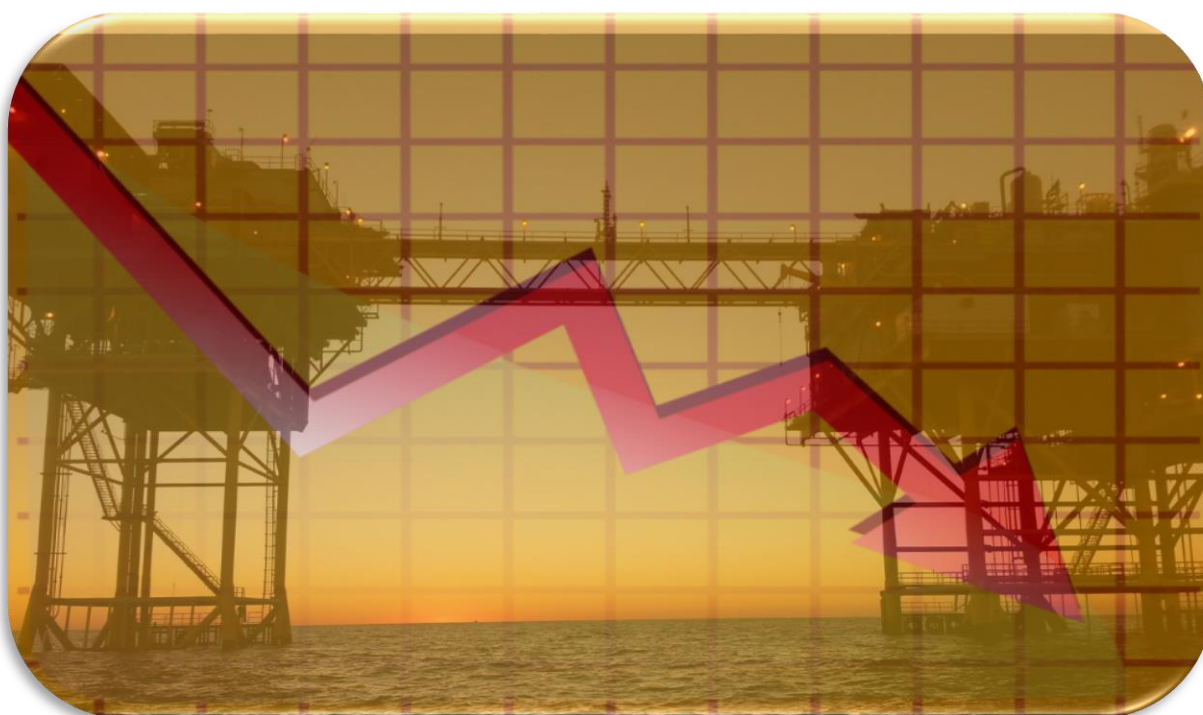


תום עידן הגז הטבעי – משמעויות כלכליות עבור ישראל
בחינה של ההגיון הכלכלי בהמשך קידוחי גז טבעי בישראל 2022 לאור
ההתכווצות הצפויה בשוק הגז הטבעי

ד"ר דניאל מדר
נדב כספי, כלכלן



פברואר 2022

הכותבים:

ד"ר דניאל מדר - שותף מייסד של SP Interface. חוקר ויועץ בתחומים מדע וסביבה, עם דגש על תחום האנרגיה. עוסק משנת 2003 בתחום האנרגיה; עובד עם ממשלות, חברות, אקדמיה ו-NGOs בארץ ובעולם.

נדב כספי - יועץ כלכלי עם ניסיון של 13 שנים, בעל תואר שני בכלכלה. עבד ככלכלן באגף התקציבים במשרד האוצר, ובהמשך כיועץ בשוק הפרטי למגוון חברות וארגונים. בעל ניסיון כלכלי עם שוק האנרגיה והגז הטבעי, וכן בכלכלה סביבתית.

הכתוב משקף את דעת הכותבים בלבד, ואינו מהווה ייעוץ. הכותבים או גרינפיס לא יישאו בכל אחריות לשימוש בכתוב במסמך זה. לשם ייעוץ ספציפי, ניתן לפנות לכותבים. בכל שימוש בתוכן זה יש לציין כי מקורו במסמך זה.

Front page image by [gloriaurban4](#) from [Pixabay](#) , [openclipart.org](#) , and Daniel Madar.

תוכן עניינים

3.....	תוכן עניינים	
4.....	1 תקציר	
7.....	2 רקע	
7.....	3 אנרגיות מתחדשות ואגירת אנרגיה- תחליף בשל, זמין, וזול לדלקי מאובנים	
8.....	3.1 טכנולוגיות משבשות	
11.....	3.2 שיבשים טכנולוגיים בסקטור האנרגיה	
11.....	3.2.1 פחם	
18.....	3.2.2 גז טבעי	
25.....	3.3 מעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות ולאגירה יחסוך מיליארדים	
28.....	3.4 מקרה מבחן- אורוגוואי	
31.....	4 רגולציה ולחצים לצמצום שימוש בדלקי מאובנים ובגז טבעי בעולם	
33.....	5 תשתיות גז טבעי כנכסים 'תקועים'	
34.....	6 הבעיות בתחשיב משרד האנרגיה להכנסות המדינה ממכירת גז טבעי	
37.....	7 מה היא ההשקעה הציבורית כיום בתשתיות גז טבעי?	
40.....	8 מה היא ההשקעה הציבורית כיום באנרגיות מתחדשות ובאגירה?	
43.....	9 אלטרנטיבות מדיניות אנרגיה	
44.....	10 מסקנות	

1 תקציר

ביוני 2021 פרסם משרד האנרגיה את טיוטת דוח הביניים של הצוות המקצועי לבחינה תקופתית שנייה של המלצות הוועדה לבחינת מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי בישראל (דוח "אדירי 2"). מחברי הדוח טוענים כי מכיוון שתוך כעשור, שוק הגז הטבעי בעולם צפוי להתחיל להתכווץ, יש להאיץ קידוחי גז טבעי חדשים בישראל ולהגדיל את ייצוא הגז הטבעי. מהלך זה כולל העלאה של ההשקעה הציבורית בגז הטבעי ושל הקלות המס שחברות הגז הטבעי מקבלות מהמדינה. זאת, במטרה להגדיל את הכנסות המדינה מגז טבעי, ולצמצם הפסדים שיגרמו למדינה עקב מעבר סקטור האנרגיה בעולם מדלקי מאובנים, אל אנרגיות דלות בפליטת גזי חממה ואל אגירת אנרגיה.

בעבודה זו, נותחו היבטים כלכליים והיבטים בשוק האנרגיה המקומי והעולמי, על מנת לבחון האם יש היגיון כלכלי מאחורי עמדת משרד האנרגיה. קיימות אינדיקציות רבות המצביעות באופן חד משמעי כי אנו מצויים בעיצומו של תהליך **שיבוש טכנולוגי** (technological disruption) בשוק האנרגיה. בתהליך שיבוש טכנולוגי, טכנולוגיה ישנה ששולטת בלפחות 80% מהשוק, קורסת תוך 10-15 שנים לפחות מ-20% מהשוק. שוק דלקי המאובנים (פחם, נפט וגז טבעי) ואנרגיות וותיקות נוספות (גרעין, הידרואלקטרי 'ישן') עוברים קריסה מהירה, אל מול עלייה מטאורית של טכנולוגיות אנרגיות מתחדשות מודרניות (בעיקר אנרגיה פטו-וולטאית ואנרגיית רוח) וטכנולוגיות לאגירת אנרגיה.

אופי השיבוש הטכנולוגי גורם להשתלטות מהירה מאוד של הטכנולוגיות החדשות הללו; לצניחת מחירים של הטכנולוגיות החדשות עד כי כיום הן כבר משתלמות כלכלית יותר מכל דלקי המאובנים; ולעלייה תלולה בעלות הכספית ובסיכון של טכנולוגיות מבוססות דלקי מאובנים, ובהם גם גז טבעי. ברוב העולם המפותח, הפחם נמצא כבר כעשור בצניחה חופשית בהיקף השימוש וכ-5 שנים אל מול קריסה סופית, הנפט כבר נמצא בירידה בעולם המפותח, והגז הטבעי נמצא בקיפאון שלפני הירידה (ויש מקומות שהוא כבר נמצא בהם בירידה).

מחקרים חדשים מראים כי מעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירת אנרגיה יחסוך לעולם טריליוני דולרים בכל שנה בעלויות ישירות (וטריילונים נוספים בעלויות חיצוניות), על פני מצב "עסקים כרגיל", בו ממשיכים בתחזוקה ובהרחבה של שימוש במקורות אנרגיה מסורתיים. מדינות רבות, כולל מדינות מפותחות ועשירות פחות מישראל, פונות יותר ויותר ליישום של טכנולוגיות אנרגיות מתחדשות מודרניות ושל טכנולוגיות אגירת אנרגיה, ממניעים כלכליים, על מנת להתמודד עם אתגרי שוק האנרגיה העתידי. סוכנות האנרגיה הבינלאומית (International

(Energy Agency- IEA) קוראת להפסקת חיפוש וקידוחים חדשים של דלקי מאובנים בעולם ב-2021, וצופה הצטמקות בשוק הגז הטבעי העולמי החל מ-2030.

עקב שינוי האקלים, שחלק גדול ממנו נובע מפליטה מסיבית של גזי חממה שמקורם בדלקי מאובנים, בעולם מקודמת רגולוציה לצמצום שימוש בדלקי מאובנים ולצמצום פליטת גזי חממה. רגולוציה חדשה זו צפויה להעלות את מחיריהם של דלקי המאובנים עוד יותר, ולצמצם את השימוש בהם.

מחקרים נוספים מעריכים, כי כל האמור לעיל, יביא לכך כי רוב רובם של תשתיות הגז הטבעי החדשות שיוקמו בשנים הקרובות, יהפכו תוך כעשור לנכסים "תקועים" (stranded assets), שאי אפשר להרוויח עליהם, אי אפשר להחזיר עליהם את ההשקעה, ואי אפשר למכור אותם. הדבר נכון שבעתיים לתשתיות גז טבעי יקרות, מסובכות ובסיכון גבוה- כמו קידוחי גז טבעי בים עמוק בישראל.

נמצא כי תחשיב משרד האנרגיה להכנסות המדינה ממכירת הגז הטבעי חסר, שגוי ומטעה. בוצע תחשיב חדש, עפ"י סטנדרטים מקובלים לחישוב כדאיות כלכלית של פרויקטים של תשתיות אנרגיה. התחשיב החדש מצא כי הכנסות המדינה המהוות הצפויות מייצוא הגז הטבעי הן 7-12 מיליארד ₪, סכום שנמוך ב-95% מתחשיב משרד האנרגיה.

ההשקעה הציבורית הישירה בגז טבעי בישראל מתפרסת על פני מקטע הייצור (חיפוש וקידוחי גז טבעי), מקטע הייצוא, מקטע ההולכה, מקטע החלוקה, בתחום אבטחת והגנת תשתיות גז טבעי ואף בתחום התחבורה. השקעה זו הגיעה עד היום למעל 20 מיליארד ₪, לצפויה לגדול בעוד 5-8 מיליארד ₪ בשנים הקרובות. בנוסף, מבקש משרד האנרגיה להגדיל את הקלות המס הניתנות לקידוחים חדשים של גז טבעי, וכבר קיבל הנחה של 70% מהטלת מס פחמן על גז טבעי, לעומת שאר דלקי המאובנים. כמו כן, חלקים נרחבים במשרדי הממשלה וברשויות עמלים לקדם גז טבעי בישראל. כל ההשקעות הללו לא כוללות עלויות חיצוניות בגובה 3 מיליארד ₪ בשנה עקב פליטת גז החממה פחמן דו-חמצני; ועלויות חיצוניות נוספות עקב פליטת גז החממה מתאן, ועקב זיהום אוויר נוסף הכרוך בשימוש בגז טבעי.

