

תכנית פעולה לאומית לשינוי אקלימי

A National Climate Change Action Plan for Israel

מחברים: ד"ר נועם גרסל, מכון הערבה ללימודי הסביבה
 ד"ר ניר בקר, המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה
 מר דורון לביא, לביא - יעוץ כלכלי והשקעות בע"מ

תוכן העניינים

| | |
|----|---|
| 3 | 1. תקציר מנהלים..... |
| 7 | המלצות..... |
| 8 | 2. הקדמה..... |
| 11 | 3. ישראל במרחב הבינלאומי..... |
| 11 | פרוטוקול קיוטו והשלכותיו..... |
| 12 | השלכות בינלאומיות של מחויבות ישראלית..... |
| 13 | עידוד מגזרים לפיתוח ולייצוא..... |
| 15 | 4. מטרות תכנית הפעולה..... |
| 16 | 5. מצאי גזי החממה בישראל..... |
| 18 | 6. מדיניות לצמצום גזי חממה שמקורם בישראל..... |
| 18 | מבוא..... |
| 20 | תרחישים לצמצום גזי חממה ותחזית כלכלית להשלכות המדיניות..... |
| 20 | שיטת העבודה |
| 21 | הנחות העבודה |
| 23 | תרחישי פליטת גזי חממה |
| 24 | תוצאות הניתוח הכלכלי |
| 32 | המלצות לצמצום פחמן דו חמצני..... |
| 32 | מגזר הפקת האנרגיה |
| 34 | המגזר התעשייתי |
| 35 | צריכת אנרגיה במבנים |
| 37 | צריכת האנרגיה בתחבורה |
| 40 | המלצות לצמצום המתאן ותחמוצת החנקן..... |
| 40 | סילוק פסולת מוצקה |
| 41 | המגזר החקלאי |
| 42 | 7. השלכות שינויי האקלים והתמודדות עמן..... |
| 42 | רגישותה של ישראל לשינויי אקלים..... |
| 45 | אמצעי הסתגלות לשינויי אקלים צפויים..... |

8. מקורות וחומר רקע..... 46**נספחים..... 48**

- 48..... נספח 1: ממצאי הפנל הבינלאומי לשינויי אקלים.....
- 51..... נספח 2: מהלך פיתוח התכנית.....
- 52..... נספח 3: המוסדות השותפים ליישום התכנית.....
- 53..... נספח 4: בניית התרחישים לצמצום פליטות של גזי חממה.....
- 59..... נספח 5: ניתוח ההשלכות של מס פחמן.....
- 67..... נספח 6: אי-הוודאות בחיזוי ובהצלחת המדיניות.....
- 68..... נספח 7: שינוי אקלימי עולמי באינטרנט.....

תכנית פעולה לאומית לשינוי אקלימי

A National Climate Change Action Plan for Israel

1. תקציר מנהלים

העלייה בריכוזים של גזי חממה באטמוספירה במאה העשרים עלולה להביא עמה סכנות רבות למדינות העולם ובכללן התחממות, עלייה במפלס המים באוקיינוסים, מידבור ועוד. כתגובה, החלו אומות העולם להיערך להפחתת מקור התופעה – פליטות גזי חממה בשרפת דלקים (לצורך ייצור חשמל, תחבורה, תעשייה ועוד), כתוצאה מפעילות חקלאית, שינויים בשימושי הקרקע ופעילויות אחרות מעשה ידי אדם.

כיום מחויבות המדינות המפותחות להפחית את פליטת גזי החממה משטחן אל מתחת לרמות של 1990 אך מדינות מתפתחות פתורות בינתיים מהפחתה כלשהי. ישראל איננה מחויבת עדיין בהפחתה כלשהי. למרות זאת, ישראל נערכת להפחתות בפליטת גזי חממה, אף כי לא ברמת המחויבות של המדינות הנדרשות מתוקף אמנת האקלים.

לתהליך הפחתת גזי החממה ישנן תועלות ועלויות למשק הישראלי. בין התועלות ניתן לציין:

- הקלות בנגישות למכרזים באירופה ובארה"ב לגופים עסקיים.
 - הקלות במימון בינלאומי לגופים ממשלתיים ועסקיים, בעיקר בתחומים עתירי הידע וכושר תחרותיות נמוך מול מתחרים מארצות מפותחות.
 - אפשרות לסחר ב'אשרות פחמן' במידה ויפתח שוק בינלאומי למסחר באשרות כאילו.
 - אפקט מס חיובי (דיווידנד כפול – Double Dividend, ראה להלן), בעקבות הטלת מס על מקורות אנרגיה והפחתה תואמת במסים חלופיים (מס הכנסה וכדומה).
 - תועלות בריאותיות וסביבתיות הנובעות מהפחתת מזהמים נלווים, כגון SO₂, NO_x וחלקיקים.
 - תועלות משקיות נלוות כתוצאה מצמצום תחבורה, ייעול אנרגיה במבנים וכדומה. תועלות כגון הפחתת תאונות דרכים, חסכון בזמן וחסכון בשטחי חנייה במרכזי הערים.
- עם זאת, מדיניות הפחתת גזי חממה כרוכה בעלויות למשק. עלויות אילו ניתן לחלק לשניים:
- עלויות מעבר לטכנולוגיות יקרות יותר אם כי יקרות יותר.
 - עלויות הנובעות מעליית מחיר לשם צמצום השימוש במוצרים הגורמים לפליטת גזי חממה. עלויות המכומתות בנטל העודף.

תוכנית הפעולה המוצגת להלן מעריכה את העלויות הנובעות מעליית מחיר בלבד תוך הנחה שלא יחול מעבר לטכנולוגיות ואמצעים אחרים, לכן ניתן להתייחס לתוצאות המוצעות בתוכנית זאת כאל חסם עליון. יש להדגיש כי מעבר לטכנולוגיות נקיות יותר צפוי להתרחש מכיוון שמס על תשומות (כפי שמוצע בתוכנית זאת) יתמרץ גורמים משקיים לעבור לשימוש בטכנולוגיות

נקיות יותר במידה והעלות הכרוכה בכך נמוכה יותר מהעלות הכרוכה בצמצום הצריכה במקור. כמו כן, התפתחויות טכנולוגיות בשנים הקרובות צפויות להחדיר בלאו הכי אמצעים 'נקים' יותר. במילים אחרות – ניתן להפחית עלויות אילו על ידי הסרת כשלים במשק הישראלי ומעבר לטכנולוגיות חלופיות או למדיניות משקית נכונה באם העלות הכרוכה באילו נמוכה מזו הכרוכה בעליית מחיר. התכנית מציגה דוגמאות לפתרונות מסוג זה אם כי חישוב עלות פרטני איננו כלול בתכנית זאת וראוי שיעשה בגופים האמונים על התחומים השונים.

המשרד לאיכות הסביבה ומחברי מסמך זה הגדירו את מטרות תכנית הפעולה הלאומית כדלקמן:

- בניית יכולת ביצועית להתמודדות הבעיות הנובעות משינוי האקלימי גלובלי.
- זיהוי מדיניות וטכנולוגיות שיפחיתו את פליטות גזי החממה ואת הפגיעות של ישראל לשינויי האקלים.
- איתור שינויים נדרשים בתכנון ובקביעת מדיניות.
- פיתוח מודעות לנושאים הקשורים בשינוי אקלימי גלובלי.
- עמידה בדרישות בינלאומיות כמשתמע מאמנת האקלים ופרוטוקול קיוטו.

רבים מהפתרונות שיצמצמו פליטת גזי חממה, יחסכו אנרגיה וימנעו מפגעים אחרים למשק לא יושמו עד כה בארץ ובעולם כתוצאה ממחסומים במערך החקיקה והתקנות, מכשולים ארגוניים ופוליטיים, או מאי יישום ידע קיים. תכנית הפעולה הלאומית לשינוי אקלימי מזהה את אותן נקודות כשל ומציעה פתרונות ייחודיים להתגברות על מחסומים אילו תוך רתימת גורמים במשק הישראלי לשינוי הכלכלי והסביבתי המתבקש. התכנית תהווה חלק מתשתית התכנון של מדינת ישראל לשנות האלפיים.

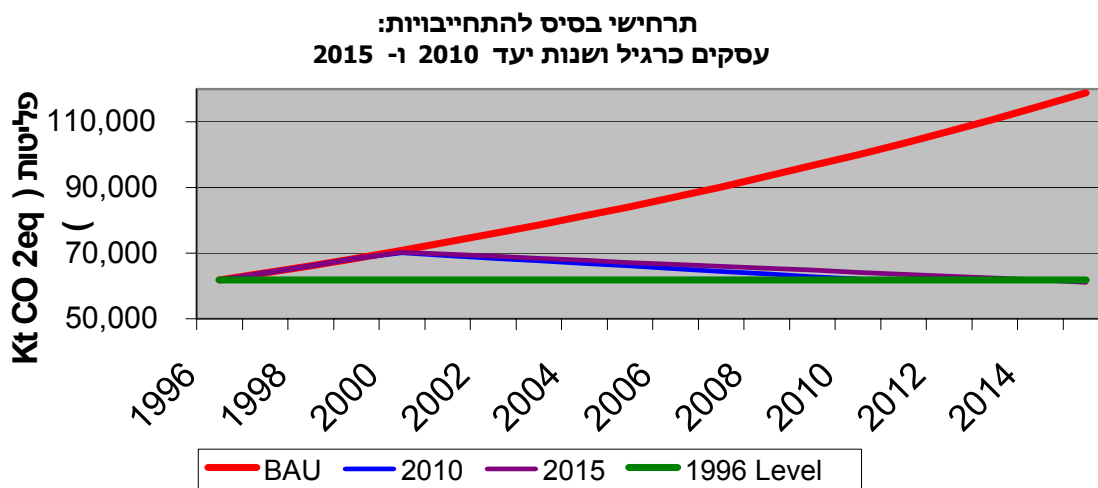
בשנת 1996, שנקבעה כשנת הבסיס אליה יש להשוות את פליטות גזי החממה בעתיד, נפלטו בישראל 61,800 אלפי טונות של גזי חממה שווי ערך לפחמן דו-חמצני (Kilotons CO₂) (equivalents). בתרחיש עסקים כרגיל יפלטו בישראל 100,000 Kt CO₂ eq. בשנת 2010 ו 118,000 Kt CO₂ eq. בשנת 2015. לאחר הפחתת התייעלויות הנגרמות כתוצאה ממדיניות לאומית קיימת (וללא עלות נוספת למשק) יהיה צורך להפחית עוד 20,600 Kt CO₂ eq. עד לשנת 2010 ו 35,900 עד שנת 2015 (ראה תרשים I). את יתרת הפליטות מוצע להפחית על ידי מס פחמן ומספר תכניות לייעול המשק ולמחיקת כשלים קיימים.

מתוצאות הניתוח הכלכלי מסתמן שהנטל העודף המקסימלי למשק הנובע מהפחתת פליטות גזי החממה המוצע בזאת (ז"א, ללא התייחסות לתועלות הנובעות מהפחתה זו), ברמה שתביא לירידת הביקוש לדלק וחשמל ברמות הנדרשות הוא בערך מקסימלי של 1.4% מהתוצר הלאומי הגולמי (תל"ג) אם נדרשת הפחתה עד שנת 2010 או 2% מהתל"ג אם ההפחתה נדרשת עד לשנת 2015. בנוסף חשבנו את התועלות הנלוות הכרוכות באפקט הדיודנד הכפול בהפחתת מזהמים נלווים. תוצאות אלה מראות כי כאשר לוקחים בחשבון את התועלות, העלויות למשק יורדות באופן משמעותי ובשנת 2010 התוצאות מראות על תועלת חיובית למשק מעמידה ביעד הנדרש (ראה תרשים II).

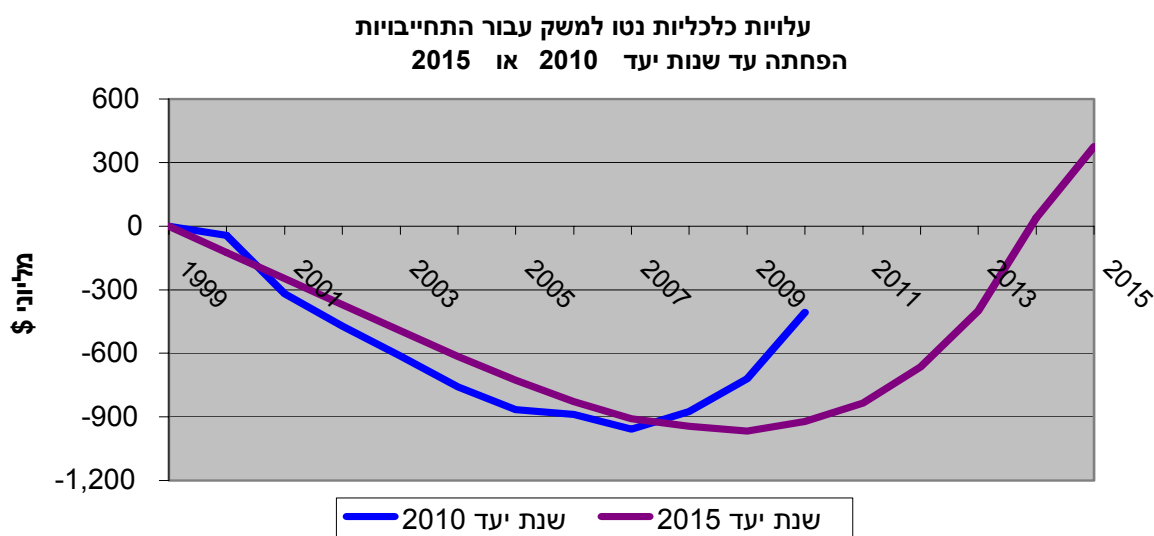
תוצאות הניתוח הכלכלי מצביעות כי במידה והמדינה תפעל בצורה יעילה, לא רק שלא תיווצר עלות אלא תיווצר למשק תועלת (לעמידה ביעד בשנת 2010 ועלות נמוכה לעמידה ביעד 2015).

התועלת שחושבה הנה תועלת ישירה הנובעת מהפחתת השפעות חיצוניות ומהקטנת נטל המס הישיר במשק הישראלי. לא חושבו התועלת העקיפה משיפור מעמד ישראל בעולם או משינוי אקלים עולמי.

תרשים I



תרשים II



התועלת בפועל צפויה להיות גבוהה עוד יותר מהמתואר בתרשים II. הסיבה לכך נובעת מהערכה כי לאחר גילום ההשפעות החיצוניות השליליות (כלומר, ייקור השימוש במוצרים מזהמים), הפרטים בשוק יעברו לשימוש בחלופות יעילות יותר אשר יקטינו את הנטל העודף ויגדילו את התועלות. להערכתנו, הממשלה יכולה לבצע מספר צעדים אשר יעודדו וייעלו את המעבר. הצעדים המוצעים להלן יגדילו במידה ניכרת את התועלת מהמעבר ואף עשויים לאפשר למדינת ישראל למכור עודפי הפחתה של גזי חממה וליהנות ממקור הכנסה נוסף

במסגרת מסחר בינלאומי באשרות פחמן. יש קושי להעריך את הפדיון הצפוי מכך, עד אשר יתפתח שוק, אך ההערכות מצביעות על פוטנציאל לרמת הכנסה משמעותית למשק הישראלי.

המלצות

ניתן לסכם את הצעדים המומלצים למספר קבוצות:

1. הסרת כשלים מבניים במשק וצווארי בקבוק טכנולוגיים:
 - א. פתיחת שוק יצור האנרגיה לתחרות ומתן אפשרות ליצרנים קטנים ו"נקיים" למכור חשמל לרשת על-ידי שינוי מהותי בחוק החשמל ובמערך החשמל בישראל. פתיחת השוק תעשה תוך הפנמת המחיר השולי ליצור חשמל (כלומר, תשלום לפי המחיר השולי באותו פרק זמן).
 - ב. צמצום השימוש באנרגיה במבנים ובתעשייה על-ידי שינויי חקיקה במסגרת חוק התכנון והבניה על מנת לתמרץ בנייה מודעת-אנרגיה.
 - ג. הפנמת צריכת האנרגיה במכשירים, תאורה וכדומה בעת קביעת תווי התקן והכרח סימון צריכת האנרגיה על גבי מוצרים המופעלים באמצעות חשמל ודלק.
 - ד. יישום ההמלצות לשינויים טכנולוגיים במגזרי המשק השונים בהתאם לאבנימלך וחוב' (1999) בכל מצב בו ישנו גם יתרון כלכלי ברור לכך.
2. התערבות באמצעות תכנון, מחקר ופיתוח והסברה:
 - א. מתן פתרונות לגודש תחבורתי ולתלות ברכב פרטי, כגון: חלופות תחבורה המונית (רכבת ורכבת קלה), שיפור מערך התחבורה הציבורית בערים, חניה מחוץ לערים ומערך הסעה ציבורי נגיש, יעיל ונוח ממרכזים.
 - ב. תכנון מטרופוליני וארצי המדגיש צמצום מרחקים בין מוקדי היוממות (מגורים, תעסוקה ושירותים).
 - ג. עידוד מחקר ופיתוח של ענפי-ידע בתחום יצור אנרגיה 'נקי', קיבוע פחמן ושימור משאבים.
 - ד. הקמת מערכי הסברה וייעוץ במגזרי המשק השונים שיכשירו את הגורמים הנדרשים ויקלו על המעבר לטכנולוגיות ולמדיניות חדשה.
3. שינוי במיסוי:

הטלת מס על תשומות גזי החממה שיחליף מסים אחרים במערך הקיים. אנו ממליצים שהמס יוטל באופן מדורג בהתאם לתרחיש שיבחר מבין אילו שנבחנו בתכנית זאת (לפי שנת יעד 2010 או 2015).
4. הקמת מנגנון ממשלתי ליישום ובקרה על יישום התכנית. יש להקים צוות היגוי בין-משרדי, בדרג מנכ"לים אשר ילווה את יישום תכנית הפעולה החל מאישור הממשלה וכלה בפיקוח על ביצוע השינויים המשקיים המוצעים.

2. הקדמה

אפקט החממה, בו אנרגיית השמש נכלאת באטמוספירה ומשמרת כך טמפרטורה קבועה יחסית על פני כדור הארץ, תואר על ידי מדענים עוד במחצית הראשונה של המאה. אפקט זה חיוני לקיום חיים על-פני הכדור. מספר גזים שותפים ליצירת אפקט החממה הטבעי וביניהם אדי מים ותוצר הנשימה באורגניזמים חיים – פחמן דו-חמצני (CO₂). תשומת הלב לעלייה מתמדת בריכוז הפחמן הדו-חמצני ומספר גזי חממה נוספים התעוררה רק מסוף שנות השבעים ותחילת שנות השמונים. גילוי גרם לקהילה המדעית, לאחר מחקר מקיף ורב-שנים להסיק שמקור הגזים הנוספים בפליטות מעשה-די-אדם. החוקרים קושרים לעליית הריכוזים סכנת התחממות גלובלית ומספר רב של תופעות נוספות המפורטות בממצאי הפנל הבינלאומי לשינויי אקלים (נספח 1; IPCC, 1995).

הצעד הראשון בפיתוח מדיניות בינלאומית להתמודדות עם הסכנות שבשינויי אקלים, אמנת המסגרת של האו"ם בנושא שינויי אקלימי (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC), התקבלה ב-9 במאי 1992, ונמסרה לחתימה בכינוס האו"ם בנושא סביבה ופיתוח ביוני 1992. הצדדים באמנה, 176 מדינות חתומות, הכירו בכך ששינויי אקלים גלובלי מהווה בעיה ממשית למדינות, והסכימו לכלול את ההשלכות של שינויי האקלים כשיקול בקביעת מדיניות לאומית.

המטרה הראשונית של האמנה היא לייצב את ריכוז גזי החממה (Greenhouse Gases - GHG) באטמוספירה ברמה בה יימנעו סכנות למערכת האקלים העולמית כתוצאה מפעילות אנתרופוגנית (מעשה-די בני אדם). עשרים וארבע מדינות החברות בארגון המדינות המפותחות (OECD), למעט מקסיקו, ושתים-עשרה המדינות בעלות "כלכלה במעבר" התחייבו להפחית את פליטת גזי החממה לרמות הפליטה ב 1990, עד שנת 2000. מדינות ה-OECD נקראו גם להתחייב כלכלית לעידוד העברת טכנולוגיות.

העקרונות הכלליים והמוסדות שהתפתחו כתוצאה מאמנת המסגרת הביאו לדו-שיח בינלאומי בנושא שינויי אקלים ופיתוח מדיניות, אך לא נדרשו התחייבויות מרוב מדינות הלאום עד לגיבוש פרוטוקול משותף. פרוטוקול קיוטו, שנחתם בשנת 1997 קורא לצדדים המחויבים באמנת המסגרת, לצמצם את פליטת ששת הגזים העיקריים שמגבירים את אפקט החממה לרמה שתהיה נמוכה בחמישה אחוזים לפחות מהרמות של 1990, בין השנים 2008-2012 (תקופת המחויבות הראשונה). ששת הגזים האלה הם הפחמן הדו-חמצני (carbon dioxide – CO₂), מתאן (methane – CH₄), תחמוצת החנקן (nitrous oxide – N₂O), sulfur hexafluoride – SFCs, hydrofluorocarbons – HFCs, ו-perfluorocarbons – PFCs. פרוטוקול קיוטו יספק לקהילה הבינלאומית מנגנונים גמישים המתמקדים בהפחתת הפליטות של גזי החממה באמצעות כוחות אכיפה כלכליים בינלאומיים. נקבעה גם המסגרת לסחר בפליטות גזי חממה בין המדינות המפותחות לבין עצמן, תכנית יישום משותפת בין מדינות מפותחות (Join Implementation - JI)

שתשקף את התכנית הניסיונית ב- UNFCCC, ומנגנון לפיתוח נקי מדינות מפותחות למתפתחות (Clean Development Mechanism – CDM). אילו מסמנים נקודת מפנה במדיניות איכות הסביבה בעולם, בהן נערך שימוש מקיף בכלים כלכליים לטיפול בבעיה סביבתית מורכבת.

ישראל חתמה על אמנת המסגרת לשינוי האקלים (UNFCCC) בריו דה ז'ניירו ב- 1992 ואשררה אותה ב- 1996. מאז ניהלה ישראל דוח מצאי של גזי החממה (GHG), וניתחה את האפשרויות הטכנולוגיות להפחתת גזי חממה, שתי פעולות שהושלמו ב- 1999 (דיין וקור, 1999; אבנימלך וחוב, 1999). תכנית הפעולה הלאומית לשינוי אקלימי הנה המשך ישיר של פעולות אלה בהתאם לדרישות הבינלאומיות ובהתבסס על הממצאים העיקריים של הדוחות הקודמים. מוקד תכנית הפעולה הנו ניתוח מדיניות וכלכלה הסוקר את האפשרויות של ישראל להפחית את פליטות גזי החממה ולהתייצב על רמות של 1996 עד שנת 2010 או 2015. שנת 1996 נבחרה על ידי צוות תכנית הפעולה בישראל כשנת בסיס מתוך רצון לעמוד בהתחייבויות שסוכמו במסגרת האמנה, למרות המעמד הלא מחייב של ישראל כמדינה בלתי מפותחת. מאידך, המציאות הדמוגרפית בישראל – עליה המונית במחצית הראשונה של שנות התשעים תרמה לגידול חד (ומלאכותי) בכמות האוכלוסין, בשימוש באנרגיה וכתוצאה גם בפליטות גזי חממה. ניתוח קודם הראה שלא קיימות אסטרטגיות מציאותיות להפחתת גזי חממה בתנאים כאלו, מה גם שהגידול הוא תוצר של 'יבוא' מאזור אחר בעולם (אבנימלך וחוב, 1999).

