



משרד התשתיות הלאומיות



**מדיניות משרד התשתיות הלאומיות
לשילוב אנרגיות מתחדשות
במערך ייצור החשמל בישראל**

א' באדר תש"ע

14 בפברואר 2010

א. מבוא וריכוז המלצות

מטרה :

תכליתה של מדיניות המשרד היא פיתוח ושילוב נמרצים של אנרגיות מתחדשות במשק האנרגיה של ישראל, במטרה לקדם את המדינה לקראת ביטחון ועצמאות אנרגטיים ולחזק את השתלבותה בתרבות הרגישות לסביבה. יעדים אלה יושגו תוך מינוף התהליך לפיתוח התעשייה והטכנולוגיה הישראליות ובמקביל לפיתוח מקורות פרנסה, במיוחד בפריפריה¹.

המדיניות נועדה ליישם באורח אופטימאלי את החלטת ממשלה 4450 (חכ/176) בדבר ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות.

מטרת מסמך זה היא לפרט את צעדי משרד התשתיות הלאומיות לקידום מדיניות זו.

עקרונות מנחים למדיניות משרד התשתיות הלאומיות בתחום האנרגיות המתחדשות :

- ✓ יצירת וודאות בתחום האנרגיות המתחדשות תוך הבהרת יעדי ייצור החשמל עד שנת 2020.
- ✓ עידוד הקמת מתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות במדינת ישראל בכלל ובתחומי הפריפריה בפרט.
- ✓ עידוד תעשיית האנרגיה המתחדשת בישראל וכן עידוד מחקר ופיתוח ישראלי בתחום האנרגיות המתחדשות.
- ✓ הגדלת הביטחון האנרגטי של מדינת ישראל.
- ✓ עידוד ייצור חשמל באמצעות טכנולוגיות "ידידותיות" לסביבה.
- ✓ הגדלת ייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות תוך צמצום הנטל התעריפי לצרכנים.

החלטות ממשלה

יעד ייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות: החלטת הממשלה שמספרה 4450 (חכ/176), מיום 29.01.2009, קבעה יעד מנחה לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 10% מצורכי האנרגיה בחשמל של המדינה בשנת 2020. באותה החלטה נקבע לפעול להקמת תחנות כח בהיקף שלא יפחת מ- 250 מגה-וואט בכל שנה, החל משנת 2010 ואילך. על פי החלטה זו, אנרגיה מתחדשת מוגדרת כאנרגיה שמקורה בניצול חום וקרינת שמש, רוח, ביו-גז וביו-מסה או מקור לא מתכלה אחר שאינו דלק פוסילי.

יעד התייעלות אנרגטית² לשנת 2020: להחלטה 4450 קדמה החלטת ממשלה שמספרה 4095, מיום 1.09.2008 והחלטה 3261 (חכ/69) מיום 29.01.2009, בהן הוחלט על שורת צעדים להתייעלות אנרגטית ולצמצום בצריכת החשמל, בהיקף של 20% מצריכת החשמל הצפויה בשנת 2020.

יעד ייצור החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות לשנת 2020 תחת הנחת

התייעלות אנרגטית: 6.43 טרה-וואט שעה (TWH)

¹ פריפריה - ישובים שהוגדרו כנמצאים בתחום אזורי העדיפות הלאומית בהתאם להחלטת הממשלה מיום 13.12.09
² התייעלות אנרגטית - שם כולל לפעולות שנועדו לצמצם את צריכת החשמל.

תחזית הספק מותקן ותחזית הייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות

משרד התשתיות הלאומיות מתווה להלן אבני דרך דו-שנתיות (המהוות תחזית להספק מותקן בטכנולוגיות מתחדשות שונות), במטרה לעמוד ביעד ייצור חשמל של -TWH6.4 באמצעות אנרגיות מתחדשות בשנת 2020. אבני דרך אלו הינן על סמך תחזית הביקושים ושיעורי ההתייעלות עד שנת 2020.

תחזית הספק מותקן באנרגיות מתחדשות לפי טכנולוגיה (MW מותקן) אבני דרך לשנים 2014-2020

	2020	2018-2019	2016-2017	2014-2015	
אחוז מסה"כ הספק מותקן (%)	20	17	12	7	יעד התייעלות אנרגטית, אחוז מהביקוש החזוי (%)
	64.3	64.5	61.5	60.4	אומדן ביקוש חזוי כולל התייעלות אנרגטית (TWH)
29	800	600	400	250	רוח ³ (MW)
7.6	210	160	100	50	ביו- גז וביו מסה (MW)
43.5	1200	1000	750	700	תרמו- סולאר או פוטו-וולטאי "גדול" ⁴ (MW)
12.7	350	350	350	350	פוטו-וולטאי "בינוני" ⁵ (MW)
7.2	200	200	200	200	פוטו וולטאי עד 50 KW (MW)
100 %	2760	2310	1800	1550	סה"כ הספק מותקן (MW)
	10.2%	8.3%	6.5%	5.3%	שיעור הייצור במתחדשות (%)

אומדן לשטח הקרקע הנדרש לפי תחזית הספק המותקן הוא כ- 33,800 דונם⁶

חשוב להדגיש כי מדיניות המשרד לתשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות כחלק מתוכנית פיתוח משק החשמל לטווח הארוך תיבחן ותתעדכן בשנת 2014 בהתאם להתפתחויות הטכנולוגיות והכלכליות ולשינויים בתחזית הביקוש.

תחזית הייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות (TWH)

שיעור מסה"כ ייצור אנרגיה	2020	2018-2019	2016-2017	דצמבר 2014	
30.04%	1.96	1.47	0.98	0.61	רוח (TWH)
21.1%	1.38	1.05	0.66	0.33	ביו- מסה (TWH)
34.87%	2.28	1.90	1.43	1.33	תרמו סולאר או פוטו-וולטאי "גדול" ⁷ (TWH)
9.1%	0.60	0.60	0.60	0.60	פוטו וולטאי "בינוני" (TWH)
4.89%	0.32	0.32	0.32	0.32	פוטו וולטאי עד 50 KW (TWH)
100 %	6.54	5.34	3.99	3.19	סה"כ ייצור אנרגיה בפועל (TWH)

³ מתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיית רוח המחוברים לרשת החלוקה ו/או ההולכה

⁴ מתקנים לייצור חשמל המחוברים לרשת ההולכה

⁵ מתקני ייצור חשמל מטכנולוגיות סולאריות על כל סוגיהן מחוברות לרשת החלוקה

⁶ אומדן דרישות השטח ביחס לאנרגיית רוח מתייחס לדרישת קרקע נטו (בסיס הטורבינה בלבד)

⁷ תחזית הייצור בסעיף זה חושבה לפי יכולת ייצור של מתקנים בטכנולוגיית תרמו סולאר.

עיקרי המדיניות

"איתור ופיתוח מקבצי ייצור" – משרד התשתיות הלאומיות פועל להקמת מקבצי ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות. המשרד ביצע מיפוי ראשוני של קרקעות באזור הנגב, ולפיו אותרו אתרים שאינם בשטחי אש, שמורות טבע ו/או תוכניות מתאר קיימות. ריכוז מספר גורמי ייצור במקבץ רציף, יקטין את הפגיעה בשטחים פתוחים ויקל על הולכת האנרגיה. המשרד יקדם את הקמת מקבצי הייצור בשיתוף פעולה עם מינהל מקרקעי ישראל, רשויות התכנון ומשרדי ממשלה הנוגעים בדבר.

"ייצור חשמל בטכנולוגיות רוח" – כדאיות ייצור החשמל באמצעות טכנולוגיות רוח גבוהה יחסית לטכנולוגיות מתחדשות אחרות. עם זאת החסמים הסטטוטוריים וההליכים התכנוניים מורכבים.

- המשרד סקר "מרחבי חיפוש" בנגב לייצור חשמל באמצעות אנרגיית רוח, על-סמך בקשות היזמים למדידת משטר רוחות. המשרד פועל מול משרד הביטחון, רשות הטבע והגנים, ורשויות התכנון להסרת חסמי תכנון וביצוע באזורים אלה.

- המשרד פועל בשיתוף פעולה עם מינהל מקרקעי ישראל לקידום מכרז קרקע להצבת תרניי מדידת רוח.

"ביו-גז וביו-מסה" – המשרד רואה בטכנולוגיות ביו-גז על סוגיהן גורם ייצור חשוב בתהליך השגת יעד הייצור. לטכנולוגיות גזיפיקציה ושריפת פסולת, יתרון בולט כבר בטווח הקצר: נצילות אנרגטית גבוהה, נצילות קרקע, חיסכון בעלויות הולכה ומחזור פסולת.

- המשרד פועל בשיתוף פעולה עם רשות המיסים להחלת פחת מואץ של 25% על מתקני ייצור במכוני טיהור שפכים ומטמנות. החלת פחת מואץ על מתקנים אלה, תקדם את הקמתם היות ועלויות ההקמה גבוהות במיוחד.

- המשרד פועל בשיתוף עם המשרד להגנת הסביבה לקידום מתקנים במטמנות פסולת.

"תעסוקה כחול לבן" – יצרני החשמל יחויבו להעסיק כוח אדם מקומי בהיקף של 100% מהעובדים.

"תיקון החוק לעידוד השקעות הון" – החלת הקלות מכוח החוק על תעשייה (ללא רכיב ייצור) מתחום האנרגיה המתחדשת המבוססת על **"יזע"** מקורי בתחום, בהתאם לאישור המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות.⁸ בנוסף, פועל המשרד בשיתוף עם משרד התמ"ת להרחבת ההטבות מכוח החוק כך שיחולו גם על מתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות.

כמו כן תובא לאישור משרד האוצר המלצה להטבות מס, (הפחתה במסים ישירים- מס חברות ודיבידנד). ההטבות תוענקה לחברות אנרגיה מתחדשת, שאינן יצואניות, כמתחייב בחוק, אך בעלות ערך מוסף ישראלי (תעסוקה, קניין רוחני ובעלות) של 70% ומעלה.

