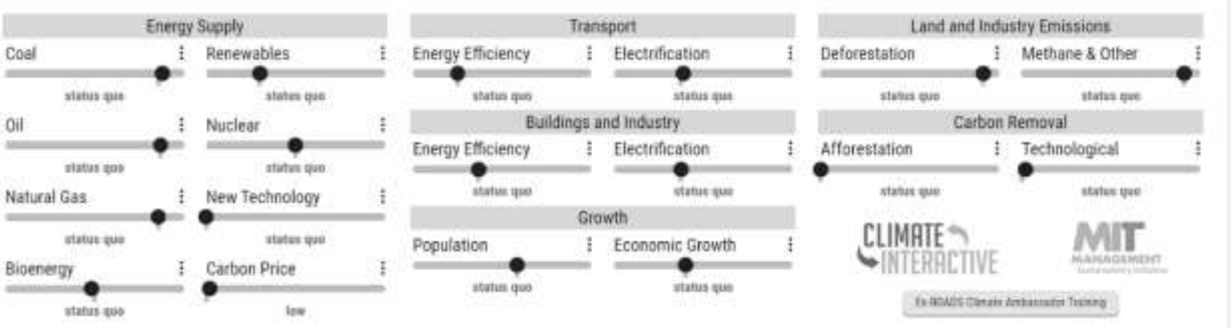
פחם	coal
נפט	oil
גז טבעי	gas
אנרגיות מתחדשות	renewables
אנרגיה ביולוגית (מקור חי או צומח)	bioenergy
אנרגיה גרעינית	nuclear
טכנולוגיה חדשה (טכנולוגיה עתידית כלשהי)	New tech

2. כעת התבוננו בחלק התחתון של העמוד (ראו צילום מסך מטה). בחלק זה מובאים גורמים שעשויים להשפיע על הטמפרטורה. מתחת לכל גורם יש סרגל שבו תוכלו לגרור לימין או לשמאל (ראו תרגום והסברים של כל האפשרויות בנספחים 1 2).

בכל רגע אפשר לבטל את הפעולה הקודמת בלחיצה על החץ שפונה שמאלה ← "undo".

יש גם לחצן הפוך - חץ ימינה → - החוזר על הפעולה שביטלתם "redo".

אתם יכולים להחזיר את כל הסרגלים למצבם ההתחלתי בלחיצה על ↺ - " Reset policies and assumptions".

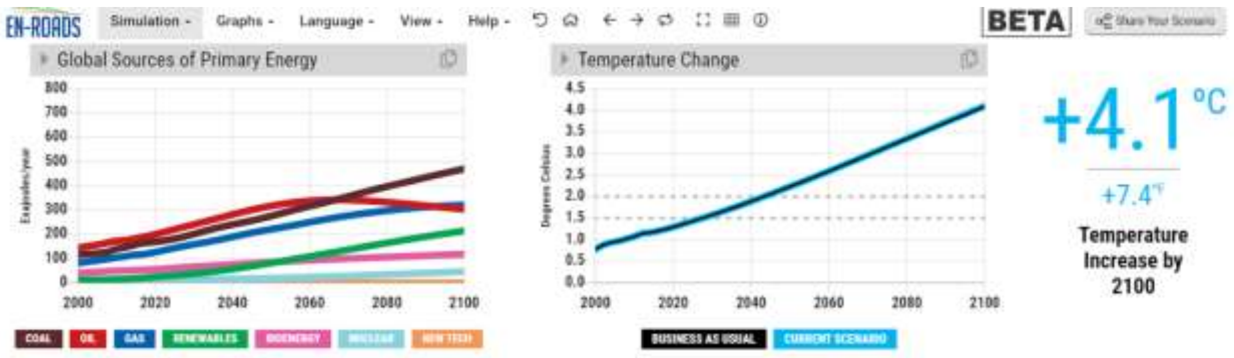


تعليمات النشاط:

يجب على زعماء العالَم ومجموعات مؤثرة إيجاد حل مشترك لأزمة المناخ. في هذا الدرس، نفحص نجاعة مجموعة متنوعة من الاستراتيجيات للتخفيف من أزمة المناخ باستخدام محاكاة. في الدرس 6، في وحدة المقدمة، تعلّمنا عن أهمية النماذج كأداة لتخطيط المستقبل. في هذا النشاط، تستخدمون النموذج الذي طوره معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT لفحص الحلول التي يمكن تنفيذها لتقليل ظاهرة الاحترار العالمي.

فيما يلي التعليمات:

1. افتحوا المحاكاة ההדמיה - وصلتم إلى الشاشة الرئيسية. في الجزء العلوي من الصفحة، يمكنكم رؤية رسمين بيانيين: على اليسار - رسم بياني يعرض التباين في مزيج الطاقة العالمي على مر السنين، وفقًا لبعض المصادر - المصادر العالمية للطاقة الأولية Global sources of primary energy، وعلى اليمين رسم بياني لدرجة الحرارة التي تتغير على مرّ السنين. تُشير القيمة الموجبة إلى زيادة معدل درجة الحرارة. تبدأ المحاكاة بسيناريو "العمل كالمعتاد" - أي بدون تغيير كبير في الانبعاث وفي معدل النمو الاقتصادي. حسب هذه التوقعات، من المتوقع أن تزداد درجة الحرارة بحوالي 4.1 درجة مئوية بحلول عام 2100.



دليل ألوان مصادر الطاقة للرسم البياني الأيسر:

فحم حجري	coal
نفط	oil
غاز طبيعي	gas
طاقات متجددة	renewables

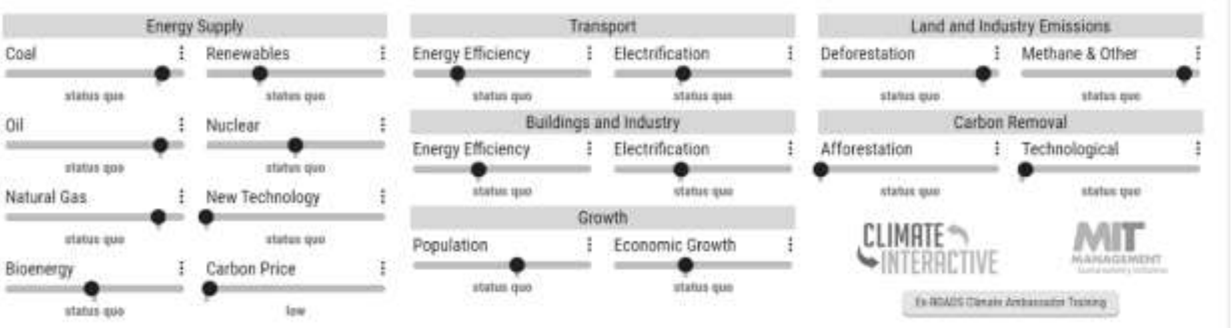
الطاقة البيولوجية (مصدر حيواني أو نباتي)	bioenergy
الطاقة النووية	nuclear
تقنية جديدة (تقنية مستقبلية معينة)	New tech

2. تمعنوا الآن في أسفل الصفحة (انظروا إلى تصوير الشاشة أدناه). يعرض هذا القسم العوامل التي قد تؤثر على درجة الحرارة. تحت كل عامل يوجد شريط يمكنكم سحبه إلى اليمين أو اليسار (انظروا إلى ترجمة وتوضيح جميع الإمكانيات في الملحقين 1 2).(בנספחים 1 2).

في كل لحظة يمكنكم التراجع إلى العملية السابقة من خلال النقر على السهم الأيسر ← "تراجع" "undo".

يوجد أيضًا زر بالعكس - سهم إلى اليمين → - يكرر العملية التي ألغيتموها "إعادة" "redo".

يمكنكم إعادة جميع الأشرطة إلى حالتها الابتدائية من خلال النقر على ↺ - "إعادة تعيين السياسات والافتراضات" "Reset policies and assumptions".



נספח 1 : תרגום והסברים להדמיה

Land and Industry Emissions **פליטות מתעשייה ושימושים שונים של קרקעות**		**Transport** **תחבורה**		**Energy supply** **אספקת אנרגיה**	
Methane and Other פליטת גזי חממה כגון מתאן (מגידולי בקר, חקלאות, פסולת, קידוחי גז טבעי) או גזי חממה אחרים כמו חמצן דו־חנקני (דשנים) או גזי-f .	Deforestation כריתת יערות, בדרך כלל שריפה או כריתה כדי לפנות מקום לגידולים כמו סויה, תירס או דקלים	Electrification כלי תחבורה שפועלים על חשמל - יכול להוריד פליטות אם מקור אנרגיית החשמל נקי (שמש/רוח)	Energy efficiency יעליות אנרגטית של כלי תחבורה כולל מכוניות, כלי שייט ומטוסים.	Renewables אנרגיות מתחדשות (בלי פליטות או בפליטות נמוכות)	Coal פחם - דלק המאובנים המזיק ביותר לסביבה. פולט הרבה פחמן דו־חמצני ומזהם אוויר. בשימוש נפוץ כי הוא זול לכרייה ולהובלה.
Carbon Removal **סילוק פחמן דו־חמצני**		**Buildings and Industry** **בניינים ותעשייה**		Nuclear אנרגיה גרעינית	Oil נפט - שימוש נפוץ כאנרגיה לכלי תחבורה, לייצור חשמל ולחימום.
Technological סילוק פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה באמצעים טכנולוגיים. למשל שאיבת פחמן דו־חמצני.	Afforestation ייעור - נטיעת עצים חדשים והתחדשות של יערות ותיקים. בקנה מידה גדול ובלי תכנון מכוון ייעור יכול לפגוע במגוון הביולוגי.	Electrification עלייה או ירידה בשימוש בחשמל בבניינים ובתעשייה. שימוש בחשמל ממקורות אנרגיה מתחדשת (רוח או שמש).	Energy efficiency התייעלות אנרגטית של בניינים, מכונות ומכשירים, בתים ומפעלים.	New Technology סיכוי למצוא טכנולוגיה חדשה אשר אינה פולטת גזי חממה.	Natural Gas גז טבעי - בשימוש נפוץ בחשמל, בחימום ובתעשייה. שרפת גז טבעי פולטת פחות פחמן דו־חמצני מפחם ולכן מזהמת פחות את האוויר.
		Growth **גידול**		Carbon Price מחיר פחמן. מייקר את דלקי המאובנים (פוסיליים) שפולטים פחמן דו־חמצני.	Bioenergy אנרגיה ממקור ביולוגי - עצים, גידולים, דלק מאצות וכו'...

	Economic Growth צמיחה כלכלית. נמדד בכמות התמ״ג (תוצר מקומי גולמי) לאדם.	Population גידול האוכלוסייה.		

נספח 2: מה אפשר לשנות בסרגלים?

ברירת המחדל של כל הגורמים בסרגלים היא ״סטטוס קוו״ - המצב הקיים ־ כלומר הסרגל מציין את המצב כפי שהוא היום. גרירה של הסמן על הסרגל ימינה או שמאלה תשנה את המצב לפי הטבלה הזאת:

Land and Industry Emissions פליטות מקרקע ומתעשייה	**Transport תחבורה** + **Buildings and Industry** **בניינים ותעשייה**	**Energy supply** **אספקת אנרגיה**
Increased - הגדלה Reduced - הפחתה Moderately reduced - הפחתה בינונית Highly reduced -הפחתה ניכרת	**Energy efficiency -** **התייעלות אנרגטית** Discouraged - לא מעודדים / הרתעה Increased - הגדלה Increased Highly - הגדלה ניכרת **Electrification - כלי תחבורה שפועלים על חשמל** Discouraged - לא מעודדים / הרתעה Incentivised - מתומרץ (ניתן תמריץ) Highly Incentivised - מתומרץ מאוד	**דרגת המיסוי** Taxed - קיים מיסוי Highly taxed - מיסוי גבוה Very highly taxed - מיסוי גבוה מאוד **Subsidized - דרגת הסבסוד** **New Technology -** **טכנולוגיה חדשה** Breakthrough - פריצת דרך
Carbon Removal סילוק פחמן דו־חמצני	**Growth** גידול	**Carbon Price - מחיר פחמן** Low - נמוך High - גבוה Very high ־ גבוה מאוד
Low growth - גידול נמוך Medium Growth - גידול בינוני High growth - גידול גבוה	High growth - גידול גבוה Low growth - גידול נמוך	

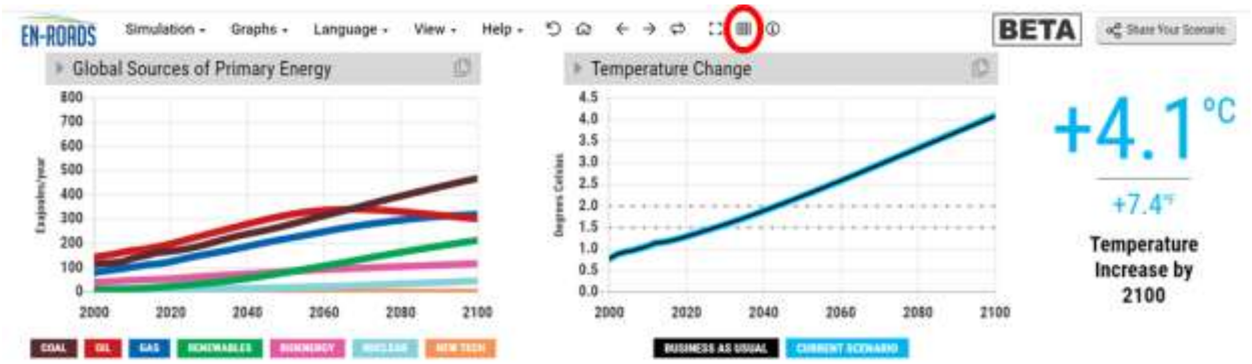
נספח 3 - תרגול עבודה בהדמיה

1. מה משפיע יותר על שימוש בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) ועל השינוי בטמפרטורה - גידול האוכלוסייה או צמיחה כלכלית. הציעו הסבר לתוצאות.

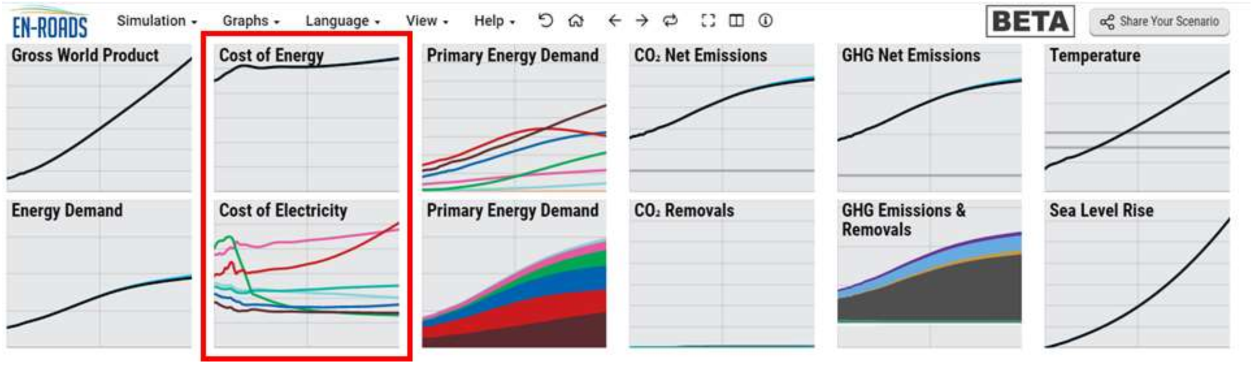
2. על פי ההדמיה, למה יש פוטנציאל גבוה יותר להורדת פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה - ייעור (נטיעת עצים) או לפתרונות טכנולוגיים? הציעו הסבר לתוצאות.

3. הסבירו כיצד אפשר להשתמש באסטרטגיות כלכליות (מיסוי או סבסוד) כדי לצמצם את השימוש בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) וכך גם לצמצם פליטות? תנו דוגמה מתוך ההדמיה.

4. לחצו על הכפתור אשר מציג את המיני־גרפים (מוקף בעיגול אדום).



החלון שייפתח מראה מגוון נתונים נוספים. הגרפים שמעניינים אותנו הם הגרף של **עלות האנרגיה** (Cost of Energy) שמציג את עלות האנרגיה בכלל **והגרף של עלות אנרגיית החשמל** (Cost of Electricity) שמציג את עלות האנרגיה לפי מקור האנרגיה להפקת חשמל. אפשר ללחוץ על כל גרף כדי להגדיל אותו. כדי לשוב לתצוגת הגרפים הקטנים יש ללחוץ שוב על הסמל של הבית הקטן (home).



מהם הגורמים העיקריים המשפיעים על עלות אנרגיה ועל עלות אנרגיית החשמל?

5. הציעו פתרון <u>מציאותי</u> לפליטת גזי חממה. בהדמיה יש לשמור על מידת ההתחממות מתחת ל־2 מעלות צלזיוס. שמרו את הפתרון שלכם לשלב הדיון.

الملحق 1: ترجمة وشرح المحاكاة

Land and Industry Emissions **انبعاث من الصناعة واستخدام مختلف للأرض**		**Transport** **المواصلات**		**Energy supply** **تزويد الطاقة**	
Methane and Other انبعاث غازات الدفيئة، مثلًا: الميثان (من الماشية ، الزراعة، النفايات، التنقيب عن الغاز الطبيعي) أو غازات الدفيئة الأخرى، مثلًا: ثاني أكسيد النيتروجين (الأسمدة) أو غازات -f	Deforestation قَطع الغابات، عادةً يتمّ حرقها أو قطعها لزراعة محاصيل، مثل: فول الصويا أو الذرة أو النخيل	Electrification وسائل مواصلات تعمل بواسطة الكهرباء - يمكن أن تقلل من الانبعاث إذا كان مصدر الكهرباء نظيفًا (الطاقة الشمسية / الرياح)	Energy efficiency كفاءة استخدام الطاقة في وسائل المواصلات، بما في ذلك السيارات، السفن والطائرات.	Renewables طاقات متجددة (بدون انبعاث أو انبعاث منخفض)	Coal الفحم الحجري - أكثر أنواع الوقود الأحفوري ضررًا بالبيئة المحيطة. ينبعث منه الكثير من ثاني أكسيد الكربون ويلوث الهواء. شائع الاستخدام، لأن تعدينه (استخلاصه) ونقله غير مكلف.
Carbon Removal **إزالة ثاني أكسيد الكربون**		**Buildings and Industry** **المباني والصناعة**		Nuclear الطاقة النووية	Oil النفط - يُستخدم عادة كطاقة لوسائل المواصلات، لتوليد الكهرباء والتدفئة.
Technological إزالة ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي بالوسائل التكنولوجية. على سبيل المثال، ضخ ثاني أكسيد الكربون.	Afforestation التشجير - غرس أشجار جديدة وإعادة إحياء الغابات القديمة. إذا كان التشجير على نطاق واسع وبدون تخطيط موجه، يمكن أن يضر بالتنوع البيولوجي.	Electrification زيادة أو نقصان في استخدام الكهرباء في المباني والصناعة. استخدام الكهرباء من مصادر طاقة متجددة (الرياح أو الشمس).	Energy efficiency كفاءة استخدام الطاقة في المباني، الآلات، الأجهزة، المنازل والمصانع.	New Technology احتمال إيجاد تقنية جديدة لا تنبعث منها غازات الدفيئة.	Natural Gas الغاز الطبيعي – يُستخدم كثيرًا في الكهرباء، التدفئة والصناعة. عند حرق الغاز الطبيعي يَنْتُج انبعاث ثاني أكسيد الكربون بكمية أقل من

الفحم الحجري، لذا يلوث الهواء أقل.					
Bioenergy طاقة من مصدر بيولوجي - الأشجار، المحاصيل الزراعية، الوقود من الطحالب إلخ...	Carbon Price سعر الكربون. يرفع سعر الوقود الأحفوري الذي ينبعث منه ثاني أكسيد الكربون			**Growth** **نمو**	
		Population النمو السكاني.	Economic Growth النمو الاقتصادي. يُقاس بمقدار الناتج المحلي الإجمالي للفرد.		

الملحق 2: ما الذي يمكن تغييره في الشريط؟

الوضع الافتراضي المفضل استعماله على جميع العوامل في الأشرطة هو "الوضع الراهن" - الوضع الحالي - أي أن الشريط يُشير إلى الوضع كما هو اليوم. يؤدي سحب المؤشر على الشريط إلى اليمين أو اليسار إلى تغيير الوضع وفقًا للجدول الآتي:

Energy supply **تزويد الطاقة**	**Transport תחבורה** + **Buildings and Industry** **المباني والصناعة**	**Land and Industry Emissions** انبعاث من الأرض والصناعة
درجة الضرائب Taxed - توجد ضرائب Highly taxed - ضرائب عالية - Very highly taxed ضرائب عالية جدًا	**Energy efficiency -** **كفاءة الطاقة** Discouraged - لا تشجع / تردع Increased - تكبير Increased Highly - زيادة كبيرة **Electrification - وسائل مواصلات تعمل بواسطة الكهرباء**	Increased - تكبير Reduced - تخفيض Moderately reduced - تخفيض متوسط - Highly reduced تخفيض كبير

	- Discouraged لا تشجع / تردع - Incentivised الحافز (الحافز المعطى) - Highly Incentivised مشجعة للغاية	**- Subsidized** **درجة الدعم** **- New Technology** **تكنولوجيا جديدة**
Carbon Removal إزالة ثاني أكسيد الكربون	**Growth** نمو	- Breakthrough تقدم مهم وحاسم في العملية
- Low growth نمو منخفض - Medium Growth نمو متوسط - High growth نمو مرتفع	- High growth نمو مرتفع - Low growth نمو منخفض	**- Carbon Price سعر الكربون** - Low منخفض - High مرتفع - Very high مرتفع جدًا

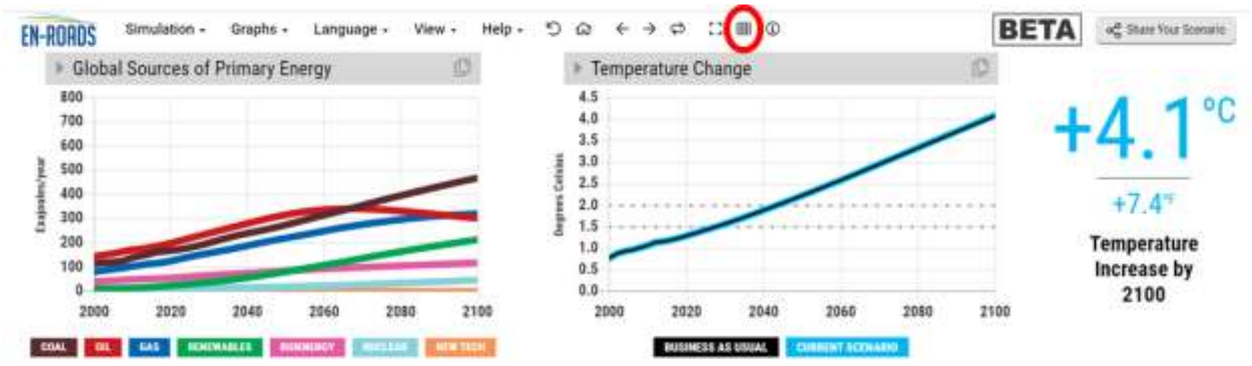
الملحق 3 – التمرُّن في المحاكاة

1. ما الذي يؤثر أكثر على استخدام الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) وعلى التغيُّر في درجة الحرارة - النمو السكاني أو النمو الاقتصادي؟ اقترحوا شرحًا للنتائج.

2. وفقًا للمحاكاة، أيُّهما توجد له قدرة أكبر لتخفيض ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي - التشجير (غرس الأشجار) أم الحلول التكنولوجية؟ اقترحوا شرحًا للنتائج.

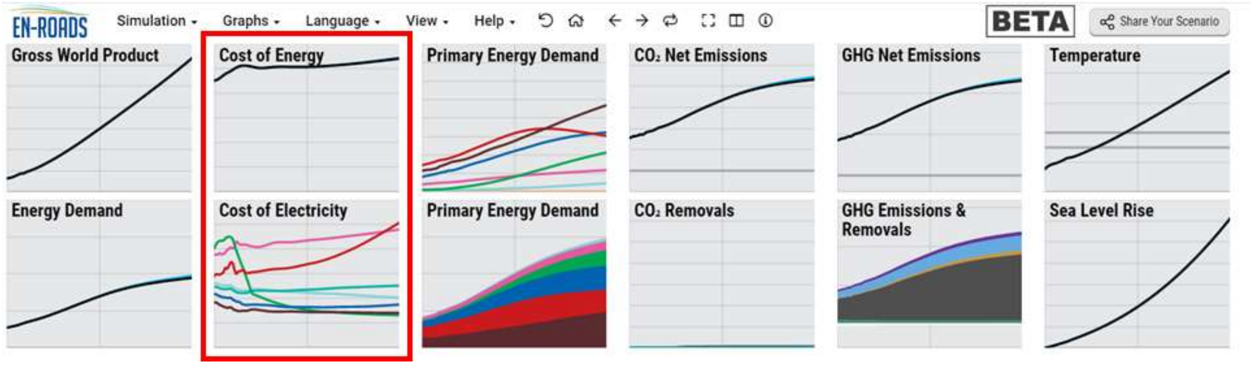
3. اشرحوا كيف يمكن استخدام استراتيجيات اقتصادية (الضرائب أو الدعم) لتقليل استخدام الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) وبالتالي لتقليل الانبعاث؟ أعطوا مثالًا من المحاكاة.

4. انقروا على الزر الذي يعرض الرسوم البيانية المصغرة (محاط بدائرة حمراء).



النافذة التي يتمّ فتحها تُظهر مجموعة متنوعة من المعطيات الإضافية. الرسوم البيانية التي تهمنا هي: **الرسم البياني لتكلفة الطاقة** (Cost of Energy) الذي يعرض تكلفة الطاقة بشكل عام **والرسم البياني لتكلفة الكهرباء** (Cost of Electricity) الذي يعرض تكلفة الطاقة حسب

مصدر الطاقة لتوليد الكهرباء. يمكن النقر على كل رسم بياني لتكبيره. للعودة إلى عرض الرسم البياني الصغير، انقروا على أيقونة البيت الصغير (home) مرة أخرى.



ما هي العوامل الرئيسية التي تؤثر على تكلفة الطاقة وتكلفة الكهرباء؟

5. تقديم حلًا واقعيًا لانبعاث غازات الاحتباس الحراري. في المحاكاة، يجب أن تبقى درجة الاحترار أقل من درجتين مئويتين. احفظوا حلكم الخاص لمرحلة المناقشة.

מהלך השיעור **הצעה 2: ייצוג קבוצת אינטרסים**

<u>הוראות לפעילות אתגר האקלים</u>

התחלקו לשמונה קבוצות עבודה (אפשר גם יותר, ואז יהיו כפילויות. אפשר גם פחות, ולוותר על קבוצות 7 ו־8). כל אחת מהקבוצות תייצג קבוצת אינטרסים אחרת ותקבל כרטיסיית מידע עם ההנחיות שלה (נספח 4). אלה הן הקבוצות:

1. מדינות מפותחות;
2. מדינות מתפתחות;
3. מדינות בעלות שוק מתעורר - מדינה בה התמ"ג לנפש נמוך מזה של מדינה מפותחת, אף על פי שקיימת בה צמיחה כלכלית מהירה ורמת החיים בה קרובה לזו של המדינות המפותחות;
4. נציגי אנרגיה נקייה;
5. ארגוני צדק סביבתי;
6. תעשיית דלקי המאובנים (הדלקים הפוסיליים);
7. נציגי תעשייה ומסחר;
8. נציגי קרקע, חקלאות ויערות.

חשוב מאוד לצורך הדיון בסיכום השיעור ולשם שיקוף המציאות המורכבת בעולם להיכנס לדמות של הקבוצה שאתם מייצגים ולא לתת לעמדות האישיות שלכם להפריע לייצוג הקבוצה, גם אם אינכם מסכימים עם המדיניות שלה.

تعليمات نشاط تحدي المناخ

توزعوا إلى ثماني مجموعات عمل (يمكن أكثر أيضًا، عندئذٍ يكون تكرار. يمكن أقل أيضًا، وعندئذٍ نتخلى عن المجموعتين 7 وَ 8). كل مجموعة تمثل مجموعة مصالح مختلفة وتحصل على بطاقات معلومات مع إرشاداتها الخاصة (الملحق 4) (נספח 4). فيما يلي المجموعات:

1. دول متقدمة؛
2. دول نامية؛
3. دول الأسواق الناشئة – دولة فيها الناتج المحلي الإجمالي للفرد أقل من دولة متقدمة، على الرغم من نموها الاقتصادي السريع واقترابها من مستوى المعيشة في الدول المتقدمة؛
4. ممثلو الطاقة النظيفة؛
5. منظمات العدالة للبيئة المحيطة؛
6. صناعة الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر)؛
7. ممثلو الصناعة والتجارة؛
8. ممثلو الأراضي، الزراعة والغابات؛

من المهم جدًّا لغرض المناقشة في تلخيص الدرس، ومن أجل أن تعكسوا الواقع المعقد في العالَم، أن تدخلوا في شخصية المجموعة التي تمثلونها، وعدم السماح لمواقفكم الشخصية بالتشويش على تمثيلكم للمجموعة حتى لو أنكم غير موافقين مع سياساتها.

נספח 4 - כרטיסיות מידע לקבוצות:

מדינות מפותחות

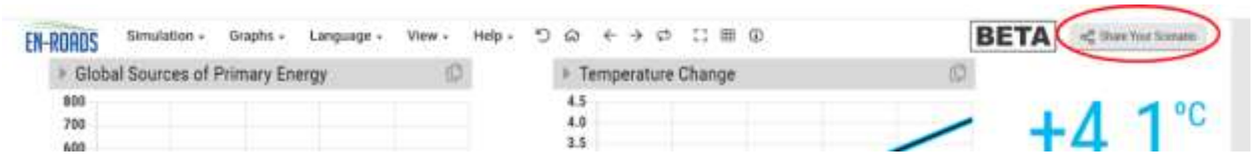
אל נציגי המדינות המפותחות: ארצות הברית, קנדה, האיחוד האירופי, יפן, רוסיה ורפובליקות סובייטיות לשעבר, דרום קוריאה, אוסטרליה וניו זילנד

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים.

זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

אתם מייצגים את המדינות המפותחות שיחד הן כ־17 אחוזים מכלל אוכלוסיית העולם. עם זה, המדינות שלכם יחד מייצרות 60 אחוזים מהתפוקה הכלכלית העולמית והתמ"ג לנפש שלהן הוא הגבוה ביותר. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. הפחתת פליטות של פחמן דו־חמצני, מתאן, חמצן דו־חנקני גזים המכילים פלואור ואחרים
אף על פי שפחמן דו־חמצני הוא גז החממה המשפיע ביותר על ההתחממות הגלובלית, גזים אחרים גורמים לכרבע מההתחממות הגלובלית. אף שריכוזם נמוך - הוא עולה במהירות.

2. השקעה במחקר ופיתוח של מקור אנרגיה חדש נקי (אפס פליטות) וזול
יש מדענים שמאמינים שהחלופה הטובה ביותר לדלקי מאובנים היא סוג חדש של אנרגיה גרעינית, כגון ביקוע תוריום או היתוך גרעיני. כיום יש כמה אוניברסיטאות וחברות בולטות שבוחנות את הפתרונות המבטיחים האלו. אך טכנולוגיות חדשות אלה אינן זמינות כרגע ויחייבו השקעה גדולה כדי שתהיה להן כדאיות מסחרית. שקלו אם השקעה במחקר ובפיתוח כזה היא כדאית לכם.

3. סבסוד אנרגיות מתחדשות
אף שתעשיית האנרגיות המתחדשות היא בתנופת גדילה, אנרגיות אלו תורמות פחות מ־5 אחוזים לאספקת האנרגיה העולמית. מימון ממשלתי (סובסידיות) יעזור לענף זה לצמוח וגם יפתח מקומות עבודה חדשים.