לעומת זאת, ההשקעה הציבורית באנרגיות מתחדשות ובאגירת אנרגיה היא בסדר גודל של עשרות עד מאות מיליוני ₪ בשנה, בעיקר דרך סבסוד תעריף החשמל ליצרני אנרגיה מתחדשת. זאת, בעוד שעל פי דו"חות מקצועיים קיים צורך בתכנית מקיפה ובהשקעה משמעותית של שדרוג תשתיות הולכת חשמל בגובה עשרות מיליארד שקלים בכדי להכין את רשת החשמל לעידן של 100% טכנולוגיות המתחדשות בפועל, בתחום זה מטפלים מספר מועט של אנשי מקצוע במשרדי הממשלה וברשויות, לעומת תחום הגז הטבעי.

לאור כל הסיכונים הכלכליים, השקעות העתק, הצפי להצטמקות שוק גז הטבעי העולמי, הבשלות הטכנולוגית והעלויות הנמוכות של אנרגיות מתחדשות וטכנולוגיות אגירת אנרגיה; מומלץ כי

המדינה, לכל הפחות, לא תסבסד ולא תתמוך בקידוחי גז טבעי חדשים בישראל. בנוסף, עליה לשקול היטב את המשך הסבסוד הקיים של תשתיות קיימות וכאלו שכבר אושרו אך טרם הוקמו, ולשקול האם בכלל לתת יד חופשית לחיפושים נוספים של גז טבעי בים, הכרוכים בסיכונים סביבתיים, ביטחוניים וכלכליים רבים. במקביל, על המדינה לייצר מנגנונים כלכליים שיאפשרו השקעה משמעותית ומהירה בתשתיות לפריסה נרחבת של אנרגיה מתחדשת נקיה וזולה. זהו צו השעה.

2 רקע

ניתוח כלכלי זה בוצע בתגובה לטיטוט דוח הביניים של הצוות המקצועי לבחינה תקופתית שנייה של המלצות הוועדה לבחינת מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי בישראל, אשר פורסם ביוני 2021 ע"י משרד האנרגיה¹, הדוח בחן את שוק הגז הטבעי והפוטנציאל שלו, הגיע למסקנה כי החל מ-2030 הביקוש העולמי יחל לרדת לגז טבעי, ולכן ממליץ להשקיע עוד בפיתוח מאגרים ובתשתיות הולכה בכדי לאפשר ייצוא מהיר של הגז לפני דעיכתו של שוק הגז הטבעי. המדינה מציגה זאת כהשקעה שמטרתה מיצוי הפוטנציאל הכלכלי של מאגרי הגז לפני שיהפכו ללא רלוונטיים לשווקי הייצוא.

3 אנרגיות מתחדשות ואגירת אנרגיה- תחליף בשל, זמין, וזול לדלקי מאובנים

לאורך עשרות שנים, הייתה התנגדות ממסדית נרחבת למעבר לאנרגיות מתחדשות מודרניות (בעיקר אנרגיית שמש ורוח; אל מול אנרגיות מתחדשות ותיקות כמו חשמל הידרואלקטרי), בארץ ובחו"ל. זאת, מטעם מדינות, ממשלות, משרדי ממשלה, גופים פיננסיים, גופים שעוסקים באנרגיה ועוד. שני הטיעונים המרכזיים כנגד אימוץ מסיבי של אנרגיות מתחדשות, היה חוסר בשלות טכנולוגית וחוסר כלכליות.

אמנם, טכנולוגיות הפקת אנרגיה משמש ורוח היו בשלות טכנולוגית כבר לפני עשור או שניים. אך לטכנולוגיות אנרגיות מתחדשות מודרניות כדוגמת רוח ושמש, לא ניתן להתאים את היקף ייצור האנרגיה להיקף הביקוש לאנרגיה. זאת, בניגוד לשימוש במקורות אנרגיה מסורתיים (דלקי מאובנים, חשמל הידרואלקטרי) בהם ניתן לשנות את היקף הפקת האנרגיה לפי הצורך. כידוע, אנרגיות מתחדשות כגון רוח ושמש מיוצרות עפ"י תנאי מזג-האוויר, ולא עפ"י הצורך.

פתרון טכנולוגי לבעיה זו היא אגירת אנרגיה, אשר מאפשרת אגירת אנרגיה מתחדשת כאשר ההיצע גבוה מהביקוש, ושימוש בה כאשר הביקוש גבוה מההיצע. במערכת מבוססת פאנלים סולאריים למשל, אוגרים אנרגיה בצהרי יום שטופי שמש, ומשתמשים באנרגיה האגורה בלילה. אגירה שאובה ובטריות ליתיום-יון הן טכנולוגיות בשלות אשר נעשה בהן שימוש הולך ועולה לאגירת אנרגיה בעולם ובישראל. במקביל, פותחו ומפותחות טכנולוגיות אגירה נוספות אשר

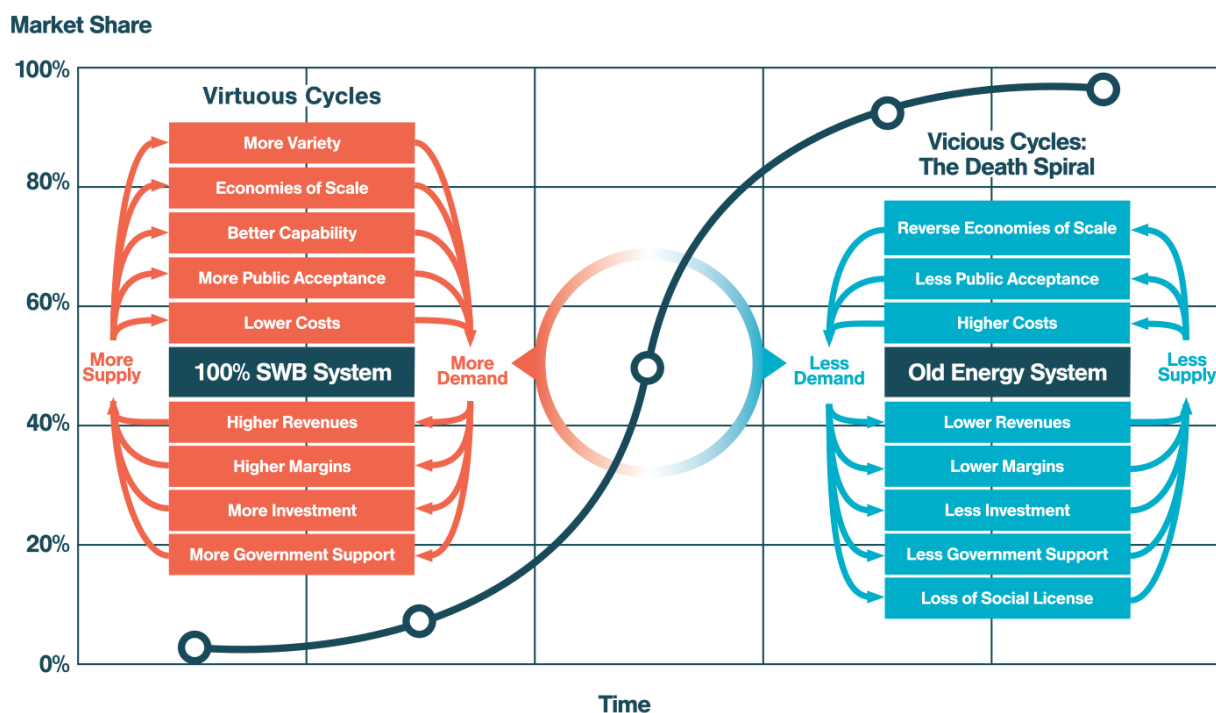
¹ פנייה לציבור לשמיעת עמדותיו בעניין דו"ח הביניים של הצוות המקצועי לבחינה תקופתית שנייה של המלצות הוועדה לבחינת מדיניות הממשלה בנושא משק הגז הטבעי בישראל. משרד האנרגיה, יוני 2021.
https://www.gov.il/he/departments/publications/Call_for_bids/ng_210621

מאפשרות מגוון דרכי אגירה בגדלים ולפרקי זמן שונים. למשל, אגירת מסה מוצקה, אוויר דחוס, אוויר נוזלי, אגירת חום, סוללות זרימה, סוללות מתכת נוזלית.

3.1 טכנולוגיות משבשות

טכנולוגיה משבשת היא טכנולוגיה חדשה, אשר גורמת לשיבוש בשוק קיים בו שולטת טכנולוגיה ישנה. בניגוד לטכנולוגיה חדשה רגילה אשר יוצרת שוק חדש לגמרי או מצטרפת לשוק קיים ותופסת בו נישה ללא פגיעה גדולה בטכנולוגיה קיימת, טכנולוגיה משבשת גורמת להעלמות הטכנולוגיה הישנה. זאת, בשל עליונות מובהקת של הטכנולוגיה החדשה באחד או מספר תחומים אל מול הטכנולוגיה הישנה. דוגמאות לתחומים שכאלו הם איכות, עליונות טכנולוגית, השפעה סביבתית, קלות תפעול.

כאשר בוחנים את גרף חדירת טכנולוגיה משבשת לשוק (איור 1), בתחילה, שיעור החדירה של הטכנולוגיה המשבשת איטי מאוד, עקב העלויות הגבוהות שלה, חוסר הבשלות הטכנולוגית, מוגבלות ביישום הטכנולוגיה המשבשת, חוסר היכרות או קבלה ציבורית, התנגדות לטכנולוגיה החדשה, ושליטת הטכנולוגיה הישנה.



איור 1- סיגמואיד (S curve) של חדירת טכנולוגיה משבשת לשוק באמצעות לולאות היזון. ציר ה-Y הוא אחוז השוק שמחזיקה טכנולוגיה משבשת חדשה. ציר ה-X הוא הזמן. באדום- לולאת היזון חיובי של הטכנולוגיה המשבשת. בכחול- לולאת היזון שלילי של הטכנולוגיה הישנה.²

