

קרן דליה ואלי
הורביז בע"מ



כנס אלי הורביז לכלכלה וחברה 2020

14-16 בדצמבר

ישראל 2050 - כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת

השפעות התוכנית על הצמיחה המקרו-כלכליות בישראל

נתן זוסמן | רוסלנה רחל פלטניק | אילת דוידוביץ' | הילה שואף-קולבץ

חומר רקע לדיווני הכנס

ושבי ראש הכנס: פרופ' יוג'ן קנדל | פרופ' קרנית פלוג
מנהל הכנס: דפנה אבירם-יניצן





המשרד להגנת הסביבה



המכון הישראלי
לדמוקרטיה



ישראל 2050 – כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת

השפעות התוכנית על הצמיחה המקרו-כלכליות בישראל

נתן דוסמן | רוסלנה רחל פלטניק | אילית זידוביץ | הילה שואף-קולביז

יעוץ וליווין

ד"ר גיל פרואקטור, יובל ליטר, המשרד להגנת הסביבה
דפנה אבירם-ניצן, ארז סומר, יואב גולדשטיין, המכון הישראלי לדמוקרטיה
Prof. Volker Krey, Prof. Keywan Riahi, Dr. Matthew Giddens, IIASA

רונן קמרנה, Ecotraders

תודות

ד"ר קובי ברוידא, בנק ישראל

ישראל ליכטיג, החשב הכללי

אורית הלווי, המועצה הלאומית לכלכלה

ד"ר אורי שרון, רוני בר, שחף סולר, מינהל התכנון

ד"ר שמואל אברמסון, נועה ליטמןוביץ', משרד האוצר

ד"ר הודה משני, חזי ליפשיץ, אלכס קלינור, משרד האנרגיה

ד"ר אריק ריבקין, עוז צץ, משרד הכלכלה

אבייטל עשת, המשרד להגנת הסביבה

שי קדם, עידו קלין, משרד התחבורה

סופיה איגדלב, פאני ג'וברט, אברי שכטר, עומר תמייר, EcoTraders

תוכן העניינים

5	תקציר
13	מבוא
16	פרק 1: הסכם פריז 2015
21	פרק 2. סקירה בינלאומית של ניתוחי עלות-תועלת של רפורמות להפחחת פליטות גזי חממה
36	פרק 3. גישת המקור לאמוץ ייעדים להפחחת פליטות מזהמות בישראל
52	פרק 4. מגזר אנרגיה נקי בישראל – ניתוח באמצעות מודל MESSAGEix_IL-MACRO
66	סיכום והמלצות
69	נספחים
74	רשימת המקורות

תקציר

(1) מבוא: תכנונית ישראל 2050 ווואי משבר הקורונה

תחיליך הכהנה של דוח זה התפרש על פני החודשים שלפני פרוץ משבר הקורונה, אשר השילכותו על הכלכלת המקומית והעולםית מרוחיקות לכת. מחד, הפגיעה הכלכלית העמוקה של מגפת הקורונה על המשק העולמי תקשה על גישות ותתגיסות למזעור נזקים של משבר עתידי, כגון משבר האקלים, ואך עלולה להביא לרגרסיה באיזום נחלים ירוקים בקרבת גופים פרטיים וציבוריים. מאידך, משבר הקורונה ממחיש את הצורך במדיניות ממשלתית כוללת להיערכות למשברים גלובליים שאינם נובעים ישירות ממחזורי העסקיים ולהתמודדות עימם, וכן את הצורך בפועלה נחרצת יותר למיניהם. לכך מתווספות הערכות ראשוניות של חוקרים בעניין הקשר בין נזקי אקלים להתרצותן של מגפות חדשות, ובין זההם אוויר לאחוזי התמונות מקורונה.

התוצאות מהמשבר, בארץ ובעולם, מלווה כבר היום בגידול בהוצאות הממשלה – את חלקן אפשר ורצוי להפנות לצרכי מדיניות הכרוכים במזעור נזקי אקלים, כמו במדיניות מפותחות רבות. הצעה מפורטת לצרכי מדיניות שתועלטם כפולה – התנועת צמיחה ותעסוקה והפחחת פליטות ונזקי סביבה – אפשר למצוא במסמך אשר פרסם המכון הישראלי לדמוקרטיה בשיתוף קואליציית ארגוני הסביבה ומטרתו להוות המלצת עבורה למקבלי החלטות בחו"ם לנוכח החוק התקציבי וחוק ההסדרים לשנים 2020-2021 (זוסמן, שרון ושוואקיולבי 2020). לאחרונה פרסם גם ה-OCDE מסמך חדש הפורט המלצות לתהיליך של הפחחת הפליטות בישראל ומתמקד בקשר שבין רווחת הציבור (well-being) בישראל לבין קידום יעדים להפחחת פליטות פחמן (July 2020). כפי שנראה בדוח של פניכם, רבים מציעי המדיניות להפחחת פליטות אשר הציעו צוותי העבודה במשרדים הממשלתיים משלבים היבט עם יעדים לאומיים להגדלת צמיחה, פרוון ושיעורי תעסוקה. בשל סינרגיה זו בין הפחחת פליטות לבין קידום יעדים לאומיים אחרים של המשק הישראלי בעת יציאה מן המשבר הכלכלי, ההתמדה בתוכנית ישראל 2050 להפחחת פליטות היא לא רק צו השעה, אלא גם עילה מאוד מבחינה כלכלית.

(2) וקע

ההתchengות הגלובלית ו祚hamiy האויר המקומיים הם השפעות חיוניות של פעילות כלכלית, כולל נזקים שאינם נלקחים בחשבון על ידי השחקנים הכלכליים, ועל כן אין להם מחיר שוק, והנזק הכרוך בהשפעות חיוניות אלו אינו מגולם באופן מלא במדד המקובל לעניות כלכלית במשק – התוצר. על פי הערכות עדכניות, ללא התרבות בinalgומית להפחחת פליטות, נזקי האקלים ייגעו לפגיעה בסדר גודל של יותר מ 6% מן התוצר העולמי בע-000 (Khan et al., 2019).

לעומת זאת, לטיפול בהשפעות החיצונית ישנה עלות העשויה להפחית את התוצר הנמדד בהווה, אך גם לייצר גידול בתוצר בעתיד. על פי הערכות שפרשמה הנציגות האירופית, העלות הגלובלית נטו של הפחתת פליטות גזי חממה הוא בין ורידקה קלה, של 1.3%, לבון עלייה קלה, 2.19%, בתמ"ג (תוצר לאומי גולמי, GDP) העולמי ב-2050 ביחס לתרחיש עסקים (European Commission, 2018). תחשיב זה משקלל כמה תועלות חיצונית נלוות (co-benefits) אך אינו משקלל תועלות בריאותיות מההפחתת פליטות מזהמים מקומיים, אשר הנציגות מעריכה כבעלות פוטנציאלית לתוספת של 2% ל-2050 (European Commission, 2017). הערכה של האו"ם בעבור מדינות פורום ה-G20 מכמתת תועלות חיצונית נוספת לתוכנית הפחתת פליטות שבוחן הארגון (פירוט על התוכנית בפרק 2), כגון תועלות נלוות מהשקעה ציבורית בתשתיות והשקעה ציבורית ופרטית במחקר ופיתוח (מו"פ) יירוק, אשר יכולות להביא לגידול ממוצע בתוצר 2050 של 2.1%-3.1% בהתאם,

ובכך הופכות את השפעתה של התוכנית על התוצר חיובית (OECD, 2018)¹.

הכפי לפגיעה מצומצמת יחסית של המהלך להפחיתת פליטות גזי חממה על מגמות הצמיחה העולמיות בצד השפעה חיובית על הצמיחה על פי כמה מההערכות משקפים את הקיזוז של עלויות התוכניות להפחיתת פליטות עם התועלות המקומיות הנלוות שלהן. כמו כן הם משקפים את ההיחלשות של יחסית התלות (decoupling) בין צריכת אנרגיה לבין התוצר, בפרט בכלכלות מפותחות מבוססות שירותים ומחקר ופיתוח.

בדוח זה מוצגות ההשלכות המקרו-כלכליות של התוכנית להפחיתת פליטות מזהמות בישראל, מתוך בחינה אינטנסיבית של שילובה בתוכניות כלכליות אחרות של הממשלה, על מנת לאפשר תיעדר מושך של התוכניות בהינתן האילוצים התקציביים. כמו כן השתמשנו במודל כמותני לניתוח אינטגרטיבי דינמי כדי להעריך במנוחה תוצר את העלות הישירה של אימוץ התוכניות להפחיתת פליטות גזי חממה בישראל.

(3) ניתוח אינטגרטיבי של המקורה הישראלי

היד הכלכלי ארוך הטווח העיקרי של ישראל הוא סגירת הערך ברמת החיים בין ישראל למידינות OECD העשירות יותר. ישראל שונה מרבית המדינות העשירות בכך שקצב הגידול הדמוגרפי המהיר בה מחייב השקעות מהירות בתשתיות חינוך, תחבורה, דיור ובריאות, רק על מנת לשמור על קצב צמיחת התוצר. מסקנת הניתוח בעבודה שלנו היא שאימוץ טכנולוגיות המבוססות על אנרגיות מתחדשות ועל התיעילות אנרגטיית אינו סותר יעדים

¹ פורום ה-G20 כולל את 19 הכלכלות הגדולות בעולם ואת האיחוד האירופי. חברות ה-G20 הן: איטליה, אוסטרליה, אינדונזיה, ארגנטינה, ארצות הברית, ברזיל, גרמניה, דרום אפריקה, קוריאה הדרומית, הודו, בריטניה, טורקיה, יפן, מקסיקו, סין, ערב הסעודית, צרפת, קנדה, רוסיה והאיחוד האירופי.

ארוכי טווח מסווג זה, אלא להפוך – הוא משלים אותו.² המשק הישראלי נמצא בעיצומו של תהליך להקטנת העוצימות האנרגטיות בתוצר (energy intensity), ולכן אימוץ תוכניות להתייעלות אנרגטיות איננו מנוגד למגמה והקימת אלא מחזק אותה. למשל, הגידול הצפוי בביטחון לדירור (כמעט הכפלה של מספר יחידות הדירות) מאפשר אימוץ סטנדרטים ירודקים בעלי הצורך להשיט עול מיידי על בעלי נכסים קיימים.

צרך האנרגיה העיקרי בישראל, ובפרט אנרגיה מזחמת מזלקים פossil fuels³, הוא מגזר התעשייה, ואחריו מגזר התעסוקה. ליעול התעשייה ולהشمולה (על ידי שימוש באנרגיות מתחדשות לשם אספקת חשמל בהיקף תואם) צפואה להיות ההשפעה הדומיננטית ביותר על הפחתת פליוטות. מצב החירום בתחום התעשייה בישראל היום מספק הזדמנויות להשיג בעות ובעונה אחת שלושה יעדים: הקטנת העומס בכיבים, הعلاאת פרוין העובודה במשק (תוך כדי אצום בערים בין מרכז מטרופוליניים לפיפריה הרכבתית) והפחיתה של פליוטות. מכיוון שמדובר בחשמול חדש של מגזר גדול, זו דרך טבעית להגדלת חלקן של אנרגיות מתחדשות מכלל צריכה האנרגיה בישראל, מבלי לדוחוק בשלב ראשון יצור קיימים בתעשייה המשמשים באנרגיה מזחמת (בהתנתקן שהחשמל ברובו יוצר באמצעות אנרגיות מתחדשות). ככלומר, ריכוז אמצעים בשני אפיקים אלו – חשמול התעשייה ומעבר לייצור חשמל על ידי אנרגיות מתחדשות – צפוי להפוך את ההשפעה המכרעת ביותר על הפחתת פליוטות של גזי חממה בישראל, גם בטרם טיפול בחשמול של מגזרים אחרים.

לממשלות ישראל בשנים האחרונות ישום עוד כמה יעדים כלכליים:

- **הפחתת יוקר המchia.** יעד מרכזי של ממשלות ישראל מאז המאה החברתית הוא הפחתת יוקר המchia. בקשר זה יש לציין כי מרבית הצדדים הנוחצים לקידום התוכנית להפחיתה של פליוטות ומעבר לאנרגיות מתחדשות, בפרט מיסיפחמן, כרוכים בהעלאת יוקר המchia בטוחה הקצר. עם זאת, ניתן להקטין במידה רבה את ההשפעה של המהלך להפחיתה של פליוטות על יוקר המchia על ידי שינוי תמהיל המיסים הרגרסיביים העיקריים, בפרט על ידי הפחתה כלילית של מע"מ ומס הבלו. ההכנסה לתקציב ממשי גזי חממה תאזן קיצוץ זה.
- **הגברת התחרות.** לאיום היעדים של הפחתת פליוטות לטווח ארוך לא צפואה להיות השפעה שלילית על מידת התחרות במשק. התוכניות למעבר של משקי הבית ויזמים קטנים

² ההייעולות אנרגטיות משמעותה הפחתה צריכה אנרגיה בשל צמצום חסומה האנרגיה הנדרשת לייצור יחידת חוץ או לצריכה מוארים ושירותים. למשל בידוד של קירות וחלונות במבנה הוא דרך להפחית את האנרגיה הנדרשת למיזוג או לחימום החלל והוא אפקט אחד של ההייעולות אנרגטיות. דוגמה אחרת היא החלפת מכשיר חשמל ישן זולל חשמל במכשיר חדש וסכוני יותר בחשמול.

³ דלקים פossil fuels (fossil fuels) – פחם, נפט וגז טבעי – הם דלקים שבשימושם לשם יצירה אנרגיה נפלטים מזהמים גלובליים (גזי חממה) וגם מזהמים מקומיים, ועל כן ייצור אנרגיה באמצעות נחבות לאנרגיה מזחמת.

לייצור חשמל מ אנרגיה סולרית עשוות אף להגבר את התחרות במגזר האנרגיה. התוכניות להגדלת תהליכי אגלו-מץ' עירוני על חשבון הפרוורים צפויות גם הן לעיל את השוקים, על ידי הפחתה של הוצאות עסקה הקשורות לצריכה או שינוי של מוצרם ועל ידי יצירת שוקים עמוקים יותר ורובי מוכרים וקונים.

- **הקטנת הגודש והצפיפות בכבישים.** בין הפתרונות המוצעים לביעית החדש בכבישים בין פרטנות להפחמת השימוש באנרגיות מזוהמות בתחום יש הילה גבוהה מאוד. דוגמאות לחיפפה זו הם תוכניות לעידוד תחבורה ציבורית شاملת, עידוד תחבורה שיתופית, שימוש בכלים תחבורה דו-גלגליים ולהילכה ברgel.
- **דירות בר השגה.** ההשפעה הישירה של מס פחמן והעברת המשק לתהליכי בנייה יrokesה היא ייקור מחירי הדיירות בטוחה הקצר.⁴ עם זאת, עלות אחזקת הדירה יפצה על העליה במחיר הדירה, בפרט בסביבת ריביות נמוכה. כדי לtolower על פער זה בין עלייה ברכישה ובין ירידה בעליות אחזקה נדרשים מוציאי מימון. ראוי לציין כי חלק מהמהלך הנוכחות של הוצאות מחירי הדירות הוא גידול בנייה בפריפריה, שם עלות הקרקע זולה, אולם מהלך זה עומדת בסתרה לעידי התוכנית להפחמת פליות פחמן, מכיוון שהוא מגדיל את הנסעה, בפרט בכל רכב פרטיים.

לייעדים אלו מתווספות נסיבות חדשות אשר יש לתת עליהן את הדעת:

- **השפעה על שוק העבודה.** רוב המועסקים במשק הישראלי מועסקים במגזר השירותים, שבו ישנה תחולפה גבוהה בין מקורות אנרגיה מזוהמים ונקיים, ולכן מהלכים במסגרת תוכנית 2050 לא צפויים לפגוע בתעסוקה בהם. גם אם יש ענפים עתירי אנרגיה מזוהמת (המסתכמת ישירות על שימוש בדלקים פוטליים), משקלם בשוק התעסוקה אינו גדול. עם זאת, היוות שלוללה להיווצר אבטלה חיכוכית בעבר לכלכלה דלת פחמן, מומלץ לנוקוט מהלכים המשפיעים על ענפים אלו כאשר המצב המחוורי של המשק טוב והוא בתעסוקה מלאה.⁵
- **המצב הפיסקל.** אחת המגבילות לaimot שאפתני של התוכניות להפחמת פליות במשרדי הממשלה בטוחוי הזמן הקרוב היא הגירען החרי (המבנה) בתקציב. הצורך

⁴ בנייה לפי סטנדרט יroke מירקאת את העלות באחזום בזודדים, אם בכלל, אך החוללה הר למשמש והן למשק כולל אדומה בהרבה (פלטניק ואחרים 2018: Gabay et al., 2014). עם זאת העברת המשק כולל לתהליכי בנייה יrokesה צפואה להיפקל בחסמים ראשוניים, כגון היצע נמור של עובדים מיזומנים לחום, היצע נמור של חומרי גלם מומאמים ושינוי בהילכתי התכנון (עם כל הבירוקרטיה הכרוכה בכך). חסמים אלו יוסרו עם ההשתגלהות של מגדר התכנון והבנייה לשיטת העבודה החדשה.

⁵ מבונן זה יש לשקוול היבט מהלך להשחת מס פחמן כל עוד המשק סובל מההשפעות הכלכליות של שבר הקורונה. מאידך, להשחת מס פחמן יש יתרונות אחרים, כגון האגדלת הכנסות המדינה לצורכי כספיו החוב הממשלתי המוגדל, אשר בטוחה הקצר משמש למימון הרחבה פיסקלית כחלק מההכנות מודדות עם המיתון הכלכלי הכספי.

לצמצם את הגירעון וקשרו אot ידי הממשלה בבואה לאמץ פרויקטים תחבורתיים ותכנוניים בכלל, ובינם פרויקטים התורמים להפחמת פליוטות. מודלים של שיווי משקל כללי דינמי, כגון המודל שהשתמשנו בו במסמך זה, מסיקים שהמעבר למיסוי חמן על חשבון הבלו ומיסים אחרים על דלקיםMSG מציג הן את המטרות הפיסקליות של גיבית מיסים והן את המטרה של הפחתת פליוטות גזים מזהמים. מודלים אלו מראים גם כי התועלות שבבסיסו של מנגנון מתקומות מתוחדים אינה גדולה (בහינתו המיסוי על פחמן). גם הספרות התאורטית מדגישה בסיסו הון ומ"פ ולא סבסוד של ייצור אנרגיה נקייה באופן ישיר.

- **משבר הקורונה.** לאחר השלתת המחקר ובעת כתיבת דוח זה נפגע המשק פגיעה כלכלית משמעותית ממשבר הקורונה – בעסקים הקטנים ובחסכונות הציבור – וגירעון הממשלה והחוות הציבורים והפרטאים גדלו מאוד. מימוש תוכניות ההשקעה בתשתיות תחבורה ובתשתיות ייובם באמצעות מילוי חסוך במאמצי הממשלה לזרז את יציאת המשק מהשל הכלכלי שהידרדר אליו. מיסי הפחמן יכולו להיות מקור לעתידי של הגירענות הגדולים שנוצרים בתקופה זו. מגבלות התנועה וההתקנסות בבתיים הביאו לגידול בשימוש בתחליפים דיגיטליים – הם יכולים לשמש את המשק גם לאחר המשבר, ובכך להפחית את הנסועה ואת זיהום האוויר הכרוך בה.⁶

(4) מודל נموני לבחינת עולות של תוכנית ישואלית להפחחת פליוטות גזי חממה

נוסף לניתוח המקור-כלכלי האイוכווני, ערכנו סימולציה של אימוץ של צעדי מדיניות להפחמת פליוטות גזי חממה (ובפרט מס על פליוטות גזי חממה הנובעים מיצור וצריכה של אנרגיה) והשפעתם על צמיחה כלכלית בישראל בטוחה הארוך באמצעות מודל לניתוח MESSAGEix-Dינמי (IAM – Integrated Assessment Model) בשם -IL-MACRO.

מודלים של משק האנרגיה בשיטת bottom-up כוללים תיאורים נרחבים של היבטים טכנולוגיים במערכות אנרגיה, ובכלל זאת שיפורים עתידיים בטכנולוגיות אלו. במודלים אלו הפתרון כולל שווי משקל חלקי שבו הביקוש לאנרגיה מקבל מענה תוך כדי שמירה על עלויות מינימליות של ייצור ואספקה. לעומת זאת מודלים של שווי משקל כללי מוחשב CGE – Computable General Equilibrium (CGE) בשיטת top-down מתארים את הכלכלת בכללותה ומדגשים את האפשרות לתחולפה בין גורמי ייצור לצורך מקסום של רווחי חברות. בדוח זה השתמשנו במודל המחבר בין שתי הגישות: MESSAGEix-IL-MACRO.

זו היא גרסה מותאמת לישראל של מודל שפותח במכון המחקר IIASA International

⁶ כאמור לעיל, פירוט על צעדי מדיניות מסוימים למען צמיחה המשק והפחמת זיהום כחלק מהוכננות לירוקה לחילוץ ממשבר הקורונה ראו בתווך זוסמן, שרון וושאפ-קובלביץ, 2020.

משק האנרגיה על מנת לשקלל את ההשפעות החזירות של הביקוש לאנרגיה על התוצר.

בשלב ראשון מודל האנרגיה הגלובלי MESSAGE-GLOBIOM MESSAGEix-MACRO הותאם לאמות המידה של המשק הישראלי: משק קטן, פתוח, המביא לחם וכפט גומי ומעובד ומיצא גז טבעי ומוצרי נפט. בשלב שני הפרמטרים העיקריים המאפיינים את משק האנרגיה הישראלי הוטמעו בMESSAGEix-MACRO בשיתוף פעולה עם משרד האנרגיה. בשלב שלישי מיפויו את התפתחות הצפיה של משק האנרגיה בישראל עד שנת 2050 על בסיס הערכות ויעדים שהציבו משרד המים להשתתף בתחום הפחתת הפליטות.

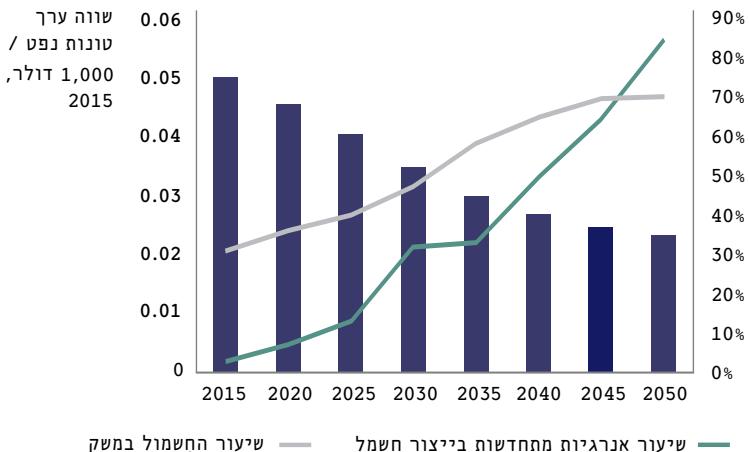
התוצאות של הרצת מודל MESSAGEix-MACRO נבחנו בשישה תרחישים. שני תרחישי עסקים כרגע שימשו נקודת מוצא לשני תרחישי מדיניות: תרחיש מתון ותרחיש שאפתני, התוצאות של תרחישי המדיניות מלמדות שבינהן יעד המשרדים, המתוני וה שאפתניים, עד לשנת 2050 אפשר להפחית את פליטת גזי החממה הנובעים מאנרגיה בכ-60%-90% (בין 210 ביחס לשנת הבסיס 2005, בהתאם⁷, תוך כדי פגעה בתוצר של 0.02%-0.62%). מיליארד דולר בלבד תוכלות מקומות נולאות מהלך, אשר על פי הערכות בעולם עלות על העליות של מהלך מסוג זה.⁸ הפחתה בפליטות מושגת על ידי התייעלות אנרגטית, כולל הפחתת צריכת האנרגיה לייחידת תוצר בכ-60% ביחס ל-2017. עוד נדבע חשוב בהפחיתת הפליטות הוא הסטה של ייצור האנרגיה שימוש בדלקים מזוהמים לאנרגיה מתחדשת, תוך כדי שימוש המשק כך שישור השימוש בחשמל מסך צריכה האנרגיה עלה מכ-30% היום ל-70% בשנת 2050 בתרחישי המדיניות. ההתייעלות והסטת הייצור לאנרגיות מתחדשות נובעות בחלקו מעבר לשימוש בחשמל בתעשייה ובחלקו מהטלת מס חמוץ.

חשוב לציין שהניתוח עד כה אינו כולל פליטות של גזי חממה שאינן נובעות מייצור אנרגיה שימוש באנרגיה, כגון פליטות מחקלאות ופסולות (15% מסך הפליטות). כמו כן, כפי שצוין לעיל, הסימולציה אינה מחשבת את התועלות הנולאות מהלך, כגון תועלות בריאותיות למשק הנובעות מהפחיתת פליטות מזוהמים מזוהמים (הנמצאות בהתאם גובה עם פליטות גזי חמוץ) ותועלות חיוניות כגון התועלות מהשקעה ציבורית בתשתיות תחבורה ותכנון ומהשקעה ציבורית ופרטית במ"פ יroke – שתיהן מקובלות משנה תוקף בתקופה של מיתון כלכלי בשל תרומתן לגידול בפרקון ולגידול בvikos לתעסוקה ולגיוון הרכב שלו. הניטות גם אינו כולל את התועלות הכלכליות והחברתיות מהפחיתת פליטות לחמן ומצער נזקי אקלים (הן תלויות מהלך בינלאומי להפחיתת פליטות, ולא בפועל ישירה של ישראל).

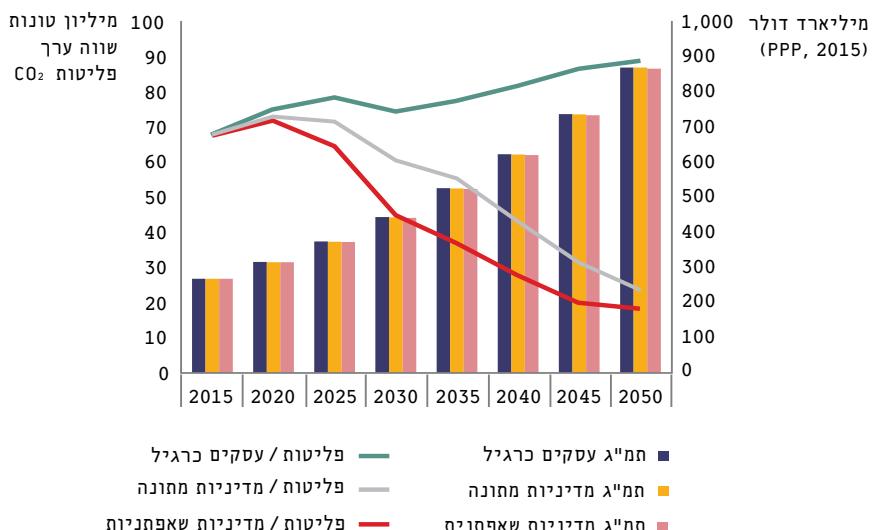
⁷ שנה 2005 נבחרה בהסכם פריז 2015 להיות שנת הבסיס של ישראל ליעד הפחתת פליטות גזי חממה.

⁸ תועלות מקומיות נולות כוללות: תועלות בריאותית מהפחיתת מזוהמים מקומיים, תועלות מן האידול בפרקון בעקבות שיפור מערכ התעשייה, תועלות מפיתוח של סקטור הקליניק אשר צפוי להוות מנוע צמיחה. לפחות על תועלות אלו ראו להלן בפרקים 2-3.