"תעריף" – אחד המרכיבים החשובים ביישום החלטות הממשלה לקידום מדיניות משרד התשתיות הלאומיות הינו התעריף. האחרון מהווה כלי לעידוד כניסת משקיעים לענף, ליישום שיפורים טכנולוגיים ולהגברת הנצילות האנרגטית של מתקנים לייצור חשמל באנרגיות מתחדשות. התעריפים הרלוונטיים לקידום מדיניות משרד התשתיות הלאומיות יקבעו על ידי הרשות לשירותים ציבוריים חשמל. התעריפים עד שנת 2015 יקבעו תוך הפחתה מדורגת כאשר התעריפים לכמות הנותרת עד שנת 2020 יפורסמו לא יאוחר משנת 2014.

⁸ חוק לעידוד השקעות הון, תשי"ט-1959

מכסות לטכנולוגיות מתחדשות (MW הספק מותקן)

טווח זמן	סך ההקצאה (MW מותקן)	סוג הקצאה	תיאור	טכנולוגיה
עד דצמבר 2014	700	מכסה	מכסה למתקני ייצור חשמל סולאריים המחוברים לרשת ההולכה	תרמו-סולאר או פוטו-וולטאי "גדול"
משנת 2015 עד שנת 2020	500			
עד שנת 2020	50	מכסה	מכסה למתקני ייצור חשמל סולאריים המחוברים לרשת החלוקה באזורי תעשייה בפריפריה, באמצעות מכרזי קרקע של מינהל מקרקעי ישראל	פוטו-וולטאי "בינוני"
	300	מכסה קיימת	מכסה למתקני ייצור סולאריים המחוברים לרשת החלוקה באמצעות טכנולוגיות כגון פוטו-וולטאי	
עד דצמבר 2014	ללא הגבלה	מכסה	ללא הגבלת מכסה בתחומי הפריפריה .*	פוטו-וולטאי עד KW50 (גגות)
	ללא הגבלה	"פתוחה" (גגות)	ללא הגבלת מכסה בכל הארץ .	פוטו וולטאי עד KW4 (גגות)
עד שנת 2020	30	מכסה (גגות)	מכסה להקמת מתקנים על גגות במבני ציבור בכלל ובמוסדות חינוך בפרט.	פוטו-וולטאי עד KW50 (גגות)
	50		מכסה להקמת מתקנים (בכל רחבי הארץ למעט בפריפריה ועל מבני ציבור)	פוטו-וולטאי עד KW50 (גגות)
	2		מכסה לתושבי יהודה ושומרון (לפי יחסם באוכלוסייה), שנמנע מהם לנצל את המכסות שהוקצו עד כה למתקנים בהספק מותקן זה, בשל אי-מתן אישורי מכירת חשמל לרשת, מהמינהל האזרחי. **	
עד דצמבר 2014	ללא הגבלה	מכסה "פתוחה"	מכסה למתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיית רוח המחוברים לרשת החלוקה וההולכה	רוח
			ללא הגבלת מכסה בכל הארץ	רוח - עד KW50
			ללא הגבלת מכסה בכל הארץ	ביו-גז וביו-מסה
עד שנת 2020	50	מכסה	מכסה לעידוד טכנולוגיות ישראליות לטובת קידום פרויקטי מחקר ופיתוח ישראלי, לפי המלצת המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות	מו"פ בתחום האנרגיות המתחדשות

***פריפריה** – את מפת הישובים שהוגדרו כנמצאים בתחום אזורי העדיפות הלאומית כפי שמצורפת להחלטת הממשלה 1060 מיום 13.12.09 ניתן למצוא באתר משרד ראש הממשלה www.pmo.gov.il

**קיימת חשיבות כי מכסה זו תהא בהתאם לתעריך, כפי שנקבע, ע"י רשות החשמל לשירותים ציבוריים, להסדרה משנת 2008 למתקנים באותו הספק מותקן.

- סך כל העלויות העודפות המהוונות לשנת 2010, כתוצאה משילוב אנרגיות מתחדשות משנת 2010 ועד שנת 2020 נאמדות ב-כ- שני מיליארד ושישה מיליון \$ (2.06 מיליארד \$) עלות זו תבוא לידי ביטוי בייקור תעריף החשמל לכלל הצרכנים.
- להערכת משרד התשתיות הלאומיות, במידה ולא יחולו שיפורים טכנולוגיים ו/או ירידה בעלויות ההקמה של מתקנים באנרגיה מתחדשת יתייקר התעריף לצרכנים. אומדן משוער לעלייה המצטברת בתעריף החשמל משנת 2010 ועד שנת 2020, כתוצאה משילוב אנרגיות מתחדשות, הינו - 18%.

ב. משק החשמל בישראל : מגמות ואפיונים

יכולת ייצור החשמל הכוללת בישראל בשנת 2009, נאמדה ב- MW 11,940 מותקן. כאשר רובו המכריע של החשמל בישראל מיוצר ע"י חברת החשמל באמצעות תחנות כוח המשלבות תמהיל דלקים של גז, פחם, מזוט וסולר.

מדינת ישראל הינה "אי-חשמלי". לא מתקיים יבוא וייצוא של חשמל בינה ובין המדינות השכנות. מציאות זו מחייבת את מדינת ישראל לשמור על אמינות וזמינות אנרגטיות גבוהות, בהשוואה למדינות אחרות.

ב.1. נתונים כלליים⁹

- ✓ בשנת 2008 ייצור החשמל הכולל עמד על TWH 54.5.
- ✓ צריכת החשמל במהלך שנת 2008 עמדה על כ- TWH 50.16 לשנה.¹⁰
- ✓ שיא הביקוש בשנת 2008 נרשם בחורף ועמד על MW 10,200 ורזרבת החשמל בשנת 2008 עמדה על 4.8% מהיכולת הנקובה, להלן: הספק מותקן.
- ✓ בעשור האחרון צריכת החשמל בישראל נמצאת בעליה מתמדת. קצב הגידול של צריכת החשמל (בנטרול הגידול באוכלוסייה) עומד על כ 3.5% במוצע לשנה.
- ✓ תחזית הביקוש לחשמל בישראל גבוהה ביחס לגידול המקביל ברוב המדינות המפותחות (מדינות ה OECD).
- ✓ בשנת 2009 אירעה ירידה של 2.3% בצריכת החשמל, בשל המשבר הכלכלי.

ב.1.א. סיבות עיקריות לגידול בצריכת החשמל מעבר לגידול באוכלוסייה :

- עלייה ברמת החיים יחד עם הוזלת מוצרי החשמל
- מגמת גידול בשימוש באנרגיית חשמל לעומת ירידה מקביל באנרגיות אחרות כמו סולר.

במשק האנרגיה קיימת מגמה לשמור על איזון בין הרצון לענות על ביקושי החשמל מחד, לבין ריסון ביקושים באמצעות התייעלות אנרגטית, מאידך. הפעולות שנעשות מול צרכני החשמל מתמקדות בוויסות הצריכה בשעות השיא. לשם כך נעשית פעילות הסברתית, פעולות תקינה וחקיקה, וכן תמחור דיפרנציאלי בהתאם לשעות הביקוש.

חשוב לציין שקיימת עלות "אי אספקת חשמל" למשק. לאורך השנים נעשה שימוש במספר אומדנים לעלות אי אספקת חשמל. בתוך כך, באוגוסט 2007 הוגש למשרד דו"ח יועץ חיזוני שאמד את עלות אי-אספקת החשמל ב-\$ 25 לקוט"ש לא מסופק.¹¹ עלות זו מגבירה את הצורך בשמירה על עתודות ייצור נאותות במשק החשמל.

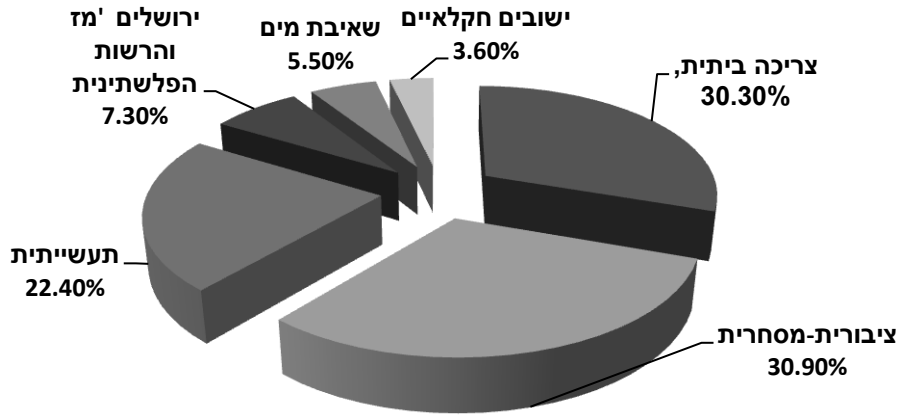
⁹ דין וחשבון סטטיסטי לשנת 2008, חברת החשמל.

¹⁰ קיים פער בין צריכת חשמל לייצור חשמל הנובע בין היתר, מצריכה עצמית של מתקני ייצור חשמל ואיבודי אנרגיה במהלך ההולכה.

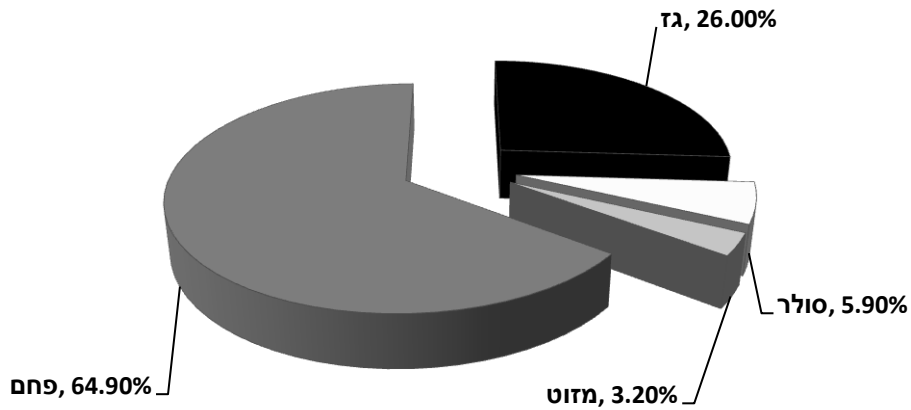
¹¹ מבקר המדינה, דוח שנתי 59 ב לשנת 2008.

