



# הערכת עצימות פליטות גזי חממה מייצור חשמל בישראל

פרויקט "חלוצ"

ד"ר מרים לב-און, ד"ר פרי לב-און, עידן ליבס, פרופ' אופירה איילון



צלם: אילן מלסטר  
המשרד להגנת הסביבה

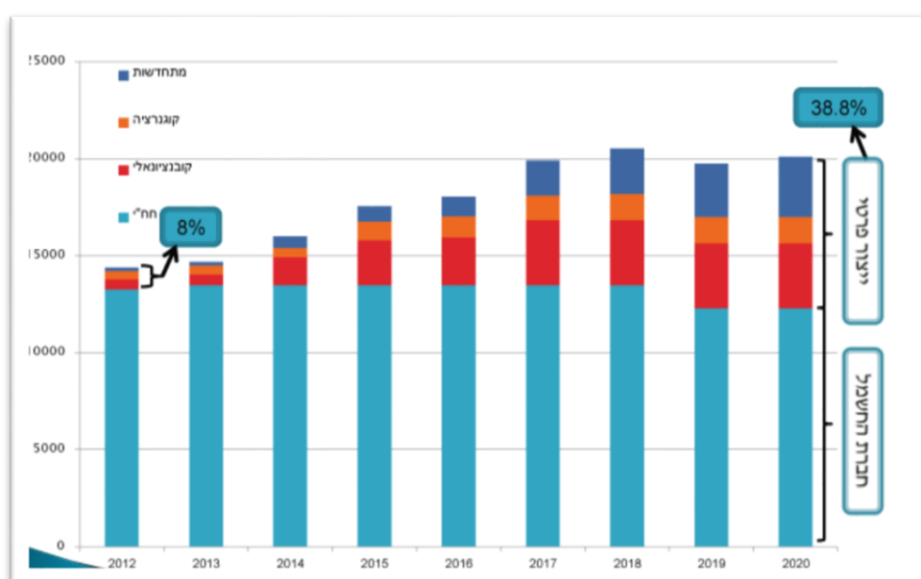
ינואר 2017

## רקע

משק האנרגיה בישראל עובר בשנים האחרונות שינוי משמעותי. ייצור החשמל היה רובו ככולו באתרי חברת החשמל לישראל (חח"י) ואילו בשנים האחרונות ניכרת חדירה של יצרני חשמל פרטיים (יחפ"ים) לשוק. משק החשמל בנוי כולו על ייצור מקומי ומבוסס ברובו על חשמל המיוצר באמצעות דלקים פוסיליים. תמהיל הדלקים המשמשים לייצור החשמל בישראל עובר בשנים האחרונות שינויים מהותיים עם עליית נתח הגז הטבעי לכ- 50% מייצור האנרגיה במשק בשנת 2015<sup>1</sup>. המעבר לשימוש נרחב בגז טבעי הביא להפחתה ניכרת של פליטות פחמן דו-חמצני כמו גם להפחתת פליטות תחמוצות גופרית וחנקן וזאת בנוסף להפחתת פליטות של חלקיקים נשימים.

בהתאם להנחיות לחישוב פליטות גזי חממה (גז"ח) ממקורות אנרגיה עבור מערך הדיווח הוולונטרי<sup>2</sup> יש להבחין בין הפליטות הישירות (מכלול 1) של יצרני החשמל עצמם לבין הפליטות העקיפות (מכלול 2) המיוחסות לצרכני החשמל. חח"י מחשבת מידי שנה עבור מערך הדיווח הוולונטרי של המשרד להגנת הסביבה את מקדם הפליטה המשוקלל עבור ייצור החשמל בכל תחנותיה בהתאם למתודולוגיה שפותחה ע"י האו"ם עבור מנגנון הפיתוח הנקי<sup>3</sup>. יש להדגיש שהחישוב של חח"י מקיף רק את האתרים המופעלים על ידה ואינו כולל יחפ"ים המספקים אף הם חשמל לרשת הארצית.

