

י"ג בחשון, התשע"ח  
02 נובמבר 2017  
סימוכין: 01096917

לכבוד  
ד"ר יובל שטייניץ  
שר האנרגיה

שלום רב,

**הנדון: מענה לבקשת התייעצות לקראת קביעת עקרונות מדיניות ביחס להפעלה מינימלית של**

**יחידות ייצור בפחם תוך מתן עדיפות ליצור חשמל באמצעות גז טבעי**

סימוכין א: בקשת לקיום התייעצות בגיבוש מדיניות – מדיניות הפעלה מינימלית של יחידות יצור  
פחמיות, לש-2017-281 מתאריך 17/9/17

סימוכין ב: היתרי פליטה לתחנות אורות רבין ורוטנברג (היתרים מספר: 1451, 1349)

1. בסימוכין א' פנית לרשות החשמל ("הרשות") בבקשת התייעצות לקראת קביעת עקרונות מדיניות ביחס להפעלה מינימלית של יחידות ייצור פחמיות לאחר הפסקת הפעלתן השוטפת של יחידות 1-4 בתחנת הכוח "אורית רבין". זאת תוך "מתן עדיפות בכל זמן (סדר העמסה) ליצור חשמל ע"י שריפה של גז טבעי בכפוף לשיקולי תפעול המערכת, צרכי משק החשמל ויתר העלויות והעניינים הנובעים מיישום המדיניות".

2. הרשות בחנה את ההשלכות האפשריות של קביעת המדיניות על תעריף החשמל, על היקף הפליטות של משק החשמל, על התרומה הצפויה של המדיניות לעמידת ישראל בהתחייבות אשר נקבעו בהסכם פריז, על היקף ואופן השימוש בגז ועל תפעול משק החשמל.

3. להלן מפורטים עיקרי ממצאי בחינת הרשות:

א. הפעלה מינימלית של יחידות ייצור בפחם תוך מתן עדיפות לייצור חשמל באמצעות גז טבעי, לאחר הפסקת הפעלתן של יחידות 1-4, צפויה להסיט כ- 6 TWh בשנה מייצור בפחם לייצור בגז, ולצמצם את פליטת גזי החממה בהיקף של כ- 2.8 מיליוני טון בשנה (מתוך כ- 40 מיליוני טון שמשק החשמל צפוי לפלוט בכל שנה בעתיד).

ב. ההשפעה הצפויה על תעריף החשמל:

(1) השפעת הגבלת הייצור בפחם על התייקרות ההוצאה על חשמל תלויה במחירים העתידיים של הפחם ושל הגז. בחנו את משמעות הסטת הייצור לגז, ביחס לרמות אפשריות של מחירי גז ושל מחיר הפחם בעולם:

(א) בתרחיש שבו עלות הפחם תהיה נמוכה, הסטת הייצור מפחם לגז צפויה להביא להתייקרות של 300-500 מ"ש"ח בהוצאה השנתית על חשמל, בהתאם למחיר הגז. התייקרות זו צפויה להעלות את תעריף החשמל בכ- 1.5-2.5%.

(ב) אם, לעומת זאת, מחיר הפחם בעתיד יהיה דומה למחירו כיום<sup>1</sup> אזי המשמעות התעריפית של שינוי סדר ההעמסה צפויה להיות נמוכה יותר ולהעלות את תעריף החשמל בכ- 0.5%-1.5%.

(ג) לעומת זאת, בתרחיש שבו מחיר הפחם ישוב לערכים הגבוהים שנצפו בראשית העשור, עלות הייצור בפחם עשויה להיות גבוהה ממילא לעומת עלות הייצור בגז ולכן שינוי סדר ההעמסה לא יביא להתייקרות התעריף כלל.

ג. ההשפעה הסביבתית הצפויה:

(1) בשנת 2015, לקראת הסכם פריז, התחייבה ישראל להפחית את הפליטות לנפש מכ- 10 טון לנפש לכ-7.7 טון לנפש בלבד.<sup>3</sup> הפחתת השימוש בפחם צפויה להפחית, כאמור, את סך הפליטות בהיקף של כ- 2.8 מליוני טון לשנה שהם שווי ערך לכ- 0.26 טון לנפש בשנת 2030.<sup>4</sup> כלומר, מדיניות זו צפויה לתרום כ- 10% מההפחתה הנדרשת לשם עמידה ביעד.

(2) על פי נתוני המשרד להגנת הסביבה, הסטת הייצור מפחם לגז צפויה להביא לצמצום בעלויות החיצוניות הנובעות משימוש בדלקים מזהמים בהיקף של כ- 400 מ"ש"ח לשנה. כמחצית מתועלת זו נובעת מהפחתת הזיהום המקומי והיתר מהפחתת פליטת גזי החממה.