בישראל ישנן נסיבות מיוחדות המכתיבות התייחסות רצינית לתרחיש אפשרי של שינוי אקלימי גלובלי. בשלב זה, נדגיש את הנקודות הבאות:

- האוכלוסייה הצפופה בישראל ומיקומה על ספר המדבר הופכת את המדינה לפגיעה במיוחד לכל שינוי אקלימי. כשישים אחוזים מ- 5 מליון התושבים מתגוררים ברצועה צפופה לאורך חופי הים התיכון, וכתשעים אחוזים מתגוררים על כ- 30% משטח המדינה, צפונית לקריית גת, באזור הים תיכוני.
- משאבי המים השפירים של ישראל מוגבלים, ותלויים במיוחד בגשמים העונתיים שיחדשו את מקורות הירדן ואת האקוויפרים בהר ובחוף. שינוי אקלימי עלול להביא עמו שינוי במשטר הגשמים.
- אזורי החוף, לרבות תשתיות ומשאבים חופיים רבים ואקוויפר החוף, פגיעים מאוד לעליית מפלס הים – תוצאה חזויה של שינוי אקלימי גלובלי.
- לישראל יש תעשיית ידע וטכנולוגיה הולכת וגדלה. שילוב ותחרותיות בשוקי העולם המפותחים והמודרניים חיוניים לקיום המגזר הזה ולהתפתחותו. ניתן לצפות להזדמנויות מיוחדות אם המדינה תשכיל לכוון את מדיניותה בתחום זה.
- ישראל תלויה בעיקר במקורות חימוניים לאספקת דלקים מאובנים (fossil fuels). לחצים לצמצם את השימוש בדלקים צפויים לגבור כתוצאה ממודעות לנזק הנגרם מפליטת CO2 בעקבות משרפת דלקים.

- בשלב הפיתוח הנוכחי במדינת ישראל, טכנולוגיות להפחתה בפליטות גזי חממה במגזרי המשק השונים (לרבות ייצור חשמל, תחבורה, פסולת, חקלאות, חמום/קירור במבנים וכדומה) יספקו על-פי רוב יתרון נוסף: צמצום בפליטות של מזהמים אחרים הפוגעים בבריאות הציבור, בתשתיות ובמשאבי המים.
- לאור שיטחה הקטן יחסית של מדינת ישראל, ולאור הגודל המוגבל של המשק (על בסיס בינלאומי), פליטות גזי החממה של ישראל זעומות בקנה מידה עולמי.

3. ישראל במרחב הבינלאומי

פרוטוקול קיוטו והשלכותיו

מרבית המדינות בעולם הצטרפו ב 1992 לחתימה על אמנת המסגרת של האו"ם בנושא שינוי אקלימי (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) כתגובה לדאגה הגוברת שפעילויות אנוש מעלות את ריכוז גזי החממה באטמוספירה. אמנת המסגרת כללה התחייבויות בעלות ערך הצהרתי בלבד מצד המדינות המפותחות לצמצם את פליטות גזי החממה עד שנת 2000 לערכים של שנת 1990. אולם בעקבות אי-עמידה בהצהרות אלו ובעקבות דאגה גוברת בקרב מדענים לשינוי בלתי הפיך ורב-השפעות על האקלים העולמי, בריאות וכלכלת המדינות, הוחלט לעגן את ההתחייבויות בפרוטוקול שהושג לבסוף ב 1997 בקיוטו שביפן. הפרוטוקול מחייב רק את המדינות המפותחות (ובכללן את מדינות ברית המועצות לשעבר) המופיעות בנספח I (Annex I) של אמנת המסגרת לפעול לצמצום פליטות גזי החממה. הדיונים נסבו סביב שלושה נושאים עיקריים: מידת ההפחתה של הפליטות, מחויבות המדינות המתפתחות, וסחר בינלאומי ומיזמים משותפים.

מידת ההפחתה של הפליטות. המדינות הכלולות ב Annex I חויבו בפרוטוקול קיוטו להגיע לערכים של 90%-110% מערך הפליטות של 1990 עד לשנת היעד 2010 או בקרבתה. התחייבות זאת מוגדרת כתקופת המחויבות הראשונה לאחריה צפויה דרישה להפחתות נוספות. ראוי לציין שבמרבית המדינות, כתוצאה מגידול שנתי עקבי בפעילות המשקית הפולטת גזי חממה משמעות ההתחייבות קיצוץ של 20%-40% מצפי הפליטות על פי תרחיש 'עסקים כרגיל' לאותה מדינה. האופן בו יחושב וידווח המצאי בשנת הבסיס ובמשך שנות הדיווח נקבעו על ידי הפנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלימי (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC).

מחויבות המדינות המתפתחות. מרבית מדינות Annex I ובראשן ארצות הברית לוחצות באופן חד משמעי 'להשתתפות משמעותית' מצד המדינות המתפתחות בכל הנוגע לצמצום גזי חממה. לעומתן חוששות המדינות המתפתחות שכל הגבלה על פליטת גזי חממה יוביל למגבלות על הפיתוח של אותה מדינה, וללא תרומה ממשית למאזן גזי החממה העולמי (עיקר המקורות הטכנולוגיים בארצות המפותחות). למרות זאת, מספר מדינות מתפתחות ובראשן ארגנטינה וקזחסטן הצטרפו למדינות המפותחות והתחייבו לצמצם את הפליטות של גזי חממה בתחומן. מדינת ישראל נכללת בין המדינות אשר אינן מחויבות לצמצם את הפליטות משטחן, אך למרות זאת שוקלת פעולה כזו, הן מתוך תפיסה משקית פנימית והן לצורך מימוש יתרונות עתידיים שעשויים להתפתח במרחב הבינלאומי.

פרוטוקול קיוטו עוסק גם בתהליך המוביל להתחייבויות ומעודד את כלל המדינות, מפותחות ומתפתחות, לפתח דוחות מצאי עדכניים ומדויקים ככל האפשר. בנוסף קורא הפרוטוקול לכל

המדינות להכין, לפרסם ולעדכן אמצעים לצמצום פליטות ולהסתגלות לשינוי אקלימי תוך שיתוף מידע בכל הנוגע לטכנולוגיות מתאימות, מחקר, פיתוח ויישום מטרות הפרוטוקול.

סחר בינלאומי ומיזמים משותפים. פרוטוקול קיוטו מציין שמדינות Annex I יכולות "להעביר או לרכוש מכל מדינה דומה אחרת יחידות הפחתה של פליטות הנובעות מפרויקטים שמטרתם הפחתת פליטות במקור או הגדלת סילוק גזי חממה על ידי בלועים" לצורך עמידה ביעדי הפרוטוקול בהתניות מסוימות (סעיף 6 לפרוטוקול קיוטו).

סעיף 17 בפרוטוקול קיוטו מגדיר רק את המסגרת לתכנית הסחר בפליטות הגזים. הפיקוח על התכנית הזו והמשך התפתחותה נמצאים בידי הצדדים החתומים על האמנה. המשתתפות העיקריות בתכנית תהיינה מדינות Annex I. על מנת להבטיח הן את יציבות השוק והן את היציבות האקולוגית, רק המדינות בעלות רמות הפליטה המחייבות מבחינה משפטית של גזי החממה תורשינה להשתתף בתהליך הסחר. טרם התקבלה החלטה בנושא תאריך התחלת הסחר, ובנושא תפקידים של שחקנים שאינם ממשלתיים בתהליך הסחר. בנוסף מתחוויר שנושא זה עשוי להוות שיקול משמעותי בכל הנוגע להשתתפות המדינות המתפתחות בהתחייבויות לצמצום הפליטות. ההערכה היא שדיונים בנושא זה ימשכו עוד כשנה-שנתיים.

כינון 'מנגנון הפיתוח הנקי' (Clean Development Mechanism – CDM) מהווה התפתחות חשובה בנושא הסחר. מנגנון CDM נועד להגדיר כיצד יתרחש תהליך 'היישום המשותף' (Joint Implementation - JI), כיצד יתבצע קביעת ערך הפרויקט, מידת שקיפות המידע הנדרשת להבטחת רישומי אמת, אחריות הצדדים ונטילת הסיכון והאחריות לרמת הפליטות, ונושאי מפתח במדידה, דיווח ואימות תוצאות הפרויקט. בתחילה ציפו מדינות Annex I להדדיות בכל היבטי המיזם, אך כיום ההערכה היא כי מרבית הפרויקטים ימומנו על ידי ארצות מפותחות שיזכו גם 'בהפחתות פליטה מאושרות' שישמשו לטובת עמידה ביעדי ההפחתה של אותה מדינה (למרות יישום הפרויקט בארץ מתפתחת).

השלכות בינלאומיות של מחויבות ישראלית

בבחינה של מידת המחויבות (או אי-מחויבות) של מדינת ישראל יש לבחון את השלכות הפוטנציאליות ואת ההזדמנויות שעשויות להיווצר למשק הישראלי. את השלכות השליליות הבינלאומיות של אי מחויבות ישראלית ניתן לסכם כך:

- מעמד בינלאומי. המדינה שואפת להיכלל בין המדינות המפותחות. ככזו עליה לעמוד בהצלחה בדרישות המוכתבות למדינות Annex I. קבלת ההתחייבות לצמצום גזי חממה עשוי גם להיות קרש קפיצה הכרחי לקבלה של ישראל בפורומים שונים באירופה.
- כושר תחרותיות. אי עמידה בדרישות קיוטו עשוי להוביל לסגירת שווקים והגבלת ההשתתפות במכרזים חשובים של יצואנים ישראלים, זאת משום שמדינות Annex I ישאפו לפצות את משקיהן הלאומיים על הנטל שההתחייבות גרמה. אי יכולת לממן מיזמים בארצות

שונות מתוך הכספים השמורים ל CDM עשוי להקטין אף יותר את כושר התחרותיות של חברות ישראליות.

- אי יכולת לסחור במסגרת מנגנון הפיתוח הנקי. רק רישום מדוקדק של מצאי הגזים, שקיפות מידע ותכנית פעולה לאומית בתוקף יכולים לזכות אותנו ברשות לסחור באשרות פחמן בינלאומיות. סחר באשרות עשוי לספק שני צרכים מרכזיים: רווח למדינה ממכירת הפחמות גזים 'עודפות' ומקור פרנסה ופיתוח לשלל ענפי המשק המפתחים מוצרים 'נקיים'.
- בעתיד הקרוב ובדאי לקראת הדיונים על המחויבות בתקופת המחויבות שמעבר ל 2010 יגבר הלחץ למחויבויות משמעותיות מצד המדינות המתפתחות.

עידוד מגזרים לפיתוח ולייצוא

מדינת ישראל הנה עתירת ידע ובעלת ניסיון בתחומים חיוניים לשימור אנרגיה והפחתת גזי חממה. השקעה מיידית בתמריצים ובסבסוד נדרשים להתאים טכנולוגיות קיימות למציאות הבינלאומית ולשווקים הממוקדים ב'סחר בפחמן'. להלן מספר מגזרים עבורם ישנו פוטנציאל גבוה להשתתפות בשווקים החדשים:

- חקלאות וייעור מדברי – מידע רב וטכנולוגיות הנוגעות לקיום צמחייה באזורים מדבריים עשויים לטרום הן לצמצום תהליך המידבור, ממנו חוששים במדינות ספר-מדבר רבות והן לקיבוע של CO2 מהאטמוספירה. כך לדוגמא, מהווה הקרן הקיימת לישראל הגוף המוביל בעולם לנטיעת יערות באזורים צחיחים. יערות מסוג זה דורשים טכניקת חממה ייחודית, גיזום מתאים ובחירת מינים מתאימה. הביקוש לטכנולוגיות שיצמצמו את תהליך המידבור ובמקביל יזכו את ארצותיהן בהכנסה נאה על קיבוע פחמן עשוי להיות גבוה במיוחד בעוד שנים מעטות והשטח הממודבר הולך ומתרחב. דוגמא נוספת היא טכנולוגית ההשקיה בטפטוף בה מתמחה מדינת ישראל. שיטה זאת מאפשרת קיום חקלאות (ובעקבותיו קיבוע CO2) בהשקעה מינימלית במים. גם חקלאות, על פני שטחי מדבר נרחבים עשוי לקבוע כמויות CO2 משמעותיות.
- מקורות אנרגיה נקיים – בישראל ישנם גופים מובילים בהפקת אנרגיה ממקורות חלופיים. כך לדוגמא מהווה ישראל המדינה המובילה בייצור והתקנת דודי שמש בעקבות תקנה משנת 1980 המחייבת דודי שמש במרבית המבנים בישראל. חימום המים באמצעות קרני שמש מהווה כ 3% מכלל האנרגיה הנצרכת בישראל ולא מן הנמנע, שבסיוע ישראלי יוכלו מדינות נוספות לפתח מערך תקנות ואספקת דודי שמש שיסייעו לצמצום צריכת האנרגיה ממקורות פחמניים. גופים עסקיים נוספים המתמחים באנרגיית שמש, רוח וגז טבעי פועלות בישראל שנים רבות ללא סיוע שיאפשר להן תחרותיות (או תשומת לב) ברמה בינלאומית מספקת. גופים אלו עשויים בקרוב להוות חוד החנית בעולם של טכנולוגיות לצמצום פליטות של גזי חממה.

- תעשיית המחשבים – חסכון ניכר באנרגיה ומשאבים אחרים הגורמים לפליטת גזי חממה ניתנים להשגה על ידי אופטימיזציה של השימוש באנרגיה, במשאבים חקלאיים ובתהליכים תעשייתיים. מוקד מחקר ופיתוח בתחומים אילו עשוי לתרום לפריצה של תעשיית ההי-טק הישראלית לתחום בעל פוטנציאל גידול משמעותי בקנה מידה עולמי.

4. מטרות תכנית הפעולה

המשרד לאיכות הסביבה ומחברי מסמך זה הגדירו את מטרות תכנית הפעולה הלאומית כדלקמן:

1. **בניית יכולת ביצועית.** תכנית הפעולה הנה צעד הכרחי לפיתוח יכולת לאומית להתמודדות עם מורכבות נושא שינוי האקלים. לאור העדיפות הנמוכה לנושא זה בסדר היום הלאומי, אין כרגע מערך ארגוני שתפקידו ליישם את המדיניות בנושא שינוי האקלים. חשוב מאוד שהתכנית הלאומית תזהה אמצעים לקידום פיתוח יכולות ביצועיות במוסדות לאומיים ובמגזרי המשק.
2. **זיהוי מדיניות וטכנולוגיות מתאימות.** תכנית הפעולה תתמקד בזיהוי קווי מדיניות בעדיפות גבוהה ואמצעים שיפחיתו את פליטות גזי החממה ואת הפגיעות של ישראל לשינויי האקלים. טכנולוגיות ושינויי מדיניות שיביאו להפחתת גזי חממה בצורה שמשלמת (cost-effective) עשויות לשפר את היעילות הכלכלית של המשק, בנוסף על יתרונות סביבתיים וכלכליים נוספים.
3. **איתור שינויים נדרשים בתכנון ובקביעת מדיניות.** תכנון וקביעת מדיניות ברמה הלאומית אינם לוקחים בחשבון את האיום שמציב שינוי האקלים והדרישות הבינלאומיות הנובעות ממנו. כתוצאה, לא פותחו בישראל דפוסי עבודה וכלי התכנון הנדרשים. תכנית הפעולה תאתר בעיות במדיניות הלאומית הקיימת ותשאף לשלב את נושא שינויי האקלים בתהליכי התכנון הלאומיים ובתכניות המתאימות בכל הרמות השלטוניות.
4. **מודעות בקרב מקבלי ההחלטות, מגזרי המשק והציבור.** התכנית הלאומית תעלה את המודעות לנושאי שינויי האקלים. המודעות הציבורית לנושא נמוכה יחסית, ויש להעלותה לרמה שבה האנשים יבינו את השלכות השינויים הגלובליים על המגזרים השונים במשק, על התשתית, חיי היום יום, ועל פעילויות החברה בכלל.
5. **עמידה בדרישות בינלאומיות.** באמצעות קבלה מרצון של סדרי עדיפות בינלאומיים, תהווה תכנית הפעולה בסיס להבטחת מעמדה של ישראל במרחב הבינלאומי. עמידה בדרישות תבטיח תחרותיות של כלל מגזרי הייצוא ושל תעשיות עתירות הידע בפרט. בנוסף, הערכות נכונה עשויה לאפשר לישראל מעמד בשוק 'סחר בפחמן' עתידי.

5. מצאי גזי החממה בישראל

בשנת 1966 היה סך הפליטות של גזי חממה בישראל בשיעור של 61,667 קילו טון גזים שווי ערך CO₂ (Kton CO₂ equivalents). התפלגות הפליטות דווח בהתאם להנחיות ה IPCC על ידי דיין וקור (1999) ומתואר בטבלה 3.1. המקור הגדול ביותר של גזי חממה נובע מהפקת אנרגיה באמצעות חמצון הפחמן שבדלקים מאובנים (fossil fuels) ופליטת CO₂ המהווה 83% מסך הפליטות. מבין הדלקים המאובנים, הדלק הנוזליים מהווים המקור העיקרי להפקת אנרגיה בישראל (64%) ופחם מהווה מקור משני וכמעט בלעדי (33%). האנרגיה משמשת את כלל מגזרי המשק ומחולקת בטבלה 3.1 למגזריה העיקריים: תעשייה, תחבורה, מגורים ומסחר. תהליכים כימיים בחקלאות ובתעשיית המלט הינם מקור משמעותי נוסף ל CO₂. הבלוע (sink) היחיד המתועד עד כה בישראל הוא קיבוע פחמן ביערות.

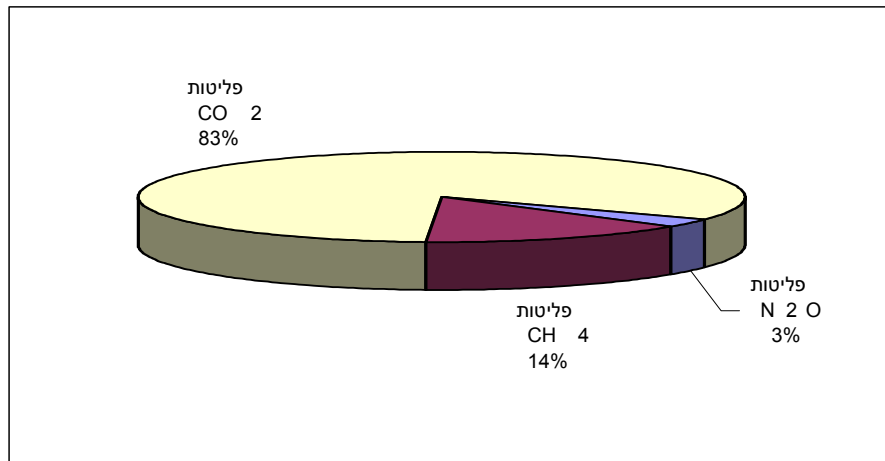
טבלה 3.1. מצאי גזי החממה בישראל בשנת 1996

| פליטות CO ₂ פליטות CH ₄ פליטות N ₂ O סה"כ (Ktons CO ₂ eq. For 100 years) | | | | המגזר |
|---|--------------|--------------|---------------|---------------------|
| | | | | אנרגיה |
| 1,670 | 170 | | 1,500 | הפקה |
| 18,707 | 7 | | 18,700 | שימוש בתעשייה |
| 10,335 | 35 | | 10,300 | שימוש לתחבורה |
| 16,515 | 15 | | 16,500 | שימוש במגורים ומסחר |
| - | | | | |
| 540 | 540 | | | תעשייה |
| 1,700 | | | 1,700 | מלט |
| - | | | | |
| -400 | | | -400 | יערות |
| 4,600 | 1,200 | 900 | 2,500 | זקלאות |
| 7,800 | | 7,800 | | פסולת |
| 200 | | 200 | | שפכים |
| 61,667 | 1,967 | 8,900 | 50,800 | סה"כ |

המתאן שמקורו בתהליכי פרוק של חומר אורגני בתנאים מעוטי-חמצן מהווה מקור משמעותי נוסף של גזי חממה. המקור העיקרי למתאן הוא שחרור בלתי מבוקר מתוך אתרי הטמנה של פסולת. גידול בעלי חיים בחקלאות ושפכים תורמים אף הם מתאן. תחמוצת החנקן (N₂O) מהווה את גז החממה השלישי המתועד בישראל. המקור העיקרי ל N₂O במשטר דישון

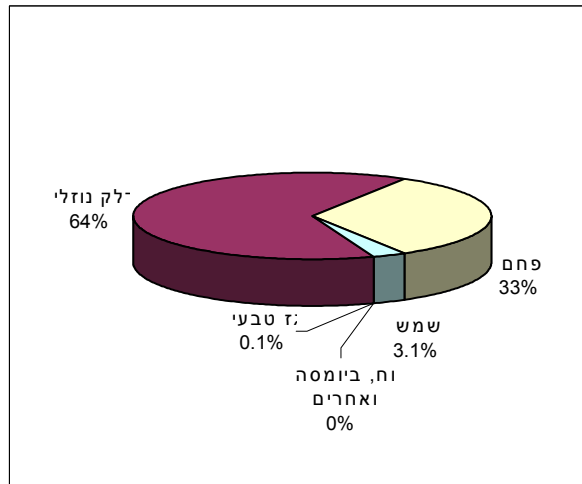
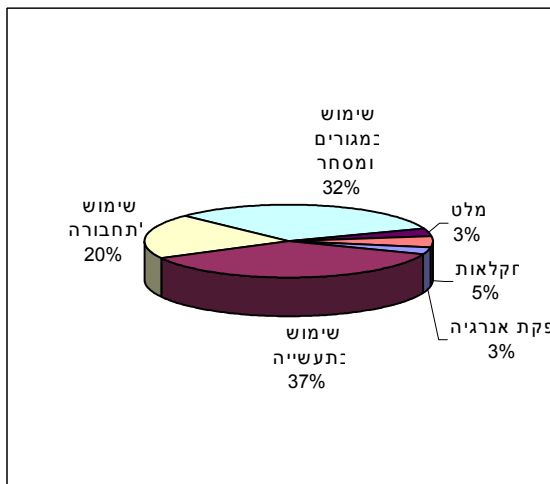
בחקלאות הגורם הפסדי חנקן משמעותיים. תהליכים כימיים בתעשייה ופליטת הגז במהלך שרפת דלקים לייצור אנרגיה הם מקורות נוספים ל N₂O.

איור 3.1. הרכב גזי חממה שנפלטו בישראל ב 1996 (באחוזים מתוך סך הפליטות ב CO₂ equivalents).



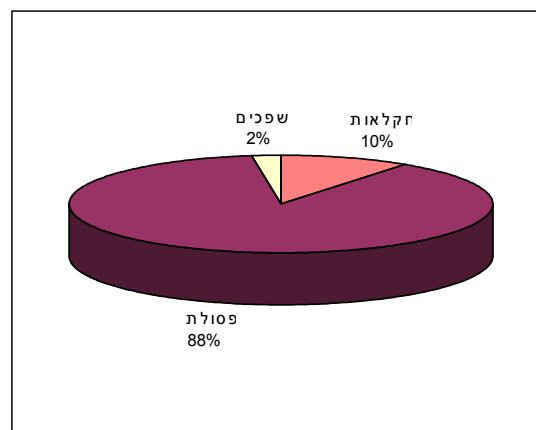
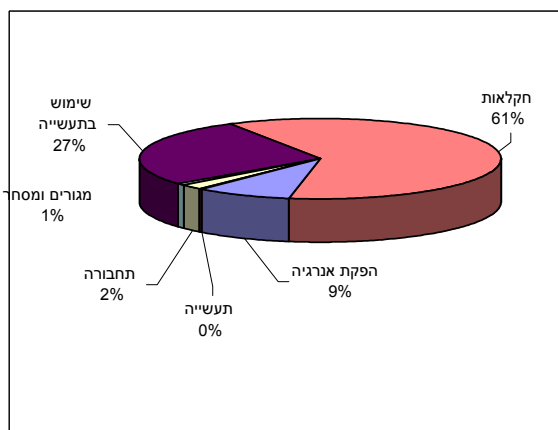
איור 3.2. מקורות האנרגיה שנצרכה בישראל ב 1996.