**שיעור אנרגיות מתחדשות, שיעור חשמול וצריכת אנרגיה לתוכר
בתרחיש עסקים כרגע II ותרחיש מדיניות מתון**



**תמ"ג (GDP) ופליטות (GHG) בתרחיש עסקים כרגע II
وترחיש מדיניות מתון וsapfani**



מקור (לשני החרשים): תוצאות ניתוח מודל MESSAGEix_IL-MACRO (ראו פרק 4 להלן).

אם כן, אפשר לסכם כי העלות הישרה במונחי תוצר של המהלך להפחיתות פליטות ומעבר לאנרגיה יರוקה נמצאה זינחה ביחס לצמיחה המצתברת במשק עד 2050. מכך אפשר להסיק כי בשילוב של תוכניות בתחום התעשייה וה坦כון ותרומתן לפריון, השקעה במחקר ופיתוח, שתושואתה צפiosa להיות גבואה, והתועלות הבריאותיות המקומיות הנובעות מן המהלך צפiosa עליה בקצב צמיחה המשק הישראלי העולה על התחזית ארוכת הטווח של בנק ישראל.

(5) המלצות מדיניות

- הפחיתה משמעותית בפליטות המזהמות במשק על ידי מעבר לשימוש בחשמל המספק מקורות אנרגיה מתחדשים והטייעלות אנרגטית.
- תמרץ עיקרי להטייעלות אנרגטית ולמעבר לאנרגיות מתחדשות הוא הפנה של מחיר הזיהום המלווה צריכה אנרגיה המיצרת מDLLים פוטוליטים. הצעד המומלץ בתחום זה הוא אימוץ מס פחמן, אשר מצמצם את הצורך ברוגזציה. מומלץ לשלבו עם סובסידיות למעבר להון שאינו מזהם, על מנת לצמצם את הפגיעה בבניין הון מזהם קיים. מס הפחמן יוכל לתרום לכיסוי גירעונות הממשלה הגדולים שנוצרו במשבר הקורונה.
- על מנת להשיג יודי צמיחה בת קיימה של המשק הישראלי אנו ממליצים להיצמד לעקרון הסינרגיה בין אימוץ הידעים להפחיתות פליטות גזי חממה לבין הצורך בהשקה נিירת בתשתיות. אנו מציעים לשלב השקעות אלו במדיניות ההתואוששות ממשבר הקורונה.
- אנו רואים בתחום התעשייה את התחום העיקרי לשינוי להפחיתת הפליטות במשק – לשם כך נדרש השקעה משמעותית מהתקציב הממשלה וביצוע מיידי של צעדים נדרשים. מומלץ להתמקד בפתרונות להסעת המוניים על בסיס חשמל ומעבר מוקדם לתשתיות עבור כלי רכב חשמליים פרטיים.
- בתחום הבניה אנו ממליצים על תכנון של פרישת המגורים ומקומות התעסוקה והצריכה באופן שמקטין את הצורך בנסעה בכלי רכב פרטיים, וכן על בניית חדשה בתכנון ירוק וככל האפשר מאופסת אנרגיה – למגורים, לעסקים ולמבנה ציבור.
- לנוכח המאמץ הלאומי להפחיתת עלות הדיור, רצוי לשקלן יצירת מוצר מימון מותאמים לעדי הפחיתת פליטות, עד להגדלה של היצע העובדים המזומנים וחומיות הגלם בתחום הבניה היירוקה במשק הישראלי.
- המצב בתעשייה מזכיר חזמנות לשקלן מחדש את יודי המדיניות המבוססים על שימוש טבעי. עם זאת במונחי פליטות מזהמות, שימוש בכך עדיף על שימוש בתזקיק נפט והוא יכול לשיער בהיפורדות מתעשיות זיקוק הנפט בישראל בשלבי המעבר.
- אנו ממליצים על מתן תמריצים למו"ב בתחום אימוץ טכנולוגיות מפחיתות פליטות וטכנולוגיות המגדילות את ניצולות האנרגיה.

מבוא

בשנת 2019 הותנע בישראל תוהין מעבר לככללה משגשגת דلت זיהום בהובלת המשרד להגנת הסביבה, המכון הישראלי לדמוקרטיה, OECD ומשרד האוצר, התחבורה, האנרגיה והכלכלה. חדשניים אחדים לאחר מכן, בתחילת 2020, נקלע המשק הישראלי והעולם להתמודדות עם מגפת הקורונה, אשר הביאה את המשק למשבר בריאומי וככללי. בימים אלו הממשלה שוקדת על אסטרטגיית יציאה מן המיתון הכלכלי אשר נקבעה על ישראל במסגרת נוחלי הרוחוק החברתי. אסטרטגיית יציאה זו מן הרاوي שתכלול מדיניות פיסקלית נרחבת, אשר משלבת הוצאות גבוהות של המדינה על פיתוח תשתיות והשקעות במונחי צמיחה, אשר יאפשרו חזרה של המשק לשיעורי תעסוקה גבוהים והגדלת פרוון העבודה (עד לאומי מרכז של המשק הישראלי גם לפני המשבר). בכך יעדים לאומיים חשובים אלו נדרשת גם בדינה של אסטרטגיית הייעוכות לאומית למשברים עתידיים – גל תחולואה נוספת של מגפת הקורונה, אסונות טבע או שינוי אקלים קיצוניים, כਮובן בניסיון למנוע מראש משברים מסוג זה. מטרות עיקריות אלו – הרחבת פיסקלית לצורך חילוץ המשק ממיתוןכלכלי ומונעת משברים בעtid – מוגדרות את תוכנית 2050 להפחחת פליטות רלוונטיות לא פחות מאשר הייתה טרוםימי הקורונה, ויש שאף יאמרו שמדובר בצו השעה.

הפחחת הפליות נדרשת כדי לעצור את תחילת ההתקומות הגלובלית, אשר גורם מגוון תופעות מאירימות, בהן עלייה בתדריות של אירופי מגז אוויר קיצוני, הפשרת קרחונים בקטבים ועלית פני הים, המשכתן את קיומן של מדינות איים באוקיינוסים ועלולה להזכיר ערי חוף. בנוסף על כך, לנוכח משבר הקורונה מומחים כי להתקומות הגלובלית ולזקי האקלים יש חלק מכריע בהיווצרות מגפות, כמו גם בהשפעה על יכולת האוכלוסייה להתמודד עם נגיפים חדשים. לתופעות אלו יש השפעה בלתי מובטחת על הכלכלת העולמית והמקומית וபוטנציאלית גיגעה גבוהה במגמות הצמיחה הכלכלית.

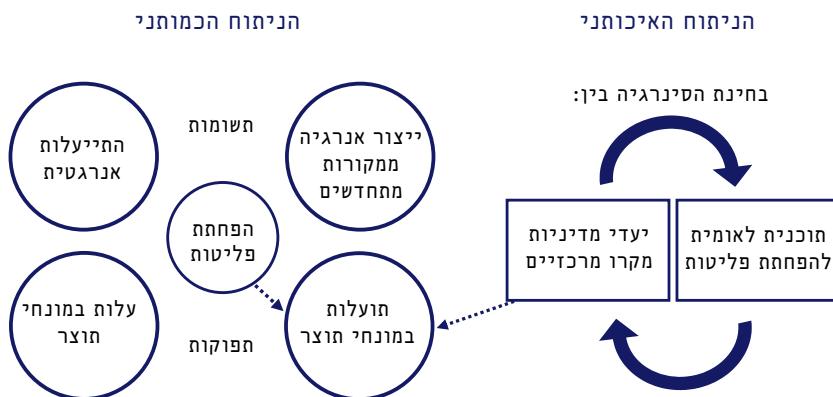
התוכנית "ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת" נועדה לצמצם חvipה לאוימים אלו על ידי הפחתת פליות גזי חממן, והוא יושם נדרי בישראל של גישת הממשלה השלמה (The Whole Government Approach) בפרויקט ממשלתי-סטרטגי. גישה זו גורסת כי על משרדיה הממשלה להתנהל מחוץ לגבולות המשימות שלהם במטרה להשיג יעדים מושתפים ולאגם משאים על מנת לתת מענה לסוגיות רחבות, כגון פיתוח תשתיות לאומיות. סוגיות אלו בהגדרתן נמצאות במרחב הבינ'-משרד, ועל מנת לטפל בהן נדרש שיתוף פעולה בין משרדיה הממשלה השונים ושיתוף פעולה רב-מגזרי של המגזר העסקי ושל ארגוני חברה אזרחית.

המכון הישראלי לדמוקרטיה קיבל על עצמו להוביל תוכנית אסטרטגיית לאומית רב-מגזרית וחוצה משרדיים זו בשיתוף משרדיה הממשלה, מתוך אמונה שישום הلقה למעשה של גישת הממשלה השלמה הוא מהלך נדרש והכרחי לקידום פרויקט אסטרטגי בתחום הפחתת פליות אשר צופה

אל מעבר לטוח הקצר, אל שנת 2050. מעורבות המכון יצירה מרחב ניטרלי ונוח לדין בין המשרדים והאגזרים השוניים, במסגרת של שולחנות עגולים ועובדות צוות שופfat, ולהתכנסות לתוכניות ממשלתיות בראייה הוליסטית.

התוכנית מציגה חזון ויעדים להפחחת פליטות של גזי חממה, והם יתורגם להחלטות ממשלה ולחוק אקלים. הללו יוצגו בוועידת האקלים של האו"ם, הידועה בכינוי COP 26, שמתוכננת להיערך בבריטניה ב-2021. יישום מוצלח של התוכנית צפוי לצמצם את הפליטות המזהמות בישראל ולתרום להשגת היעדים הבינלאומיים. על מנת שהתוכנית תישם בהצלחה, על גורמי המשל לנקות בחשבון גם את ההשלכות התקציבליות של יישום התוכנית ולשלב אותן ביעדי הצמיחה וביעדים כלכליים וחברתיים אחרים.

המסמך לפנים מציג ניתוח מקו-כלכלי של המהלך הלאומי להפחחת פליטות גזי חממה מייצור ושימוש באנרגיה, ומטרתו לברר כיצד המעבר לככללה דلت בחמן ישפיע על הכלכלת הישראלית, ובפרט על שיעורי הצמיחה שלא עד שנת 2050. לצורך מענה לשאלות אלו בדקנו בניתוח מקו-כלכלי אינטגרטיבי את MERCHANTABILITY היישום של מהלך להפחחת פליטות על ידי הצמיחה וייעדים אחרים של המהלך בתחום הכלכלי. על מנת לcame את ההשפעה הישירה של מהלך זה השתמשנו במודל לניטוח אינטגרטיבי דינמי (IAM), המכונה MESSAGEix_IL-MACRO. המודל פותח בשיתוף IIASA (International Institute for Applied System Analysis) שבאוסטריה, והוא מחבר באופן אינטגרטיבי בין מודל לניטוח משק האנרגיה לבין מודל לניטוח מקו-כלכלי של המשק. הניתוח באמצעות MESSAGEix_IL-MACRO התבסס על הנחות יסוד שגבשו משרד המ膳לה השותפים לעבודה הבין-משרדית על התוכנית וכן על תרחישים בהם פיתחו: שני תרחישי עסקים כרגע, תרחיש הפחתת פליטות מתון ותרחיש הפחתת פליטות אphantasy. התוצאה המרכזית של ניתוח MESSAGEix_IL-MACRO היא הערכה כלכלית של עלות התוכנית הישראלית להפחחת פליטות מייצור ושימוש באנרגיה במונחי התוצר ביחס לתרחישי עסקים כרגע. כנהוג ברבים מניסיונות מעין אלו, המודל אינו משקלן תועלת למשק הנובעת מהפחחתת הנזק מזהמים מקומיים, כמו גם תועלות אשר צפויות לנבוע מעלייה בפרויון בעקבות צעדי המדיניות בתחום התחרורה והתמייה במו"ב. המודל גם אינו משקלן תועלות צפויות בשל הימנעות מנזקי אקלים. התועלות הנלוות למהלך קיבלו את התייחסותנו בסקרות הספרות הנרחבות בנושא, כמו גם בניתוח המקו-כלכלי האICONOTI המוצג בדוח. המחקר נערך לפני פרוץ משבר הקורונה, אך בכלל אופיו ארוך הטווח (三年) מסקנותיו העיקריים אינם מושפעות מהמשבר הנוכחי. עם זאת, סביר שתוואי הצמיחה של המשק בטוחה הבינוני יושפע מן התמורות הכלכליות שנדרשו לעיל.



במקביל למחקר זה משרדי הממשלה המעורבים מבצעים תהליכי *top-down* ו-*bottom-up* לקביעת חזון, יעדים ומדדים תחומיים במגזרים השונים (לפרטים ראו נספחים ב-ה). כמו כן המכון הישראלי לדמוקרטיה פרסם מסמך המנתח את ההשபעות החברתיות והסטרטגיות של התוכנית להפחית פליטתו על מדינת ישראל ובוחן כיצד תשפייע תוכנית 2050 על מדדי איזוטם שפרסמה הממשלה ב-2015 (אבירם-ニיצן וסומר, 2019). כאמור, גם ה-OCDE פרסם מסמך מקיי אשר מרכז את המלצות הארגון לקידום תהליכי הפחיתת פליטתו בחמן בישראל (July 2020). מסמך ה-OCDE תואם את מרבית המלצות של דוח זה וקורא למדינת ישראל לפעול בנחישות ובלא דיחוי להשתתת העידים של הפחיתת פליטתו. בימים אלו המכון הישראלי לדמוקרטיה והמשרד להגנת הסביבה שוקדים על שני ניירות נוספים אשר מתוכננים להתפרסם ברבעון האחרון של 2020: האחד יתמקד בبنית תוכנית אסטרטגית לתמוך הפחמן בישראל, והאחר יבחן צעדי מדיניות מומלצות להטמעת תוכנית 2050 להפחיתת פליטתו תוך כדי הגנה על אוכלוסיות פגיעות בישראל. נוסף על כך, לאחרונה המכון הישראלי לדמוקרטיה בשיתוף קואליציית ארגוני הסביבה גיבש מסמך המציג תוכנית חילוץ ירואה ליציאה ממשבר הקורונה אשר כולל צעדי מדיניות לקידום בתחום תקציב 2020-2021 שתושואתם כפולה – כלכלית וסביבתית (זוסמן, שרון ושווא-קובליץ, 2020).

מבנה דוח זה הוא כדלקמן: פרק 1 מסכם בקצרה את פרטיו הסכום פרייז 2015 והמחויבות הישראלית בהקשר זה; פרק 2 מציג סקירות ספרות בנושא ניתוחי עלות-תועלות של תוכניות בינלאומיות להפחיתת פליטתו; פרק 3 מציג ניתוח عمוק מקרו-כלכלי איקווני של התוכנית להפחיתת פליטתו בישראל אל מול יעדי ממשלה אחרים; פרק 4 מציג את המודל MACRO MESSAGE-ל-ה מימוש בו לניתוח כמותי של עלות התוכנית למשק הישראלי אל עבר שנת 2050, כולל מתודולוגיה ותוצאות; הסיכום כולל המלצות מדיניות להמשך.

פרק 1

הסכם פריז 2015

בօיעידת האקלים של האו"ם שנערכה בדצמבר 2015 בפריז אושר הסכם גלובלי ומחייב למאבק בשינויי אקלים. עד היום אישרו את הסכם 179 מדינות מתוך כל 196 המדינות החברות באמנת האקלים של האו"ם. מדינת ישראל חתמה על הסכם ב-22 באפריל 2016 ואישרה אותו ב-14 בנובמבר 2016. הסכם פריז הוא אבן דרך בקידום המעבר לכלכלה דלת פחמן והוא מסדרי את תוכניות הפעולה העולמית להתמודדות עם שינוי האקלים ואת החובות והمسؤولות על המדינות במסגרת תוכנית זו.

בהסכם נקבעו שלושה יעדים עיקריים (UNFCCC, 2017):

- (1) הפחתת פליטות והגבלה העלייה בטמפרטורה העולמית הממצעת עד 2°C מעל לטמפרטורה טרום העידן התעשייתי, בשאייה להציג בעתיד יעד שאפתני יותר – 1.5°C .
- (2) הגברת יכולת להתמודד עם ההשלכות הקיימות של שינוי האקלים.
- (3) הבטחת ערך מימון לאמץ העולמי להפחית פליטות גזי חממה ולהשתגלו לשינוי האקלים, בدرج עלי מדינות מפותחות.

(א) עיקרי ההסכם

יצירת מגנון של חמיכה טכנית ופיננסית בפיתוח טכנולוגיות, בהברתן לשימוש המדינות מפותחות, בנייה ייולות ובהשלמת פערי הידע הנדרשים לצורך מימוש תוכניות ההפחתה וההשתגלוות. מדינות מפותחות יידרשו לדוח על היקף החמיכה וכן על אופן תמייתן במדינות מפותחות בנושאיהם אלו.

העברה טכנולוגיות
ושכלול ידע
encies

פיתוח מגנונים לשחר בפליטות, והם יפעלו כאשר מדינה אינה מנצלת את מלאכת כמות הפליטה של גזי החמגה המותרים לה על פי הסכמים בינלאומיים. במקרה זה היא תוכל למכור למדינה אחרת את הזכות לפולוט גזי חמגה. יש מדינות שהשגת יעד ההפחתה שלהם מותנית בקיום אפשרות זו.

מנגוני שוק

כדי לוודא שיעדי הסכם מושגים, הסכם קובע הקמת מערכת שיקיפות, המחייב את כל המדינות לדוח באופן קבוע למציאות האמנה על התקדמות ביום יעד (Measurement, Review and Verification – MRV) – ההפחתה (במציאות מגנון – Measurement).

מערכת שיקיפות

בדיקות בכל חמישה שנים פליטות אדי חמה מוצברות לעומת יעד ההפחתה של כלל המדינות כדי לדוח את הפערם ולהעיר לסייע הבא של איבוש מחוביית ההפחתה ברמה הלאומית.

**מעקב קופתי
(Stocktake)**

כל המדינות, מלבד העניות ביותר, נדרשות לקבוע יעד ההפחתה לאומי ותוכנית לישומו. על היעד להיות שאפתני אך גם לשקף את הנسبות ואמ' יכולתה של המדינה. יש לעדכן יעד זה ככלפי מעלה מדי חמיש שנים ולגהו את העדכון למצוירות האמנה.

**הפחתה פליטות
(Mitigation)**

מאננו זה נועד בעיקרו להמור במדינות מתחפות בהם ועודתן עם נזקים הצפויים כהוצאה משתני האקלים. כל מדינה, על פי צרכיה, תכין תוכנית לאומית להשתagleות לשינויי אקלים.

**השתagleות
(Adaptation)**

ועידח פריז הציה עד לגיאוס 100 מיליארד דולר לשנה, החל בשנת 2020, למדינות מתחפות, לטובות השכבות וההפחתה. המדינות המפותחות נדרשות לדוחות פעם בשנה על התקף המימון שהועבר ושצפוי לעבור לשם תמייכה במדינות מתחפות.

**ミימון לתמייכת
במדינות מתחפות**

(ב) התחייבות ישראל ומטרות הطنן

אחד המאפייניות החשובים של הסכם פריז הוא הדגישה מהמדינות החברות באמנה לקבוע לעצמן יעדי ההפחתה ותוכניות יישום בהתאם ליכולותיהן.

בינואר 2015 הוקמה ועדת בין-משרדית לגיבוש יעדים להפחנות פליטות גזי החמתה במדינה ישראל בראשות מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה ובהתתבות נציגים של משרד האוצר, משרד הכלכלנה, משרד האנרגיה, רשות החשמל, המועצה הלאומית לכלכלה, משרד התעשייה, משרד הפנים, משרד הבינוי והשיכון, משרד החוץ, משרד החקלאות, הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ומנהלת תחלפי הנפט. כמו כן השתתפו בוועדה נציגים מארגונים ואיגודים שאינם ממשלתיים, לרבות חברות החשמל, השלטון המוקומי והთאחדות התעשיינים. הוועדה ערכה את התחזית לפליטות גזי החמתה של ישראל לשנת 2030 בתרחיש עסקים כרגע וגיבשה כמה תרחישים להפחנות פליטות. תריחס ההפחתה אלו מבוססים על בחינה מעמיקה של כמה מנופי ההפחתה מגזרים ודרכים ליישום הפוטנציאלי שלהם.

לקראת ועידת האקלים של האו"ם בפריז החליטה הממשלה ביום 20 בספטמבר 2015 (החלטה מס' 542), על בסיס עבודות הוועדה הבינ-משרדית, על יעד לאומי להפחנות פליטות גזי חמתה (משרד

ראש הממשלה, 2017): 7.7 טונות פחמן דו-חמצני לנפש (כ-82 מיליון טונות CO₂ t בהינתן גידול ממוצע באוכלוסייה בהתאם לתוצאות הלמ"ס) לשנת 2030, וכן עד 8.8 טונות פחמן דו-חמצני לנפש (כ-88 מיליון טונות CO₂ t סך הכל) לשנת 2025. עוד קבעה הממשלה יעדים חמוטיים בתחוםי האנרגיה והתחבורה:

(1) עד שנת 2030 במצבם של צרכי החשמל בשיעור של 17% לפחות ביחס לצרכי החשמל צפויה באותה השנה לפי תרخيص עסקים כרגע.

(2) ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בשיעור של 13% לפחות ביחס לצרכי החשמל בישראל בשנת 2025, ושיעור של 17% לפחות מכל צרכי החשמל בשנת 2030. יעד זה מתווסף להחלטת הממשלה (מס' 4450) שעד שנת 2020 10% מצרכי החשמל יוצרו באנרגיות מתחדשות.

(3) צמצום היקף הנסעה הפרטית בשיעור של 20% עד לשנת 2030 ביחס לנסעה צפויה באותה השנה לפי תחזית עסקים כרגע.

כדי לעמוד במידדים שנקבעו בחיליטה מס' 542 אישרה הממשלה ביום 10 באפריל 2016 את החלטה מס' 1403, שקובעת תוכנית לאומית להפחחת פליטות גזי חממה ולייעול צרכי האנרגיה במשק (משרד ראש הממשלה, 2016), וב-17 בספטמבר 2016 פרסם המשרד להגנת הסביבה תוכנית לאומית לישום הסכמי פריז (המשרד להגנת הסביבה, 2016).

התוכנית הלאומית שאישרה הממשלה כוללת אמצעי הפחתה מוגדרים בתחוםים מסוימים וקובעת לוחות זמנים לבחינה ולגיבוש של אמצעי הפחתה בתחוםים אחרים אשר טרם הוסכם על אסטרטגיית הפחתה בהם. האומדן של פוטנציאל הפחתה של התוכנית, בהנחה שמלול הפעולות והאמצעים אשר מפורטים בחיליטה (לרבות הפוטנציאל אשר ייחוץ במסגרת התוכנית בהמשך) יושם, הוא 27.3–21.2 מיליון טונות גזי חממה לשנת 2030 ביחס לתרخيص עסקים כרגע. בהשוואה לשנת הבסיס 2015 מדובר גס בשמירה על המצב הנוכחי, כלומר היעדר הפחתה ממשמעותית, אך גם היעדר גידול בפליטות.

סעיף 17 בחיליטה מס' 1403 קובע כי תוקם ועדת היגוי ומעקב בין-משרדית בראשות המשרד להגנת הסביבה. הוועדה תדווח לממשלה עד ליום 31 בדצמבר מדי שנה בשנה על ההתקדמות בישום התוכנית הלאומית להפחחת גזי חממה ועל העמידה ביעדים אשר נקבעו בחיליטה ממשלה מס' 542. במסגרת התוכנית המשרד להגנת הסביבה, בשיתוף כל גורמי הממשלה הרלוונטיים, מפעיל מערך לאומי למעקב ובקרה אחר יישום התוכנית והיעדים הלאומיים ולבוחנת היעילות של כל הединיות. המערך והמתודולוגיה להפעלתו נקבעו לפי הנחיות האו"ם, כנדרש בהסכם פריז (המשרד להגנת הסביבה, 2018).

מטרות המערך הלאומי למעקב ובקרה הן:

- בחינת ההתקדמות של המדינה לקראת עמידה ביעדי ההפחתה האלומינום.
- בחינת הייעילות של אמצעי המדיניות ושל הפעולות המישימות ועdecor אמצעי מדיניות בהתאם להצלחתם הכלכלי-סביבתית ולצורך עמידה ביעדים.
- הכנת דוחות ותקופתיים לאו"ם ודוח שנתי לממשלה.
- הגברת השקיפות והאמינות באשר לרצינות הממשלה בעניין יישום התוכנית והיעדים האלומינום.

(ג) תזונתי למעבר לכלכלה דלת פחמן

במסגרת הסכמי פריז הסכימו המדינות, ובهن ישראל, להגיש עד סוף שנת 2020 תוכניות ארכוכות טוחות למעבר לכלכלה דلت פחמן עד שנת 2050. התוכניות מבוססות על מכלול של שינויים מבניים, תשתיתיים וטכנולוגיים عمוקים בכלכלה, לרבות:

- מעבר לייצור חשמל נקי שאינו מבוסס על דלקים פוטוסיליביים.
- ייעול צריית האנרגיה במבנים ובתעשייה ומעבר לתהליכי ייצור המבוססים על דלקים שאינם פוטוסיליביים (דוגמת מימן) וחשמל מאנרגיות מתחדשות.
- הפחתת הנסעה הפרטית על ידי אמצעי תחבורה ציבורית, אופניים והליכה.
- הפסקת הפליטות מתחבורה על ידי חשמול כל רכב פרטיים, מסחריים וציבוריים.
- תכנון אינטגרטיבי של המרחב העירוני באופן המאפשר עירוב שימושים ושילוב של תשתיות אנרגיה, תחבורה ותעשייה אשר מייעלים את התנועה במרחב ואת השימוש בקרקע.
- ייעול הצריכה של חומרי גלם ומשאבים בתעשייה, במסחר ובשירותים והפסקה של ייצור פסולת והטמנת פסולת.

מדינות מפותחות, בהן גרמניה, צרפת ובריטניה, הגיעו לאו"ם תוכניות אסטרטגיות הכוללות יעדים לאומיים להפחחת 75%-100% מפליטות גזי החממה שלhn לשנת הבסיס (1990). מגמה זו החלה במדינות האיחוד האירופי, ובשנים האחרונות היא מתהרחבת גם למדינות OECD אחרות, לדוגמה מקסיקו ודרום קוריאה, וכן למדינות אחרות, בהן הודו ואוקראינה.

המשרד להגנת הסביבה בשיתוף המכוון הישראלי לדמוקרטיה וה-OECD מקדם בימים אלו תוכנית שאפתנית שלפיה עד שנת 2050 ישראל תעבור לכלכלה דلت פחמן ותחרותית

ומשגחת. התוכנית כוללת שינויים במרקם התחבורה ובגישה התכנון של תשתיות ומבנים
וilmingtonים בין גופי התכנון, ייעול השימוש באנרגיה ובמשאבים אחרים, מעבר למקורות
אנרגייה מאופשי פליטה והפסקת הטמנה של פסולות⁹.

⁹ לפרטים נוספים רואו אמר ההתייעצות של המשרד להגנת הסביבה, "כלכלה משגאה בסביבה מקיימת".