4. צמצום כריתת יערות
כריתת יערות אחראית כיום לכ־15 אחוזים מפליטת גזי החממה בעולם. מדובר לרוב ביערות טרופיים במדינות מתפתחות כולל אגן האמזונס, אפריקה ודרום אסיה. הגנה על יערות יכולה להפחית פליטות ובה בשעה לשמור על המגוון הביולוגי.

5. הגדלת שטחי ייעור
נטיעת יערות חדשים או שיקום יערות קיימים - אם יינטעו יערות בשטחים נרחבים, העצים יכולים לתפוס אדמות שיכולות לשמש לגידולים חקלאיים או לגידול בעלי חיים, והמזון עלול להתייקר.

6. מיסוי פליטות גזי חממה (מיסוי פחמן)
כיום דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) מספקים את רוב צריכת האנרגיה בעולם והם גם אחראים לרוב פליטות גזי החממה אשר משפיעים על שינויי אקלים. מחירי השוק של דלקי מאובנים אינם משקפים את הנזק הסביבתי והחברתי הנגרם מהשימוש בהם. יתר על כן, כל שנה ממשלות ברחבי העולם מסבסדות את תעשיית דלקי המאובנים בסכומי עתק שנעים בין 775 מיליארד לטריליון דולר. כלכלנים מסכימים שהדרך הטובה ביותר להפחית את פליטת גזי החממה היא בהעלאת מחירי פחמן. אף שכמה מהמדינות שלכם כבר ממסות פחמן, ברובן מדובר על פחות מהערך שהכלכלנים ממליצים, שהוא בין 30 ל־50 דולר לטון פחמן. אפשר להחזיר את ההכנסות מגביית המס לציבור בהורדה של מיסים אחרים, או לקזז את העלויות הכרוכות במעבר לאנרגיות נקיות או לסייע למדינות מתפתחות לעבור לאנרגיות חלופיות. שקלו אם מיסוי פחמן כדאי לכם.

7. פיתוח טכנולוגיות לסילוק פחמן
תחום המחקר החדש הזה שואף לפתח שיטות חדשניות לסילוק פחמן דו־חמצני שכבר נמצא באטמוספירה. השיטות כוללות פרקטיקות חקלאיות וגם טכנולוגיות ספקולטיביות (שהצלחתן משוערת אך אינה מוכחת) כמו לכידת פחמן ישירות מהאוויר. הקבוצה שלכם יכולה להחליט אם להשקיע בפיתוח טכנולוגיות אלה ואם ההשקעה בו שווה את הסיכון הטמון בו.

שיקולים נוספים:

אף שאתם מבינים את חומרת משבר האקלים, הכלכלה שלכם תלויה בדלקי מאובנים (דלקים פוסיליים). כמה מהמדינות שבקבוצתכם - קנדה, רוסיה ואוסטרליה - גם מתפרנסות מייצוא דלקי מאובנים. למעשה, כלל המדינות המתפתחות אחראיות לפליטה של כ־36 אחוזים מסך כל פליטות גזי החממה בעולם. תנו דעתכם לכך שסין לבדה אחראית לפליטה של 28 אחוזים מסך הפליטות, ושמדינות מתפתחות אחראיות ל־65 אחוזים מפליטות גזי החממה בעולם, אף שכמות הפליטות לאדם נמוכה.

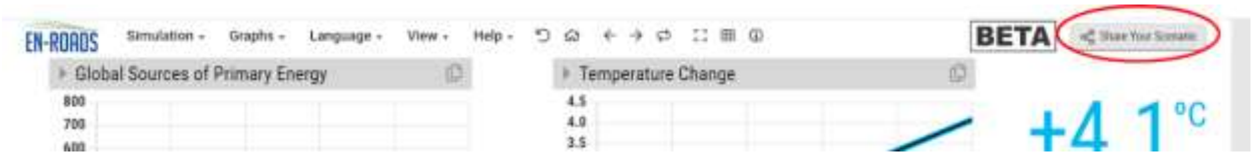
2. מדינות מתפתחות

אל נציגי המדינות המתפתחות: אתם מייצגים יותר ממאה מדינות השוכנות בדרום מזרח אסיה, במרכז ובדרום אמריקה (רוב המדינות שם), באפריקה (רוב המדינות שם), מדינות אי קטנות, ובמזרח התיכון (רבות מהמדינות באזור).

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא אקלים. זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

אתם מייצגים את המדינות המתפתחות - אוכלוסיות המדינות שלכן יחד הן כ־38 אחוזים מכלל אוכלוסיית העולם. קצב גידול האוכלוסייה במדינות שלכם גבוה. עם זה המדינות שאתם מייצגים יחד מייצרות רק 16 אחוזים מהתפוקה הכלכלית העולמית, כיוון שהמדינות שלכן עניות והתמ"ג (תוצר מקומי גולמי) לנפש במדינות שלכם נמוך בהרבה מהתמ"ג לנפש במדינות מפותחות. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת ווטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים ־ קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. סבסוד אנרגיות מתחדשות

אף שתעשיית האנרגיות המתחדשות היא בתנופת גדילה, אנרגיות אלו תורמות פחות מ־5 אחוזים לאספקת האנרגיה העולמית. מימון ממשלתי (סובסידיות) יעזור לענף זה לצמוח וגם יפתח מקומות עבודה חדשים. אם מדינות כמו סין יסבסדו את האנרגיות האלו, יוזלו לכם מאוד מחירי האנרגיה המתחדשת והשימוש בהן יתרום לצמיחה כלכלית.

2. הפחתת פליטות גזי חממה כמו מתאן וחמצן דו־חנקני

אף ששרפת דלקי מאובנים היא הגורמת העיקרית להתחממות הגלובלית, גם גזים אחרים כגון מתאן (CH_4), חמצן דו־חנקני (N_2O) וגזי חממה המכילים פלאור (גזי f) גורמים לכרבע מההתחממות הגלובלית. אף על פי שריכוז הגזים האלו באטמוספירה נמוך, הוא הולך וגדל

עם הזמן. המקור של רוב גזי החממה האלו במדינות מפותחות ובמדינות בעלות שוק מתעורר, כמו סין.

3. צמצום כריתת יערות
כריתת יערות אחראית כיום לכ־15 אחוזים מפליטת גזי החממה בעולם. מדובר בעיקר ביערות טרופיים במדינות מתפתחות למשל באגן האמזונס, באפריקה ובדרום אסיה. הגנה על יערות יכולה להפחית פליטות ולשמור על המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי. עם זה, הגבלת כריתת יערות עלולה לפגוע בפוטנציאל ההכנסות ממכירת עצים (כריתה) ולפגום בשימוש בקרקעות לייצור מזון, ביו־אנרגיה ושימושים אחרים.

4. הגדלת שטחי ייעור
נטיעת יערות חדשים או שיקום יערות קיימים - אם יינטעו יערות בשטחים נרחבים, העצים יכולים לתפוס אדמות שיכולות לשמש לגידולים חקלאים או לגידול בעלי חיים, והמזון עלול להתייקר. שקלו אם הגדלת שטחי הייעור כדאית לכם.

5. מיסוי פחם - רבות מהמדינות שלכם מקימות מכרות פחם ותחנות כוח מבוססות פחם. אף שפחם הוא הדלק שפולט את הכמות הגדולה ביותר של פחמן דו־חמצני לאטמוספירה והוא האחראי להרבה מזיהום האוויר שפוגע במיליוני אזרחים בכל שנה. מיסוי פחם יכול לצמצם את הפליטות במהירות, להפחית זיהום אוויר מסוכן ולשפר את בריאות הציבור. שקלו אם הטלת מס על הפחם כדאית לכם.

6. מיסוי פליטת פחמן דו־חמצני
כיום דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) מספקים את רוב צריכת האנרגיה בעולם והם האחראים לרוב פליטות גזי החממה הגורמים לשינויי האקלים. מחירי השוק של דלקי מאובנים אינם משקפים את הנזק הסביבתי והחברתי הנגרם מהשימוש בהם. כלכלנים מסכימים שהדרך הטובה ביותר להפחית את פליטת גזי החממה היא בהעלאת מחירי הפחמן בהדרגה, כדי לתת לכלכלה זמן להסתגל. אפשר להחזיר את ההכנסות מגביית המס לציבור בהורדה של מיסים אחרים, או לקזז את העלויות הכרוכות במעבר לאנרגיות נקיות. עם זה, היזהרו לא לפעול מהר מדי - מעמד הביניים במדינותיכם - המדינות המתפתחות - שואף להרשות לעצמו את המוצרים והשירותים שעומדים לרשות האזרחים במדינות מפותחות (למשל מכוניות, מיזוג אוויר, טיסות וכו׳...). אם יוטל מס על פחמן לא יוכלו אנשי מעמד הביניים במדינותיכם להשיג את איכות החיים המובנת מאליה אצל אזרחים במדינות מפותחות. נוסף על כך, האזרחים העניים במדינותיכם - המדינות המתפתחות - זקוקים למקור חשמל אמין, למים נקיים, למזון, לשירותי בריאות, לדיור הגון ולצרכים בסיסיים אחרים. אם מחיר האנרגיה יעלה, גם מחירי השירותים האלה יעלו, והאוכלוסייה העניה תיפגע מאוד. שקלו אם הטלת מס על פליטת פחמן דו־חמצני כדאית לכם.

<u>שיקולים נוספים:</u>

שינויי האקלים הם סכנה קיומית למדינות מתפתחות. משבר האקלים מסכן את הבריאות והחיים. מדי שנה זיהום אוויר משרפת דלקי מאובנים גורם למיליוני מקרי מוות בטרם עת. עליית מפלס הים, מזג אוויר קיצוני, בצורת, ירידה ביבול ופגיעות אחרות כתוצאה משינויים באקלים גורמים לעימותים ולהגירה מסיבית של פליטים המחפשים עתיד טוב ובטוח יותר.

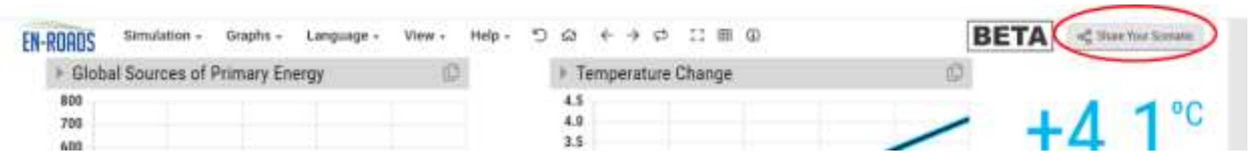
3. מדינות בעלות שוק מתעורר

אל נציגי המדינות בעלות שוק מתעורר (emerging economies): סין, הודו, אינדונזיה, ברזיל, מקסיקו ודרום אפריקה

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא אקלים. זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

אתם מייצגים את המדינות המתפתחות הגדולות ביותר אשר נמצאות בצמיחה כלכלית מהירה. האוכלוסייה במדינות אלו היא כמעט 3.5 מיליארד אנשים, כ־45 אחוזים מאוכלוסיית העולם. עם זה, כלל המדינות שלכם מייצרות רק כרבע מהתפוקה הכלכלית העולמית. המדינות שלכן עניות והתמ"ג (תוצר מקומי גולמי) לנפש שלהן נמוך בהרבה מהתמ"ג לנפש במדינות מפותחות. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת ווטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. סבסוד אנרגיות מתחדשות
אף שתעשיית האנרגיות המתחדשות היא בתנופת גדילה, אנרגיות אלו תורמות פחות מ־5 אחוזים לאספקת האנרגיה העולמית. מימון ממשלתי (סובסידיות) יעזור לענף זה לצמוח וגם יפתח מקומות עבודה חדשים. אם מדינות כמו סין יסבסדו את האנרגיות האלו, יוזלו לכם מאוד מחירי האנרגיה המתחדשת והשימוש בהן יתרום לצמיחה כלכלית.

2. הפחתת פליטות של פחמן דו־חמצני, מתאן, חמצן דו־חנקני, גזים המכילים פלואור ואחרים
אף ששרפת דלקי מאובנים היא הגורמת העיקרית להתחממות הגלובלית, גם גזים אחרים כגון מתאן (CH_4), חמצן דו־חנקני (N_2O) וגזי חממה המכילים פלאור (גזי f) גורמים לכרבע מההתחממות הגלובלית. אף על פי שריכוז הגזים האלו באטמוספירה נמוך, הוא הולך וגדל עם הזמן. המקור של רוב גזי החממה האלו במדינות מפותחות ובמדינות בעלות שוק מתעורר, כמו סין.

3. צמצום כריתת יערות

כריתת יערות אחראית כיום לכ־15 אחוזים מפליטת גזי החממה בעולם. מדובר בעיקר ביערות טרופיים במדינות מתפתחות למשל באגן האמזונס, באפריקה ובדרום אסיה. הגנה על יערות יכולה להפחית פליטות ולשמור על המערכות האקולוגיות והמגוון הביולוגי. עם זה, הגבלת כריתת יערות עלולה לפגוע בפוטנציאל ההכנסות ממכירת עצים (כריתה) ולפגום בשימוש בקרקעות לייצור מזון, ביו־אנרגיה ושימושים אחרים.

4. הגדלת שטחי ייעור

נטיעת יערות חדשים או שיקום יערות קיימים - אם יינטעו יערות בשטחים נרחבים, העצים יכולים לתפוס אדמות שיכולות לשמש לגידולים חקלאים או לגידול בעלי חיים, והמזון עלול להתייקר. אתם צריכים לשקול היטב כמה אדמות אתם מוכנים להקצות לייעור.

5. מיסוי פליטת פחמן דו־חמצני

כיום דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) מספקים את רוב צריכת האנרגיה בעולם והם האחראים לרוב פליטות גזי החממה הגורמים לשינויי האקלים. מחירי השוק של דלקי מאובנים אינם משקפים את הנזק הסביבתי והחברתי הנגרם מהשימוש בהם. יתר על כן, כל שנה ממשלות ברחבי העולם מסבסדות את תעשיית דלקי המאובנים בסכומי עתק שנעים בין 775 מיליארד לטריליון דולר. כלכלנים מסכימים שהדרך הטובה ביותר להפחית את פליטת גזי החממה היא בהעלאת מחירי פחמן. אתם יכולים לשקול להעלות את מחירי הפחמן בהדרגה כדי לתת זמן לכלכלה להסתגל. אפשר להחזיר את ההכנסות מגביית המס לציבור בהורדה של מיסים אחרים, או לקזז את העלויות הכרוכות במעבר לאנרגיות נקיות. אף שכמה מהמדינות שאתם מייצגים, כמו סין, כבר הטילו מס על פחמן, ברובן מדובר בפחות מהערך שכלכלנים ממליצים עליו שהוא בין 30 ל־50 דולר לטון פחמן. עם זה, היזהרו לא לפעול מהר מדי - מעמד הביניים במדינות שלכם שואף להרשות לעצמו את המוצרים והשירותים שעומדים לרשות האזרחים במדינות מפותחות (למשל מכוניות, מיזוג אוויר, טיסות וכו'...). אם יוטל מס על פחמן לא יוכלו אנשי מעמד הביניים במדינותיכם להשיג את איכות החיים המובנת מאליה אצל אזרחים במדינות מפותחות. נוסף על כך, האזרחים העניים זקוקים למקור חשמל אמין, למים נקיים, למזון, לשירותי בריאות, לדיור הגון, וצרכים בסיסיים אחרים. אם מחיר האנרגיה יעלה, גם מחירי השירותים האלה יעלו, והאוכלוסייה הענייה תיפגע מאוד. שקלו אם הטלת מס על פחמן דו־חמצני כדאית לכם.

6. מיסוי פחם

רבות מהמדינות שלכם מקימות מכרות פחם וגם תחנות כוח מבוססות פחם. אף שפחם הוא הדלק שפולט את הכמות הרבה ביותר של פחמן דו־חמצני לאטמוספירה והוא האחראי לחלק גדול מזיהום האוויר הפוגע במיליוני אזרחים מדי שנה. מיסוי פחם יכול לצמצם את הפליטות במהירות, להפחית זיהום אוויר מסוכן ולשפר את בריאות הציבור. שקלו אם הטלת מס על פחם כדאית לכם.

שיקולים נוספים:

כל המדינות שאתם מייצגים תלויות מאוד בדלקי מאובנים. מדינות אלה יחד אחראיות לכ־40 אחוזים מפליטות גזי החממה בעולם (והן עם מדינות מתפתחות אחרות אחראיות ל־64 אחוזים מכלל הפליטות). רק סין לבדה אחראית לכ־28 אחוזים מפליטות גזי החממה בעולם. אבל הפליטות לנפש במדינות שלכם נמוכות בהרבה מבמדינות המפותחות. נוסף על כך,

המדינות המפותחות פלטו את מרבית גזי החממה שהצטברו באטמוספירה לאורך ההיסטוריה ולכן הן האחראיות העיקריות למשבר האקלים. על כן, אתם מאמינים שלמדינות המפותחות יש אחריות מוסרית להפחית את הפליטות שלהן. כמו כן, אסור שמדיניות לטיפול במשבר האקלים תגרום להאטה בצמיחה הכלכלית במדינות שלכם או שהיא תפגע במאמץ שלכם להוציא מאות מיליוני אזרחים מעוני.

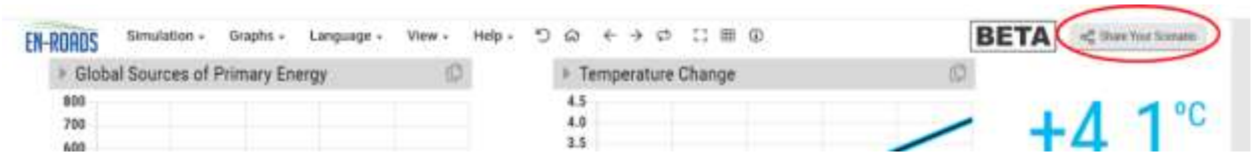
עם זה, אתם מכירים ששינויי אקלים הם סכנה קיומית בשבילכם. מדי שנה זיהום אוויר משרפת דלקי מאובנים גורם למיליוני מקרי מוות בטרם עת. עליית מפלס הים, מזג אוויר קיצוני, בצורת, ירידה בתוצרת היבול ופגיעות אחרות כתוצאה משינויי אקלים גורמים לעימותים ולהגירה מסיבית למדינות מפותחות של פליטים מפותחות אשר מחפשים עתיד טוב ובטוח יותר. מטבע הדברים, תעשיית דלקי המאובנים מתנגדת לשינויים. אך המדינות שאתם מייצגים והעסקים שבהן מבינים שמדיניות ידידותית לאקלים יכולה להועיל להם מבחינה כלכלית. התייעלות אנרגטית ושימוש באנרגיות מתחדשות כמו רוח ושמש הן בדרך כלל רווחיות, והן יוצרות מקומות עבודה ומשפרות את בריאות הציבור. אף שרוב המדינות ממשיכות לבנות תחנות כוח מבוססות פחם, הן במרוץ מול המדינות המפותחות בשוק ההולך וגדל של אנרגיות מתחדשות, כלי רכב חשמליים והתייעלות אנרגטית בבנייה ובתעשייה.

<u>4. נציגי אנרגיה נקייה</u>

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים. זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

בקבוצה שלכם משתתפים מנהלים בכירים, משקיעים, מומחי מדיניות ומדענים שעובדים בתעשיית אנרגיות חלופיות, טכנולוגיות ירוקות וטכנולוגיות לכידת פחמן וסילוקו מהאטמוספירה. בתעשיות אלה מפיקים אנרגיות שמש, אנרגיות רוח ומים, אנרגיות גיאותרמיות, מפתחים אפשרויות לאחסון אנרגיה, מייצרים כלי רכב חשמליים, מפתחים שיטות להתייעלות אנרגטית וטכנולוגיות חדשות ללכידת פחמן ולהפקת אנרגיה שאינה פולטת כלל גזי חממה. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. שיקוף העלויות האמיתיות של דלקי מאובנים באמצעות מיסוי על פחמן והעלאת מחירו
כיום דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) מספקים את רוב צריכת האנרגיה בעולם והם גם האחראים לרוב פליטות גזי החממה הגורמים לשינויי האקלים. מחירי השוק של דלקי מאובנים אינם משקפים את הנזק הסביבתי והחברתי הנגרם מהשימוש בהם. יתר על כן, בכל שנה ממשלות ברחבי העולם מסבסדות את תעשיית דלקי המאובנים בסכומי עתק שנעים בין 775 מיליארד לטריליון דולר. כלכלנים מסכימים שהדרך הטובה ביותר להפחית את פליטת גזי החממה היא בהעלאה הדרגתית של מחירי פחמן עד למחיר 50 דולר לטון פחמן - מחיר גבוה מאוד. ההדרגתיות בעליית המחיר תיתן לכלכלה זמן הסתגלות. נוסף על כך, כדאי למסות את תעשיית דלקי המאובנים כדי לתקן את עשרות שנות הפגיעה והעיכוב שהם גרמו. אפשר להשתמש בהכנסות מגביית המס לקיזוז העלויות הכרוכות במעבר לאנרגיות נקיות ולסיוע לאוכלוסיות פגועות בהסתגלות להשפעות שינויי האקלים.

2. סבסוד אנרגיות מתחדשות (למשל אנרגיית שמש, רוח, גיאותרמית, מים ואחסון אנרגיה)

תעשיית האנרגיה המתחדשת מתפתחת במהירות, אך עדיין היא מספקת פחות מ־5 אחוזים מצורכי האנרגיה בעולם. סבסוד יעזור לתעשייה לצמוח ויתרום לקראת פיתוח הטכנולוגיה הדרושה להחלפת דלקי מאובנים בחלופות יעילות. אמצעי אחסון אנרגיה (למשל סוללות, אחסון תרמי והידרו שאוב) וטכנולוגיות אחרות יאפשרו לספק חשמל סביב השעון באמצעות שילוב של אנרגיות מתחדשות בתשתיות אנרגיה קיימות.

3. קידום התייעלות אנרגטית

שימוש בפחות אנרגיה כדי לספק את אותם השירותים, כמו חימום, קירור, ייצור וכו׳. התייעלות אנרגטית יכולה להפחית מאוד את פליטות גזי החממה וגם את עלויות האנרגיה במבנים ובתעשייה.

4. קידום תחבורה חשמלית

כ־15 אחוזים מפליטות גזי החממה בעולם מקורם בתחבורה. כיום דלקי מאובנים, ובפרט נפט, מספקים את רוב האנרגיה הדרושה לתחבורה. הביקוש לתחבורה ממונעת הולך וגדל במהירות עקב צמיחה כלכלית רחבה מסביב לעולם. התייעלות אנרגטית בענף התחבורה יכולה להפחית את התלות שלנו בנפט באופן ניכר. כלי רכב חשמליים יקלו על המעבר של התחבורה מנפט לאנרגיה מתחדשת.

5. השקעה במחקר ובפיתוח של מקור אנרגיה חדש נקי (אפס פליטות) וזול

יש מדענים שמאמינים שהחלופה הטובה ביותר לדלקי מאובנים היא סוג חדש של אנרגיה גרעינית, כגון ביקוע תוריום או היתוך גרעיני. כיום יש כמה אוניברסיטאות וחברות בולטות שבוחנות את הפתרונות המבטיחים האלו, אך טכנולוגיות חדשות אלה אינן זמינות כרגע ויחייבו השקעה גדולה כדי שתהיה להן כדאיות מסחרית.

6. פיתוח טכנולוגיות לסילוק פחמן

תחום המחקר החדש הזה שואף לפתח שיטות חדשניות לסילוק פחמן דו־חמצני שכבר נמצא באטמוספירה. השיטות כוללות פרקטיקות חקלאיות וגם טכנולוגיות ספקולטיביות (שהצלחתן משוערת אך אינה מוכחת) כמו לכידת פחמן ישירות מהאוויר. החליטו אם כדאי לכם להשקיע בפיתוח טכנולוגיות אלה.

<u>שיקולים נוספים:</u>

צמצום השימוש בדלקי מאובנים הוא קריטי להפחתת פליטת גזי החממה כדי למתן את ההתחממות הגלובלית ולטפל בסוגיות בריאותיות חשובות אשר נגזרות מאיכות האוויר והמים. המעבר לכלכלה ירוקה יותר (פחות פליטות) דורש שינויים מהותיים בתשתיות, במודלים עסקיים, במשאבים ובהשקעות. שינויים אלה עשויים לעלות הרבה בטווח הקצר, אך העלויות הכוללות לחברה האנושית יהיו גבוהות הרבה יותר אם לא נפחית את צריכת דלקי המאובנים בהקדם האפשרי. המחיר של אנרגיות מתחדשות כמו אנרגיית תנועת רוח ושמש, אחסון אנרגיה, התייעלות אנרגטית וטכנולוגיות אחרות יורד כל הזמן. ככל שחלופות אלו יהיו זולות יותר, כך גם יגדל הביקוש להן ומחירן ירד עוד יותר. סבסוד כלכלי יאיץ את התהליך ואת המעבר לאנרגיה נקייה ולעולם בריא יותר.

זכרו שאנשים אינם מחפשים ערמות פחם או חביות נפט. אנשים רוצים בתים חמים בחורף וקרירים בקיץ. הם רוצים גישה לטיפול רפואי ראוי. הם רוצים מקומות עבודה והזדמנויות

להתפתחות כלכלית ותרבותית. התייעלות אנרגטית, בשילוב אנרגיה נקייה ומתחדשת היא הדרך הבטוחה, הזולה והמהירה ביותר לספק לאנשים את השירותים וההזדמנויות שהם זקוקים להם ובד בבד להפחית את פליטות גזי החממה. אף שפחמן דו־חמצני הוא גז החממה שפליטתו היא הרבה ביותר, גזים אחרים גורמים לכרבע מההתחממות הגלובלית (למשל מתאן וחמצן דו־חנקני). אף שריכוזם נמוך, הוא עולה במהירות. לכן צריכים גם מדיניות לצמצום פליטת גזי חממה אחרים.

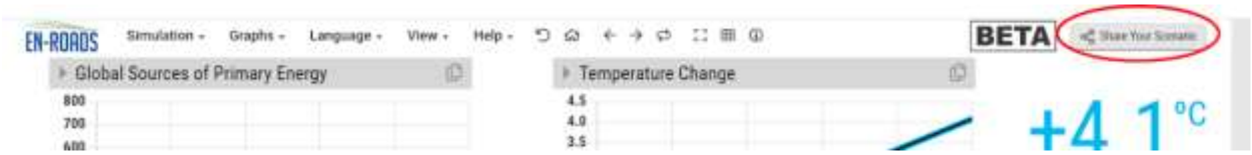
<u>5. ארגוני צדק סביבתי</u>

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים.

זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

בקבוצה שלכם חברים ארגונים סביבתיים מבוססים ותנועות נוער חדשות. בקבוצה נציגים מקהילות הפגיעות ביותר כמו מדינות אי קטנות וקבוצות ילידים אשר נמצאים בחזית משבר האקלים. הקבוצות האלה תלויות בצמצום ההתחממות הגלובלית ל־1.5 מעלות צלזיוס להישרדותן. אתם מייצגים את האנשים העניים והפגיעים ביותר. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. הגבלת ההתחממות הגלובלית לעלייה של עד 2 מעלות צלזיוס וכמה שיותר קרוב ל־1.5 מעלות צלזיוס עד שנת 2100

עלייה של כ־2 מעלות עדיין תפגע קשות באוכלוסיות הפגיעות והעניות בעולם. אוכלוסיות אלו אינן האחראיות לפליטות גזי החממה, אך הן שיסבלו ביותר ממזג אוויר קיצוני הגורם לשיטפונות, לבצורת, לגלי חום ולמשברי בריאות הציבור. עליכם לחתור לקראת הסכם להפחתת פליטות גזי חממה בהקדם האפשרי כדי לצמצם את הנזק.

2. 100 אחוז אנרגיה מתחדשת בהקדם האפשרי באמצעות העלאת מחיר הפחמן, סבסוד אנרגיות מתחדשות ומיסוי על דלקי מאובנים

פליטות משרפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים - פחם, נפט וגז טבעי) הן הגורם המשפיע ביותר על שינוי האקלים. כלכלנים מסכימים שהדרך הטובה ביותר להפחית את פליטת גזי החממה היא בהעלאת מחירי הפחמן כך שישקף את העלות הסביבתית והחברתית האמיתית שלהם. מדובר במחיר פחמן גבוה, יותר מ־50 דולר לטון פחמן. יתר על כן, אתם יכולים לשקול סבסוד אנרגיות מתחדשות או מיסוי של פחם, נפט וגז.

3. צמצום כריתת יערות
כריתת יערות אחראית כיום לכ־15 אחוזים מפליטת גזי החממה בעולם. מדובר ביערות הטרופיים במדינות מתפתחות כגון אגן האמזונס, אפריקה ודרום אסיה. הגנה על יערות תפחית פליטות ותשמור על המגוון הביולוגי.

4. היזהרו ממאמצים המאיימים על ייצור המזון העולמי וזכויות של אנשים לקרקעות
יוזמות כמו ייעור (נטיעת עצים להפחת פחמן דו־חמצני באטמוספירה), ייצור דלק ביולוגי ושיטות ללכידת פחמן בקנה מידה גדול ידרשו שטחים נרחבים ולכן עשויים לאיים על ייצור מזון ולדחוק ילידים ועניים מבתיהם. יש לשקול היטב את כמות הקרקע נדרשת למדיניות מסוימת.

5. הנעת הקבוצות האחרות לפעולה
אין לכם כוח רב בהשוואה לממשלות ולתעשיית דלקי המאובנים. הם ינסו לצייר אתכם כקבוצה תמימה וחסרת מודעות. הם ינסו להטיל ספק במדע האקלים בהדגשת חוסר הוודאות בתחום (בדומה לתעשיית הטבק שהצליחה במשך שנים רבות לבלבל את הציבור ולעכב פעולה נגד עישון סיגריות). השתמשו בכל אמצעי לא אלים שאתם רואים לנכון כדי לקבל את תשומת הלב של בעלי הכוח. שקלו הפגנות ונאומים. היו הקול המוסרי והזכירו לאנשים בעד מה אתם נלחמים - עולם שבו כל אדם יכול לחיות ולשגשג.

<u>שיקולים נוספים:</u>
תנועת האקלים הולכת וגדלה בעולם. הקונסנזוס המדעי ברור: שינויי האקלים שאנו חווים כיום הם בעיקר תולדה של פעילויות אנושיות. אסור לנו להמשיך כך ולסכן את החיים של כולנו. שינויי אקלים הם סוגיה של צדק כיוון שהם אינם משפיעים באופן אחיד על העולם. אלו שהשפיעו השפעה פחותה על ההתחממות הגלובלית הם שיסבלו ממנו ביותר. האזורים הפגיעים ביותר הם אפריקה, דרום אסיה, דרום אמריקה ואיים באוקיינוס השקט. הפחתת פליטות גזי חממה תוביל לעלייה בבריאות הציבור ותועלת חברתית ענקית, כולל שיפור באיכות האוויר והמים וביטחון תזונתי ותעסוקתי. לו נצליח שהטמפרטורות יעלו עד שנת 2100 ב־1.5 מעלות צלזיוס ולא ב־2 מעלות, נציל יותר ממאה מיליון איש ממחסור במים, ונציל עד 2 מיליארד אנשים מגלי חום מסוכנים ולא פחות חשוב, נציל גם אין־ספור צמחים ובעלי חיים מהכחדה.

בהצלחה! עתיד העולם תלוי בהצלחתכם.