איור 3.3. פליטת CO₂ ממגזרי המשק בישראל ב 1996.



איור 3.4. פליטת מתאן ממגזרי המשק בישראל ב 1996.

איור 3.5. פליטת NO₂ ממגזרי המשק בישראל ב 1996.



6. מדיניות לצמצום גזי חממה שמקורם בישראל

מבוא

תכנית הפעולה הלאומית לשנוי אקלימי, אשר תוגש לאישור הממשלה נענית לצורך בקהילייה העולמית להתמודד עם התופעה ומבטיחה בסיס כלכלי איתן ותחרותיות שיתרמו לפיתוח מדינת ישראל בשנות האלפיים. מחקרים מוכיחים שכבר כעת קיימים פתרונות טכנולוגיים רווחיים או בעלות נמוכה לצמצום גזי החממה שמקורם בישראל, שיתרמו גם להיבטים נוספים של הכלכלה והסביבה הישראלית, כגון שינויים בתמהיל המיסוי, עלייה ברמת התחרותיות של חברות ישראליות בשווקים בינלאומיים וצמצום מזהמי-אוויר הגורמים לבעיות בריאותיות. רבים מהפתרונות שיצמצמו פליטת גזי חממה, יחסכו אנרגיה וימנעו מפגעים אחרים למשק לא יושמו עד כה בארץ ובעולם כתוצאה ממחסומים במערך החקיקה והתקנות, במבנים ארגוניים ופוליטיים, או בהעברת ידע ויישום. פרק זה מזהה את אותן נקודות כשל משקיות ומציע פתרונות ייחודיים להתגברות על מחסומים אילו תוך רתימת גורמים במשק הישראלי לשינוי הכלכלי והסביבתי המתבקש. התכנית תהווה חלק מתשתית התכנון של מדינת ישראל לשנות האלפיים.

מגוון ההצעות המוגשות בזאת, תוצר מחקר רב-תחומי של גורמים באקדמיה הישראלית, בענפי המשק היצרניים והסקטור העסקי, מתמקד מצמצום גזי החממה באופן שיהיה כלכלי, יעודד שימור אנרגיה ויגביר את התפוקה והתחרותיות של המשק הישראלי לאורך זמן. בכך נתרום למגוון יעדים לאומיים:

- **שימור הסביבה בישראל** – רבות מהפעולות לצמצום גזי חממה מצמצמים גם פליטות של מזהמי אוויר מעוררי נזק בריאותי וסביבתי כאחד.
- **שימור אנרגיה** – משאבי האנרגיה המוגבלים והיקרים העומדים לרשות ישראל ינוצלו בצורה מיטבית ולאורך זמן רב יותר עם אימוץ התכנית הלאומית
- **תחרותיות כלכלית** – השתתפות לאומית במאמץ הבינלאומי יאפשר לחברות הישראליות חדירה ותחרותיות בשווקים בינלאומיים אליהם תמנע כניסתם עם ישראל תתנהל ללא התכנית הלאומית.
- **פיתוח כלכלי ועידוד יזמות** – התעשיות עתירות הידע בישראל יזכו לתמריץ חשוב עם אימוץ תכנית הפעולה שתעודד פיתוח מוצרים חדשים ותחומי ידע מקוריים, בהם לישראל כבר יש יתרון תחרותי. התעשיות עתירות האנרגיה בישראל יזכו למגוון אפשרויות חדש לצמצום הוצאותיהן והגברת רווחיותן.
- **מעמד בינלאומי** – תכנית הפעולה תהווה כלי מצוין עבור ישראל לקדם את מעמדה הבינלאומי כמדינה מפותחת ושוות זכויות לשאר המדינות המתועשות.

פרק זה סוקר את האמצעים השונים לצמצום גזי החממה בישראל, מנתח את מידת ישימותן הכלכלית ומציב תרחישים אפשריים להשגת היעדים שיפיקו את מירב התועלת הכלכלית, סביבתית ומדינית. סקירת האמצעים הטכנולוגיים מבוססת על מחקר קודם פרי יוזמה של המשרד לאיכות הסביבה ושהשתתפו בו צוות רב-משתתפים ובין-תחומי, מבכירי החוקרים

בישראל (אבנימלך וחובי, 1999). הניתוח הכלכלי והתרחישים נסמכים על המידע הקיים הטוב ביותר (best available data) שעמד לרשותנו בעת כתיבת התכנית.

תרחישים לצמצום גזי חממה ותחזית כלכלית להשלכות המדיניות

על מנת לבחון את עמידת המשק הישראלי בתנאי אמנת קיוטו, נבחנו מספר תרחישים הכוללים הנחות שונות בדבר פעילויות משקיות עתידיות. כל התסריטים מניחים כי במצב של עסקים רגיל (Business as usual – BAU). וללא פעילויות משקיות כלשהן יחול גידול של 3.5%¹ בפליטות גזי חממה בכל שנה, על בסיס התפתחות כלכלית ודמוגרפית רגילה לישראל. בחינת העלויות הכלכליות של הפחתת גזי חממה התבססו על העקרונות הבאים:

1. שנת הבסיס (אליה יש להשוות את כמות הפליטות בעתיד) נקבע לשנת 1996.
2. עבור שנת היעד (בה יש להשוות את כמות הפליטות לכמות שנפלטה ב 1996) נבחנו שני תאריכים שונים: 2010 ו 2015.
3. נקבע אחוז הפחתה קבוע לכל שנה משנת עריכת התרחישים (2000) ועד שנות היעד. (כלומר - ההפחתות מצטברות בקצב ליניארי בין השנים 2000 ל- 2010 ו- 2015).
4. הוצבה הנחה עבור שני התרחישים הראשונים שגז טבעי ייכנס למעגל ייצור האנרגיה בהדרגה החל משנת 2003 (3 שנים לאחר תחילת ההרצה). בשני תרחישים נוספים הוסרה הנחה זאת ונבחנו ההשלכות של ייצור אנרגיה ללא גז טבעי.
5. הוצבה הנחה שהטיפול במתאן הנפלט ממטמנות יוסדר בהדרגה ומשנת 2002 ואילך יטופל המתאן ברמה המקסימלית.
6. מכיוון ששתי הפעולות הנ"ל מיישמות מדיניות קודמת ומקורן בשיקולים שאינם קשורים להפחתת גזי חממה התייחסנו אליהן כ sunk costs - עלויות שאינן כלולות בתרחישים הכלכליים של המדיניות לשינוי אקלימי.

שיטת העבודה

בשלב הראשון נבדקו כמויות גזי החממה שיהיה צורך להפחית מדי שנה עד ל- 2010 או 2015 אם ברצונו להגיע בשנים אלו לכמות פליטות מקבילה לשנת 1996. ההפחתה היא ההפרש בין הפליטות בתרחיש "עסקיים כרגיל" לבין הפליטות בתרחישים 1 ו- 2 (2010 ו- 2015 בהתאמה; ראה איורים 4.1 ו 4.2).

¹ הבסיס לאחוז הגידול הכולל בפליטות CO2 מורכב משני פרמטרים: גידול אכלוסיה בכל שנה וגידול בצריכת אנרגיה לנפש. גידול האכלוסיה מבוסס על ממוצע משוקלל של השינוי בגידול האכלוסיה בשנים האחרונות ותרחיש הגידול באכלוסיה עפ"י תמ"א 20 ותוכנית 2020. הגידול בשימוש באנרגיה צריכה לנפש מבוסס על עליה ברמת החיים של 1% לשנה ובהנחת גמישות הכנסה יחידתית. הנחה זאת הנה הנחה שמרנית עקב העובדה שהטכנולוגיות העתידיות יהיו נקיות יותר, ללא כל קשר למדיניות הסביבתית.

בשלב השני צורפו תרחישים המניחים מעבר לגז טבעי בייצור האנרגיה וטיפול במתאן הנפלט ממטמנות, המהווים גורם אקסוגני למודל כפי שהוסבר לעיל. בנוסף, נבחנו שני תרחישים הזיהים בעיקרם לשני התרחישים המקוריים פרט לכך שהנחת המעבר של לגז טבעי בייצור האנרגיה הוסרה, עקב אי הוודאות באיתור מקורות לגז טבעי בעולם. לכן ההפרש מהווה מדד לעלות הכלכלית שהמשק יספוג במידה ולא יתבצע מעבר לגז טבעי וייכנס למעגל הפחתות GHG כתוצאה מאשרור אמנת קיוטו (ANNEX-1).

בשלב השלישי נאמד הקשר בין עליית מחיר הדלקים והחשמל לבין ירידת הכמות הנצרכת (שתביא גם להפחתת פליטות ה-CO₂). לשם כך אמדנו את עקומת הביקוש תחת שתי הנחות אלטרנטיביות: עקומת ביקוש ליניארית ועקומת ביקוש אקספוננציאלית. לצורך כך נאספו נתונים רבעוניים על הכנסה ריאלית, כמויות ומחירים של דלקים וחשמל במיגזרי המשק השונים.

התוצאות מראות שגמישות הביקוש העצמית הינה 0.3 ו-0.45 לחשמל ותחבורה בהתאמה (בערך מוחלט). יש לציין שתוצאות אלה מראות על קשיחות יחסית למדינות OECD אחרות (0.5 ו-0.8 בערך מוחלט עבור חשמל ותחבורה בהתאמה).

בשלב הרביעי נבחן מיסוי של מוצרים בהתאם לרמת הפליטה של גזי חממה הנובע ממנו. שני המוצרים המרכזיים הנם: דלקים וחשמל. לשם כך בחנו את ערך ה-CO₂ בדלקים ובחשמל.

יש להדגיש: ניתוח מסוג זה מתבסס רק על עליית המחיר ככלי להורדת הכמות ומכאן מהווה ערך עליון לעליית המחיר ולנטל על המשק. ניסיון כלכלי ברור מוכיח שניתן להפחית את הכמות של זיהום גם על ידי מעבר לטכנולוגיות חילופיות, כל עוד יעילות הטכנולוגיות גבוהה יותר בערך כלכלי נתון. המשמעות הנובעת מכך היא שיש להתייחס לתוצאות המוצגות בהמשך כאל חסם עליון שלא יתממש אם יאומצו טכנולוגיות ושינויים במדיניות כפי שיפורט בהמשך.

בשלב החמישי נערכו חישובים כלכליים הנוגעים לעלות למשק. הדגש כאן הוא על הבדל בין העלות הכלכלית והעלות החשבונאית. זאת מכיוון שהעלות הכלכלית כוללת את הפסד הרווחה הכולל למשק (כפי שנגזר מעקומת הביקוש) ולא רק את תוספת העלות הפיננסית. ההבדל בין השניים נובע מצמצום צריכת חלק מהמוצרים הנובע מעליית מחירים במשק. המודל הכלכלי מפורט בנספח 5.

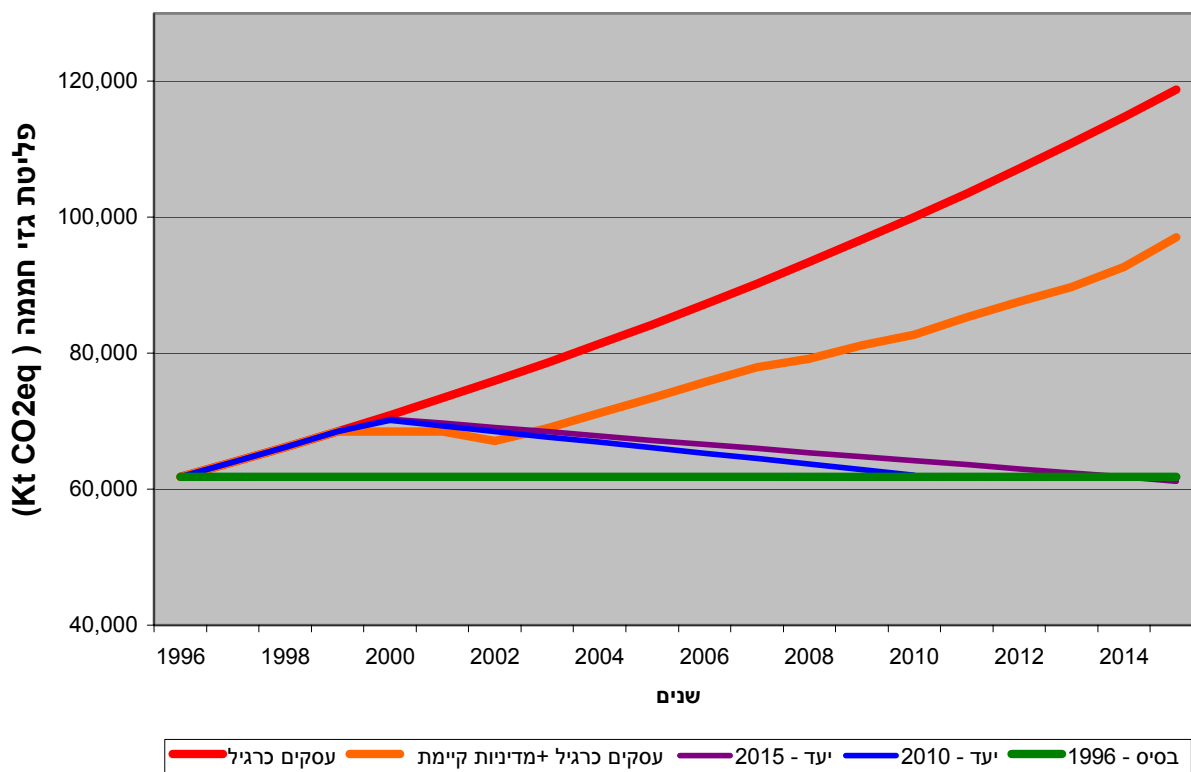
הנחות העבודה

- | | |
|----|---|
| 0 | |
| .1 | שיעור גידול אוכלוסייה – 2.5% לשנה. |
| 0 | |
| .1 | גידול בפליטות גזי חממה 3.5% לשנה בתרחיש "עסקים כרגיל". |
| .2 | המעבר לגז טבעי נלקח על בסיס ניתוח דינמי במשרד התשתיות הלאומיות. |

- 0
- .1 הטיפול במתאן במטמנות מניח טיפול ב-מירב הפסולת המוצקה החל משנת 2002 (ירידה הדרגתית למספר זה בשנים 2000-2002) ביעילות של 75 אחוזים.
- 0
- .1 הדיוידנד הכפול (Double Dividend) הנובע מהפחתת מסי הכנסה ומקטין את אי היעילות במשק כתוצאה מהתימרוץ השלילי לצאת לעבודה לעומת מס פחמן 'ירוק' (29%).
- 0
- .1 התועלות הנובעות מהפחתת גזים מזהמים נלווים לגזי החממה וכלל הנזקים לבריאות, סביבה ותשתיות חושבו על-פי הערך הדולרי: תחמוצות גופרית (SO₂) - \$3,858 לטון מזהם תחמוצות חנקן (NO_x) - \$3,546 לטון מזהם חלקיקים (PM10) - \$8,3710 לטון מזהם (European Commission, 1998).
- 0
- .1 התפלת מי ים ועלויות הסתגלות אחרות לשינוי אקלימי לא נותחו כאן מכיוון שעדיין לא ברורים היקפי ההתפלה הצפויים בשנים הקרובות והשפעות שינוי אקלימי על צריכת האנרגיה בישראל. הצורך בהתפלה נובע בחלקו משינוי אקלימי ולכן אמור להיכלל, אם בכלל, בעלויות ההסתגלות ולא בעלויות המניעה.

תרחישי פליטת גזי חממה

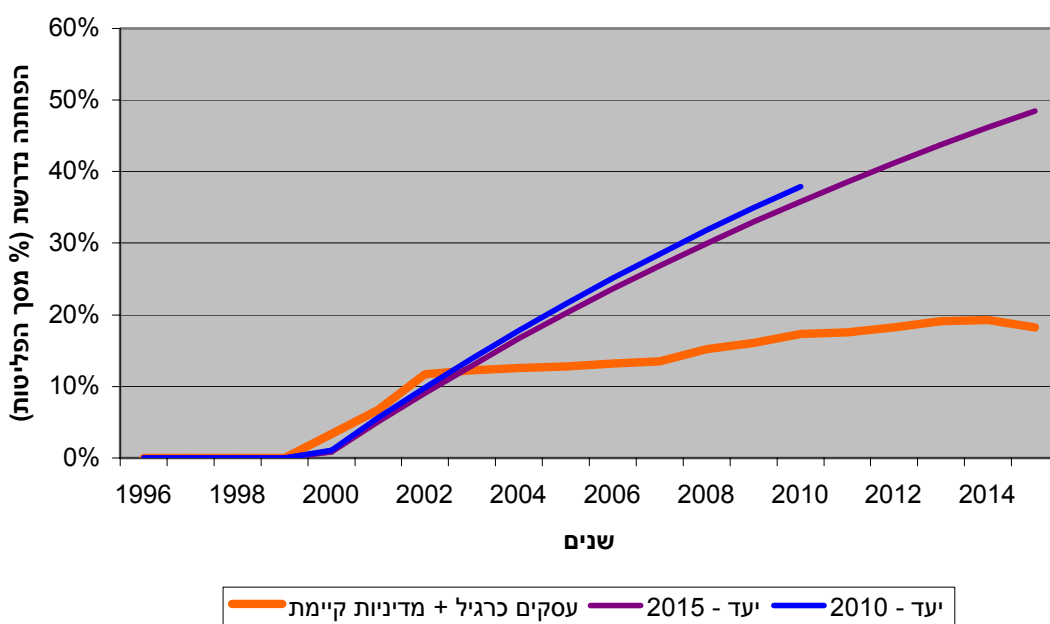
איור 4.1: תרחישים אפשריים של פליטת גזי חממה בישראל, 1996-2015 (Kilotons CO₂ equivalents).



- פליטת גזי החממה בשנת 2010 בתרחיש "עסקים כרגיל" תגיע ל 100,000 Kt שווה ערך CO₂.
- פליטת גזי החממה בשנת 2010 בתרחיש "עסקים כרגיל" תגיע ל 118,000 Kt שווה ערך CO₂.
- ההפרש בין "עסקים כרגיל" ועמידה ברמת פליטות דומה לזו שבשנת 1996 הוא 37,900 Kt שווה ערך CO₂ עבור שנת 2010 ו 56,200 Kt שווה ערך CO₂ עבור שנת 2015.
- מעבר לגז טבעי בייצור החשמל יוריד את כמות פליטות גזי החממה ב- 7,600 Kt ו 10,200 Kt לשנים 2010 ו- 2015 בהתאמה, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל".
- טיפול במתאן ממטמנות יוריד את כמות פליטות גזי החממה 9,700 Kt ו 11,500 Kt לשנים 2010 ו- 2015 בהתאמה, ביחס לתרחיש "עסקים כרגיל".

- כלומר, ללא עלויות פיננסיות נוספות למשק, על ידי מעבר לייצור חשמל בגז טבעי וטיפול במתאן ממטמנות ניתן להפחית 46% ו- 38% מההפחתות הנדרשות לשנים 2010 ו- 2015 בהתאמה.
- הפחתה של היתרה (Kt 20,600 ו Kt 35,900 שווה ערך CO2 לשנים 2010 ו- 2015 בהתאמה) יש צורך לבצע באמצעות ניהול ביקושים: מס פחמן ויישום מדיניות ספציפית במגזרי המשק השונים.

איור 4.2: תרחישים אפשריים של הפחתת גזי חממה בישראל בשנים 1996-2015 כאחוז מתוך תרחיש 'עסקים כרגיל'.



תוצאות הניתוח הכלכלי

תוצאות הניתוח הכלכלי מסוכמות בתרשימים 4.3 עד 4.7 ובטבלאות 4.1 עד 4.3 תוצאות אלו הן בבחינת סיכום כללי. (התוצאות המפורטות ניתנות בנספח 5).

כפי שניתן לראות, תרשים מס' 4.3 מתאר את העלות הכלכלית במונחי נטל עודף כאחוז מהתוצר. עפ"י תרחיש שנת יעד של 2010 מגיע הנטל העודף לכ- 1.4% ועפ"י תרחיש יעד של

2015 הוא מגיע ל- 2% מהתוצר². המחשה מזווית שונה במקצת ניתנת בטבלה מס' 4.1. המתארת את כלל התועלות והעלויות של הפחתת גזי חממה בשנת היעד בלבד.

נדגיש שוב שמספרים אלו הנם בבחינת חסם עליון וכך צריך להתייחס אליהם. כפי שניתן לראות מטבלה 4.1 אי אספקת גז טבעי מוסיפה עוד כ- 12% מהעלות בשנת 2010 וכ- 14% בשנת 2015. הרווח מהפחתת גזים מזהמים מהווה כ- 30% מעלויות הנטל העודף ואפקט המס כ- 75% כמו כן תקבולי המס גבוהים כמעט פי 3 מסכום הנטל העודף. למרות שניתן להתייחס לתקבולי המס כאל תשלום העברה הרי שחשוב לציין את היחס הגבוה יחסית הנובע מעלייה אגרסיבית במחיר "יצרני גז" החממה בכדי להוריד כמויות כנדרש מהתרחישים השונים.

טבלה מס' 4.2. מתארת את התוצאות העיקריות של העלאת מחיר גזי החממה (ונובע מכך מחיר דלק וחשמל) לאורך השנים 2000 עד 2010. תיאור גרפי של הנטל בעודף ושל הנטל העודף **בניכוי** התועלת הנלוות ניתן בתרשימים 4.4 ו- 4.5 בנוסף צירפנו את השפעת אי יבוא גז טבעי בעמדה השמאלית של טבלה מס' 4.2..

ניתן לראות מהטבלה שאי יבוא גז טבעי מוסיף תמיד בין 10% ל- 20% מעלויות ההפחתה. לעומת זאת הוספת תועלת נלוות משנה את התמונה (כמובן תחת ההנחות אשר עליהן ניתן להתווכח). למעשה העלות הנקייה למשק היא שלילית. דהיינו ישנו רווח נטל למשק מהתחייבות ההפחתות הדבר נראה בבירור בתרשימים 4.5 (לעומת תרשימים 4.4).

תרשימים שנת יעד 2015 מתואר בטבלה מס' 4.3 ותרשימים 4.6 ו- 4.7. שוב ניתן להבחין באותה מגמה אשר הסתמנה בתרחיש 2010. ההבדל הוא שבתרשימים 2015 קיימת כבר עלות ריאלית חיובית למשק. אפילו בניכוי התועלת הנלוות. נקודה זאת מעוררת אפשרות לדיון בשאלה האם ניתן ליזום שנת התחייבות אשר בה לא נעבור את העלות הנקייה מתחום השלילי לחיובי.