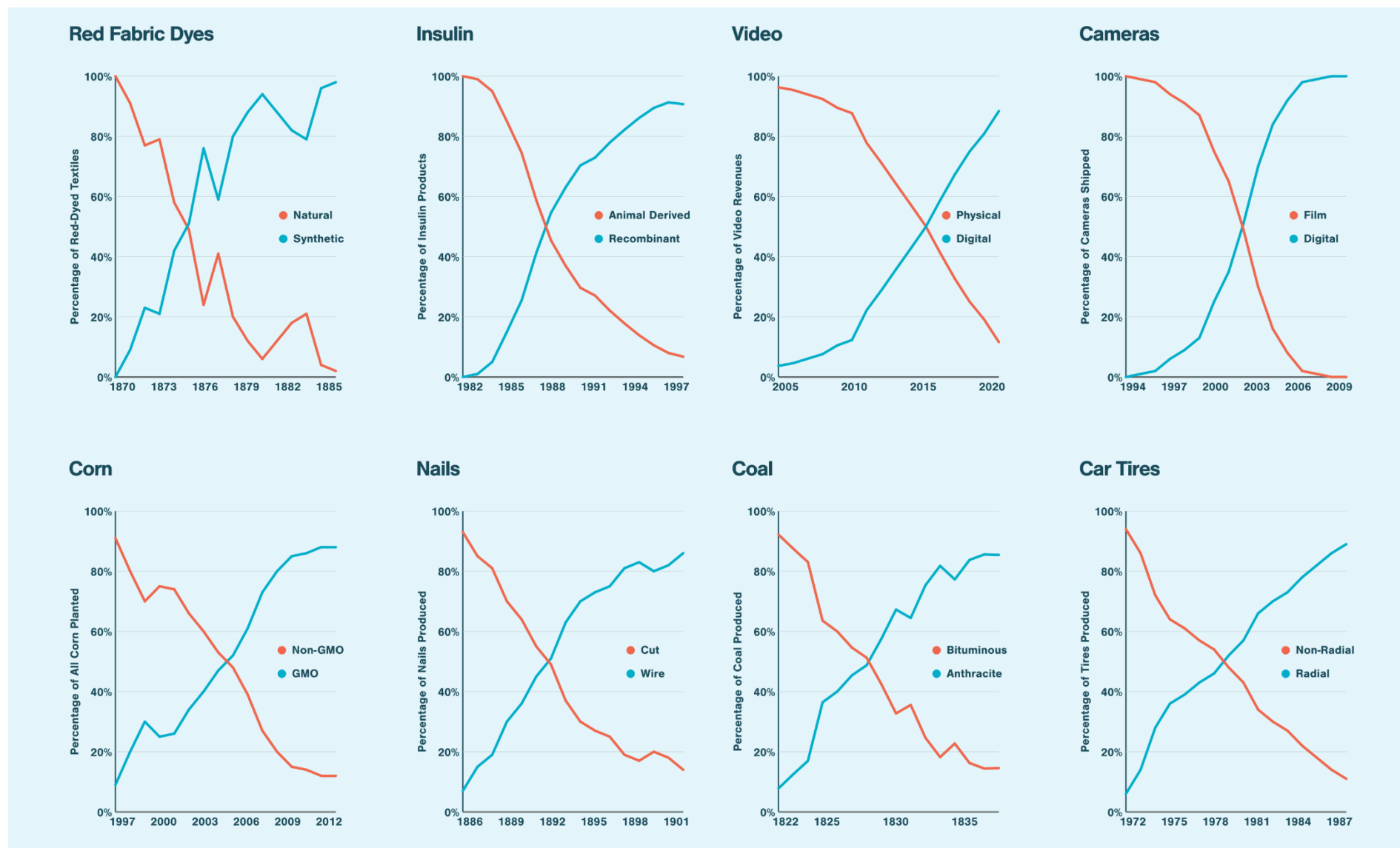
² Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

אולם בהמשך, קצב אימוץ הטכנולוגיה המשבשת הולך ועולה, בשל לולאות היזון (feedback loop) אשר פועלות על הטכנולוגיה המשבשת ועל הטכנולוגיה הישנה. אפשר לראות המחשה של תהליך זה באיור 1 באדום, לולאת היזון חיובי של הטכנולוגיה המשבשת: ככל שהטכנולוגיה החדשה זוכה ביותר תמיכה ממשלתית, זוכה ביותר השקעות, משיגה יותר רווחים ומציגה שולי רווח גבוהים יותר- יש יותר היצע לטכנולוגיה (מיוצרות יותר יחידות שלה). ככל שההיצע עולה- הטכנולוגיה הופכת ליותר מגוונת, היא משיגה יתרון כלכלי לגודל, היא משפרת את היכולת והביצועים, היא משיגה קבלה ציבורית, ועלויות נמוכות יותר. ככל ש-5 הפרמטרים האחרונים עולים, הם מעלים את הביקוש לטכנולוגיה החדשה. עליה בביקוש, דוחפת מעלה את 4 הפרמטרים הראשונים. וחוזר חלילה.

בכחול, לולאת היזון שלילי של הטכנולוגיה הישנה: ככל שלטכנולוגיה הישנה רווחים נמוכים יותר, שולי רווח נמוכים יותר, פחות השקעות, תמיכה ממשלתית נמוכה יותר, אבדן של "הרישיון" הציבורי לשימוש בטכנולוגיה- יש ירידה בהיצע של הטכנולוגיה הישנה. ירידה בהיצע, מביאה לביטול הדרגתי של יתרון כלכלי של גודל, ירידה בקבלה הציבורית ועליה בעלויות הייצור. 3 הפרמטרים האחרונים מביאים לירידה בביקוש. ירידה בביקוש מביאה לפגיעה ב-5 הפרמטרים הראשונים. וחוזר חלילה.

לולאות היזון אלו מחזקות אחת את השנייה, מאיצות את קצב השתלטות הטכנולוגיה המשבשת על השוק, וגורמות לכך שגרף השתלטות הטכנולוגיה המשבשת אינו לינארי, אלא מתנהג כסיגמואיד (S-curve). לאחר השתלטות הטכנולוגיה המשבשת על רוב השוק, קצב אימוץ הטכנולוגיה המשבשת יורד. זאת בשל חלקים בשוק שמתנגדים אקטיבית למעבר לטכנולוגיה החדשה מסיבות אידיאולוגיות, בעיות בהתאמת הטכנולוגיה המשבשת לכל היישומים בשוק, קצב תחלופה איטי של מוצרים בחלק מהשוק ועוד.

קיימות דוגמאות רבות לכך. למשל, מהעשורים האחרונים- טלפונים ניידים "טיפשים" שהחליפו שימוש בטלפונים קוויים תוך כעשור, וטלפונים "חכמים" (סמארטפונים) שהחליפו את הניידים ה"טיפשים" תוך כעשור מאוחר יותר. באיור 2 ניתן לראות 8 דוגמאות לקצב השתלטות של 8 טכנולוגיות משבשות על השוק הרלוונטי, תוך הדחת הטכנולוגיה הישנה. הגרפים הללו נקראים גרפי X של שיבוש טכנולוגי. קו יורד (אדום) מסמן את שיעור הטכנולוגיה הישנה בשוק- משליטה במעל ל-90% מהשוק, להתדרדרות לפחות מ-15% מהשוק תוך 10-15 שנים; ובמקביל קו עולה (כחול) מסמן את חדירת הטכנולוגיה המשבשת החדשה לשוק. צמד הקווים יוצר צורה של X.



איור 2- דוגמאות להשתלטות טכנולוגיות משבשות על השוק. צירי ה-Y הם שיעור הטכנולוגיה מתוך כלל השוק הרלוונטי. צירי ה-X הם השנה. קווים אדומים הם טכנולוגיות ישנות ששלטו בשוק הרלוונטי עד פריצת הטכנולוגיה המשבשת. קווים כחולים הם טכנולוגיות משבשות בשוק הרלוונטי.³

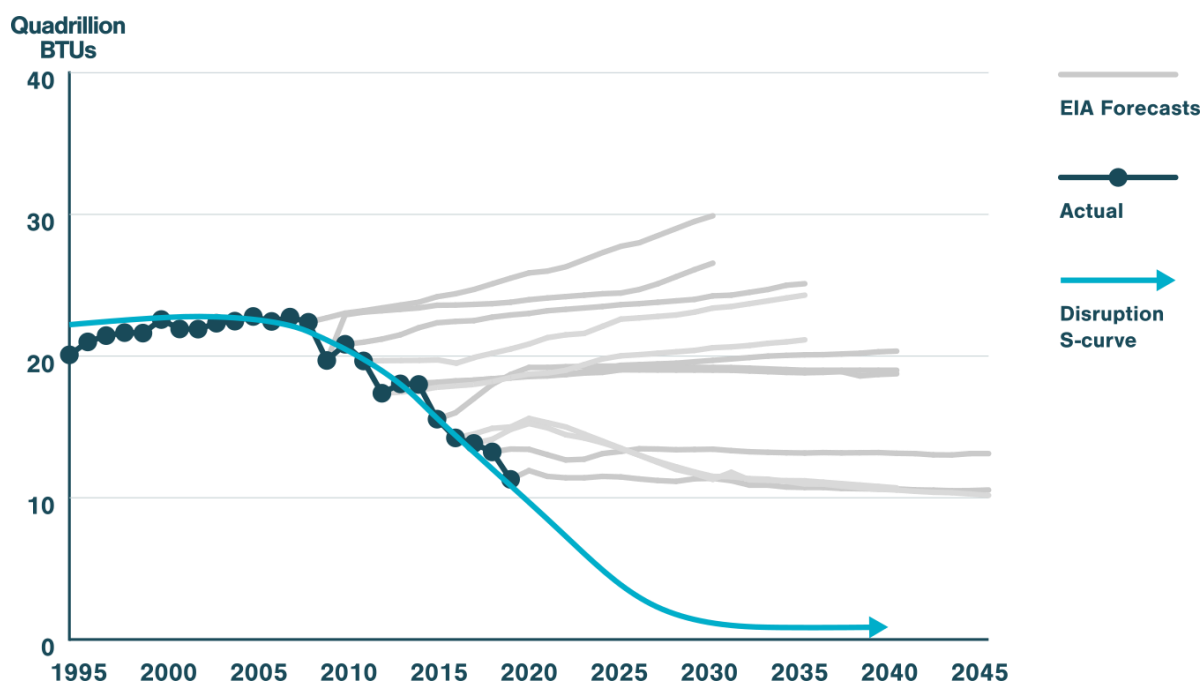
³ Arbib, J., Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Climate Change. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/climate-implications>

3.2 שיבושים טכנולוגיים בסקטור האנרגיה

3.2.1 פחם

3.2.1.1 צניחה בשימוש בפחם

מאז שנות ה-2000, שוק הפחם האמריקאי (וגם שוקי הפחם ברוב מדינות המתפתחות האחרות) עובר שיבוש טכנולוגי ע"י טכנולוגיות משבשות חדשות. ניתן לראות באיור 3 כי היקף השימוש בפחם בארה"ב קפא למעשה בראשית שנות ה-2000, והחל להתכווץ החל מ-2008. סוכנות האנרגיה הבינלאומית (International Energy Agency- IEA), גוף של ה-OECD, מבצעת תחזיות להיקף השימוש בדלקים למדינות ה-OECD וגם לעולם בכלל. ניתן לראות, כי בין 2008-2019, כל תחזיות ה-IEA להיקף השימוש בפחם בארה"ב התבדו כל שנה בשנה. עד 2015, ה-IEA חזה עליה בהיקף השימוש בפחם בעשרות השנים הקרובות, ובין 2016-2019 ה-IEA חזה קפאון או ירידה קלה בעשרות השנים הקרובות. לעומת זאת, היקף השימוש בפחם ירד באופן קבוע, בהתאמה לגרף סיגמואיד של טכנולוגיה ישנה שעוברת שיבוש. זאת, למרות עליה בהיקף הביקוש לאנרגיה בארה"ב.