פרק 2

סקירה ביןלאומית של ניתוחן עלות-תועלת של רפורמות להפחתת פליטות גזי חממה

לאורך השנים היו ניסיונות רבים לחזות את קווי דמוטו של המשק העולמי ב-2050. על פי העריכות של הא-OECD, עד אמצע המאה ה-21 התמ"ג העולמי יגדל פי ארבעה, יתרוספו עוד כ-2 מיליארד איש ואישה לאוכלוסייה, ותוךلات החים הגדלה בשילוב צמצום בילדות תביא להזדמנות האוכלוסייה במדינות מפותחות רבות וליתרונןיחסו למדיינות שבנון חלקה של האוכלוסייה הצעירה העובדת גדול. 70% מן האוכלוסייה העולמית יתגוררו בערים – הדבר אומנם ישפר את הייעילות הtechnological והכלכליות, אך ייתן משנה ותוקף לצורך בתמודדות עם זיהום אויר, ניצולiesel של אנרגיה וציפיות תחרותית (2013, OECD). התחזית המאימנת ביותר, אשר אולי במפטי עודנה שנואה בחלוקת בין ראשי מדינות, היא התחזית שהשלכותיה יש הפוטנציאלי הרסני ביותר למשק העולמי העתידי – השפעת ההתחומות הגלובלית על כלכלת העולם.

(א) הנזק הכלכלי העפוי מהתחומות גלובלית

הנזק הכלכלי מהתחומות הגלובלית נחקר רבות בספרות.¹⁰ ההערכות הכמותיות של נזקי האקלים במצב עסקים כרגע הן אובדן של 5%-20% מן התמ"ג העולמי, ועיקר ההערכות מרכזות בעשרון הראשון (מרכז הדעת הישראלי להערכות לשינויי אקלים, 2012).

nezki aklimim shehshfutihem halekuliot batwoch haaruk namdu laaruk shanim kolelim:

- Shinuvi temperatura, asher yeklimim lehshpius l'mashel ul hafriyon v'hatorer b'mesk (Burke, Davis, 2018).
(and Diffenbaugh, 2018)
- Shinuviim batzirut hareshutim v'bozchmatam, asher b'matzav uskrim crigil yfgauo zeminyot shel mukorot m'ayim matokim baazotim shish machsor ainherenti bimim v'ygdiyu tzidiorot shel shitphonot (Baum et al., 2016)¹¹

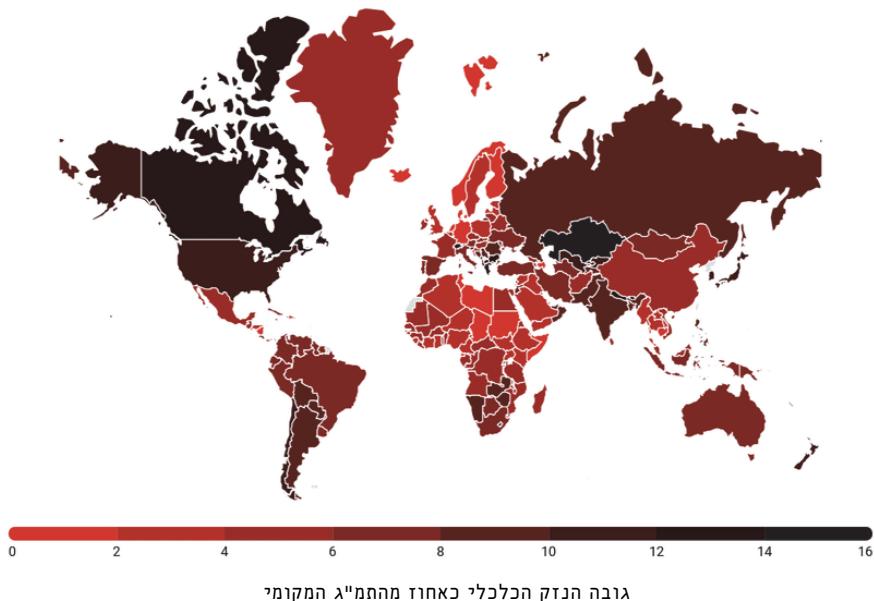
¹⁰ חלק מן הספרות מרכז באחר מרכז הדעת הישראלי להערכות לשינויי אקלים, ICCIC, שהוקם על ידי מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאמנויות במינימום המשרד להגנת הסביבה.

¹¹ בעניין זה חשוב לציין את הקשר שמצוין חוקרם בין שנים שבהן מחסור קשה במים ובין החפרציות עימותיים במצרים התיכון. לדוגמה נמצא כי הבצורת של 2007-2010, אשר לטענה חקרים נבעה מנזקי אקלים, הייתה אחד הגורמים להחפרציות מלחמת האזרחים בסוריה (Feitelson and Tubi, 2017).

- גידול בתדריות של אסונות טבע, וכיוצא מכך גידול בהוצאות על שיקום המשק לאחר אסון ועל ביטוח מפניו (דוידובי'ץ' ואחרים, 2019).
- גידול בהוצאות על בריאות בשל תחלואה מוגברת מזיהום אויר, חום קיצוני והשפעות אחרות של שינוי אקלים (Orimoloye et al., 2019). על בסיס מחקרים עבריים וטענים שיש קשר בין שיעור תמותה מגיף הקורונה לבין זיהום אויר (צפריר, 2020).

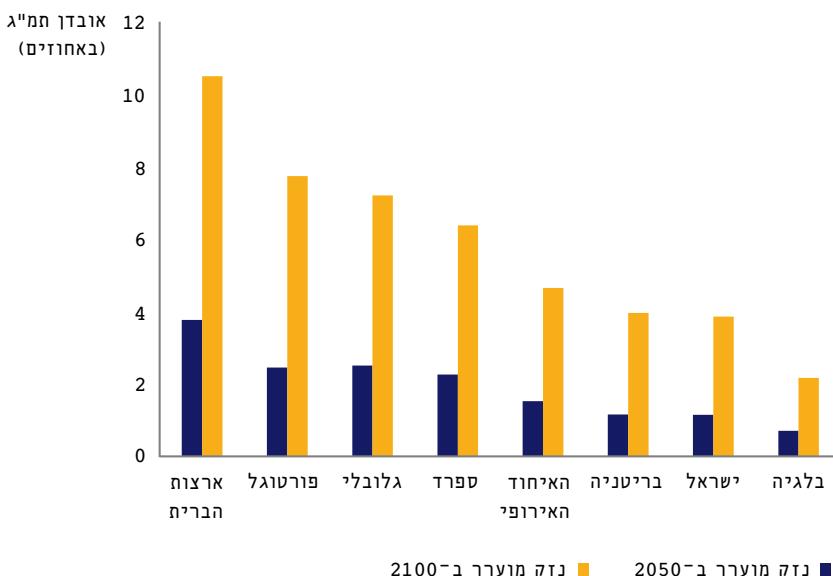
באוגוסט 2019 התפרסמה הערכה עדכנית של הנזק הכלכלי הצפוי מהיעדר פעולה ומהתחממות גלובלית, והוא מתריעה על אובדן פוטנציאלי של 2.51% מן התקמ"ג העולמי, לנفس עד 2050, ו- 7.22% עד 2100, לעומת אובדן של 0.11% ו- 1.07% בלבד, בהתאם, במקורה של עמידה בייעדים של הסכמי פריז (Khan et al., 2019). על פי אותו מודל, בישראל אובדן התוצר לנפש מוערך ב- 1.15% עד 2050, ו- 3.87% עד 2100 (לעומת עליה של 0.24% ב- 2050 ו- 0.08% ב- 2100 במקורה של עמידה בייעדים של הסכמי פריז).

מושם 1
נזק כלכלי מוערך בהיעדר מדיניות גלובלית להפחחת פליטות,
במונחי אובדן אחוזי תוצר עד 2100



מקור: Khan et al., 2019, p. 34

תרשים 2
נזק כלכלי מוערך בהיעדר מדיניות אולובלית להפחחת פליטות, במונחי אובדן אוחזוי
תוצר עד 2050 ו-2100, באזרורים נבחרים



מקור: עיבודו המחברים לנוחוני 2019 et al., Khan et

(ב) היררכיות לעלות הגלובלית של הפחתת פליטות

הערכת העלות של המדיניות להפחחת פליטות גזי חממה משתנה בין מדינה למדינה ותלויה, בין היתר, בתרחיש הבסיסי באותה מדינה (תרחיש עסקים כרגיל), אשר מעיריך מה תהיה כמות הפליטות ללא התערבות של הממשלה בהתאם להתפתחויות הטעויות של השוק. את עלות המדיניות להפחחת הפליטות ניתן להציג כスクטוס כל הוצאות הממשלה במסגרת צעדי מדיניות להפחחת פליטות, או כעלות למשק במונחי אובדן אוחזוי תוצר. בספרות ואצל הגופים הציבוריים המובילים מקובל להתייחס לעלות במונחי אובדן אוחזוי תוצר עד לשנת 2050. היעד, בדרך כלל לשנת 2050.

יש להדגיש כי בספרות ובמסמכי המדיניות אין מתודולוגיה אחידה לחישוב העלות במונחי תוצר של מדיניות להפחחת פליטות, בעיקר משום שכל גוף בוחר לשקלל לתוך מודל

הчисוב שלו תועלות וועלויות צפויות שונות. ברבים מן התחשיבים לא נהוג לכלול תועלות הנובעות ממזעור פליטות מזהמים מקומיים או ממזעור נזקי אקלים, אשר את גודלם ניתן להעריך לפי הנזק הכלכלי הצפוי במקורה של אויה-תערבותות (ראו לעיל סעיף א). אחת מן הסיבות לכך היא שחלק ניכר מהתועלות מהפחחתת נזקי אקלים כרוכ בפועל משותפת של מדינות ואינו תוצאה ישירה של פעולה של מדינה בלבד. לעומת זאת מכמה מן התחשיבים נכללות תועלות הנובעות מהשפעות חיצונית ישירות ברמת המדינה של תוכניות לאומיות להפחחתת פליטות, כגון חיסכון באנרגיה, הגדלת מקורות תעסוקה, הגדלת הפריון בשל השקעה בתשתיות ובמו"פ ועוד.

בהתכלות בינלאומית, על פי הערכות שפרסמה הנציבות האירופית ועל פי סכמה של United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), הערות הגלובלית נטו של היעדים להפחחתת פליטות (80%-100% הפחחתה גלובלית ביחס ל-1990) נעה בין ירידת קלה של 1.3% בתמ"ג העולמי ב-2050 לבין עלייה קלה של 2.19% בתמ"ג העולמי ב-2050, ביחס לתמ"ג 2050 תרחיש עסקי רגיל (European Commission, 2018).

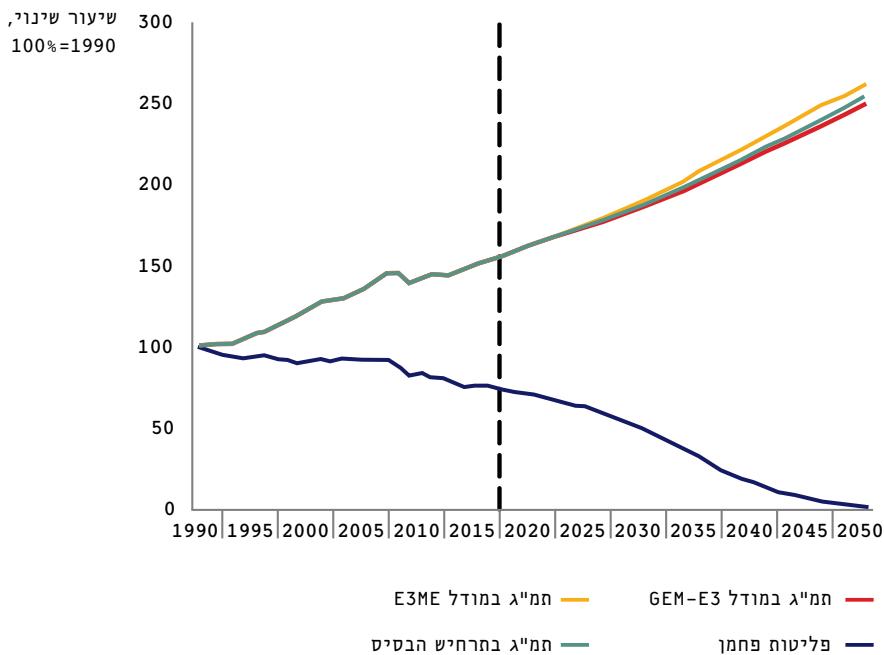
המנעד של התוצאות השונות של הנציבות האירופית מושבע משלשה גורמים:

- תקלה מקסימלית להתקומות גלובלית עד 2050 של 2°C, התובעת הפחחתה ממוצעת של 80% בפליטות במדינות אירופה ביחס לפליות ב-1990, לעומת תקלה מקסימלית של 1.5°C, התובעת ממדינות אירופה Net GHG neutrality, קרי: איפוס פליטות גזי חממה.
- שימוש בשלושה מודלים שונים לתחשב התוצאות (QUEST, E3ME ו-JRC-GEM-E3).
- שניים מן המודלים ההנחה היא שבתסրיט עסקים כרגע ישנים משאבים בלתי מנוצלים, והגדלת ההשקעה הפרטית והציבורית ביוזמות ופרויקטים שמטרתם הפחחתת פליטות תביא להגדלת ביקושים ולニיצול של אותן משאבים. בכך התערבות זו משתמש מונע צמיחה קיינסיאני למשך. נראה כי בשל הפגיעה הכלכלית בגין משבר הקורונה תסրיט זה הוא התסריט הראשי. במודל השלישי הנחת הבסיס היא כלכלה בשווי משקל, ללא משאבים בלתי מנוצלים.
- הצבת יעדים להפחחת פליטות על ידי מדינות אירופה בלבד אל מול הצבת יעדים גם על ידי שאר מדינות העולם. באופן מפתיע בכל שלושת המודלים שהנציבות האירופית מציגה, כאשר שאר מדינות העולם חותרות להפחחתת פליטות, הערות המצרפית של המהלך גדלה. הסבר אפשרי לכך הוא הקושי של מדינות מתפתחות להטמע תשתיות חדשות ליישום היעדים והتلות הרבה שלהן ושל פוטנציאלי הצמיחה שלהן בدلkim מזהמים.

כל שלושת המודלים שהניצבות האירופית מציגה אינם משקללים תועלות ממזעור נזקי אקלים ומהפחיתה פליוטות מזהמים מקומיים, כגון חיסכון בעלות למשק הנובע מהפחיתה בסיכוןים רפואיים, הפחתה בסיכוןאים לאסון טבע, הימנות מפגיעה בפרקן עקב עלית טמפרטורו, ועוד תועלות חברותיות עיקיפות אשר נובעות מעצרת ותהליכי ההתחומות הגלובלית והזיהום הסביבתי (ראו לעיל סעיף א'). המודלים משקללים עלויות רק במסגרת הסתת הוצאות ציבוריות, השפעות של שינוי מדיניות על השוקיים הפרטיים הנפוגעים או המרווחים מן המהלך והשפעות על שוק העבודה, שוק ההשקעות והצריכה הכלולות במשק.

תרשים 3

שיעור צפוי ב חמ"ג | ובפליטות פחמן בעקבות מהלך הפחתה כלל-עולמי,
עם יעד של הגבלת החממות גלובלית ל -1.5°C , שנת ייחוס 1990



שנת ייחוס 1990. המדיניות של הפחתה פליוטה עולמית החואמת את הייעדים שנקבעו בהסכם פריז להגבלת החממות ל -1.5°C . הקו המקווקו מייצג את תרחיש הבסיס, הקווים האדום והירוק מייצגים את תרחיש הח?urlות האולובלית המרבית על פי שני מודלים שונים.

מקור: European Commission 2018, p. 199

על כל פנים, השינוי בתמ"ג ביחס לתרחיש הבסיס קטן יחסית בכל אחד מן התறחישים והמודלים שהנציבות האירופית מציגה, ובפרט כאשר מסתכלים על התחזית לגידול בתמ"ג העולמי עד 2050, אשר לפי הנציבות צפוי לנintval בין-152%-163% ביחס ל-1990, גם עם התurbובות מקסימלית להפחחת פליטות לצורך הגעה לאיפוס פלייטות גזי חממה. ההשפעה המצוומצת יחסית של המהלך להפחחת הפליטות על מגמות הצמיחה העולמיות משקפת היחסות של יחסיו הקיימים בין צוות אוניברסיטה לבין התוצר, בפרט בנסיבות מפותחות מבוססות שירותים ומו"פ.

imbauhistorie ישנו קשר גורדי בין צמיחה כלכלית לעלייה בשימוש בדלקים וכיוצא בזאת בפליטות גזי חממה. האתגר בתכנון המדיניות להפחחת פליטות תוך כדי מיזעור הפגיעה בצמיחה המקומית והבינלאומית הוא הפרדה בין שני משתנים אלו, אשר במדינות רבות, ובתמונה המצב הבינלאומי, קיים ביןיהם יחסי ישר. לפי דיווחים של המשרד לאיכות הסביבה ביפן, היא הצליחה להפריד בין שני המשתנים כבר בשנות ה-80 של המאה ה-20, בזכות הצבת מטרה לאומיות של העלאת הניצולות האנרגטיות בעקבות עלית מחירי הדלקים בעולם ב-1979 (Anbumozhi, Kawai, and Lohani, 2015). גם בכלכליות מפותחות אחרות היחס בין עלייה בתוצר ובין עלייה בפליטות גזי חממה כבר אין יחס ישיר, ובכמה מהן אף ניתן לראות מגמה התחלית של יחס הפוך. לעומת זאת, בכלכליות מפותחות עדין קיים קשר חיובי בין עלייה בתוצר ובין עלייה תולולה בפליטות גזי חממה, והוא מלמד על תלות רבה של תהליכי הצמיחה בהגדלת פליטות כתוצאה מתהליכי הייצור ועליה במינו במדינות אלו.

אך שתחזית הנציבות האירופית היא שההשפעה האנרגטית של צעדים להפחחת פליטות על התוצר אינה רובה, צפואה השפעה שונה של התוכנית על מגזרים שונים. לדוגמה, על פי העריכות הנציבות האירופית, מוגר הדלקים יפגע פגיעה קשה (40.6%-32%) ירידת בתוצר בגין תרחיש עסקים כריגל), ואילו יצירתי החשמל יהנו מצמיחה המתעצמת עם הגדלה של הייעדים העולמיים (עלייה של 10.1%-10.7%). בוגר התחרורה, אשר התלות שלו בדלקים תשפיע על הצמיחה שלו בשלביו המעבר لأنרגניות מתחדשות (על אף הגידול הצפוי בביישן לכלי רכב), צפואה ירידה של 8.7%-2.5% בתוצר. מוגר התעשייה צפוי לשמר על צמיחה יציבה גם עם התערבותות להפחחת פליטות.¹² מוגר הבינוי יהנו מצמיחה קלה עקב תהליכי העברת המשק למבניים ירוקים. יצירתי הניר יהנו מביקושים עולים גם הם (European Commission, 2018).

עוד שינוי אשר הנציבות האירופית צופה בעקבות התערבות להפחחת פליטות הוא גידול בהשקעות על חשבון צרכיה. בתרחיש הקיצון, יעד של 1.5°C והשתתפות כלל-עולמית בדי

¹² צפוי לצמיחה יציבה במוגר התעשייה מסתמך על צעדי מדיניות מאזנים כנגד האגדת מיסוי על צריכת פחמן ועלוות מעבר לחיסכון אנרגטי וצריכת אנרגיות מחדשות. הדוגמה המובהקת לכך היא בהפחחת מיסוי על עבודה.

הפחיתה, התחזיות הן עליה של כ-2.2% בהשעות וירידה של כ-1.7% בצריכה. העלייה בהשעות צפוייה בשל הסטטוס כמספרים רבים במשק ליזמות וחידושים בתחומי ייצור אנרגיות מתחדשות והתאמת המשק לצריכתן, והירידה בצריכה מושפעת בעיקר מחייסון בצריכת אנרגיה לחימום וליקירור ולתחבורה. ראוי לציין כי יכולתו של משק נתון להתמודד עם שינוי זהה תלויה בגודלו, ביכולתו לספק את צרכיו גם לאחר הקטנת ייצור מקומי, במצב שוק התעסוקה, בשיערו האבטלה במשק וכיו"ב.

על פי התחזית של הנציגות, גם שיעורי התעסוקה צפויים לעלות במעט בהשוואה לתרחיש הנוכחי בטוחות הקצר, מتوزע הנחה מובנית שהעלאת מיטוי חחמן תלולה באיזון על ידי הפחתת מיטוי עבודה, על מנת למזרע נזקים לתעשייה. בתרחיש הקיצון תוצר הלואאי של מהלך זהה יביא לעלייה של 0.9% בתעסוקה ב-2050 ולעליה קלה בתמ"ג בטוחה השנים 2050-2020. על פי דוח הנציגות, בטוחה הארוך גם המעביר מהתמכחות על דילוקים לאנרגיות מתחדשות בפני עצמו צפוי להגדיל את הביקוש לעובדה ואת היקף התעסוקה, משום שבמגזר האנרגיות המתחדשות יידרשו יותר עובדים בהשוואה למזרע הדילוקים בכלל, ובפרט במדינות שאין בהן הרבה כרייה של נפט ופחם ומשמעותם העיקרי על ייבוא דלקים (מדינות אירופה וישראל).

ה-OECD פרסם ב-2017 הערכה נוספת של העולות הגלובלית של הפחתת פליטות אשר התמקדה בשילוב בין קידום צמיחה כלכלית ובין קידום יעדים להפחית פליטות. תוכנות 50% המתבססים של ה-OECD מראות כי מהלך קולקטיבי מסווג זה, המכונן להסתברות של 50% לצירמת התוכחות גלובלית מתחת ל- 2°C (יעד נמוך בהרבה מיעדי הסכם פריז), אשר מכונים להסתברות של 100% לצירמת התוכחות מתחת ל- 2°C , ואך שואפים להגדלת היעד ל- 1.5°C (ומכוונה במסמך "מעבר החלטי" (Decisive Transition), יכול להביא לגידול ממוצע בתמ"ג מדיניות ה-G20 של 2.8% עד שנת 2050, המורכב מעלות למשק של 0.9% מהתמ"ג המזוהה עם תועלות נלוות של המהלך. עלייה נפרט להלן בסעיף ג. כאשר משקללים בוחן תחשייב זה גם את התועלות ממזעור נזקי אקלים (1.9% גידול בתוצר ב-2050),¹³ תחזית העולות נטו למהלך Decisive Transition עולה לתוספת של 4.7% לתמ"ג ב-2050. במקהה של הגדרות היעד להפחית פליטות להסתברות של 66% לצירמת התוכחות הגלובלית מתחת ל- 2°C , עלות התוכנית למדינות ה-G20 גדלה בהרבה, עד לפגיעה של 2.6% בתוצר 2050. עם זאת בפועל עדין צפוי גידול בתוצר של 2.5% ב-2050 בשל שקלול התועלות החיצונית הנלוות (ראו להלן סעיף ג). בסקול התועלות ממזעור נזקי אקלים הצבת היעד השאפתני צפוייה להביא לגידול בתוצר של 4.6%.

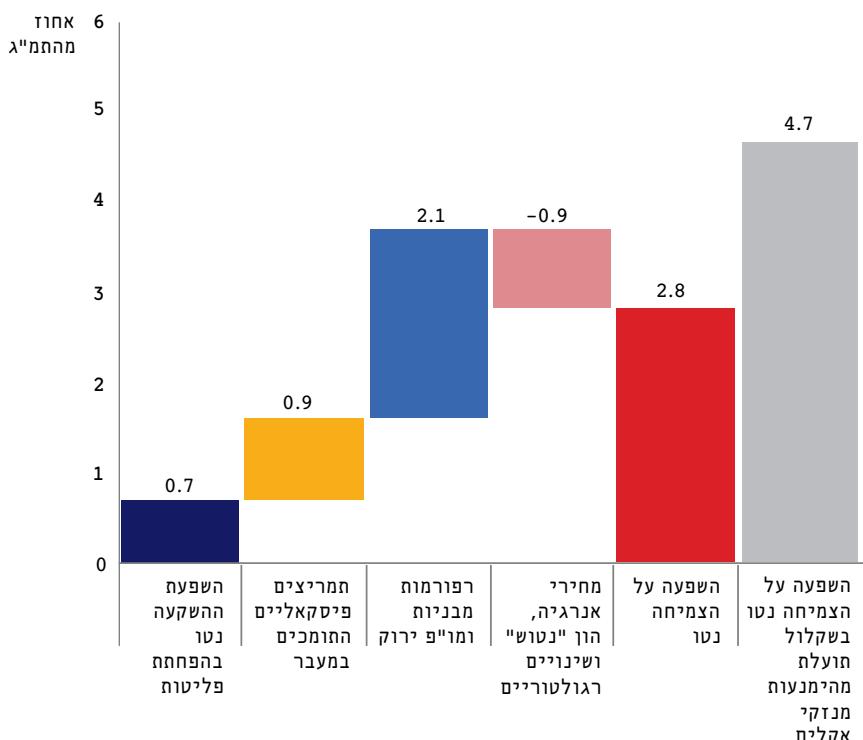
¹³ היה שהייעד שמדובר עליו הוא הסתברות של 50% לצירעה של עליית הטמפרטורה מתחם ל- 2°C אין מדובר על הימנעות ממשמעותו מן הנזקים כפי שמתווה פריז מציע, ככלומר הסתברות של 100% לצירעה מתחם ל- 1.5°C .

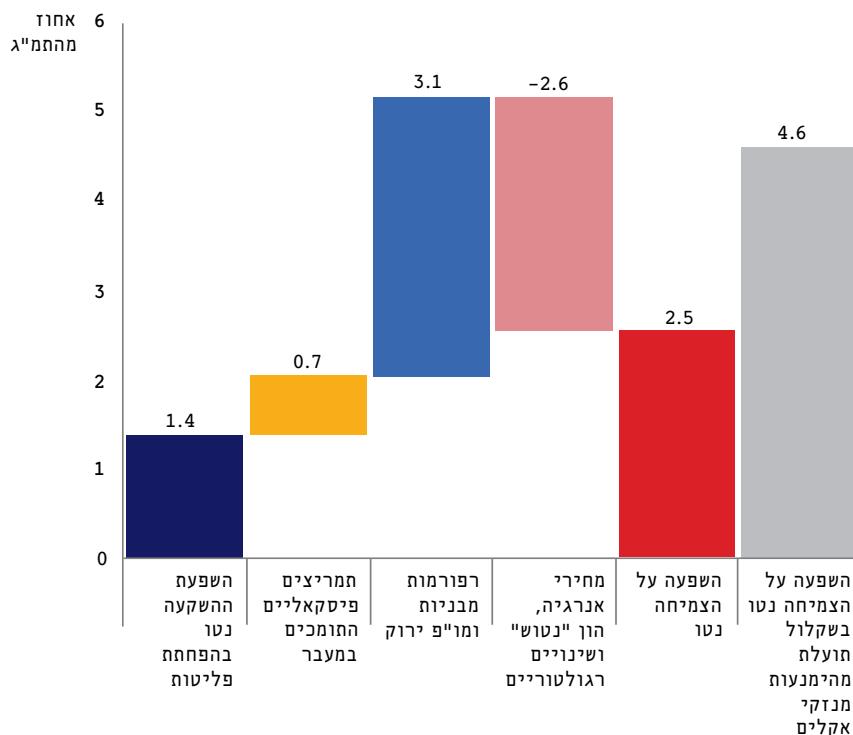
דו"ח OECD מבוחן גם בין השפעות של מהלך Decisive Transition על ארבעה מקבצים של מדינות בעולם G20: מדינות מפותחות המייבאות דלקים, מדינות מפותחות המיצאות דלקים, מדינות מתפתחות המייבאות דלקים ומדינות מתפתחות המיצאות דלקים. כפי שניתן לראות בתרשימים להלן, מדינות מתפתחות המותבססות על יבוא דלקים יהנו מהתועלות הגדולות ביותר מן המהלך, ככל הנראה בשל ההשפעה של כספי ההשקעה לשיק וההימנעות מן הנזקים למגזר של ייצור וייצוא של דלקים מזהמים. מערכות ההשלכות והקרווכליות של דחיתת פעולה להפחנות פליטות אנו מסיקים כי דחיתת פעולה ל-2026 תייקר את המהלך למדינות ה-G20 בכ-1.5%-6% מותוצר 2050, ודחיתת פעולה ל-2035-2050 תייקר אותו בכ-1%-16% מן התוצר. את המחיר הגבוה ביוטר על דחיתת פעולה ישולמו מדינות מתפתחות המייבאות דלקים מזהמים – הן ככל הנראה ייאלצו להתמודד עם מהלכים קיצוניים ולא הדרגתיים, אשר יפגעו/pgעה קשה ב濟מיחתן.