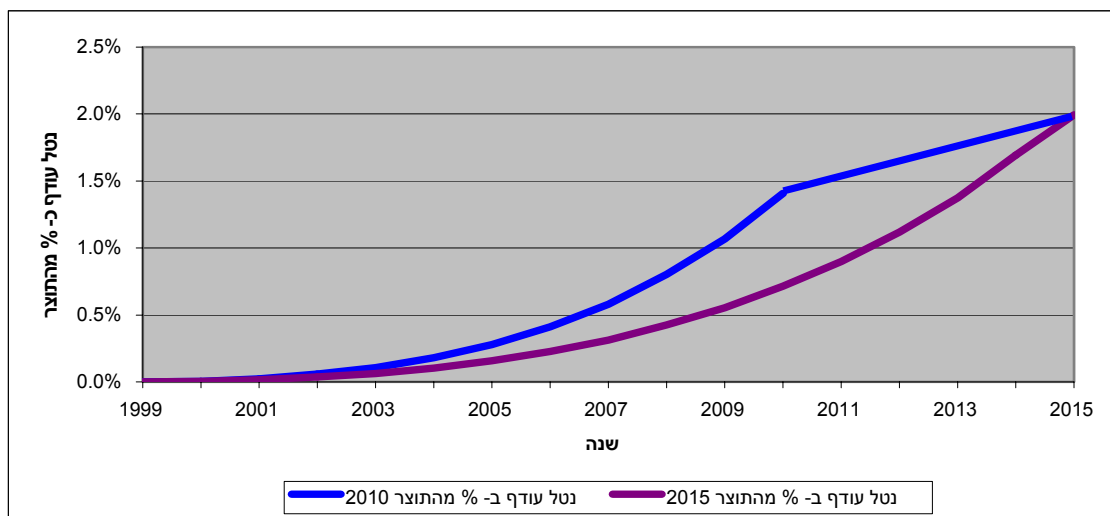
במונחי הניתוח המקדמי באן ניתן לראות ששנה זאת נופלת היכן שהוא בין 2010 ו- 2015.

ברור שהדבר תלוי באומדנים מדויקים יותר לגבי אפקט המס, התועלת מהפחתת מזהמים נלווים יישום טכנולוגיות נקיות יותר ולו דווקא הורדת ייצור ולבסוף הוספת תועלת נלוות נוספות שלא

² עפ"י התוצאות נראה לכאורה שהמחיר הכלכלי לעמידה ביעד כבר בשנת 2010 נמוך יותר מאשר המחיר של עמידה ביעד ב 2015. אך תמונה זאת אינה נכונה מכיוון שיש לקחת בחשבון שההשוואה הנכונה של התרחישים צריכה להערך באותה שנה. ניתן לראות שבהשוואת העלויות בין שני התרחישים בשנת 2010, העלות לתרחיש 2015 נמוכה יותר- 0.7% לשנת 2015 לעומת 1.4% לשנת 2010.

נלקחו בחשבון בדו"ח זה כגון התועלת הנלוות מצמצום השימוש בתחבורה פרטית (חיסכון בזמן וצמצום במספר תאונות הדרכים).

איור 4.3. השוואה בין הנטל העודף (כאחוז מהתוצר הלאומי הגולמי) בעקבות קביעת 2010 או 2015 כשנת היעד להפחתת גזי חממה עד הכמות שנפלטה ב 1996.



טבלה 4.1. תוצאות עיקריות של הטלת מס פחמן בשנות היעד (במיליוני \$).

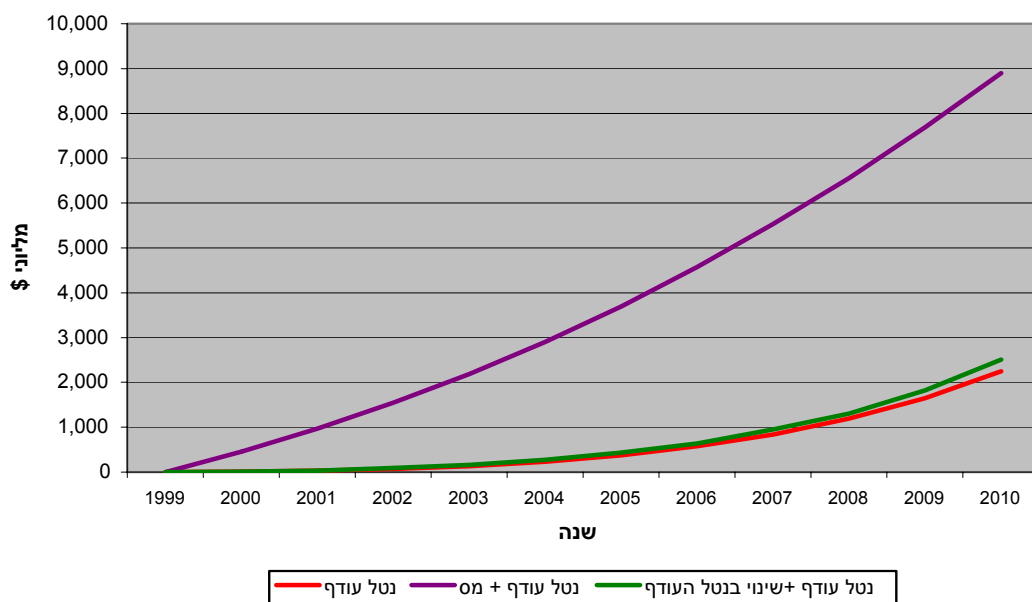
| תוספת מקסימלית לנטל העודף בתרחיש ללא מעבר לגז טבעי | רווח מהפחתת מזהמים נלווים | דיוידנד כפול (Double Dividend) | הפסד מקסימלי מנטל עודף | הכנסות ממס | |
|--|---------------------------|--------------------------------|------------------------|------------|-------------------------|
| 258.48 | 732.5 | 1,925.9 | 2,251 | 6,641 | תרחיש 1: שנת יעד - 2010 |
| 530.61 | 1,020 | 2,394 | 3,791 | 8,256 | תרחיש 2: שנת יעד - 2015 |

סיכום לתרחישי שנת היעד: 2010

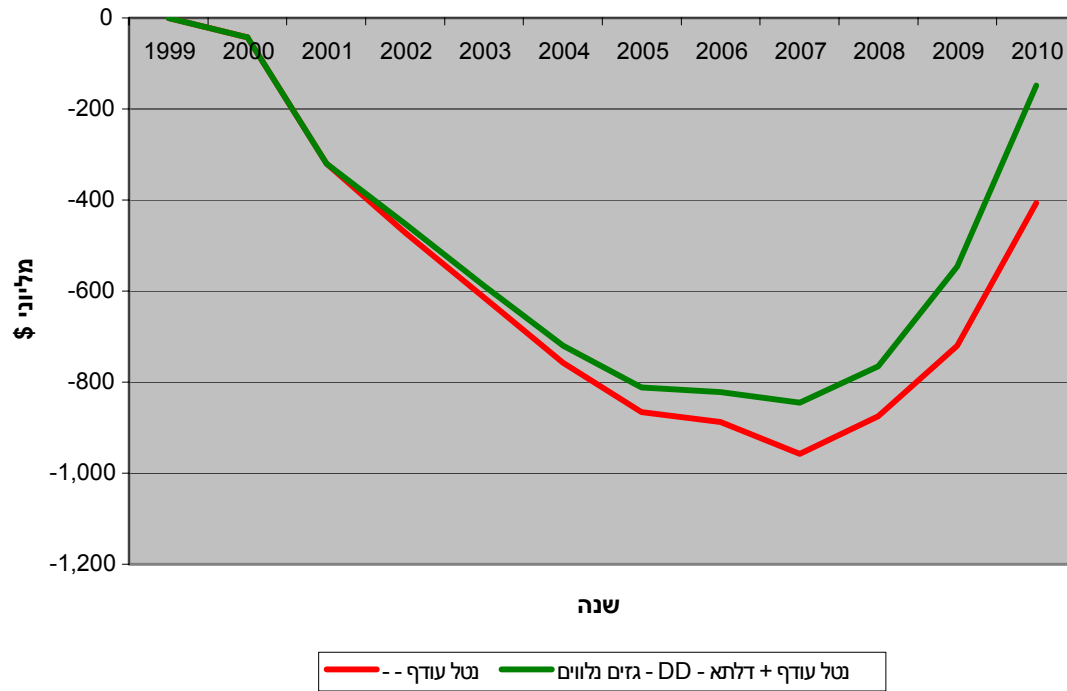
טבלה 4.2. תוצאות של מס פחמן עם הפחתת פליטות עד שנת 2010 (במיליוני \$).

| שנה | תקבולי מס | נטל עודף (% מהתל"ג) | נטל עודף מקסימלי | מזהמים נלווים | Double Dividend | עלות (תועלת) נקייה למשק | תוספת מקסימלית לנטל העודף בתרחיש ללא מעבר לגז טבעי |
|-----|-----------|------------------------|------------------|---------------|-----------------|-------------------------|--|
| 99 | | | | | | | - |
| 00 | 451.8 | 0.005 | 5.16 | 33.11 | 15.0 | (42.95) | - |
| 01 | 945.5 | 0.022 | 25.81 | 71.19 | 274.2 | (319.58) | - |
| 02 | 1,475.3 | 0.057 | 69.75 | 113.14 | 427.8 | (471.19) | 19.06 |
| 03 | 2,054.0 | 0.108 | 135.88 | 153.96 | 595.7 | (613.78) | 25.83 |
| 04 | 2,672.3 | 0.180 | 234.85 | 217.52 | 775.0 | (757.67) | 37.98 |
| 05 | 3,321.4 | 0.280 | 377.94 | 280.05 | 963.2 | (865.31) | 54.33 |
| 06 | 4,000.5 | 0.411 | 573.12 | 300.60 | 1160.1 | (887.58) | 65.49 |
| 07 | 4,695.2 | 0.579 | 836.19 | 431.71 | 1361.6 | (957.12) | 112.09 |
| 08 | 5,361.1 | 0.803 | 1199.03 | 518.68 | 1554.7 | (874.35) | 109.75 |
| 09 | 6,038.3 | 1.068 | 1652.34 | 621.14 | 1751.1 | (719.90) | 174.47 |
| 10 | 6,641.0 | 1.406 | 2251.46 | 732.50 | 1925.9 | (406.94) | 258.48 |

איור 4.4. עלויות כלכליות ללא תועלות נלוות – עבור תרחיש שנת יעד 2010.



איור 4.5. עלויות כלכליות כולל תועלות נלוות – עבור תרחיש שנת יעד 2010..

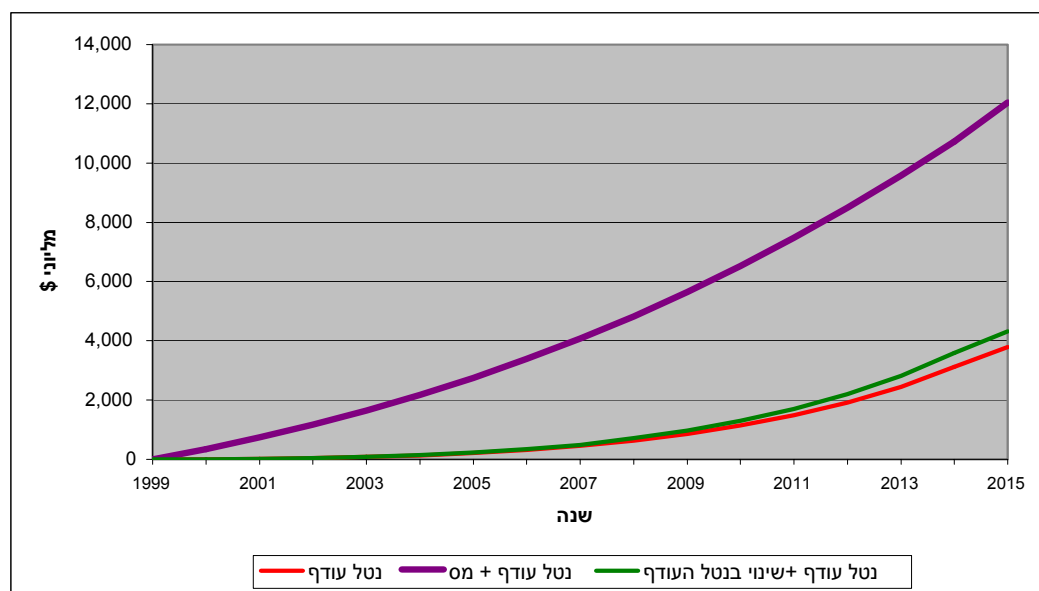


סיכום לתרחישי שנת היעד: 2015

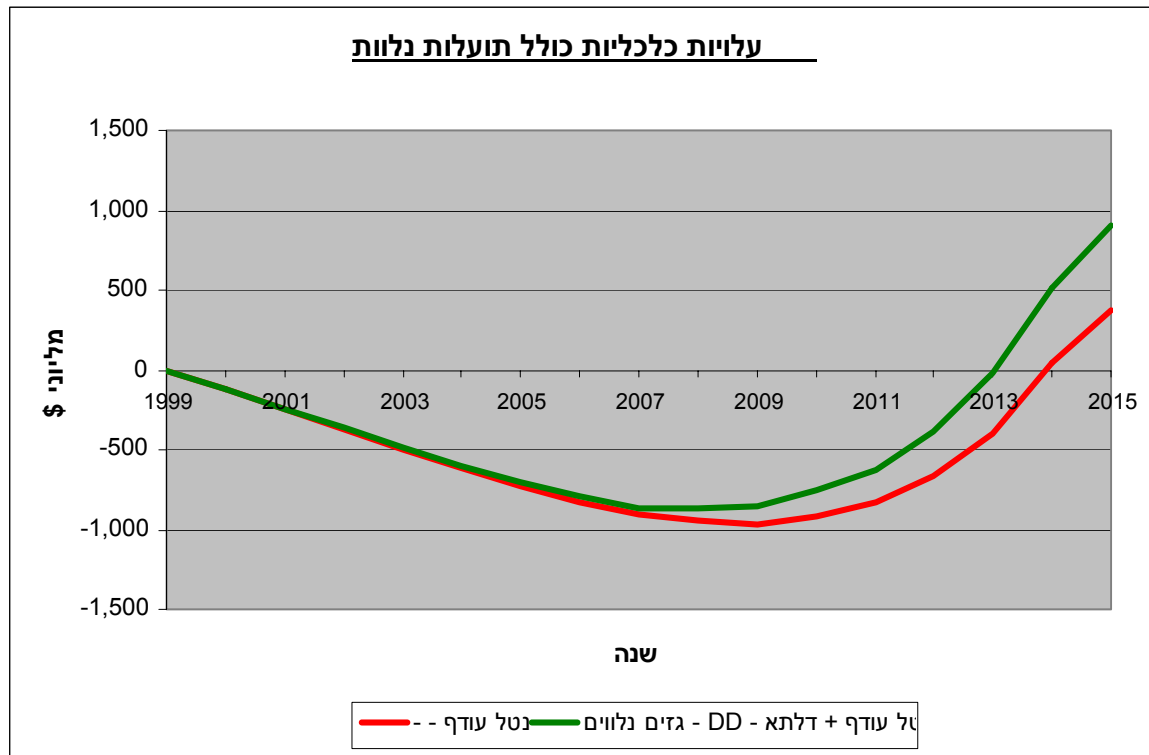
טבלה 4.3. תוצאות של מס פחמן עם הפחתת פליטות עד שנת 2015 (במיליוני \$ בערך נוכחי ובאחוזים מהתל"ג).

| שנה | מס תקבולי | נטל עודף (מהתל"ג) (%) | נטל עודף מקסימלי | מזהמים נלווים | Double Dividend | עלות (תועלת) נקייה למשק | תוספת מקסימלית לנטל העודף בתרחיש ללא מעבר לגז טבעי |
|-----|-----------|-----------------------|------------------|---------------|-----------------|-------------------------|--|
| 99 | | | | | | | |
| 00 | 347.25 | 0.003 | 3.07 | 25.32 | 100.70 | (122.95) | |
| 01 | 724.21 | 0.013 | 15.52 | 52.95 | 210.02 | (247.45) | |
| 02 | 1,127.03 | 0.035 | 42.00 | 84.82 | 326.84 | (369.66) | 5.83 |
| 03 | 1,566.86 | 0.064 | 79.91 | 120.25 | 454.39 | (494.73) | 9.58 |
| 04 | 2,038.66 | 0.104 | 135.06 | 159.85 | 591.21 | (616.00) | 14.93 |
| 05 | 2,538.55 | 0.158 | 213.02 | 203.64 | 736.18 | (726.80) | 22.54 |
| 06 | 3,070.26 | 0.227 | 315.97 | 252.69 | 890.38 | (827.10) | 30.57 |
| 07 | 3,628.70 | 0.312 | 450.86 | 307.16 | 1,052.32 | (908.62) | 42.09 |
| 08 | 4,187.45 | 0.426 | 635.83 | 364.94 | 1,214.36 | (943.47) | 76.97 |
| 09 | 4,788.94 | 0.553 | 855.05 | 432.07 | 1,388.79 | (965.81) | 111.90 |
| 10 | 5,380.1 | 0.713 | 1,141.04 | 503.66 | 1,560.23 | (922.85) | 164.54 |
| 11 | 5,987.87 | 0.897 | 1,486.94 | 584.85 | 1,736.48 | (834.39) | 210.13 |
| 12 | 6,579.11 | 1.118 | 1,916.59 | 673.68 | 1,907.94 | (665.03) | 282.44 |
| 13 | 7,144.61 | 1.376 | 2,442.62 | 771.51 | 2,071.94 | (400.83) | 377.39 |
| 14 | 7,603.06 | 1.695 | 3,114.57 | 869.55 | 2,204.89 | 40.13 | 472.30 |
| 15 | 8,256.72 | 1.994 | 3,791.10 | 1,020.68 | 2,394.45 | 375.97 | 530.61 |

איור 4.6. עלויות כלכליות ללא תועלות נלוות – עבור תרחיש שנת יעד 2015.



איור 4.7. עלויות כלכליות כולל תועלות נלוות – עבור תרחיש שנת יעד 2015..



המלצות לצמצום פחמן דו חמצני

ההמלצות הנלוות לניתוח הכלכלי נועדו לשמש הכוונה כללית לפעילויות שייעלו את המשק - יפחיתו פליטות גזי חממה תוך שמירה על פעילות משקית נורמלית. ההמלצות מחולקות על פי מגזרי המשק ומתמקדים בשני היבטים של התייעלות משקית:

- שיפורים טכנולוגיים – המלצות אילו נמצאות ביתר פירוט בדו"ח שקדם לתכנית הפעולה הלאומית (אבנימלך וחוב', 1999).
 - הסרת כשלי-שוק קיימים – המלצות אילו כוללות שינויים בתקנות וחוקים, מחקר, חינוך והכשרה.
- אופטימיזציה מקסימלית של האמצעים העומדים בפני מגזרי המשק השונים תתרחש עם קבלת החלטות ממשלתיות ברורות ויישום מדיניות מאקרו-כלכלית שתכוון את המשק לחסכון בתשומות הגורמות לפליטת גזי חממה.

מגזר הפקת האנרגיה

תעשיית הפקת האנרגיה עוברת שינויים מרחיקי לכת בעולם כולו כתוצאה משינויים קיצוניים בתנאי השוק, תקנות ושינויים חברתיים-כלכליים במדינות רבות. גם בישראל נפתח שוק האנרגיה ליצרנים פרטיים במטרה ליצור תחרות וייעול במגזר כולו. במקביל גדל השוק בקצב מהיר של כ 3% בשנה כתוצאה משילוב בין גידול אוכלוסין ועלייה ברמת החיים. מודעות גוברת לאיכות סביבה ולהשלכות הבריאותיות החמורות של זיהום האוויר יוצרים מעבר הדרגתי לדלקים נקיים יותר ולהשקעות גדלות בסילוק מזהמים. במקביל מתפתחים ברחבי העולם ואף בישראל מגוון תחליפים לדלקים עתירי הפחמן, בעתיים עולה ריכוז ה CO₂ באטמוספירה.

מדיניות תכליתית לייעול מגזר הפקת האנרגיה יכולה להכרח פעולות להגברת השימוש בגז טבעי, יעודד שימוש מסחרי בתהליכים וטכנולוגיות להפקת אנרגיה נקייה, ינצל טוב יותר מקורות אנרגיה חלופיים בהן התברכה ישראל, דוגמת אנרגיות רוח ושמש ויפחית את כמות האנרגיה האובדת כתוצאה מהובלה למרחקים. מבין הדלקים הפחמניים השימוש בגז טבעי משחרר כ 30% פחות CO₂ ליחידת אנרגיה מאשר שימוש בדלק נוזלי וכ 44% פחות מהשימוש בפחם. שימוש בגז טבעי מצמצם גם את פליטת מזהמי האוויר האחרים. לעומת הדלקים הפחמניים, שחרור CO₂ ממקורות אנרגיה חלופיים (רוח, שמש, ביומסה וכדומה) שואף לאפס. גם טכנולוגיות חדשות להפקת חשמל והפצתו עשויים להפחית משמעותית את פליטת ה CO₂ כתוצאה מייעול תהליכי ההפקה, ההובלה והאספקה ללקוח.

מעבר לגז טבעי. המעבר המתוכנן על ידי חברת החשמל לישראל משימוש במזוט לשימוש בגז טבעי בתחנות הכוח ישמש מגוון רחב של סיבות כשהעיקריות שבהן מתבססות על שיקולי עלות והפחתת מזהמים. במקביל תפחת גם פליטת ה- CO_2 . תחנות הכוח המוקמות כיום ערוכות ברובן מבחינה טכנית למעבר לגז אך יישום מדיניות זאת עוקב שנים מספר ויתעקב גם בהמשך עד שיימצא מקור משמעותי וארוך שנים לאספקת הגז הטבעי. נטל ייצור החשמל המוטל על התחנות הפחמיות איננו צפוי להשתנות משך שנות התכנית הנוכחית, אך חקיקה שתמנע הקמת תחנות כוח מזהמות ועתירות-פחמן חיונית ביותר, למניעת זיהום תוך כדי הפרטת מגזר ייצור האנרגיה. המעבר לגז טבעי צפוי לחסוך למדינה 8-10 מיליוני טון של CO_2 בשנה. עם זאת, מידת החסכון עד שנת 2010 איננו ודא, עקב אי הוודאות לגבי מקורות אספקה לגז הטבעי ותאריך החלפת הדלקים.

ייעול מערך תחנות הכוח. מומחים מעריכים גידול ביעילות תחנות הכוח בארצות מערביות מ כ 40% לכ 60% משך שלושים השנים הקרובות. בישראל יש צורך למקד מדיניות זאת בשיפור או בסגירת תחנות הכוח שיעילותן נמוכה אף מתחת ל 40%, גם על מנת להפחית את זיהום האוויר הנגרם מהתחנות המיושנות. בין התחנות הכלולות בקטגוריה זאת נמצאות תחנות רידינג ב', חיפה ב', אשכול א' ו ב' הצפויות להסגר עד שנת 2006. הנטל הכלכלי והסביבתי הנגרם מתחנות אילו מחייב את סגירתן לאלתר ובודאי עד שנת היעד של תוכנית זאת. החמורה שבתחנות, תחנת רידינג בתל אביב צפויה להיסגר כתוצאה מזיהום האוויר שנגרם, כך שעלות פעולה זאת לתכנית הנוכחית איננה רלוונטית. במסגרת ייעול המערך יש להקפיד שתחנות שיוקמו במקומן לא יפעלו על בסיס מזוט או פחם אלא על בסיס גז טבעי או אנרגיה חלופית 'נקייה'.