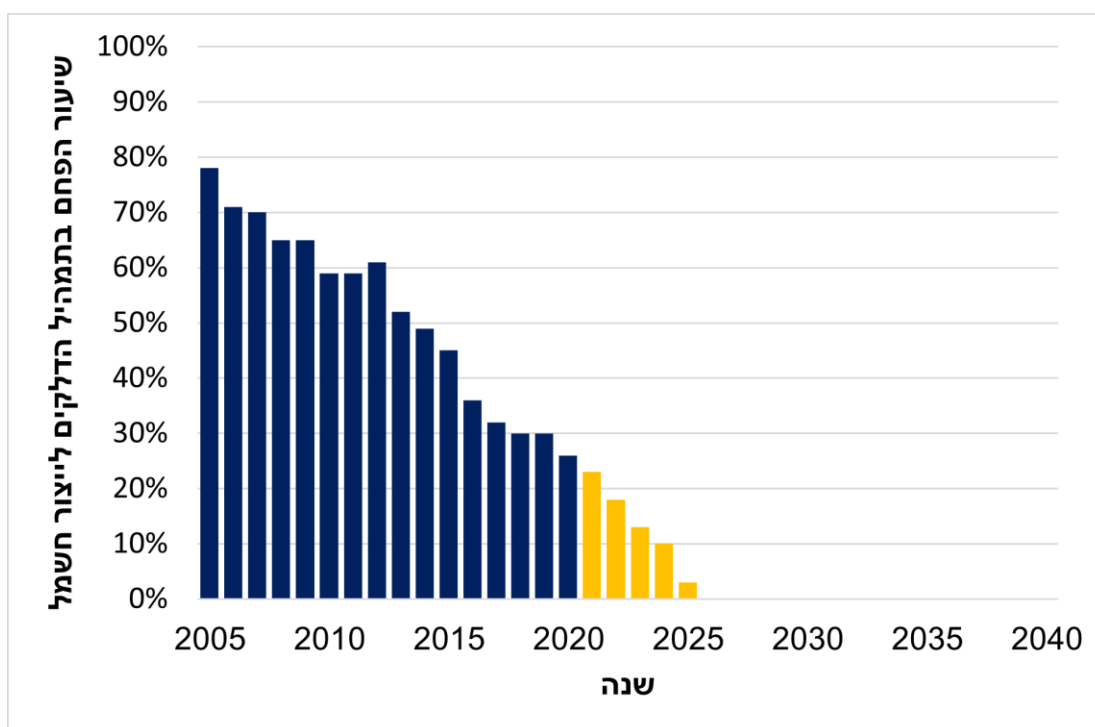


איור 3- כשלון חיזוי היקף השימוש בפחם ע"י ה-IEA. ציר ה-Y הוא היקף השימוש בפחם בארה"ב בקוודריליון 10^{15} (מיליון מיליארד) BTUs (British Thermal Units). ציר ה-X הוא השנה. נקודות וקו כחולים כהים הם היקף השימוש בפחם בפועל בכל שנה בארה"ב. קווים אפורים הן תחזיות של ה-IEA לשימוש בפחם בארה"ב. כל תחזית מתחילה בנקודה שחורה של שימוש בפועל באותה שנה. קו תכלת הוא קו סיגמואיד של טכנולוגיה ישנה שעוברת שיבוש טכנולוגי ע"י טכנולוגיה חדשה ⁴.

⁴ Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

איך גוף מומחה באנרגיה כושל כך, שנה אחר שנה בתחזיות השימוש בפחם? מכיוון שגוף זה, וגופים רבים מהמיינסטרים, חושבים בצורה לינארית, ולא לוקחים בחשבון דינמיקה של טכנולוגיות משבשות. זאת, למרות שטכנולוגיות משבשות אלו הן בשלות, זמינות, זולות וקצב החדירה שלהן לשוק אקספוננציאלי.

לפי איור 4, גם בישראל ייצור חשמל בתחנות כוח פחמיות עובר שיבוש טכנולוגי. בישראל לא נבנו תחנות כוח פחמיות מעל ל-20 שנה, בוטלה הקמת 2 יחידות ייצור פחמיות בתחנת רוטנברג ב-2017, 4 יחידות ייצור באורות רבין מתוכננות להסגר ב-2022, ושאר יחידות הייצור בארץ יסגרו עד 2025. סה"כ, משיא שימוש בפחם בישראל בשנת 2005, בה 78% מהחשמל יוצר מפחם, היקף השימוש בפחם ירד ל-63% בשנת 2012, צנח ל-24% בשנת 2020, וכאמור צפוי לרדת עד ל-0% בשנת 2026.^{5 6}



איור 4- שיעור הפחם בתמהיל הדלקים לייצור חשמל בישראל. ציר ה-Y הוא שיעור הפחם בתמהיל הדלקים לייצור חשמל באחוזים. ציר ה-X הוא השנה. עמודות כחולות כהות- שיעור פחם היסטורי, עפ"י שימוש בפועל בתחנות כוח פחמיות. עמודות צהובות- תחזית לשיעור הפחם אחרי 2020.^{7 8}

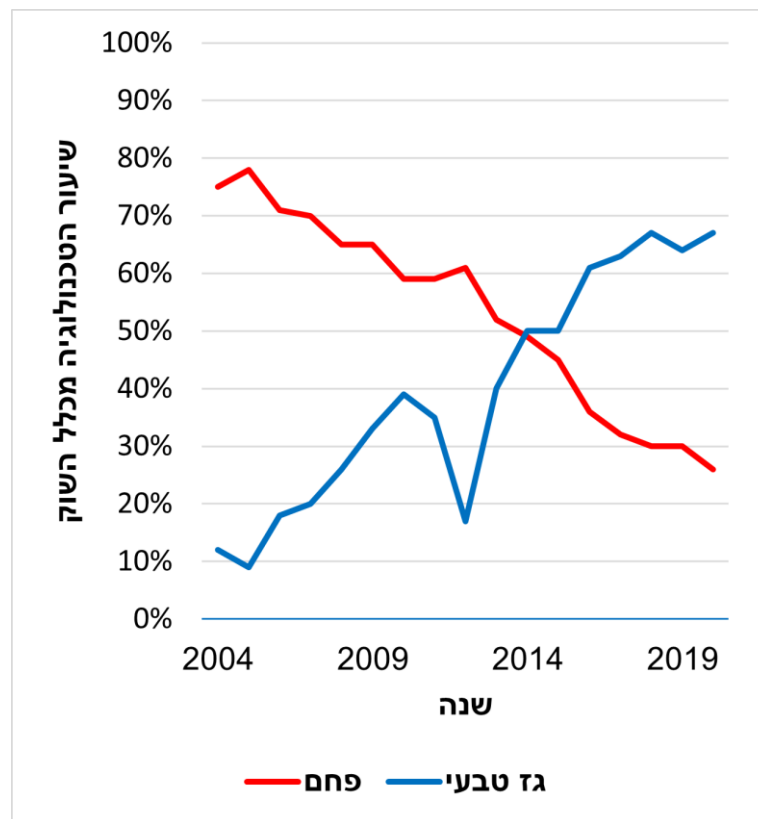
⁵ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2017. רשות החשמל, 2018. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_doch_meshek_hashmal_meshek_hashmal_2017.pdf

⁶ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2020. רשות החשמל, 2021. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_Doveret_press_doch_reslut_hasmal_2020.pdf

⁷ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2017. רשות החשמל, 2018. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_doch_meshek_hashmal_meshek_hashmal_2017.pdf

⁸ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2020. רשות החשמל, 2021. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_Doveret_press_doch_reslut_hasmal_2020.pdf

באיור 5 ניתן לראות את גרף ה-X של השיבוש הטכנולוגי בין פחם וגז טבעי בישראל, על סמך נתונים היסטוריים מרשות החשמל. תוך כ-15 שנים, שיעור השימוש בפחם ברשת החשמל ירד מ-80% ל-20%.



איור 5- גרף X של שיבוש טכנולוגי של פחם בישראל. ציר ה-Y הוא שיעור הטכנולוגיה מתוך כלל ייצור החשמל בישראל. ציר ה-X הוא השנה. קו אדום הוא שיעור הפחם, וקו כחול הוא שיעור הגז הטבעי.^{9 10}

3.2.1.2 מקדם הספק של פחם

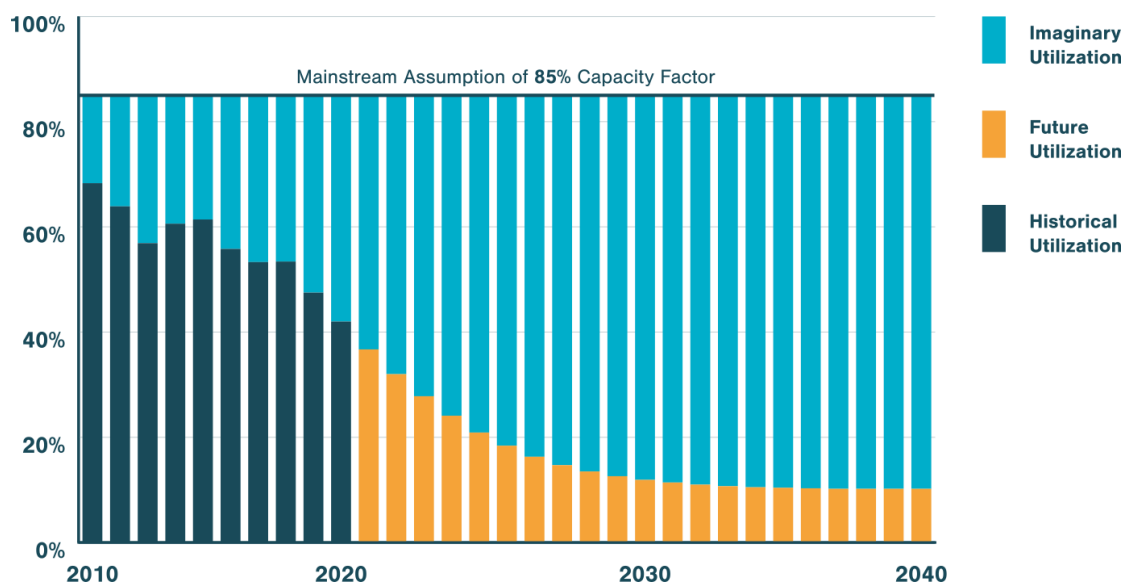
לכל מתקן להפקת חשמל ניתן לחשב פרמטר בשם מקדם הספק (Capacity Factor). מקדם זה מראה כמה יחידות ייצור חשמל מייצר המתקן בשנה מתוך כושר ייצור המקסימלי שלו. מקדם ההספק, מכיל בתוכו שקלול של זמנים בהם תחנת הכוח עובדת, לא עובדת, או עובדת בתפוקה לא מלאה. כאשר מקימים תחנת כוח חדשה, ניתן להעריך עבודה מקדם הספק על סמך היקף הפעילות שלה אל מול התפוקה המקסימלית שלה- ככל שאנו צופים שיהיו פחות תקלות, תחזוקה וכדומה; ותהיה יותר דרישה לחשמל מתחנת כוח זו- כך מקדם ההספק יהיה גבוה יותר.

⁹ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2017. רשות החשמל, 2018. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_doch_meshek_hashmal_2017.pdf

¹⁰ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2020. רשות החשמל, 2021. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_Doveret_press_doch_reshut_hashmal_2020.pdf

ניתן לחשב מקדם הספק בפועל אחרי שתחנת הכוח מתחילה לעבוד. למשל, בשנה אחת, בודקים כמה קוט"ש התחנה ייצרה; אל מול הספק הייצור המקסימלי היומי שלה, כפול 365 ימים בשנה. לתחנות כוח פחמיות, נהוג לחשב מקדם הספק של 85%. ז"א, ש-85% מהשנה תחנת הפחם מייצרת 100% מההספק המקסימלי שלה, ש-100% מהשנה היא מייצרת חשמל בהספק של 85% מההספק המקסימלי שלה, או משהו באמצע. אולם, כבר שנים שזהו אינו מקדם ההספק בפועל של תחנות כוח פחמיות. יש לכך מספר סיבות: היקף תקלות ותחזוקה מעבר לתחזית; בשל הזיהום הרב הנגרם משימוש בפחם לייצור חשמל, יש העדפה לייצור חשמל ממקורות נקיים יותר (גז טבעי, גרעין, מתחדשות) על פני שימוש בפחם; ביקורת מקצועית וציבורית על זיהום מתחנות כוח מביאה להשבתה מוחלטת של תחנות כוח לפני סיום חייהן המתוכנן או לחילופין להשבתה זמנית לצורך התקנת אמצעים לצמצום זיהום אוויר (סולקנים למשל).