תרשים 4

עלות-חועלות ממוצעתה של מהלך Decisive Transition במדינות ה-G20, כאחוז מותוצר 2050, בהשוואה לתרחיש עסקים כרגע

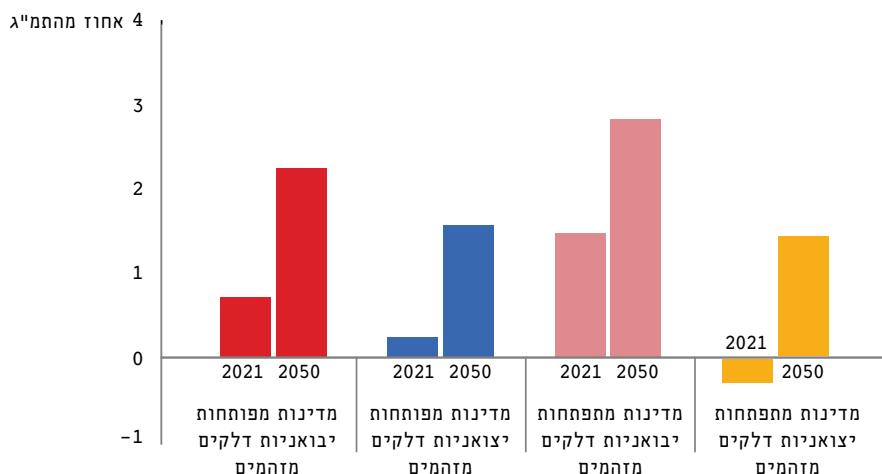
I עבור יעד הסתברות של 50% לעצירה ב- 2°C



II עברו יעד הסתברות של 66% לעצירה ב- -2°C 

מקור: OECD, 2017, p. 22

תרשים 5
עלות-תועלת ממזעתה של מהלך decisive transition
במדינות ה-G20 במנוחי חוצר, 2050
לפי מדיניות מפותחת/MapViewות ומיעילות/מייצאות דלקים מזוהמים



מקור: OECD, 2017, p. 139

(ג) עלות הייצוגיות מתקננות להפחתת פוליטות גזי חממה

תועלות מהפחיתה מזוהם מקרקעין

אחד מן התועלות החיצונית הבולטות של הפחתת פוליטות גזי חמם היא ההפחטה הנלויה של פוליטות גזים מזוהמים מקרקאים.¹⁴ מזוהמים אלו ידועים כמשמעותיים על בריאות האדם ועלולים לגרום מחילות בדרכי הנשימה ומחילות לב וכלי דם.

על פי מחקר של OECD, ב-2010 העלות הכלכלית לישראל בשל תמותה כתוצאה מזיהום אוויר אויר מוערכת בכ- 7.4 מיליארד דולר, בשל 2,548 מקרי מוות המיוחסים לזיהום

14 בפרט חלקיקים בקוטר נמוך (PM2.5): חנקן דו-חמצני (NO₂) ואוזון (O₃).

אויר.¹⁵ בעבר כלל מדינות ה-OECD עלות התמורה מסיבה זו מסתכמת בכ-1,571 מיליארד דולר, בשל כמעט חצי מיליון מקרי מוות לשנת 2010. בסין, שיאנית זיהום האויר, העלות הוא כ-1,278 מיליארד דולר, בשל כמעט 1.3 מיליון מקרי מוות המוחסים לזרימת אויר באותה שנה. ה-OECD אף מעריך כי 50% מתמורה זו יש לזקוף למזהמים מקומיים המגיעים ממגזר התעשייה (OECD, 2014).

במחקר מאוחר יותר של ה-WHO (World Health Organization) בשיתוף ה-OECD מוצרכת התוספת של DALYs (Disability Adjusted Lifeyears), שנות נכות שיתווסףו למשק כתוצאהழיהום אויר (WHO and OECD, 2015). מדובר במדד מקובל להערכת עלות-תועלות של צעדי מדיניות המזיקים לבריאות האזרחים או מיטיבים עימה על ידי אמידת ותוספת חיסכון של השנים אשר בהן פרטיטים באוכלוסייה נאלצים לחיות עם חוליות נכות מסויימת. הערכה היא של ישראל התווסףו ב-2010 בשל זיהום אויר כ-40,000DALYs. שני המחקרים, של ה-OECD ושל ה-WHO, מעריכים בהערכת גסה את העלות הכלכלית של תוספת ה-DALY לשחק בכ-10% מהעלות למשק כתוצאה מתמורה. על פי הערכה זו עלות התחלה כתוצאהழיהום אויר (להוציא מקרי מוות) לשנת הבדיקה היא כ-407 מיליון דולר בישראל, וכ-151 מיליון דולר בכל מדינות ה-OECD.

בחינה של התועלות החיצוניתות הנלוות כתוצאה מהפחחתת זיהומים מקומיים על ידי הנזיבות האירופית מעלה כי יש להן השפעה ניכרת במונחי תוצר 2050. התחשיב נוצר על ידי שימוש במודל E3-JRC-GEM, שבו השתמשה הנזיבות בחישוב עלות מהלך גלובלי של הפחתת פליטות המתואר לעיל. במקורה של מהלך גלובלי להפחחתת פליטות גזי חממה לצורך עצירת ההתחממות הגלובלית ב- 2° התועלת מן הפחתת הנלוות של פליטות גזים מקומיים מוערכת בתוספת של 2% לתוצר העולמי ב-2050 ביחס למצב עסקים כרגע. תעולת זו אף גבוהה יותר באזורי שיש זיהום חמוץ, סיון למשל, שם מוערכת תוספת של 5% לתוצר ב-2050 כתוצאה מהפחחתת זיהום חמוץ. תוספת זו לתוצר משקללת ותועלות מהפחחתת תמורה והפחחתת חולוי, וכותואה מכך מהפחחתת הזואות על בריאות והפסד ימי עבודה ומשמעותו בתוצרת הכלכלה (European Commission, 2017).

תועלות השקעה ציבורית וחשויות

תוכניות לאומיות להפחחת פליטות כוללות באופן טבעי גם השקעה מרובה בתשתיות המדינה, ובתווך כך בתשתיות תחבורה ציבורית ופרטית, פיתוח ותכנון אזוריים עירוניים ותשתיות אנרגיה. השקעה זו בפיתוח תשתיות יכולה לתרום לצמיחה בשני אופנים:

¹⁵ חשוב זה איינו כולל עלויות לשחק כתוצאה חמוץ, אשר גורר עלויות למערכת הבריאות ואובדן גמי עבודה לשחק.

- (1) הזרמת תקציבים ציבוריים לפיתוח תשתיות היא דרך לעורר את הכלכלת בתקופות של מיתון וליצור פעילות כלכלית, ובתוך כך להגדיל את הביקוש לעבודה ואת הצריכה. לאחר המשבר העולמי של 2008 מדיניות G20 ובו השקו חילך גדול מחייבות השיקום שלו (כ-20%-40%) בפיתוח תשתיות (IMF, 2011; LS, 2011 and OI). תועלות אלו מתבהרות לנוכח הצורך לעודד צמיחת משקים שנפגעו במהלך הקורונה.
- (2) יש קשר מוכח בין קיומן של תשתיות ציבריות איכותיות ויעילות לבין פרוון וצמיחה במשק בטוח הארץ (Buffie et al., 2012; Calderon and Serven, 2014), וגם ידוע הסיווג של תשתיות אלו לצמצום אי-שוויון ולצמיחה מכילה (UN, 2016).
- על אף ההשפעות החיוביות הידועות של השקעה ציבורית בתשתיות, בעשורים האחרונים ניכרת ירידת השקעות ציבוריות אלו עקבות מהتوزר, גם במדינות מפותחות וגם במדינות מתפתחות. משום כך הערכה של OECD היא שהגדלת השקעה הציבורית בתשתיות הותמכות בהפחנת פליטות בכ-0.5% מהتوزר במדינות G20 תוביל לגידול של כ-2% בתוצר 2050 במדינות אלו (OECD, 2017).¹⁶ המדינות אשר ירוו הכוונה מן השקעה בתשתיות הן מדינות שיעור האבטלה בהן גבוה ומדינות שהפרין בהן הוא נמוך.

תועלות השקעה ציבורית ופרטית במ"פ ירוק

רבייה התוכניות של המדינות להפחנת פליטות לקראות שנות 2050 מעודדות מחקרים ופיתוח ירוק ומכוונות לפיתוחים טכנולוגיים אשר יסייעו למשק לעבור לשימוש באנרגיות מתחדשות ולהפחית צריכת אנרגיה. אין מדובר רק בהטבת השקעות מגזרים אחרים במשק, אלא גם בהגדלה של ממש בסך ההשקעות הציבוריות והפרטיות: הגדלת השקעות הציבוריות ממוננט מההכנסה החדשה של המדינה מימי פרחמן, ובחלקה היא ממוחזרת לצורך השקעה במ"פ ירוק. הגדלת השקעות הפרטיות תאפשר כתוצאה מרפורמות מבניות אשר במסגרת התוכנית האסטרטגית הלאומית להפחנת פליטות מסירות חמימות להשקעה בתחום המ"פ הירוק.

הערכה OECD היא שהגדלת השקעה הציבורית במ"פ ירוק בכ-0.1% בממוצע במדינות G20, מחוור הכנסות מימי פרחמן והפחנת חסמים להשקעה פרטית במ"פ ירוק בכ-0.35-0.85 נקודות האחוז יביאו לגידול של כ-3% בתוצר 2050 (OECD, 2017).¹⁷

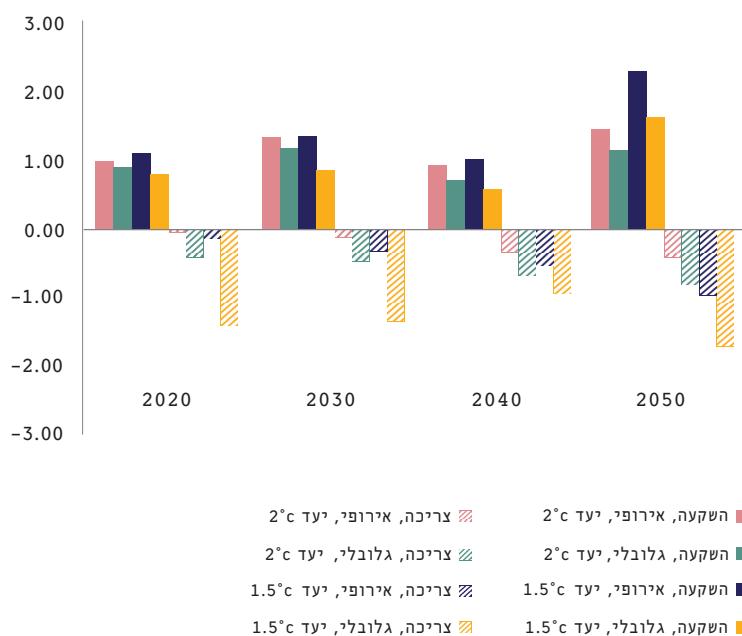
16 ראו לעיל פרשנים 4 השמאלי, העמודות הראשונה והשנייה שמאל.

17 ראו לעיל פרשנים 4 השמאלי, העמודה השלישית שמאל.

תימוכין נוספיםים לצפי של גידול בהשקעות במ"פ נמצאים בשלושה מודלים שונים של הנזיבות האירופית – בכמה מן המקרים בעקבות צמצום הצריכה הנובע מהתייעלות אנרגטית, שימושוותה והפחיתה תשומת האנרגיה בייצור יחידת תוצר או בצריכת מוצרים ושירותים, אשר מפנה כספים להשקעה.

תרשים 6

ההשקעה (עמודות מלאות) וצריכה (עמודות מקוקוות): סטיה מתרכיש הבסיס במקורה של התערבותם לפי יעד הסכם פריז, מהלך גלובלי/אירופי-פרטני

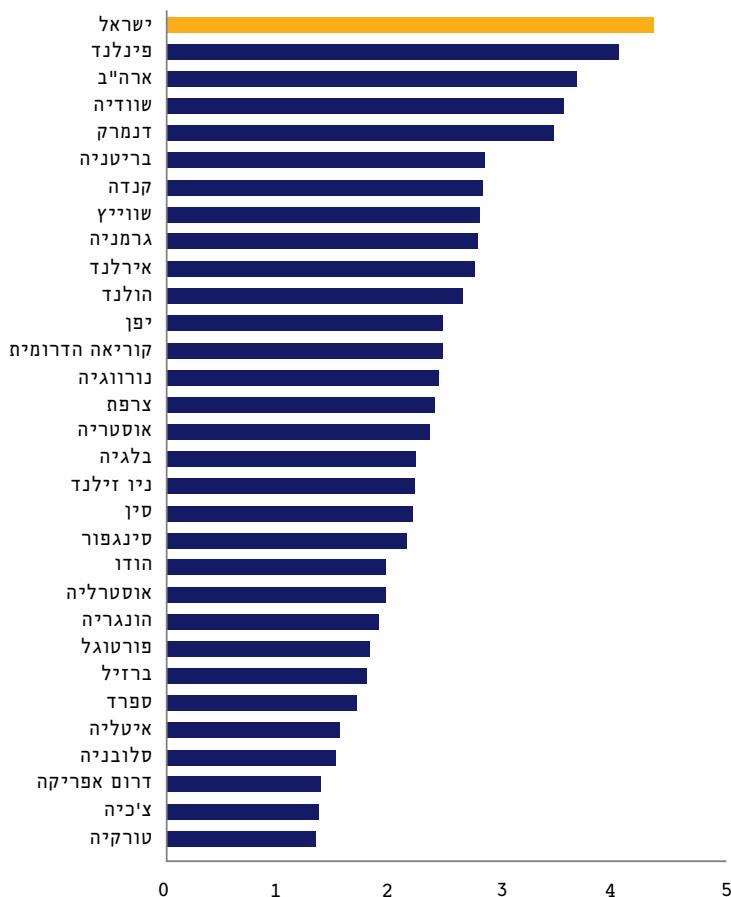


מקור: European Commission, 2018, p. 224

על פי הערכות של רשות החדשנות, תמיכה ממשלתית במ"פ באופן כללי מניבה תשואה למשק הגדולה פי 5-6 מסכום התמיכה. במ"פ עבור תעשיות מסורתיות, אשר מ"פ ירוק מעתיך אליון, תשואה זו למשק יכולה להיות פי 6-200 מההתמיכה הממשלהית (רשות החדשנות, 2018). על פי מדד החדשנות העולמי למ"פ טכנולוגיות נקיות ישראל מדורגת במקום גבוה בהשוואה ביןלאומית, וב-2014 הייתה מדורגת ראשונה בעולם למדד זה. הדירוג הנגבה הופך אותה למועד אטרקטיבי להשקעות פרטיות ככל שהסבירה הרגולטורית תעודד זאת.

תרשים 7

מדד החדשות של מחקר ופיתוח טכנולוגיות נקיות, דירוג עולמי 2014



מקור: רשות החדשנות, 2018, עמ' 10.

בלוח 1 ניתן לראות ריכוז של הערכות העולות של המדינות להפחחת פליטות בשלוש מדינות (בهن פורטוגל, אשר פרופיל ציריך האנרגיה שלה דומה לשול ישראל), וברמה העולמית על פי הערכות הנציבות האירופית וה-OECD אשר פורטו לעיל. כמו כן מפורטות התוצאות המוערכות מהפחחת נזקי אקלים ותועלות חייניות נלוות לתהליכי הפחתת פליטות היכן שהמידע זמין.

ЛОЧ 1
רכיבן עליות ותועלות של מדיניות להפחחת פליטות בשוואה בינלאומי,
במונחי חוץר 2050

מקור	תועלת מוסרכמת מהפחמת נדקי אקלים עד 2100	תועלת מוסרכמת מהפחמת נדקי אקלים עד 2050	תועלת הייזונית משקעה ציבורית במואי"	תועלת הייזונית משקעה ציבורית בתשתיות מקומיים	תועלת הייזונית משקעה ציבורית מחממים	עלות ישות מוסרכמת עד 2050	שנת יחס	שנת יחס	יעד הפחמת בגזי הפליטה	מדינה
Committee on Climate Change 2019; Khan et al. 2019	+4.08%	+1.21%	-	-	-	-1% עד -2%	1990	2050	-100%	בריטניה
Governo De Portugal 2012 ; Khan et al. 2019	+7.03%	+2.24%	-	-	-	-5% עד -1.8%	2005	2050	-70%	פורטוגל
Climact 2016 ; Khan et al. 2019	+2.46%	+1.18%	-	-	-	-2%	1990	2030	-46%	בלגיה
European Commission 2018 & 2017; Khan et al. 2019	+6.15%	+2.4%	-	-	+2%	-1.3% עד +2.2%	1990	2050	-100%	globali
OECD 2018	-	+1.1%	+3.1%	+2.1%	-	-2.6%	NA	2050	הסתברות של עצירת התחומות ב-2°C	מדינות G20

פרק 3

גישה המקרו לאימוץ יעדים להפחחת פלייטות מצהמות בישראל

הסכנות של ההתחממות הגלובלית וזיהום האוויר במד המ מקומי הן השפעות חייזניות של פעילות כלכלית, הכולר נזקים שאינם נלקחים בחשבון על ידי השחקנים הכלכליים ועל כן אין להם מחיר שוק. הנזק הכרוך בהשפעות חייזניות אלו אינו מיידי, לא ברמת המדינה ולא ברמת הפרט, ועל כן אינו בא לידי ביטוי מיידי באופן המקביל למדידת פעילות כלכלית באמצעות התוצר. עם זה, טיפול בהשפעות החייזניות עשוי להפחית את התוצר הנמדד בהואה וליצור גידול בתוצר בעתיד. על כן יש צורך בהערכתה מקרו-כלכליות של התוכניות להפחחת הפלייטות של המשרדים. בספרות התאורטית העוסקת בצמיחה, מטרת המדיניות היא להשיא את התועלות של הפרטיהם במשק. מושג התועלות רחב ככל צריכה של מוצרי שירותים שונים ויתנים למזהה וכן תועלות מאיכות חיים – אותה קשה יותר לכמתה. מטרת ההערכתה המקרו-כלכליות בדוח זה היא להשתמש במודל על מנת לכמת במונחי תוצר את העלות והתועלות של אימוץ התוכניות להפחחת הפלייטות המזהמות. הנסיבות במונחי תוצר ועוד לשחק את העלות במונחי הכנסה הנמדד (תוצר) של המשק. בשל מגבלות המודל וביעדר מודל אחר נגש לנו אשר ביכולתו לשקלל גם תועלות ממהלך הפחתת פלייטות, התועלות החייזניות של המהלך אינן מכונותות בדוח זה, אלא נגזרות מתועלות חייזניות שכומתו על ידי גופים בינלאומיים. עוד מטרה של הדוח היא לבחון את שילוב התוכניות להפחחת פלייטות של המשרדים עם תוכניות כלכליות אחרות של הממשלה על מנת לאפשר תיעודו מושכל של התוכניות בהינתן האילוצים התקציביים. בהמשך הסקרה ידוענו גם רכיבים הקשורים לאיכות חיים ואינם נמדדים ישירות בתוצר.

העלויות הצפויות במונחי תוצר של אימוץ תוכניות להפחחת הפלייטות הן:

- הגדלת הוצאות הממשלה
- תיעודו הוצאה על הפחתת פלייטות על פני הוצאה ממשלתית עם תשואה כלכלית גבוהה יותר
- רגולציה המשיתה עלויות על המגזר העסקי
- רגולציה המשיתה עלויות על משקי בית
- מיסוי יroker והשפעתו על התוצר.

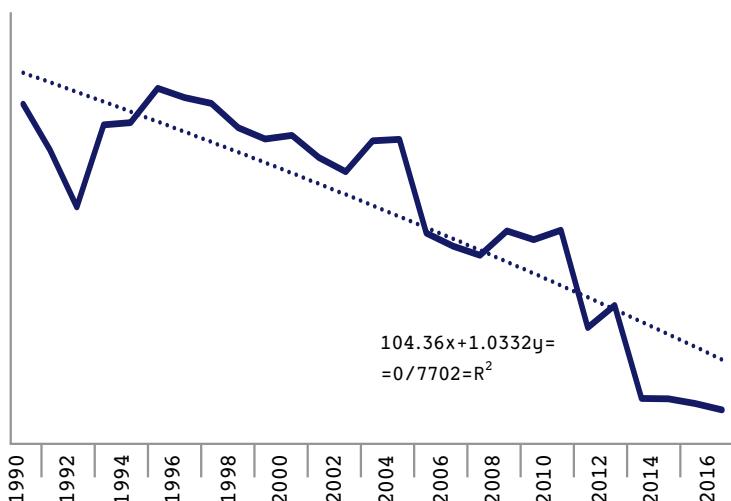
במודלים המקרו-כלכליים הדינמיים (כולל המודל שהשתמשנו בו במחקר זה) עיקור ההשפעה השלילית על התוצר והצמיחה נובע מיסוי יroker (למשל מיסוי פחמן), ורוב המודלים אינם

כוללים והתייחסות ישירה לעליות האחריות הנזכרות לעיל. יוצאי דופן הם המחקרים של OECD והנציבות האירופית שניסקרו לעיל בפרק 2, המכמתים במונחי תוכר כמה מה העליות הללו. על מנת לפשט את הדברים, אם נניח שהממשלה אינה משנה סדרי עדיפויות בעקבות אימוץ יעדים להפחחת הפליטות אך מגדילה את ההוצאה על ידי העלאת מיסוי יerox, אז ההשפעה על התוצר מוגבלת להשפעה של מיסוי יerox ורגולציה. הנחה זו מאפשרת להשתמש במודלים דינמיים קיימים מהסוג שהשתמשו בו בנייר זה. מודלים אלו, של שווי משקל כלבי דינמי, יכולים לשקל את השפעות המיסוי על המחרירים היחסיים במשק (אפקט התחלופה) ואת אפקט ההכנסה הכלול בהם. במדינות שהערכה כזו נערכה (ראו לעיל פרק 2) ההשפעות הללו קטנות יחסית, מכיוון שהן מושפעות בעיקר על צדchet אנרגיה, שחלוקת בתוצר אינו גדול מרכיביה וונמצא במעטמאות ירידת מתמשכת בשל השינויים בהרכב התוצר לטובות ענפים שעוצמו האנרגיה בהן נמוכה (שירותים, הייטק ו-R&D).

תרשים 8

צריכת אנרגיה ליחידת תוצר בישראל, 1990-2016^a,

סקירה לוגריתמית



מקור: עיבוד המחברים לנוחוני הלמ"ס.

אחד המאמרים החשובים והמצוטטים ביותר בעניין מידול מקרו-כלכלי של מדיניות להפחטה של פליטות והתחממות גלובלית נכתב בידי Acemoglu ועמיטיו (2012), ובו קובעי המדיניות ממקסמים פונקציית רוחה משקית (ולאו דווקא תוכר), ומשתי הכלכליות של הממשלה הם מיסי פחמן ומיון של הסטת מדיניות לתוך האנרגיה הנקייה, על ידי מתן סובסידיות למ"פ יירוק. המשנה העיקרי המשיע להקדמה של אימוץ טכנולוגיה נקייה הוא מידת התחלופה בין מקורות אנרגיה נקיים ומהם בייצור מוצרים ושירותים. ככל שמידת התחלופה גבוהה יותר, כך הסובסידיה והמס אפקטיביים יותר בהסתת התשומות לכיוון הנקי. חשוב לציין כי בגלל התחלופה בין גורמי הייצור והיתרון הטכנולוגי בנקודת ההתחלה של הטכנולוגיות המזוהמות, שווי משקל תחרותי ללא התערבות ממשלתית מביא לאסון סביבתי.

גורם אחר המעודד אימוץ טכנולוגיה נקייה הוא שער ההיוון במשק: ככל שריבית ההיוון נמוכה יותר, משקל הפרטים לטוויה הארוך גדול יותר. על כן עליה הcadiatot של הסטת המחקר והפיתוח לתוך האנרגיה הנקייה על חשבון צריכה בהווה. כאשר הריבית נמוכה נדרש מיסוי לחמן נמוך יותר הנמשך פחות זמן. היקף הסובסידיות גם הוא נמוך יותר ונמשך פחות זמן. בפרט, אחת התוצאות של המודל היא שבמצב של תחלופה גבוהה בין מקורות אנרגיה בייצור וריבית ההיוון נמוכה יש להסיט מיד את כל מאמרי המחקר לפיתוח טכנולוגיה נקייה.

יש לציין שמאז פרסום המחקר בשנת 2012, מרבית ההנחות שביסודה עדין מתקיימות: ניכר שה坦ולפה בין מקורות אנרגיה במשק גמישה מאוד ואופין ייחסי, ריבית ההיוון נמוכה במשך כמעט עשור, וישנם יתרונות לגודל באימוץ טכנולוגיה נקייה (לדוגמה, ירידת במחירים האנרגיה הנקייה). על כן המסקנה העיקרית של המאמר עדונה תקופה, ויש להקדים ככל האפשר את הסטת המחקר והפיתוח הטכנולוגי למחקר ופיתוח בתחום האנרגיה הנקייה. כאמור, אמצעי המדיניות המזוהם את ההסתה הם מיסי פחמן וסבסוד מ"פ. בפועל נעשה מעט מדי בתחום זה בעולם בכלל ובישראל בפרט.

היחסון בגישה של Acemoglu ועמיטיו (2012) ובמודלים הדינמיים שהרצנו הוא שאין בהם התייחסות מפורשת לעולות של החלטת ההון שמשתמש באנרגיה מזהמת בהון המשתמש באנרגיה נקייה. בפרט, כפי שאפשר לדאות אצל Rozenberg, Vogt-Schilb, Hallegatte and Hallegatte (2014), שימוש יתר במס פחמן מזרז ניטות וכיסים מזוהמים בטרם מצוי עד תום ובתווך הקצר מייצר עלויות כלכליות. מותן סובסידיות לשימוש בהון שאינו מזוהם, בגיןו למיסוי פחמן, אינו פוגע בבעלי ההון הקים, ועל כן מקטין את העולות בטווח הקצר של המעבר לשימוש באנרגיה נקייה, ומגדיל גיסא הוא מעקב את תהליך המעבר. על כן המסקנה היא שיש לשלב בין הצעדים – מיסוי וסבסוד. שילוב של המסקנות בשני המאמרים

נסקרו מראה שכל שקצב אימוץ הטכנולוגיה הנקייה עולה, השימוש בנכסי הון מזוהמים נהיה לא כדאי מבחינה כלכלית, ועל כן במהלך הזמן ניתן להפחית הן את היקף המיסוי והן את הסבסוד.