ההנחיות לחישוב פליטות עקיפות של גז"ח מדגישות את החשיבות של בחירת מקדם הפליטה התואם את מקור החשמל הנצרך. בהתאם לנתוני רשות החשמל (איור 1) ניתן לראות שנתח ייצור החשמל הפרטי (שמקורו לא מאתרי חח"י) עלה מ-8% ב-2012 וצפוי להיות קרוב ל-40% בשנת 2020. לפיכך, עם החדירה של יחפ"ים למשק החשמל עולה החשיבות של הבדלה בין עצימות פליטות גז"ח (מקדם הפליטה)<sup>א</sup> של החשמל הנרכש ישירות (על פי חוזה) מיצרן חשמל פרטי (יח"פ) בהשוואה לעצימות פליטות גז"ח של רשת החשמל הארצית. העצימות (או מקדמי הפליטה) עשויה להיות שונה היות והיא תלויה בתמהיל הדלקים והטכנולוגיות המשמשות להפקת החשמל.



מקור: רשות החשמל, דו"ח מצב משק החשמל ל-2015

### איור 1. מגמות בנתח הייצור הפרטי בישראל עם תחזית ל-2020

מטרות הדו"ח הזה הן:

- לסקור בקצרה אל השינויים שחלו בפליטות גז"ח כתוצאה מחדירת יצרני חשמל פרטיים למשק החשמל,

<sup>א</sup> עצימות פליטות גז"ח מייצור חשמל = טון שווה ערך פחמן דו-חמצני למגה וואט שעה של חשמל המסופק לרשת<sup>א</sup>

- להציע חלופות לחישוב מקדם פליטה משוקלל עבור כלל החשמל המסופק ברשת החשמל הארצית.

## אתרי ייצור חשמל בישראל

נכון ליולי 2015 מגיע כושר הייצור הארצי של יחידות הייצור הגדולות המיועדות להפקת חשמל לשימוש לא-עצמי לכ-15,807 מגה-וואט הספק מותקן. כושר הייצור הארצי של חברת החשמל הינו 13,617 מגה-וואט, כאשר השאר מסופק על ידי יצרנים פרטיים. בהתאם לנתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה סך הספק ייצור החשמל המותקן בישראל (עבור כל האתרים) הינו 16,895 מגה-וואט ב-2015 המהווה עליה של כ-6.5% לעומת 15,864 מגה-וואט עבור 2014<sup>4</sup>.

היקף הייצור ב-2015 של שלושת היחפ"ים הגדולים בישראל מוצג בטבלה 1.

טבלה 1. יצרני חשמל פרטיים גדולים שהתחברו לרשת החשמל הארצית בין 2013 ו-2015

חברה	מיקום	טכנולוגיה	מספר יחידות	היקף ייצור מותקן (מגה-וואט)	דלקים
OPC	מישור רותם	טורבינת גז במחזור משולב	1	440	גז טבעי (סולר)
דוראד	אשקלון	טורבינות גז סילונית במחזור משולב	12	840	גז טבעי (סולר)
דליה	כפר מנחם	טורבינות גז במחזור משולב	2	870	גז טבעי (סולר)

לצד יחידות הייצור של חברת החשמל, ויצרני החשמל הפרטיים הגדולים המנויים לעיל, קיימות בישראל יחידות ייצור חשמל קטנות המופעלות על ידי גורמים פרטיים שונים, כאשר חלק מהייצור הפרטי משמש לצריכה עצמית, חלקה נמכר לחברת החשמל, וחלקה נמכר ללקוחות פרטיים גדולים. חלק מהמתקנים פועלים באופן דומה לטורבינות הפועלות במחזור משולב, ומשלבים ייצור חשמל וחימום מים לקיטור לצרכים תפעוליים של המפעלים.

טבלה 2 מציגה רשימה של יצרני חשמל פרטיים קטנים יותר המייצרים חשמל מתמהיל דלקים הכולל גז טבעי, מזוט וסולר.

טבלה 2. יצרני חשמל פרטיים קטנים הצורכים דלקים פוסיליים

חברה	מספר יחידות	היקף ייצור מותקן (מגה-וואט)
בתי הזיקוק חיפה	1	43
חיפה כימיקלים דרום (מישור רותם)	1	11
מפעלי ים המלח	4	129
נייר חדרה	2	24.9
רפא"ל (באמצעות נגה פז עכו)	1	16
רותם אמפרט נגב	3	50.9
דלק אשקלון (עבור מתקן ההתפלה באשקלון)	1	87.1
בתי הזיקוק אשדוד	2	98
מפעל נשר ברמלה	1	50
אתגל אשדוד	1	13

## הישוב מקדמי פליטות גז"ח מייצור חשמל

בכדי לחשב מקדם משוקלל של פליטות גז"ח עבור רשת החשמל הארצית עלינו להעריך את פליטות הגז"ח מהדלקים אשר שמשו לייצור חשמל על ידי היחפ"ים ולאגם אותם עם מקדם הפליטה השנתי המפורסם ע"י חח"י והמשקף את העצימות של ייצור החשמל באתרים שמהם הם מחשבים את מקדם הפליטה שלהם.