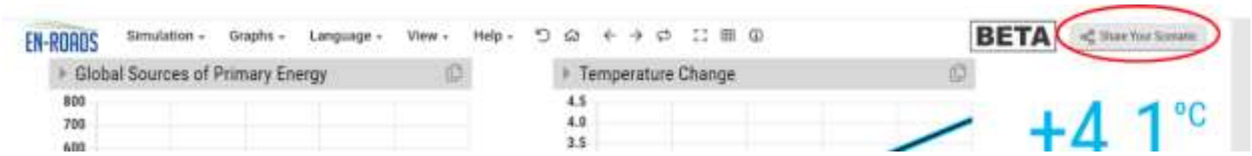
6. תעשיית דלקי המאובנים

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים.

זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

אתם מייצגים את תעשיות הפחם, הנפט, הגז הטבעי והחשמל אשר מספקים את מרבית צורכי האנרגיה של העולם כיום. בקבוצה שלכם חברים חברות נפט וגז, חברות פחם, שירותים חשמליים המסתמכים על דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) וחברות המספקות שירותים וציוד לתעשיות אלה. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. התנגדות להעלאת מחירי הפחמן

הכלכלנים שלכם מודים שהעלאת מחיר הדלק כך שישקף העלות הסביבתית והחברתית של פליטת גזי חממה יכולה להיות הדרך הטובה ביותר להפחתת פליטות גזי חממה. עם זה, העלאת מחיר הפחמן ליותר מ־25 עד 30 דולר לטון פחמן דו־חמצני יגרום לירידה בביקוש לדלק ויפגע אנושות בתעשייה שלכם. אף שכמה חברות נפט הצהירו כי הן בעד העלאת מחיר הפחמן, התעשייה ממשיכה לממן פוליטיקאים שמתנגדים לכך ומונעים שינוי במדיניות בנושא. אתם צופים לחץ גדול מצד הקבוצות האחרות להעלות את מחירי פחמן. נקטו עמדה חזקה נגד מדיניות זו.

2. התנגדות למיסוי דלקי מאובנים

התעשייה שלכם אינה מעוניינת במיסוי ואינה רוצה לשלם את המחיר של מיתון שינויי האקלים. אתם כבר צופים שהתעשייה תיפגע בשנים הקרובות בעקבות מעבר לאנרגיות

מתחדשות. לכן לא הוגן להעניש אתכם בהטלת עלויות נוספות. אתם תבקשו סבסוד של גז טבעי, כיוון שזו אנרגיה נקייה מפחם ולכן ראויה לגישור במעבר לאנרגיות מתחדשות. אם למרות התנגדותכם יחליטו להטיל מס על דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים), אתם תעדיפו שהמס יוטל על פחם ונפט ולא על גז. פחם פולט את הכמות הגדולה ביותר של גזי החממה (וזיהומים אחרים) לאוויר בזמן בעירתו והוא גם פחות רווחי מגז ומנפט.

3. קידום של טכנולוגיות חדשות לשאיבת פחמן וביו־דלקים

התעשייה שלכם תומכת בשימוש נרחב יותר בגז טבעי ובביו־דלקים. כמו כן, התעשייה תומכת במחקר ללכידת פחמן - שמסלק פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה וטומן אותו מתחת לאדמה. לחלופין אפשר להפוך את הפחמן הדו־חמצני לנוזל, להחדיר אותו מתחת לקרקע וכך להגביר את ייצור הנפט והגז. כל טכנולוגיה שתסלק פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה תועיל לתעשייה שלכם, כיוון שהיא תקזז את הפליטות ותאפשר המשך שימוש בדלקי מאובנים.

4. קידום פעולות שאינן פוגעות ישירות בתעשייה שלכם

אתם מבינים את הסכנה בשינויי האקלים, אבל אתם גם צריכים לשמור על ערך התעשייה שלכם, שבה מושקע כסף רב. לכן אתם בעד מדיניות שתפחית פליטת גזי חממה בלי לפגוע בשימוש בדלקי מאובנים. אף שפחמן דו־חמצני משרפת דלקי מאובנים הוא הגורם העיקרי להתחממות הגלובלית, גם גזים אחרים כגון מתאן (CH_4) וחמצן דו־חנקני (N_2O) הם גזי חממה המשפיעים על שינויי האקלים. מדיניות חקלאות וייעור שאינה נכונה גורמת גם היא לפליטת גזים אלה. לכן אתם תומכים במדיניות להפחתת גזי חממה אלו, בעיקר פליטות הנובעות משימוש בקרקע בחקלאות במקום ייעור. אתם תומכים במאמצים לצמצם כריתת יערות וגם בנטיעת עצים (ייעור) ושיקום יערות קיימים.

<u>**שיקולים נוספים:**</u>

אתם מבינים את התובנות של IPCC ומכירים בהן, אך אתם מנסים לאזן בין הסכנה של שינויי אקלים לבין הצורך לשמור על האינטרסים הכלכליים של המשקיעים שלכם, הלקוחות שלכם, העובדים שלכם וכמובן גם לשמור על הכיס הפרטי שלכם. אם יגבילו את ההתחממות ל־2 מעלות צלזיוס, התעשייה תיפגע. חברות התלויות בדלקי מאובנים יפשטו רגל. אנשים יאבדו את מקומות העבודה שלהם. 95 אחוזים מצורכי האנרגיה של העולם מסופקים מאנרגיה מדלקי מאובנים ואנרגיה גרעינית. התעשייה שלכם מספקת לצרכנים את מה שהם רוצים, ואין להאשים אותה במשבר האקלים או להעניש אותה בגללו. צמצום שימוש בדלקי מאובנים יגרור עלויות גבוהות לצרכנים ולכלכלה בטווח הקצר. ברוב העולם קיימות תשתיות מבוססות לדלקי מאובנים ומדינות מתפתחות רבות מקימים תשתיות חדשות לניצול דלקי מאובנים. על פי עמדתכם, דלקי מאובנים חיוניים לטיפול בעוני ולצמיחה של כלכלות, במיוחד במדינות מתפתחות. אל תתנו לפעילי סביבה לגרום לכם להיראות כאילו לא אכפת לכם מצדק חברתי.
עם זה, אתם מבינים שצריך לצמצם פליטות גזי חממה כדי למנוע את ההשפעות החמורות ביותר של שינויי האקלים. עלייה במפלס הים ומזג אוויר קיצוני פוגעים ביציבות הגיאופוליטית ומסכנים את הכלכלה העולמית. ככל ששינויי האקלים יקצינו, כך גם יעלו הסיכויים למדיניות קיצונית יותר נגד דלקי מאובנים. לכן, אף שאתם מנסים לדחות מדיניות שפועלת נגד התעשייה, אתם חייבים לבדוק כיצד תוכלו להשתמש בתשתיות, בהון שצברתם ובמומחיות שלכם להתחרות ולשרוד בעולם מתחמם.

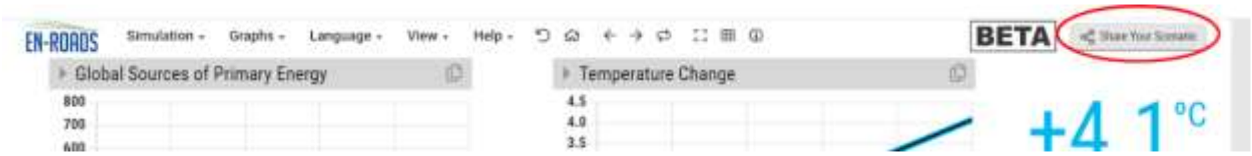
<u>7. נציגי תעשייה ומסחר</u>

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים.

זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

בקבוצה שלכם חברים מנהלים בכירים בתעשיות ובתאגידים הגדולים בעולם ובהם נציגים של יצרני כלי רכב, נציגים של חברות תעופה, של חברות הובלה גדולות ושל חברות ייצור, נציגים של גופי נדל"ן, של טכנולוגיות מידע (IT) ונציגי תאגידים גדולים אחרים.
מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. שמירה על מחירי אנרגיה נמוכים
אם יעלו מחירי האנרגיה, מחירי המוצרים יעלו בהתאם, וזה יכול לגרום לירידה בביקוש המוצרים שלכם. לכן אתם תפעלו נגד מיסוי אנרגיה ונגד העלאת מחירי הפחמן ובעד סבסוד של אנרגיה. חשוב לחשוב כיצד מדיניות שאתם או קבוצות אחרות מציעות ישפיעו על מחירי האנרגיה.

2. **עידוד התייעלות באנרגיה בענפי התחבורה, הבניין והתעשייה**
כאשר מייעלים את השימוש באנרגיה משתמשים בפחות אנרגיה כדי לספק את אותם שירותים או כדי לייצר את אותה הסחורה. העלויות הראשונות של התייעלות באנרגיה עשויות להיות גבוהות, אך בטווח הארוך היא מקטינה את עלויות התפעול וחוסכת בהוצאות. התייעלות באנרגיה היא אפשרות מושכת לצמצום פליטת גזי החממה. עם זה, אתם מעוניינים להימנע משינויים מהירים ויקרים מדי.

3. **תחבורה חשמלית, וחשמל ירוק למבנים ולתעשייה**

ענפי התחבורה והתעשייה תלויים מאוד בנפט כדי לתדלק את המכוניות, המשאיות, הספינות, הרכבות והמטוסים. פליטת גזי חממה מבניינים נובעת בעיקר משרפת דלקי מאובנים לצורך חימום. אם יפעילו כלי תחבורה, חימום ותעשייה בחשמל המעבר לאנרגיות נקיות יהיה קל יותר.

4. **עידוד מדיניות שאינה משפיעה ישירות על ענפי התעסוקה שלכם**

אף שאתם מבינים את ההשפעות החמורות של שינויי האקלים, עליכם להגן על המשקיעים שלכם. לפיכך אתם תומכים במדיניות שתפחית את פליטות גזי החממה בלי לפגוע בתעשיות שלכם. אף שפחמן דו־חמצני משרפת דלקי מאובנים הוא הגורם העיקרי להתחממות הגלובלית, גם גזים אחרים כגון מתאן (CH_4) וחמצן דו־חנקני (N_2O) הם גזי חממה המשפיעים על שינויי האקלים. מדיניות חקלאות וייעור שאינה נכונה גורמת גם היא לפליטת גזים אלה. לכן אתם תומכים במדיניות להפחתת גזי חממה אלו, בעיקר פליטות הנובעות משימוש בקרקע בחקלאות במקום ייעור. אתם תומכים במאמצים לצמצם כריתת יערות וגם בנטיעת עצים (ייעור) ושיקום יערות קיימים.

<u>**שיקולים נוספים:**</u>

התעשיות שאתם מייצגים קמו בעידן של שפע אנרגיה זמינה וזולה ולכן המודלים העסקיים שלהן הניחו שלא יחסרו מקורות אנרגיה זולים בעתיד. התייעלות אנרגטית דרמטית תדרוש שינוי רב בהתנהגות התעשיות וגם פיתוח יכולות חדשות. חלק מהתעשיות הגדולות כמו יצרניות רכב, תעשיות התעופה, הספנות והובלות עלולות להיפגע מאוד אם יעלה מחיר הדלק. מקצתן אולי לא ישרדו. בענפי תעשייה אחרים אפשר לשווק מוצרים חסכוניים באנרגיה במחירים גבוהים יותר וכך ליצור רווח. למרות היתרונות בהתייעלות אנרגטית, עליכם להיות ערניים ולא להסכים למדיניות שתגרור עלויות גבוהות, כולל התייקרות האנרגיה. הקבוצה שלכם תמיד הסתמכה על חדשנות, ולכן ייתכן שתמצאו פתרונות טכנולוגיים מושכים לצמצום פליטת גזי חממה. אתם מבינים שצריך לצמצם פליטות גזי חממה כדי למנוע את ההשפעות החמורות ביותר של שינויי האקלים. עלייה במפלס הים ומזג אוויר קיצוני פוגעים ביציבות הגיאופוליטית ומסכנים את הכלכלה העולמית. ככל ששינויי האקלים יקצינו, כך גם יעלו הסיכויים למדיניות קיצונית יותר נגד דלקי מאובנים. לכן, אף שאתם מנסים לדחות מדיניות שפועלת נגד התעשייה, אתם חייבים לבדוק כיצד תוכלו לצמצם פליטות גזי חממה ולשרוד בעולם מתחמם.

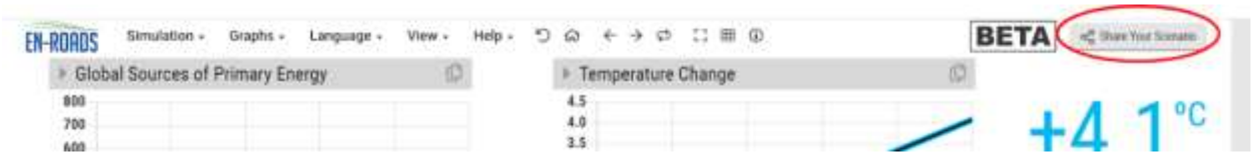
8. נציגי קרקע, חקלאות ויערות

הוזמנתם לפגישת פסגה של האו"ם בנושא האקלים.

זה נוסח ההזמנה:

"כיום אנחנו מפסידים במרוץ נגד משבר האקלים, אבל המצב אינו חייב להימשך כך. על פי המדע המתקדם, עלייה של מעל ל־1.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורה תוביל לפגיעה בלתי הפיכה במערכות האקולוגיות התומכות בנו. אך על פי המדע, אנו יודעים גם שעדיין לא מאוחר מדי. אנחנו יכולים לעשות את זה - אנחנו יכולים לנצח במרוץ! הדבר ידרוש שינויים מהותיים בכל תחומי החברה המודרנית - באופן שבו אנו מגדלים מזון, משתמשים באדמות, מתדלקים את כלי התחבורה שלנו ומספקים את האנרגיה הדרושה להניע את הכלכלות המשותפות של העולם. רק בשיתוף פעולה נוכל לנצח את המשבר".

בקבוצה שלכם חברים נציגים מחברות ומתאגידי החקלאות, המזון ותעשיית העצים הגדולים ביותר בעולם. אליהם מצטרפים בעלי קרקעות, משרדי ממשלה העוסקים בייעור ובחקלאות וסוכנויות לשימור קרקעות. מטרות הקבוצה שלכם הן להאכיל את אוכלוסיית העולם, להגן על היערות ולהילחם בשינויי האקלים. מטרת הפגישה היא ליצור תוכנית משותפת אשר תגביל את עליית הטמפרטורה הממוצעת העולמית לפחות מ־2 מעלות צלזיוס מעל טמפרטורות שקדמו למהפכה התעשייתית עד לשנת 2100, כיעדים שהוסכמו בהסכמי פריז. כל קבוצה תשתמש בהדמיה כדי לבנות תוכנית שתשמור על **האינטרסים שלה**. כאשר התוכנית שלכם תהיה מוכנה שתפו אותה עם מי שמרכז את כלל התוכניות (המורה או תלמיד ייעודי) בכפתור "שתפו" (אפשר לשלוח קישור לקבוצת וטסאפ ייעודית או בדוא"ל).



סדר העדיפויות שלכם והמדיניות שאתם מקדמים - קידום מדיניות מסוימת נתון לשיקול דעת הקבוצה:

1. צמצום כריתת יערות
כריתת יערות אחראית כיום לכ־15 אחוזים מפליטת גזי החממה בעולם. מדובר בעיקר ביערות טרופיים במדינות מתפתחות למשל באגן האמזונס, באפריקה ובדרום אסיה. הגנה על יערות יכולה להפחית פליטות ולשמור על המערכות האקולוגיות ועל המגוון הביולוגי. עם זה, הגבלת כריתת יערות עלולה לפגוע בפוטנציאל

2. ייעור
שקלו נטיעת יערות חדשים או שיקום יערות קיימים. עצים שואבים פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה לתהליך הפוטוסינתזה. כמו כן, יערות חשובים לשמירה על המגוון הביולוגי ועל בתי גידול ייחודיים והם שומרים מפני בליית קרקעות* ומפני שיטפונות. ואולם, אם מייערים שטחים נרחבים היערות יכולים לתפוס אדמות שיכולות לשמש לגידולים חקלאיים או לגידול בעלי חיים, ובכך לגרום להתייקרות מחירי המזון או לפגוע במערכות האקולוגיות הטבעיות.

*בליית קרקע או סחיפת קרקע היא הסרת קרקע ממקום מסוים, בדרך כלל באמצעות זרמים כמו רוח, מים או קרח. בליית קרקע היא אחד הגורמים החשובים שגורמים לאובדן קרקע (land degradation) - הרס של קרקעות חקלאיות ואקולוגיות.

3. הפחתת פליטת מתאן (CH_4), חמצן דו־חנקני (NO_2) וגזי חממה אחרים

אף שפחמן דו־חמצני הוא גז החממה שפליטתו היא הגבוהה ביותר מבין גזי החממה, גזי חממה אחרים ובהם מתאן וחמצן דו־חנקני גורמים לכרבע מההתחממות הגלובלית היום וריכוזם באטמוספירה רק הולך וגדל. נוהלי החקלאות של היום וגידול מסחרי של בעלי חיים הם המקורות העיקריים למתאן, והמקור העיקרי לחמצן דו־חנקתי הוא דשנים. טכנולוגיות חדשות ונוהלי עבודה חדשניים יכולים להפחית את הפליטות האלו בעלות נמוכה יחסית, אך פעילי סביבה רבים דורשים תקנות ואסדרה (למשל, מגבלות על כמות הדשנים בשימוש) או שינויים באורח החיים של הציבור (למשל, צמצום בצריכת הבשר). דרישות פעילי הסביבה עלולות לפגוע ברווחים של ענפי החקלאות. אינכם מעוניינים לתמוך במדיניות כזו גם אם היא תוביל לירידה גדולה בפליטות גזי חממה. מגוון רחב של גזי חממה המכילים פלואור (פלורו־קרבונים או גזי־f) משפיעים גם הם על ההתחממות הגלובלית. הגזים האלו משמשים בתהליכים תעשייתיים ובמוצרים רבים כמו מקררים ומזגנים. אף שריכוזם באטמוספירה נמוך יחסית, כל מולקולה כזאת גורמת פי אלפיים יותר להתחממות גלובלית ממולקולה של פחמן דו־חמצני. אתם יכולים לתמוך במדיניות להפחתת גזי־f מכיוון שהדבר אינו משפיע ישירות על התעשייה שלכם.

4. תמיכה בסבסוד אנרגיות מתחדשות

פליטות משרפת גזי חממה הם הגורם העיקרי לשינויי אקלים, ולא שימושים בקרקעות. אתם תומכים בהחלפה של דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) באנרגיה נקייה וזולה. חוואים וחקלאים יכולים להתקין פנלים סולריים או טורבינות רוח בלי לוותר על קרקעות נרחבות שהם משתמשים בהן לגידול יבול או בעלי חיים. חברות לכריתת עצים ותעשייה חקלאית גדולה מתנגדים להעלאת מחירי הפחמן ולמיסוי דלקי מאובנים כיוון שהתפעול יתייקר בעקבות ההעלאה והמיסוי.

<u>**שיקולים נוספים:**</u>

אוכלוסיית העולם עומדת על כ־7.8 מיליארד אנשים. על פי תחזיות האו"ם מספר זה יעלה ל־9 מיליארד עד לשנת 2050, וכמעט ל־11 מיליארד איש עד לשנת 2100. גידול האוכלוסייה לצד הצמיחה הכלכלית מעלים את הדרישה למזון (יבול ובשר), לעצים, לסיבים ולעוד תוצרת חקלאית. כיום אין ביטחון תזונתי ליותר ממיליארד אנשים בעולם. באופן אירוני, האו"ם מעריך שכ־30 אחוזים מייצור המזון מתבזבז ואובד, מה שגם משפיע על פליטות גזי חממה.

צמצום בזבוז המזון, גידול ביבול חקלאי, ועידוד של תפריט צמחוני בריא יכולים לענות על דרישת המזון שהולכת וגדלה בלי שיצטרכו להשתמש בקרקעות נוספות ובכך להגביר את

פליטת גזי החממה. אבל מדיניות כזו, בסופו של דבר, תגרום לעלייה במחיר המזון ולכן גם תפגע באוכלוסיות עניות. כמו כן, עידוד צמחונות יפגע כלכלית בענף הבשר.

ברוב העולם יהיה קשה מאוד לשנות שיטות עבודה חקלאיות ואת אופן השימוש בקרקעות. במדינות מתפתחות רבות יש יתרונות מובהקים לחקלאות "ידידותית לאקלים" אבל שחיתות וחוסר פיקוח מונעים את יישום המדיניות הזאת. מאמצים לצמצום כריתת יערות לא הצליחו במדינות כמו ברזיל ואינדונזיה. יתר על כן, יש ממשלות שמממנות כריתת יערות כדי לעודד את תעשיית העץ וכדי לספק קרקע לאוכלוסייה.למרות האתגרים האלה, שינויי אקלים הם סכנה ממשית לקבוצה שלכם. עלייה בכמות השיטפונות ובעוצמתם, התגברות הבצורות, גלי החום, השרפות והעלייה במפלס פני הים כבר הורסים קרקעות פוריות, פוגעים ביבול וביערות וברווחים של התעשייה. ההשפעות הגיאופוליטיות של שינויי האקלים (פליטים ומלחמות) מסכנות את הנכסים שלכם, את כוח העבודה שלכם, את היכולת שלכם לספק סחורה ואת הרווחים שלכם. אף ששינויים יהיו לא פשוטים, וגם חלק מהתעשייה תיפגע פגיעה כלכלית, אתם יכולים לתרום להפחתת גזי החממה דרך ניהול נבון וירוק יותר של קרקעות וגם בנוהלי חקלאות ירוקים יותר.

الملحق 4 – بطاقات معلومات للمجموعات:

<u>الدول المتقدمة</u>

إلى ممثلي الدول المتقدمة: الولايات المتحدة، كندا، الاتحاد الأوروبي، اليابان، روسيا والجمهوريات السوفيتية السابقة، كوريا الجنوبية، أستراليا ونيوزيلندا

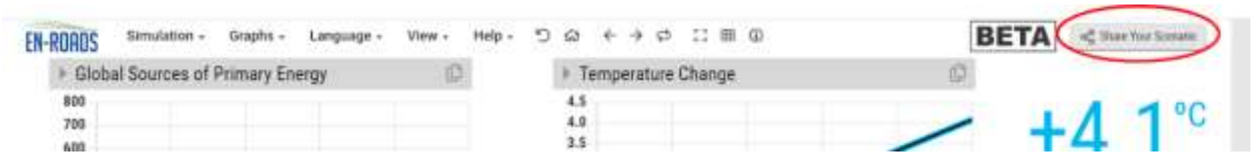
تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ.

فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

أنتم تمثلون الدول المتقدمة التي تشكّل معًا حوالي 17 بالمائة من سكان العالَم. وبذلك، تنتج بلدانكم معًا 60 في المائة من الناتج الاقتصادي العالمي ويكون نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي فيها هو الأعلى. مع هذا، تُنْتِج دولكم معًا 60 في المائة من الناتج الاقتصادي العالمي ويكون نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي فيها هو الأعلى. الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون

برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1. الحد من انبعاث ثاني أكسيد الكربون، الميثان، ثاني أكسيد النيتروجين، غازات تحتوي على الفلور وغيرها.

على الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الدفيئة الأكثر تأثيرًا على ظاهرة الاحتباس الحراري، إلا أنّ الغازات الأخرى تؤدي إلى حوالي ربع ظاهرة الاحتباس الحراري. على الرغم من أن تركيزها المنخفض - إلا أنها ترتفع بسرعة.

2. الاستثمار في بحث وتطوير مصدر طاقة جديد ونظيف (صفر انبعاث) ورخيص

يعتقد بعض العلماء أن أفضل بديل للوقود الأحفوري هو نوع جديد من الطاقة النووية، مثل: انشطار الثوريوم أو الاندماج النووي. يوجد اليوم العديد من الجامعات والشركات البارزة التي تفحص هذه الحلول الواعدة. لكن هذه التقنيات الجديدة غير متوفرة حاليًا ونحتاج إلى استثمارات كبيرة حتى تكون مجدية تجاريًا. فكروا في ما إذا كان الاستثمار في مثل هذا البحث والتطوير مفيدًا لكم.

3. دعم طاقات متجددة

على الرغم من ازدهار صناعة الطاقة المتجددة، إلا أن هذه الطاقات تساهم بأقل من 5 في المائة في تزويد الطاقة العالمية. يساعد التمويل الحكومي (الإعانات) هذه الصناعة على النمو ويوفر أماكن عمل جديدة أيضًا.

4. تقليل قَطع الغابات

يؤدي قطع الغابات حاليًا إلى حوالي 15 بالمائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم. يحدث ذلك، على الأغلب، في غابات استوائية في الدول النامية بما في ذلك حوض الأمازون، أفريقيا وجنوب آسيا. يُمكن أن تقلل حماية الغابات الانبعاث، وفي نفس الوقت تُحافظ على التنوع البيولوجي.

5. زيادة مساحات التشجير

زراعة غابات جديدة أو ترميم غابات موجودة - إذا زُرعت غابات في مساحات كبيرة، تحتل الأشجار أراضي يمكن استخدامها للزراعة أو تربية الحيوانات، وقد يرتفع سعر الغذاء.

6. فرض الضرائب على انبعاث غازات الاحتباس الحراري (ضرائب الكربون)

يوفر الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) اليوم معظم استهلاك الطاقة في العالَم، وهو مسؤول أيضًا عن معظم انبعاث غازات الاحتباس الحراري التي تؤثر على تغيّر المناخ. لا تعكس أسعار السوق للوقود الأحفوري الضرر البيئي المحيطي والاجتماعي الناجم عن استخدامه. علاوة على ذلك، تدعم الحكومات في جميع أنحاء العالَم كل عام صناعة الوقود الأحفوري بمبالغ ضخمة تتراوح من 775 مليار دولار إلى تريليون دولار. يتفق الاقتصاديون على أن أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري هي رفع أسعار الكربون. على الرغم من أن بعض دولكم تقوم بالفعل بفرض الضرائب على الكربون، إلا أن معظمها تفرض أقل من القيمة التي يوصي بها الاقتصاديون، والتي تتراوح بين 30 دولارًا إلى 50 دولارًا لكل طن من الكربون. يمكن إعادة الإيرادات من جباية الضرائب إلى الجمهور عن طريق تخفيض الضرائب الأخرى، أو تعويض التكاليف المرتبطة بالانتقال إلى طاقات نظيفة، أو مساعدة دول نامية على الانتقال إلى طاقات بديلة. فكروا ما إذا كان فرض الضرائب على الكربون مجديًا لكم.

7. تطوير تقنيات للتخلص من الكربون

يهدف مجال البحث الجديد هذا إلى تطوير طرق مبتكرة للتخلص من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي. تشمل الطرق أساليب زراعية بالإضافة إلى تقنيات مضاربة (تم تقدير نجاحها ولكن لم يتم إثباته)، مثلًا: التقاط الكربون مباشرة من الهواء. يستطيع فريقكم أن يقرر ما إذا كان يستثمر في تطوير هذه التقنيات وما إذا كان الاستثمار فيها يستحق المخاطرة الكامنة فيه.

اعتبارات إضافية:

على الرغم من أنكم تفهمون شدة أزمة المناخ، إلا أن اقتصادكم يعتمد على الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر). بعض الدول في مجموعتكم – كندا، روسيا وأستراليا – يعتمد اقتصادها على تصدير الوقود الأحفوري أيضًا. في الواقع، جميع الدول النامية مسؤولة عن حوالي 36 في المائة من جميع انبعاثات غازات الاحتباس الحراري العالمية.

ما رأيكم في الصين التي وحدها مسؤولة عن 28 في المائة من إجمالي الانبعاث، وأن الدول النامية مسؤولة عن 65 في المائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم، على الرغم من أن كمية الانبعاث للفرد منخفضة.

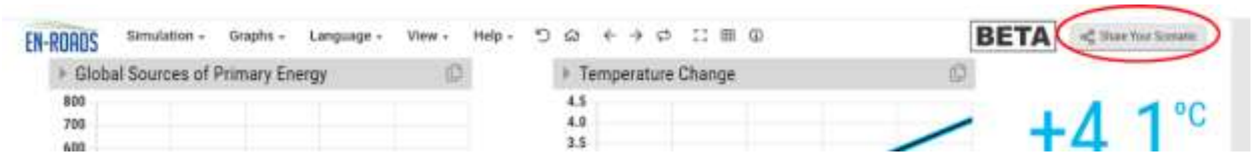
<u>2.الدول النامية</u>

إلى ممثلي الدول النامية: أنتم تمثلون أكثر من مائة دولة تقع في جنوب شرق آسيا، مركز وجنوب أمريكا (معظم الدول هناك)، أفريقيا (معظم الدول هناك)، الدول الجزرية الصغيرة والشرق الأوسط (العديد من دول المنطقة).

تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ. فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

أنتم تمثلون الدول النامية: يبلغ عدد سكان دولكم معًا حوالي 38 بالمائة من إجمالي سكان العالَم. وتيرة النمو السكاني في دولكم مرتفع. ومع ذلك، فإن الدول التي تمثلونها معًا تُنْتِج 16 بالمائة فقط من الناتج الاقتصادي العالمي، لأن دولكم فقيرة والناتج المحلي الإجمالي للفرد في دولكم أقل بكثير من الناتج المحلي الإجمالي للفرد في الدول المتقدمة.
الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1. دعم طاقات متجددة
على الرغم من ازدهار صناعة الطاقة المتجددة، إلا أن هذه الطاقات تساهم بأقل من 5 في المائة في تزويد الطاقة العالمية. يساعد التمويل الحكومي (الإعانات) هذه الصناعة على النمو ويوفر أماكن عمل جديدة أيضًا. إذا قامت دول مثل الصين بدعم هذه الطاقات، تنخفض أسعار الطاقة المتجددة لكم بشكل كبير ويساهم استخدامها في النمو الاقتصادي.

2. تقليل انبعاث غازات الدفيئة، مثل: الميثان وثاني أكسيد النيتروجين
على الرغم من أن احتراق الوقود الأحفوري هو السبب الرئيسي للاحترار العالمي، إلا أن الغازات الأخرى، مثل: الميثان (CH_4) وثاني أكسيد النيتروجين (N_2O) وغازات الاحتباس الحراري التي تحتوي على الفلور (غازات f) تؤدي إلى حوالي ربع الاحترار العالمي. على الرغم من أنّ تركيز هذه الغازات منخفض في الغلاف الجوي، إلا أنه يزداد تدريجيًّا مع مرور الوقت. مصدر معظم هذه الغازات المسببة للاحتباس الحراري هو الدول المتقدمة والدول التي أسواقها ناشئة، مثلًا: الصين.

3. تقليل قَطع الغابات
يؤدي قطع الغابات حاليًا إلى حوالي 15 بالمائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم. يحدث ذلك، على الأغلب، في غابات استوائية في الدول النامية بما في ذلك حوض الأمازون، أفريقيا وجنوب آسيا. يُمكن أن تقلل حماية الغابات الانبعاث، وفي نفس الوقت تُحافظ على التنوع البيولوجي. ومع ذلك، فإن الحد من قَطْع الغابات يمكن أن يضر بالإيرادات المحتملة من بيع الأخشاب (قطع الغابات)، ويُضعف استخدام الأراضي لإنتاج الغذاء، الطاقة الحيوية واستخدامات أخرى.

4. زيادة مساحات التشجير
زراعة غابات جديدة أو ترميم غابات موجودة - إذا زُرعت غابات في مساحات كبيرة، تحتل الأشجار أراضي يمكن استخدامها للزراعة أو تربية الحيوانات، وقد يرتفع سعر الغذاء. فكروا في ما إذا كانت زيادة مساحة التشجير مفيدة بالنسبة لكم.