פתיחת מגזר ייצור האנרגיה לתחרות ועידוד קו-גנרציה ומקורות אנרגיה חלופיים. על מנת לעודד ייצור אנרגיה נקייה בפריסה ארצית נכונה, לא די בתכנית הנוכחית של מערך החשמל בישראל הכוללת הפרטה של כ 10% מהשוק. שינויים מרחיקי לכת בחוק החשמל ובתכניות המתאר הנלוות חיוני על מנת להשיג הן את יעדי הייעול המשקיים (המיושמים על-ידי הפרטה) והן את יעדי התכנית הנוכחית. יש לשנות את מערך החוקים והתכניות כך שיאפשרו את פתיחת השוק לתחרות תוך התבססות על מנגנונים כלכליים שיאפשרו מכירת חשמל לרשת או לצרכן צמוד על-ידי כל יצרן בינוני (תעשייה בעלת יכולת לקו-גנרציה וכדומה) העומד בתקני פליטה שווים או נמוכים מהפליטות מגז טבעי. בנוסף על המדיניות החדשה לאפשר לכל יצרן קטן (בתי מגורים וכדומה) למכור לרשת הכללית ובתנאי שישתמשו בטכנולוגיה 'נקייה' שתוגדר על-פי תקן. מדיניות זאת תעודד גם פריסת יצרנים רחבה: על ידי הפנמת עלויות אספקת החשמל למרחקים גדולים ועלות האובדנים הנובעים מכך בתוך מחיר קניית החשמל מהיצרנים, ניתן יהיה לתמרץ יצרנים באזורים נידחים ולמנוע הוצאות לאומיות מיותרות. מדיניות נכונה עשויה אף לעודד מעבר תעשיות מסוימות לאזורי פיתוח בכדי ליהנות מיתרונות הפקת אנרגיה עצמאיים. מועצה משותפת למשרד התשתיות, חברת החשמל, מכון התקנים והמשרד לאיכות הסביבה יפקח על מתן

הרשיונות להפקת אנרגיה נקייה בשוק תחרותי מיד עם השלמת החקיקה בנידון. אין די בהפרטה של מגזר ייצור האנרגיה. יש צורך בהתניית התהליך במעבר למקורות נקיים.

המגזר התעשייתי

המגזר התעשייתי צורך כ 30% מכלל החשמל במדינת ישראל ומביא לפליטת כ 38% אחוזים מכל ה CO2 הנפלט משרפת דלקים ומשימוש בחשמל. משמעותית במיוחד היא צריכת האנרגיה והפליטה של CO2 מתעשיית המלט בתהליך יצירת תחמוצת הסידן מפחת הסידן.

על כן, נדרשת מדיניות שתביא להפחתה משמעותית בצריכת האנרגיה בכלל תחומי התעשייה ומעבר לטכנולוגיה חדשה בתעשיית המלט בפרט. אילו יאפשרו, יחד עם השינויים המבניים במשק ייצור האנרגיה, הפחתה ניכרת של הפליטות מהתעשייה, תוך ייעול הייצור התעשייתי הכללי והוזלתו.

צמצום השימוש התעשייתי באנרגיה. מדינת ישראל, באמצעות המשרד לאיכות הסביבה, משרד התשתיות ומשרד התעשייה ומסחר, תפעל בשיתוף עם מפעלים וגורמים משקיים לצמצום צריכת האנרגיה בתעשייה. במסגרת זאת יושם דגש על ייעול וחסכון בצריכת האנרגיה בשני היבטים: צריכה לצורך ויסות אקלימי ובתהליכים תעשייתיים ייחודיים לעל מפעל. אנרגיה הנצרכת לויסות אקלימי מהווה כ 50% מכלל צריכת האנרגיה בתעשייה ומהווה רכיב חשוב בכל ענפי הייצור התעשייתי, כולל תעשיות הידע למיניהן. בתכנון מבני נכון ובאמצעים פשוטים יחסית עשויה זו להצטמצם ב 25%-40% (או חיסכון של 2.5 מיליון טון בשנת 2010). לצורך עמידה ביעד כזה יש צורך בשתי פעולות עיקריות: (1) הרחבת מערך הייעוץ המוצע כיום בנושא חסכון בויסות אקלימי במשרד התשתיות הלאומיות, כך שיכלול מעורבות גם של משרדי ממשלה נוספים ועם הקצאת תקציבים ההולמים את החסכון המשתמע למשק. על מערך הייעוץ לספק גם מענה לחסכון באנרגיה גם בתהליכים התעשייתיים הייחודיים; (2) שינוי מידי בתהליך התכנון והבנייה בישראל כך שבנייה באזורי תעשייה תחויב בעקרונות שימור אנרגיה סבירים, על-פי עקרונות הבנייה הירוקה אך בעלות שאיננה עולה של 8% מערך המבנה. (פרוט נוסף של השינויים המוצעים בהליכי התכנון והבנייה גם בפרק הבא). שתי הפעולות דורשות הרחבה של שיתוף הפעולה בין הממשלה והתעשייה, כולל נכונות וולונטרית של התעשייה להשתתף בפעולות הנ"ל והשתתפות כספית נאותה בעלויות הייעוץ והתכנון הראשוניות.

מעבר לתהליך 'יבש' בתעשיית המלט. חסכון משמעותי בצריכת האנרגיה ובפליטות של תעשיית המלט מיושם כיום עם המעבר מתהליך 'רטוב' לתהליך 'יבש' המודרני יותר. חסכון נוסף עשוי לנבוע מהעלאת מינון אפר הפחם בתערובת המלט עד 30%. החסכון הנובע משני השינויים המתחוללים בימים אילו בתעשיית המלט עשוי להגיע לכדי 4.2 מיליון טון בשנת 2010 ללא עלות למשק הישראלי ועם יתרונות נלווים ברורים. מכיוון שפעולה זאת כבר בשלבי יישום

מתקדמים לצורך הפקת יתרונות שאינם קשורים להפחתת גזי חממה, נכללת פעולה זאת במסגרת התרחיש של 'המצב הקיים בתוספת מדיניות קיימת'.

צריכת אנרגיה במבנים

בשנת 1996 מבנים למגורים ולמסחר ושירותים צרכו כ 30% מכלל צריכת האנרגיה בישראל וכ 60% מכלל צריכת החשמל. תכנית הפעולה הלאומית לשינויי אקלים פועלת לעבוד עם הציבור הרחב ועם בעלי המבנים למסחר בפרט לצמצם את בזבז האנרגיה במבנים ולהכיר בפוטנציאל הכלכלי הגלום באמצעים לשימור אנרגיה. מחקרים בארץ ובעולם קובעים כי ניתן לחסוך בממוצע 35% מצריכת האנרגיה למבנה על ידי פתרונות מערכתיים לשימור אנרגיה. ניתן אם כן, לצמצם משמעותית את התקורה הגבוהה הנובעת מצריכת אנרגיה שחברות מסחריות וצרכנים פרטיים משלמים, תוך הגברת התחרותיות והרווחיות של חברות ישראליות והמשק הישראלי בכללותו.

במבנים פרטיים עיקר החיסכון נובע מתכנון מבני נכון, בידוד טרמי, תאורה ומכשירים חסכוניים ואמצעי חמום/קירור יעילים. במגזר זה יש להיערך לשינויים בתקנות הבנייה שיכללו הנחיות ותמריצים לתכנון ובנייה מודע-אנרגיה וכן ליצור שותפות רחבה בין משוקי המכשירים, חברת החשמל, הרשויות המקומיות וארגוני סביבה ואיכות הדיור. נתונים מרחבי העולם מעידים כי במבנים ישנים עשויים, באמצעים פשוטים, להגיע עד לחסכון של 40% מכלל צריכת האנרגיה תוך חסכון משמעותי לדיירים.

בנייה ירוקה. קיים כשל מערכתי ברור במציאות הישראלית המונע בנייה מודע-אנרגיה: מרבית המבנים, מסחריים ולמגורים כאחד, נבנים על ידי יזמים שאינם המשתמשים העתידיים במבנה. ללא מודעות גבוהה לשימור אנרגיה וללא תקנות שישקפו מודעות זאת, לא ניתן מערך של תקנות ותקנים לבנייה והנחיות לבנייה מודע-אנרגיה הם אמצעים יעילים ביותר להפחתת הבזבז בצריכת אנרגיה במבנים. יש לתרגם את המודעות הגוברת לנושא זה במשרדי התשתיות ואיכות הסביבה להנחיות ברורות ומערך תקנות וחוקים שיוודא שימור אנרגיה במבנים חדשים ובמבנים קיימים. מערך התקנות והחוקים יתמקד בדרישות מחמירות לשימור אנרגיה במבנים, הכולל קביעת רמות מקסימליות ואופטימליות לשימור אנרגיה, הגדרות מפורטות לתכנון מודע-אנרגיה בידוד ואיטום במגוון רחב של מבנים ויעודי מבנה, ופיקוח נאות על יישום תכניות מודעות אנרגיה. בתקנות תהיה גם התייחסות לזכויות צל ושמש, זרימת אוויר ומשטר הרוחות, תאורת שמש טבעית ביום וקירור לילה, הנחות במיסוי עבור מרפסות סולריות, אמצעי צל, בידוד, איטום וכדומה, ותמריצים לשיפוץ מודע-אנרגיה במבנים ישנים המחושבים על-פי העלויות החיצוניות (זיהום אוויר, רעש, תשתיות עירוניות וכדומה) שיחסכו למשק בזכות השיפוץ. בנוסף יעבוד המשרד לאיכות הסביבה עם גורמים ברשויות המקומיות, ארגוני קהילה וסביבה, שכונות וקהילות לעודד אימוץ אמצעים חוץ-מבניים לשימור אנרגיה ושיפור איכות החיים והסביבה

בקהילה. אמצעים אילו פשוטים וזולים על-פי רוב וכוללים שתילת עצים על-פי אסטרטגיה לשימור אנרגיה, צביעת משטחים למניעת בוחק והתחממות וכדומה. גופים דוגמת ועדי שכונות, יחידות סביבתיות, סניפי החברה להגנת הטבע וארגוני סביבה מקומיים והקרן הקיימת לישראל מהווים שותפים חשובים ליזמת הקהילות הירוקות וייהנו מהגשמת יעדיהן תוך צמצום צריכת האנרגיה ופליטת גזי החממה

תאורה ירוקה. הממשלה, באמצעות המשרד לאיכות הסביבה והמשרד לתשתיות לאומיות יחבור לארגוני צרכנות ואיכות הדיור קונצרנים כלכליים ועסקים התומכים בשדרוג התאורה במגורים ועסקים והתקנת מערכות חסכוניות. מערכות כאילו חוסכות בממוצע 50% מהאנרגיה הנדרשת לתאורה ומזכות את המשתמש בחיסכון כלכלי של 35% על מערך התמיכה בתכנית לכלול תקני שימור אנרגיה כמקובל בעולם, בפיקוח מכון התקנים הישראלי.

מבני הדגמה, הדרכה, ייעוץ ויצירת מודעות ציבורית. השתתפות של ציבור רחב בתכניות לצמצום גזי החממה ואף של מגזרים מגוונים במשק מותנה ביצירת מומנטום חיובי לנושא ומודעות ליתרונות הרבים הנלווים לצמצום גזי החממה במשק הישראלי. תנאי ראשון למחויבות הציבור יהיה דוגמא 'אישית' מטעם משרדי ממשלה הנוגעים בדבר (כאשר העיקרי שבהם הוא המשרד לאיכות הסביבה) ובניית תשתית להדגמה ולהדרכה סביב מבנים מודעי-אנרגיה במוסדות הממשלה ובמגזרי המגורים והמסחר. לצורך כך יש להעניק תקציב כלכלי הולם למוסדות ממשלתיים מתאימים, גורמים בתעשייה במסחר, בענף הבנייה ובמגזר הקהילתי לתכנון, לשפץ ולהקים מבנים מודעי-אנרגיה שישמשו להדגמה והדרכה על כלל האפשרויות לחסכון באנרגיה כך שיפיקו גם שיפור באיכות החיים והסביבה, הגדלת הרווחיות העסקית וצמצום בפליטת גזי חממה. עם הקמת המבנים יש להכשיר ולרתום מגוון רחב ככל הניתן של גורמים מקצועיים והתנדבותיים שישתמשו במבני ההדגמה להפצת המידע המשתמע מהם לציבור הרחב ובמיוחד ליזמים, אדריכלים, מהנדסים, קבלנים ומנהלי עסקים גדולים וקטנים. מקצועות נוספים שיש להתמקד בהדרכתם כולל חשמלאים, שיפוצניקים, גננים, חברות לתחזוקת מבנים, ועדי בתים ושכונות ועובדים קהילתיים הגורמים שייזמו מבני הדגמה מודעי-אנרגיה עשויים להיות חברות בנייה המקדמות את מכירותיהן, עסקים לייעוץ ארגוני וסביבתי המספקות שירותים למגזר העסקי והפרטי בישראל וארגוני סביבה וקהילה דוגמת האגודה לתרבות הדיור ודומיהן. המשרד לאיכות הסביבה יספק ויפקח על תכניות ההדרכה וישתמש במערך ההכשרה המקצועית של הממשלה ושל ענפי המשק השונים כדי להכשיר את אנשי מקצוע השונים בתחום שימור האנרגיה ואיכות הסביבה. מערך כזה של מבני הדגמה, הדרכה וייעוץ יבטיח גידול בביקוש למבנים מודעי-אנרגיה ויטה את תנאי השוק בהתאם.

תקנים ותווי תקן ירוקים למכשירים, תאורה ובנייה. המשרד לאיכות הסביבה ומשרד התשתיות בסיוע מכון התקנים הישראלי יפתחו את תווי התקן הנוגעים לערך שימור האנרגיה של מוצרים, מבנים ושירותים שונים. מטרת התכנית תהייה להגדיל את נתח השוק של מוצרים חסכי-אנרגיה

על ידי עידוד הצרכנים לקנות מוצרים בעלי תו תקן. למאמץ יש לרתום קבלנים, יצרנים ומשווקים של מוצרים העומדים בדרישות התקן. דגש מיוחד יושם על הפצת מידע בנקודות המכירה, הדרכת אנשי מכירות והחדרת המודעות באמצעות תוויות ופרסום של המוצרים עצמם. יש להדגיש עם זאת שמאמץ זה מגובה על ידי תהליך כלל עולמי בו יצרנים מחו"ל מחויבים לצמצם את צריכת האנרגיה של מכשירי חשמל ביתיים ותעשייתיים, עם כתוצאה מדרישות ותקנות של ממשלות בארצות הצרכניות ועם עקב הביקוש ברמת המשתמש, המודע כיום ליתרונות הכלכליים הגלומים בחסכון אנרגטי. כתוצאה, יצרנים בישראל מחויבים לצמצם את צריכת האנרגיה של מוצריהם על מנת להישאר תחרותיים והמשק הישראלי בכללותו 'ניגרר' בתהליך כלל-עולמי זה לחיסכון מתמיד מאנרגיה של מכשור חשמלי.

צריכת האנרגיה בתחבורה

שריפה של דלקים פחמניים לצורך תעבורת אדם ומשאות אחראית לכ 17% מכלל פליטות גזי החממה בישראל בשנת 1996. רכבים פרטיים תרמו כ 45% מכלל הפליטות ממגזר זה ומשאיות כ 30%. הגידול המהיר הצפוי בביקוש לתחבורה בעשורים הקרובים יקשה על כל מאמץ להפחית את הפליטות כתוצאה מפעילות תחבורה. הגידול בביקוש צפוי גם להעמיק את התלות של מדינת ישראל במקורות אנרגיה זרים וצפויה החמרה מותאמת בזיהום האוויר, בתאונות, בצורך לשטחי כביש וחנייה נוספים, בגודש כבישים ובשאר ההשלכות של מערכות תחבורה ממונעות. ההשלכות הסביבתיות תפגענה במיוחד בערים. ללא שינוי במדיניות התחבורה, צפויות פליטות גזי החממה ממגזר זה להכפיל את עצמן עד שנת 2020. מכיוון שתחבורה מהווה נתח כה משמעותי מכלל פליטות ה CO2 בישראל יש צורך לפתח אמצעים טכניים ומערכות בקרת תעבורה הכוללים גם שינויים מרחיקי לכת במערך המיסוי.

אמצעים טכניים. מרבית האמצעים הטכניים, הכוללים ייעול הדרגתי של ציי הרכב המונעים בדלק פחמני, צמצום הפליטות מהם, ופיתוח כלי רכב מונעים באנרגיה חלופית, מכתבים על-ידי יצרני הרכב ומדינותיהם. היצרנים צופים ייעול בערך של כ 20% בעשור הקרוב בכלי הרכב המקובלים, כלומר ללא החדרת רכבים מונעים בדלק חלופי. מאידך, ישנו צורך להגדיר ולהנחות את היבואנים בדבר סוגי הרכב ואמצעי מניעת הזיהום שיידרשו על מנת לצמצם את זיהום האוויר בערים ולצמצם את צריכת הדלק לתחבורה. מספר מדינות הגדירו לסוכנויות הרכב את הרכב הצי הרצוי ובנו מערכות תמריצים ומיסוי בהתאם. מדינת ישראל בוחנת גם את אופן ההטמעה של רכבים המונעים בדלקים חלופיים ובראשם גפ"מ (גז פחמני מעובה). בעתיד הקרוב, עם ההתפתחות הטכנולוגית בחו"ל, יהיה צורך לבחון גם את הטמעת הרכבים הנקיים המונעים בחשמל, מימן ודלקים פחמניים חלופיים נוספים.

שינוי בתמהיל המיסוי: מס פחמן וביטול הטבות לרכב פרטי. כפי שהוצג לעיל מס פחמן שישנה את תמהיל המיסוי ויהווה נתח משמעותי מהפתרון להפחתת גזי חממה ישנה באופן קיצוני את

מערך התחבורה הישראלי. במקביל יש לתקן מספר כשלי שוק הנובעים ממערך המיסוי הקיים ובכללם ההטבות לרכב ושיעור המס על דלקים שונים. שיעור המס הגבוה על קניית רכב מחד וההטבות הניתנות לרכב מטעם מקום העבודה מאידך מרכיבים את תמהיל המיסוי הנוכחי הגורם לשימוש חסר-פיקוח ברכב ולבזבוז עצום במערך התחבורתי הישראלי. מערך המיסוי הנוכחי ייחודי לישראל ואינו עומד בקנה אחד עם המדיניות המקובלת כיום בארצות מפותחות, השואפות לייעל את משקיהן על ידי הגברת התחרותיות מחד ומיסוי המשתמש הישיר. בנוסף, יש צורך להפנים בעלות הדלקים את ההשלכות הבריאותיות והסביבתיות הנגרמות מהן. בעניין זה בולט במיוחד העיוות הקיים באי-הפנמת ההשלכות הבריאותיות של זיהום אוויר הנגרם מדזל. הדזל, למרות צריכת האנרגיה הנובעת ממנו, גורם לפליטת מזהמים בעלי השלכות בריאותיות חמורות במיוחד. הגידול המהיר בשימוש בדזל לרכבים פרטיים הם עדות חלקית לכשל המאפשר חסכון פרטי על חשבון מערך הבריאות של מדינת ישראל. על כן, יהיה צורך לבנות מערך מס חלופי המפנים את ההשלכות של מזהמים וכללם CO2 והמזהמים המסכנים בריאות.

שינויים בתפיסת התכנון העירוני. מערך התכנון העירוני מושתת כיום על הפרדה בין אזורי מגורים, תעשייה ומסחר על מנת לצמצם השלכות סביבתיות של התעשייה והמסחר (רעש, ריחות, זיהום אוויר וכדומה). על-כן יש צורך לנוע בין מרחבים אילו במהלך סדר יום נורמלי של מרבית האוכלוסייה העובדת במדינת ישראל, דבר התורם לעומס התחבורה הנוכחי. ההשלכות הסביבתיות של רבות מהתעשיות וענפי השירותים המודרניים מצומצמות מאוד ואינן מצריכות הפרדה כה קיצונית ממגורים, להבדיל מהתעשיות מתחילת המהפכה התעשייתית. קיים צורך מידי בפיתוח תפיסה תכנונית מתקדמת למרחב המטרופוליני של ישראל שיעודד יצירת מקומות עבודה נוספים במרחב המידי של המגורים, המורכב משירותים ותעשיות נקיים. תכנון נכון של אזורי מגורים, תוך שינויים מתאימים ביעודי הקרקע עשוי להגדיל את מספר מקומות העבודה התוך-שכונתיים בכ 50% ולאפשר חסכון ניכר באנרגיה, זמן פנוי ועומס תחבורה, על כל השלכותיו. תפיסות כאילו מיושמות כבר בהצלחה בערים גדולות בצפון אמריקה ואירופה. אגף התכנון במשרד לאיכות הסביבה ינחה, יחד עם משרד הפנים והמרכז לשלטון מקומי, שינוי ארוך טווח בתפיסת התכנון הנוכחית. כמו כן, יש לעודד פיתוח אזורי תעסוקה מחוץ לערים שיקטינו את כמות כלי הרכב שנכנסים למרכזי הערים וע"י כך יפחיתו את השימוש בדלקים השונים.

מערכות ויסות תחבורה ומעבר לרכב רב-נוסעי. מאמץ מיוחד מופנה לכיוון מערכות ויסות התחבורה המתמקדות בהפחתת עומסי התחבורה וזיהום האוויר, בעיקר בערים הגדולות. אמצעים אילו יאפשרו שימוש יעיל יותר בדלקים, הצפויים להתייקר כאמור לעיל. משרד התחבורה, שיתוף המשרד לאיכות הסביבה והרשויות המקומיות יפתחו ויממנו מערך תחבורתי בהתאם לניתוח כלכלי-חברתי כוללני בעל מגוון אמצעים מותאמים למציאות הישראלית והנקודתית. אילו יכללו נתיבי תחבורה לרכב רב-נוסעי, אגרות גודש, שוק תחבורה ציבורית תחרותי, פתרונות מסילתיים ועוד. הוצאות פיתוח האמצעים והפעלתם יוחזרו למשק הישראלי בעיקר בזכות הערך המוסף החברתי שלהם הכולל, חסכון בזמן, הוצאות בריאות ואנרגיה.

מעבר לחלופות תחבורה המונית (רכבת). כאשר בוחנים את גמישות הביקוש למחיר הדלקים בישראל בהשוואה לאירופה, מסתבר כי הגמישות בישראל נמוכה בצורה משמעותית – 0.5 בישראל לעומת 0.8 באירופה. בבחינה נורמטיבית היינו מצפים כי התוצאה תהייה הפוכה, כלומר - גמישות הביקוש בישראל תהייה גבוהה יותר מכיוון שכמות הנוסעים ברכב פרטי גבוהה באופן משמעותי במשאל בהשוואה לכמות הנוסעים באירופה. הסיבה לתוצאה זאת נובעת מחוסר האלטרנטיבה לרכב פרטי לחלק גדול מהאוכלוסייה הרלוונטית (הרכבת בישראל כיום אינה מגיעה לאזורי מגורים רבים ואינה פועלת בתדירות מספקת בקווים בהם היא פועלת). במצב זה, גם העלאת מחיר הדלקים לא תגרום למעבר מסיבי של נוסעים לרכבת. להערכתנו, במידה והמדינה תשקיע בצורה מסיבית בפיתוח תשתית הרכבת, רמת הגמישות תגדל לפחות לרמת הגמישות באירופה והתוצאות יגרמו לירידה משמעותית בנטל העודף (ז"א, הנטל העודף יגרום לירידה דומה בכמות כלי התחבורה).