### התפלגות ייצור החשמל בשנים 2013 - 2015

טבלה 3 מציגה את התפלגות כלל ייצור החשמל ב-2013-2015 על ידי חח"י לעומת יצרנים פרטיים. בהתאם למאגר נתוני הלמ"ס<sup>5</sup>, שיעור ייצור החשמל ע"י כלל היחפ"ים (כולל כל סוגי הדלקים ואנרגיות מתחדשות) הגיע ב-2015 לכדי 21% מסך החשמל שסופק לרשת.

טבלה 3. השינויים בייצור חשמל ע"י חח"י לעומת יחפ"ים לשנים 2013-2015

שנה	כלל ייצור חשמל		כלל ייצור החשמל ע"י חח"י	
	(ג'יגה וואט-שעה)	% מהכלל	(ג'יגה וואט-שעה)	% מהכלל
2013	61,368.10	93.1%	57,119.00	6.9%
2014	61,295.00	84.4%	51,726.00	15.6%
2015	64,229.60	78.8%	50,627.00	21.2%

כאשר בוחנים את התפלגות נתוני ייצור החשמל בהתאם לדלקים השונים המנויים במאגר הנתונים של הלמ"ס ניתן לראות שב-2015 גז טבעי שמש לייצור קרוב ל-90% מכלל החשמל המיוצר ע"י יחפ"ים בעוד שאנרגיות מתחדשות תרמו קרוב ל-9% מהייצור הפרטי (טבלה 4).

טבלה 4. ייצור החשמל באמצעות גז טבעי ואנרגיות מתחדשות לשנים 2013-2015

שנה	חשמל מגז טבעי			חשמל מאנרגיה מתחדשת		
	(ג'יגה וואט-שעה)	% מהכלל	% מיחפ"ים	(ג'יגה וואט-שעה)	% מהכלל	% מיחפ"ים
2013	3,271.60	5.3%	77.0%	570.8	0.9%	13.4%
2014	8,375.00	13.7%	87.5%	921.2	1.5%	9.6%
2015	12,088.20	18.8%	88.9%	1,214.30	1.9%	8.9%

### הישוב פליטות גז"ח מייצור חשמל פרטי

בהתאם לנתונים שבטבלה 4 נראה שכמעט כל החשמל הפרטי ב-2015 יוצר באמצעות גז טבעי ואנרגיות מתחדשות. היות וייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת אינו תורם לפליטות גז"ח הרי שניתן להשתמש בנתוני ייצור החשמל הפרטי באמצעות גז טבעי בכדי לחשב את פליטות הגז"ח הרלוונטיות.

מנתוני צריכת הגז הטבעי שהתקבלו מרשות הגז סך הצריכה לייצור חשמל פרטי ע"י יצרני החשמל הפרטיים הגדולים היה 1,999.46 מיליון מטרים מעוקבים של גז טבעי. טבלה 5 מציגה את הכימות של פליטות גזי החממה של שלושת הגזים העיקריים: פחמן דו-חמצני (פד"ח), תת-תחמוצת החנקן, ומתאן, עבור ייצור חשמל מסך הגז הטבעי שנצרך ב-2015 ע"י יצרני החשמל הפרטיים הגדולים. הטבלה גם מציגה השוואה בין מקדמי הפליטה שפורסמו ע"י חח"י עבור סך ייצור החשמל שלהם ב-2015 לעומת מקדמי הפליטה של היחפ"ים הפרטיים הגדולים.

טבלה 5. מקדמי הפליטה של היחפ"ים לעומת חח"י ב-2015

גזי הממה	פליטות (tCO <sub>2</sub> e)	מקדם פליטה יחפ"ים 2015 (tCO <sub>2</sub> e/MWh)	מקדם פליטה חח"י 2015 (tCO <sub>2</sub> e/MWh)
CO <sub>2</sub>	4,856,960	0.4018	0.693
N <sub>2</sub> O	2,580	0.00021	0.0026
CH <sub>4</sub>	2,164	0.00018	0.0002
CO <sub>2</sub> e	4,861,705	0.4022	0.696