5. فرض الضرائب على استخدام الفحم الحجري - تبني العديد من دولكم مناجم الفحم الحجري ومحطات الطاقة التي تعمل بواسطة الفحم الحجري. ومن المعروف أن الفحم الحجري هو الوقود الذي تنبعث منه أكبر كمية من ثاني أكسيد الكربون إلى الغلاف الجوي، وهو المسؤول عن الكثير من تلوث الهواء الذي يؤثر على ملايين المواطنين كل عام. يمكن أن يؤدي فرض الضرائب على استخدام الفحم الحجري إلى تقليل الانبعاث بسرعة، تقليل تلوث الهواء الخطير وتحسين الصحة العامة. فكروا في ما إذا كان فرض الضرائب على استخدام الفحم الحجري أمرًا مفيدًا بالنسبة لكم.

6. فرض الضرائب على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

يوفر الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) اليوم معظم استهلاك الطاقة في العالَم، وهو مسؤول أيضًا عن معظم انبعاث غازات الاحتباس الحراري التي تؤثر على تغيّر المناخ. لا تعكس أسعار السوق للوقود الأحفوري الضرر البيئي المحيطي والاجتماعي الناجم عن استخدامه. يتفق الاقتصاديون على أن أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري هي رفع أسعار الكربون تدريجيًّا، لإعطاء الاقتصاد الوقت الكافي للتكيف. يمكن إعادة الإيرادات من جباية الضرائب إلى الجمهور عن طريق تخفيض الضرائب الأخرى، أو تعويض التكاليف المرتبطة بالانتقال إلى طاقة نظيفة.

ومع ذلك، احذروا ولا تتصرفوا بسرعة كبيرة، الطبقة الوسطى في دولكم - الدول النامية - تسعى جاهدة لتوفير المنتجات والخدمات المتاحة للمواطنين في الدول المتقدمة (مثل: السيارات مكيف الهواء، الرحلات الجوية وما إلى ذلك ...). إذا تمّ فرض ضرائب على الكربون، لا يتمكن أفراد الطبقة الوسطى في دولكم من تحقيق نوعية الحياة الموجودة لدى المواطنين في الدول المتقدمة. بالإضافة إلى ذلك، يحتاج المواطنون الفقراء في دولكم - الدول النامية - إلى مصدر كهرباء موثوق به، مياه نظيفة، غذاء، خدمات صحية، سكن لائق وإلى احتياجات أساسية أخرى. إذا ارتفع سعر الطاقة، ترتفع أسعار هذه الخدمات أيضًا، ويتضرر السكان الفقراء بشدة. فكروا ما إذا كان فرض ضريبة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون مفيدًا لكم.

اعتبارات إضافية:

يشكّل تغير المناخ خطرًا وجوديًا على الدول النامية. تهدد أزمة المناخ الصحة والحياة. كل عام يؤدي تلوث الهواء الناجم عن حرق الوقود الأحفوري إلى حدوث ملايين الوفيات المبكرة. يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر، الطقس القاسي، الجفاف، تدهور المحاصيل وأضرار أخرى نتيجة لتغيّر المناخ إلى نشوب صراعات وهجرة جماعية للاجئين الباحثين عن مستقبل أفضل وأكثر أمانًا.

3. دول ذات أسواق ناشئة

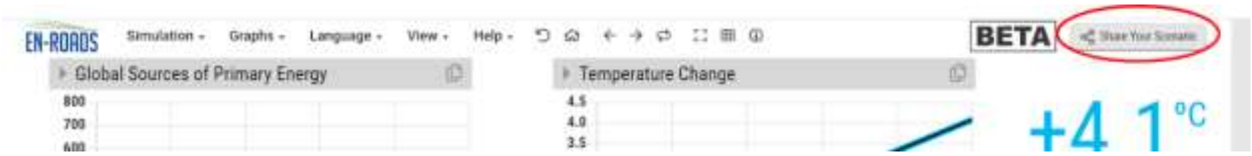
إلى ممثلو الدول ذات الأسواق الناشئة (emerging economies): الصين، الهند، إندونيسيا، البرازيل، المكسيك وجنوب إفريقيا

تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ. فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

أنتم تمثلون أكبر الدول النامية التي تشهد نموًا اقتصاديًّا سريعًا. يبلغ عدد سكان هذه الدول حوالي 3.5 مليار نسمة، أي حوالي 45 في المائة من سكان العالَم. ومع ذلك، فإن جميع دولكم تُنْتِج حوالي ربع الناتج الاقتصادي العالمي فقط. دولكم فقيرة والناتج المحلي الإجمالي للفرد أقل بكثير من الناتج المحلي الإجمالي للفرد في الدول المتقدمة.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1. دعم طاقات متجددة

على الرغم من ازدهار صناعة الطاقة المتجددة، إلا أن هذه الطاقات تساهم بأقل من 5 في المائة في تزويد الطاقة العالمية. يساعد التمويل الحكومي (الإعانات) هذه الصناعة على النمو ويوفر أماكن عمل جديدة أيضًا. إذا قامت دول مثل الصين بدعم هذه الطاقات، تنخفض أسعار الطاقة المتجددة لكم بشكل كبير ويساهم استخدامها في النمو الاقتصادي.

2. تقليل انبعاث ثاني أكسيد الكربون، ميثان، ثاني أكسيد النيتروجين وغازات تحتوي على الفلور وغيرها

على الرغم من أن احتراق الوقود الأحفوري هو السبب الرئيسي للاحترار العالمي، إلا أن الغازات الأخرى، مثل: الميثان (CH_4) وثاني أكسيد النيتروجين (N_2O) وغازات الاحتباس الحراري التي تحتوي على الفلور (غازات f) تؤدي إلى حوالي ربع الاحترار العالمي. على الرغم من أنّ تركيز هذه الغازات منخفض في الغلاف الجوي، إلا أنه يزداد تدريجيًّا مع مرور الوقت. مصدر معظم هذه الغازات المسببة للاحتباس الحراري هو الدول المتقدمة والدول التي أسواقها ناشئة، مثلًا: الصين.

3. تقليل قَطع الغابات

يؤدي قطع الغابات حاليًا إلى حوالي 15 بالمائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم. يحدث ذلك، على الأغلب، في غابات استوائية في الدول النامية بما في ذلك حوض الأمازون،

أفريقيا وجنوب آسيا. يُمكن أن تقلل حماية الغابات الانبعاث، وفي نفس الوقت تُحافظ على التنوع البيولوجي. ومع ذلك، فإن الحد من قطع الغابات يمكن أن يضر بالإيرادات المحتملة من بيع الأخشاب (قطع الغابات) ويُضعف استخدام الأراضي لإنتاج الغذاء، الطاقة الحيوية واستخدامات أخرى.

4. زيادة مساحات التشجير

زراعة غابات جديدة أو ترميم غابات موجودة - إذا زرعت غابات في مساحات كبيرة، تحتل الأشجار أراضي يمكن استخدامها للزراعة أو تربية الحيوانات، وقد يرتفع سعر الغذاء. فكروا في ما إذا كانت زيادة مساحات التشجير مفيدة بالنسبة لكم. فكروا جيدًا في عدد الأراضي التي ترغبون في تخصيصها للتشجير.

5. فرض الضرائب على انبعاث ثاني أكسيد الكربون

يوفر الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) اليوم معظم استهلاك الطاقة في العالَم، وهو مسؤول أيضًا عن معظم انبعاث غازات الاحتباس الحراري التي تؤثر على تغيّر المناخ. لا تعكس أسعار السوق للوقود الأحفوري الضرر البيئي المحيطي والاجتماعي الناجم عن استخدامه. علاوة على ذلك، تدعم الحكومات في جميع أنحاء العالَم كل عام صناعة الوقود الأحفوري بمبالغ ضخمة تتراوح من 775 مليار دولار إلى تريليون دولار.

يتفق الاقتصاديون على أن أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري هي رفع أسعار الكربون تدريجيًا، لإعطاء الاقتصاد الوقت الكافي للتكيف. يمكن إعادة الإيرادات من جباية الضرائب إلى الجمهور عن طريق تخفيض الضرائب الأخرى، أو تعويض التكاليف المرتبطة بالانتقال إلى طاقات نظيفة.

على الرغم من أن بعض الدول التي تمثلونها، مثلًا: الصين، فرضت بالفعل ضرائب على الكربون، إلا أن معظمها فرضت قيمة أقل من القيمة التي يوصي بها الاقتصاديون والتي تتراوح بين 30 دولارًا إلى 50 دولارًا للطن من الكربون.

ومع ذلك، احذروا ولا تتصرفوا بسرعة كبيرة، الطبقة الوسطى في دولكم - الدول النامية - تسعى جاهدة لتوفير المنتجات والخدمات المتاحة للمواطنين في الدول المتقدمة (مثل: السيارات مكيف الهواء، الرحلات الجوية وما إلى ذلك ...). إذا تمّ فرض ضرائب على الكربون، لا يتمكن أفراد الطبقة الوسطى في دولكم من تحقيق نوعية الحياة الموجودة لدى المواطنين في الدول المتقدمة. بالإضافة إلى ذلك، يحتاج المواطنون الفقراء في دولكم - الدول النامية - إلى مصدر كهرباء موثوق به، مياه نظيفة، غذاء، خدمات صحية، سكن لائق وإلى احتياجات أساسية أخرى. إذا ارتفع سعر الطاقة، ترتفع أسعار هذه الخدمات أيضًا، ويتضرر السكان الفقراء بشدة. فكروا في ما إذا كان فرض ضريبة على انبعاث ثاني أكسيد الكربون مفيدًا لكم.

6. فرض ضرائب على استخدام الفحم الحجري

تبني العديد من دولكم مناجم الفحم الحجري ومحطات الطاقة التي تعمل بواسطة الفحم الحجري. ومن المعروف أن الفحم الحجري هو الوقود الذي تنبعث منه أكبر كمية من ثاني أكسيد الكربون

إلى الغلاف الجوي، وهو المسؤول عن الكثير من تلوث الهواء الذي يؤثر على ملايين المواطنين كل عام. يمكن أن يؤدي فرض الضرائب على استخدام الفحم الحجري إلى تقليل الانبعاثات بسرعة، تقليل تلوث الهواء الخطير وتحسين الصحة العامة. فكروا في ما إذا كان فرض الضرائب على استخدام الفحم الحجري أمرًا مفيدًا بالنسبة لكم.

اعتبارات إضافية:

تعتمد جميع الدول التي تمثلونها على الوقود الأحفوري بشكل كبير. جميع هذه الدول مسؤولة عن حوالي 40 في المائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم (وهي مع دول نامية أخرى مسؤولة عن 64 في المائة من جميع الانبعاثات). فقط الصين وحدها مسؤولة عن 28 في المائة من إجمالي انبعاث غازات الدفيئة في العالم. لكن الانبعاث للفرد في دولتكم أقل بكثير مما هو عليه في الدول المتقدمة.

بالإضافة إلى ذلك، أطلقت الدول المتقدمة معظم غازات الدفيئة التي تراكمت في الغلاف الجوي عبر التاريخ، وبالتالي فهي مسؤولة بشكل أساسي عن أزمة المناخ. لذلك، أنتم تعتقدون أن الدول المتقدمة تتحمل مسؤولية أخلاقية لتقليل انبعاثاتها. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن لا تؤدي السياسات التي تعالج أزمة المناخ إلى إبطاء النمو الاقتصادي في دولكم أو الإضرار بجهودكم لانتشال مئات الملايين من المواطنين من الفقر.

ومع ذلك، أنتم تعرفون أن تغيّر المناخ يُشكّل خطرًا وجوديًا عليكم. تهدد أزمة المناخ الصحة والحياة. كل عام يؤدي تلوث الهواء الناجم عن حرق الوقود الأحفوري إلى حدوث ملايين الوفيات المبكرة. يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر، الطقس القاسي، الجفاف، تدهور المحاصيل وأضرار أخرى نتيجة لتغيّر المناخ إلى نشوب صراعات وهجرة جماعية للاجئين الباحثين عن مستقبل أفضل وأكثر أمانًا.
بطبيعة الحال، فإن صناعة الوقود الأحفوري تقاوم التغيير. لكن الدول التي تمثلونها وشركاتها يفهمون أن السياسات الصديقة للمناخ يمكن أن تفيدهم اقتصاديًا. كفاءة استخدام الطاقة واستخدام الطاقات المتجددة، مثل: الرياح والطاقة الشمسية هي مربحة بشكل عام، وهي تخلق فرص عمل وتحسّن الصحة العامة. على الرغم من أن معظم الدول مستمرة في بناء محطات طاقة تعمل بواسطة الفحم الحجري، فإنها في سباق مع الدول المتقدمة حول الطاقة المتجددة، المرْكَبات الكهربائية وكفاءة استخدام الطاقة في البناء والصناعة.

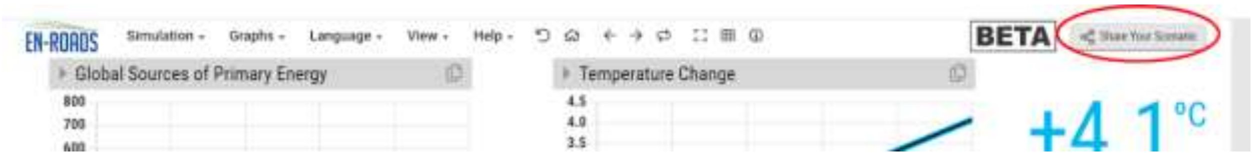
4. ممثلو الطاقة النظيفة

تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ. فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

يشترك في مجموعتكم كبار المديرين التنفيذيين، مستثمرين، خبراء سياسة وعلماء يعملون في صناعة الطاقة البديلة، التقنيات الخضراء وتقنيات التقاط الكربون وإزالته من الغلاف الجوي. تُنْتِج هذه الصناعات طاقة شمسية، طاقة الرياح، طاقة المياه والطاقة الحرارية الأرضية. ويتم تطوير إمكانيات لتخزين الطاقة، تصنيع سيارات كهربائية وتطوير أساليب كفاءة استخدام الطاقة وتقنيات جديدة لالتقاط الكربون، وإنتاج طاقة لا تنبعث منها أي غازات دفيئة.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1. عرض التكاليف الحقيقية للوقود الأحفوري من خلال فرض ضرائب على الكربون ورفع سعره

يوفر الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) اليوم معظم استهلاك الطاقة في العالَم، وهو مسؤول أيضًا عن معظم انبعاث غازات الاحتباس الحراري التي تؤثر على تغيّر المناخ. لا تعكس أسعار السوق للوقود الأحفوري الضرر البيئي المحيطي والاجتماعي الناجم عن استخدامه. علاوة على ذلك، تدعم الحكومات في جميع أنحاء العالَم كل عام صناعة الوقود الأحفوري بمبالغ ضخمة تتراوح من 775 مليار دولار إلى تريليون دولار.

يتفق الاقتصاديون على أن أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري هي رفع أسعار الكربون تدريجيًّا حتى سعر 50 دولارًا لطن الكربون، وهو سعر عالٍ جدًّا. الزيادة التدريجية في السعر تعطي الاقتصاد الوقت الكافي للتكيف. بالإضافة إلى ذلك، يجب فرض الضرائب على صناعة الوقود الأحفوري لتصحيح عقود من الضرر والتأخير الناجم منها.
يمكن استعمال الإيرادات من جباية الضرائب لتعويض التكاليف المرتبطة بالانتقال إلى طاقات نظيفة، أو مساعدة السكان المعرضين للخطر في التكيف مع تأثير تغيّر المناخ.

2. دعم طاقات متجددة (مثل: الطاقة الشمسية، طاقة الرياح، الطاقة الحرارية الأرضية، طاقة المياه وتخزين الطاقة)
صناعة الطاقة المتجددة تتطور بسرعة، لكنها ما زالت تساهم بأقل من 5 في المائة في تزويد الطاقة العالمية. يساعد التمويل الحكومي (الإعانات) هذه الصناعة على النمو والمساهمة في تطوير التكنولوجيا اللازمة لاستبدال الوقود الأحفوري ببدائل ناجعة. وسائل تخزين الطاقة (مثل: البطاريات، التخزين الحراري وضخ الماء) وغيرها من التقنيات توفر كهرباء على مدار الساعة من خلال دمج طاقات متجددة في البنى التحتية للطاقة الموجودة.

3. تعزيز كفاءة الطاقة
استخدام طاقة أقل لتقديم نفس الخدمات، مثل التدفئة، التبريد، الإنتاج وما شابه. كفاءة استخدام الطاقة يمكن أن تقلل إلى حد كبير من انبعاث غازات الاحتباس الحراري وكذلك تكاليف الطاقة في المباني والصناعة.

4. تعزيز المواصلات الكهربائية
حوالي 15 في المائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري، في العالَم، مصدره من المواصلات. يوفر الوقود الأحفوري اليوم، وخاصة النفط، معظم الطاقة المطلوبة للمواصلات. يزداد الطلب تدريجيًّا على المواصلات الآلية بسرعة بسبب النمو الاقتصادي الواسع في جميع أنحاء العالَم. يمكن أن تقلل كفاءة استخدام الطاقة في مجال المواصلات من اعتمادنا على النفط بشكل كبير. تساعد المرْكَبات الكهربائية على تسهيل انتقال المواصلات من النفط إلى الطاقة المتجددة.

5. الاستثمار في بحث وتطوير مصدر طاقة جديد، نظيف (صفر انبعاثات) ورخيص
يعتقد بعض العلماء أن أفضل بديل للوقود الأحفوري هو نوع جديد من الطاقة النووية، مثل: انشطار الثوريوم أو الاندماج النووي. يوجد اليوم العديد من الجامعات والشركات البارزة التي تفحص هذه الحلول الواعدة. لكن هذه التقنيات الجديدة غير متوفرة حاليًا ونحتاج إلى استثمارات كبيرة حتى تكون مجدية تجاريًّا.

6. تطوير تقنيات للتخلص من الكربون

يهدف مجال البحث الجديد هذا إلى تطوير طرق مبتكرة للتخلص من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي. تشمل الطرق أساليب زراعية بالإضافة إلى تقنيات جديدة (تم تقدير نجاحها ولكن لم يتم إثباته)، مثلًا: التقاط الكربون مباشرة من الهواء. يستطيع فريقكم أن يقرر ما إذا كان يستثمر في تطوير هذه التقنيات.

اعتبارات إضافية:

يُعتبر تقليص استخدام الوقود الأحفوري أمرًا بالغ الأهمية لتقليل انبعاث غازات الدفيئة ولتخفيف ظاهرة الاحتباس الحراري ومعالجة المشكلات الصحية المهمة التي تنجم عن جودة الهواء والماء. يحتاج الانتقال إلى اقتصاد أكثر اخضرارًا (انبعاثات أقل) إلى تغييرات كبيرة في البنية التحتية، نماذج الأعمال، الموارد والاستثمارات. قد تكلف هذه التغييرات الكثير على المدى القصير، لكن التكاليف الإجمالية للمجتمع البشري ستكون أعلى بكثير إذا لم نقلل استهلاك الوقود الأحفوري في أقرب وقت ممكن. ينخفض باستمرار سعر الطاقات المتجددة، مثل: طاقة الرياح، الطاقة الشمسية، تخزين الطاقة، كفاءة استخدام الطاقة وغيرها من التقنيات. كلما كانت هذه البدائل أرخص، يزداد الطلب عليها وينخفض سعرها. تؤدي الإعانات الاقتصادية إلى تسريع العملية وإلى الانتقال إلى طاقة نظيفة وعالم أكثر صحة.

تذكروا أن الناس لا يبحثون عن أكوام من الفحم أو براميل من النفط. يريد الناس منازل دافئة في الشتاء وباردة في الصيف. يريدون الحصول على رعاية طبية مناسبة. يريدون وظائف وفرصًا للتنمية الاقتصادية والثقافية. تُعتبر كفاءة استخدام الطاقة بالدمج مع الطاقة النظيفة والمتجددة، الطريقة الأكثر أمانًا والأرخص والأسرع لتزويد الناس بالخدمات والفرص التي يحتاجون إليها، وفي نفس الوقت يتمّ تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري. على الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الدفيئة الأكثر انبعاثًا، إلا أن الغازات الأخرى تسبب حوالي ربع الاحترار العالمي (مثل: الميثان وثاني أكسيد النيتروجين). على الرغم من أن تركيزها منخفض، إلا أنها ترتفع بسرعة. لذلك، هناك حاجة أيضًا إلى سياسة للحد من انبعاث غازات دفيئة أخرى.

.5 منظمات عدالة البيئة المحيطة

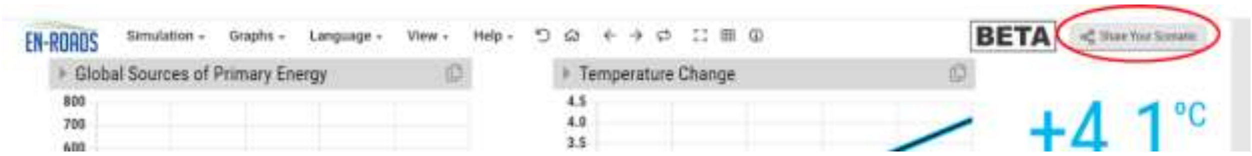
تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ.

فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

تشمل مجموعتكم منظمات بيئية قوية وحركات شبابية جديدة. تشمل المجموعة ممثلين من مجتمعات ضعيفة، مثل: دول جُزر صغيرة ومجموعات سكان أصليين تتصدر أزمة المناخ. هذه المجموعات بحاجة إلى تقليص الاحترار العالمي إلى 1.5 درجة مئوية من أجل بقائها على قيد الحياة. أنتم تمثلون الناس الفقراء والضعفاء.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

.1 الحد من ظاهرة الاحترار العالمي إلى ارتفاع يبلغ درجتين مئويتين وأقرب ما يمكن إلى 5.1 درجة مئوية بحلول عام 2100

إن ارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجتين تقريبًا يؤذي بشدة سكان العالَم الأكثر ضعفًا وفقرًا. هؤلاء السكان ليسوا مسؤولين عن انبعاث غازات الاحتباس الحراري، لكنهم يعانون أكثر من غيرهم من الأحوال الجوية القاسية التي تؤدي إلى فيضانات، جفاف، موجات من الحر وأزمات الصحة العامة. يجب عليكم أن تسعوا جاهدين للتوصل إلى اتفاقية لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري في أسرع وقت ممكن لتقليل الضرر.

2. 100% طاقة متجددة في أسرع وقت ممكن عن طريق رفع سعر الكربون، دعم الطاقة المتجددة وفرض الضرائب على الوقود الأحفوري

الانبعاثات من احتراق الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر – الفحم الحجري، النفط والغاز الطبيعي) هي العامل الأكثر تأثيرًا على تغير المناخ. يتفق الاقتصاديون على أن أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري هي رفع أسعار الكربون تدريجيًّا بحيث يعكس التكلفة البيئية المحيطة والاجتماعية الحقيقية.

هذا السعر للكربون مرتفع، أكثر من 50 دولارًا لكل طن من الكربون. علاوة على ذلك، يمكنكم التفكير في دعم مصادر الطاقة المتجددة أو فرض ضرائب على الفحم الحجري، النفط والغاز.

3. تقليل قَطع الغابات

يؤدي قَطْع الغابات حاليًا إلى حوالي 15 بالمائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم. يحدث ذلك، على الأغلب، في غابات استوائية في الدول النامية بما في ذلك حوض الأمازون، أفريقيا وجنوب آسيا. يُمكن أن تقلل حماية الغابات الانبعاث، وفي نفس الوقت تُحافظ على التنوع البيولوجي.

4. احذروا من الجهود التي تهدد إنتاج الغذاء العالمي وحقوق الناس في الأرض

تحتاج مبادرات، مثل: التشجير (غرس الأشجار لتقليل ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي)، إنتاج وقود حيوي وطرق التقاط الكربون إلى مساحات أراضي كبيرة، وبالتالي قد تهدد إنتاج الغذاء وطرد السكان الأصليين والفقراء من منازلهم. يجب النظر بعناية في مساحة الأرض المطلوبة لسياسة معينة.

5. تحفيز مجموعات أخرى على العمل

لا يوجد لديكم قوة كبيرة مقارنة بالحكومات وصناعة الوقود الأحفوري. سيحاولون تصويركم كمجموعة بريئة وغير واعية. سيحاولون التشكيك في علم المناخ من خلال التأكيد على عدم اليقين في هذا المجال (على غرار صناعة التبغ التي تمكنت لسنوات عديدة من إرباك الجمهور وتأخير اتخاذ إجراءات ضد تدخين السجائر). استخدموا أي وسيلة غير عنيفة ترونها مناسبة لجذب انتباه من هم في السلطة. فكروا في تظاهرات وخُطب. كونوا الصوت الأخلاقي وذكّروا الناس بما تقاتلون من أجله - عالَم يستطيع كل إنسان أن يعيش فيه ويزدهر.

اعتبارات إضافية:

حركة المناخ تنمو في العالم. الإجماع العلمي واضح: التغيرات المناخية التي نشهدها اليوم هي في الأساس نتيجة الأنشطة البشرية. يجب أن لا نستمر على هذا المنوال وأن لا نُعرّض للخطر حياتنا جميعًا. يُعتبر تغيّر المناخ قضية عدالة، لأنّه لا يؤثر بشكل موحد على العالم. أولئك الذين كان لهم أقل تأثير على ظاهرة الاحتباس الحراري هم الذين يعانون أكثر من غيرهم. المناطق التي تتعرّض للخطر هي أفريقيا، جنوب آسيا، أمريكا الجنوبية وجزر المحيط الهادئ.

يؤدي الحد من انبعاث غازات الاحتباس الحراري إلى زيادة الصحة العامة والفوائد الاجتماعية الكبيرة، بما في ذلك تحسين جودة الهواء والماء والأمن الغذائي والعمل. إذا تمكنا من أن ترتفع درجة الحرارة بمقدار 1.5 درجة مئوية وليس بمقدار درجتين بحلول عام 2100، فإننا ننقذ أكثر من مائة مليون شخص من نقص المياه، وننقذ ما يصل إلى ملياري شخص من موجات الحرارة الخطيرة، وليس أقل أهمية أننا ننقذ أيضًا عددًا لا يحصى من النباتات والحيوانات من الانقراض.

بالنجاح! يعتمد مستقبل العالَم على نجاحكم.

6.صناعة الوقود الأحفوري

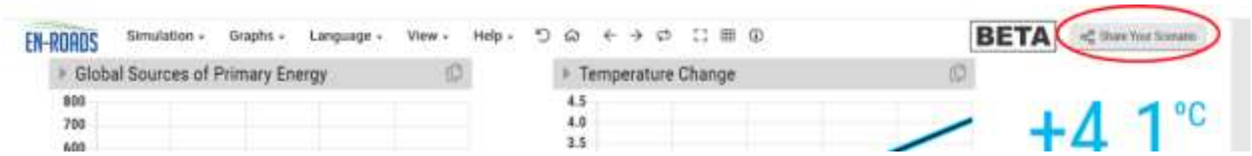
تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ.

فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".

أنتم تمثلون صناعات الفحم، النفط، الغاز الطبيعي والكهرباء التي توفر معظم احتياجات الطاقة في العالَم اليوم. تشمل مجموعتكم شركات النفط والغاز، شركات الفحم الحجري، الخدمات الكهربائية التي تعتمد على الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) والشركات التي تقدّم الخدمات والمعدات لهذه الصناعات.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100 ، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1.معارضة رفع أسعار الكربون

يعترف الاقتصاديون أنّ رفع سعر الوقود الذي يعكس التكلفة البيئية المحيطة والاجتماعية لانبعاث غازات الاحتباس الحراري يمكن أن يكون أفضل طريقة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري. ومع ذلك، فإن رفع سعر الكربون إلى أكثر من 25 دولارًا إلى 30 دولارًا لكل طن من ثاني أكسيد الكربون يقلل من الطلب على الوقود ويضر بصناعتكم.

على الرغم من أنّ بعض شركات النفط صرحت بأنها تؤيد رفع سعر الكربون، إلا أن الصناعة مستمرة بتمويل السياسيين الذين يعارضونها ويمنعون حدوث تغيير في السياسة بشأن هذه القضية. أنتم تتوقعون ضغوطًا كبيرة من المجموعات الأخرى لرفع أسعار الكربون. اتخذوا موقفًا قويًّا ضد هذه السياسة.

2. معارضة فرض الضرائب على الوقود الأحفوري

صناعتكم لا تهتم بفرض الضرائب ولا تريد أن تدفع ثمن تقليل تغيّر المناخ. أنتم تتوقعون أنّ الصناعة ستعاني في السنوات القادمة نتيجة للانتقال إلى طاقات المتجددة. لذلك ليس من العدل معاقبتكم بفرض تكاليف إضافية. أنتم تطلبون دعمًا للغاز الطبيعي، لأن هذه الطاقة خالية من الفحم وبالتالي تستحق أن تكون الوسيط في الانتقال إلى الطاقات المتجددة. إذا قرروا، على الرغم من معارضتكم، فرض ضرائب على الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر)، أنتم تفضلون أن يتم فرض الضريبة على الفحم الحجري والنفط وليس على الغاز. يُطلق الفحم الحجري أكبر كمية من غازات الدفيئة (وغيرها من الملوثات) إلى الهواء أثناء الاحتراق، كما أنه أقل مربح من الغاز والنفط.

3. تطوير تقنيات جديدة لضخ الكربون والوقود الحيوي

صناعتكم تدعم استخدام الغاز الطبيعي والوقود الحيوي بشكل واسع النطاق. كما أنها تدعم الأبحاث في مجال التقاط الكربون - الذي يُزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي ويطمره داخل الأرض. بدلًا من ذلك، يمكن تحويل ثاني أكسيد الكربون إلى سائل، وإدخاله تحت الأرض، وهكذا نؤدي إلى زيادة إنتاج النفط والغاز. كل تقنية تُزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي تفيد صناعتكم، لأنها تعوض الانبعاث وتُتيح استمرار استخدام الوقود الأحفوري.

4. تشجيع عمليات لا تضر بشكل مباشر صناعتكم

أنتم تدركون خطورة تغيّر المناخ، لكن يجب عليكم أيضًا الحفاظ على قيمة صناعتكم التي يتم فيها استثمار أموال كثيرة. لذا أنتم تدعمون سياسة تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري دون الإضرار باستخدام الوقود الأحفوري. على الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون الناتج في احتراق الوقود الأحفوري هو السبب الرئيسي للاحترار العالمي، إلّا أن الغازات الأخرى، مثل: الميثان (CH_4) وثاني أكسيد النيتروجين (N_2O) هي غازات الدفيئة التي تؤثر على تغيّر المناخ. تؤدي سياسة الزراعة والتشجير غير السليمة إلى انبعاث هذه الغازات أيضًا. لذا أنتم تدعمون سياسة تقليل انبعاث هذه الغازات، خاصة الانبعاث الناتج من استخدام الأراضي في الزراعة بدلًا من التشجير. أنتم تدعمون الجهود المبذولة للحد من قَطْع الغابات وكذلك زراعة الأشجار (التشجير) وترميم الغابات الموجودة.

<u>اعتبارات إضافية :</u>

أنتم تفهمون رؤى الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ IPCC وتعرفونها، لكنكم تحاولون الموازنة بين خطر تغيّر المناخ والحاجة إلى حماية المصالح الاقتصادية لمستثمريكم، عملائكم، وموظفيكم وبالطبع الحفاظ على أموالكم الخاصة.