יש לציין כי התועלת ממעבר נוסעים ברכב פרטי לאמצעי תחבורה המוניים (כגון הרכבת) כוללת בנוסף להפחתת CO₂ גם תועלות בריאותיות ואחרות (עקב ירידה בכמות תאונות הדרכים, זיהום אויר וחסכון בזמן של הצרכנים

המלצות לצמצום המתאן ותחמוצת החנקן

סילוק פסולת מוצקה

טיפול במתאן מאתרי הטמנה. מתאן המשתחרר מאתרי הטמנה בעקבות תסיסה של פסולות אורגניות אחראי לכ 10% מכלל פליטות גזי החממה בישראל. עקב ההשלכות הסכנות החמורות הנובעות מהצטברות מתאן מאתרי הטמנה מותקנים בכל אתרי הטמנה התקניים בישראל מערכות ללכידת המתאן והבערתו. עד שנת 2002 צפויה מרבית הפסולת להגיע להטמנה באתרים תקניים. בהבערה מומר המתאן ל CO_2 ועקב כך פוחתת השפעת גזי החממה ביחס של 1:21 לכל יחידת פחמן הנקלטת במערכת לכידת המתאן. ניצול האנרגיה המשתחררת בבערה לשימושים תעשייתיים נוספים (קו-גנרציה) עשוי לחסוך אף הוא אנרגיה משמעותית ואף להקנות למערכות רווח כלכלי לא מבוטל. מכיוון שיישום פעולה זאת כבר בשלבי יישום מתקדמים לצורך הפקת יתרונות שאינם קשורים להפחתת גזי חממה, נכללת פעולה זאת במסגרת התרחיש של 'המצב הקיים בתוספת מדיניות קיימת'.

קומפוסטציה. במדינת ישראל מרבית הפסולת עדיין מובלת לאתרי הטמנה למרות האחוזה הגבוהה של חומרים אורגניים בעלי פוטנציאל לקומפוסטציה בפסולת הישראלית. הקומפוסט משמש לדישון ושימור קרקע בחקלאות, בגינון ובייעור ואף עשוי לתרום לשימור מים בעתות בצורת (הצפיות להתגבר בעקבות שינויי האקלים). בקומפוסטציה נכונה מומר החומר האורגני ל CO_2 ועקב כך פוחתת השפעת גזי החממה גם כאן ביחס של 1:21 לכל יחידת פחמן המשתחררת בתהליך. המשרד לאיכות הסביבה בסיוע המרכז לשלטון מקומי והרשויות המוניציפליות יקימו מערך תמריצים לתכנון ולעידוד השימוש בקומפוסט ולקידום ההשקעה הנדרשות בתשתיות לצורך הפרדה במקור, קומפוסטציה, הובלה ופיזור הקומפוסט.

שריפת פסולת מוצקה. שריפת פסולת מוצקה מתקיימת כיום במספר מדינות מתועשות תוך שימוש באמצעים לצמצום הזיהום החמור הנגרם משריפת פסולת. על מנת להבטיח שריפה מלאה והמרת כל החומרים האורגניים ל CO_2 (ולא למתאן כפי שמתרחש באתרי הטמנה), ללא מזהמים מסוכנים נוספים, יש צורך באמצעים טכנולוגיים בעלי עלות גבוהה. במציאות הנוכחית של מערך הפסולת בישראל יש קושי כלכלי רב בהקמה של משרפות פסולת מוצקה. גם אי-וודאות בנוגע להשלכות הסביבתיות של משרפות פסולת מוצקה מצמצם את ישימות הטכנולוגיה בישראל.

המגזר החקלאי

המגזר החקלאי אחראי לפליטה משמעותית של גזי חממה ממגוון פעילויות שונות. בעוד את הפליטה של CO₂ ניתן להקטין על ידי הגדלת הקיבוע של גז זה במסגרת התאמת החקלאות בישראל לשינויי האקלים הצפויים, הפתרונות להפחתת גזי החממה העיקריים האחרים טכנולוגיים במהותם.

משק בעלי החיים. מקורות הפליטה העיקריים של מתאן הם גזים מבעלי החיים עצמם ומזבל בעלי החיים. מקורות המתאן ניתנים להקטנה משמעותית על ידי הזנה נכונה של בעלי החיים ואיסוף וקומפוסטציה הולמים לזבל. לשני הפתרונות ערך כלכלי-חקלאי מעבר להפחתת המתאן: השינויים המוצעים בעולם להזנה משפרים את גידול בעלי החיים וממזערים את כמויות המזון והקומפוסט המופק מזבל בעלי החיים משמש היטב גידולי שדה שונים. הערכות הניתוח הטכנולוגי מסתכמות בחסכון של כ 200 Kton CO₂ equiv. מתאן מהזנה משופרת וכ 100 Kton CO₂ equiv. מתאן מקומפוסטציה של הזבל.

שימוש בדשנים. המקור העיקרי לפליטת N₂O בארץ מתקבל כתוצאה מדישון וזיבול שדות חקלאיים. שינויים במשטר הדישון ובאופן יישום הדשנים עשוי לחסוך לחקלאי דשנים, לצמצם זיהום מי תהום ונחלים ולהפחית בכ 400 Kton CO₂ equiv. את הפליטה של N₂O.

7. השלכות שינויי האקלים והתמודדות עמן

רגישותה של ישראל לשינויי אקלים

ניתוח הרגישות של מערכות אקולוגיות ומשקיות בישראל לשינויי אקלימי גלובלי הוא רכיב חיוני בהערכות משקית נכונה בישראל. מסתמנות שלוש השלכות עיקריות באזורינו לשינויי אקלימי הנובע מפליטות גזי חממה: (1) עליית מפלס פני הים והשפעה על אזורי החוף; (2) שינויי במשטר טמפרטורות ומשקעים עם סיכוי להקצנה רבה יותר (כגון, ירידה במספר ימי הגשם תוך גידול בעוצמת אירועי הגשם); ו-(3) הרחבת האזורים הצחיחים על חשבון המערכות האקולוגיות הים תיכוניות (מידבור – Desertification). הפנל הבין-ממשלתי לשינויי אקלימי (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) מציין שעלייה של 2.5 מעלות צלזיוס בטמפרטורות כדור הארץ ישא עלויות כלכליות של 1.0%-1.5% מהתוצר הלאומי הגולמי במדינות מפותחות ו 2.0%-9.0% מהתל"ג במדינות מתפתחות, על פי הערכות נוכחיות. המשרד לאיכות הסביבה יזם זה מכבר מחקר לניתוח הרגישות של המערכות האקולוגיות והמשקיות. מחקר זה יתפרסם בסיומו.

מעיון ראשוני, האופי הגיאוגרפי-דמוגרפי של ישראל עשוי להוביל לעלויות גבוהות יחסית על פי הניתוח להלן:

אזורי החוף. אזורי החוף של ישראל פגיעים במיוחד להשפעות שינויי האקלים, לא רק בשל השפעת העלייה בגובה פני הים, כי אם גם בשל ההשפעות על משאבי המים, המשאבים החקלאיים, התיירות, וההתיישבות האנושית. האכלסיה בישראל מרוכזת לאורך קו החוף של הים התיכון, ומרבית הפעילות התעשייתית והכלכלית של ישראל מתבצעת בערים אלה. כתוצאה, סובלים אזורי החוף ממספר בעיות, לרבות צפיפות אכלוסיה, מאבקים על השימוש באדמה, וחוסר באפשרויות מוסדיות לניהול משאבים משולב. חלקים מאזורי החוף ותשתיות חיוניות, כגון נמלים ותחנות כוח, יהיו בסכנת הצפה וחדירת מי מלח. גם משאבים נוספים באזורי החוף, כגון מים שפירים, מזון, תיירות, והתיישבויות עשויים להיות מאוימים על ידי השפעות שינויי האקלים. ישנו צורך מיוחד להעריך ולכמת את הפגיעות של תל-אביב, ערי הנמל ותחנות הכוח, לעליית גובה פני הים. גם יציבות מצוקי הכורכר והדיונות הבונות את קו החוף מוטלת בספק במצב של שינויי במפלס פני הים. כהערכה ראשונית ניתן יהיה להשתמש במתודולוגית הערכת הפגיעות של ה- IPCC על מנת לזהות ולכמת את הסיכונים הפוטנציאליים.

אזורים צחיחים למחצה וספר המדבר. המערכות האקולוגיות באזורנו ובמיוחד באזורים הצחיחים מתפתחות בקצב איטי יחסית. מגמות ההתחממות הגלובלית, כמו גם השפעות אנושיות אחרות עלולות לגרום לשינויים מרחיקי לכת באזור כולו. באופן כללי, מעריכים ששינויי אקלימי כתוצאה מעלייה בריכוזי גזי חממה באטמוספירה יגרום להתחממות ולהצחחה במזרח התיכון. תופעה זו צפויה לבוא לידי ביטוי במידבור של אזורים צחיחים למחצה ובמערכות האקולוגיות הים-תיכוניות הסמוכות למדברים. ישראל נמצאת בשוליים המידיים של רצועת המדבריות העולמיים הגדולים ועל כן צופים הרחבת האזור הצחיח של ישראל, על חשבון הים-התיכון והשוליים הצחיחים למחצה. מחקר משמעותי בישראל מתמקד כיום בהפחתת השפעות המדבור, באמצעות שימור הקרקע, ייעור, חקלאות וטכנולוגיה מודרנית.

בריאות הציבור והיבטים אורבניים. בעוד רמות הנזק שעלול להיגרם לערי ישראל כתוצאה מעלייה בגובה פני הים אינן ברורות, ברור כי תנאי אקלים קיצוניים יגבירו את השימוש באנרגיה ויגרמו לעומס על התשתיות. הקצנה של משטר הגשמים תגרום לנזקים מהצפות, זיהום מים, סחף ונטל כלכלי מהצורך במערכות ניקוז מי גשם בעלות קיבולת שיא גדולה יותר. ארבע התוצאות האלה יובילו להוצאות כלכליות, ולסיכונים בריאותיים וסביבתיים. הקצנה של משטר הטמפרטורות יעלה בסופו של דבר את הביקוש לאנרגיה לצורך מיזוג אוויר, (חימום וקירור), ולשימוש במכשירים אחרים להתמודדות עם שינויי מזג האוויר. מחקר שנערך בתל אביב צופה גידול של 10% בצריכת האנרגיה למיזוג כתוצאה מהכפלת ריכוזי CO₂ באטמוספירה (Segal et al., 1992). בנוסף, לשינויי אקלימי גלובלי יש השפעות שליליות גם על בריאות בני האדם ועל הרגשתם הכללית – תנאי אקלים קיצוניים יותר (חום או קור) מגבירים את הסיכון למחלות בקרב אוכלוסיות חלשות (זקנים, ילדים, חולים כרוניים וכדומה) ומגבירים את החשש גם למגפות, במיוחד כאשר התשתיות האורבניות (מים, ביוב, ניקוז ופינוי פסולת וכדומה) פועלות בעומסים גבוהים יותר.

חקלאות. מומחים מעריכים השפעה כלל עולמית על התפוקה החקלאית כתוצאה משינויי אקלימי גלובלי. מאידך, קשה לאמוד את ההשפעה על אזור או חבל ארץ מסוימים. השינוי בתפוקת החקלאות בארץ עשוי להצטמצם הן מהשינוי במשטר הטמפרטורות ובמשקעים והן מהשינוי הכללי במאזן המים הלאומי שיידון להלן. החקלאות עלולה להיפגע גם מגורמים עקיפים דוגמת התגברות של מזיקים ומחלות. עבור המגזר החקלאי בארץ שבשנים האחרונות עומד בפני שינויים מבניים כתוצאה מחשיפת ישראל לשוק הבינלאומי וכתוצאה מהידלדלות משאבי המים, שינוי כזה עשוי להיות משמעותי ביותר. בעוד ענפים חקלאיים מסוימים עשויים להינות משינויים גלובליים שיגבירו את כושר התחרותיות, מרבית ההערכות צופות שבמדינות קטנות דוגמת ישראל, הסכנה למגזר החקלאי גבוהה וסיכויי להתמודד עם שינויים כלל עולמיים מוגבלים.

משאבי מים. משאבי המים השפירים של ישראל מוגבלים מאוד וזוכים לניצול יתר גם ללא שינוי אקלימי גלובלי. מקורות נהר הירדן מספקים כ- 30% ממי השתייה, אקוויפר הנהר מספק עוד 30% ואקוויפר החוף כ- 40%. כל שלושת המקורות עלולים לסבול משינויים אקלימיים: אגן נהר הירדן ואקוויפר הנהר, עם הקיבולת המוגבלת שלהם, עלולים להפוך יעילים פחות אם כמות הגשמים השנתית תפחת, או אף אם רק תדירות אירועי הגשם תקטן, תוך עלייה בעוצמת האירועים. חשוב להעריך הן את רגישות ההיצע והן את רגישות הביקוש – כאמור, טמפרטורות גבוהות יותר עלולות להעלות את הביקוש למים עבור שימושים תעשייתיים, ביתיים וחקלאיים במקביל לירידה בהיצע המים הנ"ל. מכל מקום, האיום למחסור במים לאור שימוש מוגבר במגזרים אלה צפוי להיות שולי בהשוואה לעלייה העתידית בביקוש לאור הגידול הצפוי באוכלוסייה.

אמצעי הסתגלות לשינויי אקלים צפויים

שינוי אקלימי מוסיף מימד חדש נוסף לתהליך בו העולם מצטמצם 'לכפר גלובלי' יחיד הן מההיבט המשקי והן מההיבט של ידע וטכנולוגיה. ההסתגלות הנדרשת לשינוי אקלימי עשויה לדרוש שינויים מרחיקי לכת בניהול משאבי טבע וחקלאות, בשימושי קרקע ובתשתיות ושירותים. בעוד מדינת ישראל בחנה במהלך השנים האחרונות את הטכנולוגיות הזמינות לצמצום פליטות של גזי חממה לא נעשה די בבחינת ההשלכות של שינוי אקלימי גלובלי על המדינה ומרכיביה השונים. להערכתנו, טמון בכך סיכון מסוים, במיוחד לאור גודלה המוגבל של המדינה ותנאיה הפיסיים-דמוגרפיים. ארצות דוגמת קנדה עשויות למצוא שינוי בפריסה של היערות (משאב טבע מרכזי בקנדה) או שינוי בתנאי אקלים שיעודדו הגירה לחבל ארץ זה או אחר. למדינת ישראל אין יכולת לנייד ענפי משק דוגמת חקלאות או אוכלוסייה מאזורים שהושפעו לרעה משינוי אקלימי לאזורים מתאימים יותר. זאת ועוד: האזור בו מרוכזים מרבית התושבים, מישור החוף, עלול לעבור את התהליכים ההרסניים ביותר, הן מבחינה אקלימית והן מבחינת השפעה על תשתיות ומשאבי מים. להערכתנו, ההשלכות הכלכליות של חוסר מוכנות ואי יכולת להסתגל עלולים להיות גבוהים והרסניים לא פחות מתהליך המעבר לאמצעי מדיניות ולטכנולוגיות שיצמצמו פליטה של גזי חממה.

במצב הנוכחי אנו ממליצים על מאמץ מידי למפות ביתר דיוק את ההשלכות הצפויות באזורנו ולהכין מערך עבור כלל המשק אמצעי הסתגלות לשינויים אקלימיים. מחקרים מסוג זה הוכנו על ידי מרבית הארצות שהכינו תכנית פעולה לאומית במקביל לתכנית לצמצום פליטה של גזי חממה ומסקנותיהם מהווים חלק מתכניות הפעולה הלאומיות.

8. מקורות וחומר רקע

1. אבנימלך, י., וחובי'. 1999. הפחתת פליטת גזי חממה. מוסד שמואל נאמן, הטכניון חיפה.
2. דיין, א., וז'ל. קור. 1999. גזי חממה בישראל: מצאי פליטות ובלועים. המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים.
3. הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. 1997. השנתון הסטטיסטי לישראל..
4. הרן, מ. 1997. בנייה ירוקה – קווים מנחים לבנייה ידידותית לסביבה. המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים.
5. זסלבסקי, ד. וחובי'. 1998. אנרגיה בת קיימא. המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים.
6. חברת חשמל לישראל, 1998. דו"ח סטטיסטי של חברת חשמל לישראל.
7. יפטיץ, י. 1994. מתחמם... השפעותיו הצפויות של שינוי אקלים צפוי באגן הים התיכון. *אקולוגיה וסביבה*, 1:111-117.
8. מי-מרום, א. וז'ל. קור. 1998. מאוני פליטה וקליטה של גזי חממה בישראל. המרכז למחקר גרעיני, נחל שורק (דו"ח ממ"ג 2865)
9. נאוה, ז. 1995. שינויים גלובליים וערעור יציבות האקלים – השלכות ומסקנות מעשיות עבור שימור הצומח והנוף הים-תיכוני. *אקולוגיה וסביבה*, 2:207-212.
10. פלביץ, י., א. מינגלגרין, א. ברגרזון וי. ארנון. 1998. כלים כלכליים לשמירה על איכות הסביבה. המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים.

Benioff, R., E. Ness. and J. Hirst. 1997. *National Climate Change Action Plans: Interim report for developing and transition countries*. U.S. Country Studies Program, Washington, DC, USA.

European Commission. 1998. ExternE – Externalities of Energy web site. **שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא.**

Fletcher, S.R. 1999. Global Climate Change The Kyoto Protocol. Congressional Research Service Issue Brief 98-2. The Committee for the National Institute for the Environment, Washington, DC.

Forsyth, T. 1998. Technology transfer and the climate change debate. *Environment* 40:16-20, 39-43.

Ginsberg, G., A. Serri, E. Fletcher, and J. Shemer. 1998. Mortality from vehicular particulate emissions in Tel Aviv-Jafo. *World Transport Policy & Practice* 4:27-31.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 1995. Climate change 1995: *The Science of Climate Change*, J.T. Houghton et al., eds. Cambridge University Press, Cambridge, England.

- Issar, A.S. 1995. Climate change and the history of the Middle East. *American Scientist* 83:350-355.
- Issar, A.S. 1998. Climate change and history during the Holocene in the eastern Mediterranean region. In: *Water, Environment and Society in the Times of Climatic Change*. A.S. Issar and N. Brown, eds. Kluwer Acad. Pub., Dordrecht, Netherland.
- Parker, L. 1999. Global Climate Change: Market-based strategies to reduce greenhouse gases. Congressional Research Service Issue Brief 97-057. The Committee for the National Institute for the Environment, Washington, DC.
- Segal, M., H. Shafir, M. Mandel, P. Alpert, Y. Balmor. 1992. Climatic-related evaluations of the summer peak-hours' electric load in Israel. *Journal of Applied Meteorology* 31:1492-1498.
- United States Government. 1997. *Climate Action Report – 1997*. U.S. Department of State Publication number 10496.

נספחים

נספח 1: ממצאי הפנל הבינלאומי לשינויי אקלים

להלן תמצית המסקנות בנושא שינויי אקלים, ההשלכות של השינויים, ופוטנציאל ההסתגלות של הפנל הבינלאומי (International Panel on Climate Change – IPCC) משנת 1995 בנושא שינויי אקלים. ממצאים אלה נועדו להנחות את מקבלי ההחלטות ברחבי העולם בעבודתם, ולזהות שאלות מחקריות קריטיות שיש לפתור.

- פעילויות מעשה ידי אדם מעלות את הריכוזים האטמוספריים של דו-תחמוצת הפחמן וגזי חממה אחרים, הנוטים לחמם את האטמוספירה. באזורים מסוימים, גזים אלה אף מעלים את ריכוזי הארוסולים (מינדפים), שהנם בעלי אפקט מקרר ברמות האזוריות.
- אקלים כדור הארץ משתנה. הטמפרטורה על פני השטח של כדור הארץ הייתה במאה האחרונה חמה יותר מאשר בכל מאה אחרת מאז שנת 1400 לספירת הנוצרים לפחות, ואולי אף חמה יותר.
- טמפרטורת פני השטח הגלובלית הממוצעת עלתה ב- 0.3-0.6, כאשר העשורים האחרונים היו החמים ביותר במאה הזו.
- גובה פני הים עלה ב- 10-25 ס"מ.
- הפשרה של קרחונים בהרים.
- המודלים המסבירים את העלויות בריכוזי גזי החממה והארוסולים (מינדפים) הגופריתיים באטמוספירה מדמים את ההיסטוריה של שינויי הטמפרטורה על פני השטח של כדור הארץ ואת ההתפשטות של השינויים האלה, בצורה מציאותית למדי.
- מאזן הראיות מלמד שיש השפעה אנושית ניכרת על האקלים הגלובלי.
- ללא קווי מדיניות נקודתיים שיגרמו להפחתת רמת פליטות גזי החממה, צפויה הטמפרטורה הממוצעת של שטח פני כדור הארץ לעלות בכ- 1.0-3.5 °C עד שנת 2001. שיעור ההתחממות הזה של כדור הארץ גבוה מאשר בכל תקופת זמן אחרת ב- 10,000 השנים האחרונות.
- אמינות התחזיות ברמה האזורית עדיין נמוכה, ועדיין לא ברור עד כמה אכן ישתנה האקלים.
- גובה פני הים צפוי לעלות 15-95 ס"מ עד שנת 2001.
- משך החיים האטמוספריים הארוכים של גזי חממה רבים, יחד עם האינרציה התרמית של האוקיינוסים, מלמדים על כך שהאפקט המחמם שגורמות הפליטות האנתרופוגניות ימשך עוד זמן רב.

- הטמפרטורות תמשכנה לעלות במשך עשרות שנים, גם לאחר התייצבות היפותטית של ריכוזי גזי החממה, וגובה פני הים ימשיך לעלות במשך מאות שנים.
- שינויי טמפרטורה אזוריים וגלובליים הנגרמים על ידי האדם, משקעים, לחות הקרקע, וגובה פני הים הנם גורמי לחץ נוספים על המערכות האקולוגיות והסוציו-אקונומיות שמושפעות כבר מזיהום האוויר, מלקיחת המשאבים שלהם, ומהיעדר התמודדות הולמת עם המצב.
- מרבית המערכות רגישות הן לסדר הגודל והן למהירות שינויי האקלים.
- השינויים הצפויים באקלים מהווים אזהרה מפני השפעות שעלולות לשבש את הכלכלה ואת איכות החיים עבור הדורות הנוכחיים והבאים.
- בריאות בני האדם תיפגע ותהיינה עליות במיתות הנגרמות כתוצאה מבעיות לב ובפוטנציאל להתפשטות מחלות המועברות על ידי חרקים (כגון מלריה, קדחת הדנגי, ודלקת המוח), ומחלות שאינן מועברות על ידי חרקים (כגון כולרה וסלמונלה).
- יהיה איום על בטיחות המזון, במיוחד באזורים טרופיים וסובטרופיים, היכן שמתגוררים רוב עניי העולם.
- משאבי המים ילכו וידלדלו, עובדה שתוביל לעלויות כלכליות, חברתיות וסביבתיות רציניות, במיוחד באזורים הדלים במים גם כן, ובמקומות בהם התחרות על המים רבה.
- לא תישאר התיישבות אנושית במקומות בהם איים קטנים, מישורי חוף ונהרות פגיעים במיוחד לעליית גובה פני הים.
- מערכות אקולוגיות טבעיות יתפרקו ככל שהרכב שלהן, התפוצה הגיאוגרפית והפרודוקטיביות שלהן ישתנו כתוצאה מהתגובה של מינים מסוימים לשינויי האקלים. מצב זה יוביל להפחתת המגוון הביולוגי, והמוצרים והשירותים שהחברה מפיקה ממערכות אקולוגיות.
- התנאים הסוציו-אקונומיים של מדינות מתפתחות הופכים אותן לפגיעות יותר לשינויי אקלים ממדינות מפותחות.
- יהיה קשה לכמת בצורה וודאית את השפעות שינויי האקלים על הבריאות ועל הסביבה, לאור אי-ודאויות בתחזיות האקלים האזורי, לאור ההשפעות המקשות עוד יותר של ריבוי לחצים, ולאור אי-הבנה של תהליכי מפתח.
- הסתגלות, הכוללת התאמת הרגלים, תהליכים ומבנים של מערכות, עשויה לעזור בהפחתת ההשפעות השליליות של שינויי האקלים, או בהתכוננות לניצול ההשפעות החיוביות שתהיינה לשינויי האקלים.
- האפשרויות לעזור למערכות האקולוגיות הטבעיות להסתגל לתנאי האקלים החדשים (באמצעות פרודורי הגירה, למשל) מוגבלות, ויעילותן טרם הוכחה.