מקדם הפליטה המחושב כאן ניתן להשוואה עם מקדם הפליטה השנתי הממוצע עבור היחפ"ים המספקים חשמל לחברות במערך הדיווח הוולונטרי. נוהל הביניים שאומץ למדווחי מערך הדיווח הוולונטרי קובע שעבור חברות שיש להם חוזי אספקת חשמל מיצרני/ספקי חשמל שונים, הישות המדווחת תדרוש מספקי החשמל שלהם למסור להם תיעוד של מקדמי פליטה ממוצעים שנתיים עבור החשמל הפרטי שסופק להם<sup>6</sup>. קובץ האקסל המיועד לחישוב פליטות עקיפות (מכלול 2) מאפשר הזנה נפרדת של צריכת החשמל מהרשת הארצית - המאופיינת ע"י מקדם הפליטה של חח"י - וצריכת החשמל מיצרנים פרטיים אשר להם מקדמי פליטה ייעודיים שונים.

בשנת 2015 כ-17 מתוך 51 החברות והארגונים המדווחים למערך הדיווח הוולונטרי צרכו לפחות חלק מהחשמל שלהם מייצור עצמי או מיחפ"ים. החברות דיווחו פליטות במכלול 2 בהתאם לנוהל שאומץ באפריל 2015 וזאת באמצעות מקדמי פליטה שניתנו להם ישירות ע"י היחפ"ים. מקדם הפליטה השנתי הממוצע לשנת 2015 שחושב מנתוני 17 החברות הללו הוא 0.448 טון שווה ערך פד"ח למגה וואט-שעה<sup>7</sup>. מקדם ממוצע זה גבוה בכ-10% מהמקדם המחושב בטבלה 5 לעיל עבור יצרני החשמל הפרטיים הגדולים (0.402 טון שווה ערך פד"ח למגה וואט-שעה). ההבדל נובע מכך שהמקדם הממוצע של מדווחי המערך הוולונטרי כולל גם פליטות מייצור עצמי בתעשייה שבחלקו מועבר לרשת החשמל והכרוך בטכנולוגיות ודלקים שונים שעצימותם גדולה יותר מזו של היחפ"ים הגדולים המייצרים חשמל באופן כמעט אקסקלוסיבי מגז טבעי. ההבדל הטכנולוגי העיקרי הוא שייצור החשמל בתעשייה הוא רובו ככולו במתקני קוגנרציה (חשמל וקיטור) כאשר כלל פליטות הגז"ח שלהם כולל גם את הגז"ח הנפלט כתוצאה מכמות הקיטור הנצרכת פנימית במפעל בהתאם לדרישות תהליכי הייצור.

כאשר בוחנים את הנתונים הפרטניים שהתקבלו עבור שלושת היחפ"ים הגדולים מרשות הגז ורשות החשמל אנחנו מוצאים שמקדמי הפליטה הממוצעים המאפיינים את ייצור החשמל שלהם בשנת 2015 היו 0.333, 0.310 ו-0.402 טון שווה ערך פד"ח למגה וואט-שעה עבור CPO, דוראד ודליה בהתאמה. חשוב לציין שנתוני דוראד מתייחסים לפליטות פד"ח בלבד ואילו נתוני דליה כוללים רק את מחצית 2015 והם התחילו להעביר חשמל לרשת רק ביולי 2015. מקדמי פליטה אלה נמוכים או זהים למקדם הפליטה הממוצע (השמרני) בטבלה 5 המאפיין את כלל ייצור החשמל הפרטי (שאינו חח"י) באמצעות גז טבעי ב-2015.

## חלופות לחישוב מקדמי פליטה משוקללים לרשת החשמל הארצית

להערכת מקדם הפליטה הארצי אנו מניחים שמקדמי הפליטה המוצגים בטבלה 5 עבור יצרני החשמל הפרטיים הגדולים מיצגים את כלל ייצור החשמל הפרטי בישראל. הנחה זו מוצדקת היות וטבלה 4 מראה שבשנת 2015 ייצור החשמל הפרטי בגז טבעי הווה כ-90% מסך הייצור הפרטי ואילו ה-10% הנותרים נובעים מייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות שאינו תורם משמעותית לסך פליטות הגז"ח מייצור חשמל פרטי.

גיבשנו שלוש חלופות לחישוב מקדם פליטה משוקלל המשקף את כלל רשת החשמל הארצית ומאגם את מקדמי הפליטה עבור ייצור החשמל של חח"י ואת המקדמים המחושבים לעיל עבור היחפ"ים הגדולים המייצרים חשמל באמצעות גז טבעי.