إذا وضعوا حدًا للاحترار العالمي على درجتين مئويتين، فسوف تتضرر الصناعة. الشركات التي تعتمد على الوقود الأحفوري ستنهار. الناس سوف يفقدون وظائفهم. يتمّ تزويد 95 في المائة من احتياجات الطاقة في العالَم من الوقود الأحفوري ومن الطاقة النووية. توفر صناعتكم للمستهلكين ما يريدون، ولا ينبغي إلقاء اللوم على أزمة المناخ أو معاقبتها. يؤدي تقليل استخدام الوقود الأحفوري إلى تكاليف عالية على المستهلكين والاقتصاد على المدى القصير. توجد في معظم أنحاء العالم بنى تحتية تعمل بواسطة الوقود الأحفوري، وتقوم العديد من الدول النامية بإنشاء بنى تحتية جديدة لاستغلال الوقود الأحفوري. وفقًا لمواقفكم، فإن الوقود الأحفوري ضروري لمعالجة الفقر ونمو الاقتصاد، خاصة في الدول النامية. لا تدع نشطاء البيئة المحيطة يجعلونكم وكأنكم لا تهتمون بالعدالة الاجتماعية.
مع ذلك، أنتم تدركون أنه يجب تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري كي نمنع تأثيرات قاسية لتغيّر المناخ. يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر والطقس القاسي إلى الإضرار بالاستقرار الجيوسياسي، ويتعرّض الاقتصاد العالمي للخطر.
كلما اشتد تغيّر المناخ بشكل متطرف، تزداد السياسة الراديكالية ضد الوقود الأحفوري. لذلك، على الرغم من أنكم تحاولون رفض سياسة تعمل ضد الصناعة، يجب أن تفحصوا كيف يمكنكم استخدام البنية التحتية، رأس المال الذي تراكم لديكم وخبراتكم للتنافس والبقاء في عالم ترتفع درجة حرارته.

7. ممثلو الصناعة والتجارة

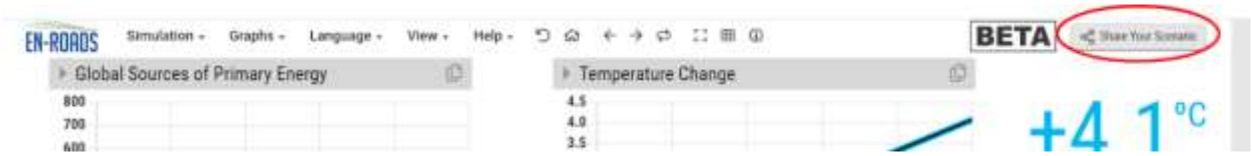
تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ.

فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".
تشمل مجموعتكم كبار المديرين التنفيذيين في أكبر الصناعات والشركات في العالَم، بما في ذلك ممثلي شركات صناعة السيارات، ممثلي شركات الطيران، شركات نقل كبيرة وشركات تصنيع، وممثلي مؤسسات عقارية، وتكنولوجيا المعلومات (IT) والشركات الكبرى الأخرى.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع

البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1. **الحفاظ على أسعار طاقة منخفضة**

إذا ارتفعت أسعار الطاقة، ترتفع أسعار المنتجات وفقًا لذلك، وقد يؤدي ذلك إلى انخفاض الطلب على منتجاتكم. لذلك، يجب أن تعملوا ضد فرض الضرائب على الطاقة وضد رفع أسعار الكربون ولصالح دعم الطاقة. من المهم التفكير في كيفية تأثير السياسات التي تقترحونها أو التي تقترحها مجموعات أخرى على أسعار الطاقة.

2. **تشجيع كفاءة استخدام الطاقة في فروع المواصلات، البناء والصناعة**

عندما يتمّ تحسين استخدام الطاقة، يتمّ استخدام طاقة أقل لتقديم نفس الخدمات أو لإنتاج نفس السلع. قد تكون التكاليف الأولية لكفاءة الطاقة مرتفعة، لكنها على المدى الطويل تقلل من تكاليف التشغيل وتوفر في المصاريف. تُعتبر كفاءة استخدام الطاقة خيارًا لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري. مع ذلك، أنتم ترغبون في تجنب التغييرات السريعة والمكلفة للغاية.

3. **المواصلات الكهربائية والكهرباء الخضراء للمباني والصناعة**

تعتمد فروع المواصلات والصناعات بشكل كبير على النفط لتزويد السيارات، الشاحنات، السفن القطارات والطائرات بالوقود. ينتج انبعاث غازات الاحتباس الحراري من المباني بشكل أساسي من حرق الوقود الأحفوري للتدفئة. إذا قاموا بتشغيل وسائل مواصلات، تدفئة وصناعة بواسطة الكهرباء، فسيكون الانتقال إلى الطاقة النظيفة أسهل.

4. **تشجيع عمليات لا تؤثر بشكل مباشر على فروع عملكم**

أنتم تدركون خطورة تغيّر المناخ، لكن يجب عليكم الحفاظ على مستثمريكم. لذا أنتم تدعمون سياسة تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري دون الإضرار بصناعاتكم. على الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون الناتج في احتراق الوقود الأحفوري هو السبب الرئيسي للاحترار العالمي، إلّا أن الغازات الأخرى، مثل: الميثان (CH_4) وثاني أكسيد النيتروجين (N_2O) هي غازات دفيئة تؤثر على تغيّر المناخ. تؤدي سياسة الزراعة والتشجير غير السليمة إلى انبعاث هذه الغازات أيضًا. لذا أنتم تدعمون سياسة تقليل انبعاث هذه الغازات، خاصة الانبعاث الناتج من استخدام الأراضي في الزراعة بدلًا من التشجير. أنتم تدعمون الجهود المبذولة للحد من قطع الغابات وكذلك زراعة الأشجار (التشجير) وترميم الغابات الموجودة.

اعتبارات إضافية:

ظهرت الصناعات التي تمثلونها في عصر يتسم بوفرة الطاقة المتاحة وغير المكلفة، لذا افترضت نماذج أعمالها أن لا يكون هناك نقص في مصادر الطاقة الرخيصة في المستقبل. تتطلب كفاءة استخدام طاقة دراماتيكية إلى تغيير كبير في سلوك الصناعات بالإضافة إلى تطوير قدرات جديدة. يمكن أن تتأثر بعض الصناعات الرئيسية، مثل: صناعة السيارات، صناعة الفضاء، الشحن والنقل بشدة إذا ارتفعت أسعار الوقود. قسم منها قد لا ينجو. في فروع صناعات أخرى، يمكن تسويق منتجات موفرة للطاقة بأسعار أعلى وهكذا يتحقق الربح. على الرغم من حسنات كفاءة استخدام الطاقة، يجب عليكم أن تكونوا يقظين وأن لا توافقوا على السياسات التي تترتب عليها تكاليف عالية، بما في ذلك ارتفاع تكاليف الطاقة.

اعتمدت مجموعتكم دائمًا على الابتكار، لذلك قد تجد حلولًا تقنية جذابة لتقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري. أنتم تدركون أنه يجب تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري كي نمنع تأثير شديد لتغير المناخ.

يؤدي ارتفاع مستوى سطح البحر والطقس القاسي إلى الإضرار بالاستقرار الجيوسياسي ويتعرّض الاقتصاد العالمي للخطر.

كلما اشتد تغيّر المناخ بشكل متطرف، تزداد السياسة الراديكالية ضد الوقود الأحفوري. لذلك، على الرغم من أنكم تحاولون رفض سياسة تعمل ضد الصناعة، يجب أن تفحصوا كيف يمكنكم تقليل انبعاث غازات الاحتباس الحراري والبقاء في عالم ترتفع درجة حرارته.

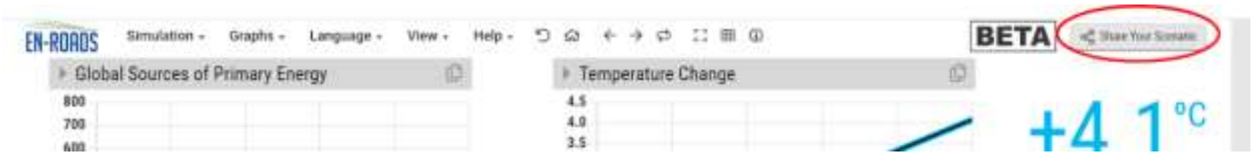
8.ممثلين عن الأرض، الزراعة والغابات

تمّت دعوتكم إلى مؤتمر قمة في الأمم المتحدة بشأن المناخ.

فيما يلي صيغة الدعوة:

"اليوم نخسر السباق ضد أزمة المناخ، يجب أن لا يستمر الوضع على هذا النحو. وفقًا للعِلم المتقدم، يؤدي ارتفاع درجة الحرارة بما يزيد عن 1.5 درجة مئوية إلى أضرار لا رجعة فيها للأنظمة البيئية التي نحتاجها وتدعمنا. لكن وفقًا للعِلم، نعرف أيضًا أنه لم يفت الأوان. يمكننا أن نفعل ذلك - يمكننا الفوز بالسباق! يتطلب ذلك تغييرات جوهرية في جميع مجالات المجتمع الحديث - الطريقة التي نزرع بها الغذاء، استخدام الأرض، تزويد وسائل النقل بالوقود وتوفير الطاقة اللازمة لتشغيل الاقتصادات المشتركة في العالَم. من خلال التعاون فقط يمكننا التغلب على الأزمة ".
تشمل مجموعتكم ممثلين من أكبر الشركات في العالَم، ومن أكبر اتحادات الزراعة، الأغذية وصناعة الأخشاب. ينضم إليهم أصحاب أراضي، وزارات حكومية تعمل في مجال الغابات والزراعة ووكالات الحفاظ على الأراضي. أهداف مجموعتكم هي إطعام سكان العالَم، حماية الغابات ومكافحة تغيّر المناخ.

الهدف من الاجتماع هو بناء خطة عمل مشتركة من شأنها الحد من ارتفاع معدل درجة الحرارة العالمية إلى أقل من درجتين مئويتين فوق درجات الحرارة التي سبقت الثورة الصناعية بحلول عام 2100، وفقًا للأهداف المتفق عليها في اتفاقيات باريس. تستخدم كل مجموعة المحاكاة لبناء برنامج يحمي **مصالحها**. عندما يكون برنامجكم جاهزًا ارسلوه إلى الشخص الذي ينسق جميع البرامج (مدرس أو طالب) باستخدام زر "مشاركة" (يمكنكم إرسال رابط إلى مجموعة WhatsApp محددة أو عبر البريد الإلكتروني).



ترتيب أولوياتكم والسياسات التي تروجونها - يتمّ الترويج لسياسة معينة وفقًا لاعتبارات المجموعة:

1.تقليل قَطع الغابات
يؤدي قطع الغابات حاليًا إلى حوالي 15 بالمائة من انبعاث غازات الاحتباس الحراري في العالَم. يحدث ذلك، على الأغلب، في غابات استوائية في الدول النامية بما في ذلك حوض الأمازون، أفريقيا وجنوب آسيا. يُمكن أن تقلل حماية الغابات الانبعاث، وفي نفس الوقت تُحافظ على التنوع البيولوجي. ومع ذلك ، فإن تقييد قطع الغابات يمكن أن يضر بإمكانية حدوث ذلك.
2. التشجير

فكروا في زراعة غابات جديدة أو ترميم غابات موجودة. تقوم الأشجار باستيعاب ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي لعملية التركيب الضوئي. كما أن الغابات مهمة للحفاظ على التنوع البيولوجي وبيوت التنمية الخاصة، كما أنها تحمي من تآكل التربة * والفيضانات.
ومع ذلك، إذا زُرعت غابات في مساحات كبيرة، تحتل الأشجار أراضي يمكن استخدامها للزراعة أو تربية الحيوانات، وهكذا نؤدي إلى ارتفاع سعر الغذاء أو الإضرار بالأنظمة البيئية الطبيعية.
* تآكل التربة أو جرف التربة هو إزالة التربة من مكان معين، عادة بواسطة تيارات، مثل الرياح، الماء أو الجليد. يُعتبر تآكل التربة أحد العوامل المهمة التي تسبب فقدان التربة (land degradation) - تدمير الأراضي الزراعية والبيئية.

3. تقليل انبعاث غاز الميثان (CH_4)، ثاني أكسيد النيتروجين (NO_2) وغازات الدفيئة الأخرى
على الرغم من أن ثاني أكسيد الكربون هو غاز الدفيئة الأكثر تأثيرًا على ظاهرة الاحتباس الحراري، إلا أنّ غازات الدفيئة الأخرى بما في ذلك الميثان وثاني أكسيد النيتروجين تؤدي إلى حوالي ربع الاحترار العالمي اليوم، وتركيزها يزداد تدريجيًّا في الغلاف الجوي.
تعتبر ممارسات الزراعة وتربية الحيوانات التجارية اليوم المصادر الرئيسية للميثان، والمصدر الرئيسي لثاني أكسيد النيتروجين هو الأسمدة. تستطيع التقنيات الجديدة وممارسات العمل المبتكرة أن تقلل من هذه الانبعاثات بتكلفة منخفضة نسبيًّا، لكن العديد من النشطاء البيئيين يطلبون معايير ونظام (مثلًا، قيود على كمية الأسمدة المستخدمة) أو تغييرات في نمط الحياة العامة (على سبيل المثال، تقليل استهلاك اللحوم). مطالب الناشطين البيئيين يمكن أن تضر بأرباح فروع الزراعة. أنتم غير معنيون بدعم مثل هذه السياسة حتى لو أدت إلى انخفاض كبير في انبعاث غازات الاحتباس الحراري. تؤثر مجموعة واسعة من غازات الدفيئة التي تحتوي فلور (فلوروكربون أو غازات -f) على الاحترار العالمي. تُستخدم هذه الغازات في العمليات الصناعية وفي العديد من المنتجات، مثل: الثلاجات ومكيفات الهواء. على الرغم من أن تركيزها في الغلاف الجوي منخفض نسبيًّا، إلا أن كل جزيء من هذا الغازات يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الأرض بمقدار ألفي مرة أكثر من جزيء ثاني أكسيد الكربون. يمكنكم دعم سياسة الحد من غازات -f، لأنها لا تؤثر على صناعتكم بشكل مباشر.

4. دعم وإعانة مصادر الطاقة المتجددة

الاحتراق وانبعاث غازات الاحتباس الحراري هو السبب الرئيسي لتغير المناخ، وليس استخدام الأراضي. أنتم تؤيدون استبدال الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) بطاقة نظيفة ورخيصة. يستطيع الفلاحين والمزارعين تركيب ألواح شمسية أو توربينات رياح دون التخلي عن الأراضي الشاسعة التي يستخدمونها لزراعة المحاصيل أو الثروة الحيوانية. تعارض شركات قطع الأشجار والصناعة الزراعية رفع أسعار الكربون وفرض ضرائب على الوقود الأحفوري، لأن العمليات تصبح أكثر تكلفة نتيجة للضرائب.

<u>اعتبارات إضافية:</u>

يبلغ عدد سكان العالم حوالي 7.8 مليار نسمة. وفقًا لتوقعات الأمم المتحدة، سيرتفع هذا العدد إلى 9 مليارات بحلول عام 2050، وإلى نحو 11 مليار شخص بحلول عام 2100. يؤدي النمو السكاني جنبًا إلى جنب مع النمو الاقتصادي إلى زيادة الطلب على الغذاء (المحاصيل الزراعية واللحوم)، الأشجار، الألياف والمنتجات الزراعية الأخرى. لا يوجد اليوم أمن غذائي لأكثر من مليار شخص في العالَم. ومن المفارقات، تقدر الأمم المتحدة أن حوالي 30 في المائة من إنتاج الغذاء يُهدر ويضيع، مما يؤثر على انبعاث غازات الاحتباس الحراري أيضًا.

يمكن أن يؤدي الحد من هدر الطعام، زراعة المحاصيل الزراعية، التشجيع على اتباع نظام غذائي نباتي صحي، إلى تلبية الطلب المتزايد على الغذاء دون الحاجة إلى استخدام أراضٍ إضافية، وبالتالي يزداد انبعاث غازات الدفيئة. لكن مثل هذه السياسة تؤدي في النهاية إلى زيادة أسعار الغذاء وبالتالي إلى إلحاق الضرر بالسكان الفقراء أيضًا. كما أن تشجيع اتباع نظام غذائي نباتي يضر بصناعة اللحوم اقتصاديًّا.

في معظم أنحاء العالم يكون من الصعب جدًّا تغيير طرق عمل الزراعة وكيفية استخدام الأراضي. تتمتع العديد من الدول النامية بفوائد كبيرة للزراعة "الصديقة للمناخ"، لكن الفساد ونقص الرقابة يمنعان تنفيذ هذه السياسة. فشلت الجهود المبذولة للحد من قطع الغابات في دول، مثل: البرازيل وإندونيسيا. علاوة على ذلك، هناك حكومات تمول قطع الغابات لتشجيع صناعة الأخشاب وتوفير الأرض للسكان. على الرغم من هذه التحديات، فإن تغير المناخ يشكل خطرًا حقيقيًا على مجموعتكم. إن الزيادة في كمية وشدة الفيضانات، موجات الجفاف المتزايدة، موجات الحرارة، الحرائق وارتفاع منسوب مياه البحر تدمر بالفعل التربة الخصبة، وتضر بالمحاصيل الزراعية، بالغابات وبأرباح الصناعة. التأثيرات الجيوسياسية لتغيّر المناخ (اللاجئون والحروب) تُشكّل خطرًا على ممتلكاتكم، قوة عملكم، قدرتكم على توفير السلع وعلى أرباحكم. في حين أن التغييرات لن تكون بسيطة، وتعاني بعض الصناعة من أضرار اقتصادية أيضًا، يمكنكم المساهمة في تقليل غازات الاحتباس الحراري من خلال إدارة حكيمة وأكثر اخضرارًا للأراضي وأيضًا من خلال ممارسات زراعية أكثر مراعاة للبيئة المحيطة.

נספח 3 דף עבודה להדמיה - תשובות למורים:

1. צמיחה כלכלית משפיעה יותר על השימוש באנרגיה בכלל ועל שימוש בדלקי מאובנים בפרט, כפי שאפשר לראות מההבדל הניכר בשיפוע העלייה של צריכת האנרגיה בשני המצבים. לכן צמיחה כלכלית גם גורמת לעלייה חדה יותר בטמפרטורה - 5 מעלות צלזיוס בעקבות צמיחה כלכלית גבוהה מאוד לעומת 4.3 מעלות מגידול גבוה של אוכלוסיית העולם. כאשר יש צמיחה כלכלית התוצר המקומי הגולמי (תמ״ג) לאדם גדל - כלומר, אנשים רבים יותר צורכים שירותים ומוצרים (כמו חשמל) ולכן צריכת האנרגיה גדלה מאוד, לעומת זאת כאשר יש יותר אנשים, אבל אין לרובם גישה לשירותים ולמוצרים הדורשים אנרגיה צריכת האנרגיה אינה גדלה בה במידה.

2. על פי ההדמיה, לפתרונות טכנולוגיים יש פוטנציאל גבוה יותר להוריד את רמות הפחמן הדו־חמצני מלייעור וכן גם לצמצם את העלייה בטמפרטורה. אפשר להעלות כמה השערות לסיבה:

- יצורים פוטוסינטטיים גם נושמים ופולטים פחמן דו־חמצני.

- לא ברור כיצד שינויי האקלים ישפיעו על יעילות קיבוע הפחמן של יצורים פוטוסינטטיים.

- יכול להיות שלטכנולוגיות לכידת פחמן יש יעילות גבוהה, במיוחד אם הן ממוקמות במוקד הפליטה (למשל בארובות).

3. אסטרטגיות כלכליות (מיסוי או סבסוד) יכולות לצמצם את השימוש בדלקי מאובנים ולצמצם פליטות - אפשר למסות שימוש בדלקי מאובנים או להטיל מס על פחמן ולחלופין לסבסד שימוש בטכנולוגיות נקיות כדי לעודד שימוש בהן. תמריצים כלכליים כמו פגיעה בכיס או הטבות כלכליות מונעים או מעודדים שימוש. שתי האסטרטגיות גורמות לצמצום פליטת גזי חממה. למשל, באמצעות מיסוי נמוך וסבסוד נמוך אפשר להוריד את העלייה הצפויה בטמפרטורות מ־4.1 מעלות צלזיוס ל־3.6 מעלות.

4. הגורמים העיקריים המשפיעים על עלות אנרגיה ועל עלות אנרגיית החשמל - מחיר הפחמן (פחמן דו־חמצני) משפיע מאוד על עלות האנרגיה (בהדמיה מחיר פחמן מוסיף עלות לדלקי מאובנים שפולטים פחמן דו־חמצני). ככל שמחיר הפחמן הדו־חמצני עולה, כך גם מחיר האנרגיה עולה. גם מיסוי של דלקי מאובנים משפיע על עלות האנרגיה. פיתוח של טכנולוגיה חדשה להפקת אנרגיה עשויה להוזיל מאוד את העלות של האנרגיה.

פתרונות למשבר האקלים
בדגש התנהגות האדם

שיעור 5 - פתרונות למשבר האקלים - התנהגות האדם

ידע למורה:

יחידה זו מוקדשת להבנת התלות שלנו באנרגיה (שיעור 1) ולפתרונות לצמצום פליטת גזי החממה, כלומר מיטיגציה - מיתון. בשיעורים הקודמים נחשפנו לכמה מהפתרונות הקשורים במדע ובטכנולוגיה (שיעורים 2 ו־3), פתרונות הנוגעים למדיניות ממשלתית (שיעורים 2 ו־4), לשינוי תמהיל האנרגיה (שיעור 3) ולקידום מדיניות נבחרת (שיעור 4). בשיעור זה ייחשפו התלמידים לפתרונות לצמצום פליטת גזי החממה הקשורים אך ורק **בהחלטות אישיות שלהם** וייתנו את הדעת לדילמות שבין שיקולי סביבה להיבטים אישיים. הצעה 1 תעסוק בצריכת אנרגיה וחשמל בבית, הצעה 2 בשיקולי מזון והצעה 3 בתחבורה. בסיכום מוצעות שתי פעילויות. בהצעה השנייה יובאו שאלות מכלל השיעורים ביחידה והיא יכולה לשמש להערכת הלמידה ביחידה. נוסף על כ, מוצעת הערכה חלופית ליחידה כולה (מפורטת בידע למורה שבפתיחת היחידה).

מושגים: מיתון (מיטיגציה)

פתיחה:

הצעה 1: "לתקן את העולם"

נפתח את השיעור בקריאת הסיפור "לתקן את העולם" (נספח 1) ונשאל את התלמידים:

- מה מוסר ההשכל של הסיפור?

מהסיפור אפשר ללמוד שהאדם הוא המשפיע על גורלו. לכן נקדיש את השיעור האחרון ביחידה זו להחלטות האישיות שלנו ולהשפעה שלהן על פליטת גזי החממה ועל הפתרונות למשבר האקלים.

הצעה 2: החכם והפרפר

נפתח את השיעור בקריאת הסיפור "החכם והפרפר" (נספח 2) ונשאל את התלמידים:

- מה מוסר ההשכל של הסיפור?

מהסיפור אפשר ללמוד שהאדם הוא המשפיע על גורלו. לכן נקדיש את השיעור האחרון ביחידה זו להחלטות האישיות שלנו ולהשפעה שלהן על פליטת גזי החממה ועל הפתרונות למשבר האקלים.

מהלך השיעור

הצעה 1: מצמצמים את צריכת החשמל

ביחידת המבוא למדנו שצריכת חשמל אחראית לנתח נכבד (כ־50 אחוז) מפליטת גזי החממה בעולם. הפחתת צריכת החשמל בבית הוא היעד הראשון בתוכנית הפעולה של מדינת ישראל להתייעלות אנרגטית, לצמצום צריכת החשמל ולהפחתת פליטות גזי חממה - ולה הוקצו 50 אחוזים מתקציב הביצוע (מקור: דו"ח ניטור ומעקב אחר יישום החלטות הממשלה, המשרד להגנת הסביבה, 2014). בפעילות זו ישקלו התלמידים מגוון פעולות שהם יכולים לעשות ביום־יום כדי לצמצם את צריכת החשמל הביתית.

נבקש מהתלמידים להכין רשימה ארוכה ככל האפשר של פעולות בבית שבהן משתמשים בחשמל ולבחון איך אפשר לצמצם בהן את צריכת החשמל. אפשר לערוך תחרות בין קבוצות - הקבוצה שרשימת הפעולות שלה היא הארוכה ביותר היא המנצחת. לחלופין נחלק לתלמידים רשימה של פעולות אפשריות לצמצום צריכת החשמל (נספח 3).

נבקש מכל תלמיד למיין באופן אישי את פעולות הצמצום שהציעו או את הפעולות מהרשימה לשלוש קבוצות - סיכוי גבוה שיעשו; סיכוי סביר שיעשו; סיכוי נמוך שיעשו - ולבחון כמה פעולות יש בכל קבוצה בטבלה (ראו להלן).

נבקש מהתלמידים להתחלק לקבוצות דיון קטנות (4־5 משתתפים) ובקבוצות כל תלמיד יציג את המיון שלו ויסביר שיקולים שהנחו אותו במיון. לאחר הדיון בקבוצה נבקש מהתלמידים לבחון אם יש פעולות שהם השתכנעו לעשות והם יכולים להעביר אותן לסיכוי סביר או גבוה.

כתבו בטבלה (נספח) את הפעולות שאפשר לעשות כדי לצמצם את צריכת החשמל בבית. סמנו מהו הסיכוי שלפי הערכתכם אתם ומשפחתם תעשו את הפעולות.

הצעה 2: פחמן בצלחת

ייצור מזון דורש משאבים רבים של קרקע, מים, דשן ועוד, ולכן בתהליך הייצור נפלטים גזי חממה רבים. כ־6 מיליארד טון (12 אחוזים מסך הפליטות בידי האדם) של פחמן דו־חמצני נפלטו ישירות לאטמוספירה ב־2017 מייצור מזון ועוד 9 אחוזים נפלטו פליטה עקיפה משימושי הקרקע, כגון מבירוא יערות לצורך חקלאות. נוסף על כך, פעילות חקלאית פולטת גזי חממה נוספים כגון מתאן וחמצן דו־חנקני, שהם גזי חממה עוצמתיים יותר מפחמן דו־חמצני, אך ריכוזם נמוך באופן ניכר מפחמן דו־חמצני. 73 אחוזים מהפליטות מחקלאות נובעות מגידול בעלי חיים מעלי גרה, בקר, כבשים ועיזים. 14 אחוזים נוספים הם תוצאה של גידול אורז. בפעילות זו (בנספח 4א, 4ב) התלמידים יבינו את השלכות ייצור המזון על פליטת גזי חממה ויקבלו החלטה לבניית תפריט גם על פי שיקולי פליטת גזי חממה.

תשובה: בהתרשמות ראשונית ניכר שמוצרים מן החי אחראים לפליטת פחמן דו־חמצני רב יותר ממוצרים מהצומח.

הצעה 3: להגיע לבית הספר

ביחידת המבוא למדנו שהתחבורה אחראית ל־14 אחוזים מפליטות גזי החממה וכן לרוב הזיהום בערים. בפעילות זו יבחרו התלמידים כיצד יגיעו לבית הספר בהתלבטות בין שיקולי סביבה לנוחות אישית. נניח ארבע ערמות כרטיסיות (נספח 5) לפני התלמידים. נסביר שעליהם להגיע מביתם לבית הספר בבוקר (במרחק של כחצי שעה הליכה).

באיזו דרך יבחרו לעשות זאת - באופניים, ברגל, בנסיעה ברכב פרטי או בנסיעה בתחבורה הציבורית?

בכל שלב ירימו כרטיס ואחריו יחליטו אם להמשיך בכלי התחבורה שבחרו או לבחור בדרך אחרת.

סיכום:

הצעה 1: כתבה

התלמידים יקראו את הכתבה "עשה זאת בעצמך: עדיין אפשר לבלום את משבר האקלים בעצמנו", מאתר גלובס, אוקטובר2019. (נספח). כתבה זו מתארת צעדים פרקטיים של הפרט להתמודדות עם משבר האקלים. לאחר קריאת המאמר נבקש מהתלמידים לערוך רשימה של הפתרונות. נוסיף פתרונות שעלו במהלך השיעור.

נחלק את הכיתה לקבוצות ונבקש מכל קבוצה לדרג את הפתרונות לפי מידת הישימות שלהם - באיזו מידה הם, המשפחה שלהם או חברים שלהם יכולים ליישם את הפתרונות. לאחר מכן בדיון במליאה ננסה להגיע להסכמה על דירוג הפתרונות לפי מידת הישימות שלהם. התלמידים יתבקשו לנמק את עמדתם. אפשר גם לבקש שיכתבו נייר עמדה המציג את דעתם בנוגע לדירוג.

פעילות זו יכולה לשמש להערכה חלופית.

הצעה 2: פעילות הערכה ליחידה - שאלות פתוחות

בנספח רשימת שאלות בכמה רמות לבחירת המורה בהתאם לצורכי הכיתה.

נספח 1 - קטע קריאה - לתקן את העולם...

מדען אחד, חי כל הזמן מודאג מבעיות העולם, והיה נחוש בדעתו למצוא להן פתרון. הוא העביר ימים ולילות במעבדה שלו כדי למצוא תשובות לספקות שלו.

יום אחד, בנו בן השבע פלש למקום ההתבודדות שלו, נחוש לעזור לו בעבודתו. המדען, עצבני בגלל ההפרעה, ניסה שהילד ילך למקום אחר. כשראה שבלתי אפשרי להוציא אותו משם, חיפש משהו שיוכל לספק לילד תעסוקה, ויסיח את דעתו. הוא הוציא מאיזו חוברת דף ובו משורטטת מפת העולם, גזר אותה לחתיכות רבות, נתן לילד עם גליל נייר דבק ואמר לו: "אתה אוהב פזלים, נכון? אני אתן לך את העולם לתקן, הנה העולם כולו מפורק, נראה אם אתה יכול לתקן. תעשה את זה לבד לבד".

הוא חשב שלילד ייקחו ימים עד שיצליח להרכיב את המפה, אבל כמה שעות לאחר מכן כבר שמע את קולו של בנו קורא לו ברוגע "אבא, סיימתי, הצלחתי להרכיב הכול". בהתחלה האב לא האמין: לא ייתכן שבגיל שבע יוכל הילד להרכיב מחדש מפה שמימיו לא ראה! אבל הוא הניח את רשימותיו, וניגש לבנו, בטוח שהוא הולך לראות עבודה מבולגנת...

להפתעתו, המפה הייתה מושלמת, כל החתיכות היו במקומן. איך ייתכן? איך הוא עשה את זה? "אתה לא ידעת איך נראה העולם", אמר המדען לבנו, "איך הצלחת?"

"אבא", אמר לו הילד, "אני אומנם לא ידעתי איך נראה העולם, אבל כאשר תלשת את הדף מן החוברת, ראיתי שבצדו השני יש תמונה של אדם. כשנתת לי את העולם לתקן, ניסיתי, אבל לא הצלחתי. זה היה הרגע שבו נזכרתי בתמונה של האדם מהצד השני, הפכתי את כל החתיכות, והתחלתי לתקן את האדם, שאני יודע איך הוא אמור להיות. כשהצלחתי לתקן את האדם, הפכתי אותו, וראיתי שהצלחתי לתקן את העולם..."

נספח 2 קטע קריאה - החכם והפרפר

בכפר אחד היה זקן חכם ומלומד. אנשי הכפר העריצו את מנהיגם הזקן, שהיה חכם מכל אדם. בכל צרה ובעיה היו פונים אליו, והוא היה עוזר ומנחה אותם על פי דרכו. יום אחד, החליט אחד מצעירי הכפר להעמיד בפני הזקן מכשול ולגזול את מנהיגותו.

הוא ידע כי לחכם תכונה מיוחדת במינה שאותה העריצו כל בני הכפר: החכם ידע לראות מבעד לחפצים, ואם היית מחזיק משהו בתוך כף ידך - היה הזקן החכם יודע בדיוק מה בידך.

אמר לעצמו הצעיר: "אקח בידי פרפר, אבוא אל הזקן ואשאל אותו מה בידי. הוא ודאי ידע לענות לי שזהו פרפר. אבל אז אני אשאל אותו אם הפרפר חי או מת. אם יאמר: הפרפר חי - אמחץ אותו בכף ידי ואמית אותו. ואם יאמר כי הפרפר מת - אשחרר אותו לעוף מכף ידי".