לבסוף, יש להתחשב גם בהשפעות של השינוי הטכנולוגי המוטה אנרגיה נקייה על התעסוקה. בדומה להשפעת המעבר על שימוש בהון, ככל שמיומנויות העובדים נשמרות עם השינוי במקור האנרגטי של העסוק, ההשפעה הישירה של המעבר لأنרגיה נקייה על התעסוקה תהיה קטנה. במאמר חדש יותר של Acemoglu ועמיטיו (2016) מפותחים מודל הכלול גם תעסוקה, ומושווים אותו לניטנו מארצות הברית על השפעות תעסוקה ומכירות של עסקים העוסקים בחידושים בתחום האנרגיה אשר חל בהם שינוי טכנולוגי מסווג זה. ממחקר זה עולה כי השפעת התעסוקה נטו הייתה חיובית ומלווה בעלייה מכירות לעובד עברו עסקים העוסקים בחידושים בתחום האנרגיה הנקייה, בהשוואה לעסקים העוסקים בפיתוחים הקשורים لأنרגיות מזוהמות.

בבואהו לשקל את ההשלכות המקרו-כלכליות של התוכנות להפחית הפליטות והמעבר לככללה מקיימת על הכללה הישראלית יש להתחשב בשיקולים הבאים:

- יודי הצמיחה ארוכת הטוח של המשק בישראל
- ידים ארוכי טווח אחרים של הממשלה
- המצב המקרו-כלכלי המחזורי
- שיקולי כלכלה פוליטית
- משק האנרגיה בישראל והיקף הפליטות
- שיקולים פיסקליים.

(א) יודי העמידה ארכונית הטוח של המשק בישראל

היעד הכלכלי העיקרי ארוך הטוח של ישראל הוא סגירת הפער ברמת החיים בין ישראל למידינות OECD העשירות יותר. בשנת 2019 פרסם בנק ישראל תחזית צמיחה ארוכת טוח (ארגוב וצוז, 2019), שלפייה בתרחיש עסקי כרגע פועל זה לא יסגר עד 2050. ישראל שונה מרבבית המדינות העשירות בקצב הגידול הדמוגרפי המהיר, המחייב השקעות מהירות בתשתיות חינוך, תחבורה, דיור ובריאות רק כדי לשמור על קצב הצמיחה הנוכחי. לכן מבחינות קבועי המדינות המשמעות של צמיחה מקיימת היא הבטחת רמת חיים יציבה או גבוהה יותר לנוכח האתגר הדמוגרפי. בנסיבות הבאות נטען שאימוץ טכנולוגיה המבוססת על אנרגיה מתחדשת ויעילה מבחינה אנרגטית אינו סותר ידים ארוכי טווח של ישראל, אלא משלים ומקדם אותם.

נייר עמדה שפורסם בנק ישראל מתייחס למה שנדרש לצורך העלאת פרוון העבודה במשק, שהוא תנאי הכרחי לצמיחה מקיימת מבחינה כלכלית (בנק ישראל, 2019), ובו מזכר הצורך בשיפור של הסביבה העסקית, הסביבה החינוכית, הסביבה הרגולטורית ועוד. עם זאת, שיפור איכות הסביבה אינו מזכיר כיעד – לכל היוטר מזכרת רגולציה של המשרד להגנת הסביבה כמכבידה על השגת היעדים הכלכליים-חברתיים האחרים כמפורט לעיל. אף שקצב הגדול הדמוגרפי בישראל דומה לקצב הגדול במדינות מפותחות, רמת החיים בישראל היא מהגבוהות בעולם, ועל כן האזרחים מייחסים גם לאיכות הסביבה משקל דומה למשקלה במדינות מפותחות אחרות, ובהתאם לכך על הממשלה לחת עליה את הדעת כדי לאומי. סקר הבוחן דעת קהל בנושא אף מצא כי רוב מכריע בצביעו הישראלי (89%) סבור כי ממשלה ישראל צריכה לפעול לשיפור מוכנות המשק הישראלי למשבר האקלים (אבירם-ניצן וקיידר, 2020).

במסגרת הסימולציות נראה להלן שאיום אנרגיות מתחדשות אינו פוגע בגישה קשה בקצב הצמיחה לטוח אורך, אף ללא שקלול של התועלות החיצונית של המהלך. ההערכה היא שהוא יוביל לעלייה של ממש בקצב הצמיחה ארוכות הטוח גם בניכוי עלויות (OECD, 2017; European Commission, 2018). מהlıklar שהובאו לעיל ניתן שתיעודו של איכות הסביבה אינו פוגע בקצב הצמיחה בתרכיש עסקים כרגע, אך הוא עלול להשיט משאים מייעודים החינויים להגברת קצב הצמיחה. הניתוח של מחלוקת המחקר בנק ישראל מפרט את היקף ההשעות הנוחות בתחוםים רבים על מנת להציג את קצב הצמיחה של המשק. שני התחומים הבולטים הם: (1) חינוך – נדרשת תוספת הוצאה של 1% תוצר, המייצרת תשואה של 6.6% במונחי תוצר; (2) תשתיות ציבוריות – נדרשת הוצאה של 2% תוצר, והיא תיציר תשואה של 7.5% לתוצר. עליה בשיעור ההשקה על ידי שיפורים בתמירים ליוצרים תתרום גם היא לעלייה בפרקון.

אימוץ ייעדים של שימוש באנרגיה מתחדשת אינו מתחgra בהשגת הרוב המכריע של ייעדים אלו אלא תורם להם. אחד היתרונות של גידול מהיר באוכלוסייה ובتوزר בהשוואה למדינות המפותחות האחרות הוא היקף ההשקה בתשתיות, הנדרש מילא על מנת לשמור את הפריון. היקף ההשקה החדשה הנדרשת בתרכיש של גידול דמוגרפי מהיר מאפשר לישראל להימנע משחיקה מהירה של הון קיים המשמש באנרגיה מזהמת ועל ידי כך לחסוך חלק מההוצאות במונחי תוצר שנסקרו לעיל. היקף ההשקה החדשה בתשתיות התחרובה והאנרגיהאפשר לנובט את אותן סכום השקה לפתרונות המותאמים להפחחת פליטתות ולשימוש באנרגיות מתחדשות. למשל, מספר כל הרכב הפרטימי צפוי להכפיל את עצמו כמעט עד 2050. על כן נדרשים צעדים ארגזיביים של הורדת מוכנות מזהמות מהכבדים על מנת לשפר את הפליטות של כל רכב פרטיים במונחי נפש או תוצר, לו רק מתאריך יעד מסוים כל הרכיב החדשים העולים על הכביש יהיו חמליים. כך ההגדלה

הניכרת של תשתיות תחבורה ציבוריות משלтиות (עירונית ובין-עירונית), הנדרשת מילא, צריכה להשתמש בתחבורה מונעת בחשמל. גם הגדול הצפוי בביוקש לדיוור (כמעט הכפלה של מספר וחידות הדיוור) מאפשר אמצע סטנדרטים ורוקום בבנייה ובתכנון בלי הצורך להשית עול מיידי על בעלי נכסים קיימים.

הمسקנות העולות מהחוקרים שנסקרו לעיל עקבויות גם עם פישוט הנטול הרגולטורו. המלצת המדיניות החיד-משמעות של כל החוקרים האקדמיים ונירחות המדיניות של גופים בינלאומיים היא להשתמש במנגנון המחייבים על ידי מיסוי פחמן, המשך את העולות ביןלאומיים, בחלוקת היחס שלביניהן מוגנת. בכך נועל הרגולציה והבירוקרטיה יורד. לדוגמה, האmittית של השימוש באנרגיה מזהמת. בכך נועל הרגולציה והבירוקרטיה יורד. במקום לאסור שימוש בחומרני בנייה לא מבודדים יש להטיל מיסוי על שימוש בחומרנים אלו. החוקרים שנסקרו ממליצים לשבל עם מיסוי הפחמן סובסידיות להשעות ומו"פ בתחום האנרגיה הנקייה (ייצור ושימוש). מנגנון מסדר לאמוץ טכנולוגיה, כגון סבסוד מו"פ והשקה בהון חדש, שיפתח ויימכר גם למединיות אחרות, בשילוב עלות העבודה יותר וニיצולות אנרגטיות גבוהה, יתרום גם הוא לעליית הפריון במשק. על פי הדוח של בנק ישראל ההשערה של ישראל במו"פ בתחום האנרגיה הנקייה היא מהנמכות OECD במונחי תוכר, והגידול בה צפוי גם הוא להפוך את המשק לעתיר הון במידה רבה יותר ובכך להעלות את פריון העבודה.

(ב) יעדים ארכוני טוווז אחרים של הממשלה

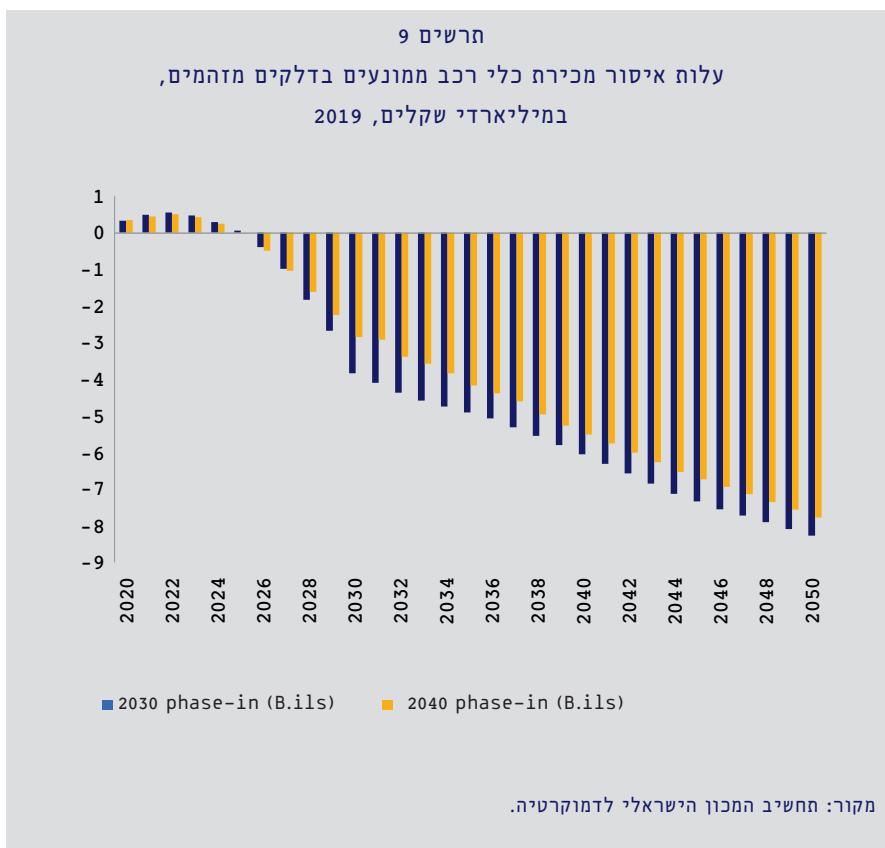
לממשלה ישראל בשנים האחרונות יש עוד יעדים כלכליים – יש בהם שמלים ייעדים להפחחת הפליטות ולמעבר לאנרגיות מתחדשות, ויש בהם שלמצער אינם עקבאים איתם. להלן העיקריים מהם:

- **הפחתת יוקר המchia.** יעד מרכזי של ממשלה ישראל מאז המאה החברתית הוא הפחתת יוקר המchia. מרבית הצדדים הנוחים לקידום התוכנית להפחחת פליטות ומעבר לאנרגיות מתחדשות, בפרט מיסוי פחמן, כורכים בהעלאת יוקר המchia בטוחה הקצר. עם זאת, מרבית הצדדים מוזלים את יוקר המchia בטוחה הבינוי והארון. צורך, המחקר של Acemoglu ועמיתיו (2012) מצין את שיעור ההיוון הנמוך השורר ביום בשוקים המפותחים כגורם המפחית את התועלות שיש לפרטימס מioreker המchia היום לעומת יוקר המchia ואיכות המchia בעתיד. נוסף על כן, מיסוי פחמן משקפים עלות שמטעמים של צרכי שוק של מתחמורת, וממן הרואוי להביאה בחשבון. לבסוף, ניתן גם לказז את מרבית ההשפעה על יוקר המchia על ידי שינוי תמהיל המיסים העקיפים: בכפוף לתחשיבים של תקציבי מיסוי ניתן לказז את מיסוי הפחמן המגולמים במווצריו הצריכה על ידי הפחתת מע"מ כללית. גם שיקול זה מגדיל את האטרקטיביות של שימוש במיסוי פחמן על פני רגולציה ירוקה אחרת.

- הגברת התחרות. הגברת התחרות במשק היא יעד הקשור להפחחת יוקר המחייה, להתייעלות המשק ולהעלאת הפרוון. לאימוץ היעדים להפחחת פליטות לטוויה אורך לא צפוי להיות השפעה שלילית על מידת התחרות במשק, אלא הוא צפוי להגבר את התחרות: מעבר של משקי בית ויזמים קטנים ובינוניים לייצור חשמל המבוסס על אנרגיה סולרית ורוח יכולה לגבר את התחרות במגזר האנרגיה; תהליכי אגלוומרטציה עירונית על חשבון הפרוראים צפויים גם היא ליעיל את השוקים על ידי הורד הוצאות עסקה הקשורות ביצירת מוצריהם ועל ידי ייצור שוקים עזומים יותר, מרובי מוכרים וקוניים.
- הקענת החדש והצפיפות בככישים. יש הלים גבואה בין הਪתרונות המוצעים לביעית החדש בככישים לבין הפחתת השימוש באנרגיות מזהמתה בתחרורה. בכלל זאת: פיתוח תחבורה ציבורית חשמלית, עידוד שימוש נסועה, שימוש בכלים תחבורה דיגיטליים והליכה ברגל.

תיבה 1: ניתוח עלות-תועלות של החדרת כל רכב חשמליים

לכל רכב פרטיאים יש חלק נכבד בזיהום האוויר. הביקוש לשימוש בכל רכב חשמליים גדול בעיקר בשל עלית מחיר הדלקים באמצעות העשור הקרוב. בغالל קשיים טכנולוגיים פנתה מרבית התעשייה לייצר כל רכב היברידים, אולם גם כל רכב אלו צורכים אנרגיה מזהמתה. החידושים האחרונים בתחום כל רכב החשמליים מחזקים את הערכות שבעשר הבא הביצועים והמחיר של כל רכב חשמליים פרטיאים יהיו דומים לפחות של כל רכב המונעים על ידי אנרגיה מזהמתה. ניר מדיניות עדכני של הוועדה הפרלמנטרית לישום תוכנית להפחחת פליטות גזי חממה בריטניה מציג תחשב של עלות-תועלות מקו-כלכליות של הקדמת האיסור על עלית כל רכב חדשים על הכביש והחלפתם בכל רכב חשמליים מ-2040 ל-2030 (Committee on Climate Change, 2019). בתחילת צפוי עלייה בהוצאות הרכות בהקדמת השימוש בכל רכב חשמליים, סבסוד כל רכב הוצאות הקשות לתשתיות עבור השימוש בכל רכב החשמליים, ומהיר רכב גבוהים בתחילת חשמליים (הפרע במחיר בין כל רכב חשמליים למוני דלק) ומהיר רכב גבוהים בתחילת התקופה. ההנחה היא שבسبיבות שנת 2025 מחירי הקייה של כל רכב יהיו זמינים. כדי להתאים את התחשב הבריטי לישראל הנחנו אימוץ מלא של המדיניות הבריטית כלשונה; כמו כן הנחנו שעוצמות כל רכב בישראל לנفس מתכנסת למוצע OECD (כיום היא נמוכה יותר). התוצאה היא – במחצית 2019 – שבשנים הראשונות יש תוספת עלות מצטברת של כ-250 מיליון ש"ח להקדמת האיסור על מכירת כל רכב חדשים שאינם חשמליים ל-2030; תוספת העלות המצטברת מחייבת את עצמה כבר כעבור שלוש שנים. בשל שיעורי ריביות החיים הנמוכים המהלך כדי מאד.



- **דיוור בר השגה.** מאז המחאה החברתית הממשלה פועלות בנחישות להפחית את מחירי הדיוו. בדומה לשוגיות מחירי הצרכיה, גם בתחום זה ההשפעה הישירה של מיסוי חמן היא ייקור מחיר הדיורות בטוחה הקצר. עם זאת, עלות אחזקת דירה אמרורה לרזרת, וזרם החיסכון מאחזקת דירה זולה יותר יפצה על העלייה במחיר הדירה, בפרט בסביבת ריביות נמוכה. עם זאת, מכיוון שלרבים מוכensi דירה ראשונה ישנים קשיי מימון, יש מקום לשקל התערבות ממשלתית על ידי קידום מוצרי מימון מתאימים הנוגאים כולם, כגון משכנתאות ירוקות או מתן ערבויות מדינה לאוטו חלק במשכנתה הממן את ההתייעלות הארגנטית של הדירה, כמו גם החרגה של חלק זה מעלות הדירה ומהמגבילות המושתות על גובה המשכנתה.

מайдך גיסא, חלק מהמהלך הנוכחי של הוצאות מחירי הדירות הוא גידול בבנייה בפריפריה הפרו-עירונית, שם עלות הקרקע זולה. המהלך זה עומד בשתייה לעדי התוכנית להפחיתת השימוש באנרגיה ופליטות, מכיוון שהוא מגדיל את הנסעה, בפרט בכלי רכב פרטיים, בהשוואה לציפוי מגוריים במטרופולינים קיימים. המהלך גם עומד בשתייה לעידים של משרד התחבורה, וכן לעידים של מינהל התכנון. על כן חשוב לשencerן בין פיתוח וצמיחה בני Kiima ובין תכנון. לציפוי ולאגולומרציה עירונית יש יתרונות גדולים גם בתחום פרו-עירוני העובודה ובערכת החינוך והתרבות, ומכאן תרומותם לצמיחה כלכלית. יוקר הדירות בישראל נובע מיחסו בסיסי בקרקע באזורי ביקוש ביחס לאוכלוסייה הולכת וגדלה ומפיגור של היצוע מחירי הדירות מעבר לגזר הביקוש אורך הטוח). ציפוי האוכלוסייה באזורי ביקוש עליתות מחירי הדירות מעבר לגזר הביקוש אורך הטוח). ציפוי האוכלוסייה באזורי ביקוש אוינו פוטר את הבעיה המבנית הנובעת מהגידול הדמוגרפי. עם זאת, על ידי האצה של תהליכי התכנון ובוקר השקעה בתשתיות תחבורה, אשר תקבע רוח גביה מאימוץ ייעדים שאפתניים להפחיתת פליטות, ניתן כי הגורמים הזמינים לעליית מחירי הדירות והציפיות לעלייה זו ייחלו.

(ג) המ Zub המקרו-כלכלי המחו-זרו

המצב המקרו-כלכלי בישראל טרם משביר הקורונה תומך בפיתוח המהלים המוצעים לעיל, בפרט מושם שרוב האוכלוסייה העובדת מושתקת בגורם השירותים, שישו תחולפה גבואה בין מקורות אנרגיה מזהמים ונקיים. ככל שישם ענפים עתורי אנרגיה מזהמת, כמו בתוי היוקוק, האבטלה החיכוכית שעוללה להיווצר בגלל שינוי תמהיל האנרגיה במשק קטנה. בעת כתיבת דוח זה עדין מוקדם להעריך את נזקי המיתון הכלכלי המקומי והלאומי כתוצאה מגנייה הקורונה. בזמן פגיעה המגבה, עיקרה של המדיניות המקרו-כלכליות הוא לספק נזילות והכנסה בסיסית לעובדים ובעלי עסקים קטנים שנפגעו מההשלמה למיגור ההידבקות במחלה. ואולם לצורך התאוששות מהמיתון הכלכלי נדרש גידול של ההוצאה הציבורית על מנת להחזיר את המשק לצמיחה. אם כן, כמה מהתוכניות של הממשלה לעידוד הצמיחה ניתנת לכוון להשקעות ופיתוחים עקבאים עם עמידה ביעדי הפליטות – בעיקר בתחום התחבורה, אימוץ מואץ של אנרגיות מתחדשות, פיתוח תשתיות רשת חכמה, פרויקטים של אגרת אנרגיה והטיילות אנרגטית ועוד. המדיניות המרחיבה של בנקים מרכזיים בעולם, ובינם בנק ישראל, מיצרת סביבת ריבית נמוכה הומכמת בהשקעות. שיעורי הריבית הנמוכים בעולם ובישראל מהווים תמרץ להקדמים השקעות ארוכות טווח ומשקיעים ריבית היון נמוכה מאד בפרשנטיביה היסטורית, התומכת בהעדפת העתיד על פני ההווה. מайдך גיסא, עד להتابשות המשק מהמשבר יהיה קושי בהעלאת מיסים ובנקיטת צעדים העולמים לפגוע בוקר המכחיה. על כן יש לפעול בזירות בצד המדיניות

העיקרי – הטלת מס הפחמן – ולהשוותו עד לנקודה של בשלות המשק לכך. המשק הישראלי נהנה מאינפלציה נמוכה במיוחד, והשפלה הכלכלי של משבר הקורונה גם הוא מקטין את לחץ המחיר שעולמים לצוץ מהשתת מס פחמן. ואולם העלות נטול המסל מקינה תואמת הפעלת כל מידניות ליציאה ממשבר בטוחה הקצר. בטוחה הבינווני, שבו יידרש להעלות מיסים על מנת לכסות את חובות הממשלה המctrברים בעת ההתקומות עט המשבר, יהיה חשוב להסיט מיסוי לכיוון של מיסוי פחמן, על חשבון מיסוי עקי (מע"מ) וישר (כגון מס חברות).

(ד) שיקולי נכללה פוליטית

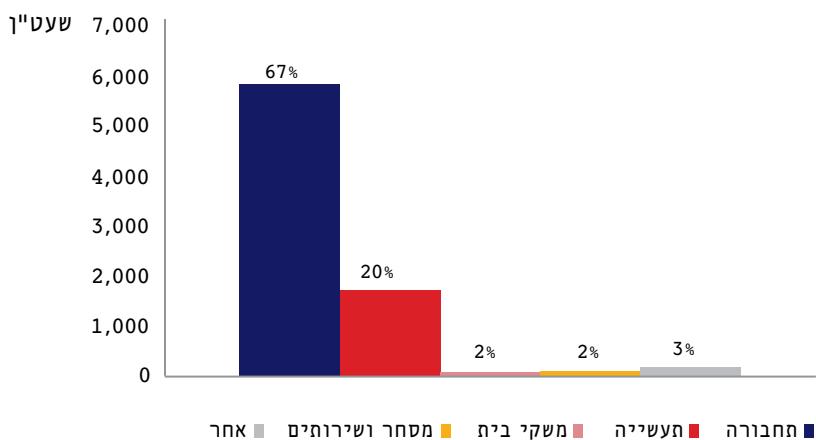
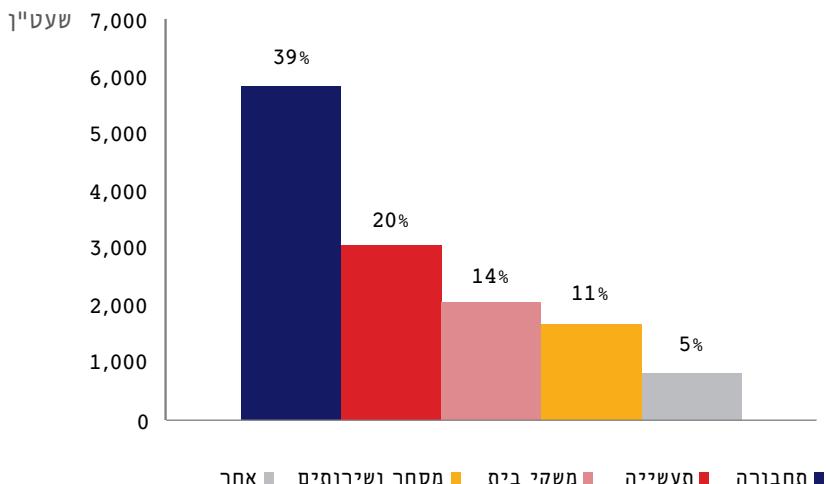
ממשלה ישראל בעשורם האחרון, ובפרט מתחילת האלף השלישי, מייצגות תפיסה כלכלית נאו-liberalית הדוגלת בהפחחת מעורבות הממשלה במשק, בעיקר על ידי הפחתה של נטל המיסוי והזאתה הציבורית. תפיסה זו זוכה לתמיכה נרחבת הציבור בישראל. ואולם, השפעת הפליטות המזהמות היא קרה קלטי של של שוק, הנבע מהשפעות חיצוניתות שליליות ומחיב התערבות ממשלתית. הספרות שסקרנו לעיל מראה שהיעדר התערבות ממשלתית, פתרון השוק של בעית הפליטות יוביל לאסון אקלימי וככלci (Acemoglu et al., 2012; 2016; Rosenberg, Vogt-Schilb, and Hallegatte, 2014

התוכניות המוצעות מחיב הכרה באחריות ובמחויבות של הממשלה לקידום התהlik, על כל המשתמע מכך, ולכלול בו מהלך הסברה מקרי שמטרתו לשכנע שטיפול בכשל שוק אינו נסיגה מהתפיסה הכלכלית הרווחת. בפרט יש צורך להסביר שמטרתו של מיסוי פחמן אינה הגדלת חלקה של הממשלה במשק אלא התערבות במנגנון המחיר על מנת לתקון כשל שוק. כאמור לעיל, ניתן לשלב את המהלך בהפחחת נטל המיס העקי הכללי (מע"מ).

(ה) מشك האנרגיה בישראל והיקף הפליטות

אימוץ היעדים להפחחת פליטות מזהמות בכל מדינה איינו בלתי תלוי במבנה משק האנרגיה בנקודות המוצא. לפי תרשימים 9 המשק הישראלי נמצא בעיצומו של תהליך להקטנת העצימות של אנרגיה בתוצר, כך שאימוץ תוכניות להתייעלות אנרגטיית איינו מנוגד למגמה הקיימת אלא מחזק אותה. בוחינה של הביקושים הסופיים של אנרגיה בישראל מראה שצרכית האנרגיה הסופית עיקרה בגורם התעשייה, ואחריו בגורם התעסוקה. צרכני האנרגיה צורכים חשמל ואנרגיה פוטולית (דלקי מאובנים) באופן ישיר; החשמל מיוצר ביום בעיקר על ידי שימוש בתשתיות של אנרגיה פוטולית.

תרשים 10
צריכת אנרגיה (עלין) וצריכת אנרגיה מזחמת (մבוססת דלקים מאובנים)
(מחזורן), בחלוקת לפי מגדר



מקור: הנתונים לשנת 2017 ממאזרן האנרגיה בישראל, לוח 24.1 בשנתון הסטטיסטי.

mbut ממקודם יותר בצריכת אנרגיה סופית מזוהמת (קרי: אנרגיה מבוססת דלקים מאובנים באופן ישר, ולא מבוססת חשמל) לפי מגזרים מגלה את תפקידה המכריע של התחבורת ביזיומם האווירי בישראל. להתייעלות והתחבורת ולחשמולה, בשילוב הגברת השימוש באנרגיות מתחדשות בייצור חשמל, ولو רק בהיקף הנדרש לאספקת אנרגיה למגזר התחבורת, תהא השפעה מכרעת על הפחתת פליטות. המצב בישראל ייחודי מכיוון שמצוב החירום בתחום התחבורת בה מספק הזרמתה לשיגור בעות ובעונה אחת שלושה יעדים: הקטנת גודש, העלאת פרוין העובודה במשק, הפחתת פליטות. בהתאם לנीוטה לעיל, מכיוון שמדובר בחשמול חדש של מגזר גדול, הגדרת חלון של אנרגיות מתחדשות מכל צדיקת האנרגיה בישראל בלי לדוחק בטוחה הקצר יצרנים קיימים המשמשים באנרגיה מזוהמת היא אפשרות ישימה.