ד. ההשפעה הצפויה על היקף ואופן השימוש בגז טבעי:

(1) הסטת הייצור מפחם לגז צפויה להביא לתוספת של כ- 1.2 BCM בכמות הגז הנצרכת על ידי משק החשמל בכל שנה.

(2) לפי החלטת שר האנרגיה, הפסקת פעילות יחידות 1-4 באתר "אורות רבין" מותנה בקיומם של 3 מאגרי גז בלתי תלויים. שינוי תמהיל מקורות האנרגיה לייצור חשמל צפויה לתרום לביקוש לגז ובכך לסייע להקמת המאגרים הנוספים.

<sup>1</sup> 50 דולר לטון, בדומה למחיר בסוף שנת 2016 ובדומה לתחזית המחיר של הבנק העולמי.

<sup>2</sup> 70-80 דולר לטון

<sup>3</sup> החלטת ממשלה 542 מיום 20.9.2015.

<sup>4</sup> בהנחה שגודל האוכלוסיה בישראל יגדל ל 10.5 מליון נפש בשנת 2030.

הקמת המאגרים הנוספים תתרום למשק החשמל בשיפור יתירות הספקת הגז ויתכן שגם בעידוד תחרות בין ספקי הגז על גובה מחיר הגז.

3) הסטת הייצור מפחם לגז תביא גם לגידול בצריכת הגז השעתית של המשק, ולכן תחייב גידול בקיבולת הגז הנדרשת למשק החשמל בהיקף של כ- 6000-12000 MMBTU לשעה. אם לא תתאפשר קיבולת גז מספקת למשק החשמל בעתיד, הגבלת הייצור בפחם תביא להסטת כמות קטנה יותר של אנרגיה מפחם לגז, שכן מגבלת קיבולת הגז לא תאפשר למשק למצות את הספק הייצור בגז. מכאן, שעל מנת להבטיח את מימוש המדיניות, נדרש לתכנן את הקצאת קיבולת הגז למשק החשמל ולשימושים אחרים בעתיד.

ה. משמעויות תפעוליות:

1) יחידות פחמיות מתאפיינות במהירות תגובה גבוהה לעומת יחידות יצור בגז, ולכן הן ממלאות תפקיד חשוב בהבטחת יכולת תגובה לשינויים בעומס הביקוש. הצורך בתגובה מהירה נעשה משמעותי יותר ככל שאחוז האנרגיה המתחדשת במשק גדל.

2) אם יוחלט לשמר את מגבלת הייצור בפחם, מוצע לבצע בחינה מקצועית של נקודת ההעמסה המינימלית של היחידות הפחמיות על מנת לוודא שהיחידות מופעלות בנקודת עבודה המאפשרת למשק החשמל תגובה מהירה לשינויי עומס הביקוש. מבחינה ראשונית שנעשתה עם יחידת ניהול המערכת עולה כי ניתן לבצע התאמה זו מבלי להגדיל באופן משמעותי את השימוש בפחם מעבר להעמסה תפעולית מינימלית של היחידות.

4. בבחינת העיתוי המיטבי לקבלת החלטה זו, מוצע לשקול את השיקולים הבאים:

א. דחיית ההחלטה לעיתוי מאוחר יותר תאפשר לקבל תמונה בהירה יותר של מחירי הגז והפחם העתידיים ושל העלות העודפת למשק החשמל.

ב. יחד עם זאת, קבלת ההחלטה כיום תרחיב את הביקושים למאגר גז שלישי ובכך תשפר את יתירות הספקת הגז למשק החשמל. ההקדמה תאפשר גם לתכנן באופן ארוך טווח את הצעדים הנדרשים לעמידה בהתחייבות ישראל להפחתת פליטות גזי חממה בעתיד.

5. לאור ממצאים אלו, הרשות ממליצה לקבוע כי:

א. לאחר הפסקת פעילות יחידות 1-4, ובהינתן הקמה של 3 מאגרי גז בלתי תלויים, תיושם מדיניות של הפעלת היחידות הפחמיות בעומס מינימלי תוך מתן עדיפות ליצור חשמל מגז טבעי.

ב. לקראת שנת 2022, יבוצע תיקוף מחדש של המדיניות לאור מחירי הפחם והגז באותה עת והצפי להתפתחותם בשנים העוקבות.

ג. העומס המותר לפי היתר הפליטה יקבע רק לאחר ביצוע בחינה הנדסית של רמת העומס אשר תאפשר ליחידות הפחמיות לשמר את מהירות התגובה.