כינס הצעיר את כל הכפר, העמיד במה והזמין את החכם לעלות על הבמה. הצעיר כולו היה נפוח מגאווה, ואילו הזקן התנדנד על מקלו בעלותו על הבמה. פתח הצעיר את פיו ואמר: "חכם - מה בידי?" אימץ החכם את מצחו ואחר מספר רגעים ענה: "פרפר".

אנחת רווחה נשמעה בקהל שחרד לכבוד מנהיגו. ואז שאל הצעיר: "האם הפרפר חי או מת?" כולם שתקו וידעו כי מנהיגם נכנס למלכודת.

חייך הזקן ואמר: "בידך היא. אם תרצה - יחיה. ואם תרצה - ימות".

(מקור לא ידוע)

נספח 3 - פעולות אפשריות לצמצום צריכת החשמל בבית:

1. החלפת מכשירי חשמל ביתיים לא יעילים אנרגטית במכשירי חשמל יעילים יותר - לקנות מכשירי חשמל (בעיקר מקרר, מזגן, מכונת כביסה ומדיח כלים) לפי דירוג צריכת האנרגיה שלהם (מהאות A, שהיא הדרגה החסכונית ביותר, ועד G - הבזבזנית ביותר).
2. להפעיל את מכונת הכביסה על טמפרטורה נמוכה ככל האפשר.
3. להימנע מהפעלת מייבש הכביסה ולנצל את קרני השמש לייבוש כביסה.
4. להרתיח מים בגז ולא בקומקום חשמלי.
5. לכבות את האורות ביציאה מהחדר או מהבית.
6. לתחזק את מכשירי החשמל - לנקות פילטר במזגן, להחליף את גומיות הדלתות של המקרר.
7. לצמצם צריכת חשמל סבילה - לא להשאיר מכשירים כמו טלוויזיה, DVD, ממיר, מיקרוגל דיגיטלי ועוד על מצב "סטנד ביי", לכבות מכשירים שלא בשימוש כמו מסך מחשב ומטענים.
8. להוציא מהחשמל מכשירים שלא בשימוש כשנעדרים מהבית לזמן ממושך.
9. להפעיל את המזגן בטמפרטורה של 24 מעלות. לשלב מזגן ומאוורר, לאטום את כל הפתחים ולסגור תריסים ככל האפשר (כל העלאת טמפרטורה מעל 25 מעלות או הורדת טמפרטורה מתחת ל־20 מעלות מגדילה את צריכת החשמל ב־5 אחוז).
10. לכוון שעון קוצב זמן (טיימר) למזגן בלילה או להפעיל אפשרות "שינה" הקיימת בכמה מהמזגנים וגורמת להעלאה הדרגתית של הטמפרטורה בחדר במהלך הלילה.
11. לכוון בחורף את תריסי המזגן כלפי מטה, כך שהאוויר יחמם את הרצפה הקרירה ויעלה מעלה. בקיץ לכוון את התריסים כלפי מעלה, והאוויר הקר ירד אל הרצפה. כך חימום או קירור החדר ייעשה ביעילות הרבה ביותר.
12. להפעיל את המזגן הפעלה ממושכת וקבועה ולא להדליק ולכבות, שכן הפעלה גורמת לאימוץ המדחס, דבר שצורך אנרגיה רבה.
13. להתקין חיישני נוכחות - אם החיישנים יאתרו כי אין איש בחדר, הם יכבו את התאורה ואת מערכת המיזוג.
14. לבחור תוכניות הפעלה חסכוניות במדיח הכלים ובמכונת הכביסה.
15. להעדיף מקרר הכולל בר או דלת חיצונית המאפשרת גישה למשקאות או לחלב - כך נפחית את פתיחת הדלת ואת הפעלת המדחס של המקרר בכל פעם שמוציאים משקה מהמקרר.
16. למקם את המקרר הרחק ממקורות חום (תנור, כיריים, שמש), כך תיחסך אנרגיה לקירור.
17. לקנות מכשירים מותאמים למספר הנפשות בבית - למשל, מקרר ומכונת כביסה בעלי נפח קטן, אם יש מעט נפשות בבית.
18. לטייח חיצונית את הבית בטיח תרמי ־ טיוח כזה מגביר את הבידוד ומפחית את הצורך בחימום או בקירור הבית.
19. להחליף נורות לתאורת לד, התאורה החסכונית ביותר.

20. להשתמש בתאורה נקודתית - למשל נורת שולחן לפינת העבודה תחסוך את השימוש בתאורת החדר.
21. להפעיל מדיח כלים או מכונת כביסה רק כשהם מלאים, לא להרתיח קומקום שלם לכוס קפה אחת. כשמפעילים מכונה אחת מלאה במקום שתיים בתוכנית חסכונית, חוסכים 40 אחוזים מצריכת החשמל.
22. להעדיף דוד שמש על פני דוד חימום חשמלי. אם בכל זאת משתמשים בדוד חימום חשמלי - להפעיל אותו רק בסמוך למועד השימוש במים. בדוד המופעל תמיד המים מתחממים ומתקררים בלי צורך, ואנרגיה יקרה מתבזבזת. כמו כן, מומלץ להשתמש בשעון המאפשר להפעיל אותו בשעות קבועות מראש. מומלץ לפצל את זמני הדלקות הדוד והמקלחות של בני הבית, לדוגמה: במקום להדליק את הדוד לשעתיים רצופות שיספיק לכל בני הבית, כדאי לפצל ולהדליק למשך שעה, ובהמשך לשעה נוספת. כדאי לכוון את וסת החום של הדוד ל־60 מעלות - טמפרטורה גבוהה יותר גורמת להצטברות מוגברת של אבנית בדוד ופוגעת ביעילות החימום.
23. לעבור למסלול תעו"ז - כלומר, למסלול שבו התשלום על החשמל יהיה צמוד למחיר ההפקה של החשמל, ולא סתם מחיר קבוע. לחשמל יש מחיר ייצור שונה בזמנים שונים: בשעות הצהריים של הקיץ, כאשר כל המדינה מדליקה מזגן, החשמל יקר יותר ואילו בלילה, לפנות בוקר בחגים ובסופי שבוע מחירו זול יותר. מסלול תעוז הינו תמריץ כספי לשינוי הרגלי צריכת החשמל שנועד לשפר את פיזור צריכת האנרגיה לכל אורך שעות היממה. פיזור יעיל יגרום לחיסכון בייצור אנרגיה.
24. להתקין לוחות סולריים על גג הבית - לפי חישובים, מערכת ממוצעת למשפחה בישראל תחסוך לאורך תקופת חייה כ־32,000 ש"ח. לוחות סולריים תורמים להצללה על גגות המבנים ובכך מפחיתים את צריכת האנרגיה של המבנה. התקנה של לוחות סולריים על הגג מובילה לחיסכון במשאבי קרקע, בהקמת קווי הולכה ובאיבוד חשמל.
25. להתקין מוני חשמל חכמים - מונים המשדרים את הצריכה ישירות למרכז הבקרה של חברת החשמל ומאפשרים ניהול צריכה אופטימלי והתייעלות אנרגטית. המונה מאפשר הפחתת עומס בשעות השיא ועל כן מסייע בהפחתת השימוש באנרגיה לטווח קצר והפחתת רמת הפליטה של גזי החממה. לקריאה נוספת על מונים חכמים באתר תנודע.

נספח - טבלה

כתבו את הפעולות שאפשר לעשות כדי לצמצם את צריכת החשמל בבית. סמנו מהו הסיכוי שלפי הערכתכם אתם ומשפחתם תעשו את הפעולות.

הפעולה	סיכוי גבוה	סיכוי סביר	סיכוי נמוך
סך כל הפעולות	סך הכול	סך הכול	סך הכול

ملحق – جدول

اكتبوا العمليات التي يمكن اتخاذها لتقليل استهلاك الطاقة في منزلكم. أشيروا إلى احتمال أن تقوموا أنتم وعائلتكم بالعمليات التي حددتموها.

العملية	احتمال كبير	احتمال معقول	احتمال منخفض
مجمل العمليات	المجموع	المجموع	المجموع

נספח 4 א: פחמן בצלחת שלב א:

להלן רשימת מוצרי מזון - בחרו פריטים לתפריט יומי שתרצו לאכול. הכינו רשימה בטבלה וכתבו כמה קילו תצטרכו מכל מוצר לתפריט שלכם היום (1 ק"ג, 0.5 ק"ג, 0.25 ק"ג, 1.0 ק"ג):

מוצר מזון	ארוחת בוקר	ארוחת צהריים	ארוחת ערב
בקר			
כבש			
חמאה			
גבינה צהובה			
דגים קפואים			
הודו			
דגים טריים			
מעדני חלב וגבינה			
סוכריות			
עוגיות			
עוף			
אורז			
שמן זית			
ביצים			
דגני בוקר			
חלב			
מלפפונים			
סוכר			
לחם			
משקאות קלים			
סויה			
בננות			

אגוזים			
עגבניות			
בצל			
תפוזים			
גזר			
תפוח אדמה			

שלב ב:

לפניכם מידע על הפחמן הדו־חמצני הנפלט עקב ייצור, הובלה ופסולת, בצריכה של 1 ק"ג של כל אחד מהמוצרים (נספח 4). מה המסקנה מהתבוננות ראשונית מהטבלה?

כעת חשבו את הפחמן הדו־חמצני שנפלט לפי התפריט שבניתם. חשבו וכתבו את כמות הפליטות לפי כמות המזון שהגדרתם - ק"ג, חצי ק"ג (חצי מהפליטות), רבע ק"ג (רבע מהפליטות), 0.1 ק"ג (עשירית מהפליטות).

סכמו את התוצאה: כמה פחמן דו־חמצני נפלט בעקבות צריכת התפריט היומי שלכם?

שלב ג:

נסו לבנות תפריט חדש שתהיו מוכנים לאכול שיצמצם צמצום ניכר את פליטות הפחמן הדו־חמצני. - האם הצלחתם?

- האם תהיו מוכנים לערוך שינויים בהרגלי צריכת המזון שלכם בעקבות המידע על פליטת פחמן דו־חמצני ממזון?
- אם כן, כתבו מה תסכימו לשנות.
- אם לא, הסבירו מדוע לא.

المرحلة أ:

فيما يلي قائمة منتجات غذائية - اختاروا قائمة مكونات غذائية يومية ترغبون في تناولها. حضروا قائمة في الجدول واكتبوا عدد الكيلوغرامات التي تحتاجونها من كل منتج لقائمتكم اليومية (1 كغم، 0.5 كغم، 0.25 كغم، 0.1 كغم):

المنتج الغذائي	وجبة الفطور	وجبة الغداء	وجبة العشاء
لحم بقر			
لحم خروف			
زبدة			
جبنة صفراء			
أسماك مجمدة			
لحم حبش			
أسماك طازجة			
منتجات الألبان والجبنة			
حلوى			
كعكات			
لحم دجاج			
أرز			
زيت زيتون			
بيض			
حبوب الصباح			
حليب			
خيار			
سكر			
خبز			

مشروبات غازية			
فول الصويا			
موز			
جوز			
بندورة			
بصل			
برتقال			
جزر			
بطاطا			

المرحلة ب:

فيما يلي معلومات عن ثاني أكسيد الكربون المنبعث من إنتاج، نقل ونفايات، عند استهلاك 1 كغم من كل مُنْتَج (الملحق 4) (נספח 4). ما هو الاستنتاج من التمعُّن الأولي في الجدول؟

احسبوا الآن ثاني أكسيد الكربون المنبعث من قائمة المواد التي بنيتموها. احسبوا واكتبوا كمية الانبعاث وفقًا لكمية الطعام التي حددتموها - كغم ، نصف كغم (نصف الانبعاث)، ربع كغم (ربع الانبعاث)، 0.1 كغم (عُشر الانبعاث).

لخصوا النتيجة: ما هي كمية ثاني أكسيد الكربون المنبعثة في أعقاب استهلاك نظامكم الغذائي اليومي؟

المرحلة ت:

حاولوا بناء قائمة مواد غذائية جديدة ترغبون في تناولها من شأنها أن تقلل بشكل كبير من انبعاث ثاني أكسيد الكربون. - هل نجحتم؟

- - هل أنتم مستعدون لإجراء تغييرات في عادات استهلاككم الغذائي في أعقاب المعلومات المتعلقة بانبعاث ثاني أكسيد الكربون من الطعام؟
- إذا كانت الإجابة نعم، اكتبوا الأشياء التي توافقون على تغييرها.
- إذا كانت الإجابة، اشرحوا لماذا لا.

נספח 4ב - פליטות פחמן דו־חמצני עקב ייצור, הובלה ופסולת, בצריכה של 1 ק"ג של המוצרים

מוצר	כמות פחמן דו־חמצני (בק"ג ממוצעת הנפלט עקב ייצור, הובלה ופסולת בצריכה של 1 ק"ג של מוצר (ק"ג מוצר/ק"ג פחמן דו־חמצני)	מוצר	כמות פחמן דו־חמצני (בק"ג) ממוצעת הנפלט עקב ייצור, הובלה ופסולת בצריכה של 1 ק"ג של מוצר. (ק"ג מוצר/ק"ג פחמן דו־חמצני)
בקר	29	דגני בוקר	1.6
כבש	21	חלב	1.4
חמאה	10	מלפפונים	1.2
גבינה צהובה	10	סוכר	1.2
דגים קפואים	7	לחם	1.1
הודו	4	משקאות קלים	1.1
דגים טריים	4	סויה	1
מעדני חלב וגבינה	4	בננות	0.6
סוכריות	4.6	אגוזים	0.4
עוגיות	4.5	עגבניות	0.4
עוף	4	בצלים	0.4
אורז	4	תפוזים	0.4
שמן זית	3	גזרים	0.3
ביצים	2.5	תפוחי אדמה	0.3

מקור הנתונים: (אי) שוויון אקלימי: פליטת גזי חממה מצריכת מזון בישראל על פי מדרג סוציו-אקונומי, חברה וסביבה, 2017

الملحق 4 - انبعاث ثاني أكسيد الكربون الناتج في أعقاب إنتاج، نقل ونفايات، عند استهلاك 1 كغم من المنتجات.

المنتج الغذائي	**معدل كمية ثاني أكسيد الكربون (كغم) المنبعثة في أعقاب إنتاج، نقل ونفايات، عند استهلاك 1 كغم من المنتج (كغم من المنتج / كغم من ثاني أكسيد الكربون)**	المنتج الغذائي	**معدل كمية ثاني أكسيد الكربون (كغم) المنبعثة في أعقاب إنتاج، نقل ونفايات، عند استهلاك 1 كغم من المنتج (كغم من المنتج / كغم من ثاني أكسيد الكربون)**
لحم بقر	29	حبوب الصباح	1.6
لحم خروف	21	حليب	1.4
زبدة	10	خيار	1.2
جبنة صفراء	10	سكر	1.2
أسماك مجمدة	7	خبز	1.1
لحم حبش	4	مشروبات غازية	1.1
أسماك طازجة	4	فول الصويا	1
منتجات الألبان والجبنة	4	موز	0.6
حلوى	4.6	جوز	0.4
كعك	4.5	بندورة	0.4
لحم دجاج	4	بصل	0.4
أرز	4	برتقال	0.4
زيت زيتون	3	جزر	0.3
بيض	2.5	بطاطا	0.3

مصدر المعطيات: (אי) שוויון אקלימי: פליטת גזי חממה מצריכת מזון בישראל על פי מדרג סוציו-אקונומי, חברה וסביבה, 2017

נספח 5 - כרטיסיות הגעה לבית הספר

אופניים 1 הרכיבה תארך כ־20 דקות. - האם תרצו להמשיך לרכוב באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אופניים 2** עלות הנסיעה באופניים היא 0 ש"ח, אולם המאמץ גדול מאוד ואתם עלולים להזיע ולהתעייף. - האם תרצו להמשיך באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
אופניים 3 האופניים אינם מזיקים לסביבה (אין פליטה של גזי חממה או זיהום אוויר). - האם תרצו להמשיך באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אופניים 4** יש סכנה שיגנבו לכם את האופניים וכן הקסדה מכבידה מאוד. - האם תרצו להמשיך באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
אופניים 5 הרכיבה על האופניים מסוכנת מאוד כיוון שעדיין אין שבילי אופניים בעירכם. וכן אתם נאלצים לנשום את האוויר המזוהם לאורך כל הדרך. האם תרצו להמשיך באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אופניים 6 -** אתם יודעים בדיוק כמה זמן ייקח לכם להגיע לבית הספר ברכיבה באופניים וכך תוכלו לתכנן שלא תאחרו, ולהרוויח כמה דקות יותר מבאוטובוס. - האם תרצו להמשיך באופניים? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.

אוטובוס 1 הנסיעה תארך 10 דקות, אולם עליכם להמתין לאוטובוס בין 10 ל־15 דקות. כלומר, סך הכול, זמן ההגעה מביתכם לבית הספר הוא 20 עד 25 דקות. - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אוטובוס 2** מחיר כרטיס האוטובוס הוא 5 ש"ח. - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.

אוטובוס 3 האוטובוס מזהם את האוויר (יותר מהאופניים או מהליכה ברגל, אבל הרבה פחות ממכונית פרטית). - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אוטובוס 4** לעיתים האוטובוס מלא ולא עוצר ואז אתם עלולים לאחר לבית הספר ולהמתין זמן רב יותר. - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
אוטובוס 5 לעיתים האוטובוס מלא באנשים, ועליכם להידחק ולהצטופף. - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**אוטובוס 6** נסיעה באוטובוס מסוכנת פחות מרכיבה על אופניים. - האם תרצו להמשיך באוטובוס? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.

רכב פרטי 1 הנסיעה תארך כ־10 דקות. - האם תרצו להמשיך ברכב? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**רכב פרטי 2** לעיתים ההורים צריכים לצאת מוקדם מהבית ועליכם לנסוע אתם כחצי שעה לפני הזמן (כלומר שסך כל הזמן שתבזבזו הוא 40 דקות). - האם תרצו להמשיך ברכב? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
רכב פרטי 3 זיהום האוויר שפולט הרכב הפרטי הוא הגדול ביותר (כ־140 גרם פחמן דו־חמצני לק"מ נסיעה לרכב בנזין, 110 גרם פחמן דו־חמצני לרכב היברידי ו־90 גרם פחמן דו־חמצני לרכב חשמלי). - האם תרצו להמשיך ברכב? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**רכב פרטי 4** היום בדיוק רבתם עם ההורים, וכעונש הם החליטו לא להסיע אתכם, לכן עליכם לבחור באחת האפשרויות האחרות - וברור שתאחרו. - האם מחר תבחרו בכלי תחבורה אחר או שגם מחר תבקשו מהם להסיע אתכם?

רכב פרטי 5 עלות הנסיעה ברכב היא כ־10 שקלים, פי שניים מבאוטובוס ופי 10 מבאופניים (כולל את מחיר הדלק ומחיר אחזקת הרכב). - האם תרצו להמשיך ברכב? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**רכב פרטי 6** הרבה יותר נוח ברכב ־ לא מתאמצים כמו באופניים, תמיד יש מקום ישיבה ולא צריך להצטופף כמו באוטובוס. - האם תרצו להמשיך ברכב? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.

הליכה 1 ההליכה תארך כ־30 דקות (יותר מבאופניים, או מבאוטובוס או מבהסעת ההורים ־ וכך אתם עלולים להפסיד כמה דקות שינה יקרות). - האם תרצו להמשיך ללכת ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**הליכה 2** עלות ההליכה ברגל היא 0 ש"ח, אולם המאמץ גדול מאוד ואתם עלולים להזיע ולהתעייף. - האם תרצו להמשיך ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
הליכה 3 ההליכה ברגל אינה מזיקה לסביבה (אין פליטה של זיהום אוויר, שלא כנסיעה באוטובוס או ברכב פרטי) - האם תרצו להמשיך ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**הליכה 4** לא צריך שום ציוד מיוחד בשביל ללכת ברגל (כמו באופניים למשל). - האם תרצו להמשיך ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.
הליכה 5 ההליכה ברגל היא בטוחה מאוד כיוון שאפשר ללכת על המדרכה להיזהר. אולם אתם נאלצים לנשום את האוויר המזוהם לאורך כל הדרך. - האם תרצו להמשיך ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.	**הליכה 6** אתם יודעים בדיוק כמה זמן ייקח לכם להגיע לבית הספר בהליכה ברגל וכך תוכלו לתכנון שלא תאחרו, אולם סביר להניח שההליכה תיקח לכם הכי הרבה זמן. - האם תרצו להמשיך ברגל? אם לא, אתם רשאים לבחור בכלי תחבורה אחר.

الملحق 5 - بطاقات الوصول إلى المدرسة

دراجة هوائية 1 يستغرق ركوب الدراجة الهوائية حوالي 20 دقيقة. - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**دراجة هوائية 2** تكلفة ركوب الدراجة الهوائية 0 شيكل، لكن الجهد كبير جدًّا وقد تتعرقون وتتعبون. - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
دراجة هوائية 3 الدراجة الهوائية ليست ضارة بالبيئة المحيطة (لا تنبعث غازات الدفيئة أو لا تلوث الهواء). - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**دراجة هوائية 4** هناك خطر في أن يسرقوا دراجتكم، والخوذة ثقيلة جدًّا. - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
دراجة هوائية 5 يُعتبر ركوب الدراجات الهوائية أمرًا خطيرًا جدًّا، لأنه لا توجد حتى الآن ممرات للدراجات الهوائية في مدينتكم. وأنتم مجبرون على تنفس الهواء الملوث على طول الطريق. - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**دراجة هوائية 6** أنتم تعرفون بالضبط كم من الوقت يستغرق وصولكم إلى المدرسة بالدراجة الهوائية، وهكذا يمكنكم التخطيط أن لا تتأخروا، وأن تربحوا بضع دقائق أكثر مما في الحافلة. - هل تريدون الاستمرار في ركوب الدراجة الهوائية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.

الحافلة 1 يستغرق السفر 10 دقائق، لكن يجب عليكم أن تنتظروا الحافلة ما بين 10 إلى 15 دقيقة. هذا يعني أن الوقت الكلي للوصول من بيتكم إلى المدرسة هو 20 إلى 25 دقيقة. - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**الحافلة 2** سعر تذكرة الحافلة هو 5 شواقل. - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
الحافلة 3 الحافلة تلوث الهواء (أكثر من الدراجة الهوائية أو المشي، لكن أقل بكثير من السيارة الخصوصية). - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**الحافلة 4** أحيانًا تكون الحافلة ممتلئة ولا تتوقف، وعندئذٍ قد تتأخرون عن المدرسة وتنتظرون فترة زمنية أطول. - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
الحافلة 5 أحيانًا تكون الحافلة مليئة بالناس، وعليكم أن تقفوا بضغط وازدحام. - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**الحافلة 6** السفر في الحافلة أقل خطورة من ركوب الدراجة الهوائية. - هل تريدون الاستمرار في الحافلة؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.

سيارة خصوصية 1 يستغرق السفر حوالي 10 دقائق. - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**سيارة خصوصية 2** يحتاج الوالدين أحيانًا إلى الخروج من المنزل مبكرًا، ويجب عليكم أن تسافروا معهم حوالي نصف ساعة قبل الوقت (هذا يعني أن مجموع الوقت الذي تبذرونه هو 40 دقيقة). - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
سيارة خصوصية 3 تلوث الهواء المنبعث من السيارة الخصوصية هو الأكبر (حوالي 140 غرامًا من ثاني أكسيد الكربون لكل كيلومتر من السفر في سيارة تعمل بالبنزين، 110 غرامًا من ثاني أكسيد الكربون لسيارة هجينة وَ 90 غرامًا من ثاني أكسيد الكربون لسيارة كهربائية). - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**سيارة خصوصية 4** اليوم تشاجرتم مع الوالدين، وكعقاب قرروا عدم نقلكم، لذلك يجب عليكم اختيار إحدى الإمكانيات الأخرى - وبالطبع سوف تتأخرون. - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
سيارة خصوصية 5 - تكلفة السفر بالسيارة حوالي 10 شواقل، ضعفي الحافلة وَ 10 أضعاف الدراجة الهوائية (بما في ذلك سعر الوقود وسعر صيانة السيارة). - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**سيارة خصوصية 6** السفر في السيارة أكثر راحة - لا تبذلون الكثير من الجهد مثل الدراجة الهوائية، هناك دائمًا مقعد للجلوس ولا يوجد ازدحام كما لو كنتم في الحافلة. - هل تريدون الاستمرار في السيارة الخصوصية؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.

المشي 1 يستغرق المشي حوالي 30 دقيقة (أكثر من الدراجة الهوائية، أو الحافلة، أو وسيلة نقل الوالدين - وقد تفقدون بضع دقائق ثمينة من النوم). - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**المشي 2** تكلفة المشي 0 شواقل، ومع ذلك ، فإن الجهد كبير جدًّا وقد تتعرقون وتتعبون. - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
المشي 3 المشي ليس ضارًا بالبيئة المحيطة (لا يوجد انبعاث يلوث الهواء، وذلك عكس السفر في الحافلة أو السيارة الخصوصية). - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**المشي 4** لا حاجة لمعدات خاصة للمشي (مثل الدراجة الهوائية على سبيل المثال). - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.
المشي 5 المشي آمن جدًّا حيث يمكنكم المشي على الرصيف بحذر. ومع ذلك، عليكم أن تتنفسوا الهواء الملوث على طول الطريق. - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.	**المشي 6** أنتم تعرفون بالضبط كم من الوقت يستغرق الذهاب إلى المدرسة سيرًا على الأقدام، وهكذا يمكنكم التخطيط لعدم التأخر، لكن من المحتمل أن يستغرق المشي أطول وقت ممكن. - هل تريدون الاستمرار في المشي على الأقدام؟ إذا كانت الإجابة لا، يمكنكم اختيار وسيلة نقل أخرى.

נספח ־ מאמר: "עשה זאת בעצמך: עדיין אפשר לבלום את משבר האקלים בעצמנו", גלובוס, שני אשכנזי13.10.2019

לדבר על זה, ולהצביע למפלגות ירוקות

רק בחודש ספטמבר האחרון התקיימו הפגנות מתוזמנות ברחבי העולם, שבהן השתתפו יותר מ-4 מיליון איש במטרה ללחוץ על מנהיגים וממשלות להתייחס במלוא הרצינות למשבר האקלים. הציבור בעולם מתעורר וגם ישנן תוצאות בשטח: יותר ויותר מנהיגים מדברים על הנושא, ובאירופה זכו הירוקים להישג חסר תקדים בתולדותיהם, לצד מפלגות משני צדי המתרס הפוליטי ברחבי היבשת שמתקשטות במצע ובהבטחות ירוקות.

העברת המחאה לשדה הפוליטי היא הכרח. אף שישנם דברים שכל אחד יכול לעשות ביומיום כדי להפחית את טביעת הרגל הפחמנית האישית שלו, הכוח המשמעותי נמצא בידי הממשלות והמנהיגים - ועליהם להוביל את השינוי הגדול בכלכלה וברגולציה. תמיכה במפלגות ובפוליטיקאים המצהירים שהנושא הסביבתי הוא בעדיפות עליונה עבורם, וכן מעקב צמוד אחר העשייה הפוליטית בתחום, יכולים לחולל שינוי אמיתי בשטח.

להשקיע באגרות חוב ירוקות, ולמשוך השקעות מגופים מזהמים

השינוי והמעבר לכלכלה מקיימת ודלת פחמן הוא גם הזדמנות עבור התעשייה והמגזר העסקי. לתעשיות מקיימות, שיחליפו את תעשיות הדלקים הפוסיליים, יש פוטנציאל משרות רב - 40 מיליון משרות ברחבי העולם עד 2030, בשישה סקטורים: אנרגיה מתחדשת, בנייה ירוקה, תחבורה, ניהול מים, ניהול פסולת ותכנון שפכים וביוב. באיחוד האירופי, בשנים 2000-2015 שיעור הצמיחה במשרות הירוקות היה גבוה פי 7 לעומת צמיחה בסקטורים אחרים. לפי מכון PERI, דולר אחד שמושקע באנרגיה ירוקה בארה"ב, יוצר פי 3 יותר משרות מדולר המושקע באנרגיה פוסילית.

בשל הלחץ הציבורי והרגולטורי והרצון להימנע מביקורת שלילית, בספטמבר האחרון הודיעו 130 בנקים ששוויים הכולל עומד על 47 טריליון דולר, המהווים שליש מתעשיית הבנקאות העולמית - ובהם דויטשה בנק, סיטי גרופ וברקליז - כי אימצו את מדיניות האקלים החדשה של האו"ם. מדיניות האיחוד האירופי מכונה "בנקאות אחראית" והיא מאגדת כללים למלחמה בהתחממות הגלובלית בהלימה להסכמי פריז.

גם ממשלות משנות כיוון: נורבגיה הודיעה החודש שלא תאפשר קידוחי נפט באזור לופוטן, וכדי להאיץ את המעבר לכלכלה דלת פחמן, החליטה ממשלת אירלנד למשוך את כל השקעותיה מתעשיית הדלקים הפוסיליים. קרן ההשקעות של המדינה, ששווה 8 מיליארד אירו, מתנערת מהחזקותיה בפחם, נפט וגז פוסיליים. כדי לספק מימון למעבר לכלכלה דלת פחמן, הבנק העולמי הכפיל את התקציב לפרויקטים אקלימיים לשנים 2021-2025. הבנק ומוסדות נוספים יקציבו בתקופה זו 200 מיליארד דולר לפרויקטים הקשורים באקלים.

משבר האקלים הופך להיות גורם סיכון מהותי עבור גופים פיננסיים, ואם הוא משפיע על אפיק ההשקעה - בין שבשל הסיכונים, הרגולציה או יכולתה של התעשייה לשרוד לאורך זמן - גופים יעדיפו השקעות בתחומי העתיד על-פני תחומי העבר.

כדי לדרבן את ההשקעה הכלכלית הנדרשת במעבר לתעשיות מקיימות, גם מדינות מנפיקות אגרות חוב ירוקות וכחולות. ניתוח שוק של ICMA המתמחה בתחום איגרות החוב הירוקות, מצביע על כך שב-2018 הונפקו אגרות חוב ירוקות בסכום של כ-200 מיליארד דולר ברחבי העולם, לעומת 37 מיליארד דולר ב-2014. בשנה האחרונה, האי סיישל, שהכנסתו נסמכת על המשאב הימי, הנפיק אג"ח כחול במיליארדי דולרים, ובנק ההשקעות הנורדי הנפיק אג"ח כזה בגובה של 2 מיליארד דולר לפרויקטים של מניעת זיהומי מים ומניעת השפעת שינויי האקלים על הים.

לעבור לאנרגיות מתחדשות

דלקים מאובנים (פחם, גז ונפט) מניעים את חיינו: אנחנו שורפים אותם כדי ליצור חשמל וחום, כדי לבשל וכדי להתניע את הרכבים. אבל בעת שריפתם של דלקים מאובנים נוצר פחמן דו-חמצני, היוצר חלק ניכר מגזי החממה הגורמים להתחממות הגלובלית. פליטת הפחמן טיפסה בשיעור של 2% בשנת 2018, מהר יותר מבכל שנה מאז 2011. משק החשמל, המונע על דלקים פוסיליים, מייצר 25% מפליטות גזי החממה.

כדי לחתוך את פליטות הפחמן, עלינו לבצע מעבר למשק דל פחמן עד שנת 2050 - להפסיק להשתמש בדלקים מאובנים, ולעשות שימוש באנרגיית השמש. פאנלים סולריים יכולים לסייע לפתרון משבר האקלים, ויותר מזה: גם להפוך את משק החשמל למבוזר יותר. בישראל, עם זאת, מפתחים את מאגרי הגז הפוסילי, והמעבר לשימוש באנרגיה סולרית מדשדש.