ב.1.1. צריכת חשמל ותמהיל דלקים בשנת 2008

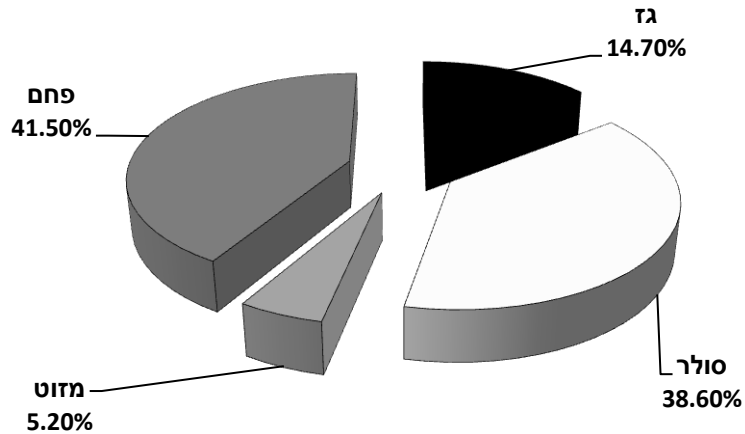
התפלגות צריכת החשמל לפי סוג צרכנות לשנת 2008



ייצור החשמל השנתי לפי סוגי דלקים, לשנת 2008



יכולת נקובה של מערכת הייצור לפי סוגי דלקים לשנת 2008



מקור הנתונים: דין וחשבון סטטיסטי לשנת 2008 חברת החשמל.

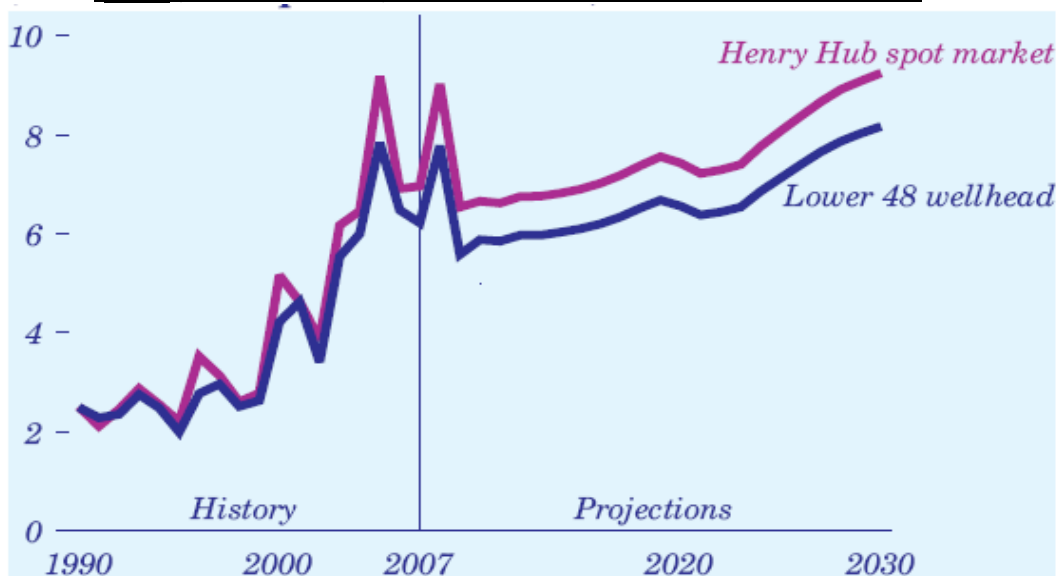
חשוב להדגיש כי לתמהיל הדלקים חשיבות מכרעת לביטחון האנרגטי של מדינת ישראל. ככל שמקורות הדלקים של מדינת ישראל יהיו מגוונים יותר כך תקטן התלות במדינות זרות, ו/או בדלקים ספציפיים. שילוב אנרגיות מתחדשות בסל הדלקים ישפר את גיוון המקורות ואת הביטחון האנרגטי של מדינת ישראל.

ב.1.ג. המעבר לייצור חשמל בגז טבעי

ייצור חשמל בגז-טבעי ידידותי יותר לסביבה מאשר שריפת פחם. שריפת פחם גורמת לפליטה של כ- 830 גרם CO₂ אגב ייצור קוט"ש בודד. זאת בהשוואה ל- 600 גרם CO₂ בייצור קוט"ש בגז-טבעי. כמו כן, 0.1 גרם SO₂ ייפלטו בייצור קוט"ש בודד בגז טבעי, לעומת 5.2 גרם SO₂ בייצור קוט"ש בודד בשריפת פחם.

המשרד מקדם את הגדלת שיעור השימוש בגז טבעי. עם זאת התבססות על מרכיב דלקי יחיד, חושפת את משק האנרגיה לתנודות מחירים גבוהות ומגדילה את הסיכון האנרגטי. כמו כן, מערכת הולכת הגז, חשופה יותר לתקלות ולחבלות בהשוואה לשינוע פחמי.

תחזית מחירי חוזה גז טבעי ל- 2030, (\$ אמריקאי, 2007, למיליון BTU)

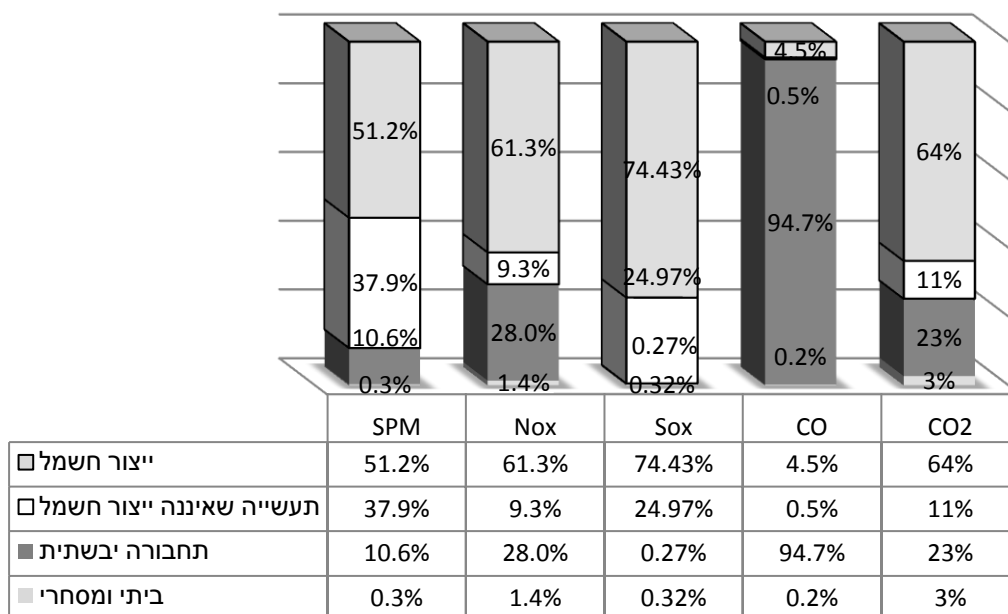


מקור: EIA, ENERGY OUTLOOK 2009

2. ב. פליטות מזהמים

לעלייה המתמדת בצריכת החשמל יש מחיר סביבתי. שריפת דלקים בייצור חשמל בטכנולוגיות קונבנציונאליות ובתחבורה יבשתית מהוות שיעור ניכר מסך פליטות המזהמים בישראל. פליטת גזי החממה לנפש בישראל בשנת 2008, עמדה על כ- 10,690 טון גזי חממה לנפש.

שיעור הפליטות משריפת דלק, לפי צרכן דלק, לשנת 2008



מקור הנתונים: שנתון סטטיסטי לישראל 2008.

המגמה הכלל עולמית, וכן בישראל, היא לצמצם את כמות הפליטות של גזי חממה. צמצום הפליטות במשק החשמל ובתחבורה היבשתית, הינו הליך יקר ומוגבל. אף-על פי כן, כפי שיפורט בהמשך, המשרד מקדם את צמצום פליטות גזי החממה. למרכיב הסביבתי משקל ניכר וחשוב בהליך קבלת החלטות.

2.ב.א. פעולות לצמצום פליטות גזי-חממה ומזהמים בייצור חשמל בישראל

- ✓ הגדלת השימוש בגז טבעי: ייצור חשמל בגז טבעי מצמצם בצורה ניכרת את כמות הפליטות, בהשוואה לייצור בתחנות פחמיות. יחד עם זאת, בשל שיקולים כלכליים ואסטרטגיים לא ניתן לבסס את תמהיל הדלקים על הגז לבדו.
- ✓ שיפורים טכנולוגיים: הכללת אמצעי ייצור מתקדמים במסגרת תוכנית הפיתוח של משק החשמל. הקמת תחנות כוח קונבנציונאליות שנצילותן האנרגטית גבוהה ביחס לטכנולוגיות קיימות (מחז"מ בטכנולוגיה F בנצילות 56%).

✓ **התייעלות אנרגטית**- הקטנת ביקושים הינה דרך יעילה לצמצום פליטות והיא נעשית באמצעות אלמנטים שונים לרבות: רגולציה ותקינה כגון מגבלות יבוא על מכשור זולל חשמל, שינוי התנהגותי בצריכה כגון התקנת תאורה חסכונית, ושיטות ניהול מתקדמות לצמצום הצריכה.