ד. יבוצע תכנון מפורט של קיבולת הגז הנדרשת בעתיד על מנת להבטיח כי ניתן יהיה לממש את המדיניות המוצעת.

6. אני עומד לרשותך להבהרות נוספות.

בברכה,



אסף אילת  
יו"ר הרשות

### פירוט הנחות העבודה והממצאים

#### הנחות עבודה

1. **הספק פחמי** – בשנת 2022 צפויות להיסגר יחידות 1-4 באתר אורות רבין, לפיכך הנחנו כי ההספק הפחמי החל משנה זו יעמוד על MW 3400.
2. **הגבלת סדר הייצור** – הנחנו כי תיקבע מדיניות כללית המבקשת להעדיף ייצור בגז על פני ייצור בפחם בהינתן אילוצי תפעול המערכת. תוצאת המדיניות צפויה להיות שהתחנות הפחמיות יפעלו בעומס תפעולי של כ- 50% מכושר הייצור והעומס בתחנות יעלה רק לאחר מיצוי יכולת הייצור בתחנות גז או הגבלה בהספקת הגז או במקרה שבו הגבלה בהספקת הגז או בקיבולת צינור הגז לא תאפשר ייצור נוסף בגז.
3. **כמות האנרגיה המיוצרת באמצעות פחם עם ובלי הגבלה על שימוש בפחם** – השתמשנו במקדמי ההספק אשר נמדדו בפועל בשנת 2015 כדי לאמוד את מקדם ההספק הצפוי ללא הגבלת השימוש בפחם, שכן בשנה זו לא נקבעו הגבלות על השימוש בפחם. באופן דומה, השתמשנו במקדם ההספק הצפוי בפועל בשנת 2017, בה הוגבל השימוש בפחם, על מנת לאמוד את מקדם ההספק הצפוי בעתיד בהינתן הגבלה זו. מקדמי ההספק וכמות האנרגיה הצפויה בייצור פחמי מפורטים בטבלה ב-5 בנספח ב.
4. **מחיר הגז** – מחיר הגז בהסכם חברת החשמל צפוי לרדת החל משנת 2021 ולעמוד על כ-\$4.44-\$4.8 ל- MMBTU בשנים 2022-2030, זאת בהנחה שהחברה תמצה את מלוא פוטנציאל הפחתת המחירים המוגדר בהסכם הגז.<sup>5</sup> אי לכך אנו מניחים כי זהו טווח המחירים

<sup>5</sup>לפי הסכם חברת החשמל עם "תמר", המחיר יכול לפחות עד 25% בשנת 2021. הפחתה של עד 10% נוספים אפשרית בשנת 2024.

- הסביר של הגז הטבעי בשנים אלו. למרות זאת, לצורך הניתוח, בחנו טווח מחירים רחב יותר של \$4 עד \$5.3.
5. **מחיר הפחם** – מחיר הפחם היה נתון בעשור האחרון לתנודות משמעותיות. לפי העלויות אשר נצפו בעשור החולף, הנחנו כי מחיר הפחם יהיה בטווח של \$50-\$120 לטון (נספח א').
6. **העלות החיצונית של הזיהום** – לצורך הניתוח השתמשנו בעלויות הזיהום אשר נקבעו על ידי המשרד להגנת הסביבה (טבלאות ב1 ו-ב2 בנספח ב').
7. הנחות נוספות מפורטות בנספח ב'.

### השפעת ההגבלה על השימוש בפחם על עלות ייצור החשמל

8. הגבלת השימוש בפחם לאחר הפסקת פעילות יחידות 1-4 באתר אורות רבין צפויה להביא, להערכתנו, להפחתת הייצור הפחמי לכ- 18 TWh בשנה. זאת לעומת כ- 24 TWh הצפויים להיות מיוצרים בפחם אם לא יוגבל השימוש. מכאן שהגבלת השימוש בפחם צפויה להסיט כ- 6 TWh בשנה מייצור בפחם לייצור בגז.
9. היקף הייצור שיוסט מפחם לגז אינו תלוי בגובה הביקוש. עם זאת, נציין כי לפי תחזית הביקוש של חברת החשמל, סך הייצור השנתי צפוי לגדול בעתיד מכ- 78 TWh בשנת 2022 עד לכ- 97 TWh בשנת 2030.<sup>6</sup> מכאן שהפחתת סדר הייצור צפויה להסיט כ- 8%-6% מהייצור השנתי מפחם לגז. אם תמומש ההגבלה, הייצור הפחמי יהווה בשנת 2022 רק כ- 23% מהייצור השנתי, וחלקו בסך הייצור ירד לכ- 18% בלבד בשנת 2030, ככל שהביקוש הכולל יגדל.
10. המשמעות הכספית של הגבלת השימוש בפחם תלויה ביחס שבין מחיר הגז לבין מחיר הפחם בעתיד. אם מחיר הפחם יקר ממחיר הגז, הייצור הפחמי מצטמצם ממילא לפי שיקולי ההעמסה כלכלית. לעומת זאת, כאשר מחיר הייצור בפחם זול מהייצור בגז, הגבלת השימוש בפחם מייצרת עלות עודפת.
11. לאור חוסר הוודאות באשר למחירי הדלקים בעתיד, בחנו את המשמעות הצפויה בטווח של מחירים אפשריים (טבלה 1).