התחבורה היא משתמשת מרכזית באנרגיה ושורפת חלק ניכר מהנפט בעולם. כלי הרכב יוצרים זיהום אוויר ומחממים את כדור הארץ. תחבורה שאיננה מבוססת על דלקים ומייצרת מודלים חדשים של נסועה, למשל בפלטפורמה שיתופית, היא הכרחית.

בישראל, התחבורה היא הסקטור השני בתרומתו לפליטות גזי חממה - כ-20% מסך הפליטות - והן צפויות לגדול בכ-60% עד שנת 2050. אף שבשנת 2015 קבעה הממשלה יעד של הפחתת הנסועה הפרטית ב-20% עד 2030, והדבר עוגן בהסכם פריז, בשנת 2017 חל גידול של 4% בכלי הרכב בכבישים, וב-2013-2016 גדל מספר כלי הרכב הפרטיים בכ-17%, בעוד השימוש בתחבורה הציבורית ירד לשפל - כ-12% מסך הנסיעות.

המעבר לרכב חשמלי תקוע ושיעור החדירה של רכבים חשמליים אפסי. בנורבגיה, למשל, רכבים אלו מהווים כ-40% מסך הרכבים החדשים שנרכשו ב-2017.

לצמצם את צריכת הבשר

לצריכת הבשר העולמית יש השפעה מכרעת על טביעת הרגל הסביבתית של המגזר החקלאי. 77% מהקרקע החקלאית מוקצים לגידול מזון לבעלי חיים המיועדים לשחיטה, כשליש מהקרקעות בעולם ושלושה רבעים ממשאבי המים השפירים מוקדשים לגידול חקלאי של יבולים וחיות משק. תעשיית הבשר אחראית על 20% מפליטת גזי החממה. גז המתאן, שפולטות הפרות, מסוכן פי 25 מאשר פחמן דו-חמצני, והוא מחמיר את אפקט החממה.

תעשיית הבשר אחראית לכריתה של יותר משני שלישים משטחי היערות, כשעבור גידול פרות נדרש שטח גדול. מכיוון ששטח זה עובר עיבוד מסיבי, לאחר כמה שנים נאלצים החקלאים לנטוש אותו, והוא הופך לבלתי שמיש ושיקום שלו מורכב מאוד.

ברזיל, יצואנית בשר הבקר הגדולה בעולם, מספקת כ-20% מהצריכה העולמית, ובשנה שעברה ייצאה 1.64 מיליון טונות של בשר בקר - הנתון הגבוה בהיסטוריה. הדרישה העולה לבשר, מובילה לכריתה מסיבית של האמזונס ויערות גשם נוספים, ולעלייה בתדירותן של שריפות היוצאות מכלל שליטה, כפי שראינו לאחרונה. האמזונס, "הריאות הירוקות של העולם", מייצר חמצן ואחראי לחלק ניכר מספיחת הפחמן שאנחנו יוצרים. המשך בירוא היער עלול להוביל לנקודת מפנה שממנה לא יוכל להשתקם עוד ויפלוט בעצמו כמויות פחמן אדירות לאוויר.

לפי מחקר של אוניברסיטת קליפורניה, מעבר לתזונה צמחית ישחרר קרקעות רבות ויפחית באופן ניכר את פליטות הפחמן בעולם. לשם המחשה, אם כל תושבי ארה"ב היו עוברים מחר לתזונה צמחית - אפשר היה להאכיל עוד כ-200 מיליון איש באותה עלות סביבתית.

בישראל, צריכת הבשר היא מהגבוהות במדינות ה-OECD ועומדת על 21 .2 ק"ג לנפש בשנה. יותר מ-70% מהבשר שיובא בשנים האחרונות לארץ הגיע מדרום אמריקה.

לעבור לחקלאות מקיימת וקהילתית

אדמה בריאה יכולה לספוג עד 7% מפליטת גזי החממה שלנו, אך חקלאות בלתי מקיימת הורידה את פוריותה כך שכיום היא יכולה לספוג רק 1% מפליטת גזי החממה. אוכלוסיית כדור הארץ, המונה כ־7.5 מיליארד בני אדם, צפויה לגדול לכ־10 מיליארד עד 2050. הביקוש למזון צפוי יותר מלהכפיל את עצמו, כשעוד אנשים ייכנסו למעמד הביניים. שינויים בדפוסי ירידת הגשמים ועלייה בשכיחות הבצורות והשיטפונות יקטינו את כמות היבולים הזמינים, שצמיחתם תהפוך לבלתי צפויה משנה לשנה. האו"ם מעריך כי עד שנת 2050 צפוי להתעצם המחסור במשאבים טבעיים לצורכי חקלאות, בגלל השינויים בהרגלי התזונה שנובעים מגידול האוכלוסין המהיר, מהמעבר לערים, מאובדן קרקעות ומתחרות גוברת על מים.

חקלאות מתועשת פגעה קשות במגוון הביולוגי ובאדמה, והיא מייצרת 25% מפליטות גזי החממה. קוטלי חרקים שבהם נעזרים עבור גידול פירות הרגו דבורים וחרקים מאביקים שונים במספרים גבוהים, וחומרי

דישון סינתטיים, שבהם אנחנו נעזרים לשיפור פוריות האדמה, פוגעים באוקיינוסים: הם מייצרים "אזורים מתים" (dead zones) שבהם אין מספיק חמצן ודבר אינו יכול להתקיים.

ארגון החקלאות של האו"ם קורא לקיום "שנת טרנספורמציה" במערכת המזון שלנו. הפתרון הראשון (אך החלקי) הוא חקלאות אורגנית, אך תחת תנאי פיקוח מחמירים לגידול היבולים ובעלי החיים. למשל, הגבלת שימוש באנטיביוטיקה, בדשנים כימיים ובחומרי הדברה כימיים כמעט לחלוטין, ומעבר לתחליפים אורגניים כמו קומפוסט וקוטלי חרקים אורגניים, וניהול הקרקע החקלאית בצורה מקיימת.

תכנון חקלאי מקיים יכול להוות אלטרנטיבה לחקלאות הנוכחית: אגרואקולוגיה (agroecology) היא חקלאות הלוקחת בחשבון שימוש בצמחים כמו תלתן למניעת צמיחת עשבים, חלופת היבול עצמו עבור ריענון הקרקע, וגידול של כמה זנים מאותו הצמח על שטח אחד למניעת התפשטות מחלות. גידול זנים שונים מעשיר את המגוון החקלאי ואת עמידותו.

פֶּרְמַקַלְצֶ'ר (חקלאות בת-קיימא) היא ניהול חכם ומשולב של הצמחים ויצירת דינמיקה ביולוגית. היא מיישמת את קשרי הגומלין בין הצמחים השונים ומשתמשת מחדש בזבל ביולוגי כחומר דשן ובבעלי חיים לדישון הקרקע. בנוסף, היא עושה שימוש בחרקים "טובים" האוכלים מזיקים ובגידול ירקות ועצים בין הצמחייה לשם איזון פליטת נתרן והבראת האדמה.

בשל הגידול באוכלוסייה והמעבר למגורים בערים גדולות, חקלאות אורבנית יכולה להתמודד עם הצורך הגובר במזון. לפי מכון המשאבים העולמי (WRI), חמישית מכמות האוכל בעולם מיוצרת בדרך זו. גידול מזון עירוני חוסך פליטת גזי חממה רבים. ניתן לגדל מזון בגינות קהילתיות, על גגות הבתים ובחצרות הבניינים, וגם בהאנגרים לגידולים הידרופוביים, שבהם לא נדרשת אדמה. האוכל מגיע לצרכן במהירות - טרי יותר, מזין יותר וידידותי לכדור הארץ.

לנטוע הרבה עצים

עצים משרתים את המערכת האקולוגית שלנו באופן קריטי. עץ אחד מנקה, מסנן ומטהר 100 אלף מ"ק אוויר מזוהם מדי שנה, מייצר 700 ק"ג חמצן, וקולט 20 טון פחמן דו-חמצני. עץ אחד מסייע להורדת הטמפרטורה בסביבתו בקיץ עד 4 מעלות, ומערכת שורשים של עצים בוגרים עשויה להיות גורם ממתן באופן משמעותי ברעידות אדמה. לעצים תועלות רבות והם גם משמשים בית לבעלי חיים רבים.

לפי מחקר שפורסם בג'ורנל סיינס, שתילת מיליארדי עצים לצד הפסקת בירוא יערות וכריתת עצים בוגרים היא צעד אפקטיבי ואף זול למאבק בהתחממות הגלובלית. שתילת מיליארדי עצים ברחבי עולם יכולה לסלק 25% מהפחמן המצוי באטמוספירה בשל פעילות אנושית מאז תחילת העידן התעשייתי.

לעבור לבנייה ירוקה

בנייה ירוקה נועדה להתמודד עם חלק מהאתגרים שמציב משבר האקלים: היא מעניקה למבנים עמידות מוגברת ומבטיחה תכנון מבנים עם בידוד תרמי משופר ואוורור טבעי הממתן טמפרטורות גבוהות ונמוכות, מה שמקטין תלות באנרגיה ובמערכות מיזוג. בנייה ירוקה אף מעודדת שימוש בצמחייה חסכונית ובמים ומחייבת קליטת גשם המעשירה את מי התהום. בנייה ירוקה מסייעת באירועי גשם קיצוניים, במניעת הצפות ובהרס תשתיות - תופעות העתידות לגבור בעולם ובישראל עם עליית השכיחות של אירועי אקלים קיצוניים. בנוסף, היא מובילה לחיסכון בחשמל ובמים, עד כדי חיסכון ישיר של 1,500 שקל בשנה בממוצע למשק בית ישראלי.

מגזר המבנים בישראל אחראי על 60% מצריכת החשמל מתוך כלל המשק ועל כשליש מפליטות גזי החממה. כיום ישנן כ-16 אלף יחידות דיור בבניינים ירוקים בישראל, וערי פורום ה-15 החליטו להטמיע את תקן הבנייה הירוקה כמחייב בהיתרי בנייה בתחומן, אך עם זאת, רוב הבנייה הירוקה תתבצע בשנים הקרובות רק בערי המרכז - המחייבות בנייה ירוקה בשטחן. מגמה זו מחריפה את הפערים מול ערי הפריפריה, שם עיקר יוזמות הבנייה תלויות בעשייה ממשלתית של משרד האוצר, שלא אימץ את תקן הבנייה הירוקה כתקן מחייב.

לצמצם את בזבוז המזון וייצור האשפה

משנה לשנה, אנחנו מייצרים הרבה יותר אשפה. לפי הבנק העולמי, ייצור האשפה הממוצע בעולם עומד על 1.2 ק״ג לאדם. ככל שאנחנו יכולים להרשות לעצמנו לקנות יותר, אנחנו מייצרים יותר פסולת שהטיפול בה יקר, מזהם, פולט גזי חממה ופוגע בקרקע.

לא מדובר רק באריזות הפלסטיק או בבגדים שזרקנו לפח, אלא גם בשאריות המזון. כשאנחנו משליכים לפח הביתי את ארוחת הצהריים שלא סיימנו, היא עושה את דרכה אל המזבלות והופכת למעין פצצה מתקתקת: השאריות מוטמנות בקרקע המזבלות, ומתפרקות באופן היוצר גז מתאן מסוכן שמזהם את כדור הארץ. בזבוז מזון אחראי על 8% מפליטות גדי החממה, לפי האו״ם.

בעולם ישנם מודלים שונים להתמודדות עם הבזבוז ועם ייצור האשפה. הכלל הבסיסי ההכרחי הוא צמצום: לקנות רק את מה שצריכים ולהפחית את כמויות הפסולת שאנחנו מייצרים. אך דרוש גם טיפול ממשלתי באשפה שנוצרת ובמוטיבציה של התושבים לייצר אשפה: ישנם מודלים של ״שלם על מה שתזרוק״, וניתן להציב מתקני קומפוסט או השבת אנרגיה מפסולת, וכן מתקני ִמחזור שונים. ִמחזור פלסטיק הוא עסק יקר ומזהם, ולאחרונה הודיעו מדינות כמו סין שהן סוגרות את שעריהן לקבלת פלסטיק, והמערב נדרש לחשוב מחדש על פתרונות בתחום.

המשרד להגנת הסביבה מעריך כי אדם בישראל מייצר כ-1.7 ק״ג פסולת ביום - מהנתונים הגבוהים בעולם - וכי קצב גידול הפסולת הביתית עומד על 2% בשנה. בשנת 2017 שילמו תושבי ישראל 3.6 מיליארד שקל על הטיפול בפסולת. כ-80% מהפסולת מוטמנת באדמה וגוזלת יותר ויותר שטח, בנוסף למפגע הסביבתי שנוצר. ישנן תוכניות ל-2030, אך לאורך שנים סובל התחום מהתקדמות איטית עד כמעט אפסית ביחס לעולם. בשנה שעברה נסגר מתקן ִמחזור הפלסטיק היחיד בישראל.

להפסיק להשתמש בכלים חד פעמיים ובפלסטיק

בשנה האחרונה התגלו שאריות מיקרו-פלסטיק, בין היתר בהרי הרוקי, במקום הכי נמוך באוקיינוס, בדגימות מי גשם בהרי האלפים ובמי השתייה שלנו. הפלסטיק הפך לסמל העידן האנושי והשאריות שלו ילוו את השכבות הגיאולוגיות על־פני האדמה לעוד שנים רבות. כ-335 מיליון טונות פלסטיק מיוצרות בעולם מדי שנה. השימוש העיקרי בו הוא לצורך אריזות, אך הוא נמצא בכמויות גדולות גם בתעשיות הבנייה, הרכב, בפרטי הלבוש שלנו - כ-60% מהבגדים עשויים מפוליאסטר - ואף בתמרוקים.

פלסטיק הוא חומר הסופח אליו מזהמים אורגניים וחומרי דישון, ולכן המיקרו-פלסטיק מכיל ריכוזי זיהום גבוהים. הפלסטיק אינו מתכלה, אך כשהוא מתפרק לחלקיקים קטנים, הוא מגיע אל האוקיינוסים ומזהם אותם, ומסכן את בעלי החיים הימיים. צבי הים, למשל, לא מבדילים בין שקיות פלסטיק לבין המזון החביב עליהם - מדוזות. הם בולעים את שאריות הפלסטיק ומתים, והאיזון הימי מופר - פחות חיות גדולות, יותר מדוזות. 90% מהפסולת בחופי הים הם פלסטיק, מתוכם יותר מחצי - כלים חד פעמיים.

אזרחי ישראל הם שיאנים עולמיים בצריכת כלים חד פעמיים לנפש ומשלמים תמורתם בשנה כ-2 מיליארד שקל. צריכת הכוסות החד־פעמיות זינקה בעשור האחרון פי 2, והיא עומדת על 5 מיליארד כוסות פלסטיק בשנה - לא כולל כוסות קרטון, שגם הן מצופות בפלסטיק ופוגעות בסביבה. לפי מחקר שנעשה באוניברסיטת חיפה, חופי הים בישראל מכילים ריכוז מיקרו־פלסטיק גבוה פי 9 מהממוצע העולמי. במדינות שונות בעולם, כמו האיחוד האירופי, הודו וקנדה, כבר מוציאים כלים חד פעמיים מחוץ לחוק, ובישראל עתידים להעלות להצבעה בכנסת החדשה חוקים דומים.

להבריא את האוקיינוסים

שינויי אקלים, תעשיית דיג דורסנית, פסולת, פלסטיק וקידוחים - אלו הם רק חלק מהאיומים על החופים והימים שלנו. האוקיינוסים מהווים בית גידול לאינספור בעלי חיים וסופחים את מרב פליטות הפחמן האנושיות, ובכך מהווים מעין שכפ״ץ אקלימי, אך לפי דוח הפאנל הבין־ממשלתי לשינוי האקלים ((IPCCשפורסם בחודש שעבר, יכולתם לעשות זאת נפגעה קשות, והם עלולים להגיע לנקודת אל-חזור.

האוקיינוסים ספגו יותר מ-90% מהחום שנלכד בעקבות הצטברות גזי החממה באטמוספירה. בשל הפגיעה האנושית באוקיינוסים ובקריוספרה, חומציות המים עולה, הקרחונים והקריוספרה נפגעים, גובה פני הים עולה,

הזיהום בים גובר, ובאזורים מסוימים מתמעט החמצן באופן שלא מאפשר חיים. תדירותם של אסונות טבע עולה, ובכמה מקומות קיים חשש שבני אדם החיים סמוך לים ייאלצו לנטוש את בתיהם.

דיג מסיבי ובלתי מקיים, מהווה גם הוא סכנה חמורה - כאשר ספינות דיג תופסות דגים בקצב מהיר יותר מהתחדשותם הטבעית, המאזן האקולוגי הימי מופר והדגה כולה עלולה להתמוטט. כלי השיט וציוד הדיג פוגעים לעיתים בבעלי החיים הגדולים והחסונים ביותר בסביבה הימית. לעיתים מדובר בחיות שחלקן נמצאות על סף סכנת הכחדה.

מה צריך לעשות? בעולם מוגדרים עוד ועוד שטחי ים כשמורות טבע ימיות, שבהן הדיג אסור והפעילות המסחרית הימית מוגבלת, כך שלטבע ניתן זמן התאוששות. שמורות טבע מצליחות מראות עלייה של למעלה מ-400% במשקל החיות הימיות, וכן עלייה גדולה במגוון המינים הביולוגיים.

בישראל המרחב הימי מאוים על־ידי פעילות דיג ורשתות, קידוחי גז מסיביים והנחות צנרת, הרחבת נמלים ועוד, בעוד רק 0.3% משטח הים התיכון מוכרז כשמורות טבע - גם הן קטנות מאד ולא יעילות דיין.

לקנות רק מה שצריך, ויותר מקומי

תרבות השפע גורמת לנו לקנות עוד ועוד, מבלי לתהות לגבי הצורך האמיתי של הפריטים שאנחנו קונים, לעיתים בשל מחירם הזול והאטרקטיבי. התוצאה: יותר ויותר פריטים מסיימים את דרכם בחיינו במהרה ומגיעים למזבלות. לעיתים הם נודדים בעולם יותר זמן מאשר הימים שבהם השתמשנו בהם - אותה חולצה או אותו גאדג'ט זול שהזמנו מאיביי או מעליאקספרס, הגיעו לביתנו לאחר ששונעו באמצעות משאיות, ספינות או מטוסים, ולאחר מכן אולי גם מכוניות - ומחירם הנמוך לא משקף את מחירם הסביבתי היקר.

צריכה מתוך אחריות ובדיקה של כל מוצר שאנחנו קונים יכולה להפחית את כמויות האשפה ואת פליטת גזי החממה. אם נרכוש יותר פריטים שיוצרו בקרבתנו, לא רק נתמוך בקהילה ובתעשייה המקומית, אלא גם נחסוך בפליטת הפחמן. מעקב אחר שרשרת האספקה יעזור לנו לוודא שבגדים שרכשנו נתפרו מבדים שלא מסבים נזק לכדור הארץ, ושהפלסטיק שנאלצנו לרכוש הוא ממוחזר. בנוסף, תיעדוף של מוצרים הניתנים לשימוש לאורך זמן ותיקון קל, על פני מוצרי השתמש-וזרוק, יכול לחסוך אשפה רבה, אנרגיה וחומרים מבוזבזים.

ملחק - מאמר: "עשה זאת בעצמך: עדיין אפשר לבלום את משבר האקלים בעצמנו", גלובוס, שני אשכנזי 13.10.2019

نتحدث عن ذلك، ونصوت للأحزاب الخضراء

في سبتمبر الماضي، كانت هناك مظاهرات متزامنة في جميع أنحاء العالَم، شارك فيها أكثر من 4 ملايين شخص من أجل الضغط على القادة والحكومات لأخذ أزمة المناخ على محمل الجد. يستيقظ الجمهور في العالم وهناك نتائج في الواقع: المزيد والمزيد من القادة يتحدثون عن هذه القضية، وفي أوروبا حقق الخضر إنجازًا غير مسبوق في تاريخهم، جنبًا إلى جنب مع الأحزاب على طرفَيْ الحاجز السياسي، في أنحاء القارة التي تتزين بمنصة وبوعود خضراء.

إنّ نقل الاحتجاج إلى المجال السياسي ضرورة. على الرغم من أن هناك أشياء يمكن لأي شخص القيام بها على أساس يومي لتقليل البصمة الكربونية الشخصية، فإنّ القوة الكبيرة في أيدي الحكومات والقادة – ويجب عليهم أن يقودوا التغيير الكبير في الاقتصاد والتنظيم. يمكن أن يؤدي دعم الأحزاب والسياسيين الذين يصرحون بأن القضية البيئية المحيطة على رأس أولوياتهم، وكذلك المراقبة الدقيقة للنشاط السياسي في الميدان، إلى إحداث تغيير حقيقي في الواقع.

الاستثمار في السندات الخضراء، وسحب الاستثمارات من المؤسسات الملوثة

يُعتبر التغيير والانتقال إلى اقتصاد مستدام قليل الكربون فرصة للصناعة وقطاع الأعمال أيضًا. الصناعات المستدامة التي تحل محل صناعات الوقود الأحفوري لديها إمكانات وظيفية كبيرة - 40 مليون وظيفة في جميع أنحاء العالم بحلول عام 2030، في ستة قطاعات: الطاقة المتجددة، المباني الخضراء، المواصلات، إدارة المياه، إدارة النفايات وتخطيط مياه الصرف الصحي والمجاري. في الاتحاد الأوروبي، في السنوات 2000-2015 كان معدل النمو في الوظائف الخضراء أعلى 7 مرات من النمو في القطاعات الأخرى. وفقًا لمعهد PERI، فإن استثمار دولار واحد في الطاقة الخضراء في الولايات المتحدة يخلق وظائف أكثر ثلاث مرات من الدولار المستثمر في الطاقة الأحفورية.

بسبب الضغط العام والتنظيمي والرغبة في تجنب النقد السلبي، أعلن 130 بنكًا في سبتمبر الماضي عن قيمة إجمالية مقدارها 47 تريليون دولار، تمثّل ثلث الصناعة المصرفية العالمية، بما في ذلك بنوك، مثل: دويتشه، سيتي جروب وباركليز، وقد تبنت سياسة المناخ الجديدة للأمم المتحدة. تُسمّى سياسة الاتحاد الأوروبي "البنوك المسؤولة" وهي تحدد قواعد مكافحة ظاهرة الاحتباس الحراري وفقًا لاتفاقيات باريس.

الحكومات أيضًا تغيّر توجهها: أعلنت النرويج هذا الشهر أنها لن تسمح بالتنقيب عن النفط في منطقة لوفوتين، وطلبت تسريع الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون. قررت الحكومة الأيرلندية سحب جميع استثماراتها من صناعة الوقود الأحفوري. صندوق الاستثمار التابع للدولة والذي تبلغ قيمته 8 مليارات يورو يتخلص من ممتلكاته في الوقود الأحفوري، النفط والغاز. لتوفير التمويل للانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون، ضاعف البنك الدولي ميزانيته لمشاريع المناخ للسنوات 2021-2025. خصص البنك ومؤسسات أخرى 200 مليار دولار خلال هذه الفترة لمشاريع متعلقة بالمناخ.

أصبحت أزمة المناخ عامل خطر كبير للمؤسسات المالية، وإذا كان له تأثير على الاستثمار - سواء بسبب المخاطر، التنظيم أو قدرة الصناعة على البقاء مدة زمنية طويلة - تُفضل المؤسسات الاستثمار في المجالات المستقبلية على حساب المجالات السابقة.

لتحفيز الاستثمار الاقتصادي المطلوب للانتقال إلى الصناعات المستدامة، تقوم الدول أيضًا بإصدار سندات خضراء وزرقاء. يُشير تحليل السوق الذي أجرته ICMA، المتخصصة في السندات الخضراء، إلى أنه في عام 2018، تمّ إصدار سندات خضراء بقيمة 200 مليار دولار في جميع أنحاء العالم، مقارنة بـ 37 مليار دولار في عام 2014. في العام الماضي، أصدرت جزيرة سيشيل، التي يعتمد دخلها على الموارد البحرية، مليارات

الدولارات من السندات الزرقاء، وأصدر بنك الاستثمار الاسكندنافي سندات بقيمة 2 مليار دولار لمنع تلوث المياه ولمنع تأثير تغير المناخ على البحر.

الانتقال إلى الطاقة المتجددة

يقود الوقود الأحفوري (الفحم، الغاز والنفط) حياتنا: نحرقه لتوليد الكهرباء والحرارة، للطهي ولتشغيل المرْكَبات. لكن عندما يتمّ حرق الوقود الأحفوري يَنْتُج ثاني أكسيد الكربون، الذي يشكّل جزءًا كبيرًا من غازات الدفيئة التي تؤدي إلى الاحترار العالمي. ارتفع انبعاث الكربون بنسبة 2% في سنة 2018، أسرع من كل عام منذ سنة 2011. قطاع الكهرباء الذي يعمل بالوقود الأحفوري، يُنْتِج 25% من انبعاث غازات الاحتباس الحراري.

لخفض انبعاث الكربون، يجب الانتقال إلى اقتصاد منخفض الكربون بحلول عام 2050 - التوقف عن استخدام الوقود الأحفوري واستخدام الطاقة الشمسية. يمكن أن تساعد الألواح الشمسية في حل أزمة المناخ، وأكثر من ذلك: تجعل قطاع الكهرباء لا مركزي أكثر. ومع ذلك، في إسرائيل، هناك مراوغة في تطوير احتياط الغاز الأحفوري والانتقال إلى استخدام الطاقة الشمسية.

المواصلات هي المستخدم الرئيسي للطاقة وتحرق الكثير من النفط في العالَم. المرْكَبات تلوث الهواء وتؤدي إلى تسخين الكرة الأرضية. المواصلات التي لا تعتمد على الوقود وتُنتج نماذج جديدة للسفر ضرورية جدًّا.

في إسرائيل، المواصلات هي القطاع الثاني في مساهمته في انبعاث غازات الاحتباس الحراري - حوالي 20% من إجمالي الانبعاث - ومن المتوقع أن تزداد بنسبة 60% بحلول عام 2050. على الرغم من أن الحكومة حددت في عام 2015 هدفًا لتقليل السفر الخاص بمقدار % 20 بحلول عام 2030 ، وهذا مكرس في اتفاقية باريس، في عام 2017 كان هناك ازدياد بنسبة 4% في المرْكَبات على الطرق، وفي السنوات 2016-2013 ازداد عدد المرْكَبات الخاصة بنحو 17%، بينما انخفض استخدام وسائل النقل العام إلى الحضيض - حوالي 12% من إجمالي السفر.

الانتقال إلى استعمال المرْكَبة الكهربائية عالق ومعدل دخول السيارات الكهربائية هو صفر. في النرويج، على سبيل المثال، تشكل هذه المرْكَبات حوالي 40% من إجمالي السيارات الجديدة التي تمّ شراؤها في عام 2017.

تقليل استهلاك اللحوم

الاستهلاك العالمي للحوم له تأثير حاسم على بصمة القدم البيئية المحيطة للقطاع الزراعي. 77% من الأراضي الزراعية مخصصة لزراعة غذاء للحيوانات المعدة للذبح، وحوالي ثلث الأراضي في العالَم وثلاثة أرباع موارد المياه العذبة مخصصة للمحاصيل الزراعية ولحيوانات المزرعة. صناعة اللحوم مسؤولة عن 20% من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. غاز الميثان المنبعث من الأبقار أكثر خطورة 25 مرة من ثاني أكسيد الكربون، كما أنه يؤدي إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري.

صناعة اللحوم مسؤولة عن قَطْع أكثر من ثلثي مساحة الغابات، لأن تنمية الأبقار تحتاج إلى مساحة كبيرة من الأراضي، ولأن هذه المساحة تمرّ بعملية معالجة هائلة، فبعد سنوات قليلة يضطر المزارعون للتخلي عنها، وتصبح غير صالحة للاستعمال وترميمها معقد جدًّا.

البرازيل، أكبر مصدر للحوم البقر في العالَم، توفر حوالي 20% من الاستهلاك العالمي، وفي العام الماضي صدرت 1.64 مليون طن من لحوم البقر - وهو أعلى رقم في التاريخ. يؤدي الطلب المتزايد على اللحوم إلى قطع غابات الأمازون والغابات المطيرة الأخرى على نطاق واسع، وإلى زيادة وتيرة الحرائق الخارجة عن السيطرة كما رأينا مؤخرًا. غابات الأمازون، "الرئتان الخضراء للعالم"، تُنْتِج الأكسجين وهي مسؤولة عن الكثير من امتصاص الكربون الذي نُنتجه. قد يؤدي استمرار قطع الغابات إلى نقطة تحول لا نستطيع منها ترميم الوضع، ويؤدي قطع الغابات إلى انبعاث كميات هائلة من الكربون إلى الهواء.

وفقًا لبحث أجرته جامعة كاليفورنيا، الانتقال إلى نظام غذائي نباتي يُحرر الكثير من الأراضي ويقلل بشكل كبير من انبعاث الكربون في العالَم. للتوضيح، إذا انتقل جميع سكان الولايات المتحدة إلى نظام غذائي نباتي غدًا، يمكن إطعام 200 مليون شخص آخر بنفس التكلفة البيئية المحيطة.

في إسرائيل، يُعتبر استهلاك اللحوم من أعلى الكميات في دول منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD ويبلغ 21.2 كغم للفرد سنويًّا. أكثر من 70% من اللحوم المستوردة إلى إسرائيل، ، تمّ استيرادها من أمريكا الجنوبية.

الانتقال إلى الزراعة المستدامة والمجتمعية

تستطيع التربة السليمة أن تمتص حتى 7%من انبعاث غازات الاحتباس الحراري، لكن الزراعة غير المستدامة قللت من خصوبتها بحيث يمكنها اليوم امتصاص 1% فقط من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. من المتوقع أن يرتفع عدد سكان الكرة الأرضية، البالغ عددهم حوالي 7.5 مليار شخص، إلى حوالي 10 مليارات بحلول عام 2050. من المتوقع أن يتضاعف الطلب على الغذاء مع دخول المزيد من الناس إلى الطبقة الوسطى. تؤدي التغييرات في أنماط هطول الأمطار وزيادة تكرار حالات الجفاف والفيضانات إلى تقليل كمية المحاصيل المتوافرة، والتي يصبح نموها غير متوقع من سنة إلى أخرى. تُقدر الأمم المتحدة أنّه بحلول عام 2050 من المتوقع أن يزداد النقص في الموارد الطبيعية للزراعة، بسبب التغيرات في العادات الغذائية الناتجة عن النمو السكاني السريع، والانتقال إلى المدن، وفقدان الأراضي وزيادة المنافسة على المياه.

لقد ألحقت الزراعة الصناعية أضرارًا جسيمة بالتنوع البيولوجي والتربة، وقد أدت إلى إنتاج 25% من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. قتلت المبيدات الحشرية، المستخدمة في زراعة الفاكهة، النحل والعديد من الحشرات الملقحة بأعداد كبيرة، والأسمدة الاصطناعية التي نستخدمها لتحسين خصوبة التربة أدت إلى أضرار في المحيطات: فهي تُنْتِج "مناطق ميتة" (dead zones) لا يوجد فيها كمية كافية من الأكسجين ولا يستطيع أي شيء أن يعيش فيها.

تدعو منظمة الزراعة التابعة للأمم المتحدة إلى تغيير نظامنا الغذائي. الحل الأول (لكن جزئي) هو الزراعة العضوية، لكن تحت إشراف صارم لزراعة المحاصيل والحيوانات. على سبيل المثال، تقييد استخدام المضادات الحيوية، المواد الكيميائية ومبيدات الآفات بشكل شبه كامل، والانتقال إلى بدائل عضوية، مثل: السماد العضوي (كومبوست) ومبيدات حشرية عضوية، وإدارة الأراضي الزراعية بطريقة مستدامة.