✓ **קידום השימוש באנרגיות מתחדשות**- מדינת ישראל משקיעה משאבים בכדי לצמצם את פליטות גזי החממה בכל הסקטורים של המשק הישראלי. כחלק מהמאמץ הלאומי מוביל משרד התשתיות הלאומיות את תחום האנרגיות המתחדשות בישראל. ופועל על מנת לקדמו. בטווח הקצר תרומתן של האנרגיות המתחדשות לצמצום הפליטות מוגבלת. לכן, ההשקעה באנרגיות מתחדשות בארץ ובעולם מונעת מתוך חזון שבעתיד יפותחו שיפורים טכנולוגיים בתחום אגירת אנרגיה, לצד ירידה בעלויות ההקמה של מערכות הייצור, שיובילו יחדיו לשיפור בכדאיות הכלכלית ולהפחתה בפליטות מזהמים וגזי חממה.

✓ **בחינת טכנולוגיות עתידיות של פחם נקי כמו IGCC וטכנולוגיות לתפיסת תחמוצות פחמן והטמנתן.**

ג. שילוב אנרגיות מתחדשות במשק החשמל בישראל

אחד היסודות המרכזיים בקביעת יעדים לייצור חשמל, הוא הביקוש החזוי לחשמל. בכדי לגבש מדיניות הכוללת ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות יש להביא בחשבון שינויים חזויים במשק החשמל, לרבות: תחזית ביקושים, תחזית פיתוח כלכלי, תמהיל הדלקים, תרחישי מזג אוויר וכו'.

תחזית הביקוש לחשמל נערכת לפי מספר תרחישים. המשתנים העיקריים בתרחישים אלה הם נתוני מזג אוויר חזויים, נתונים על הצטיידות הציבור במכשירי חשמל על סוגיהם וקצב צמיחת המשק. עתודת ייצור החשמל הצפויה לשנים 2014-2015, נעה בין 2%-1%. מדובר בעתודה נמוכה הממחישה את הצורך בשילוב יצרני חשמל פרטיים ויצרני חשמל בטכנולוגיות מתחדשות.

1.ג. טכנולוגיות מרכזיות לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות

פרק זה, יסקור בקצרה את הטכנולוגיות המרכזיות לייצור חשמל. בעולם קיימות טכנולוגיות שונות אשר עושות שימוש בדלקים א-פוסיליים, אך לא כולן ישימות לשימוש במדינת ישראל, שאינה משופעת במקורות מים, רוחות-ים וכו'. הטכנולוגיות המרכזיות שעשויות להיות מעשיות ליישום במשק החשמל הישראלי הן טכנולוגיות הפועלות באמצעות: אנרגיית שמש, רוח ופסולת.

ג.1.א. ייצור חשמל באמצעות אנרגיית שמש: תאים פוטו-וולטאיים

- ✓ תא פוטו וולטאי, ממיר אנרגיית שמש לחשמל.
- ✓ התא הפוטו וולטאי עשוי בד"כ מיריעת סיליקון שחוצצת בין שתי אלקטרודות, (כאשר התא חשוף לאור, משתחררים אלקטרונים בין האלקטרודות ויוצרים זרם חשמלי).
- ✓ נצילות ייצור חשמל בטכנולוגיה זו נעה בין 12% ל- 18% מההספק המותקן, כתלות בקרינת השמש באותו אזור.
- ✓ נצילותם של התאים הפוטו-וולטאיים פוחתת עם השנים, ומושפעת לרעה מעננות ומחום.
- ✓ היתרון הבולט בטכנולוגיה זו, הוא השימוש בתשתיות קיימות, שכן התאים ניתנים להתקנה על-גבי גגות מבנים.

ג.1.ב. ייצור חשמל באמצעות אנרגיית שמש: טכנולוגיה תרמו-סולארית

- ✓ בשיטה זו "מראות מרכזות" הופכות את אנרגיית השמש לחום.
- ✓ בעזרת החום מייצרים קיטור המניע טורבינה שמצידה מפעילה גנרטור לייצור חשמל.

שיטות ייצור חשמל בטכנולוגיה תרמו סולארית:

- ✓ קולט מרכזי - "מגדל שמש". בטכנולוגיה זו קרני השמש מרוכזות בנקודה מרכזית בראש המגדל, באמצעות מערכת מראות עוקבות בשני צירים. (ריכוז קרני השמש בקצה המגדל, יוצר חום של כ- 1,000 מעלות. החום מועבר באמצעות נוזל, למחליף חום, ומפעיל טורבינה).

✓ שוקת - בטכנולוגיה זו מציבים מראה ארוכה וקעורה שעוקבת אחרי השמש בציר אחד ומרכזת את הקרינה אל צינור שבו זורם שמן תרמי. השמן מתחמם לחום של כ-400 מעלות ולאחר מעבר במחליף חום, הופך מים לקיטור, שמניע טורבינה.

ג.1.ג. ייצור חשמל באמצעות אנרגיית רוח

ייצור חשמל מאנרגיית הרוח נעשה כאשר אנרגיה קינטית (אנרגיית תנועה) שמקורה בזרימת אוויר מומרת לאנרגיה מכאנית. התנועה הסיבובית של רוטור הטורבינה הופכת לאנרגיה חשמלית באמצעות גנראטור. טורבינה בודדת עשויה להגיע להספק מותקן של כ- 3.5 MW ויותר.

ג.1.ד. ייצור חשמל בטכנולוגיות - ביו-גז וביו מסה

ביו-גז וביו מסה הינו שם כולל לטכנולוגיות המנצלות פסולת אורגנית לשם הפקת אנרגיה.

- ✓ שריפת פסולת – ניצול אנרגיה הנוצרת משריפת פסולת לייצור חשמל. טכנולוגיה זו מצמצמת את כמות הפסולת להטמנה ומנטרלת מזהמי אוויר ומי תהום. יחד עם-זאת, שריפת פסולת עלולה ליצור זיהום אוויר ואפר.
- ✓ תסיסה - תהליך שבו מותססים חומרים אורגניים. בהעדר חמצן ובעקבות תהליך זה נוצרים חומרים שאפשר לנצלם לשם הפקת אנרגיה.
- ✓ גזיפיקציה – הפסולת מחוממת לטמפרטורות גבוהות בתנאי חוסר חמצן. בתהליך זה נוצר גז דלקי מן הפסולת.

ג.1.ה. אגירת אנרגיה

אמצעי אגירת אנרגיה מאפשר לנצל אנרגיה מתחדשת גם בשעות בהן היא לא מספיקה להפעלת טורבינה ו/או לנתב אותה לשימוש בשעות שיא ביקוש. טכנולוגיות אגירה עשויות לשפר את יעילות מתקן הייצור ב כ- 60% ואף למעלה מכך. יחד עם זאת, שילוב טכנולוגיות אגירה, צפוי לייקר את עלות ההקמה, ולהגדיל את השטח הנדרש.

ד. אומדני עלויות ייצור בטכנולוגיות מתחדשות

(עלות ל- MW1 מותקן)

ביו-מסה (ביו-גז)	רוח גדול MW	תרמו- סולארי	פוטו וולטאי בינוני	פוטו וולטאי עד KW50 (גגות)	מחז"מ	
4.5	2	3.6	4.2	4.8	1.1	עלות הקמה מיליוני \$ ל- MW מותקן (M\$)
0.022	0.022	0.008	0.055	0.152	0.04	עלות תפעול שנתית מיליוני \$ ל- MW מותקן (M\$)
6570	2455	1900	1700	1600	127709	אומדן לייצור השנתי לפי טכנולוגיה מגה-וואט שעה (MWH)
20	20	20	20	20	25	אומדן לאורך חיי מתקן (שנים)
1.7	נטו 2.7- ברוטו-100	18	22	10	0.1	אומדן לשטח נדרש (דונם)

מקור: מינהל החשמל, משרד התשתיות הלאומיות

ניתן לראות בטבלה את עלויות ההקמה לפי טכנולוגיה. לדוגמה, עלות ההקמה של מתקן תרמו-סולארי היא כ- 3.6 מיליון \$ ל-MW1 מותקן. עלות התפעול השנתית היא כ- 8,000 \$ לכל MW מותקן. כמו כן, כל MW1 מותקן בטכנולוגיה תרמו-סולארי, צפוי לייצר 1,900 MWH, בשנה. מן הטבלה עולה שעלויות ההקמה, ודרישות השטח של מתקני ייצור בטכנולוגיות מתחדשות, גבוהות בהרבה ביחס למתקן ייצור חשמל קונבנציונאלי.

למרות שנקודת הפתיחה ביחס לטכנולוגיות קונבנציונאליות נמוכה יותר, מדיניות משרד התשתיות הלאומיות היא לפעול לקידום ולביסוס תחום האנרגיות המתחדשות במשק החשמל בישראל. זאת מתוך הנחה, שמדובר בתחום שעשוי ליהנות בטווח הבינוני והארוך משיפורים טכנולוגיים מרשימים ומירידה בעלויות ההקמה. בנוסף, מחירי הדלקים הפוסיליים, והעלויות הסביבתיות בייצור פוסילי, עשויים לשפר את הכדאיות הכלכלית של הטכנולוגיות המתחדשות.

ד.1. עלויות חיצוניות בייצור חשמל בטכנולוגיות קונבנציונאליות

בתהליך ייצור החשמל נפלטים לאטמוספירה מזהמי אוויר וגזי חממה – אלה הם תוצרי לוואי של שריפת דלקים פוסיליים. המזהמים העיקריים הם: גפרית דו-חמצנית (SO_2), תחמוצות חנקן (NO_x), חלקיקים (PM) וגז חממה- פחמן דו-חמצני (CO_2). שלושת המזהמים הראשונים הם חומרים רעילים הפוגעים בדרכי הנשימה. פחמן דו-חמצני הינו גז-פליטה שלו תרומה רבה ביצירת אפקט החממה.¹³

בספטמבר 2008 הוכן במשרד להגנת הסביבה דוח בנושא "עלויות חיצוניות מייצור אנרגיה (חשמל) בישראל".¹⁴ דוח זה כימת את העלויות הנגרמות כתוצאה מפליטות מזהמים וגזי חממה במהלך ייצור חשמל. אומדני עלות אלה תלויים במשתנים כמו: פיזור אוכלוסיה, אקלים, ריכוזי מזהמים וכו'.