МОבן שבמקביל להסבה לחשמל יש לודא שמקורות האנרגיה בתחום תחליפיים. בתחום התחבורת הציבורית המסילית יש תחלופה מלאה, ואילו בתחום התחבורת הפרטית קיימות חלופות, אך עדין יש מקום לשיפורים טכנולוגיים שהיפכו את התחלופה לשלהמה. בתחום המשאיות עדין לא קיימות חלופות חשמליות.

במגזר משקי הבית והמסחר והשירותים (המהווה כ-80% מההתוצר) הצריכה היישירה של דלקים מאובנים מצערית. לצורך הפחתת הפליטות במגזר זה נדרש שילוב של התיעילות ארגנטית ושינוי מקורות האנרגיה המשמשים לייצור חשמל לצרכנים אלו. מפאת משקלם העזיר של משקי הבית בצריכת אנרגיה במשק, ההתקדמות בתהיעולות בתחום זה תשיג מעט בהשוואה לשינוי תמהיל מקורות האנרגיה המשמש לייצור חשמל עבור צרכנים אלו.

מבחן מהרוככליית הניתוח לעיל תומך בסברה שהעלות במונחי תוכר של אימוץ היעדים להפחית פליטות נמוכה. צריכת אנרגיה בכלל ודלקים פוטיסטיים בפרט בשימושים הסופיים (צריכה פרטית) ובמקורות העיקריים (מגזר השירותים) קטנה, ועל כן העלות של שינוי תמהיל האנרגיה ושל התיעולות הארגנטית עבור מרבית המשק צפופה להיות קטנה. לעומת זאת התורומה של מהלך לאומי להפחית הפליטות גדולה מאוד, בפרט במגזר התחבורת, שבו כאמור לפרטונות המוצעים יש תרומה לצמיחה ולא רק להפחית פליטות. הרכב הביקושים לאנרגיה בישראל מאפשר שלא להיחס ולא לאמץפרטונות יקרים בתחום התעשייה, שיש בה תהליכי ייצור שהתחולפה בין אנרגיה שמקורת מדלקים פוטיסטיים לאנרגיה מקורות מתחדשים נמוכה בהם בשלב זה.¹⁸ בהתאם למודלים שנסקרו לעיל, התחלופה הנמוכה היא שמייצרת את עיקר העלות למשק, הנגזרת מפחית מואץ של הון בתעשיות המשמשות באנרגיות מזוהמות.

תיבה 2: הביקוש הנגזר לשטח של פאנלים סולריים

בנהנזה שהטכנולוגיה של ייצור ואגירה של אנרגיה מתחדשת מאפשרת תחלופה מלאה ביןין לבין מקורות מזוהמים, כדיות המעבר לאנרגיות מתחדשות תלויות בزمינונות ובעלותן. הזמיןות של מקורות האנרגיה נוצרת ברובם מהתנאים הגאוגרפיים והאקלאמיים. ישראל התבERICAה בתנאים אקלימיים המאפשרים שימוש באנרגיה סולרית. עם זאת, לשם הקמת פאנלים סולריים יש צורך בהקצת שטח גדול בהרבה ליחידת אנרגיה בהשוואה לתחנות כוח המבוססות על דלקים פוטליים. מכיוון שבישראל יש מחסור חמור בקרקע, והוא משפייע בין השאר על עלות הדיזור, כדאי לבדוק אתדרישות השטח הנגזרות ממעבר לאנרגיה סולרית. טורבינות רוח, למשל, פתרון מתאים לישראל, שכן גם הן משתמשות בשטח גודל יחסית, ולישראל אין יתרון יחסי בכל הקשור למשטר הרוחות.

בתיבה זו מוצגות תוכניות הבדיקה שלנו על בסיס הביקוש לאנרגיה בישראל בשנת 2050 הנגזר ממודל *Ia MESSAGEix*, לפי הנחות של מידת החשמול של מקורות האנרגיה. הניתוך משקל את הביקוש לשטח ואני כולל עלויות הקמה והרחבה של רשת ההולכה ביחס למצב הקיים. ככל שמידת החשמול גדולה יותר, כך גודל הפוטנציאל להפחתת פליטות מזהמות וכך גודל גם הפוטנציאל לשימוש באנרגיות מתחדשות. בדקנו שלושה תרחישים של מידת חשמול: שניים סבירי התוצאות שהתקבלו מהמודל (כ-70%), ותרחיש קיצוני המשקף את המקסימום שניתן לשאוף אליו (100% חשמול ו-100% מתחדשות). אנו מראים שני תתי-תרחישים: בראשון אנחנו משארים את הספק הייצור המשתמש באנרגיה פוטולית על כנו (משיקולים של ביטחון אנרגטי או מחויבות ליצרני חשמל קיימים) גם ב-2025; בשני אנו מאפשרים מעבר לאנרגיות מתחדשות. בתרחיש של חשמול של 60% והשارة כשר הייצור הפוטולי על כנו, אנרגיות מתחדשות אמורות לספק כ-29% מספקת האנרגיה למשק ב-2050. תרחיש זה עקי עם הצהרת הכוונות האחרונות של משרד האנרגיה בדבר יעד של אנרגיות מתחדשות בשנת 2030.

הניתוך שלנו מראה כידרישות השטח הנובעות מתרחישי המדיניות גדולות, ועל כן ספק אם יתמשכו. גם אם נחשב את השטח הנדרש על סמך הערכה המיטבית – 10 קוט"ש למטר רבוע של פאנלים – נקבלדרישות שטח גבוהה מואוד בעבור רמת חשמול גבוהה ושימושים נרחבים באנרגיה מתחדשת. פתרון אפשרי הוא ניצול שטח בניו עבר התקנות פאנלים סולריים על מבנים, תוך כדי התחשבות בייעדי מינהל התכנון, אך פתרון זה אינו מספק לנוכח כמות השטח הנדרשת.

ЛОח 2

תחשייב שטח נדרש ליצור אנרגיה סולרית לפי תרחישי מדיניות ותחזית עתידית

טרכיש: הנחות:	טרכיש מדיניות מודול – IL_x חשמול של 60%	טרכיש מדיניות מודול – IL_x חשמול של 80%	MESSAGE – כושר יצור פוטולי (קוט"ש) 2025	MESSAGE – כושר יצור פוטולי (קוט"ש) 2025	טרכיש 100% חשמול
ביקוש משקי לאנרגיה בשנת 2050	73,796,880,000	189,801,600,000	-	142,351,200,000	237,252,000,000
ספקת חשמל *	-	-	73,796,880,000	-	-
פער לגישור	68,554,320,000	116,004,720,000	142,351,200,000	189,801,600,000	237,252,000,000
אחוז מתחדשות	29%	60%	49%	80%	100%
יחסות דרשוות להתקנה	40,326,071	83,736,000	68,238,071	111,648,000	139,560,000
שטח נדרש **	403,261	837,360	682,381	1,116,480	1,395,600
שטח נדרש ליפוי אשלים	607,641	1,261,749	1,028,224	1,682,332	2,102,915
תוספת בייטחו אנרגטי	729,169	1,514,099	1,233,868	2,018,799	2,523,499

* מבוסס על חנחה אשלים סאן פ.רו.

** הספק ייחידה פאנלים של מ"ר הוא 10 קוט"ש, שיפורים טכנולוגיים עתידיים להגדיל הספק זה.

ההנחה בניתוח היא שההספק הקיימן נשאר בגודלו האבסולוטי עד 2050.

מקור: ניחוח צוות מקבו, המכון הישראלי לדמוקרטיה.

פתרונות אפשררי אחר לביעית המחוור בשטח הוא שיתוף פעולה אזורי, בפרט עם ירדן או מצרים. לירדן ומצרים יש עתודות קרקע גדולות מאוד וגם יתרון מסוים על ישראל בפיתוח האנרגיה לייחידת שטח של פאנלים סולריים. מהלך של הקמת תחנות כוח סולריות במדינות אלו במימון גופים בינלאומיים, כגון הבנק העולמי, בשיתוף גורמים ישראליים, יש יתרונות רבים: יש בו פתרון לא רק לביעית השימוש באנרגיה מזוהמת בישראל, אלא גם בירדן ומצרים. בפרט, ירדן היא מדינה ענייה יחסית התלויה בייבוא אנרגיה, ומהלך זה יאפשר פיתוח מואץ של כלכלתה ויספק לה מקורות הכנסה מייצוא חשמל לישראל. עברו ישראל המהלך הוא פתרון לביעית השטח הנדרש לאנרגיה סולרית, ויאפשר למינהל התקנון להתמקד בפתרונות דיווריעילים שאין בהם מונעים משיקולים הקיימיםVICLANTS ביכולתם ליצור חשמל. למשל, בניה לא רויה מ阿姨ת הקמת יחידות דיוור המספקות לעצמן אנרגיה, או אף מייצרות עודף אנרגיה, אך אין היא פתרון יעל בישראל בשל מצוקת הקרקע, כמו כן אין היא משתלבת עם הפחתת הנסעה, גם היא צורכת אנרגיה.

(א) **шиוך ליט פיסקליט**

אתה המוגבלות בטוחה הקצר לaimoz שאפתני של התוכניות המוצעות להלן הוא הגירעון החriger בתקציב. הצורך לצמצם את הגירעון קשור את ידי הממשלה בבואה לאמץ פרויקטים תחבורתיים ותוכנוניים באופן כללי, ובתוכם פרויקטים להפחחת פליוטות. משבר הקורונה העמיק את הגירעון ואר עלול להרע את יחס החוב לתוצר. מעבר להתמודדות עם המשבר הנוכחי, האתגרים הפיסקליטיים העומדים בפני הממשלה מחייבים בוחינה של מבנה ההוצאות וההוצאות של הממשלה לטוווח ארוך. אימוז יעדים ארכוי טווח בתחום המעבר לככללה דלת פחמן משפייע הן על ההוצאות של הממשלה והן על הכנסות בטוווח הארוך. כאמור, הצורך לפטור את בעיית הגירעון המבני בתקציב הממשלה עקי עם החשיבה ארוכת הטווח המוגלמת בתהילן להפחחת הפליוטות במשק הישראלי.

הרצות של מודלים של שווי משקל כללי דינמי, לדוגמה עבור פורטוגל, מראות שהמעבר לימי חיון הבולו בחישובו והיסים אחרים על דלקים מציג נון את המטרות הפיסקליטיות של גביית מיסים (רמת המיסוי הדרישה להפחחת הפליוטות מיצרת עד 2030 עודך הכנסות בהשוואה לבולו בתרחיש היחסוט) והן את הקטנת השימוש באנרגיה מזוהמת, בין היתר על ידי מעבר לשימוש בחשמל במקום מקורות אנרגיה אחרים. מבחינת הכלכלת הפוליטית, ביטול מיסים על דלקים והחלפתם במס פחמן מאותותים למשלה להפחית פליוטות ומשדרים מסר של רפורמה במיסוי לעומת העלאת נטל המס באופן כללי. אוטם מודלים מראים שהتوزעת שבבסיסו חשמל ממוקורות מתחדשים אינה גדולה (בהתנאי המיסוי על פחמן). גם הספרות

התאורטיות שנסקירה לעיל עוסקת בסבבodon של מו"פ והונן ולא של ייצור אנרגיה נקייה באופן ישירות. ביום ההכנסות מובילו הן כ-7% מההכנסות המדינה. כשייבח את השימוש בדלקים פוטוסיליליים ייווצר הצורך במקורות מס חלופי, וכך על כך יש למתן את הדעת בתכנון לטוח ארון.

פרק 4

מגזר אנרגיה נקי בישראל – ניתוח באמצעות מודל MESSAGE-IL-MACRO

(א) רקע ומethodולוגיה

אנרגייה היא תושמה כלכלית חשובה במשק, אמצעי ייצור מרכזי וגם מצרך מבוקש במשק בית בצורותיה השונות. מסיבה זו לכל שניי במגזר האנרגיה ומהו השפעה מכרעת על הכלכלת בכללותה. משום כך בענף האנרגיה מידול בשיטות שיווי משקל חלקי הבוחן את משק האנרגיה בנזktוק מיתר ענפי הכלכלה, אשר אינו משקל אלא את ההשפעה של השינויים בענף על שאר הכלכלה, איינו מספק (Palatnik and Shechter, 2008). מטרת פרק זה היא להציג ניתוח מקיף של חלופות אחדות לשגת מגזר אנרגיה נקי בישראל, מתוך התובנות בהשפעות שלן על הכלכלת בכללותה ובתוקןן על העלות שלן למשק במונחי תוכר עד שנת 2050.

האתגר במידול של משק האנרגיה ובמהלci מדיניות בתחום האנרגיה הוא לשחקר את ההשפעות של משק האנרגיה על כל הכלכלת ואת השבעות הגומלין באופן נאמן למציאות הכלכלי עם מידול מערכות אנרגיה. מודלים של תכנון בשיטות *top-down* כולם תיאורים נרחבים של היבטים טכנולוגיים של מערכות אנרגיה, ובכל זאת שיפורים עתידיים הצפויים בטכנולוגיות אלו (Hourcade et al., 2006), וכן אינטראקטיות בין שלל טכנולוגיות אנרגיה אינדיידואליות אשר ייחדו מהות את המערכת האנרגטית למשק נתון – החל במקורות אנרגיה ראשוניים, עברו בתהליכי המרת והפיצה, וכלה בשימושים סופיים של אנרגיה בקרבת הרכנים. מודלים אלו מציעים פתרון הכלול שיוי משקל חלקי שבו הביקוש לאנרגיה מקבל מענה תוך כדי מזעור עלויות של המערכת, ובדרך כלל הם זנוחים את ההשפעות המקורית כלכליות של צעדי מדיניות בתחום האנרגיה ומתרכזים אך ורק במגזר האנרגיה. כמו כן, אין אפשרות לשחקר את כל השבעות הגומلين בין ענפי הכלכלת והמשתתפים בה בכללותה. עם זאת, הם יכולים לשקל בקהלות יחסית תחליפיות למשק האנרגיה, אך בלי להתחשב בשינויים בביטחון שתחליפים אלו ייצרו, עקב שינוים במחירים היחסים והשפעת הכנסה .(Binswanger, 2001)

לעומת זאת מודלים של CGE (Computable General Equilibrium) בשיטת *top-down* מתארים את הכלכלת בכללותה ומדגשים את האפשרות לתחולפה בין גורמי ייצור לגורם מקסום של רוחני חברות (Palatnik, 2019). אפשרויות התחולפה בין אנרגיה לגורם ייצור אחרים משוקלות בפונקציות הייצור, המתארות שינויים בתמאל הדלקים, כתוצאה משתני במחירים היחסים ומגמיישיות התחולפה. המחירים קבועים בשווי משקל, שאלו מתקנים

בזימנית כל השוקים במשק – מתחום האנרגיה ושאים מתחום האנרגיה (and Siddig and Grethe, 2014).

מודלים בשיטת top-down ובשיטת bottom-up מייצגים שתי גישות רוחות ומנוגדות זו לזו להערכת כמותנית של מדיניות אנרגיה, אך חיבור בין שני המודלים מאפשר הילמה בין החזקות של כל אחד מהם (Bohringer and Rutherford, 2008) (hard-linking) בין מודלים בשיטת top-down ובין מודלים בשיטת bottom-up (MESSAGE-MACRO Messner and Schrattenholzer, 2000; IIASA Manne and Wene,) MARKAL-Macro (Orthofer, Huppmann, and Krey, 2019 Arndt, 1992) ומודל מערכת האנרגיה SATIM שיצור בדרום אפריקה ווחובר למודל SAGE (et al., 2016) (bottom-up); מודל אנרגיה בשיטת top-down TIMES_P מחובר למודל כלכלי בשיטת DGEM top-down לצורך ניתוח ידיעם להפחיתת פליטות CO₂ בפורטוגל.

ניתוח בשיטת top-down של הכלכלת הישראלית כולל מודל CGE מותאם לישראל בשם IGEM (Palatnik and Shechter, 2008), ובשימוש כבר מעל עשר שנים. מודל זה מנתח את ההשפעות האפשריות של שינויי אקלים על הכלכלת כללותה (Baum et al., 2016) ואת Palatnik and Shechter (, 2014) ההשפעות של מדיניות להפחיתת פליטות על הכלכלת בישראל (Luckmann et al., 2014) (and Grethe 2008). גם פיו הם ניתחו את המצב בישראל במונחי הכלכלת הרחבה של מחסור במים. Siddig (2014) השתמשו במודל CGE מבוסס GTAP על מנת לנתח את העליות של הפרעות באספקת גז טבעי מצרים.

מודלים של אנרגיה בשיטת top-bottom לשם ניתוח המקורה הישראלי בדרך כלל מתמקדים בגורם ספציפי בתחום משק האנרגיה, קרי מגזר החשמל (Tishler et al. 2008; Solomon, 2008; Yu, Pearlmuter, Bogdanov, and Breyer, 2018 (and Schwartz, 2018).

לאורך השנים מחקרים ניסו להעריך את ההשפעה היירה של תמריצים כלכליים להפחיתת פליטות פחמן ואת עלותם הכלכלית במונחי תוכר על המשק הישראלי. כאמור לעיל, ב-2008 פורסם מחקר אשר לראשונה מעריך השפעות אלו באמצעות מודל שיווי משקל כללי ממוחשב (CGE), המתבסס על מסדי נתונים משקיים 1995 (Palatnik and Shechter, 2008). החקרים הטיינו כי בתרחיש של משק בתעסוקה מלאה השთ מס פחמן בגובה של 50–200 ש"ח לטונה פחמן יכולה להביא לירידה של 24%–9% בפליטות פחמן, בעלות של 0.31%–0.96% מן התמ"ג בהתאם.¹⁹ על פי המודל, בתרחיש של אבטלה

¹⁹ המודל שהחוקרים השתמשו בו לא אפשר לבחון את משך הזמן שיידרש למשק להגיע לשינוי משקל זה, בשונה מהמודלים העכשוויים, כגון המודל שהשתמשו בו במסמך זה.

בمشק בשיעור 6.9%, השחת מס פחמן ומזהרו על ידי הפחתת מיסי עבודה תביא להפחיתה של 6.2%–6.6% בפליטות פחמן, לעומת של 0.08%–0.45% מן התמ"ג בהתאם, וירידה של 2%–2% בשיעור האבטלה במשק.

ב-2012 פלטניק, פיטלסון ושכטר הצינו מחקר שבו נגלה שיפור בהשפעה הישירה של השחת מס פחמן על הפחתת פליטות. על פי תוצאות המודל המעודכן השחת מס בגובה Palatnik, Faitelson, (2020) עד שנת 2020 גורם לטונה פחמן תוכן להפחיתה של 20% (and Shechter, 2012). הם צפו גם שהשפעה היחסית של המס על התמ"ג תהיה מתונה יותר, באופן פרופורציונלי לגובה המס שנבדק – פגעה של 0.5% בתמ"ג בשנת 2020 בגין מצב עסקים כרגע.

MESSAGEix-IL-MACRO הוא הניסיון הראשון למדل את משק האנרגיה הישראלי בכללותו על ידי IL-Eix וקשרו למודל המקרו-כלכלי MACRO על מנת לשקלל את יחסי הגומלין בין הביקוש לאנרגיה ובין תמהיל אספקת האנרגיה והتوزר במשק, בהסתמכו על מסדי נתונים עצמאיים ויעדו מדיניות שאפתניות מהיעדים שקבעו מחוקרים קודמים.

(א) תיאור של מטרות העבודה

במחקר זה אנו משתמשים ב-IL_Eix, מודל מקורי לניטוח משק האנרגיה בישראל לטוחה הארץ. המטרה של המודל היא מינימליזציה של עלויות משק האנרגיה. IL_Eix MESSAGEix הוא יישום ברמת המדינה של מודל לניטוח אינטגרטיבי דינמי (IAM) בשם IL_Eix, אשר פותח ב-IASI, על ידי ארבעת העשרים האחראונים (Huppmann et al., 2019). MESSAGEix הוא מודל אופטימיזציה דינמי מבוסס טכנולוגיה בשיטת bottom-up. אשר עוצב לצורך תכנון וניטוח של מדיניות אנרגיה לטוחה ביוני-ארוך והוא מספק מסגרת עבודה לייצוג מערכות אנרגיה, על כל הkorלציות וקשרי הגומלין שמאפיינים אותן: הוא יכול לתאר את משק האנרגיה בכללותו, כולל הפקת משאבים, מסחר, המרה, הפרצה ואספקה של שירותים אנרגיה למשתמשי הקצה (תאורה, מיזוג חללים, חימום תעשייתי ותחבורה) (Orthofer, Huppmann, and Krey, 2019). מודל האופטימיזציה מכון למציאת פתרון לאספקת הביקושים לאנרגיה בעלות מינימלית, תחת מגבלות טכנולוגיות, כלכליות ואקולוגיות.

כדי לילמוד גם היזון חוזר מקרו-כלכלי של שינויים במערכת האנרגיה IL_Eix חובר באופן ישיר למודול MACRO של IAS, אשר הוצע אצל Messner and Schrattenholzer (2000). MACRO ממקסם את פונקציית התועלת הבין-זמןית שיצרנו-צריך יחיד מייצג (Fricko et al., 2017). התוצאה היא רצף של החלטות לגבי השקעה, צריכה וחיסכון.

המשתנים העיקריים במודל הם: מלאי הון, כוח עבודה זמן ותשומות אנרגיה – ויחדיו הם קובעים את התוצר הכספי של המשק, על פי פונקציית ייצור מkonnt, עם גמישות תחלופה מסוג CES (Constant Elasticity of Substitution). המודל המשולב לוקח בחשבון את קטגוריות הביקוש המשחררי לאנרגיה כפי שהללו מיצגות ב MESSAGE และ מביא את ההשערה הנדרשת ביכולת מותקנת של טכנולוגיות אנרגיה מסוימות, התוצרה האופטימלית של מערכת האנרגיה וכמוות הפליטות של גזי החממה הנובעות ממשק האנרגיה כפועל יוצא של תצורה זו.

(ג) **מבנה המתקן**

מהלך הניתוח המוצג בפרק זה מתואר בתרשים 11 להלן. בשלב הראשון מודל האנרגיה הגלובלי MESSAGEix-GLOBIOM והটאם לאמות המידה של מודל ניתוח משק אנרגיה ברמת המדינה,cdc להتاימו לישראל הוא הומר על מנת שייצג משק קطن, פתוח, המיבא פח ונטף גלמי וтворיהם ומיצא גז טבעי ומוצרי נפט. אך התווסף עדכון סדרה של כלבי סגירה למשק.

בשלב השני הפרמטרים העיקריים העיקריים את משק האנרגיה הישראלי הוטמעו בו MESSAGEix, בשיתוף פעולה עם משרד האנרגיה כדי להשתמש נתונים העדכניים ביותר. הנתונים שהוטמעו במודל כוללים את היקף מאגרי הגז שהתגלו בגבולות המים הטריטוריאליים של ישראל, מיסי אנרגיה, יכולת מותקנת בייצור חשמל ותמיהיל דלקים, עלויות של תחנות כוח, יכולות ועליות של טכנולוגיות לאגירת אנרגיה וכיוצא בכך.²⁰

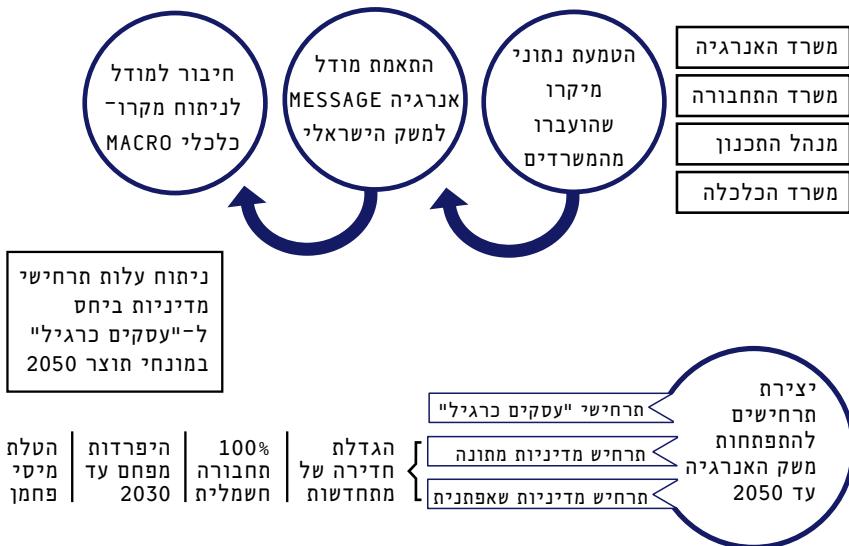
בשלב השלישי, בשיתוף פעולה עם נציגים של משרד הממשלה הרלוונטיים ועל פי תוכניות הרשות של משרד הממשלה, מיפויו את התפתחות הצפואה של מגזר האנרגיה בישראל עד שנת 2050. בהתאם להן תרחישosis בסיס, תרחיש עסקים כרגיל, להתפתחות העתידית של מגזר האנרגיה וניתחנו אותו על ידי MESSAGEix.

בשלב הרביעי תרחיש עסקים כרגיל שימוש לכיוול של המודל המקור-כלכלי MACRO. בכיוול של MACRO לתרחיש עסקים כרגיל, שיעור הנידול בתוצר ובאוכלוסייה עדכן על פי דוחות רשמיים של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ובנק ישראל (ראו נספח א; בנק ישראל, 2019).

התפתחות מגזר האנרגיה מופקת מותצאות תרחיש עסקים כרגיל של MESSAGEix.

תרשים 11

MESSAGEix-IL-MACRO מנגנון ניתוח באמצעות מודל MESSAGEix-IL-MACRO



בבסוף, צעדי מדיניות חלופיים לתרחיש עסקים כרגע – כגון שיעור גובה יותר של ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות (בעיקר אנרגיה סולרית), שימוש מלא של מגזר התחבורה עד ל-2050 ומייסי פחמן – הוטלו כצעדים חיצוניים למערכת האנרגיה בישראל. MESSAGEix-IL-MACRO מתייחסים אליו המודל קבע את תמהיל האנרגיה החדש תוך כדי מינימיזציה של עלויות. מחירי האנרגיה הנגזרים הועברו ל-MACRO, והוא כולל את תנובות הביקושים הסופיים לאנרגיה. הללו הוחזרו ל-MESSAGEix-IL.

המודלים הורכו עד להתקנות לכמויות אנרגיה זהות בשני המודלים. תוצאה זו מייצגת את הנטייה החלופי של התפתחות מגזר האנרגיה בישראל, אשר לווק בחשבון את העלות הכלכלית הישרה של בחרת נתיב זה. חשוב להדגש כי התוצאות להלן אינם כוללים תועלות חיצוניתות לעדיף הפחתת פליטות פחמן הנובעות מזיהום פליטות של מזהמים מקומיים אשר מושגתו בכל אחד מתרחישי המדיניות (WHO and OECD, 2015; European Commission, 2017). הירידה בפליטות מזהמים מקומיים נמצאת בדרך כלל במתאם גובה עם הירידה בפליטות פחמן ואחריות לתועלות בריאותיות שאליהן התייחסנו בפרק 2. תועלות חיצוניתות אחרות אשר איןן משוקלות בתחשיב הן תועלות מהשוקעה של המשק בתשתיות, כגון תשתיות תחבורה ותיכון, אשר צפוייה להגדיל את הביקוש לתעסוקה ואת הפריון, וכן התועלות החיצוניתות כתוצאה מגידול בהשקעה ציבורית ופרטית במומ"פ ירוק,

שגם הן צפויות להוביל לגידול בפרקון (ראו לעיל בפרק 2). ככל המודל גם אינו משקלל מחוור של ההכנסות ממשן, גם לא בצוות קיזוז גירעון ממשלה או קיזוז מיסים עקיפים אחרים, כגון מע"ט. כמו כן, השינוי המוחשב בפליטות גזי חממה כולל רק פליוטות הנובעות ממשק האנרגיה, שהן כ-83% מסך פליוטות גזי החממה בישראל נכון כיוון זה לא משוקלתת גם התוועלות המקומית מהפחחת נזקי אקלים הנובעת מהפחחתה פליוטות ממשן והתלויה במהלך גLOBלי קולקטיבי של הפחתת פליוטות. להערכת תועלת זו לישראל במקורה של מהלך בינלאומי מסונכרן ראו לעיל בפרק 2.²²

(ד) הנחות של תרחישים הבסיס ותרחישים המדיניות

כדי לייצר את התוצאות הכלכליות של תוכנית 2050 לאנרגיה נקייה בישראל, הכוללות את השינוי הצפוי בפליטות גזי חממה (GHG) במסגרת המדיניות להפחחת פליוטות ולאנרגייה נקייה אנו משתמשים בניחוח רבת-תרחישי. הנחות המפתח בעבור כל תרחיש מתומצאות בלוח 3 להלן.