يمكن أن يكون التخطيط الزراعي المستدام بديلًا للزراعة الحالية: علم البيئة الزراعية (agroecology) هو الزراعة التي تأخذ في الاعتبار استخدام نباتات مثل نفل البرسيم لمنع نمو الأعشاب الضارة، تبديل المحصول نفسه لتحديث التربة، وزراعة عدة أنواع من نفس النبات في منطقة واحدة لمنع انتشار أمراض. زراعة الأصناف المختلفة تثري التنوع الزراعي ومقاومته.

الزراعة المستدامة (**Permaculture**) هي إدارة ذكية ومتكاملة للنباتات وخلق ديناميكية بيولوجية. تُنفذ علاقة متبادلة بين النباتات المختلفة وتُعيد استخدام السماد البيولوجي كسماد الحيوانات لتخصيب التربة. بالإضافة إلى ذلك، فإنها تستخدم الحشرات "الجيدة" التي تأكل الآفات، كما تتناول زراعة خضار وأشجار بين النباتات لموازنة انبعاث الصوديوم وتحسين التربة.

بسبب النمو السكاني والانتقال إلى المدن الكبيرة، يمكن للزراعة الحضرية أن تتكيف مع الحاجة المتزايدة للغذاء. وفقًا لمعهد الموارد العالمية (WRI)، يتم إنتاج خُمس كمية الغذاء في العالم بهذه الطريقة. إن زراعة الغذاء في المناطق الحضرية يوفر الكثير من انبعاث غازات الاحتباس الحراري. يمكن زراعة نباتات في حدائق المجتمع، على أسطح المنازل وفي ساحات المباني، وكذلك في حظائر الطائرات والزراعة في الماء، حيث لا يلزم وجود تربة. يصل الغذاء إلى المستهلك بسرعة - طازج أكثر مغذي أكثر وصديقًا للكرة الأرضية.

غرس أشجار كثيرة

تخدم الأشجار نظامنا البيئي بشكل حاسم. تقوم شجرة واحدة بتنظيف وترشيح وتنقية 100000 متر مكعب من الهواء الملوث كل عام، وتنتج 700 كيلوغرام من الأكسجين، وتمتص 20 طنًا من ثاني أكسيد الكربون. تساعد شجرة واحدة على تخفيض درجة الحرارة في بيئتها في الصيف إلى 4 درجات مئوية، وقد تكون شبكة جذور الأشجار البالغة عاملاً هامًا في تخفيف الزلازل. للأشجار العديد من الفوائد وتُستخدم أيضًا كبيت تنمية للعديد من الحيوانات.

وفقًا لبحث نُشر في مجلة Science، فإن زراعة مليارات الأشجار جنبًا إلى جنب مع التوقف عن قطع الغابات وقطع الأشجار البالغة يُعد خطوة ناجعة وغير مكلفة في مكافحة الاحترار العالمي. تستطيع زراعة مليارات الأشجار في جميع أنحاء العالم القضاء على 25% من الكربون الموجود في الغلاف الجوي بسبب النشاط البشري منذ بداية العصر الصناعي.

الانتقال إلى البناء الأخضر

أُعِدّ البناء الأخضر لمواجهة بعض التحديات التي تطرحها أزمة المناخ: فهو يمنح المباني مزيدًا من المتانة ويضمن تصميم المبنى مع عزل حراري محسّن وتهوية طبيعية تعمل على تعديل درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة، مما يقلل من الاعتماد على أنظمة الطاقة ومكيف الهواء. يُشجع البناء الأخضر أيضًا على استخدام نباتات اقتصادية وموفرة للمياه، ويتطلب امتصاص المطر الذي يثري المياه الجوفية. يساعد البناء الأخضر في حالات هطول أمطار شديدة، بمنع الفيضانات وتدمير البنية التحتية - وهي ظاهرة تزداد في العالَم وفي إسرائيل مع زيادة تكرار الأحداث المناخية المتطرفة. بالإضافة إلى ذلك، يؤدي إلى توفير في الكهرباء والمياه، توفير مباشر بمعدل 1500 شاقل سنويًا للأسرة الإسرائيلية.

قطاع البناء في إسرائيل مسؤول عن 60% من استهلاك الكهرباء من مجمل استهلاك النظام الاقتصادي الكامل وعن حوالي ثلث انبعاث غازات الاحتباس الحراري. يوجد اليوم حوالي 16000 وحدة سكنية في المباني الخضراء في إسرائيل، وقررت مدن المنتدى الخامس عشر تطبيق معيار المباني الخضراء كمعيار إلزامي للحصول على تصاريح بناء في مجال نفوذها. على الرغم من ذلك، سيتم تنفيذ معظم البناء الأخضر في السنوات القادمة في مدن المركز التي تُلزم ببناء أخضر. يؤدي هذا التوجه إلى تفاقم الفجوات مع المدن التي تقع في أطراف الدولة، حيث تعتمد معظم مبادرات البناء على الإجراءات الحكومية من قبل وزارة المالية التي لا تعتمد على معيار البناء الأخضر كمعيار إلزامي.

الحد من هدر الطعام ومن إنتاج القمامة

من عام إلى آخر، نُنْتج الكثير من القمامة. وفقًا للبنك الدولي، يبلغ معدل إنتاج القمامة في العالَم 1.2 كيلوغرام للفرد الواحد، كلما ازدادت قدرتنا على الشراء ازدادت كمية النفايات التي معالجتها باهظة الثمن، تلوث، تُطلق غازات الدفيئة وتضر بالتربة.

لا نتحدث فقط عن رُزم البلاستيك أو الملابس التي نرميها في سلة المهملات، لكن نتحدث عن بقايا الطعام أيضًا. عندما نرمي الغذاء الذي لم نأكله خلال الوجبة في سلة المهملات المنزلية، فإنه يشق طريقه إلى مكبات النفايات ويصبح نوعًا من القنبلة الموقوتة: يتمّ طمر البقايا في مكب النفايات، ويتحلل بطريقة تُنْتِج غاز الميثان الخطير الذي يلوث الكرة الأرضية. وفقًا للأمم المتحدة، فإنّ نفايات الطعام مسؤولة عن 8% من انبعاث غازات الدفيئة.

يوجد في العالَم نماذج مختلفة لمواجهة إنتاج النفايات والقمامة. القاعدة الأساسية الضرورية هي التقليل: شراء الأشياء المطلوبة فقط وتقليل كميات النفايات التي ننتجها. لكن هناك أيضًا حاجة إلى معالجة الحكومة للقمامة الناتجة وإلى معالجة رغبة السكان في إنتاج القمامة: هناك نماذج نسميها "تدفع مقابل ما ترميه"، يمكن أن نضع منشآت لإنتاج الكومبوست (السمادة الطبيعي) أو إعادة الطاقة من النفايات واستعمال منشآت إعادة تدوير مختلفة. تُعتبر إعادة تدوير البلاستيك عملاً مكلفًا وملوثًا، وقد أعلنت دول مثل الصين مؤخرًا أنها تغلق أبوابها أمام دخول البلاستيك، ويحتاج الغرب إلى إعادة التفكير في الحلول، في هذا المجال.

تُقدر وزارة حماية البيئة المحيطة أن الفرد في إسرائيل يُنْتِج حوالي 1.7 كيلوغرام من النفايات في اليوم - وهي من أعلى المعطيات في العالَم - وأن وتيرة ازدياد كمية النفايات المنزلية هو 2% سنويًّا. في عام 2017، دفع سكان إسرائيل 3.6 مليار شاقل جديد لمعالجة النفايات.

هناك خطط لعام 2030، ولكن على مر السنين يعانى هذا المجال من تقدم بطيء إلى شبه معدوم مقارنة بالعالم، وفي العام الماضي، تم إغلاق منشأة إعادة تدوير البلاستيك الوحيدة في إسرائيل. يتمّ طمر حوالي 80% من النفايات في الأرض وهي تستهلك مساحة أكبر وأكثر، وذلك بالإضافة إلى المخاطر البيئية المحيطة الناتجة.

التوقف عن استخدام أواني البلاستيك التي تُستخدم لمرة واحدة

في العام الماضي، تم اكتشاف مخلفات بلاستيكية دقيقة، بما في ذلك في جبال روكي، في أدنى مكان في المحيط، في عينات مياه الأمطار في جبال الألب ومياه الشرب لدينا. أصبح البلاستيك رمزًا لعصر الإنسان وسترافق بقاياه الطبقات الجيولوجية على الأرض لسنوات عديدة قادمة. يتم إنتاج حوالي 335 مليون طن من البلاستيك في جميع أنحاء العالم كل عام. استخدامه الرئيسي هو التغليف، ولكنه موجود أيضًا بكميات كبيرة في صناعة البناء، وصناعة السيارات، وفي ملابسنا - حوالي 60% من الملابس مصنوعة من البوليستر - وحتى في مستحضرات التجميل.

يُعتبر البلاستيك مادة تمتص ملوثات عضوية وأسمدة إليها، لذلك تحتوي المواد البلاستيكية الدقيقة على مستويات عالية من التلوث. البلاستيك غير قابل للتحلل، لكن عندما يتحلل إلى جُسَيْمات صغيرة، فإنه يصل إلى المحيطات ويلوثها، مما يعرض الحيوانات البحرية للخطر. السلاحف البحرية، على سبيل المثال، لا تفرق بين الأكياس البلاستيكية وطعامها المفضل - قنديل البحر. فهي تبتلع بقايا البلاستيك وتموت، ويختل التوازن البحري - عدد أقل من الحيوانات الكبيرة، والمزيد من قناديل البحر. 90% من النفايات على الشواطئ هي من المواد البلاستيكية، وأكثر من نصفها أواني تُستعمل لمرة واحدة.

المواطنون الإسرائيليون هم رواد العالَم في استهلاك الأواني التي تُستخدم لمرة واحدة للفرد، ويدفعون حوالي 2 مليار شاقل سنويًّا. تضاعف استهلاك الكؤوس البلاستيكية التي تُستخدم لمرة واحدة في العقد الماضي، حيث بلغ 5 مليارات كأس بلاستيكي سنويًّا - لا تشمل الكؤوس المصنوعة من الورق المقوى، المطلية بالبلاستيك أيضًا والتي تضر بالبيئة المحيطة. وفقًا لبحث أجري في جامعة حيفا، تحتوي الشواطئ في إسرائيل على تركيز ميكرو بلاستيك (بلاستيك دقيق وصغير جدًّا) يبلغ 9 مرات أعلى من المعدل العالمي. في دول مختلفة حول العالَم، مثل: الاتحاد الأوروبي، الهند وكندا، تمّ حظر الأواني التي تُستخدم لمرة واحدة، وسيتم طرح قوانين مماثلة للتصويت في إسرائيل، في الكنيست الجديد.

معالجة المحيطات

تغيّرات المناخ، صناعة صيد الأسماك المؤذية، النفايات، البلاستيك والحفر - هذه بعض التهديدات التي تشكّل خطرًا على شواطئنا وبحارنا. المحيطات هي موطن لعدد لا يحصى من الحيوانات، وهي تمتص معظم انبعاث الكربون البشري، مما يجعلها سترة واقية للمناخ، لكن وفقًا لتقرير صادر عن الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC)، الذي نُشر الشهر الماضي، فإنّ قدرة المحيطات على القيام بذلك تضررت جدًّا ، وقد تصل إلى نقطة اللاعودة.

تمتص المحيطات أكثر من 90% من الحرارة التي تمّ التقاطها بعد تراكم غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي. بسبب الأضرار البشرية التي لحقت بالمحيطات والغلاف الجليدي، ترتفع حموضة المياه، تضرر الأنهار الجليدية والغلاف الجليدي، يرتفع مستوى سطح البحر، يزداد التلوث في البحر وفي بعض المناطق ينخفض الأكسجين بطريقة لا تُتيح الحياة. تتزايد وتيرة الكوارث الطبيعية، ونخشى في بعض الأماكن أن يضطر الناس الذين يعيشون بالقرب من البحر أن يهجروا منازلهم.

يُعتبر صيد الأسماك المكثف وغير المستدام خطرًا كبيرًا أيضًا - عندما تصطاد سفن الصيد الأسماك بمعدل أسرع من تجددها الطبيعي يختل التوازن البيئي البحري ويمكن أن ينهار صيد الأسماك بأكمله.

أحيانًا تؤذي السفن ومعدات الصيد أضخم الحيوانات وأكثرها قوة في البيئة البحرية. أحيانًا نؤذي الحيوانات المهددة بخطر الانقراض.

ما الذي يجب أن نعمله؟ في العالَم، يتمّ تعريف المزيد والمزيد من المناطق البحرية على أنها محميات طبيعية بحرية، حيث يُحظر صيد الأسماك ويكون النشاط التجاري البحري محدودًا كي نُعطي الطبيعة وقتًا للانتعاش. نرى في المحميات الطبيعية الناجحة زيادة أكثر من 400% في وزن الحيوانات البحرية وزيادة كبيرة في تنوع الأنواع البيولوجية.

في إسرائيل، يتم تهديد المجال البحري من خلال أنشطة الصيد، التنقيب عن الغاز بشكل مكثف، مد خطوط أنابيب ضخمة، توسيع موانئ وغير ذلك. في حين أنه تمّ الإعلان عن 0.3% فقط من منطقة البحر الأبيض المتوسط كمحمية طبيعية - وهي أيضًا صغيرة جدًا وغير ناجعة.

شراء ما هو مطلوب فقط، وأكثر محلي

ثقافة الوفرة تجعلنا نشتري أكثر فأكثر، دون أن نتساءل عن الحاجة الحقيقية للأشياء التي نشتريها، أحيانًا بسبب سعرها الرخيص والجذاب. النتيجة: المزيد والمزيد من الأغراض التي لا نستعملها بشكل كافٍ وفي النهاية تصل إلى مكبات النفايات. في بعض الأحيان تتجول هذه الأغراض حول العالم لفترة أطول من الأيام التي استخدمناها فيها - نفس القميص أو نفس الأداة الرخيصة التي طلبناها من eBay أو AliExpress، وصلت إلى منزلنا بعد أن تمّ نقلها بالشاحنات، أو السفن، أو الطائرات، ثم ربما حتى في السيارات - وسعرها المنخفض لا يعكس سعرها البيئي المحيطي الباهظ.

يمكن أن يؤدي الاستهلاك من منطلق المسؤولية وفحص كل منتج نشتريه إلى تقليل كمية القمامة وانبعاث غازات الاحتباس الحراري. إذا اشترينا المزيد من الأغراض المصنعة بالقرب منا، ندعم المجتمع المحلي والصناعة ونوفر في انبعاث الكربون أيضًا. يساعدنا تتبع سلسلة التزويد على التأكد من أن الملابس التي اشتريناها مخيطة من أقمشة لا تضر بالكرة الأرضية، وأن البلاستيك الذي كان علينا شراؤه معاد تدويره. بالإضافة إلى ذلك، فإن تفضيل منتجات سهلة التصليح يمكن استخدامها مدة زمنية أطول، وتقليل استخدام منتجات نستخدمها لمرة واحدة ونرميها، يمكن أن يوفر الكثير من القمامة، الطاقة وهدر المواد.

1. הסבירו את ההבדל בין מקורות אנרגיה מתכלים למקורות אנרגיה מתחדשים. תנו שתי דוגמאות למקור מתכלה ושתי דוגמאות למקור אנרגיה מתחדש.

2. ידוע כי שרפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) גורמת לזיהום הסביבה ולפליטת גזי חממה המשפיעים על ההתחממות הגלובלית. למרות זאת, ב-2018 יותר מ-85 אחוזים מצורכי האנרגיה של האנושות היו מבוססים על דלקי מאובנים. מנו שתי סיבות למעבר האיטי למקורות אנרגיה חלופיים.

3. כמות האנרגיה הסולרית שמגיעה לכדור הארץ עצומה - כל צריכת האנרגיה העולמית השנתית משתווה לכמות האנרגיה שמגיעה מהשמש אל כדור הארץ במשך שעות ספורות! אחד האתגרים בניצול אנרגיית שמש הוא שהיא מהולה ואינה צפופה לעומת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) שהאנרגיה שלהם יעילה הרבה יותר. הסבירו משפטים אלה.

4. בחרו שתי אנרגיות חלופיות וכתבו שני יתרונות ושני חסרונות לכל אחת. הנדסת אקלים היא התערבות מכוונת של האדם באקלים כדור הארץ. מנו שתי דוגמאות להנדסת אקלים, הסבירו בקצרה על כל אחת מהשיטות והביעו עמדה אישית מנומקת בעד או נגד כל דוגמה. בהסבר לעמדתכם האישית בססו את הטיעונים שלכם (למשל אם אתם טוענים ששיטה מסוימת היא מסוכנת או שאינה יעילה, הסבירו מדוע).

5. מלבד פתרונות טכנולוגיים-מדעיים למשבר האקלים, יש פתרונות המבוססים על מדיניות כלכלית או על שינוי התנהגות האדם. בחרו שני פתרונות שאינם מדעיים-טכנולוגיים והסבירו כיצד הם פועלים כאמצעי למיתון (מיטיגציה) משבר האקלים.

6. משרד האנרגיה הישראלי הציב יעד להגדלת היקף ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות בישראל ל-30 אחוזים מסך יכולת ייצור החשמל עד לשנת 2030. זאת לעומת 5 אחוזים היום (2020). להערכת המשרד, התוכנית אינה צפויה להביא לייקור תעריף החשמל. האם לדעתכם מדינת ישראל תוכל לעמוד ביעד הזה? נמקו היטב את תשובתם. יש להביא בחשבון את סוגי האנרגיות המתחדשות שעומדות לרשות מדינת ישראל ואת האתגרים הכרוכים במעבר לאנרגיות מתחדשות בישראל.

7. הבדילו בין אנרגיות חלופיות לאנרגיות ירוקות או נקיות. מה משותף לשני סוגי האנרגיה, מה שונה ביניהם?

8. שני הגורמים המרכזיים שמשפיעים על צריכת האנרגיה העולמית הם כמות האנשים בעולם ורמת החיים שלהם. הסבירו כיצד גודל האוכלוסייה ורמת החיים משפיעים על צריכת אנרגיה ומדוע.

9. גם האזרח הפשוט יכול להילחם בהתחממות הגלובלית ובמשבר האקלים. מנו שתי דרכים שבהן כל אחד מאיתנו יכול לתרום למיתון (מיטיגציה) של משבר האקלים.

ملحق - أسئلة للتقييم

1. اشرحوا الفرق بين مصادر طاقة قابلة للاستنفاذ ومصادر طاقة متجددة. أعطوا مثالين لمصدر طاقة قابل للاستنفاذ ومثالين لمصدر طاقة متجددة.

2. من المعروف أن حرق الوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) يؤدي إلى تلوث البيئة المحيطة وإلى انبعاث غازات الدفيئة التي تؤثر على الاحترار العالمي. على الرغم من ذلك، في عام 2018، أكثر من 85% من احتياجات الطاقة البشرية اعتمدت على الوقود الأحفوري.
اذكروا سببين للانتقال البطيء إلى مصادر الطاقة البديلة.

3. كمية الطاقة الشمسية التي تصل إلى الكرة الأرضية هائلة - كل استهلاك الطاقة العالمي السنوي يساوي كمية الطاقة التي تصل من الشمس إلى الكرة الأرضية في بضع ساعات! أحد التحديات في استخدام الطاقة الشمسية هو أنها ليست كثيفة مقارنة بالوقود الأحفوري (الوقود المتحجر) الذي تكون طاقته أكثر كفاءة. اشرحوا هذه الجُمل.

4. اختاروا طاقتين بديلتين واكتبوا حسنتين وسيئتين لكل واحدة منهما. هندسة المناخ هي تدخُّل متعمد للإنسان في مناخ الكرة الأرضية. اذكروا مثالين لهندسة المناخ، اشرحوا بإيجاز كل طريقة من الطرق، عللوا وعبّروا عن موقفكم الشخصي ما إذا كان ضد أو يدعم كل مثال.

عندما تشرحون موقفكم الشخصي ادعموا حججكم (ادعاء + تعليل)، على سبيل المثال، إذا كنتم تدعون أن طريقة معينة خطيرة أو غير ناجعة، اشرحوا لماذا.

5. بالإضافة إلى الحلول التكنولوجية العلمية لأزمة المناخ، هناك حلول تعتمد على السياسة الاقتصادية أو على تغيير سلوك الإنسان. اختاروا حلين غير علميين - تكنولوجيين واشرحوا كيف يعملان كوسيلة لتخفيف أزمة المناخ.

6. حددت وزارة الطاقة الإسرائيلية هدفًا لزيادة كمية إنتاج الكهرباء من الطاقة المتجددة في إسرائيل إلى 30 بالمائة من إجمالي قدرة توليد الكهرباء بحلول عام 2030. وهذا مقارنة بنسبة 5 بالمائة اليوم (2020). بحسب الوزارة، من المتوقع أن لا تؤدي هذه الخطة إلى زيادة سعر الكهرباء. هل تعتقدون أن دولة إسرائيل قادرة على تحقيق هذا الهدف؟ عللوا إجاباتكم جيّدًا. يجب أن نأخذ بالحسبان أنواع الطاقة المتجددة المتاحة لدولة إسرائيل والتحديات المرتبطة بالانتقال إلى الطاقة المتجددة في إسرائيل.

7. قارنوا بين الطاقة البديلة والطاقة الخضراء أو النظيفة. ما المشترك بين نوعَيْ الطاقة، وما الفرق بينهما؟

8. العاملان الرئيسيان اللذان يؤثران على الاستهلاك العالمي للطاقة هما عدد السكان في العالَم ومستوى معيشتهم. اشرحوا كيف يؤثر تعداد السكان ومستوى المعيشة على استهلاك الطاقة ولماذا.

9. المواطن العادي أيضًا يمكنه محاربة الاحترار العالمي وأزمة المناخ. اذكروا طريقتين بحيث يستطيع كل واحد من خلالهما المساهمة في تخفيف أزمة المناخ.

שאלות הערכה ליחידה - תשובות למורים:

1. ההבדל בין מקורות אנרגיה מתכלים למקורות אנרגיה מתחדשים - דלקי מאובנים (נפט, גז טבעי ופחם) הם מקור אנרגיה מתכלה. כלומר, כמות דלקי המאובנים מוגבלת מכיוון שקצב היווצרותם (מיליוני שנה) איטי בהרבה מקצב השימוש בהם. לעומת זאת, מקורות אנרגיה כמו מים, רוח או שמש נחשבים למתחדשים כי הם אינם נגמרים.

2. סיבות למעבר האיטי למקורות אנרגיה חלופיים.
- **מחיר**: דלקי מאובנים עדיין זולים יותר ממקורות אנרגיה חלופיים (בטווח המידי, כלומר, אם לא מביאים בחשבון את העלויות הכרוכות בפגיעה בסביבה).
- **יעילות**: דלקי מאובנים יעילים הרבה יותר מרוב מקורות האנרגיה החלופיים. צפיפות האנרגיה שלהם (כמות אנרגיה ליחידת חומר) גבוהה מאוד.
- **זמינות**: אפשר לנצל דלקי מאובנים באופן מידי בלי שלבי ביניים.
- **הרגל ותשתיות**: העולם ערוך לניצול דלקי מאובנים. הכנסת דלקים חלופיים לשוק מצריכה הקמה של תשתיות חדשות.
- **מדיניות**: ממשלות רבות מסבסדות את השימוש בדלקי מאובנים ואינן משקיעות די בפיתוח אנרגיות חלופיות ובשילובן בתמהיל האנרגיה שלהן.
- **כוחה של תעשיית דלקי המאובנים**: לתעשיית דלקי המאובנים כוח עצום כיוון שהיא עשירה מאוד ובעלת השפעה רחבה.

3. אף שכמות האנרגיה שמגיעה מהשמש לכדור הארץ גדולה מאוד, אנרגיה זו מתפרסת על פני שטח גדול מאוד ולכן היא מהולה מאוד. לעומת זאת, דלקי מאובנים דחוסים הרבה יותר מבחינה אנרגטית.

4. יתרונות וחסרונות לאנרגיות <u>חלופיות</u>:

אנרגיה חלופית	יתרונות	חסרונות
ביומסה	- אנרגיה זולה וזמינה; - גידולים עושים פוטוסינטזה ומקזזים את הפחמן הדו־חמצני שנפלט בזמן ששורפים אותם; - פולטת פחות גזי חממה משרפת דלקי מאובנים.	- אנרגיה נקייה יותר מדלקי מאובנים אך עדיין פולטת גזי חממה ומזהמים אחרים; - גידולים שמשמשים לביודיזל גם משמשים למזון ולכן שימוש באנרגיה זו יכול להעלות את מחירי מזון.
הפקת אנרגיה מפסולת (שרפה של פסולת יבשה או הפקת ביוגז)	- מצמצמת את נפח הפסולת (בעיה גדולה מאוד בעולם); - אנרגיה זמינה וזולה.	- פסולת דורשת מיון; - שרפת פסולת לא ממוינת יכולה לפלוט חומרים רעילים; - הפקת אנרגיה מפסולת עדיין גורמת לפליטת גזי חממה; - יכולה לספק רק אחוזים בודדים מצורכי האנרגיה.
אנרגיה סולרית	נקייה מאוד לעומת דלקי מאובנים; זמינה; עלויות הולכות ויורדות ככל שהטכנולוגיה מתפתחת;	אנרגיה מהולה ולכן נדרש שטח גדול לניצול יעיל; אנרגיה לא יציבה (לילה או עננות); ההשקעה ראשונית בבניית תחנות כוח

	אפשרות להתקנה ביתית (פנלים סולריים).	סולריות היא גבוהה, והתחנה מספקת אחוזים בודדים מצורכי האנרגיה; תחנות כוח סולריות יכולות לפגוע בסביבה.
אנרגיית תנועת רוח	- נקייה מאוד לעומת דלקי מאובנים; - החזר כספי גבוה מהיר יחסית על הקמת טורבינות רוח; - אפשרות להתקנה פרטית.	תחנות רוח הן מפגע סביבתי ומטרד (רעש וריצוד) לאנשים שגרים בקרבתן; אנרגיה לא יציבה (אין תמיד רוח); מתאים רק במקומות שבהם הרוח מהירה דיה - למשל בישראל יש מעט מקומות שבהם יש די רוח.
אנרגיה גרעינית	יעילה מאוד (מעט חומר מייצר אנרגיה רבה מאוד); בלי פליטות גזי חממה; זול יחסית.	פסולת רדיואקטיבית היא מפגע סביבתי ותברואתי; סכנה של תאונות; בעייתי מבחינה גיאו־פוליטית.
אנרגיית תנועת מים	אנרגיה נקייה יחסית; זמינה במקומות שבהם יש מקווי מים גדולים.	אגירה של מים (למשל בסכר) פוגעת בסביבה ובתוואי הנוף; אינה זמינה בכל מקום.
אנרגיה גיאותרמית	אנרגיה נקייה מאוד; אנרגיה יציבה ואמינה; אינה דורשת שטחים נרחבים ואינה מורגשת מאוד בנוף.	אינה זמינה בכל מקום; אינה רלוונטית מאוד בארץ.

5. להלן טבלה ובה הסברים קצרים על מגוון שיטות הנדסת אקלים. בנוגע לעמדה האישית - התלמידים יכולים להביע כל עמדה, כל עוד היא מבוססת.

שיטה	**הסבר**
לכידת פחמן	טכנולוגיה אשר לוכדת את הפחמן ישירות מתוך האטמוספירה וכך גם מסלקת אותו.
דישון האוקיינוסים	באוקיינוסים קיימים אזורים נרחבים שבהם הפוטוסינתזה מוגבלת בידי נוטריינטים. בפעולה זו מחדירים דשן לאוקיינוס (למשל ברזל או חנקן) במטרה לגרום לפריחת יצורים פוטוסינתטיים (אצות זעירות) שייקבעו יותר פחמן דו־חמצני בתהליך הפוטוסינתזה.
נטיעת עצים	צמחים משתמשים בפחמן דו־חמצני אטמוספירי לצורך פוטוסינתזה. אם יטעו יותר עצים, יסולק יותר פחמן דו־חמצני מהאטמוספירה.
ריסוס אירוסולים	שיטה שמקטינה את כמות הקרינה המגיעה לפני כדור הארץ. האירוסולים מחזירים חלק מקרינת השמש לחלל וכך כדור הארץ מתחמם פחות.
הגדלת אלבדו	כדור הארץ מחזיר חלק מהקרינה שמגיעה לפני שטח כדור הארץ. ככל שפני שטח כדור הארץ בהירים יותר (אלבדו גבוה יותר), כך גם מידת ההחזרה עולה. אפשר להעלות את האלבדו למשל בבניית גגות לבנים.

פתרונות שאינם מדעיים־טכנולוגיים כאמצעי למיתון (מיטיגציה) משבר האקלים: מיסוי ירוק - מיסוי על דלקי מאובנים או על פליטות גזי חממה; סבסוד של אנרגיות חלופיות כדי לעודד את השימוש בהן; הגבלת כמות גזי החממה שמפעל מסוים או שתעשייה יכולים לפלוט; התייעלות אנרגטית.

6. האם לדעתכם מדינת ישראל תוכל לעמוד ביעד יעד להגדלת היקף ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות בישראל ל־30 אחוזים מסך יכולת ייצור החשמל עד לשנת 2030 ? האתגרים המרכזיים העומדים בפני ישראל הם קודם כול ־ שטח: מדובר במדינה קטנה והאדמות בה יקרות. גם אם רוצים להעמיד תחנות כוח סולריות, לדוגמה, הן יתפסו מקום רב, ואספקת האנרגיה לא תספיק כדי לכסות את צורכי המדינה.

אנחנו תלויים מאוד בגז הטבעי וצפויים לנו אתגרים בשילוב אנרגיות חלופיות בתשתיות החשמל הקיימות.

7. אנרגיה חלופית היא שם כולל לאנרגיה שמקורה אינו בדלק מאובנים (דלק פוסילי). להבדיל מהמונח אנרגיה ירוקה אשר נוגע להקטנת הזיהום, המונח אנרגיה חלופית נוגע רק לבעיית התלות בדלקי מאובנים. אנרגיה נקייה או ירוקה הן כינויים כלליים לסוגי אנרגיה אשר אינם מזהמים את הסביבה ישירות בגזי חממה ובמזהמים אחרים.

לדוגמה, אנרגיה המופקת מביומסה או מפסולת היא אנרגיה חלופית, משום שאינה מבוססת על דלק מאובנים אלא על שרפה של חומר צמחי או של פסולת. אבל היא אינה אנרגיה ירוקה משום שהיא פולטת גזי חממה ומזהמים אחרים לסביבה.

8. השפעת גודל האוכלוסייה ורמת החיים על צריכת אנרגיה - ככל שאוכלוסיית העולם גדלה, כך גם צורכי האנרגיה גדלים (אנו צורכים אנרגיה לכמעט כל דבר בחיינו - חשמל, תחבורה, שירותי בריאות, יצירת מזון, תעשייה ועוד). צמיחה כלכלית ורמת החיים משפיעים מאוד על צריכת האנרגיה, כיוון שאנשים צורכים יותר שירותים ומוצרים הדורשים אנרגיה. כלומר, כאשר יש עלייה בתמ"ג לנפש, רמת החיים של האנשים עולה ויותר משפחות משתמשות ברכב ובחשמל, למשל, וצורכות יותר בשר).

9. גם אנחנו יכולים להיאבק בהתחממות גלובלית בבחירות שאנו בוחרים בחיים האישיים שלנו. לדוגמה, אנו יכולים להקטין את צריכת המזון שלו טביעת רגל פחמן גבוהה (בשר ומוצרים אחרים מהחי), אפשר להתייעל בשימוש באנרגיה בבית, לנסוע בתחבורה ציבורית, לקנות תוצרת מקומית ועוד...