¹² אומדן ליכולת ייצור שנתית מקסימאלית.

¹³ דוח שנתי 59 ב לשנת 2008, מבקר המדינה.

¹⁴ המשרד להגנת הסביבה, "עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מייצור אנרגיה (חשמל) בישראל. ספטמבר 2009

בייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות, נחסכות העלויות הללו, שכן אין שימוש בשריפת דלק פוסילי.

אומדני עלויות פליטת מזהמים במהלך ייצור קוט"ש קונבנציונאלי

עלות פליטות בייצור קוט"ש אחד (KWH/\$)	עלות חיצונית לטון פליטה (t/\$)	כמות ממוצעת הנפלטת במהלך ייצור קוט"ש אחד 15(KWH/gr)	סוג הפליטה
0.012	7,420	1.7	SO2
0.007	4,297	1.8	Nox
0.0006	10,590	0.06	PM
0.0164	22	741	CO2
0.0375 (KWH/\$)	סה"כ		

מקור: מינהל החשמל, משרד התשתיות הלאומיות, עיבוד נתונים מתוך מסמך המשרד להגנת הסביבה, "עלויות חיצוניות של זיהום אוויר מייצור אנרגיה (חשמל) בישראל. ספטמבר 2009.

חשוב לציין, כי קיימים אומדנים נוספים, לעלויות הזיהום כתוצאה מייצור חשמל באנרגיות קונבנציונאליות. טווח האומדנים, נע בד"כ בין 0.02-0.05 \$ לכל קוט"ש.

ד.1.א. גיבוי קונבנציונאלי לטכנולוגיות מתחדשות

לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות השלכות על אמינות וזמינות מערך הייצור החשמל בישראל. להבדיל מזמינות הייצור של תחנות כוח קונבנציונאליות, תחנות לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות, מוגבלות בזמינותן.

הגדרה: "Capacity Credit" – אומדן לרמת האמינות של הטכנולוגיה. שיעור (באחוזים) מתוך ההספק המותקן, שניתן להסתמך עליו בתכנון מערך הייצור החשמל, מבלי לפגוע באמינות הבסיס של מערכת הייצור. "אמינות הבסיס" היא, אמינות מערכת הייצור בטרם שולבו בה טכנולוגיות ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות.

ה- "Capacity Credit" של טכנולוגיות מבוססות שמש, יהיה גבוה יותר בהשוואה לטכנולוגיות מבוססות רוח, היות וקל יותר לחזות את משטר אנרגיית השמש, בהשוואה למשטר רוחות, על פי שעות היממה.

המודל מניח את ההנחות הבאות:

- ה- "Capacity Credit" של מתקנים לייצור חשמל מאנרגיית שמש בטכנולוגיה פוטו וולטאית יהיה 75% מההספק המותקן.
 - ה- "Capacity Credit" של מתקנים לייצור חשמל בטכנולוגיה תרמו סולארית הוא 80% (עבור תחנות שאינן היברידיות)¹⁶.
 - ה- "Capacity Credit" של אנרגיית רוח יעמוד על 25% מההספק המותקן.
- קביעת הערך המדויק של ה- "Capacity Credit" בטכנולוגיות מבוססות רוח, תלוי בעיקר בעצמת משטר הרוחות ובתדירותן ואילו בטכנולוגיות מבוססות שמש בעוצמת הקרינה

¹⁵ נתוני הפליטה במהלך ייצור קוט"ש בודד, מתייחסים לייצור ממוצע בתמהיל הדלקים, ולקוחים מתוך הדוח הסביבתי של חברת החשמל לשנת 2008.

¹⁶ קיימות תחנות תרמו-סולאריות המשלבות טורבינת גז כאלמנט ייצור, ואינן זקוקות לגיבוי קונבנציונאלי חיצוני.

והטמפרטורה באתר הייצור. המודל מניח שהגיבוי ייעשה באמצעות טורבינות גז, בדרך של "גיבוי-קר". הטורבינות לא יופעלו בצורה רציפה, אלא לפי דרישה.

2.4. עלות ייצור שולית לפי טכנולוגיה

אומדנים מדויקים לחיסכון בפליטות מזהמים וגזי חממה ניתן לקבל באמצעות הרצות של יחידות הייצור במודל אופטימיזציה המתוכנן למטרה זו. מודלים אלה מצויים בידי חברת החשמל ובידי משרד התשתיות הלאומיות. היות ותהליך העמסת היחידות ישתנה בעקבות החדרת השימוש באנרגיות מתחדשות, ישתנו גם הכמויות הנפלטות לכל קוט"ש מיוצר. שינוי זה מקורו בייצור נקי מחד, ובהגברת פליטות המזהמים של יחידות קונבנציונאליות, מאידך. בשל הצורך בגיבוי קונבנציונאלי, הנחת העבודה היא שתחת יעד ייצור של 10% באמצעות אנרגיות מתחדשות, גידול זה יהיה זניח ביחס להשפעה הכוללת של שילוב אנרגיות מתחדשות.

מקדמי הספק (capacity factor) ועלויות שוליות לייצור חשמל מטכנולוגיות מתחדשות - מוז"מ

מוז"מ						
ביז-מסה וביז-גז	רוח	תרמו- סולאר	פוטו ולטאי בינוני	פוטו וולטאי KW50 (גגות)	מוז"מ	
75	26	21	19	18	88	CAPACITY FACTOR (%)
-	25	80	75	75	-	CAPACITY CREDIT (%)
0.08	0.09	0.203	0.29	0.41	0.063	אומדן עלות ייצור לקוט"ש ¹⁷ (\$/KWH)
0.08	0.102	0.205	0.294	0.412	0.1	אומדן עלות ייצור לקוט"ש בתוספת עלויות חיצוניות- (\$/KWH)
-160	6	200	330	500	0	אומדן עלות שנתית עודפת, למגה וואט מותקן אלפי \$ (K\$)

מקור: מינהל החשמל, משרד התשתיות הלאומיות

אומדן ליכולת הייצור של הטכנולוגיה - זהו היחס (באחוזים) שבין, כמות האנרגיה המיוצרת בפועל לבין כמות האנרגיה המקסימאלית שהמתקן מסוגל לייצר אילו עבד 8,760 שעות בשנה ללא הפסק. ככל שהשיעור גדול יותר, כך יכולת הייצור גבוהה יותר.

Capacity factor

אומדן לרמת האמינות של הטכנולוגיה - שיעור (באחוזים) מתוך ההספק המותקן, שניתן להסתמך עליו בתכנון מערך ייצור החשמל, מבלי לפגוע באמינות מערכת הייצור. מונח הנותן ביטוי לגיבוי הקונבנציונאלי הנדרש, בכדי לשמור על אותה רמת אמינות אנרגטית, אילו לא שילבנו אנרגיות מתחדשות במערך הייצור. ככל שהשיעור גדול יותר כך רמת האמינות גבוהה יותר.

Capacity Credit

במוז"מ - תוספת לעלות הייצור לקוט"ש הנגזרת מעלות פליטות מזהמים, עלויות אחסון וגידור מחירים. באנרגיות מתחדשות - תוספת עלות הנגזרת מהגיבוי הקונבנציונאלי הנדרש.

עלויות חיצוניות

הפרש העלויות בין עלות ייצור קוט"ש ע"י מוז"מ לבין עלות הייצור באמצעות מתקני אנרגיות מתחדשות.

עלות שנתית עודפת

¹⁷ תחת הנחת עלות גז טבעי לטווח ארוך של \$6.5 למיליון BTU.

- ✓ ניתן לראות בטבלה כי עלות הייצור לקוט"ש באמצעות מחז"מ היא \$0.063 . כאשר מוסיפים לעלות הייצור הבסיסית את העלויות החיצוניות הנגרמות מזיהום אוויר ותחלואה, נאמדת עלות הייצור ב- כ \$0.1 לקוט"ש.
- ✓ במודל זה, העלות השנתית העודפת של מחז"מ היא 0. שכן העלות העודפת נאמדת ביחס למחז"מ.
- ✓ עלות הייצור של מתקנים פוטו-וולטאים עד 50 KW המותקנים על גגות מבנים, נאמדת ב- \$ 0.41 לקוט"ש. כאשר מוסיפים לעלות זו את עלות הגיבוי הקונבנציונאלי (טורבינת גז), נאמדת עלות הייצור ב- \$ 0.412 לקוט"ש. יש לשים לב לעלות החיצונית הגבוהה של טכנולוגיית ייצור חשמל באמצעות רוח. עלות זו נגזרת מדרישות גיבוי קונבנציונאלי של כ- 75% מהייצור המשוער.
- ✓ העלות העודפת של מתקן פוטו-וולטאי 50KW ביחס לייצור באמצעות מחז"מ, נאמדת ב- 500 אלף \$ לכל MW מותקן.
- ✓ העלות העודפת של מתקן ייצור ביו מסה, (ביו-גז) נאמדת ב- (-160) אלף \$ לכל MW1 מותקן.

ה. מודל הקצאת גורמי ייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות

המודל שיוצג בפרק זה, מציע סדר הקצאה יעילה של גורמי ייצור חשמל באמצעות טכנולוגיות מתחדשות.

הנחת היסוד הראשונה היא שיש לקדם את יעד ההתייעלות האנרגטית שקבעה הממשלה, צמצום של 20% מהביקוש החזוי לחשמל, בשנת 2020.

הנחת היסוד השנייה היא שיש להשיג את יעד הייצור שקבעה הממשלה של 10% ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות בשנת 2020.

הקצאת גורמי ייצור נעשית כפונקציה של העלות השולית של יחידות הייצור. היות והעלות השולית של ייצור קונבנציונאלי נמוכה משמעותית מייצור בטכנולוגיות מתחדשות, נוצרת עלות עודפת. מונח העלות בקונטקסט זה, מתייחס לנטל תעריפי שיושג על הצרכנים, כתוצאה מהוספת גורמי ייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות בעלות ייצור גבוהה, בהשוואה לעלות ייצור חשמל באמצעות קונבנציונאליים.