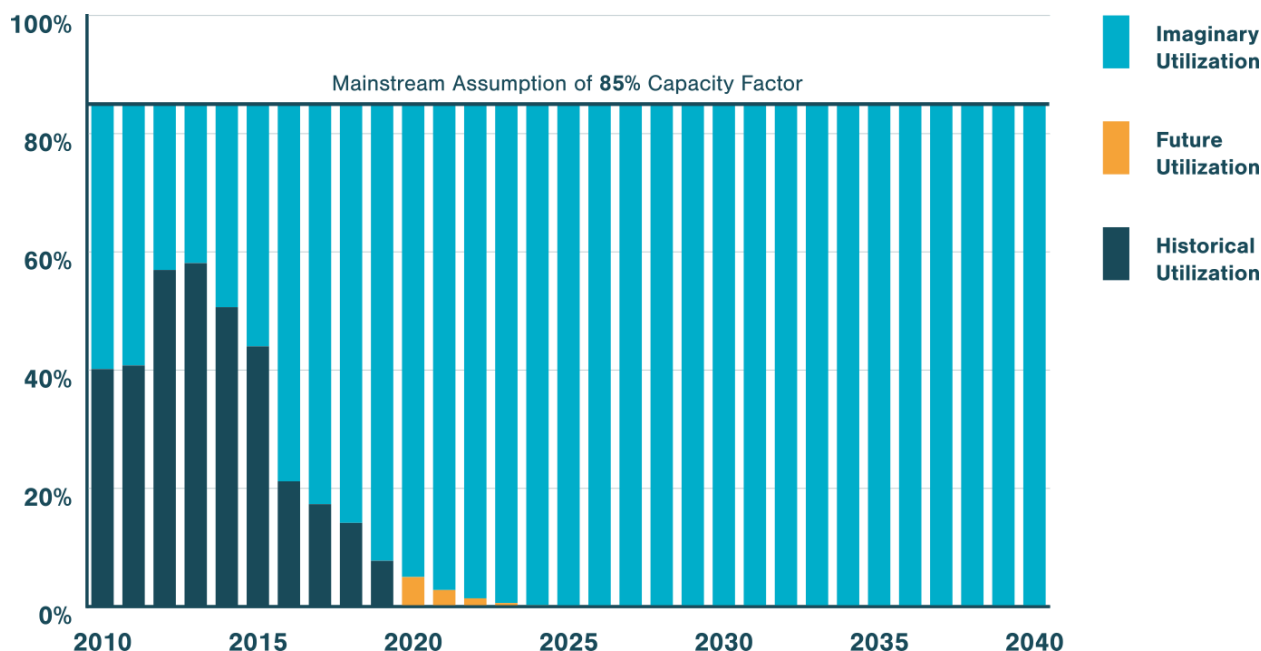
באיור 6 ניתן לראות את מקדם ההספק התיאורטי של תחנות פחם (85%), אל מול מקדם ההספק בפועל של כל תחנות כוח בארה"ב עד שנת 2020 (כחול כהה), וכן תחזית ריאלית למקדם ההספק אחרי 2020 (כתום). ניתן לראות כי כבר ב-2010 מקדם ההספק בפועל היה נמוך בהרבה אל מול מקדם ההספק התיאורטי, ומאז הוא יורד באופן קבוע עד ל-40% ב-2020. זאת, משום שיש ירידה בשימוש בפחם, בעוד ההספק המותקן של תחנות כוח פחמיות לא יורד באותה מהירות. התחזית היא שהוא ימשיך לרדת, בהתאם לגרף סיגמואיד של טכנולוגיה ישנה שעוברת שיבוש.



איור 6- מקדם הספק של תחנות כוח פחמיות בארה"ב. ציר ה-Y הוא מקדם ההספק של פחם בארה"ב באחוזים. ציר ה-X הוא השנה. עמודות כחולות כהות- מקדם הספק היסטורי, עפ"י שימוש בפועל בתחנות כוח פחמיות. עמודות צהובות- תחזית למקדם ההספק אחרי 2020. עמודות תכלת- ההפרש בין מקדם ההספק התיאורטי (85%) לבין מקדם ההספק בפועל או מקדם ההספק החזוי ¹¹.

¹¹ Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

באיור 7 ניתן לראות את מקדם ההספק של כל תחנות הכוח הפחמיות בבריטניה. כאן קריסת מקדם ההספק של הפחם דרמטית עוד יותר מאשר בארה"ב, וגם היא מתנהגת כגרף סיגמואיד של טכנולוגיה ישנה שעוברת שיבוש.



איור 7- מקדם הספק של תחנות כוח פחמיות בבריטניה. ציר ה-Y הוא מקדם ההספק של פחם בבריטניה באחוזים. ציר ה-X הוא השנה. עמודות כחולות כהות- מקדם הספק היסטורי, עפ"י שימוש בפועל בתחנות כוח פחמיות. עמודות צהובות- תחזית למקדם ההספק אחרי 2020. עמודות תכלת- ההפרש בין מקדם ההספק התיאורטי (85%) לבין מקדם ההספק בפועל או מקדם ההספק החזוי ¹².

לאור השיבוש הטכנולוגי שעובר על הפחם בישראל (ראו איור 4 ואיור 5), אנו מעריכים כי מקדם ההספק בפועל של פחם בישראל קורס מהר יותר מאשר בארה"ב, אך לאט יותר מאשר בבריטניה.

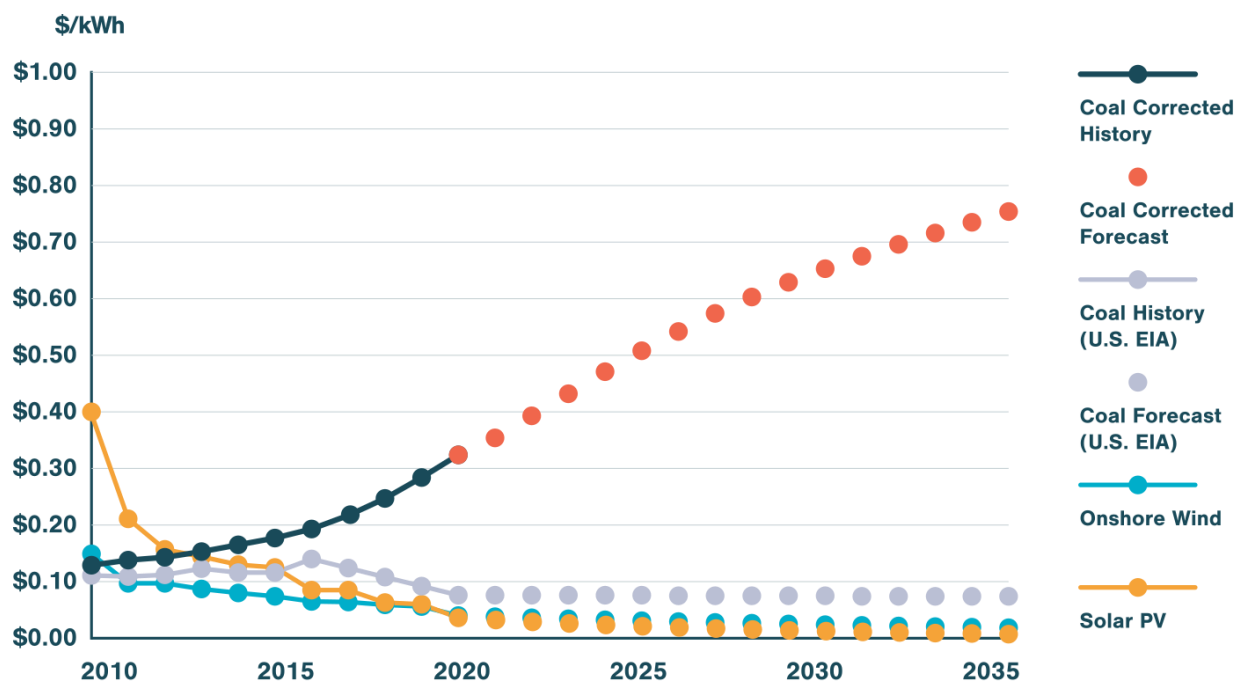
3.2.1.3 מחיר חשמל מפולס של פחם

מחיר חשמל "מפולס" או levelized cost of electricity (LCOE), משקף את העלות אמיתית של ייצור קוט"ש חשמל. הוא לוקח בחשבון את עלות ההקמה, עלות התפעול ועלות תחזוקה של מתקן להפקת חשמל על פני כל שנות חיי המתקן, ומחלק אותם בהיקף ייצור החשמל על פני כל שנות חיי המתקן. ככל שהיקף הייצור יורד (תקלות, סגירת תחנת כוח לפני מועד הסגירה שיועד

¹² Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

לה במקור, העדפת הפעלת מתקן אחר) או ככל שעלות ההקמה, ההפעלה והתחזוקה עולים (למשל, תוספת אמצעים לצמצום פליטות), ה-LCOE עולה.

כאשר מתכננים תחנת כוח חדשה, ה-LCOE המקורי של תחנת כוח, מחושב באמצעות ההספק המותקן של תחנת הכוח, מקדם ההספק התיאורטי של תחנת הכוח, עלות ההון, עלות התפעול ועלות התחזוקה של תחנת הכוח. ככל שההספק המותקן ומקדם ההספק גבוהים יותר; וככל שעלויות ההון, התפעול והתחזוקה נמוכים יותר- כך ה-LCOE נמוך יותר. ככל שה-LCOE נמוך יותר, עלות המחיה במדינה, עלות הייצור במדינה, עלות התחבורה החשמלית- כולן נמוכות יותר. באיור 8 ניתן לראות באפור את נתוני ה-LCOE שחישוב ה-IEA עבור כל תחנות הכוח הפחמיות בארה"ב. אולם, חישוב זה שגוי. זאת מכיוון שה-IEA התייחס למקדם הספק גבוה ולא ריאלי של תחנות כוח פחמיות (ראו איור 6). לעומת זאת, חישוב ה-LCOE אשר התבצע באמצעות מקדם ההספק בפועל של תחנות הפחם (אשר לקח בחשבון את הירידה הניכרת בשימוש בפחם בארה"ב), מראה את ה-LCOE האמיתי ההיסטורי (כחול כהה).



איור 8- מחירי חשמל "מפולס" (LCOE) של פחם ואנרגיות מתחדשות מודרניות בארה"ב. ציר ה-Y הוא מחיר בדולרים לקילוואט-שעה. ציר ה-X הוא השנה. LCOE- levelized cost of electricity. קווים רציפים- מידע היסטורי. נקודות בלבד- תחזית לעתיד. אפור- מחיר חשמל מפולס של פחם עפ"י ה-IEA (חישוב עם מקדם הספק שגוי). כחול כהה- מחיר חשמל מפולס של פחם בפועל עפ"י חישוב עם מקדם הספק אמיתי. אדום- תחזית למחיר חשמל מפולס של פחם עפ"י חישוב עם מקדם הספק אמיתי. תכלת- מחיר חשמל מפולס של אנרגיית רוח יבשתית. צהוב- מחיר חשמל מפולס של פאנלים סולאריים.¹³

¹³ Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

באדום אפשר לראות את ה-LCOE החזוי, על בסיס מקדם ההספק החזוי (ראו איור 6). ככל שיועד היקף השימוש בפחם, עולה ה-LCOE האמיתי. כמו כן, בניגוד ל-LCOE של פחם, ה-LCOE של חשמל מתחדש מודרני צולל מטה, וכבר ירד מתחת לעלות הפחם בין 2011-2013. ב-2020 ה-LCOE של פחם היה כבר יקר פי 8 מזה של אנרגיות מתחדשות מודרניות.