האיודות שบทהפתחות כלכלית עתידית דרשה יוצרת שני תרחישים עסקיים כרגע השונים זה מזה בשיעור הגידול הצפוי באוכלוסייה בהתבסס על תוצאות שונות של הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (ראו נספח א). מהשיעורים השונים של גידול האוכלוסייה נבעו בהתאם גם שתי תוצאות תמ"ג שונות. נוסף על כן, תרחיש עסקיים כרגע 1 מניח יעד קשייח של 17% אנרגיות מתחדשות מסך ייצור החשמל מ-2030 ואילך, בהתאם להתחייבות ישראל בהסכם פריז 2015, ואילו תרחיש עסקיים כרגע 2 מטמע את הכוונה המוצהרת של רשות החשמל לעדכן את היעד ל-30% אנרגיות מתחדשות מסך ייצור החשמל עד לאותה שנה. תרחיש עסקיים כרגע 2 גם כולל חשמול גבוה יותר של מגזר התחרובה (60% בתרחיש 2 לעומת 30% בתרחיש 1) עד לשנת 2050.

בעבור כל תרחיש עסקיים כרגע ניתחנו שני תרחישים מדיניות. תרחישים המדיניות מסתמכים על היעדים הרוחים במדיניות מפותחות בתיאום עם משרד האנרגיה וחולקים את אותן הנחות לשנת 2050 בדבר שיעור האנרגיות המתחדשות בייצור חשמל (85%), חשמול מלא של מגזר התחרובה (100%) ודיקיה מוחלטת של השימוש במشك משנת 2030. ההבדל

21. פליוטה של גזי חממה הנובעות מחקלאות ופסולת הן כ-17% מסך פליוטות גזי החממה בישראל. שינוי בפליטות אלו יוצב בדוחות המשך.

22. פעולה של ישראל להפחחת פליוטות ממשן מבעיה הפחתת פליוטות של מזומנים מקומיים ואלה החולות הנובעות מכך אך אינה מבטלת תועלתה של הפחתה בפליטות של גזי חממה – הפחתה זו יכולה להתמשך רק במהלך בינלאומי מסונכרן, ובאפשרותה להתמשך גם ללא השהיפות אקטיבית של ישראל בפעולת להפחחת פליוטות גזי ממשן.

היחיד בין שני תרחישים המדיניות הוא בשיעור מיסי הפחמן המושתים על המשק בכל שנה: תרחיש מדיניות מתון מניח מיסי פחמן@gdalim עם השנה, בהתאם לטווח האמצעי של ה-EPA, ותרחיש המדיניות השאפתני מניח מיסי פחמן@gdalim יותר, המתואימים בצורה טובות יותר עם הערכות עדכניות של המחיר החברתי של פחמן (Pindyck, 2019).

לוח 3

הנחות ויעדים – שני תרחישים עסקיים בראגיל ושני תרחישים מדיניות חולופיים

תרחיש מדיניות שאפתני	תרחיש מדיניות מתון	תרחיש עסקים ברג'יל II	תרחיש עסק ברג'יל I	תרחישים
		2.0%	1.7%	חברתי-כלכלי משמעותי
		3.5%	2.5%	
2050 85% משנה	30% משנה 2030 ואילך	17% משנה 2030 ואילך	שיעור אנרגיות מחדשות	צפון הشمאל
הפחמתה הדרגתית ל-0 בשנת 2030	הפחמתה הדרגתית של יוכלה מוחקנת עד 3400MW בשנת 2050 שנשמרת עד 2030		פחם	
אין מגבלה על הפקה וייצור	יצוא של 25% מהעומודות עד שנה 2050		גז טבעי	
2050 100% לחברורה	60% לחברורה חסמלית משנה 2050	30% לחברורה חסמלית משנה 2050	לחברורה	
\$0 \$61.8 \$145 \$160 \$176 \$190 \$205 \$212	\$0 \$23.3 \$48 \$53 \$58 \$62 \$67 \$69	2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055+	לא מוטל מס פחמן	מס פחמן שנתי ממוצע בתקופה

(ה) תוצאות

בהתאם להנחות הפתוחות העתידית, בתרחישי עסקים כרגיל צמיחת התמ"ג בשנים 2015-2050 צפויה להצטבר לכ- 140% בתרחיש 1 וlc- 230% בתרחיש 2 ביחס לשנת 2015. הגידול בפליטות גזי חממה בתקופה זו, כפי שוחשב במודל *MESSAGEiX*, צפויה בשני תרחישי עסקים כרגיל (בහיעדר התרבותות ממלתית נוספת להפחחת פליטות) להגיע לכ- 30% ביחס לשנת 2015.

התוצאות המוצגות בתרחישים 12 מצביעות על תהליכי היפרדות (decoupling) מותן במשק הישראלי בין צמיחה כלכלית ובין גידול בפליטות לחמן, הצפוי להתמשם אם תוכניות מדיניות שנמצאות כעת על שולחן של מקבלי החלטות ימומשו במלואן. כפי שניתן לראות בתרחישים, אין מדובר בנזוק מוחלט או הפיכה של הקשר בין הגידול בתוצר ובין הגידול בפליטות מעצם התחזית לעלייה של 30% בסך פליטות החמן הקשורות באנרגיה. תמנונת היפרדות בין צמיחה כלכלית לפליות לחמן בתרחישי עסקים כרגיל מתחזקת אם בוחנים את התוצאות במונחים לנفس, כפי שמתואר בתרחישים 13. לעומת זאת ותרחישי המדיניות כוללים עמידה ביעדים נוספים שהציבו המשרדים (המפורטים בלוח 3 לעיל והם יהיו חלק מהתחייבויות המשרדים בתוכנית 2050 העדכנית), ובهم התחזיות אופטימיות יותר. לוח 4 להלן מציג תוצאות של הרצות המודל *MEASEGEiX-MACRO* על בסיס הנחות תרחיש מדיניות מותן ותרחיש מדיניות שאפטני. התוצאות מראות את השינוי בפליטות גזי חממה ביחס לשנת 2005 ואת ההשפעה על צמיחת התמ"ג ביחס לתחזית תרחיש עסקים כרגיל הרלוונטי.

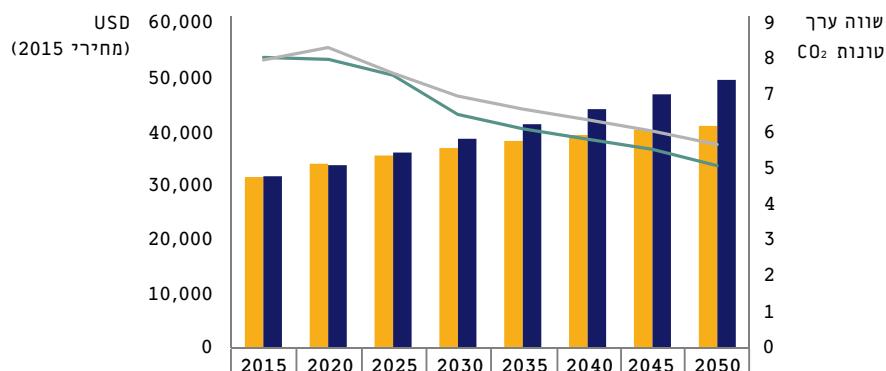
תרשים 12



מקור: חוצאות ניתוח מודל MESSAGEix_IL-MACRO, צוות מקרו.

תרשים 13

תמ"ג לנפש ופליטות פחמן לנפש בתרחישי עסקים קרגיל 1 וinskyrim קרגיל 2
בහיעדר התערבות נוספת להפחמת פליטות



מקור: חוצאות ניתוח מודל MESSAGEix_IL-MACRO, צוות מקרו.

בלוח 4 ובתרשימים 14 ו-15 ניתן לראות את ההשפעה של המדיניות להפחנות פליטות על השינוי בתמ"ג ועל שיעור הפחתת הפליטות של גז חממה בשני תרחישים מדיניות: תרחיש מתון, אשר כולל מיסי פחמן מתוניים, ותרחיש שאפתני, הכולל מיסי פחמן גבוהים יותר, ביחס לתרחיש עסקים כרגיל 1 ותרחיש עסקים כרגיל 2. בעבור הנחות הבסיס של עסקים כרגיל 1 ותרחיש המדיניות המתון צפויה הפחתת פליטות של 65.59% ב-2050 ביחס ל-2005, והפגיעה בתמ"ג במונחי תוצר 2050 היא 0.31%. בתרחיש המדיניות השאפתני על בסיס אותן הנחות, הפחתת הפליטות צפויה להיות גבוהה במיוחד: 91.99% ב-2050 ביחס ל-2005, ופגיעה בתמ"ג של 0.62%.

4 לוח

**ריבוע 4: תוצאות עיקריות, תרחיש עסקים כרגיל 1, תרחיש עסקים כרגיל 2,
נитוח תרחישים מדיניות מתון וşaftani (%)**

שינויו בחלוקת הממ"ג לנפש ביחס לఈיזט עסקים כרגיל 2050	שינוי בפליטות בשנת 2050 לעומת 2005	תרחיש עסקים כרגיל 1
-	+47.66	
-0.31	-65.59	תרחיש מדיניות מתון
-0.62	-91.99	תרחיש מדיניות שאפתני
-	+48.56	תרחיש עסקים כרגיל 2
-0.02	-60.51	תרחיש מדיניות מתון
-0.32	-73.18	תרחיש מדיניות שאפתני

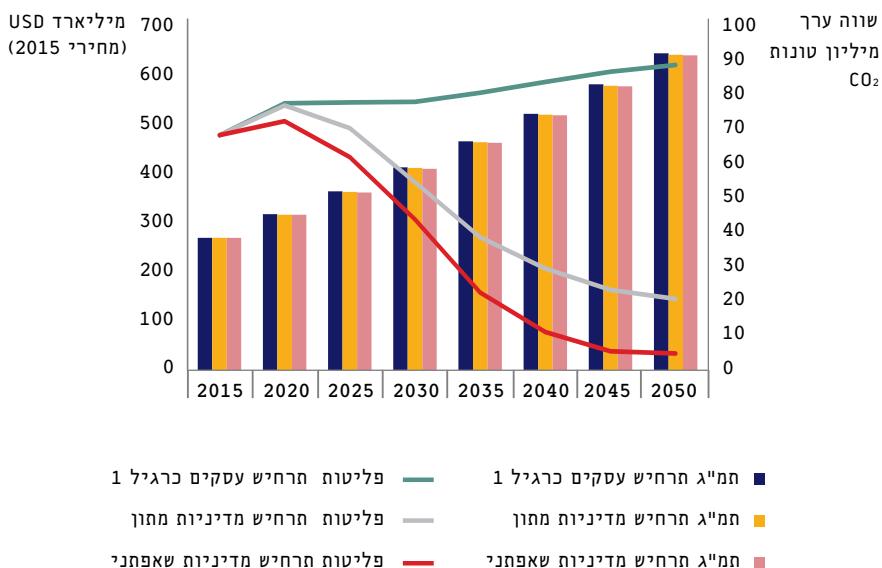
לפי הנחות הבסיס של תרחיש עסקים כרגיל 2 ותרחיש מדיניות מתון או PoI צפואה הפחתת פליטות של כ-60% ביחס ל-2005 ופגיעה בתמ"ג במונחי תוצר 2050 של 0.02%. בתרחיש מדיניות שאפתני אוPoI Amb 2050 לפי אותן הנחות, הפחתת הפליטות צפואה להיות כ-73% ביחס ל-2005, ופגיעה בתמ"ג לנפש מערכת בכ-0.32%. לשם השוואה, אצל Khan ו עמיתיו (2019) אובדן התוצר לנפש בעקבות שינוי האקלים בישראל בשנת 2050 נאמד בכ-1.15%. לעומת זאת, אם יואטו שינויים האקלים בשל הפחתת הפליטות בעולם, ישראל תרוויח 0.24% לצמיחה התוצר בשנת 2050. המסקנה היא שם יسرائيل יותר מדיניות העולם לא ינקטו צעדים להאטת שינויים האקלים, הנזק הכלכלי משינויי אקלים יהיה גבוה

יותר מהעלות למשק של תהליכי הפחחת הפליטות. יותר על כן, בהינתן הפחחת פליטות על ידי מדינות העולם, התועלת לכלכלה הישראלית מפחחתת شيئاוֹי אקלים מזדהה את העלות של הפחחת הפליטות.

המסקנה המתבקשת מהתוצאות הניתנות היא שהמשק הישראלי יכול להגיע לירידה ניכרת בפליטות גזי חממה הקשורות באנרגיה מבלי לפגוע בעמידי צמיחה ארכוי טוח. כפי שצויין לעיל, ניתוח זה מותמקד בפליטות הישראלית ואינו כולל את התועלות, הישראל והעקיפות, של המעבר לאנרגיה נקייה – כגון הפחחתה בפליטות מזהמים מקומיים ומהשקעה בתשתיות ומוא"פ. על כן התוצאות אינן משקפות את השיפור האפסי בבריאות ואת הגידול בפריוון העבודה במשק. הניתוח גם אינו כולל את התוספת במקומות העבודה, הנובעת משינוי מבני בענפי הכלכלת הקשורים במעבר לאנרגיה נקייה, כגון ענפי ההיי-טק, פינטק וענפי צווארן כחול אחרים. לפיכך, ניתוח עלות-תועלות כולני, המעביר לאנרגיה נקייה יוכל להביא לעלייה של ממש בתוצר וברוחה החברתית.

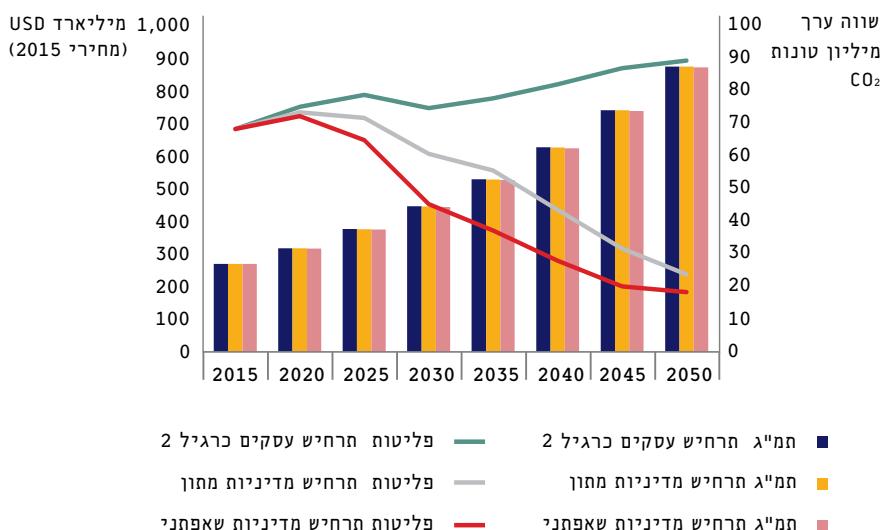
חרשים 14

תמ"ג ופליטות פחמן בתרחיש עסקים כרגיל 1,
בתרחיש מדיניות מתון ובתרחיש מדיניות שאפתני



מקור: תוצאות ניתוח מודל MESSAGE-IL-MACRO, צוות מקро.

תרשים 15
תמ"ג ופליטות פחמן בחרחיש עסקים כרגעיל 2,
בחרחיש מדיניות מתון ובחרחיש מדיניות שאפתני



מקור: מוצאות ניתוח מודל MESSAGEixIL-MACRO, צוות מקרו.

(א) בדיקות עמידות לתוצאות המודל מול מקרה הבוחן של פורטוגל

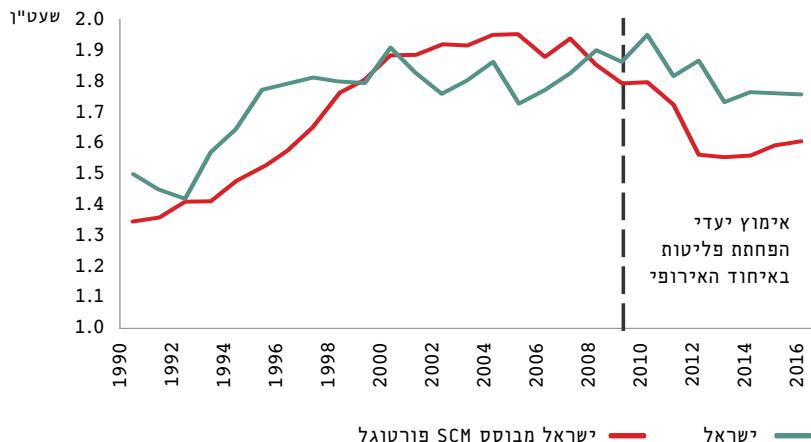
בגירת תחזית הביקושים לאנרגיה בכלל ולהشمלה בפרט השתמשנו במודל MESSAGEixIL-MACRO, הניזון מנתונים על המשק הישראלי ומתחזיות לביקושים לאנרגיה ב用微信רים. כדי לוודא את מהימנות התוצאות המבוססות על מערכת היחסות בדבר תרחישים עתידיים השתמשנו במתודולוגיה של SCM (Synthetic Control Methods).²³ על פי מתודולוגיה זו ועל מנת לקבל אומדן איך הייתה נראית ישראל לו היהת משתמשת את היעדים שアイץ האיחוד האירופי בחרנו לנתח באופן סטטיסטי מדיניות שהחלו לישם את הסכמי קיוטו להפחחת פליטות (בעיקר באיחוד האירופי) כבר ביוני 2008 ו-domות במאפייניהן הכלכליים לישראל. היעדים של האיחוד האירופי ביוני 2008 היו שאפתניים פחות מהיעד הנוכחי של אפס

פליטות ב-2050 (ראו מבו), אך להערכתנו עמידה ביעדים מ-2009 היא יעד סביר בהינתן הנסיבות המאוחרת של ישראל לתהילן.

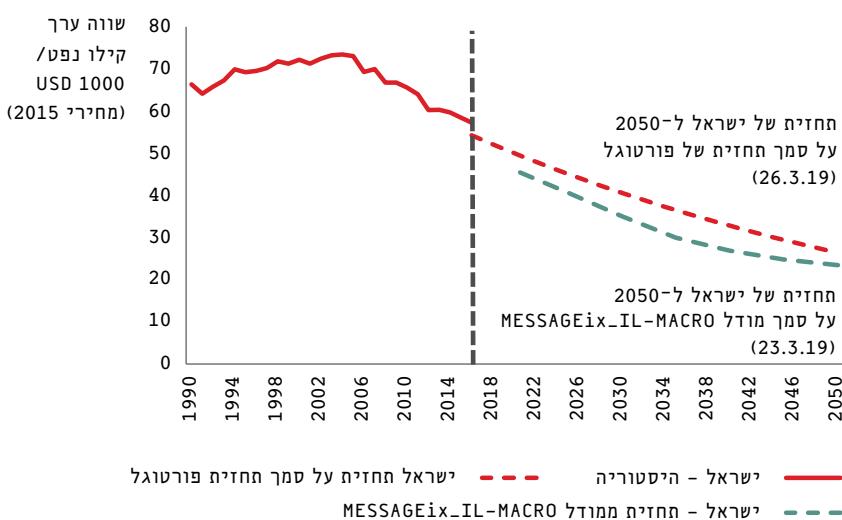
הנימוקה עולה כי מדינת השוואה הדומה לנו ביותר מבחינות צריכה אנרגיה וחשמל היא פורטוגל. לפורטוגל אוכלוסייה דומה בגודלה לישראל (~10 מיליון) והتوزר לשעת עבודה פריון) גם הוא דומה לשל ישראל. כמו כן, בכלל העניות הכלכליות של פורטוגל היא קיבלה מהאיחוד הנחות לעמידה ביעדים של הפחיתה פליטות בהשוואה לחברות העשירות יותר באיחוד. בתריסים 16 ניתן לראות שעד 2008, מועד אימוץ המדיניות של הפחיתה פליטות באיחוד האירופי לפי הסכם קיוטו, צריכה האנרגיה לנפש בישראל דומה לאו של פורטוגל. לאחר מכן, לו ישראל הייתה מאמצת כבר ב-2008 את יעדי הפחיתה של האיחוד, צריכה האנרגיה לנפש בישראל הייתה נמוכה בכ-10% ממה הייתה ב-2016.

כאמור, אפשר להשוות בין התוצאות שקיבלנו מודול *Exi MESSAGE* לבין התוצאות של ממשלה פורטוגל, אשר השתמשה במודלים מאותה משפחת מודלים ששימשו אותנו במחקר זה. השוואה של התוצאות של ממשלה פורטוגל, הכוללת הפחטה של 85% מן הפליטות ביחס לשנת הבסיס (2005), עם התוצאות שייצרו בעזרת המודול. תריסים 17 מוגדים ממשת מעין בדיקת עמידות (סבירות) לתחזיות שייצרו בעזרת המודול. תריסים 17 מוגדים כי התוצאות של מודול *Exi MESSAGE* אף חביבות יותר מהתוצאות שהתקבלו מתחריב המבוסס על התחזית של פורטוגל, שכן הן מראות על צריכה אנרגיה ליחידת תוכער נמוכה יותר. בפרט, התחזית שלנו על פי שיטת SCM גבוהה יותר בשנים 2017-2020, שם נפער עיקרי הפער לטובת התחזית שלנו באמצעות מודול *Exi MESSAGE*. עם זאת יש לציין כי התחזית עברו פורטוגל נערכה ב-2015 ומאז נרשמה ירידיה במחירים אנרגיות מתחדשות, ולכן המחיר היחסי שלהם נמוך יותר בהשוואה לאנרגיה מזהמת. גם מיסי הפקמן בתסריט שלנו גבוהים מmissiy הפקמן בתחזית עבור פורטוגל, מכיוון שההערכות החדשות של עלות היזhom של פחמן עודכנו בהתאם להתייקרות. תוצאות המודול לשנת 2020 הושוו עם נתונים סטטיסטיים לשנת 2019 ונמצאו תואמות את המגמות הנרשומות בפועל.

תרשים 16
צריכת אנרגיה לנפש בישראל לעומת צריכת אנרגיה לנפש בפורטוגל לפי מודל
2016-1990, Synthetic Control Method (SCM)



תרשים 17
צריכת אנרגיה ליחידת תוצר – חיזית המבוססת על חיזית הפחתת הפליטות של
פורטוגל לעומת חיזית המבוססת על מודל MESSAGEix_IL



מקור (לתרשימים 16,17): חישובות ניתנות מודל MESSAGEix_IL-MACRO, צוות מקרו.

סיכום והמלצות

משבר הקורונה הגלובלי תפס את מרבית המדינות לא מוכנות להתמודדות עם משבר רפואי שסומחים התריעו עליו. חוסר המוכנות בדמות השקעת חסר בתשתיות רפואי ובצדד בסיסי חייב, בין היתר, נקיות אמצעים רפואיים שהשלכתם הכלכלית גדולה יותר. הצורך הדוחף של הממשלה להתמודד עם המשבר לנוכח וירוס הקורונה ובתוך כך העמקת הגירעון המשלתי עלולים לעכב אימוץ יעדים להפחחת פליטות לשנת 2050. עם זאת המשבר הזה מדגיש את חשיבות התכנון מראש וההיערכות למזרע נקיי התחומות הגלובלית וההתמודדות עימם. ראוי להדגיש כי המלצתה של הארגונים הבינלאומיים המובילים היא לנצל את ההרחבות הפיסקליות הנדרשות ליציאה מן המיתון הכלכלי לצורך השקעה בתשתיות התחבורה, הבניה והאנרגיה בהתאם לאסטרטגיות של המדינות להפחחת פליטות, ומדינות רבות כבר הצהירו על כוונתן לנקטו גישה זו (IEA and IMF, 2020; OECD, 2020; April 2020; World Bank, 2020).

מסקנת הדוח זהה היא שאפשר הגיעו נিcritה להפחחת המזהמות במשק על ידי מעבר לשימוש בחשמל המסופק ממקורות מתחדשים והטייעול בשימוש באנרגיה. השגת יעדים אלו כרוכה בהשקעה, ואם היא תבוצע באופן מיטבי היא תתרום הן להשגת היעדים להפחחת פליטות והן לצמיחה המשק. בשיקולי צמיחה של טוח אורך נמצאה סינרגיה בין אימוץ היעדים להפחחת פליטות לבין הצורך הכספי בהשקעה נিcritה בתשתיות על מנת להשיג את יעד הצמיחה של המשק הישראלי, לנוכח הגידול הדמוגרפי הצפוי. אפשר להשיג את היעדים על ידי השקעה בתשתיות חדשות י록ות, ללא צורך לגרוש תשתיות מזהמות בטروم מיצוא את תוכלת חייה. בהינתן המשאבים הפיסקליים הגדולים שיידרשו על מנת לחץ את המשק מנקיי משבר הקורונה יש למצוא סינרגיות בין תוכניות ההוצאה של הממשלה בטוווח הקצר ובין היעדים ארוכי הטווח שהצבענו עליהם בדוח זה.

המעבר לאנרגיה ממקורות מתחדשים יהיה שילוב של מעבר לשימוש בחשמל במקום שימוש בדלקים פוטליים, בעיקר בתחום ובעשייה, ומעבר להפקת חשמל ממוקורות של אנרגיה מתחדשת. בתחשב שלנו מוערך מעבר מ-30% צריכת אנרגיה מחשמל כוון ל-70% במשק.

תחום התחבורה אחראי ליותר מאשר שני שלישים מהצריכה הסופית של האנרגיה המזהמת בישראל. בתחום זה העדיפות הראשונית היא השקעה בתשתיות להסעת המוניים, משומש השusat המוניים מביאה להטייעלות אנרגטית, וחשמול של הנסעה בתחבורה הציבורית פותח אפשרות להגדלת השימוש באנרגיות מתחדשות. העברת מגזר התחבורה לכלי רכב חשמליים גם היא צפואה להביא להטייעלות אנרגטית נিcritה ולאפשר שימוש באנרגיות

מתחדשות. בשל הדחיפות בפרטן בעיות הגודש בכבישים והעליה הגדולה במספר כלי הרכב החדשניים בכבישים מדי שנה, המושפעת מן הגידול הדמוגרפי והצמיחה הכלכלית, אנו רואים בתחום העיקרי שבו מעורבות הממשלה צריכה להיות משמעותית מבחינות התקציב ומידת מבחינות הביצוע.