### טבלה 1 – הוצאה נוספת על חשמל [מש"ח/לשנה] בהינתן הגבלת כמות הפחם

#### לפי יחס המחירים בין פחם לגז

מחיר גז [MMBTU/\$]				
5.3	5	4.8	4.44	4

<sup>6</sup> לפי קצב הגידול בתחזית ביקוש חברת החשמל ותחזית ביקוש בנק ישראל.

14	13.2	12.7	11.7	10.6	עלות שולית פחם / שולית גז [אגורות לקוט"ש]	מחיר פחם [טון/\$]
0	0	0	0	0	16.1	120
0	0	0	0	0	14.8	110
28	0	0	0	0	13.5	100
128	69	29	0	0	12.2	90
228	169	129	58	0	10.8	80
328	269	230	158	71	9.5	70
429	369	330	259	172	8.2	60
529	470	430	359	272	6.9	50

12. מהטבלה ניתן לראות כי במחיר הצפוי של הגז לאחר הפחתת המחיר, הגבלת השימוש בפחם תביא לייקור ההוצאה הישירה על חשמל ככל שמחיר הפחם יהיה נמוך מ- 100 דולר לטון.

13. אם מחיר הפחם בעתיד יהיה נמוך מ- 70 דולר לטון (כפי שארע במהלך שנת 2016) או שמחיר הגז יעלה מעבר ל- \$5/MMBTU (במקרה שבו חברת החשמל לא תוכל למצות את מלוא הפוטנציאל להפחתת המחיר) הגבלת השימוש בפחם עשויה לייקר את ההוצאה על חשמל בכ- 300-500 מ"ש לשנה, שהם כ- 1.5-2.5% מתעריף החשמל.

#### משמעויות למשק הגז

14. הגבלת השימוש בפחם צפויה להגדיל את השימוש השנתי בגז בכ- 1.2 BCM לשנה.

15. לכן, שינוי זה צפוי גם להגדיל את קיבולת הגז הנדרשת למשק החשמל:

א. ההספק שיוסט מפחם לגז הוא כ- 800 MW בממוצע ובשעות בהן הפחם יפעל במינימום תפעולי ההספק שיוסט לגז עשוי להגיע לכ- 1700 MW.

ב. קיבולת צינור הגז שתידרש כדי לממש שינוי זה עומדת על כ- 6000 MMBTU בממוצע, וכ- 12,000 MMBTU בשעות השיא.

16. ככל שלא תמצא די קיבולת פנויה בצנרת הולכת הגז מהים לחוף, לא ניתן יהיה לממש את מלוא השינוי המבוקש. במקרה זה הסתת הייצור מפחם לגז תהיה נמוכה יותר.

#### משמעויות תפעוליות של הגבלת השימוש בפחם

17. היתר הפליטה הנוכחי קובע כי "בעל מקור הפליטה יפעל לשם הפחתת הפליטה העודפת באמצעות ההפעלה המינימלית האפשרית מבחינה תפעולית של יחידות הייצור הפחמיות ומתן

עדיפות

בכל עת (סדר ההעמסה) לייצור חשמל על ידי שריפה של גז טבעי".

18. מבחינה ראשונית שערך מנהל המערכת עולה כי הפעלת התחנות הפחמיות בעומס המינימלי האפשרי מגבילה את יכולת התגובה מהירה של היחידות, משום שבנקודת הפעלה זו העלאת עומס מחייבת הפעלת מטהנה נוספת ומשך הזמן הנדרש לשם כך הוא עשירות דקות לפחות. נדרשת בחינה נוספת על מנת לקבוע מהי נקודת העבודה אשר תאפשר עליית עומס מהירה.