למה זה קורה? מכיוון ששוק החשמל חווה בעשור וחצי האחרונים כניסה של טכנולוגיה משבשת-גז טבעי. גז טבעי זול יותר ונקי יותר מפחם, ולכן תחנות כוח פחמיות נסגרו, הוסבו לתחנות כוח על גז טבעי, לא הוקמו תחנות כוח פחמיות והוקמו תחנות כוח גזיות חדשות. תחנות כוח פחמיות שהיו אמורות לפעול 40 שנה, ולפי חישוב זה נקבע ה-LCOE המקורי שלהן, נסגרו מוקדם מהצפוי, או שלא נסגרו אבל הופעלו הרבה פחות ממה שתוכנן בשביל לצמצם זיהום אוויר. התוצאה היא שה-LCOE האמיתי שלהן, עלה, כי הן בפועל מייצרות פחות קוט"שים, אבל מחיר ההקמה והתפעול שלהן נשאר זהה וכבר הושקע.

בנוסף, מכה נוספת לפחם באה בדמות האנרגיות המתחדשות המודרניות, שהן טכנולוגיות משבשות נוספות. כניסה שלהן לשוק החשמל הורידה עוד יותר את ההיגיון הכלכלי והסביבתי להשתמש בפחם, מה שהביא לצניחה נוספת בהיקף השימוש בפחם.

בישראל, בשל תגליות הגז הטבעי המקומיות, העלות היחסית גבוהה של שימוש בפחם, העלייה במודעות להשפעות הסביבתיות והבריאותיות השליליות של שימוש בפחם, והרצון לצמצם שימוש בדלקים מיובאים- אפשר גם לראות מגמה זאת. בעשור הקודם בוטלה תוכנית להקים יחידות ייצור פחמיות חדשות בתחנת הכוח רוטנברג באשקלון, הוחלט על סגירת 4 יחידות ייצור פחמיות בתחנת הכוח אורות רבין בחדרה ב-2022, הוחלט על הוספת סולקנים לצמצום זיהום האוויר ביחידות הפחמיות הנותרות באורות רבין (השקעה כספית עצומה לא מתוכננת בערוב ימיהן של היחידות), על עדיפות לשימוש בגז טבעי ובאנרגיות מתחדשות על פני השימוש בפחם עוד לפני השבתת יחידות הייצור הפחמיות, ועל הפסקת השימוש בפחם באופן סופי בישראל בשנת 2025.

14 15

תוחלת החיים הממוצעת של תחנת כוח פחמית בעולם היא 46 שנים, ויש תחנות כוח פחמיות רבות אשר פועלות 50-60 שנים¹⁶. אולם, בישראל, ההחלטה על הפסקת השימוש בפחם,

¹⁴ המועצה הארצית לתכנון ובנייה אישרה הקמת שתי יחידות ייצור חדשות בתחנת הכוח "אורות רבין" שיופעלו בגז טבעי במקום בפחם. משרד האנרגיה, 2020. https://www.gov.il/he/Departments/news/ng_070120

¹⁵ שר האנרגיה, ד"ר יובל שטייניץ: "עד סוף 2020, יופחת השימוש בפחם בכ-20% נוספים. זהו צעד נוסף במדיניות שקבענו לגמילת ישראל מאנרגיה מזדממת והפחתת זיהום האוויר". משרד האנרגיה, 2020.

https://www.gov.il/he/Departments/news/press_240620

¹⁶ Cui, R.Y., Hultman, N., Edwards, M.R. et al. Quantifying operational lifetimes for coal power plants under the Paris goals. *Nat Commun* **10**, 4759 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-12618-3>

הביאה לכך שתוחלת החיים הממוצעת של יחידות הייצור הפחמיות תהיה 34 שנים בלבד. ז"א, 12 שנים או 26% פחות, לעומת הממוצע לתחנות כוח פחמיות^{17 18}.

המשמעות היא שבמקום שעלות ההקמה של יחידת ייצור תתפרס על פני 46 שנות ייצור חשמל בממוצע עם מקדם הספק גבוה, היא מתפרסת על פני 34 שנים בלבד. כמו כן, השבתת יחידות ייצור לצורך התקנת סולקנים מורידה את מקדם ההספק של הפחם, ומעלה את העלות ההונית של תחנות הפחם. גם העדפת ייצור חשמל ע"י אנרגיות מתחדשות וגז טבעי מורידה את מקדם ההספק של תחנות הכוח הפחמיות. כל הגורמים הללו אלו גרמו בפועל לעליה תלולה ב-LCOE של פחם בישראל בעשור האחרון, אף מעל לזה של ארה"ב.

3.2.2 גז טבעי

3.2.2.1 התחיל קיפאון עולמי בשוק הגז הטבעי

אמנם, זה די ברור שפחם שייך להיסטוריה. אבל, מה עם גז טבעי? בישראל, המדינה וחברות האנרגיה עדיין מדברות עליו כדלק העתיד, ל-30 השנים הקרובות לפחות. האם הגז הטבעי, שביצע שיבוש טכנולוגי לפחם, יישאר לשלוט במשק האנרגיה בעשורים הקרובים?

כמו שההיסטוריה הטכנולוגית מלמדת אותנו, טכנולוגיה משבשת לא חסינה משיבושים הנגרמים מטכנולוגיות משבשות אחרות טובות יותר. לעיתים, הטכנולוגיה המשבשת מתחילה לעבור שיבוש בעצמה עוד לפני שהצליחה להשתלט על כל השוק. זאת, בעיקר בעשורים האחרונים בהם יש האצה של התפתחויות טכנולוגיות.

בעוד הגז הטבעי טרם השלים את השיבוש הטכנולוגי שהוא מבצע לפחם, אנו כבר רואים ראיות לעצירת הצמיחה בשוק הגז הטבעי בעולם המפותח, ואף לפגיעה בהיקף השימוש בגז טבעי. למשל- מבוטלות הקמת תחנות כוח המופעלות בגז טבעי, ובעיקר תחנות פיקריות יקרות, ועל חשבונן מוקמות תחנות כוח מבוססות אנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה. בעולם, וגם בישראל

19 20 21 22 23

¹⁷ תחנת הכוח רוטנברג. חברת החשמל. מט"ח. <https://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=4504>

¹⁸ תחנת הכוח אורות רבין. חברת החשמל. מט"ח. <https://lib.cet.ac.il/Pages/item.asp?item=4563>

¹⁹ בוטלה תחנת הכוח בשרון. ישראל היום, 2020. <https://www.israelhayom.co.il/article/817181>

²⁰ למרות ההתנגדות: שתי תחנות כוח גדולות אושרו להפקדה. גלובס, 2021.

<https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001356791>

²¹ מסתמן: תחנת הכוח OPC2 לא תוקם בחדרה בקרוב. Infospot, 2021.

https://infospot.co.il/n/OPC2_Power_Station?utm_source=%D7%A0%D7%99%D7%95%D7%96%D7%9C%D7%98%D7%A8+%D7%97%D7%93%D7%A9%D7%95%D7%AA+%D7%90%D7%99%D7%9B%D7%95%D7%AA+%D7%A1%D7%91%D7%99%D7%91%D7%94&utm_campaign=bba3f23145-88_COPY_01&utm_medium=email&utm_term=0_9

²² California utility PG&E breaks ground on 730MWh Moss Landing battery project. Energy Storage News, 2021.

<https://www.energy-storage.news/news/california-utility-pge-breaks-ground-on-730mwh-moss-landing-battery-project>

²³ World's Largest Grid-Storage Project Comes Online in California. IBEW, 2021.

https://www.ibew.org/media-center/Articles/21Daily/2105/210510_World

בארה"ב יש בשנים האחרונות ירידה תלולה בקצב הקמת תחנות כוח מונעות בגז טבעי. בטקסס, המדינה שהכי מזוהה עם הפקת דלקי מאובנים בארה"ב, נבלמה העלייה בייצור החשמל באמצעות גז טבעי שהחלה בתחילת שנות ה-2000, ואף לא הייתה כמעט עליה בהיקף המותקן של יצור החשמל מגז טבעי בין 2017-2021. במקום לעבור מפחם לגז טבעי, עברו למתחדשות מודרניות. ב-2020, כבר 25% מייצור החשמל בטקסס היה ממקורות מתחדשים²⁴. באוסטרליה קבעו מומחים כי כבר ב-2020 לא היה היגיון כלכלי בהקמת תחנות כוח פיקריות חדשות הפועלות על גז טבעי²⁵.

כפי שניתן לראות באיור 9, היקף ההספק המותקן השנתי של תחנות כוח שאינן עובדות על אנרגיה מתחדשת היה בעל ממוצע של 110 GW עד 2014, ומאז הוא ירד עד לכ- 55 GW ב-2020. לעומת זאת, היקף ההספק המותקן השנתי של תחנות כוח אשר עובדות על אנרגיות מתחדשות, עולה באופן רציף מ- 20 GW ב-2002, ועד 260 GW ב-2020. בשנת 2020, 80% מכל ההספק המותקן השנתי בעולם היה של אנרגיות מתחדשות²⁶. בישראל גם ניתן לראות שינוי ברמה משקית, כאשר במקום לייצר 90% מכלל החשמל מגז טבעי ו-10% מאנרגיות מתחדשות, כפי שהיה התכנון עד 2020, כעת משק החשמל מתכוון לייצור של 70% בלבד מהחשמל ע"י גז טבעי ו-30% ע"י מתחדשות ב-2030²⁷.

²⁴ U.S. Power Sector Outlook 2021. IEEFA, 2021.

http://ieefa.org/wp-content/uploads/2021/03/US-Power-Sector-Outlook_March-2021.pdf

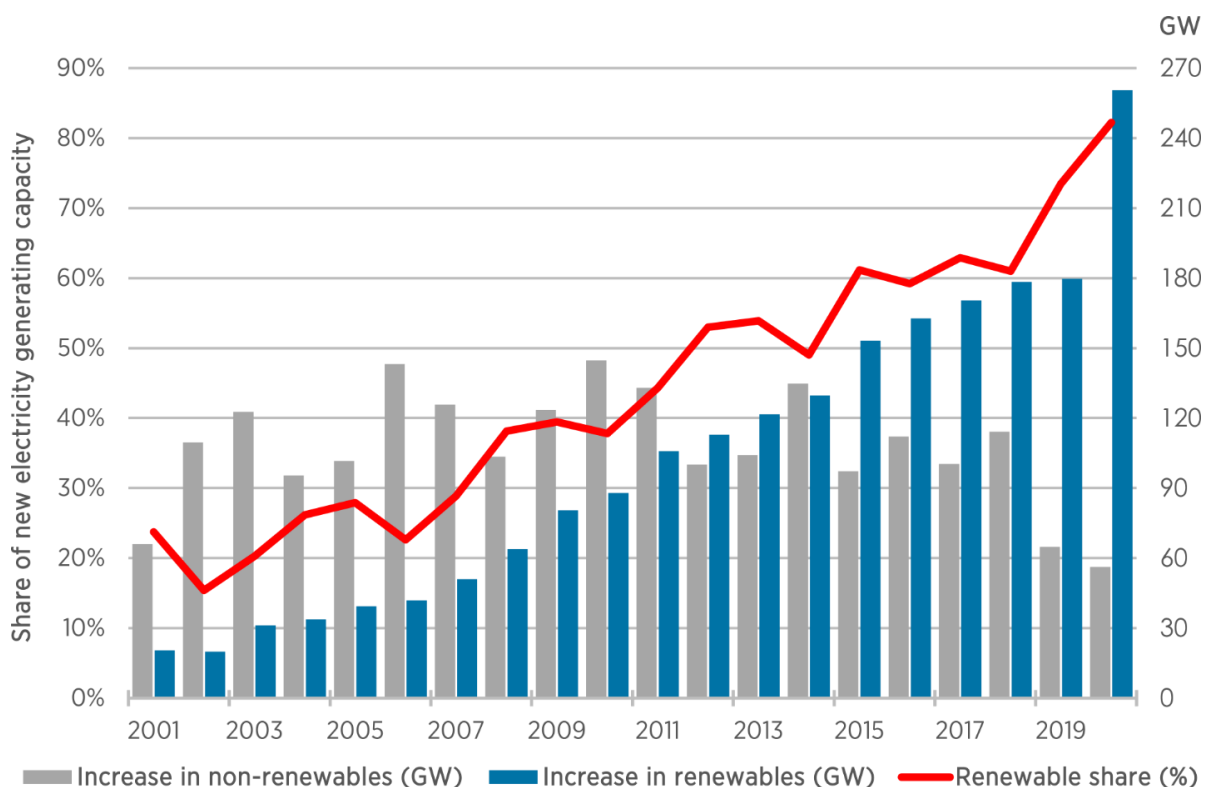
²⁵ 'No longer economically rational to build gas peakers in Australia'. Andy Colthorpe. 2021. Energy Storage News.

https://www.energy-storage.news/no-longer-economically-rational-to-build-gas-peakers-in-australia/?utm_source=rss-feeds&utm_medium=rss&utm_campaign=general

²⁶ World Adds Record New Renewable Energy Capacity in 2020. IRENA, 2021.