- הצלחת ההסתגלות תלויה בחינוך, בחידושים הטכנולוגיים, בסידורים המוסדיים, בזמינות מימון, בהעברת טכנולוגיות ומידע ובשילוב בעיות הקשורות בשינויי האקלים בהחלטות פיתוח ובשימוש במשאבים. אפשרויות ההסתגלות עבור המדינות המתפתחות מוגבלות למדי בשל היכולות הטכנולוגיות, הכלכליות והחברתיות המוגבלות שלהן.
- ייצוב ריכוזי דו-תחמוצת הפחמן באטמוספירה לכדי פי שלושה או פחות מהריכוז הטרומ-תעשייתי, ידרוש הפחתת פליטות גזי החממה הנגרמות על ידי בני אדם לרמות נמוכות יותר מרמות הפליטה כיום.
- רווחים של 10-30 אחוזים מעל הרמות הנוכחיות של יעילות האנרגיה אפשריים במהלך עשרים עד שלושים השנים הבאות, בעלות נמוכה אם בכלל, בחלקים רבים של העולם, באמצעות אמצעי שימור טכניים ודרכי התמודדות משופרים.
- ניתן יהיה להגיע להפחתות משמעותיות בפליטות גזי חממה על ידי שימוש במגוון טכנולוגיות וקווי מדיניות שיאיצו את הפיתוח הטכנולוגי, ואת הפצת והעברת הטכנולוגיה לכל המגזרים.
- קווי מדיניות גמישים, ובעלות אפקטיביות (cost-effective) הנשענים על תמריצים כלכליים ועל צעדים מתואמים ברמה בינלאומית, עשויים להפחית משמעותית את עלויות ההסתגלות להשפעות שינויי האקלים וההפחתה.

נספח 2: מהלך פיתוח התכנית

שלבים שבוצעו (או בשלבי ביצוע)



נספח 3: המוסדות השותפים ליישום התכנית

| תכניות קיימות | תחום מעורבות | מגזרים | משרדי ממשלה |
|---------------|---|---|---|
| | <p>הפדנת פלטות מיתרמה מודתם בסמס</p> <p>תשטתמשקזת, מספדן, רחצות תנחין עד</p> <p>י"א, רסמס בולגנים</p> <p>הפדנת פלטות, תרסדנלשטי י"א קלם, י"א זע</p> <p>יעלתשמשט אורגיה, י"א עד</p> <p>שטימילקם, יעלתחסבה</p> | <p>מלמדיתשק</p> <p>מלמדיתשק</p> <p>מגדמ, רחבה, סאלת</p> <p>תקלות</p> <p>תעשה, אורגיה, בניה</p> <p>רחבה, אורגיה</p> <p>אורגיה, תעשה, רחבה</p> | <p>המשרד לאיכות הסביבה</p> <p>משרד האוצר</p> <p>משרד הבריאות</p> <p>משרד החוץ</p> <p>משרד החקלאות</p> <p>משרד המסחר והתעשייה</p> <p>משרד התחבורה</p> <p>משרד התשתיות הלאומיות</p> |
| | <p>שטימילקם, מספדן עד</p> <p>תקקה ערות, רחמן בניה, טפלגסאלת</p> <p>מערלגס טבעי, יעלתערסד י"א עד</p> <p>תקם לבניה, י"א אורגיה עד</p> <p>טפגלגת תרסדנלשטי י"א קלם, י"א זע</p> <p>תרסדנלשטי י"א קלם, י"א זע</p> <p>תרסדנלשטי י"א קלם, י"א זע</p> | <p>י"א אורגיה</p> <p>מגדמ, תעשה, סאלת</p> <p>י"א אורגיה</p> <p>בניה, תעשה, רחבה</p> <p>תקלות, י"א</p> <p>תקלות, מגם</p> <p>בניה, תעשה, רחבה</p> <p>מלמדיתשק</p> <p>מלמדיתשק</p> <p>תעשה, אורגיה</p> | <p>מוסדות וארגונים נוספים</p> <p>בתי זיקוק נפט</p> <p>הרשות לשילטון המקומי</p> <p>חברת החשמל לישראל</p> <p>מכון התקנים הישראלי</p> <p>מכון וולקני למחקר חקלאי</p> <p>קרן קיימת לישראל</p> <p>תה"ל - תכנון המים לישראל</p> <p>התאחדויות המהנדסים,</p> <p>הקבלנים והאדריכלים</p> <p>אוניברסיטאות</p> <p>אירגוני סביבה, קהילה</p> <p>ומדיניות לאומית</p> <p>נציגי התעשייה</p> |
| תלאלעזל | | | |
| תלאלעד | | | |
| | <p>תקקה ערות, רחמן בניה, תגמה קדם ימות</p> <p>טפגלגת מדינת, תרסדנלשטי י"א קלם, י"א זע</p> <p>מדתצפדח, תגמה קדם ימות</p> | | |

נספח 4: בניית התרחישים לצמצום פליטות של גזי חממה

לצורך בחינת המשמעויות של עמידה באמנת קיוטו על המשק הישראלי, נבחנו מספר תסריטים של צפי פעילויות כלכליות עתידיות. כל התסריטים מניחים כי במצב עסקים רגיל (BAU) יחל גידול של 3.5% בפליטות CO₂ בכל שנה. לצורך בחינת העלויות הכלכליות של הורדת רמת ה-CO₂ הורצו מספר חלופות לפי העקרונות הבאים:

נערכו שתי הרצות להפחתת GHG בשלב הראשון ועליהן התווספו עוד שתי הרצות בשלב השני.

בשלב הראשון הונחו שני הנחות בנוגע למדיניות עתידית:

1. גז טבעי ייכנס למעגל ייצור האנרגיה בהדרגה החל משנת 2002 (3 שנים לאחר תחילת ההרצה).

2. טיפול במטמנות ייערך בהדרגה עד לשנת 2002 ומשם ואילך ההנחה כי ישנו טיפול כולל.

העלויות הנלוות למעבר הינם SUNK COST וכך התייחסנו אליהן בדו"ח.

בשלב השני נערכו שתי הרצות נוספות הזוהות בעיקרן לשתי ההרצות המקוריות

פרט לכך שתרחיש הגז הטבעי לא נלקח בחשבון. לכן ההפרש מהווה אינדיקציה לעלות הכלכלית שהמשק יספוג במידה ולא יעבור לגז טבעי וייכנס למעגל הפחתות GHG כתוצאה מאישרור אמנת קיוטו (ANNEX -1).

שיטת העבודה:**שלב א'**

השלב הראשוני היה כרוך בבדיקת כמויות ה-GHG אשר על המשק להפחית מדי שנה עד ל- 2010 ו- 2015 אם ברצונו להגיע בשנים אלו לפליטות ששררו במשק בשנת 1996. ההפחתה מוגדרת כהפרש בין הפליטות בתרחיש "עסקיים כרגיל" לבין הפליטות בתרחישים 1 ו- 2 (2010 ו- 2015 בהתאמה).

הנחה: הפחתות מצטברות בקצב ליניארי בין השנים 2000 ל- 2010 ו- 2015. התוצאות מעוגלות לאלפי טון שווה ערך CO₂.

שלב ב':

צירוף תרחישי גז טבעי + מטמנות אשר מהווים גורם אקסוגני למודל כפי שהוסבר לעיל.

שלב ג'

בחינה של מיסוי מוצרים בהתאם לרמת ה-CO₂ באותו מוצר. שני המוצרים המרכזיים הינם: דלקים וחשמל. לשם כך בחנו את מרכיב ה-CO₂ בדלקים וחשמל.

שלב ד'

קישור בין עליית מחיר דלקים וחשמל לבין ירידת הכמות הנצרכת. ולכן ירידה בפליטת ה-CO₂ לשם כך אמדנו את עקומת הביקוש (אקספוננציאלית וליניארית) עבור דלקים וחשמל לסקטורים השונים. נבחן גמישות המחיר לכל סוג מוצר. בחינה זאת מאפשרת לקשר בין שינוי במחיר לשינוי בכמות המבוקשת.

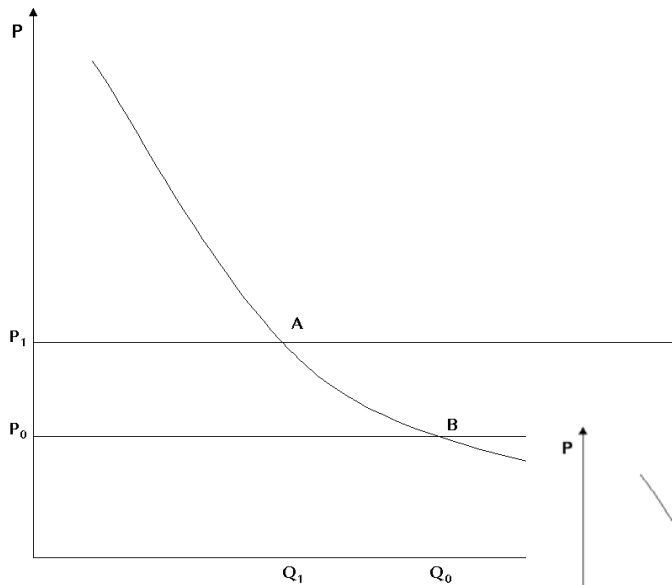
אזהרה: ניתוח זה לוקח בחשבון רק עליית מחיר ככלי להורדת כמות, אך ברור שניתן להוריד זיהום ע"י מעבר לטכנולוגיות חילופיות. זאת בהנחה שהדבר יעיל יותר להשגת אותה מטרה נתונה. המשמעות הנובעת מכך היא שיש להתייחס לתוצאות המוצגות כאן כאל חסם עליון (המעבר לשימוש לטכנולוגיות אחרות יתבצע רק בתנאי שהמעבר הנ"ל יעיל יותר).

שלב ה':

בשלב זה נערכו חישובים כלכליים על העלות למשק. הדגש כאן הוא על הבדל בין עלות הכלכלית לעומת העלות החשבונאית. זאת מכיוון שהעלות הכלכלית לוקחת בחשבון את הפסד הרווחה הכולל למשק (כפי שנגזר מעקומת הביקוש) ולא רק את תוספת העלות הפיננסית. הבדל בין השניים נובע מצמצום צריכת חלק מהמוצרים הנובע מעליית מחירים במשק.

הבהרה גרפית ניתנת בגרפים הבאים:

עליית מחיר מ- P_0 ל- P_1
 גורמת להפסד רווחה לסקטור הפרטי
 בגובה השטח P_1ABP_0

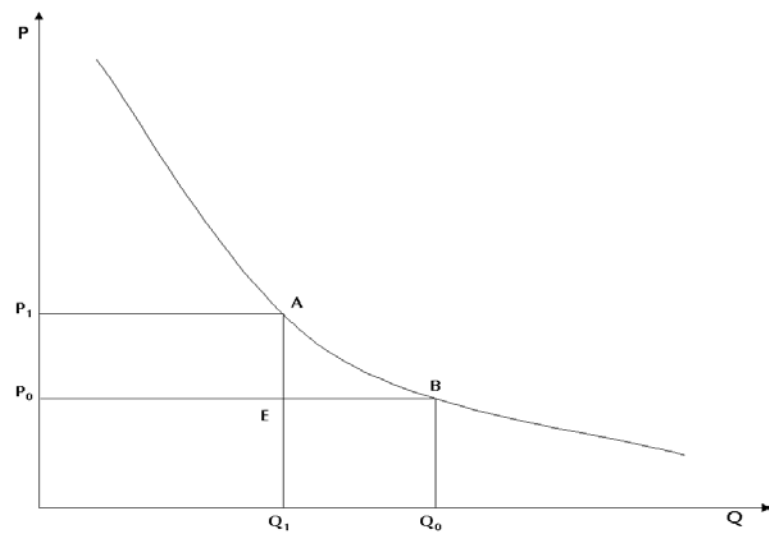


עלויות הפחתה: גמישות קבועה, היבט

משקי

עליית מחיר מ- P_0 ל- P_1 מורידה את הכמות המבוקשת מ- Q_0 ל- Q_1 השטח P_1AEP_0 עובר לממשלה (ומחליף מיסים אחרים). השטח ABE הוא הפסד הרווחה האמיתי למשק.

תרשים ב1 -



חישובי תועלת (אבודה) ועלות (נחסכת) ניתנים במונחי עודף צרכן ויצרן בהתאמה:

$$P = B_0 * Q^{-B1}$$

$$TB = \frac{B_0}{(1 - B1)} * \{Q_0^{1-B1} - Q_1^{1-B1}\}$$

$$TC = (Q_0 - Q_1) * P_0$$

$$TAX = (P_1 - P_0) * Q_1$$

$$NET COST = TB - TC$$

המודל הוא מודל כלכלי דינמי המתואר ב- 13 המשוואות הבאות

1. $GDP_t = (1+\delta)^t \cdot GDP_0$
2. $POP_t = (1+\gamma)^t \cdot POP_0$
3. $CO2_{t,Bau} = (1+\nu)^t \cdot CO2_0$
4. $CO2_T = \kappa$
5. $CO2_t = \frac{CO2_0 - \kappa}{T}$
6. $ABT_t = CO2_{t,r Bau} = CO2_{t,ri}$
7. $TAX_t = \tau_t \cdot CO2_{t,ri}$
8. $DWL_t = [Bo/(1-B_1)] [CO2_{t-1}^{(1-B_1)} - CO2_t^{(1-B_1)}]$
9. $CS_t = TAX_t + DWL_t$
10. $DD_t = \alpha \cdot (TAX_t)$
11. $Ebhj = \lambda_{hj} \cdot (ABT_{hj,t})$
12. $P_t = B_0 \cdot Q_t^{-B_1}$
13. $NC_t = DWL_t - DD_t - \sum_h \sum_j EB_{hj}$

כאשר:

| | | |
|---|---|------------------------------|
| תוצר לנפש (מיליוני \$) | = | GDP |
| אוכלוסיה (מיליונים) | = | POP |
| פליטות גזי חממה עפ"י תרחיש "עסקים כרגיל" (Kton) | = | CO ₂ Bau |
| רמת פליטות בשנת יעד (Kton) | = | COT ₂ |
| פליטות גזי חממה בתרחיש i (Kton) | = | CO ₂ _i |
| הפחתות (Kton) | = | ABT |
| מיסים (מיליוני \$) | = | TAX |
| נטל עודף (מיליוני \$) | = | DWL |
| שינוי ברווחת צרכני גזי חממה (מיליוני \$) | = | ΔCS |
| אפקט הדיווידנט הכפול (מיליוני \$) | = | DD |
| תועלת מגזים נילוויים. (j בסקטור h) (מיליוני \$) | = | EB _{hj} |
| מחיר גזי חממה בסקטור h (\$) ליחידת מוצר בסקטור) | = | P _h |
| כמות גזי חממה (כמות ב - Kton בסקטור h) | = | Q |
| % גידול בתוצר לנפש | = | δ |
| % גידול באוכלוסיה | = | γ |
| % גידול בפליטות גזי חממה | = | υ |
| הפחתת יעד | = | κ |
| מקדם דיווידנד כפול | = | α |
| מס | = | τ |
| מקדם תחלופה צולב לגז j בסקטור h | = | λ _{ij} |

הנחות כלליות:

1. שיעור גידול אוכלוסייה – 2.5% לשנה.
2. גידול בפליטות GHG – 3.5% לשנה בתרחיש "עסקים כרגיל".
3. תרחיש גז טבעי נלקח על בסיס ניתוח דינמי במשרד התשתיות הלאומיות.
4. תרחיש המטמנות מניח טיפול ב- 75% מהפסולת המוצקה החל משנת 2002 (ירידה הדרגתית למספר זה בשנים 2000-2002).

התרחישים:

1. הפחתה לשנת בסיס 1996 בשנת יעד 2010.
2. הפחתה לשנת בסיס 1996 בשנת יעד 2015.
3. זהה ל- 1 בלי גז טבעי.
4. זהה ל- 2 בלי גז טבעי.

נספח 5: ניתוח ההשלכות של מס פחמן

ממצאים עיקריים:

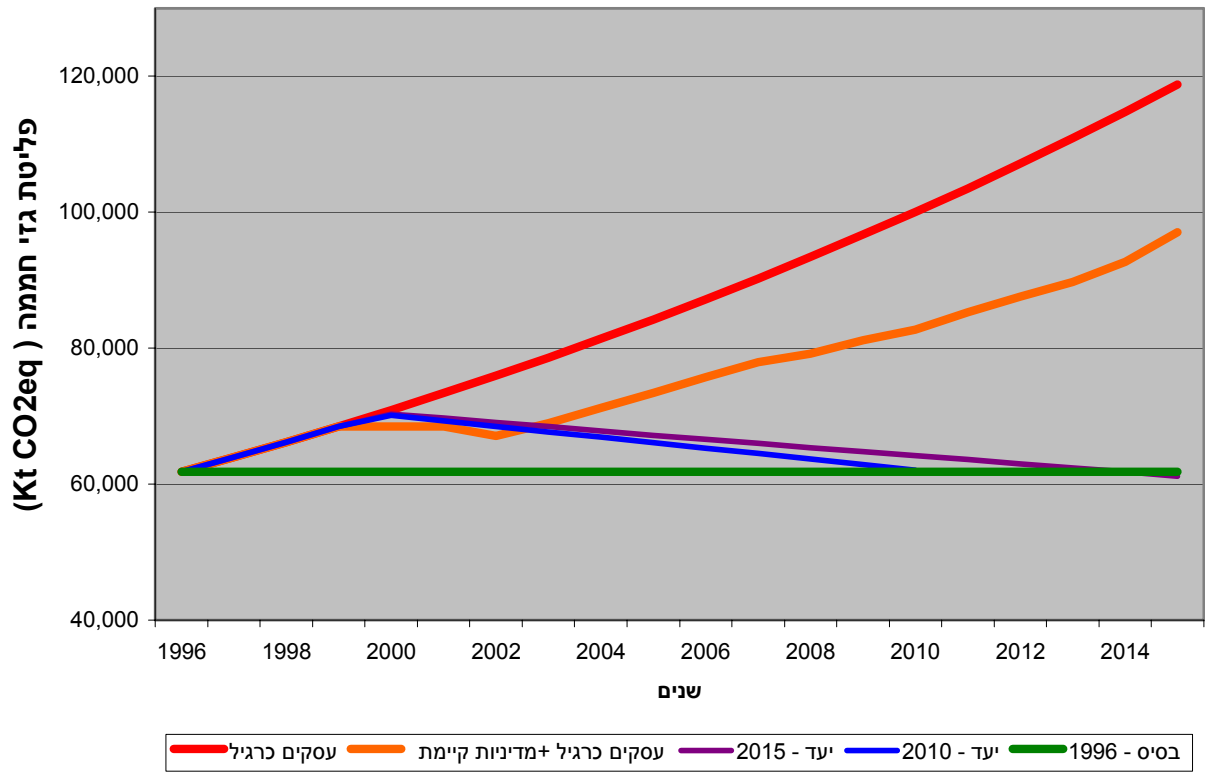
- פליטות GHG בשנת 1996 – 61,800 Kton
- פליטות GHG בשנת 2010 בתרחיש "עסקים כרגיל" 100,000 Kton
- פליטות GHG בשנת 2015 בתרחיש "עסקים כרגיל" 118,000 Kton

מכאן נובע תנאי הפחתות אשר מתואר בטבלה מס' 1-4.A1 ותרשים : 1-4A.

טבלה 1-4.A

| CO ₂ 2015 | | CO ₂ 2010 | | CO ₂ BAU | שנה |
|----------------------|--------|----------------------|--------|---------------------|------|
| % | | % | | | |
| 0% | 61,800 | 0% | 61,800 | 61,800 | 1996 |
| 0% | 64,000 | 0% | 64,000 | 64,000 | 1997 |
| 0% | 66,200 | 0% | 66,200 | 66,200 | 1998 |
| 0% | 68,500 | 0% | 68,500 | 68,500 | 1999 |
| 1% | 70,300 | 1% | 70,100 | 70,900 | 2000 |
| 5% | 69,700 | 6% | 69,300 | 73,400 | 2001 |
| 9% | 69,100 | 10% | 68,500 | 76,000 | 2002 |
| 13% | 68,500 | 14% | 67,700 | 78,600 | 2003 |
| 17% | 67,800 | 18% | 66,900 | 81,400 | 2004 |
| 20% | 67,200 | 21% | 66,100 | 84,200 | 2005 |
| 24% | 66,600 | 25% | 65,300 | 87,200 | 2006 |
| 27% | 66,000 | 28% | 64,500 | 90,200 | 2007 |
| 30% | 65,400 | 32% | 63,700 | 93,400 | 2008 |
| 33% | 64,800 | 35% | 62,900 | 96,700 | 2009 |
| 36% | 64,200 | 38% | 62,100 | 100,000 | 2010 |
| 39% | 63,600 | | | 103,500 | 2011 |
| 41% | 63,000 | | | 107,200 | 2012 |
| 44% | 62,400 | | | 110,900 | 2013 |
| 46% | 61,800 | | | 114,800 | 2014 |
| 48% | 61,200 | | | 118,800 | 2015 |

איור 4.1.A: תרחישים אפשריים של פליטת גזי חממה בישראל, 1996-2015 (Kilotons CO₂ equivalents).



השלכות מדיניות גז טבעי ופסולת מוצקה ניתנת בטבלה 2-5.A

טבלה 2-5.A

| פסולת מוצקה | | השמל | | שנה |
|---------------|--------|----------|--------|------|
| טיפול במטמנות | BAU | תרחיש גז | BAU | |
| 8,900 | 8,900 | 30,900 | 30,900 | 1999 |
| 6,800 | 9,180 | 31,900 | 31,900 | 2000 |
| 4,600 | 9,500 | 33,500 | 33,500 | 2001 |
| 2,500 | 9,800 | 32,800 | 34,400 | 2002 |
| 2,600 | 10,200 | 33,600 | 35,600 | 2003 |
| 2,600 | 10,500 | 34,400 | 36,700 | 2004 |
| 2,700 | 10,900 | 35,100 | 37,700 | 2005 |
| 2,800 | 11,300 | 35,900 | 38,900 | 2006 |
| 2,900 | 11,700 | 36,700 | 40,100 | 2007 |
| 3,000 | 12,100 | 37,000 | 42,100 | 2008 |
| 3,100 | 12,500 | 37,895 | 44,000 | 2009 |
| 3,200 | 12,900 | 38,400 | 46,000 | 2010 |
| 3,300 | 13,400 | 39,200 | 47,300 | 2011 |
| 3,500 | 13,900 | 39,900 | 49,100 | 2012 |
| 3,600 | 14,400 | 40,600 | 51,000 | 2013 |
| 3,700 | 14,900 | 41,400 | 52,300 | 2014 |
| 3,900 | 15,400 | 43,900 | 54,100 | 2015 |

השלכות מדיניות זאת מתוארת גרפית באיור 1-5.A ע"י הקו המייצג "מדיניות קיימת".

