

אתגרי אנרגיה - צריכת האנרגיה של ישראל

הקדמה למורה:

כולנו יודעים ששרפת דלקי מאובנים (דלקים פוסיליים) גורמת לשחרור גזי חממה לאטמוספירה הגורמים להתחממות גלובלית ובעקבותיה לשינויי האקלים. כדי להבין את סוגיית שינויי האקלים ולדון בשלל הפתרונות שאפשר ליישם צריך תחילה להבין שמקור השינוי 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 מקדמה 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 לשינויי האקלים. נסתכל על צריכת האנרגיה של ישראל ובין שאנרגיה היא חלק בלתי נפרד מחיינו. כל פתרון לשינויי האקלים חייב לכלול גמילה משימוש בדלקי מאובנים. בפתיחה ניגע בחשיבות האנרגיה בחיי כולנו ונבחן כיצד שימוש באנרגיה מעצבת את החיים שלנו בעולם. במהלך השיעור נבחן את האנרגיות החלופיות ואת היכולת שלהן לספק את צורכי האנרגיה שלנו ונבדוק מה הם האתגרים העומדים בפנינו. נצפה בסרטון ה־דן בסוגיה האם אפשר לספק את כל צורכי האנרגיה מאנרגיות מתחדשות? לסיכום נכין מפת חשיבה שבה נסכם את מגוון ההיבטים של שאלת אספקת האנרגיה ונעלה פתרונות אפשריים.

פעילות זו מתוך ['יחידת הוראה פתרונות לשינויי האקלים'](#), שיעור 1 (פיתוח: ד"ר נירית לביא אלון, ד"ר הגר ליס, מרכז בידינו)

משך השיעור: 45 דקות

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

מיומנויות בשיעור: אוריינות מדעית - הסבר מדעי של תופעות, התמצאות מדעית, חשיבה ביקורתית - טיעון

פתיחה לשיעור: 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

● ביטול או אישור

בדיון במליאת הכיתה ברעיונות שעלו לתלמידים בזוגות.

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 לשינויי 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. נבקש מהתלמידים לתת כמה דוגמאות למעברי אנרגיה מתוך החומר שלמדו או דוגמאות מחיי היום-יום שלכם.

תשובות למורה:

להלן רשימה של סוגי אנרגיה ומקורות אנרגיה שונים והקשר שלהם לשינויי 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 (יצורים ראשוניים) קולטים את אנרגיית השמש והופכים אותה לאנרגיה כימית (סוכרים). בעלי חיים אוכלים צמחים, ומשם מקבלים אנרגיה לתפקוד שלהם. כאשר חומר צמחי מת, נקבר ושווה 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.

גוף השיעור: צריכת האנרגיה של ישראל

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). האנרגיה הזו כוללת 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 וסולה. 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.

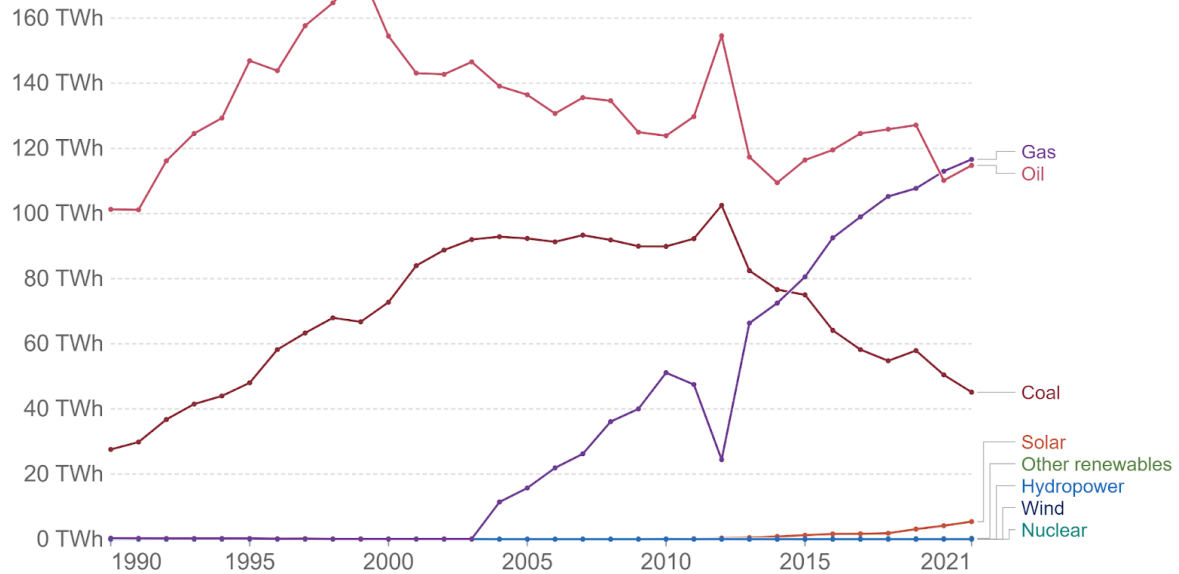
תארו את המגמות העולות מן האיור.

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

Primary direct energy consumption by source, Israel

Energy consumption is shown as direct primary energy. This means this does not correct for fossil fuel inefficiencies in conversion to useful energy estimates.

Our World
in Data



Source: Statistical Review of World Energy - BP (2022)

OurWorldInData.org/energy • CC BY

Note: Includes only commercially-traded fuels (coal, oil, gas), nuclear and modern renewables. As such, it does not include traditional biomass sources.

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.

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.

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 ל**סרטון** - 6 דקות, כתוביות בעברית ובערבית.

ענו על השאלות:

1. הסרטון פותח בעובדה שהעולם צורך כ־35 מיליארד ($10^9 \times 35$) 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 בדלקי 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 מקור 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. غير 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 يواجهه 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 سنويًا. يُمكن أن يُنتج برميل واحد من النفط ووقودًا كافيًا لرحلة تبلغ 450 كم في مركبة 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 للنفاد (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 للنفاد - 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 يتم 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.

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 ושימויות 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).