<https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2021/Apr/World-Adds-Record-New-Renewable-Energy-Capacity-in-2020>

²⁷ קידום אנרגיות מתחדשות במשק האנרגיה הישראלי. משרד האנרגיה, 2021.
https://www.gov.il/he/departments/general/renewable_energy



איור 9- התקנת מתקני יצור חשמל בעולם בין 2001-2020. ציר ה-X הוא השנה. ציר ה-Y הימני הוא היקף הספק מותקן שנתי של מתקני יצור חשמל בעולם ב-GW. באפור- הספק מותקן (GW) של מתקני יצור חשמל שאינם של אנרגיה מתחדשת. בכחול- הספק מותקן (GW) של מתקני יצור חשמל של אנרגיה מתחדשת. ציר ה-Y השמאלי הוא שיעור (%) ההספק המותקן מתוך כלל ההספק המותקן השנתי של מתקני יצור חשמל. הגרף האדום הוא שיעור ההספק המותקן השנתי (%) של אנרגיות מתחדשות.

3.2.2.2 עליה בהתקנת מתקני אנרגיות מתחדשות ואגירה וצניחה במחיריהם

מדוע כל זה קורה? בשל המודעות ההולכת וגוברת לשינוי אקלים, יש לחץ ציבורי הולך ועולה לצמצום שימוש בדלקי מאובנים, כולל גז טבעי. בישראל לחץ זה עדיין לא מאוד חזק, אבל הוא מתחזק, וכבר רואים בשנים האחרונות התנגדויות ציבוריות להקמת תחנות כוח המונעות בגז טבעי. במקביל, התקדמות בפיתוח אנרגיות מתחדשות מודרניות וטכנולוגיות אגירה, וכן התגברות בקצב התקנת טכנולוגיות אלו בעולם, מיעילים ומוזילים את הטכנולוגיות הללו. בעשורים האחרונים, מחירי הפקת אנרגיות מתחדשות מודרניות ואף מחירי אגירת אנרגיה, יורדים באופן אקספוננציאלי (מעריכי). באיור 10, ניתן לראות את ירידת המחירים של הקמת מתקני פאנלים סולאריים ומתקני אגירת אנרגיה מבוססי ליתיום-יון בעשור האחרון, וכן צפי להמשך

ירידת מחירים דומה בעשור הקרוב^{28 29 30}. במקביל, ניתן לראות עליה אקפוננציאלית בהתקנת פאנלים סולאריים וסוללות ליתיום-יון לאגירת אנרגיה. המשך ירידות המחירים של טכנולוגיות השיפור שלהן, כמו גם ההכרה בסיכון משינוי אקלים- יאיצו עוד יותר את התקנת אותן טכנולוגיות. אגב, בדומה לכישלונות החוזרים והנשנים של ה-IEA ודומיו בחיזוי היקף השימוש בפחם וב-LCOE של פחם, כפי שפורט בפרק 1.2.1, תחזיות היקף השימוש באנרגיה סולארית ובמחירי אנרגיה סולארית של אותם גופים, גם נחל כישלון, באופן הפוך. אותם גופים חזו כי קצב החדירה של אנרגיה סולארית יהיה נמוך יותר, וכי מחירה יישאר גבוה לאורך זמן רב יותר. שוב, בשל חוסר היכולת להתייחס לדינמיקה של טכנולוגיות משבשות³¹.

מחירי יצור חשמל ממתקנים פוטו-וולטאיים ומטורבינות רוח, ומחירי אגירת אנרגיה- ירדו ב-60% בעשור האחרון^{32 33 34 35 36}. כיום, ניתן לספק אנרגיה מתחדשת, בדגש על חשמל פוטו-וולטאי, במחירים זולים משמעותית לעומת כל מקור אנרגיה אחר בעולם, ובישראל. זאת, ללא כל סובסידות, ואפילו כולל אגירת אנרגיה. כבר בשנת 2019, בישראל, נסגרו מכרזים לאנרגיה פוטו-וולטאית קרקעית ב-15-8 אגורות לקוט"ש^{37 38}; ובשנת 2020 נסגרו בישראל מכרזים לאנרגיה פוטו-וולטאית הכוללת אגירה ב-20-18 אגורות לקוט"ש אגור^{39 40 41}. זאת, אל מול -24 אגורות לייצור קוט"ש חשמל באמצעות גז טבעי.

²⁸ US National Renewable Energy Lab forecasts rapid cost reduction for battery storage to 2030. Energy Storage News. 2021. https://www.energy-storage.news/us-national-renewable-energy-lab-forecasts-rapid-cost-reduction-for-battery-storage-to-2030/?utm_source=rss-feeds&utm_medium=rss&utm_campaign=general

²⁹ Arbib, J., Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Climate Change. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/climate-implications>

³⁰ Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. Rupert Way et al. 2021. The Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School (INET Oxford).

³¹ Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. Rupert Way et al. 2021. The Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School (INET Oxford). <https://www.inet.ox.ac.uk/publications/no-2021-01-empirically-grounded-technology-forecasts-and-the-energy-transition/>

³² Renewables 2021 Global Status Report. REN21, 2021. <https://www.ren21.net/gsr-2021/>

³³ The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX, 2021. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

³⁴ U.S. Power Sector Outlook 2021. IEEFA, 2021. http://ieefa.org/wp-content/uploads/2021/03/US-Power-Sector-Outlook_March-2021.pdf

³⁵ We Have The Power. Environment America. 2021. <https://environmentamerica.org/feature/ame/we-have-the-power>

³⁶ Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. Rupert Way et al. 2021. The Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School (INET Oxford). <https://www.inet.ox.ac.uk/publications/no-2021-01-empirically-grounded-technology-forecasts-and-the-energy-transition/>

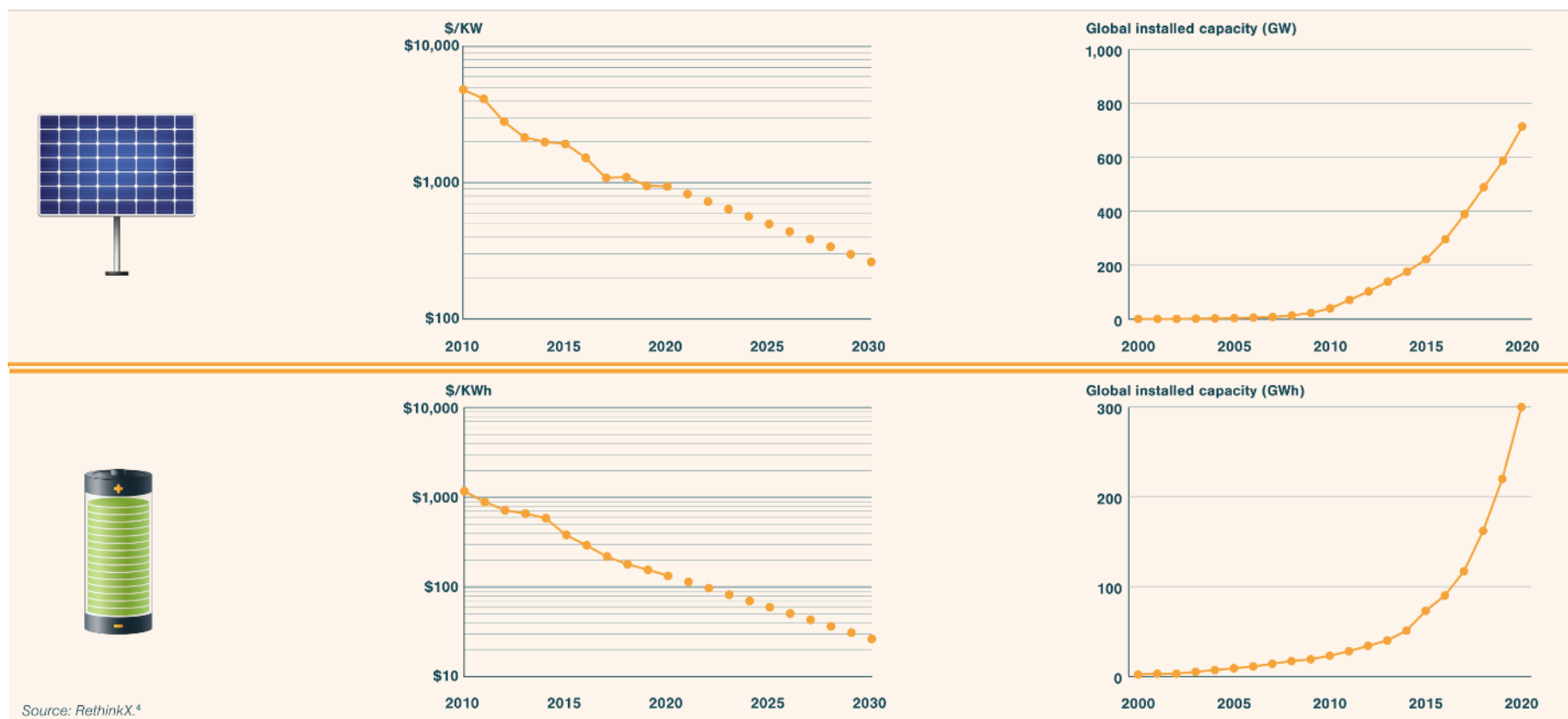
³⁷ מחיר החשמל הסולארי צלל - וישראל בדרך למהפכת אנרגיה נוספת, אורה קורן, דה מרקר, 2019. <https://www.themarket.com/dynamo/.premium-1.7182575>

³⁸ EDF-RE הצרפתית זכתה במכרז להקמת שדה סולארי חדש באשלים. ליאור גוטמן, כלכליסט, 2019. <https://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3764122,00.html>

³⁹ מהפכה בישראל: חשמל סולארי עם אגירה - זול מתעריף חברת החשמל. יורם גביזון, דה מרקר, 2020. <https://www.themarket.com/markets/1.8993067>

⁴⁰ החשמל הזול בישראל: שבע חברות יקימו תחנות סולאריות בהספק כולל של 609 מגה-וואט. ישראל פישר ויורם גביזון, דה מרקר, 2020. <https://www.themarket.com/dynamo/.premium-1.9404889>

⁴¹ הזול בישראל: מכרזי אגירת האנרגיה מקרבים את סופה של תעשיית הנפט והגז. יורם גביזון, דה מרקר, 2020. <https://www.themarket.com/markets/.premium-1.9408351>