19. בשנים הבאות, ככל שיגדל נתח האנרגיה המתחדשת במשק החשמל, תעלה החשיבות של תגובה מהירה לשינויים בעומס. לאור זאת מוצע כי תבוצע עבודת חשיבה נוספת במטרה לקבוע את כמויות הפחם הנדרשות להפעלת היחידות בעומס הבסיסי שלהן בנקודה אשר תאפשר תגובה מהירה לשינויים תוך שימור רמת עומס נמוכה.



## נספח א – מחירי פחם

### מחיר הפחם 2007-2017 [דולר/טון]

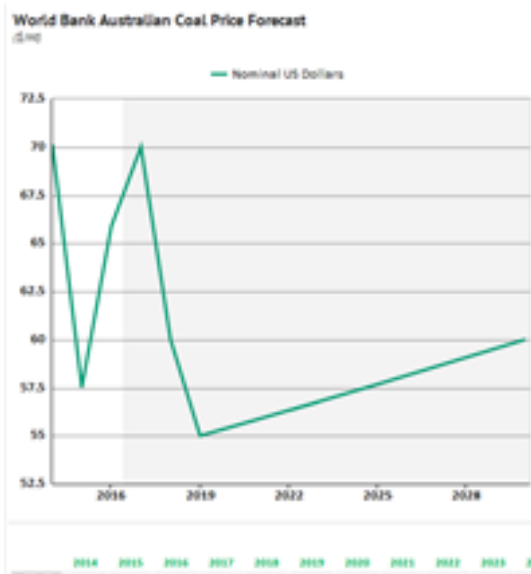


**Description:** Coal, Australian thermal coal, 12000- btu/pound, less than 1% sulfur, 14% ash, FOB Newcastle/Port Kembla, US Dollars per Metric Ton

\*מקור: [indexmundi.com](http://indexmundi.com)

מהנתונים ההיסטוריים ניתן ללמוד כי טווח המחירים הסביר לפחם, בניכוי המשבר הפיננסי ב 2008, הוא 50-120 דולר לטון.

### תחזית למחיר הפחם 2017-2030





\*מקור: הבנק העולמי

התחזית מצביעה על טווח המחירים של 50-60 דולר לטון.

**נספח ב' – הנחות עבודה נוספות**

**טבלה ב1: עלויות זיהום – לפי נתוני המשרד להגנת הסביבה**

זיהום סגולי בגר' לקוט"ש - גז	זיהום סגולי בגר' לקוט"ש - פחם	עלות מזהם בש"ח לטון	סוג מזהם
0.000148	0.48	42,920	SO2
0.137714286	0.48	24,856	Nox
0.016036	0.14	81,643	PM2.5
393.7	860.3	60	CO2 <sup>7</sup>

**טבלה ב2: עלויות זיהום לקוט"ש**

עלות זיהום באג' / קוט"ש	סוג דלק
9.5	פחם
2.8	גז

**טבלה ב3: נצילות ממוצעת** (נצילות בפועל כולל התנעות, יצור בעומס חלקי וצריכה עצמית)

נצילות ממוצעת	סוג דלק
38%	פחם
47%	גז

**טבלה ב4: עלויות תפעול משתנות מעבר לעלות הדלק** [אג' / קוט"ש]

<sup>7</sup> לצורך התחשיב נלקחה מחצית מעלות הזיהום של פחמן דו חמצני. המקדם נועד לבטא את ההתחשבות של המשק הישראלי בהשפעת הנזק הגלובלית



עלות תפעול משתנה	סוג דלק
0.24	פחם
0.11	גז



**טבלה ב5: מקדם הספק עם ובלי הגבלה של כמות הפחם**

תחזית לשנים 2022-2030			נתונים היסטוריים 2015-2017			
מקדם הספק תחנות פחמיות	יצור צפוי בפחם [TWh]	הספק פעיל [MW]	מקדם הספק תחנות פחמיות	יצור בפועל בפחם [TWh]	הספק פעיל [MW]	
0.8	23.6	3400	0.8	29.2 (שנת 2015)	4200	ללא הגבלת השימוש בפחם
0.6	17.8		0.6	22 (שנת 2017)		עם הגבלת הפחם השימוש בפחם

הערות לטבלה:

1. ההספק בשנים 2015-17 הוגבל ל- 4200 בשל התקנת סולקנים.
2. ההספק בשנים 2022-2030 יורד בשל הפסקת פעילות יחידות 1-4.
3. מקדם ההספק ללא הגבלה של הפחם השימוש בפחם חושב לפי הייצור בפועל בשנת 2015, במהלכה לא נקבעו הגבלות על הייצור בפחם.
4. מקדם ההספק בהגבלת הפחם השימוש בפחם חושב לפי הייצור הצפוי בפועל בשנת 2017 במהלכה הוגבלה הכמות.