- בהתייחס להתחייבויות הפחתה מתרחישי הבסיס ניתן לומר שאפשר להפחית 46% ו-38% מהפחתות היעד לשנים 2010 ו-2015 בהתאמה, ללא עלויות פיננסיות נוספות.

נובע מכאן שיש צורך הפחית עוד:

20,600 KTON CO₂ עד לשנת 2010
35,900 KTON CO₂ עד לשנת 2015.

כפי שהוסבר לעיל הנחת העבודה כאן היא בניהול ביקושים.

בנוסף צירפנו לניתוח שני אפקטים נוספים:

1. DOUBLE DIVIDAND הנובע מהפחתת מיסי הכנסה ומקטין את אי יעילות מתמרוץ השלילי לצאת לעבודה זאת לעומת "מסים ירוקים" (29%).
2. תועלת מוניטריות הנובעות מהפחתת גזים נלווים (תועלת מהקטנת נזקים הנובעים מהגזים הנ"ל).
SO₂ - \$3510 לטון
NOX - \$2640 לטון
PM10 - \$10642 לטון

תרחיש בסיס ללא גז-חשמל – 2010

| שנה | PNG | PBAU /LF | QNG | QBAU/ GF | PML (מיליוני \$) | TAX (מיליוני \$) | EB-DP | EB Tot. PM10 NOX SO2 |
|-----|------|----------|------|----------|---------------------|---------------------|-------|----------------------------|
| 99 | 7.2 | 7.2 | 31.4 | 31.4 | | | | |
| 00 | 7.8 | 7.8 | 31.7 | 31.7 | | | | |
| 01 | 8.5 | 8.5 | 31.6 | 31.6 | | | | |
| 02 | 9.2 | 9.9 | 30.9 | 31.0 | 14.78 | 215.0 | 63.35 | |
| 03 | 10.0 | 10.7 | 30.8 | 30.9 | 19.01 | 221.0 | 64.09 | |
| 04 | 10.8 | 11.6 | 30.5 | 30.6 | 27.40 | 234.0 | 67.86 | |
| 05 | 11.7 | 12.6 | 29.9 | 30.0 | 40.30 | 248.9 | 72.18 | |
| 06 | 12.7 | 13.6 | 29.4 | 29.5 | 45.10 | 248.2 | 71.98 | |
| 07 | 13.8 | 14.9 | 28.5 | 28.5 | 74.00 | 291.5 | 84.54 | |
| 08 | 15.0 | 16.3 | 27.1 | 27.4 | 61.23 | 327.1 | 94.86 | |
| 09 | 16.3 | 17.3 | 26.1 | 26.4 | 105.60 | 241.8 | 70.21 | |
| 10 | 17.7 | 19.2 | 24.2 | 24.8 | 197.52 | 304.5 | 88.31 | |

תרחיש בסיס ללא גז-דלק – 2010

| שנה | PNG (מיליוני \$) | PBAU/ LF | QNG | QBAU/GF | PML (מיליוני \$) | TAX (מיליוני \$) | EB-DP | EB TOF PM10 NOX SO2 |
|-----|---------------------|-------------|--------|---------|---------------------|---------------------|-------|---------------------------|
| 99 | 690.0 | 690.0 | 4336.0 | 4336.0 | | | | |
| 00 | 748.7 | 748.7 | 4392.4 | 4392.4 | | | | |
| 01 | 812.3 | 812.3 | 4439.0 | 4439.0 | | | | |
| 02 | 881.7 | 982.8 | 4474.1 | 4297.1 | 4.28 | 40.22 | | |
| 03 | 956.2 | 1072.7 | 4495.7 | 4285.5 | 6.82 | 44.32 | | |
| 04 | 1037.5 | 1173.9 | 4501.4 | 4245.9 | 10.58 | 49.08 | | |
| 05 | 1125.7 | 1268.9 | 4488.6 | 4212.1 | 14.03 | 48.27 | | |
| 06 | 1221.4 | 1387.4 | 4454.5 | 4122.7 | 20.39 | 50.81 | | |
| 07 | 1325.2 | 1506.9 | 4395.6 | 4019.5 | 38.09 | 49.13 | | |
| 08 | 1437.9 | 1696.4 | 4308.3 | 3755.2 | 48.52 | 55.72 | | |
| 09 | 1560.1 | 1863.7 | 4188.2 | 3513.5 | 68.87 | 47.97 | | |
| 10 | 1692.7 | 1929.6 | 4030.6 | 3486.6 | 60.96 | 28.05 | | |

תרחיש בסיס – ללא גז – דלק – 2015

| שנה | דלק | דלק NNG/2015 | מחירים (במיליוני \$) | TAX (במיליוני \$) | DWL (במיליוני \$) |
|-----|-------|-----------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| 99 | 4,336 | 4,336 | 690 | | |
| 00 | 4,488 | 4,415 | 735 | | |
| 01 | 4,645 | 4,489 | 783 | | |
| 02 | 4,807 | 4,389 | 952 | 495.99 | 3.68 |
| 03 | 4,976 | 4,423 | 1,035 | 612.87 | 6.01 |
| 04 | 5,150 | 4,442 | 1,130 | 761.10 | 9.49 |
| 05 | 5,330 | 4,463 | 1,226 | 897.39 | 13.54 |
| 06 | 5,517 | 4,467 | 1,339 | 1082.41 | 19.47 |
| 07 | 5,710 | 4,460 | 1,463 | 1289.66 | 27.18 |
| 08 | 5,910 | 4,335 | 1,392 | 1827.03 | 49.26 |
| 09 | 6,116 | 4,248 | 1,904 | 2267.04 | 72.80 |
| 10 | 6,330 | 4,127 | 2,163 | 2804.13 | 107.74 |
| 11 | 6,552 | 4,060 | 2,384 | 3214.01 | 139.02 |
| 12 | 6,781 | 3,938 | 2,683 | 3797.00 | 189.34 |
| 13 | 7,019 | 3,793 | 3,037 | 4473.81 | 257.38 |
| 14 | 7,264 | 3,678 | 3,381 | 5114.84 | 327.696 |
| 15 | 7,519 | 3,612 | 3,675 | 5682.35 | 387.01 |

טבלה 4

טבלה מס' 4 - חשמל

| extra benefit spm | extra benefit nox | extra benefit so2 | extra benefit dd | נשל עודף | הקבולי מס | מחירי חשמל | צריכת חשמל bau | צריכת חשמל | % CO2 | CO2adj | CO2bau | שנה |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------|-----------|------------|-------------------|------------|----------|-----------|--------|------|
| | | | | | | 7.20 | 31.40 | 31.40 | | 30,900.00 | 30900 | 1999 |
| 5.77 | 8.95 | 33.31 | 5.63 | 2.36 | 19.42 | 7.81 | 32.50 | 31.73 | 1.01 | 31,222.13 | 31900 | 2000 |
| 12.26 | 19.01 | 70.76 | 11.68 | 13.23 | 40.27 | 8.48 | 33.64 | 31.56 | 0.99 | 31,060.05 | 32500 | 2001 |
| 19.36 | 30.01 | 111.73 | 17.96 | 37.87 | 61.93 | 9.20 | 34.81 | 31.02 | 0.98 | 30,526.23 | 32800 | 2002 |
| 27.59 | 42.78 | 159.27 | 24.86 | 71.99 | 85.71 | 9.98 | 36.03 | 30.85 | 0.99 | 30,358.79 | 33600 | 2003 |
| 36.88 | 57.18 | 212.85 | 32.13 | 122.18 | 110.80 | 10.83 | 37.29 | 30.56 | 0.99 | 30,068.55 | 34400 | 2004 |
| 47.17 | 73.14 | 272.29 | 39.60 | 194.63 | 136.57 | 11.75 | 38.60 | 30.04 | 0.98 | 29,558.87 | 35100 | 2005 |
| 58.85 | 91.24 | 339.66 | 47.37 | 290.91 | 163.34 | 12.75 | 39.95 | 29.46 | 0.98 | 28,987.97 | 35900 | 2006 |
| 71.91 | 111.49 | 415.06 | 55.19 | 418.82 | 190.30 | 13.83 | 41.35 | 28.71 | 0.97 | 28,253.46 | 36700 | 2007 |
| 85.35 | 132.34 | 492.66 | 62.03 | 600.27 | 213.91 | 15.00 | 42.79 | 27.41 | 0.95 | 26,974.33 | 37000 | 2008 |
| 101.72 | 157.71 | 587.12 | 69.44 | 813.52 | 239.43 | 16.28 | 44.29 | 26.37 | 0.96 | 25,952.18 | 37900 | 2009 |
| 118.77 | 184.15 | 685.52 | 75.39 | 1,098.48 | 259.95 | 17.66 | 45.84 | 24.85 | 0.94 | 24,449.60 | 38400 | 2010 |

| extra benefit spm | extra benefit nox | extra benefit so2 | extra benefit dd | נשל עודף | הקבולי מס | מחירי חשמל | צריכת חשמל bau | צריכת חשמל | % CO2 | CO2adj | CO2bau | שנה |
|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------|-----------|------------|-------------------|------------|----------|-----------|--------|------|
| | | | | | | 7.20 | 31.40 | 31.40 | | 30,900.00 | 30900 | 1999 |
| 4.41 | 6.84 | 25.47 | 4.33 | 1.43 | 14.92 | 7.67 | 32.50 | 31.89 | 1.02 | 31,381.63 | 31900 | 2000 |
| 9.28 | 14.40 | 53.59 | 8.95 | 8.31 | 30.85 | 8.17 | 33.64 | 31.92 | 1.00 | 31,409.42 | 32500 | 2001 |
| 14.52 | 22.51 | 83.79 | 13.72 | 24.07 | 47.31 | 8.70 | 34.81 | 31.60 | 0.99 | 31,094.81 | 32800 | 2002 |
| 20.49 | 31.76 | 118.25 | 18.96 | 44.69 | 65.38 | 9.26 | 36.03 | 31.70 | 1.00 | 31,193.68 | 33600 | 2003 |
| 27.10 | 42.01 | 156.40 | 24.51 | 74.22 | 84.53 | 9.86 | 37.29 | 31.72 | 1.00 | 31,217.25 | 34400 | 2004 |
| 34.30 | 53.18 | 197.98 | 30.27 | 116.11 | 104.38 | 10.51 | 38.60 | 31.57 | 1.00 | 31,071.03 | 35100 | 2005 |
| 42.33 | 65.63 | 244.33 | 36.35 | 169.94 | 125.36 | 11.19 | 39.95 | 31.43 | 1.00 | 30,927.97 | 35900 | 2006 |
| 51.16 | 79.33 | 295.31 | 42.65 | 239.59 | 147.08 | 11.92 | 41.35 | 31.19 | 0.99 | 30,690.41 | 36700 | 2007 |
| 60.05 | 93.11 | 346.62 | 48.45 | 339.43 | 167.08 | 12.69 | 42.79 | 30.43 | 0.98 | 29,946.22 | 37000 | 2008 |
| 70.76 | 109.70 | 408.40 | 55.07 | 449.18 | 189.89 | 13.52 | 44.29 | 30.07 | 0.99 | 29,589.12 | 37900 | 2009 |
| 81.66 | 126.61 | 471.34 | 61.07 | 595.97 | 210.60 | 14.39 | 45.84 | 29.27 | 0.97 | 28,808.15 | 38400 | 2010 |
| 94.20 | 146.06 | 543.74 | 67.40 | 766.51 | 232.42 | 15.33 | 47.45 | 28.59 | 0.98 | 28,134.86 | 39200 | 2011 |
| 107.64 | 166.89 | 621.29 | 73.30 | 976.95 | 252.77 | 16.33 | 49.11 | 27.70 | 0.97 | 27,256.81 | 39900 | 2012 |
| 122.26 | 189.56 | 705.70 | 78.77 | 1,230.77 | 271.62 | 17.39 | 50.83 | 26.66 | 0.96 | 26,239.03 | 40600 | 2013 |
| 135.16 | 209.56 | 780.13 | 81.79 | 1,566.57 | 282.04 | 18.52 | 52.61 | 24.92 | 0.93 | 24,524.41 | 40400 | 2014 |
| 162.49 | 251.93 | 937.87 | 91.56 | 1,830.01 | 315.72 | 19.72 | 54.45 | 25.22 | 1.01 | 24,814.36 | 43900 | 2015 |

דלק

| extra benefit spm | extra benefit nox | extra benefit dd | נטל עורף | תקבולי מס | מחירי דלק | צריכת דלק bau | צריכת דלק | % CO2 | CO2adj | CO2bau | שנה |
|----------------------|----------------------|------------------------|----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-------|-----------|----------|------|
| | | | | | 690.00 | 4,336.00 | 4,336.00 | | 19,600.00 | 19600 | 1999 |
| 1,926.76 | 11,562.53 | 74.71 | 2.80 | 257.61 | 748.65 | 4,487.76 | 4,392.40 | 1.01 | 19,854.92 | 20286 | 2000 |
| 4,157.90 | 24,951.66 | 157.42 | 12.58 | 542.83 | 812.29 | 4,644.83 | 4,439.04 | 1.01 | 20,065.76 | 20996.01 | 2001 |
| 6,733.22 | 40,406.16 | 248.25 | 31.88 | 856.04 | 881.33 | 4,807.40 | 4,474.14 | 1.01 | 20,224.44 | 21730.87 | 2002 |
| 9,697.47 | 58,194.70 | 347.11 | 63.89 | 1,196.94 | 956.24 | 4,975.66 | 4,495.68 | 1.00 | 20,321.82 | 22491.45 | 2003 |
| 13,101.02 | 78,619.46 | 453.66 | 112.67 | 1,564.33 | 1,037.52 | 5,149.81 | 4,501.37 | 1.00 | 20,347.54 | 23278.65 | 2004 |
| 17,000.50 | 102,020.35 | 567.17 | 183.31 | 1,955.74 | 1,125.71 | 5,330.05 | 4,488.61 | 1.00 | 20,289.85 | 24093.4 | 2005 |
| 21,459.62 | 128,779.61 | 686.46 | 282.21 | 2,367.09 | 1,221.40 | 5,516.60 | 4,454.46 | 0.99 | 20,135.48 | 24936.67 | 2006 |
| 26,549.99 | 159,327.06 | 809.73 | 417.37 | 2,792.16 | 1,325.22 | 5,709.68 | 4,395.59 | 0.99 | 19,869.38 | 25809.46 | 2007 |
| 32,352.16 | 194,145.95 | 934.37 | 598.76 | 3,221.97 | 1,437.86 | 5,909.52 | 4,308.26 | 0.98 | 19,474.59 | 26712.79 | 2008 |
| 38,956.64 | 233,779.59 | 1,056.78 | 838.82 | 3,644.06 | 1,560.08 | 6,116.36 | 4,188.20 | 0.97 | 18,931.90 | 27647.74 | 2009 |
| 46,465.22 | 278,838.73 | 1,172.02 | 1,152.98 | 4,041.46 | 1,692.69 | 6,330.43 | 4,030.64 | 0.96 | 18,219.67 | 28615.41 | 2010 |

| extra benefit spm | extra benefit nox | extra benefit dd | נטל עורף | תקבולי מס | מחירי דלק | צריכת דלק bau | צריכת דלק | % CO2 | CO2adj | CO2bau | שנה |
|----------------------|----------------------|---------------------|----------|-----------|-----------|------------------|-----------|-------|-----------|----------|------|
| | | | | | 690.00 | 4,336.00 | 4,336.00 | | 19,600.00 | 19600 | 1999 |
| 1,473.41 | 8,841.94 | 57.42 | 1.64 | 198.01 | 734.85 | 4,487.76 | 4,414.83 | 1.02 | 19,956.35 | 20286 | 2000 |
| 3,149.07 | 18,897.65 | 120.57 | 7.22 | 415.75 | 782.62 | 4,644.83 | 4,488.97 | 1.02 | 20,291.46 | 20996.01 | 2001 |
| 5,049.49 | 30,302.11 | 189.64 | 17.93 | 653.93 | 833.49 | 4,807.40 | 4,557.48 | 1.02 | 20,601.14 | 21730.87 | 2002 |
| 7,199.52 | 43,204.47 | 264.79 | 35.22 | 913.06 | 887.66 | 4,975.66 | 4,619.32 | 1.01 | 20,880.69 | 22491.45 | 2003 |
| 9,626.62 | 57,769.54 | 346.08 | 60.84 | 1,193.38 | 945.36 | 5,149.81 | 4,673.34 | 1.01 | 21,124.87 | 23278.65 | 2004 |
| 12,361.13 | 74,179.37 | 433.49 | 96.91 | 1,494.78 | 1,006.81 | 5,330.05 | 4,718.24 | 1.01 | 21,327.83 | 24093.4 | 2005 |
| 15,436.55 | 92,635.06 | 526.84 | 146.03 | 1,816.67 | 1,072.25 | 5,516.60 | 4,752.57 | 1.01 | 21,483.03 | 24936.67 | 2006 |
| 18,889.91 | 113,358.72 | 625.80 | 211.27 | 2,157.92 | 1,141.95 | 5,709.68 | 4,774.73 | 1.00 | 21,583.19 | 25809.46 | 2007 |
| 22,762.07 | 136,595.63 | 729.83 | 296.40 | 2,516.64 | 1,216.17 | 5,909.52 | 4,782.92 | 1.00 | 21,620.19 | 26712.79 | 2008 |
| 27,098.16 | 162,616.60 | 838.11 | 405.87 | 2,890.03 | 1,295.22 | 6,116.36 | 4,775.13 | 1.00 | 21,585.02 | 27647.74 | 2009 |
| 31,948.01 | 191,720.64 | 949.50 | 545.07 | 3,274.14 | 1,379.41 | 6,330.43 | 4,749.16 | 0.99 | 21,467.63 | 28615.41 | 2010 |
| 37,366.62 | 224,237.83 | 1,062.45 | 720.43 | 3,663.63 | 1,469.08 | 6,551.99 | 4,702.54 | 0.99 | 21,256.85 | 29616.95 | 2011 |
| 43,414.71 | 260,532.52 | 1,174.92 | 939.64 | 4,051.43 | 1,564.57 | 6,781.31 | 4,632.51 | 0.99 | 20,940.29 | 30653.54 | 2012 |
| 50,159.29 | 301,006.89 | 1,284.22 | 1,211.85 | 4,428.36 | 1,666.26 | 7,018.66 | 4,536.03 | 0.98 | 20,504.19 | 31726.41 | 2013 |
| 57,674.32 | 346,104.76 | 1,386.97 | 1,548.00 | 4,782.66 | 1,774.57 | 7,264.31 | 4,409.73 | 0.97 | 19,933.27 | 32836.84 | 2014 |
| 66,041.43 | 396,315.96 | 1,478.85 | 1,961.09 | 5,099.47 | 1,889.92 | 7,518.56 | 4,249.85 | 0.96 | 19,210.57 | 33986.13 | 2015 |

סיכום כולל – 2010

| שנה | תקבולי מס | נטל עודף | D-D | גזים נילוויים | % DWL | מהוון | pwl |
|-----|-----------|----------|--------|---------------|-------|-------|--------|
| 99 | | | | | | | - |
| 00 | 451.8 | 5.16 | 15.0 | 33.11 | 0.005 | | - |
| 01 | 945.5 | 25.81 | 274.2 | 71.19 | 0.022 | | - |
| 02 | 1,475.3 | 69.75 | 427.8 | 113.14 | 0.057 | | 19.06 |
| 03 | 2,054.0 | 135.88 | 595.7 | 153.96 | 0.108 | | 25.83 |
| 04 | 2,672.3 | 234.85 | 775.0 | 217.52 | 0.180 | | 37.98 |
| 05 | 3,321.4 | 377.94 | 963.2 | 280.05 | 0.280 | | 54.33 |
| 06 | 4,000.5 | 573.12 | 1160.1 | 300.60 | 0.411 | | 65.49 |
| 07 | 4,695.2 | 836.19 | 1361.6 | 431.71 | 0.579 | | 112.09 |
| 08 | 5,361.1 | 1199.03 | 1554.7 | 518.68 | 0.803 | | 109.75 |
| 09 | 6,038.3 | 1652.34 | 1751.1 | 621.14 | 1.068 | | 174.47 |
| 10 | 6,641.0 | 2251.46 | 1925.9 | 732.50 | 1.406 | | 258.48 |

סיכום כללי – 2015

| שנה | מס (מיליוני \$) | נטל עודף (מיליוני \$) | D-P (מיליוני \$) | גזים נלוויים (מיליוני \$) | DWL (% GDP) | | DWL ללא גז (מיליוני \$) |
|-----|--------------------|--------------------------|---------------------|------------------------------|-------------|------------------|-------------------------------|
| | | | | | מהוון | מחירים שוטפים | |
| 99 | | | | | | | |
| 00 | 347.25 | 3.07 | 100.70 | 25.32 | 0.003 | | |
| 01 | 724.21 | 15.52 | 210.02 | 52.95 | 0.013 | | |
| 02 | 1,127.03 | 42.00 | 326.84 | 84.82 | 0.035 | | 5.83 |
| 03 | 1,566.86 | 79.91 | 454.39 | 120.25 | 0.064 | | 9.58 |
| 04 | 2,038.66 | 135.06 | 591.21 | 159.85 | 0.104 | | 14.93 |
| 05 | 2,538.55 | 213.02 | 736.18 | 203.64 | 0.158 | | 22.54 |
| 06 | 3,070.26 | 315.97 | 890.38 | 252.69 | 0.227 | | 30.57 |
| 07 | 3,628.70 | 450.86 | 1,052.32 | 307.16 | 0.312 | | 42.09 |
| 08 | 4,187.45 | 635.83 | 1,214.36 | 364.94 | 0.426 | | 76.97 |
| 09 | 4,788.94 | 855.05 | 1,388.79 | 432.07 | 0.553 | | 111.90 |
| 10 | 5,380.1 | 1,141.04 | 1,560.23 | 503.66 | 0.713 | | 164.54 |
| 11 | 5,987.87 | 1,486.94 | 1,736.48 | 584.85 | 0.897 | | 210.13 |
| 12 | 6,579.11 | 1,916.59 | 1,907.94 | 673.68 | 1.118 | | 282.44 |
| 13 | 7,144.61 | 2,442.62 | 2,071.94 | 771.51 | 1.376 | | 377.39 |
| 14 | 7,603.06 | 3,114.57 | 2,204.89 | 869.55 | 1.695 | | 472.30 |
| 15 | 8,256.72 | 3,791.10 | 2,394.45 | 1,020.68 | 1.994 | | 530.61 |

נספח 6: אי-הוודאות בחיזוי ובהצלחת המדיניות

נספח 7: שינוי אקלימי עולמי באינטרנט

| | |
|---|---|
| Committee for the National Institute for the Environment (CNIE) | http://www.cnie.org/nle/ |
| ENDA Energy Program, Dakar, Senegal | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Environmental Magazine | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| ExternE – Externalities of Energy, European Commission | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Food and Agriculture Organization, United Nations (FAO) | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| International Institute for Sustainable Development, Earth Negotiations Bulletin, Manitoba, Canada | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. | |
| National Organization and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce (NOAA) | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Redefining Progress, San Francisco, CA | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Resources for the Future (RFF), Washington, DC | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Tellus Institute | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| U.S. Climate Change Action Plan | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| U.S. Environmental Protection Agency (USEPA) | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| U.S. Geological Survey (USGS) | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| World Resources Institute (WRI), Washington, D.C. | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |
| Wuppertal IBulletin, Germany | שגיאה! מקור ההפניה לא נמצא. |