עלויות הייצור ותועלות עקיפות

המודל משקלל את התועלת משילוב אנרגיות מתחדשות ביחס לעלות האלטרנטיבית של ייצור חשמל בטכנולוגיות קונבנציונאליות. לעלות הקונבנציונאלית הבסיסית מתווספות עלויות חיצוניות: זיהום סביבתי, גידור מחירים, אחסון דלקים. לעלות הייצור בטכנולוגיות מתחדשות מתווספת עלות גיבוי קונבנציונאלי בהתאם לטכנולוגיה.

המודל המוצג איננו כולל בתוכו תועלות ועלויות מחוץ למשק החשמל כגון: תועלות ממקומות תעסוקה חדשים, צדק חלוקתי, תמיכה בפריפריה. המשרד מתייחס לתועלות הללו ומביא אותן בחשבון בהליך קבלת ההחלטות. יחד עם זאת, היות ותועלות אלו אינן חלק מהשיקולים המחייבים את המשרד מתוקף חוק החשמל, שקלולן בקבלת ההחלטות נעשה מחוץ למודל.

המודל מנסה לענות על שלוש שאלות מרכזיות:

- ✓ מהי הקצאה יעילה של גורמי ייצור חשמל בטכנולוגיות מתחדשות, תחת אילוצי המשאבים.
- ✓ מהן אבני הדרך האופטימאליות להשגת יעד של 10% ייצור באנרגיות מתחדשות בשנת 2020.
- ✓ מהן ההשלכות המשקיות מאימוץ היעד.

ה.1. האנרגיה המופקת באמצעות אנרגיות מתחדשות, תלויה בשלוש קבוצות משתנים עיקריות:

משתנים גיאו-פיסיים: קרקע פוטנציאלית פנויה, רמות קרינה, משטרי רוחות, אקלים, השפעות אקלימיות ותברואתיות של פליטות גזי חממה ממתקני ייצור קונבנציונאליים.

משתנים כלכליים: מחירי דלקים פוסיליים, עלות אלטרנטיבית של ייצור קונבנציונאלי, עלויות הולכת חשמל, עלויות סביבתיות, עלויות הקמה.

שיפורים טכנולוגיים: נצילות הייצור, יכולת אגירה, צמצום פליטות גזי חממה ממתקנים קונבנציונאליים, ניצולת שטח.

ה.2. עקרונות מודל הקצאה מיטבית

✓ **עקרון העלות השולית** - תמחור בדרך של עלות שולית מבטיח הקצאה יעילה של מקורות ומניעת בזבז והשחתת מקורות. הקצאה יעילה תעניק קדימות לטכנולוגיות בעלות עלות שולית יחסית, נמוכה.

✓ **מינימיזציה של עלות** - עלויות ייצור, דרישות שטח, מהירות הקמה, דרישות גיבוי קונבנציונאלי.

✓ **עקרון העלות האלטרנטיבית** - מסייע לכמת את הנטל העודף שיישאו הצרכנים, כתוצאה משילוב טכנולוגיות מתחדשות בעלות עלות ייצור שולית גבוהה יותר מעלות הייצור השולית של מחז"מ.

באופן שרירותי נקבע את עלות הייצור השולית באמצעות מחז"מ כ- Benchmark (נקודת יחוס) להשוואת העלות הייצור של יתר הטכנולוגיות, (להלן: עלות ייצור קונבנציונאלי). לעלות ייצור זו נוסף את העלויות החיצוניות הנגרמות כתוצאה מייצור חשמל בדלקים פוסיליים. סכום שתי העלויות יהווה במודל את "העלות האלטרנטיבית" לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות.

ייצור חשמל באמצעות טכנולוגיות מתחדשות בעלות גבוהה יותר מהעלות האלטרנטיבית יוגדר כ- "נטל עודף/עלות עודפת". כאשר עלות הייצור באמצעות טכנולוגיות מתחדשות תהיה נמוכה יותר מהעלות האלטרנטיבית "הנטל העודף" יהיה בסימן שלילי.

ה.3. הנחות יסוד להקצאה

✓ ענף האנרגיות המתחדשות יהווה בעתיד פוטנציאל כלכלי ואסטרטגי במדינת ישראל ובעולם.

✓ בטווח הארוך יחולו שיפורים טכנולוגיים בנצילות יצור חשמל, בטכנולוגיות מתחדשות וקונבנציונאליות.

✓ רמת הפיתוח של טכנולוגיות מתחדשות נמצאת בשלבים מוקדמים של העקומה. לכן, שיעור הגידול בנצילות אנרגיות מתחדשות יהיה גבוה יותר בהשוואה לשיעור הגידול בנצילות אנרגיות קונבנציונאליות.

- ✓ בטווח הארוך יחולו שיפורים טכנולוגיים שיצמצמו את פליטות המזהמים כתוצאה מייצור חשמל באנרגיות קונבנציונאליות.
- ✓ עלות פליטת מזהמים תעלה בטווח הארוך, כתלות בהסכמים סביבתיים בינלאומיים, שייכפו מכסות פליטה, וקנסות על חריגה.
- ✓ עלות ההקמה של תחנות כוח בטכנולוגיות מתחדשות צפויה לרדת בטווח הארוך.

סדר היחידות לפי עלות השולית, (מהעלות הנמוכה ביותר לעלות הגבוהה ביותר):

ביו-גז וביו מסה (גזיפיקציה); רוח MW5 ומעלה; תרמו סולארי; פוטו-וולטאי בינוני-גדול; פוטו-וולטאי עד KW50.

סדר היחידות לפי דרישות שטח, (מדרישת השטח הנמוכה ביותר לגבוהה ביותר):

סולם זה מסדר את הטכנולוגיות לפי סך השטח הנדרש לאישור ברשויות התכנון, ולא לפי שטח שימוש נטו. מהנמוך ביותר לגבוה ביותר.

ביו-גז וביו מסה (גזיפיקציה); פוטו-וולטאי עד KW50; תרמו סולארי; פוטו-וולטאי בינוני גדול; רוח MW5;

סדר היחידות לפי הסתברות לקושי תכנוני וביצועי, (מהנמוך לגבוה):

סולם זה מסדר את היחידות לפי ההסתברות להקמה מהירה. לדוגמה טכנולוגיית רוח דורשת אישורים סטטוטוריים לתא שטח גדול, (100 דונם ל-MW), וכך הקמת תרניי מדידה למשך כשנה, ולעומת זאת עלות הייצור השולית שלה נמוכה ביחס לטכנולוגיות האחרות.

פוטו-וולטאי עד KW50; פוטו-וולטאי בינוני גדול; תרמו סולארי; ביו-גז וביו מסה (גזיפיקציה); רוח MW5 ומעלה.

ה.4. יעדים ואילוצים

- ✓ אילוצי הולכה והתאמה גיאוגרפית בין יחידות ייצור ליחידות ביקוש. המתווה מבקש לצמצם את עלויות ההולכה ואת איבודי האנרגיה בין צד הייצור לצד הביקוש. על כן תינתן התייחסות ליחידות ייצור שמסוגלות לקום לצד יחידות ביקוש. לדוגמה, הקמת מתקן לגזיפיקציה לצד מתקן לטיהור שפכים.
- ✓ אילוץ קרקע: זהו האילוץ החמור ביותר, שכן מדינת ישראל איננה עשירה בקרקעות הזמינות לייצור חשמל. חלק ניכר מקרקעות הנגב, משמשות כשטחי אש ו/או מוגדרות כשמורות טבע. מגבלת הקרקע מציבה אתגרים כבדים לטכנולוגיות המתחדשות. שימוש בקרקעות נדרש לא רק עבור הקמת אתרי ייצור, אלא גם עבור תשתית הולכת האנרגיה מאתר הייצור לכיוון מרכז הארץ. המשרד ביצע סקר קרקעות ראשוני שנסמך על הצעות יזמים להקמת אתרי ייצור בטכנולוגיות מתחדשות. על-סמך הצעות אלה מיפה המשרד אתרי ייצור ראשוניים באזור הנגב.
- בנספחים 1,2 ניתן למצוא מפות המתארות את "מרחבי חיפוש", לפי טכנולוגיות רוח ושמש. מרחבים אלה אותרו לאחר שהוסרו אילוצים ראשוניים כגון: שטחי אש, שמורות טבע, שיפועי קרקע עד 3%, תוכניות מתאר אחרות הקיימות בפולגון הקרקע וסמיכות למערכת הולכה קיימת. סה"כ קרקעות פוטנציאליות לאנרגיית שמש בטכנולוגיות

השונות, באזור הנגב, עומד כ- 350,000 דונם של קרקע פוטנציאלית. חשוב לציין שאיתור הקרקעות שבוצע הינו ראשוני, ויועבר לרשויות התכנון והגופים "הירוקים" לקבלת הערותיהם.

ה.4.א. פוטנציאל ייצור לטווח הקצר

להלן טבלאות המתארות את פוטנציאל ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות בטווח

הקצר- בינוני לפי סוג הטכנולוגיות.