**א) סכימה משוקללת של מקדמי הפליטה עבור חח"י ויצרני החשמל הפרטיים הגדולים עם נרמול לסך ייצור החשמל בישראל.**

**ב) סכימה משוקללת של מקדמי הפליטה עבור חח"י ויצרני החשמל הפרטיים הגדולים עם נרמול לעומת סך ייצור החשמל ע"י חח"י וכל הייצור פרטי בגז טבעי (כולל בתעשייה).**

**ג) סכימה משוקללת של מקדמי הפליטה עבור חח"י ויצרני החשמל הפרטיים הגדולים עם נרמול לסך ייצור החשמל ע"י חח"י (כל הדלקים) והיצרנים הפרטיים הגדולים (גז טבעי).**

טבלה 6 מציגה את מקדמי הפליטה המשוקללים המחושבים באמצעות כל אחת מהחלופות המתוארות לעיל. הנתונים בטבלה מראים שההבדלים בין מקדמי הפליטה המחושבים עבור שנת 2015 בחלופות השונות הם רק כ-2-3% בין המקדם הגבוה ביותר (חלופה ג) לבין הנמוך ביותר (חלופה א).

טבלה 6. חלופות לחישוב מקדם פליטה משוקלל ארצי

חלופה ג'	חלופה ב'	חלופה א'	גזי חממה
(טון שווה ערך פד"ח למגה וואט-שעה)			
0.637	0.631	0.622	CO <sub>2</sub>
0.00212	0.00207	0.00207	N <sub>2</sub> O
0.00021	0.00021	0.00021	CH <sub>4</sub>
<b>0.639</b>	<b>0.634</b>	<b>0.624</b>	<b>CO<sub>2</sub>e</b>

## סיכום והמלצות

שיטת החישוב לעיל מציגה מתודולוגיה פשוטה התואמת את הנחיות האו"ם לשם איגום נתוני צריכת חשמל ופליטות גזי חממה מרשת חשמל דינאמית ומתרחבת ללא חשיפת מידע פרטי רגיש עבור כל אחד מהיצרנים. אולם, חשוב לציין שישנה אי-וודאות מסוימת במקדמי הפליטה המשוקללים המחושבים כאן עבור רשת החשמל הארצית, היות ונתוני צריכת הגז הטבעי לייצור החשמל אינם ניתנים להפרדה מוחלטת מצריכת גז טבעי ישירות בתעשייה או לשם ייצור קיטור במתקני קוגנרציה.

אנו ממליצים שהיצרנים הפרטיים יצרטפו לחח"י וידווחו את פליטות גזי החממה ומקדמי הפליטה שלהם באמצעות מערך הדיווח הוולונטרי. זה יאפשר לנו לשפר את שיטת איסוף נתוני ייצור החשמל וכמויות הדלקים הנצרכים בהתאמה, עבור כל אחד מיצרני החשמל הפרטיים, וכן חישוב מדויק יותר של מקדמי הפליטה הרלוונטיים עבור רשת החשמל בישראל.

**בשלב זה – עם הנתונים שבידנו - אנו ממליצים לאמץ את חלופה א' לאפיון חדירת היחפ"ים לשוק החשמל והשפעתם על מקדמי הפליטה של רשת החשמל הארצית.**

---

<sup>1</sup> דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2015, רשות החשמל

מערך לרישום פליטות גזי חממה בישראל: תקנון הפעלה והנחיות לדיווח,<sup>2</sup> אפריל 2013, המשרד להגנת הסביבה

<sup>3</sup> IPCC, Clean Development Mechanism, Average Operating Margins Methodology

ייצור חשמל ואספקת חשמל, לשכה מרכזית לסטטיסטיקה, טבלה 21.3, פורסם 14 לספטמבר 2016<sup>4</sup>

לשכה מרכזית לסטטיסטיקה, מאגר נתוני אנרגיה מ-2013 והלאה, עודכן ב-21.11.2016<sup>5</sup>

נוהל ביניים לחישוב פליטות עקיפות של גזי חממה (מכלול 2), אפריל 2015<sup>6</sup>, המשרד להגנת הסביבה

מערך לדיווח ורישום פליטות גזי חממה בישראל, סיכום דיווחי שנת 2015, דצמבר 2015, מוסד שמואל נאמן, הטכניון<sup>7</sup>