תחום הבניה למגורים מספק אף הוא הזדמנויות להשגת היעדים של התיעילות אנרגטית – הן על ידי תכנון של פרישת המגורים ומקומות התעסוקה והצריכה באופן שמקטין את הצורך בנסעה ברכב פרטי, והן על ידי בניית חודה בתכנון ירוק שמקטינה את צרכות האנרגיה למגורים.²⁴ צעדים אלו כרוכים בהגדלת העליות של הקמה ורכישה של יחידות מגורים חדשות בטוחה הקצר אך הם מחייבים את עלות השימוש במגורים בעתיד. לנוכח הרצון הלאומי להפחית את עלות הדיור, רצוי לייצר מוצרי מימון מותאמים אשר יגשרו על התקירות הבניה בטוחה הקצר עקב חסמים של השוק (כגון מחסור בכוח אדם מימן), הסתגלות לשיטות עבודה חדשות ומחסור בחומר גלם לבניה ירוקה). כמו כן יש להחיל את התקינה היureka על בנייה במסגרת פינוי-בנייה, תמ"א 38 ושיפוץ של דירות, מבני ציבור ובינוי המשמשים לעסקים. בבניה מאופסת אנרגיה ייחידת המגורים מספקת את האנרגיה הדרישה לה על ידי אנרגיה סולרית – צעד זה מסית לצריכה לאנרגיות מתחרדות אך אין הוא מקטין את צריכת האנרגיה. על כן רצוי להתחשב בשיקולי עלות-תועלות ברמת משק האנרגיה ועלות הדיור לפניו אימוץ יעד של בנייה מאופסת אנרגיה.

התעשייה אחראית גם היא לחלק ניכר של פליוטות מזהמות. תגליות הגזפתחו פתח להשקעות בתעשייהות עתיקות אנרגיה. התתקומות האיטיות בהרחבת התשתיות להולכת הגז ובבסבב מפעלים לשימוש בגז מאפשרות לשקלן מחדש את יודי המדיניות המבוססים על שימוש בגז, לנוכח אימוץ היעדים להפחחת פליוטות. עם זאת, שימוש בגז עודנו עדיף, במונחי פליוטות מזהמות, על שימוש בתזקיקי נפט וכיול לשיער בהיפרדות מתעשית זיקוק הנפט בישראל בשלבי המעבר.

מצור התעשייהה צריך להיערך לאפשרות שמדינות יאמצו התקינה היureka שתקשה על ייצור מוצרים שאפשר לייצרים בעזרת אנרגיה מתחרדת ומוצרים בישראל בשימוש באנרגיה מזהמתה. ההשקעות הרבות, בארץ ובעולם, הנחוצות לaimoz טכנולוגיות ייעילות מבחינה אנרגטית ולא מזהמות בתחום התעשייה, הבניה וכו' יוצרות גם הזדמנויות להשקעה בחדשות טכנולוגיות בתעשייה. ואולם תהליכי אלו ארוכים יחסית. משום כך, ובהתאם להמלצה לפعلת מהירה בתחום התעשייה, אנו ממליצים שלא להיחזק באימוץ יעדים של הפחחת פליוטות בתעשייה.

24. במהלך כתיבת מסמך זה אושרה החלמת חיוב התקן היureka בבניה חדשה.

תמרץ עיקרי להטיילות אנרגטיות ולמעבר לאנרגיה מתחדשת הוא מחיר האנרגיה המזהמת. מס הפחמן נגבה לפי השפעה החיצונית של זיהום האוויר ובכך מקטין את הביקוש למקורות אנרגיה מזהמים. על כן הצעדים המומלצים בתחום זה הם הטלת מס חסום בענפי המשק בהתאם לתכליות גזיה החממה באנרגיה הנצרכת וכן מתן סובסידיות לשימוש בהון שאינו מזהם, על מנת לצמצם את הפגיעה בבניי הון מזהם קיים. מומלץ גם לצמצם מס רגרסייבי מעות אחר, כגון בלוא או מע"מ, כך שיישמר איזון תקציבי של תקציבים ואך יתאפשר מתן תמריצים ל תעשייה ומעבר לטכנולוגיות נקיות.²⁵ היהות שכיוום ההכנסות מבלו הוא כ-7 מהכנסות המדינה, כSHIFT ה שימוש באנרגיה מזהמת יווצר הצורך במקור מס חלופי. יש לתת על כך את הדעת בתכנון לטוח אורך. עוד מומלץ לתת תמריצים למ"פ בתחום אימוץ טכנולוגיות מפחיתות פליטות וטכנולוגיות המגדילות את ניצולות האנרגיה.²⁶

²⁵ המכון הישראלי לדמוקרטיה והמשרד להגנת הסביבה צפויים לפרסם מsoon המתמקד כולה בניתוח החלמה מס פחמן במשק הישראלי, שם יידונו הנדబכים של מדיניות זו.

²⁶ למשל על ידי עידוד השקעות בטכנולוגיות ובהליכי ייצור ירודים במסגרת מענקי מרכז ההשקעות.

נספחים

נספח א: רשימה מקורות נתונים למודל MESSAGEix_IL-MACRO

Data	Source
Population growth	Medium and high scenarios CBS (2017)
GDP growth	Medium (BOI, 2019); High (IEC, 2017)
Energy prices till 2030	World Bank 2019
Energy prices 2031-2050	EIA 2019
Interest rate	Israeli National Economic Council
Energy taxes Israel	Ministry of Energy, Fuel Department (4/ 2019)
Coal power generation Israel	Ministry of Energy Chief Scientist
Storage costs Israel	Ministry of Energy Chief Scientist
NG Capital cost and OM cost	Ministry of Energy Chief Scientist
Coal Capital cost and OM cost	Ministry of Energy Chief Scientist
Solar Capital cost and OM cost	Ministry of Energy Chief Scientist
Technology efficiency	Ministry of Energy Chief Scientist
Power plants lifetime	Ministry of Energy Chief Scientist
NG reserves	Adiri committee 2018
NG export till 2050	Adiri committee 2018
Historical data on energy balance, Israel	EIA, IEA and CBS
Elasticities of electricity demand	BOI (Galo 2017)
Emissions factors	Ministry of Environmental Protection
Carbon Tax	EPA (2015)
Electricity Transportation	Ministry of Energy
Renewable energy goals	Ministry of Energy Roadmap 2030 and PUA (2019)

נספח ב: רשימת מזדים ויעדים בתחום התחבורה, משרד התחבורה

יעד	אופן החישוב	שם המدد
*-25%	הפחחת נסועה משאיות ורכבים כבדים יחסית לתרחיש עסקים כרגיל	יעילות הובלה מעוניים
60-70%	אחוז נסועות באמצעות מקיימים (ח"צ, אמצעים אישיים ואמצעים לא ממונעים)	הגדלת שימוש באמצעות מקיימים
70%	אחוז האוכלוסייה שיכולה להגיע למרחק המטרופולין הקרוב ב-45 דקות	נגישות
5.0 מיליאון רכבים <	סך כל הרכב הפרטימי בישראל, במיליאונים	רמת מינוע

* כ-11 מיליארד ק"מ בשנה 2050 במקום כ-15 מיליארד ק"מ

יעד	אופן החישוב	שם המدد
100%	אחוז רכבים מאופשי פליטה מסך מצבת הרכבים*	רכבים מאופשי פליטה
יקבע בהמשך	צריכת אנרגיה סופית מתחבורה להושלב לשנה (MWh/capita)	יעילות אנרגטית
**-25%	הפחחת נסועהרכב פרטי יחסית לתרחיש עסקים כרגיל	נסועה ברכב פרטי

* כל רכב שאינו פולטים גזי חממה ודיוזמוס אויר במשרין

** כ-70 מיליארד ק"מ בשנה 2050 במקום כ-94 מיליארד ק"מ

מקור: משרד האנרגיה, משרד התחבורה, משרד האוצר ומשרד הכלכלה 2019.

נספח ג: רשות מזדיין ויעדים בתחום מבנים וערים, מינהל הוכנו

יעדים לשיעור התחלות הבנייה הבנויה בהתאם לתקן לבנייה יロקה							
סוג הבנייה	מזד	2025	2030	2035	2040	2045	2050
בנייה רוויה – מגורים (ICHID)	75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
משחררי (מ"ר) הבנייה	75%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
ציבורית (מ"ר) הבנייה	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

סוג מבנה	מזד	2020	2025	2030	2035	2050
בתים מגורים צמודי קרקע	מהתחלות הבנייה	–	100%	100%	100%	100%
מבני מגורים בינוי רוויה 3-5 קומות	מהתחלות הבנייה	–	25%	100%	100%	100%
מבני מסחר	מהתחלות הבנייה	–	25%	50%	100%	100%
מבני ציבור	מהתחלות הבנייה	–	25%	100%	100%	100%
מבני חינוך	מהתחלות הבנייה	–	50%	100%	100%	100%
מבני ממשלה בעלות מינהל הדיור *המשמעותי	מהתחלות הבנייה	25%	100%	100%	100%	100%

* יעד זה מסמן שילוב עקרונות למבנים מאופשי אנרגיה במרכזי הדיור הממשלה ובכפוף לשימושם ולביקורת עלות-חועלות.

מחוז	התחדשות נדרשת באחוזים עד 2020	התחדשות נדרשת באחוזים עד 2025	התחדשות נדרשת באחוזים עד 2030	התחדשות נדרשת באחוזים עד 2030
צפון	10	15	20	20
חיפה	20	30	40	40
מרכז	20	30	40	40
תל אביב	40	50	60	60
ירושלים	12	20	30	30
דרום	8	12	17	17

יעדים לשיעור המחלות הבנייה הבנויה בהתאם לחקן לבנייה ירוקה							
סוג הבנייה	מדד	2025	2030	2035	2040	2045	2050
שיפור מעטפת העירם בחקן בנייה ירוקה (בנייה שנייה)	מייח"ד, מסחרי וביזורי שעובררים שיפור מעטפת	-	75%	100%	100%	100%	100%

מקור: משרד האנרגיה, משרד התעשייה, משרד האוצר ומשרד הכלכלת, 2019.

נספח ד: רשימת מדדיים ויעדים בתחום תעשייה ופטולת, משרד הכלכלה

שם המדד	הגדרה	יעד
יעילות השימוש במשאבים	YEAR/GDP/DMI	יקבע בהמשך
הפחחת פליטתו אdzi חמהה של התעשייה	הפחתת פליטתו אdzi חמהה ביחס לשנת 2015 (עד שנת 2050)	40%
הטמנה פטולת עירונית מעורבתת	אחווד פטולת עירונית מעורבתת מושטנת	0%
מחזור פטולת עירונית מעורבתת	אחווד פטולת עירונית מעורבתת ממוחדרת	60%
מחזור פטולת בניין	אחווד פטולת בניין ממוחדרת	100%

* מדד המחשב באמצעות סכימה של משקל חומרי האלים הנכרים במדינה ומשקל החומרים המיובאים אליה (לא חומרי גלם בלבד) בתוכונים הבאים: ביומסה, אנרגיה (דלקים), מינרלים ומתקמות.

נספח ה: רשימה מזדיין ויעדים בתחום האנרגיה, משרד האנרגיה

יעד	אופן החישוב	שם המדריך
הפקחת השימוש עד לסיוף שנת 2025	שיעור ייצור הפחם מסך ייצור החשמל	הפחתת הייצור בפחם
יעקבע בהמשך	יעקבע בהמשך	יעילות באנרגיה/עצימות אנרגניה
נchner עד 25%-30% לשנת 2030	שיעור ייצור החשמל שמקורה באנרגיות מתחדשות מסך ייצור החשמל המשך	יעיצור באנרגיות מתחדשות
פורט במסגרת צוות מבנים	שיעור מבנים מאופשי אנרגניה מסך המחלות הבניןיה	מבנים מאופשי אנרגניה
ירידה של 51% לקוט"ש מיוצר בשנה 2026 בהשוואה לשנה הבסיס	שיעור הירידה בהיקף הפליטות מייצור קוט"ש חשמל בהשוואה לשנה 2015	הפחתת פליטות מייצור חשמל
ירידה של 32% מסך הפליטות בייצור חשמל בהשוואה לשנה הבסיס	שיעור הירידה בהיקף הפליטות הכללי בייצור חשמל בהשוואה לשנה 2015	הפחתת פליטות מייצור חשמל

מקור: משרד האנרגיה, משרד החבורה, משרד האוצר ומשרד הכלכלה, 2019.

רשימת המקורות

אביירם-ניצן, דפנה, וארד שומר, דצמבר 2019. **ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת – השפעת התוכנית על איכות החיים של הציבור בישראל**, כנס אלי הורביז לכלכלה וחברה.

אביירם-ניצן, דפנה, וירדן קידר, יולי 2020. סקר מיוחד של המכון הישראלי לדמוקרטיה: **עמדות הציבור על משבב האקלים על רקע משבב הקורונה**.

ארగוב, איל, ושי צור, 2019. **מודל צמיחה ארוכת טווח למשק הישראלי**, בנק ישראל. בנק ישראל, חטיבת מחקר, 2019. **העלאת רמת החיים בישראל באמצעות הגדרת פרוינו העובדה**.

דוידוביץ', איילת, רוסלנה רחל פלטניק, מרדי שטרן ואופירה אילון, דצמבר 2019. **"כיצד ישפיע שינוי האקלים על ענף הביטוח העולמי והישראלאי?" אקולוגיה וסביבה (4): 59–58.**

המשרד להגנת הסביבה, 2016. **ה欽נית הלאומית ליישום הסכם פריז**.

המשרד להגנת הסביבה, 2018. **הפחחת פליטת גזי חממה בישראל: דו"ח מעקב שנתי אחר יישום המוכנית והיעדים הלאומיים להפחחת פליטת גזי חממה**.

זוסמן, נתן, אוררי שרון והילה שווא-קובליץ, יולי 2020. **欽נית חילוץ ירואה 2020: צעדים לקידום בתקציב המדינה**, המכון הישראלי לדמוקרטיה וקוואליציות ארגוני הסביבה.

מרכז המידע הישראלי להערכת שינוי אקלים, Mai 2012. **דו"ח מס' 1: סקירת ידע קיים, זיהוי פורי ידע ועדייפות להשלמתם**.

משרד ראש הממשלה, 2015 (עדכון 2017). **הפחחת פליטת גזי חממה ויעול צרכית האנרגיה במשק**.

משרד ראש הממשלה, 2016 (עדכון 2017). **欽נית לאומית ליישום היעדים להפחחת פליטת גזי חממה ולהתייעלות אנרגטית**.

משרד האנרגיה, משרד החבורה, משרד האוצר ומשרד הכלכלה, 2019. **ישראל 2050: כלכלה משגשגת בסביבה מקיימת – מדדים, יעדים וחוזן לפי מתחומים**.

פלטניק, רוסלנה רחל, אילית דוידוביץ', תמר טרוף ואורפירה אילון, 2018. "ירוק זה כדי? נימוח עלות-תועלת של בתיה ספר ירוקים בישראל", *אקוולוגיה וסביבה*, 9 (1): 57–50.

רינט, צפריר, 18.3.2020. "חוקרים: זיהום אוויר הופך את הגוף פגיע יותר לוירוס הקורונה", *הארץ*.

רשות החדשנות, דצמבר 2018. "סקירה ענפית: טכנולוגיות נקיות בישראל".

Abadie, Alberto, and Javier Gardeazabal, March 2003. "The Economic Costs of Conflict: A Case Study of the Basque Country," *American Economic Review* 93 (1): 113–132.

Acemoglu, Daron, Philippe Aghion, Leonardo Bursztyn, and David Hemous, 2012. "The Environment and Directed Technical Change," *American Economic Review* 102 (1): 131–166.

Acemoglu, Daron, Ufuk Akcigit, Douglas Hanley, and William Kerr, 2016. "Transition to Clean Technology," *Journal of Political Economy* 124 (1): 52–104.

Anbumozhi, Venkatachalam, Masahiro Kawai, and Bindu N. Lohani (eds.), 2015. *Managing the Transition to a Low-Carbon Economy Perspectives, Policies, and Practices from Asia*, Asian Development Bank Institute.

Arndt, Channing, Rob Davies, Sherwin Gabriel, Konstantin Makrelov, Bruno Merven, Faaiqa Hartley, 2016. "A Sequential Approach to Integrated Energy Modeling in South Africa," *Applied Energy* 161: 591–599.

Baum, Zvi, Ruslana Rachel Palatnik, Iddo Kan, and Mickey Rapaport-Rom, 2016. "Economic Impacts of Water Scarcity under Diverse Water Salinities," *Water Economics and Policy* 2 (1).

Binswanger, Mathias, 2001. "Technological Progress and Sustainable Development: What about the Rebound Effect?," *Ecological Economics* 36 (1): 119–132.

Bohringer, Christoph, and Thomas F. Rutherford, 2008. "Combining Bottom-up and Top-down," *Energy Economics* 30 (2): 574–596.

Buffie, Edward E., Andrew Berg, Catherine Pattillo, Rafael Portillo, and Luis-Felipe Zanna, 2012. *Public Investment, Growth, and Debt Sustainability: Putting Together the Pieces*, International Monetary Fund, Washington DC.

Burke, Marshall, W. Mathew Davis, and Noah S. Diffenbaugh, 2018. "Large Potential Reduction in Economic Damages under UN Mitigation Targets," *Nature* 557: 549–553.

Calderon, Cesar, and Luis Serven, 2014. *Infrastructure, Growth and Inequality: An Overview*, World Bank, Washington DC.

Climact, the Belgian Federal Planning Bureau, and Oxford Economics, October 2016. *Macroeconomic Impacts of the Low Carbon Transition in Belgium*.

Committee on Climate Change, May 2019. *Net Zero: The UK's Contribution to Stopping Global Warming*.

European Commission, Global Energy, and Climate Outlook, 2017. *How Climate Policies Improve Air Quality*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

European Commission, 28 November 2018. *A Clean Planet for All: A European Long-Term Strategic Vision for a Prosperous, Modern, Competitive and Climate Neutral Economy*, Brussels.

Feitelson, Eran, and Amit Tubi, 2017. "A Main Driver or an Intermediate Variable? Climate Change, Water and Security in the Middle East," *Global Environmental Change* 44: 39–48.

- Fricko, Oliver, Petr Havlik, Joeri Rogelj, Zbignew Klimont, Mykola Gusti, Nils Johnson, and Peter Kolp, 2017. "The Marker Quantification of the Shared Socioeconomic Pathway 2: A Middle-of-The-Road Scenario for the 21st Century," *Global Environmental Change* 42: 251–267.
- Gabay, Hadas, Isaac A. Meir, Moshe Schwartz, and Elia Werzberger, 2014. "Cost-Benefit Analysis of Green Buildings: An Israeli Officebuildings Case Study," *Energy and Buildings* 76: 558–564.
- Governo de Portugal, 2012. *Roterio Nacional De Baixo Carbono 2050*.
- Helgesen, Per Ivar, and Asgeir Tomasdard, 2018. "From Linking to Integration of Energy System Models and Computational General Equilibrium models – Effects on Equilibria and Convergence," *Energy* 159: 1218–1233.
- Hourcade, Jean Charles, Mark Jaccard, Chris Bataille, and Frederic Ghersi, 2006. "Hybrid Modeling: New Answers to Old Challenges – Introduction to the Special Issue of the Energy Journal," *The Energy Journal* 27: 1–11.
- Huppmann, Daniel, Mathew Gidden, Oliver Fricko, Peter Kolp, Clara Orthofer, Michael Pimmer, Nikolay Kushin, Adriano Vinca, Alessio Mastrucci, Keywan Riahi, Volker Krey, 2019. "The MESSAGEix Integrated Assessment Model and the ix Modeling Platform (ixmp): An Open Framework for Integrated and Cross-cutting Analysis of Energy, Climate, the Environment, and Sustainable Development," *Environmental Modelling & Software* 112: 143–156.
- IEA and IMF, June 2020. *Sustainable Recovery: World Energy Outlook Special Report*.
- ILO and IILS, 2011. *A Review of Global Fiscal Stimulus*, International Labour Organisation and International Institute for Labour Studies, Geneva.

- IMF, 2014. "Is It Time for an Infrastructure Push? The Macroeconomic Effects of Public Investment," *World Economic Outlook 2014: Legacies, Clouds, Uncertainties*, International Monetary Fund, Washington DC.
- Jewell, J., A. Cherp, and K. Riahi, 2014. "Energy Security under Decarbonization Scenarios: An Assessment Framework and Evaluation under Different Technology and Policy Choices," *Energy Policy* 65: 743–760.
- Khan, Matthew E., Kamiar Mohaddes, Ryan N.C. Ng, M. Hashem Pesaran, Mehdi Raissi, and Jui-Chung Yang, 2019. *Long Term Macroeconomic Effects of Climate Change: A Cross-Country Analysis*, National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 26167, Cambridge U.S.A.
- Kiuila, Olga, 2018. "Decarbonisation Perspectives for the Polish Economy," *Energy Policy* 118: 69–76.
- LuckmannJunas, Harald Grethe, Scott McDonald, Anton Orlov, and Khalid Siddig, 2014. "An Integrated Economic Model of Multiple Types and Uses of Water," *Water Resources Research* 50: 3875–3892.
- Manne, A. S., and C. O. Wene, 1992. *MARKAL-Macro: A Linked Model for Energy-Economy Analysis – Report BNL Brookhaven National Laboratory*, Brookhaven National Lab., Upton, NY.
- Messner, Sabine, and Leo Schrattenholzer, 2000. "MESSAGE-MACRO: Linking an Energy Supply Model with a Macroeconomic Module and Solving it Iteratively," *Energy* 25 (3): 267–282.
- Nordhaus, William D., September 2007. "A Review of the Stern Review on the Economics of Climate Change," *Journal of Economic Literature* 45: 686–702.
- OECD, 2013. "Greener Skills and Jobs for a Low-Carbon Future," *OECD Green Growth Papers*, Paris: OECD Publishing.

OECD, 2014. *The Cost of Air Pollution: Health Impacts of Road Transport.*

OECD, 2017. *Investing in Climate, Investing in Growth*, Paris.

OECD, April 2020. *From Containment to Recovery: Environmental Responses to the COVID-19 Pandemic.*

OECD, July 2020. *Accelerating Climate Change in Israel: Refocusing Mitigation Policies for the Electricity, Residential and Transport Sector.*

Orimoloye, Israel Ropo, Sonwabo Perez Mazinyo, Ahmed Mukalazi Kalumba, Olapeju Yewande Ekundayo, and Werner Nel, 2019.

"Implications of Climate Variability and Change on Urban and Human Health: A Review," *Cities* 91: 213-223.

Orthofer, Clara Luisa, Daniel Huppmann, and Volker Krey, 2019.

"South Africa after Paris: Fracking Its Way to the NDCs?," *Frontiers in Energy Research* 7 (Article 20).

Palatnik, Ruslana Rachel, 2019. "The Economic Value of Seawater Desalination -The Case of Israel," *Economy-Wide Modeling of Water at Regional and Global Scales: Advances in Applied General Equilibrium Modeling*, Singapore: Springer.

Palatnik, Ruslana Rachel, Helena Faitelson, and Mordechai Shechter, 2012. "Israeli Policy towards Reaching Cancun Pledge: A Comparison of Actions in Plan and Economically Efficient Measures".

Palatnik, Ruslana Rachel, and Mordechai Shechter, 2008. "Assessing the Impact of Greenhouse Gas Emission Controls within the Framework of a General Equilibrium Model of the Israeli Economy," *Economic Quarterly* 55 (4): 545-573.

Pindyck, Robert S., 2019. "The Social Cost of Carbon Revisited," *Journal of Environmental Economics and Management* 94: 140-160.

- Rozenberg, Julie, Adrien Vogt-Schilb, and Stephane Hallegatte, 2014. *Transition to Clean Capital, Irreversible Investment and Stranded Assets*, The World Bank.
- Seixas, J., P. Fortes, J. P. Gouveia, S. G. Simoes, A. Pereira, and R. Pereira, 2017. *The Role of Electricity in the Decarbonization of the Decarbonization of the Portuguese Economy*, Universidade Nova De Lisboa.
- Siddig, Khalid, and Harald Grethe, 2014. "No More Gas from Egypt? Modeling Offshore Discoveries and Import Uncertainty of Natural Gas in Israel," *Applied Energy* 136: 312-324.
- Solomon, A. A., Dmitrii Bogdanov, and Christian Breyer, 2018. "Solar Driven Net Zero Emission Electricity Supply with Negligible Carbon Cost: Israel as a Case Study for Sun Belt Countries," *Energy* 155: 87-104.
- Stern, Nicholas, 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge and New York: Cambridge University Press.
- Suewing, Ian, 2006. "The Synthesis of Bottom-up and Top-down Approaches to Climate Policy Modeling: Electric Power Technologies and the Cost of Limiting US CO₂ Emissions," *Energy Policy* 34 (18): 3847-3869.
- Tishler, Asher, J. Newman, I. Spekterman, and C. Woo, 2008. "Assessing the Options for a Competitive Electricity Market in Israel," *Utilities Policy* 16: 21-29.
- UK Government, Department for Business, Energy, Industrial Strategy, October 2017. *The Clean Growth Strategy Leading the Way to a Low Carbon Future*.
- UN, 2016. *The Sustainable Development Goals Report 2016*, United Nations.

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 2017. *Summary of the Paris Agreement.*

WHO and OECD, 2015. *Economic Cost of the Health Impact of Air Pollution in Europe: Clean Air, Health and Wealth*, Copenhagen.

World Bank, March 2020. *Thinking Ahead: For a Sustainable Recovery from COVID-19 (Coronavirus)*.

Yu, Hojin, David PEARLMUTTER, and Moshe Schwartz, 2018. "Life Cycle Assessment of an Energy-Economy Nexus: The Case of Israel and South Korea," *Environmental Impact Assessment Review* 69: 61-69.



פרופ' נתן דוסמן הוא ראש צוות המקhor-כלכלה בפרויקט "ישראל 2050" – כלכלה משגשגת בסביבה מק"מת" של המכון הישראלי לדמוקרטיה ופרופסור לכלכלה במכון ללימודים מתקדמים בגבנה. שימש בתפקיד ראש המחלקה לכלכלה באוניברסיטה העברית בירושלים והוא מייסדי תוכנית פס"מ באוניברסיטה. מילא תפקיד שורה של תפקידים בבנק ישראל ובמשך שניים כיהן בתפקיד ראש חטיבת המחקר של הבנק וחבר בוועדה המוניטרית.

ד"ר רחל פלטניק היא מרצה בכירה בחוג לכלכלה וניהול במכיללה האקדמית עמק יזרעאל. ראש מרכז מחקר SEED וחוקרת בכירה במרכז לחקר משאבי טבע וסביבה באוניברסיטת חיפה. תחומי המחקר שלה מתמקדים בהערכתות כלכליות של סוגיות בתחום האנרגיה, משאבי טבע והסביבה.

ד"ר אילית דוידוביץ' היא חוקרת פוסט-דוקטורט בעבדה לחידשות באקוולוגיה תעשייתית בבית הספר לסביבה ומדעי כדור הארץ ע"ש פרוטר באוניברסיטת תל אביב. במסגרת מחקר פוסט-דוקטורט במכון הבינלאומי NASA באוסטרליה פיתחה מודל לניתוח משק האנרגיה הישראלי. תחומי מומחיותה הם כלכלת אנרגיה ושינוי אקלים.

הילה שוואף-יקולבץ' היא חוקרת בפרויקט "ישראל 2050" – כלכלה משגשגת בסביבה מק"מת" ובצווות "כלכלה בריאות" במכון הישראלי לדמוקרטיה. דוקטורנטית באוניברסיטת תל אביב ובוגרת תואר שני באוניברסיטת אוקספורד. עוסקת בכלכלת בריאות, היסטוריה כלכלית, כלכלת סביבה וऐישווון בחברה הישראלית.



המכון הישראלי
לDEMOCRACY

www.idi.org.il