אתרי ייצור חשמל באנרגיית שמש, הנמצאים בתהליך תכנון

שם האתר	הספק מותקן	יזם	סטטוס
אשלים	250	מכרז	פורסם מכרז
דימונה	200	מכרז	איתור שטח ע"י המועצה הארצית
צומת הנגב	200	מכרז	איתור שטח ע"י המועצה הארצית
מישור ימין	200	-	דיון בתמ"א 10
צאלים	120	שיכון ובינוי	
אורים	100	SUNRAY	
נבטים	50		
מושב תדהר	10		
מושב זרועה	35		
תמנע	220	אילת-אילות	הכנת תסקיר סביבתי
קטורה	50	קיבוץ קטורה	הכנת תוכניות

אתרי ייצור חשמל באנרגיית רוח, הנמצאים בתהליך תכנון

שם האתר	הספק מותקן	יזם
בקעת ערד	50	Tail-Wind
הר-אפעה	100	
הר-שגוב	100	
הר-אפעה	30	אנרגיות קינטיות
דרום הערבה- צפון לאילת	75	אפקון תעשיות
אזור ערד	250	מי-גולן
רמת סירין	25	אפקון תעשיות
גלבע	25	אפקון תעשיות
עסניה	13.5	מי-גולן
צפון רמת הגולן	200	מי-גולן
עמק הבכא	125	עמק הבכא- אנרגיית רוח
הר הנגב (צומת נגב-ירוחם- שדה בוקר)	250	אפסילון אנרגי

למרות הפוטנציאל המתואר של כ- MW1,240 הספק מותקן רוח, יש להתייחס למספר זה בזהירות רבה. נכון להיום, הליך ההקמה של חוות רוח הינו איטי ומסורבל וישנם הליכים מקדימים רבים עד לייצור בפועל. לפיכך, סה"כ פוטנציאל להספק מותקן באמצעות אנרגיית רוח מוערך ב- MW800. זאת בהתאם לסקר הקרקעות שכלל בנוסף לשאר הפרמטרים גם התייחסות למשטרי רוחות קיימים.

ה.5. הולכת אנרגיה ממתקני ייצור בטכנולוגיות מתחדשות

בהולכת האנרגיה ממתקני הייצור המתחדשים אל הצרכנים יש בכדי להשפיע על אומדני העלות, אך בעיקר על פרק הזמן במהלכו יימשך התהליך הסטטוטורי. ביזור של גורמי הייצור, יגדיל את עלויות ההולכה, וסביר שיתקל בהתנגדויות של רשויות התכנון והגופים הירוקים. לפיכך, משרד התשתיות הלאומיות מבקש לרכז את גורמי הייצור במקבצי ייצור ובכך להקטין את עלויות התכנון וההולכה וכן להקל על ההליך הסטטוטורי.

אומדני עלות הקמת קווי הולכת אנרגיה ממתקני ייצור בטכנולוגיות מתחדשות לפי פרויקטים הנמצאים בהליכי תכנון				
שם האתר	הספק מותקן (MW)	מתח (KV)	אורך קו קיים (ק"מ)	עלות הקמת קו ההולכה (מיליון ₪)
אשלים	280	161	11	30.5
צאלים	120	161	11	30.5
אורים	100	161	1.7	4.7
נבטים	20	22	4.8	5.1
תדהר	10	22	1.2	1.3
זרועה	35	161	5.1	14
תמנע	225	161	2	5.5
קטורה	50	161	4	11.1
רמת ערד	75	161	1	2.7
אזור ערד	200	161	1	2.8
רמת סירין	19	22	7	7.5
מעלה גלבוע	11	22	3	3.2
עסניה	12	22	20	21.3
עמק הבכא	110	161	21	58.3
סה"כ	1,267		93.8 ק"מ	198.5 מיליון ₪

חברת החשמל ביצעה סקרי היתכנות ראשוניים, לחלק ניכר מהאתרים המוצגים בטבלה. ניתן לראות בטבלה זו, שעלות הקמת קווי הולכה של כ- MW1267 מותקן, נאמדת בכ- 198.5 מיליון ₪. עלות ההולכה מושפעת בין היתר מאורך הקו ומהספק מתקן הייצור.

ו. אבני דרך להשגת יעד ייצור של 10% בטכנולוגיות מתחדשות, עד שנת 2020

החלטות ממשלה, והסדרות הרשות לשירותים ציבוריים חשמל החלטת הממשלה שמספרה 4450, מיום 29.01.2010, קבעה יעד ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 10% מצורכי האנרגיה בחשמל של המדינה לשנת 2020. להחלטה זו קדמה החלטת ממשלה שמספרה 4095, מיום 1.09.2008, שציינה שורת צעדים להתייעלות אנרגטית. במקביל להחלטות אלו, פירסמה הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל, הסדרות לעידוד אנרגיות מתחדשות.

הסדרות לעידוד אנרגיות מתחדשות שפורסמו עד ינואר 2010 על ידי רשות החשמל

מכסה כוללת	טכנולוגיה
50MW (15MW פרטי, 35MW עסקי)	מתקנים סולאריים מסוג פוטו וולטאי עד 50KW
MW300	פוטו-וולטאי "בינוני" מתקנים סולאריים המתחברים לרשת החלוקה
MW500 (במהלך שימוע)	תרמו-סולאר או פוטו-וולטאי "גדול" (מתקנים סולאריים המתחברים לרשת ההולכה)
MW30	רוח עד 50KW
לא נקבע	אנרגיות מתחדשות שאינן סולאריות, (רוח גדול/ביו-מסה)

1.1. אבני דרך דו-שנתיות 2014-2020

יעד הייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות לשנת 2020: TWH 6.43 המהווים, 10% מהביקוש החזוי לשנת 2020. בכדי להשיג את היעד הממשלתי שנקבע, יש להציב יעדים רב שנתיים עד לשנת 2020. יעדים אלה מהווים אבני דרך בהשגת היעד. בהתאמה לתחזיות הביקושים, יתכנו שינויים באבני הדרך כתוצאה משיפורים טכנולוגיים בנצילות המערכות, בעלויות ההקמה ובניצולת השטח. אבני הדרך שיוצגו לעיל, מהווים תחזית להשגת היעד כאשר אבן הדרך לשנת 2014 נגזרת ברובה מהסדרות קיימות בענף המתחדשות.

תחזית הספק מותקן באנרגיות מתחדשות לפי טכנולוגיה (MW מותקן) אבני דרך לשנים 2014-2020

	2020	2018-2019	2016-2017	2014-2015	
אחוז מסה"כ הספק מותקן (%)	20	17	12	7	יעד התייעלות אנרגטית, אחוז מהביקוש החזוי (%)
	64.3	64.5	61.5	60.4	אומדן ביקוש חזוי כולל התייעלות אנרגטית (TWH)
	800	600	400	250	רוח ¹⁸ (MW)
	210	160	100	50	ביו- גז וביו מסה (MW)
	1200	1000	750	700	תרמו-סולאר או פוטו-וולטאי "גדול" ¹⁹ (MW)
	350	350	350	350	פוטו-וולטאי "בינוני" ²⁰ (MW)
	200	200	200	200	פוטו וולטאי עד 50 KW (MW)
	2760	2310	1800	1550	סה"כ הספק מותקן (MW)
100 %	10.2%	8.3%	6.5%	5.3%	שיעור הייצור במתחדשות (%)
אומדן לשטח הקרקע הנדרש לפי תחזית הספק המותקן הוא כ- 33,800 דונם ²¹					

ניתן לראות בטבלה שסה"כ ההספק המותקן לשנת 2020 מאנרגיות מתחדשות, צפוי לעמוד על 2760 MW. דרישת הקרקע ליישום עומדת על סה"כ 33,800 דונם. עיקר ההספק המותקן יהיה של מתקנים תרמו-סולאריים (43.5%), וזאת לאחר מיצוי פוטנציאל הייצור של מתקני רוח (29.0%) וביו-מסה (7.6%).

¹⁸ מתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיית רוח המחוברים לרשת החלוקה ו/או ההולכה
¹⁹ מתקנים לייצור חשמל המחוברים לרשת ההולכה
²⁰ מתקני ייצור חשמל טכנולוגיות סולאריות על כל סוגיהן מחוברות לרשת החלוקה
²¹ אומדן דרישות השטח ביחס לטכנולוגיית רוח מתייחס לדרישת קרקע נטו (בסיס הטורבינה בלבד)

תחזית הייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות (TWH)

שיעור מסה"כ ייצור אנרגיה	2020	2018-2019	2016-2017	דצמבר 2014	
30.04%	1.96	1.47	0.98	0.61	רוח (TWH)
21.1%	1.38	1.05	0.66	0.33	ביו-מסה (TWH)
34.87%	2.28	1.90	1.43	1.33	תרמו סולאר או פוטו-וולטאי "גדול" 22(TWH)
9.1%	0.60	0.60	0.60	0.60	פוטו וולטאי "בינוני" (TWH)
4.89%	0.32	0.32	0.32	0.32	פוטו וולטאי עד 50 KW (TWH)
100 %	6.54	5.34	3.98	3.19	סה"כ ייצור אנרגיה בפועל (TWH)

ניתן לראות בטבלת תחזית הייצור, כי 34.87% מייצור החשמל באמצעות טכנולוגיות מתחדשות ייוצר באמצעות מתקנים תרמו סולאריים. סך הייצור בשנת 2020 באמצעות אנרגיות מתחדשות צפוי לעמוד על 6.54 TWH.

²² תחזית הייצור בסעיף זה חושבה לפי יכולת ייצור של מתקנים בטכנולוגיית תרמו סולאר.

הקמת "מקבצי ייצור" לטכנולוגיות מתחדשות

בכדי להקל את התהליך התכנוני, יאתר משרד התשתיות הלאומיות "מקבצי ייצור" פוטנציאליים שבהם יתרכזו יצרני חשמל באמצעות טכנולוגיות מתחדשות. "מקבצי הייצור" יאפשרו שיתוף פעולה ואיגום משאבים של יצרני החשמל. בנוסף, ריכוז מספר גורמי ייצור במקבץ רציף, יקטין את הפגיעה בשטחים פתוחים ויקל על הולכת האנרגיה. המשרד יקדם את הקמת מקבצי הייצור בשיתוף פעולה עם מינהל מקרקעי ישראל, רשויות התכנון ומשרדי ממשלה הנוגעים בדבר. לצד אלו יש להדגיש כי המשרד ביצע מיפוי ראשוני של קרקעות באזור הנגב, ולפיו אותרו מקבצים שאינם גובלים בשטחי אש, שמורות טבע ו/או תוכניות מתאר קיימות. המשרד יפעל לאתר מקבצי ייצור נוספים כגון שבטה. בנוסף, משרד התשתיות הלאומיות יפעל להכשיר את המקבצים הבאים תוך חלוקתם לשטחי ייצור שעליהם יתחרו היזמים במכרז. לעת זו, אתרי הייצור הראשונים שיוקמו הם: אתר אשלים, אתר דימונה, צומת הנגב ותמנע.

אתרים פוטנציאליים להכשרה כמקבצי ייצור חשמל בטכנולוגיות מתחדשות			
מכרז/יזם	טכנולוגיה	הספק מותקן (MW)	מקום
מכרז	תרמו סולאר ופוטו וולטאי	250	אשלים
מכרז	תרמו סולאר ופוטו וולטאי	220	תמנע
יזם	רוח	200	צפון רמת הגולן
מכרז	בבחינה	200	דימונה
מכרז	בבחינה	200	צומת הנגב
מכרז	תרמו סולאר ופוטו וולטאי	250	שבטה

ייצור חשמל בטכנולוגיות מבוססות רוח

- המשרד ביצע מיפוי ראשוני של שטחים פוטנציאליים לייצור באמצעות אנרגיית רוח, על-סמך בקשות היזמים למדידת משטר רוחות. המשרד פועל מול משרד הביטחון, רשות הטבע והגנים, ורשויות התכנון להסרת חסמי תכנון וביצוע באזורים אלה.
- המשרד פועל בשיתוף פעולה עם מינהל מקרקעי ישראל לקידום מכרזי קרקע לטובת תחנות כוח מבוססות רוח.

ייצור חשמל בטכנולוגיות "ביו-גז וביו מסה"

בטווח הקצר יקדם משרד התשתיות הלאומיות טכנולוגיות בתהליך הגזיפיקציה ושריפת פסולת.

- המשרד פועל בשיתוף פעולה עם רשות המיסים להחלת פחת מואץ של 25% על מתקני ייצור במכוני טיהור שפכים ומטמנות. החלת פחת מואץ במתקנים אלה יש בה הטבה משמעותית היות ועלויות ההקמה גבוהות במיוחד.
- המשרד פועל בשיתוף פעולה עם המשרד להגנת הסביבה לקידום מתקנים במטמנות פסולת.

“תעסוקה כחול לבן” – היצרנים יחויבו להעסיק כוח אדם מקומי בהיקף של 100% מהעובדים.

“תיקון החוק לעידוד השקעות הון” – החלת הקלות מכוח החוק על תעשייה (ללא רכיב ייצור) מתחום האנרגיה המתחדשת המבוססת על **“יזע”** מקורי בתחום בהתאם לאישור המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות.²³ בנוסף, פועל המשרד בשיתוף עם משרד התמ”ת להרחבת ההטבות מכוח החוק לעידוד השקעות הון על מתקני ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות. כמו כן תובא לאישור משרד האוצר המלצה להטבות מס, (הפחתה במסים ישירים – מס חברות ודיבידנד). ההטבות תוענקה לחברות אנרגיה מתחדשת, שאינן יצואניות, כמתחייב בחוק, אך בעלות ערך מוסף ישראלי (תעסוקה, קניין רוחני ובעלות) של 70% ומעלה.

עידוד מו”פ ישראלי

בין היתר הקמת קרן סיוע למו”פ ישראלי שתעסוק בין היתר בניצול הפוטנציאל הגלום בסוגי הפסולת בישראל, ויישום טכנולוגיות ביו-מסה, במתכונת \$ עבור \$, בין קרנות הון-סיכון מתמחות לבין משרדי הממשלה, (שת”פ בין משרד התשתיות הלאומיות והמשרד להגנת הסביבה).

תמריצי מיסוי

משרד התשתיות הלאומיות ורשות המיסים, מקדמים בתקנות המס, מספר הטבות מס למתקני ייצור חשמל באמצעות טכנולוגיות מתחדשות :

- ✓ תקנות מס ההכנסה – מתן פחת מואץ בגובה 25%, למתקנים פוטו-וולטאיים ומתקנים תרמו-סולאריים.
- ✓ מצוי בהשלמת הליך חקיקה ראשית – מתן פטור ממס למשקי בית, בגין הכנסה ממתקנים פוטו-וולטאיים על גגות בתים פרטיים ומתקני רוח, עד 18,000 ₪ בשנה.
- ✓ בהליך בחינה – מתן פחת מואץ למתקני ייצור חשמל בטכנולוגיית ביו-מסה, (בשלב הראשון גזיפיקציה).

²³ חוק לעידוד השקעות הון, תשי”ט-1959

הסדרת פעולת היזמים

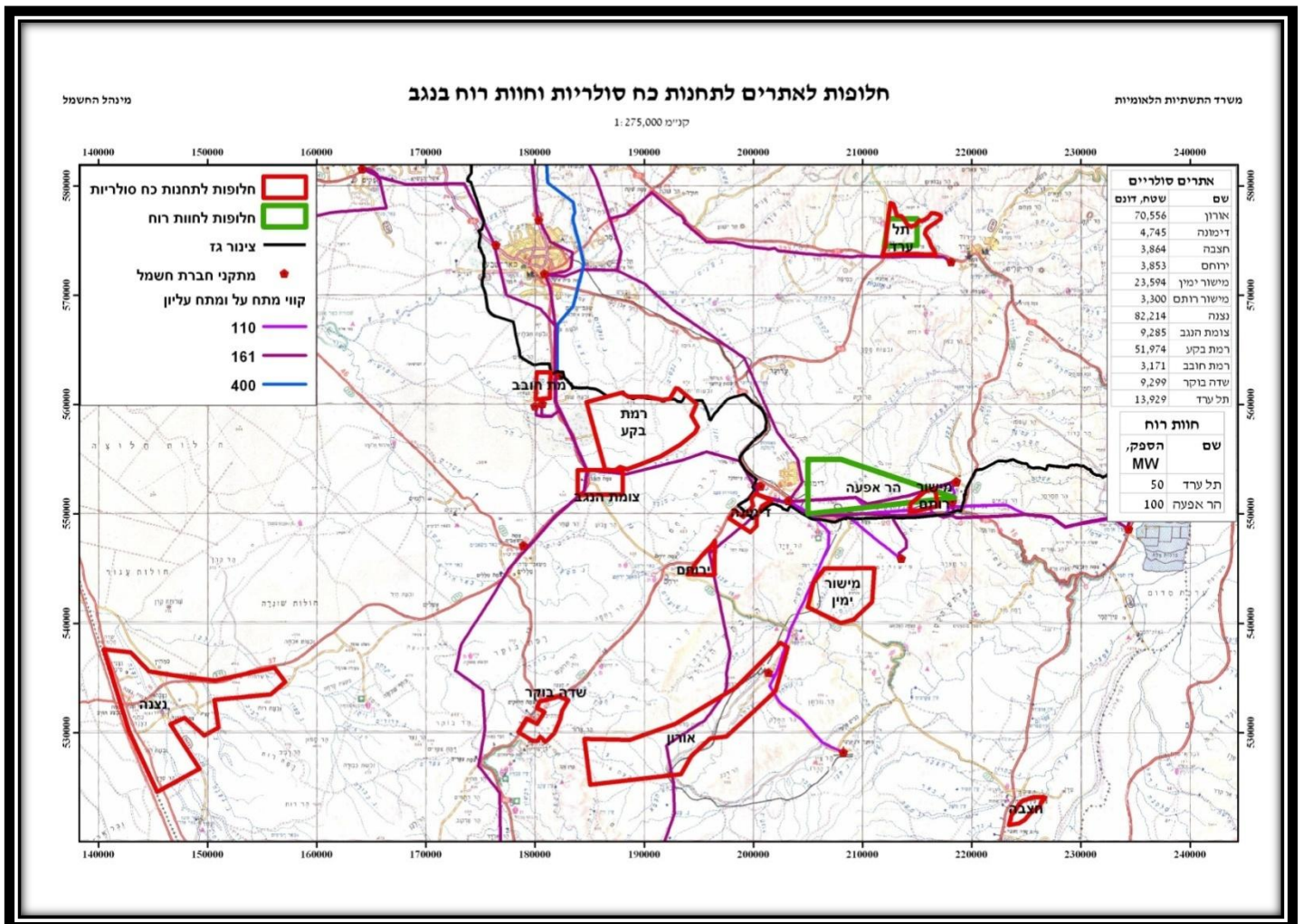
אנרגיות מתחדשות- אימוץ קוד אתי מחייב

האגודה לאנרגיות מתחדשות ו/או גוף מאגד אחר שייקבע על-ידי היזמים מתחום האנרגיות המתחדשות, יחויבו, לנסח קוד אתי לפעולת היזמים. **הקוד האתי יכלול**: כללי התנהגות, אמנת שירות, פירוט זכויות הלקוח.
יזם שיבקש לקחת חלק במכסות הייצור יחויב לחתום על הקוד האתי של האגודה לפעול על-פיו.

3.1 פעולות המשרד לשם קידום ייצור חשמל באמצעות אנרגיות המתחדשות:

- ✓ קידום המכרזים להקמת התחנות הסולאריות באשלים בהיקף של MW 250 מותקן.
- ✓ החלטת ממשלה על פרסום מכרזים לצורך הקמת 3 תחנות כוח סולאריות בחבל אילת אילות בהיקף של MW 50-75 מותקן, כל-אחת.
- ✓ הכנת קול קורא (מכרז קרקע למדידות רוח) בשיתוף עם מינהל מקרקעי ישראל.
- ✓ מיפוי קרקעות פוטנציאליות לצורך אתרים זמינים לאנרגיות.
- ✓ עידוד מכרזי קרקע בסיווג "ייעוד לתעשייה" בשיתוף מינהל מקרקעי ישראל בשמונה אתרים שונים.
- ✓ קידום פיתוח תשתית קווי הולכת חשמל לקליטת חשמל המיוצר באנרגיות מתחדשות ברחבי הארץ.
- ✓ המשרד בוחן אפשרות תמריצי מיסוי למו"פ וליצרנים בתחום האנרגיות המתחדשות.
- ✓ הכרזה על הנגב והערבה כאזור עדיפות לאומית לאנרגיות מתחדשות.

2. נספחים



חלופות לאתרים לתחנות כח סולריות וחוות רוח בערבה

קני"ב 1:400,000