איור 10- מחירים והיקפי התקנה של פאנלים סולאריים וסוללות לאגירת אנרגיה בעולם. חלק עליון- פאנלים סולאריים, חלק תחתון- סוללות ליתיום-יון. ציר ה-X הם השנה. הגרפים השמאליים: סקאלה לוגריתמית. ציר ה-Y הוא מחיר בדולרים אמריקאים לקילוואט (KW) מותקן או לקילוואט-שעה (KWh) מותקן. הנתונים עד 2020 (קו רציף) הם המחיר ההיסטורי בפועל, ואחרי 2020 (נקודות בלבד) הם, תחזית מחושבת. הגרפים הימניים: סקאלה לינארית. ציר ה-Y הוא הספק עולמי מותקן בג'יגהוואט (GW) או בג'יגהוואט-שעה (GWh). מקורות: NREL (National Renewable Energy Laboratory), RethinkX^{42 43}

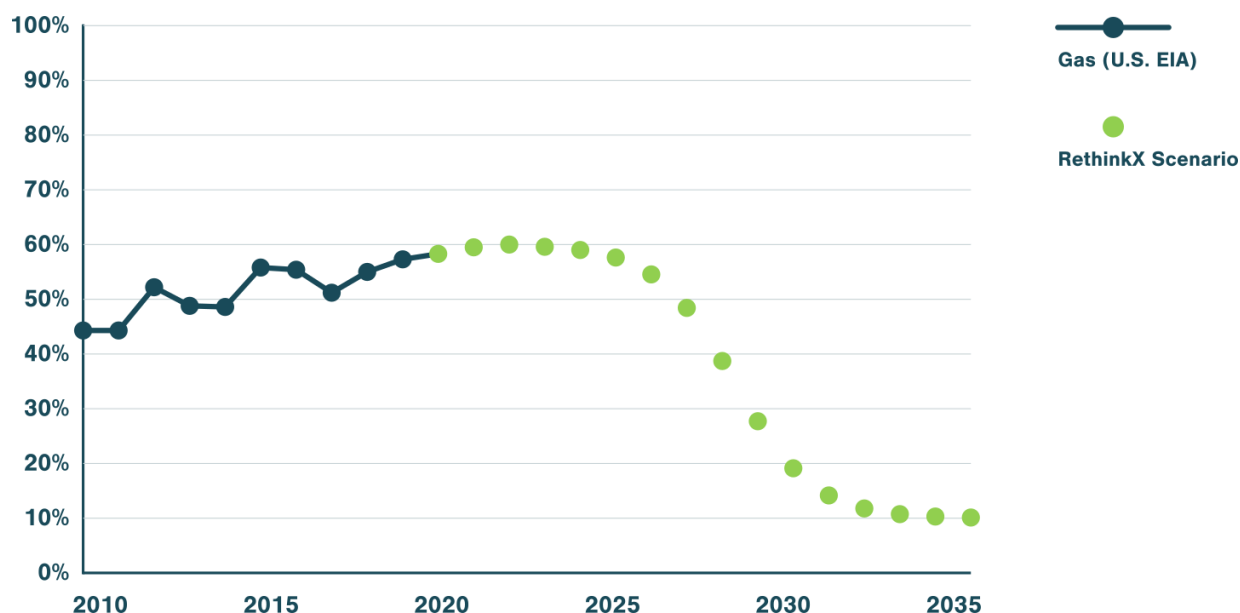
⁴² Dorr, A., & Seba, T. (2020). Rethinking Energy: Solar, Wind and Batteries is Just the Beginning. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-reports>

⁴³ Arbib, J., Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Climate Change. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/climate-implications>

טכנולוגיות האגירה הזולות ביותר הבשלות כיום מספקות אגירה לפחות ל-4 שעות (סוללות ליתיום-יון), מה שמאפשר הסטת שיא ייצור האנרגיה הפוטו-וולטאית משעות הצהריים לשיא הצריכה בשעות הערב. טכנולוגיות אגירה לטווח ארוך (מעל 10 שעות) כבר בשלות (אגירת חום⁴⁴, אגירה שאובה, סוללות זרימה [מבוססות ונדיום, ברומ-אבץ, ברזל⁴⁵], אגירת אוויר נוזלי⁴⁶, אגירת לחץ אוויר⁴⁷), ובקרוב יצטרפו אליהן טכנולוגיות אגירה זולות יותר לטווח ארוך (אגירת מסה מוצקה⁴⁸).

3.2.2.3 מקדם הספק של גז טבעי

באיו 11, ניתן לראות כי לפי ה-IEA, מקדם ההספק ההיסטורי (כחול כהה) של גז טבעי בארה"ב בין 2010-2020, נמצא בין 45-60% בלבד. בהתאם לדינמיקה של שיבוש טכנולוגי, תחזית מקדם ההספק של גז טבעי, צפויה לרדת בגרף סיגמואידלי, בהתאם להתעצמות השיבוש הטכנולוגי אותו מבצעות האנרגיות המתחדשות המודרניות ואגירת האנרגיה (RethinkX).



איור 11- מקדם הספק של תחנות כוח מונעות בגז טבעי בארה"ב. ציר ה-Y הוא מקדם ההספק של גז טבעי בארה"ב באחוזים. ציר ה-X הוא השנה. כחול כהה- מקדם הספק היסטורי, עפ"י שימוש בפועל בתחנות כוח מונעות בגז טבעי (IEA). נקודות ירוקות- תחזית למקדם ההספק אחרי 2020 (RethinkX)⁴⁹.

⁴⁴ Brenmiller Energy. <https://bren-energy.com/>

⁴⁵ ESS. <https://essinc.com/>

⁴⁶ Highview Power. <https://highviewpower.com/>

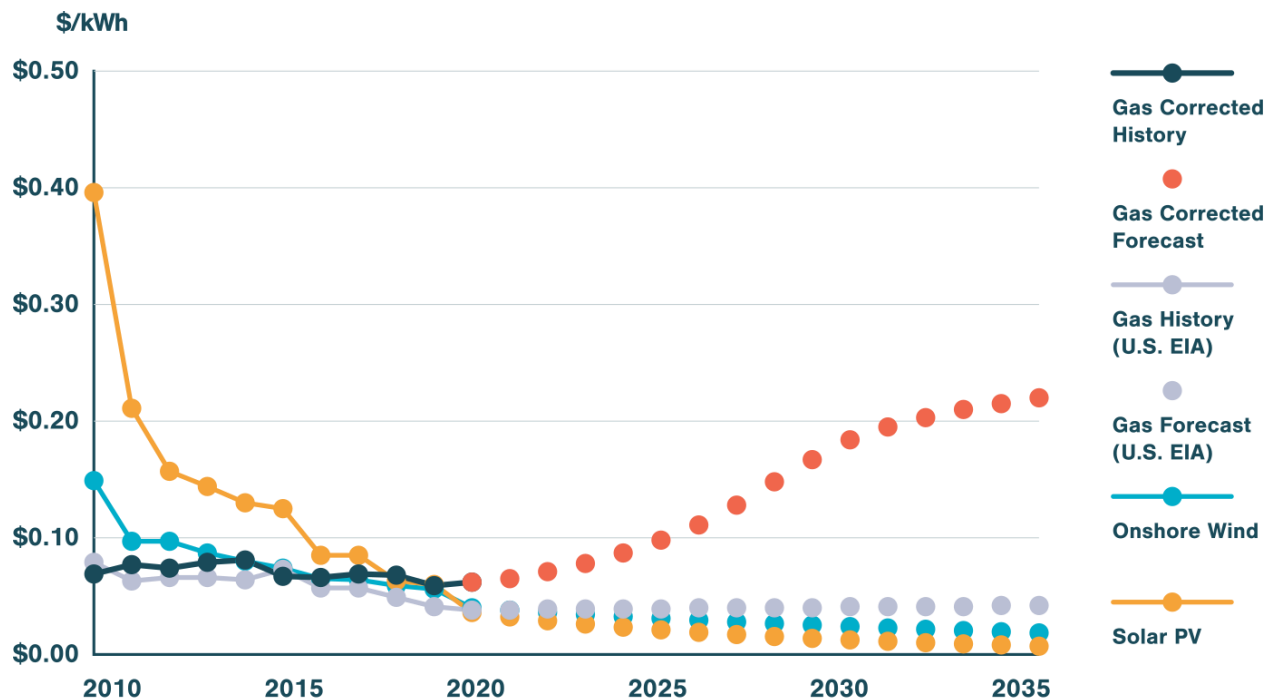
⁴⁷ Augwind. <https://www.aug-wind.com/>

⁴⁸ Energy Vault. <https://energyvault.com/>

⁴⁹ Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

3.2.2.4 מחיר חשמל מפולס של גז טבעי

איור 12, משווה בין מחיר החשמל המפולס של גז טבעי לבין אלו של אנרגיות מתחדשות מודרניות. מחיר החשמל המפולס ההיסטורי שחושב ע"י ה-IEA (קו אפור) הוא יחסית מדויק (דומה לקו הכחול הכהה שחושב ע"י RethinkX), היות והוא חושב באמצעות מקדם הספק אמיתי. מחיר זה יחסית יציב בעשור האחרון, ועפ"י ה-IEA אינו צפוי לרדת, מכיוון שאין אופק לירידה משמעותית במחירי גז טבעי ובמחירי הקמת תחנות כוח המונעות בגז טבעי.



איור 12- מחירי חשמל "מפולס" (LCOE) של גז טבעי ואנרגיות מתחדשות מודרניות בארה"ב. ציר ה-Y הוא מחיר בדולרים לקילוואט-שעה. ציר ה-X הוא השנה. LCOE- levelized cost of electricity. קווים רציפים- מידע היסטורי. נקודות בלבד- תחזית לעתיד. אפור- מחיר חשמל מפולס של גז טבעי עפ"י ה-IEA (חישוב עם מקדם הספק שגוי). כחול כהה- מחיר חשמל מפולס של גז טבעי בפועל עפ"י חישוב עם מקדם הספק אמיתי. אדום- תחזית למחיר חשמל מפולס של גז טבעי עפ"י חישוב עם מקדם הספק אמיתי. תכלת- מחיר חשמל מפולס של אנרגיית רוח יבשתית. צהוב- מחיר חשמל מפולס של פאנלים סולאריים.⁵⁰

מכיוון שה-IEA מתעלם מדינמיקה של טכנולוגיות משבשות, כפי שראינו עם הפחם, התחזית של ה-IEA לעתיד (נקודות אפורות) נמוכה משמעותית מתחזית אשר לוקחת בחשבון שיבוש טכנולוגי (אדום). תחזית אשר לוקחת בחשבון שיבוש טכנולוגי שנגרמת לגז הטבעי, ע"י אנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה (אדום), מראה כי בדומה לתהליך שהתרחש עם פחם בעשור האחרון, מחיר החשמל המפולס של גז טבעי צפוי לעלות באופן ניכר כגרף סיגמואיד.

⁵⁰ Dorr, A., & Seba, T. (2021). Rethinking Energy: The Great Stranding: How Inaccurate Mainstream LCOE Estimates are Creating a Trillion-Dollar Bubble in Conventional Energy Assets. RethinkX. <https://www.rethinkx.com/energy-lcoe>

לעומת גז טבעי, מחיר מפולס של חשמל סולארי היה זול יותר בארה"ב כבר ב-2018, מחיר זה ממשיך לרדת, וצפוי לרדת עוד בשל התייעלות ופיתוחים שמשפרים את המוצר (נקודות צהובות). ב-2035, הצפי הוא כי מחיר מפולס של חשמל מגז טבעי יהיה יקר פי 20 ויותר לעומת חשמל פוטו-וולטאי.

3.3 מעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות ואגירה יחסוך מיליארדים

כבר ב-2015, מחקרים הראו כי הסבת כל רשת החשמל האמריקאית עד שנת 2050 לכזו המבוססת על אנרגיות מתחדשות ואגירה, תעלה אותו דבר כמו המשך הרחבת ותחזוקת הרשת בהתבסס על מקורות אנרגיה קונבנציונאליים (פחם, נפט, גז טבעי, גרעין, הידרואלקטרי). אפילו הסבה של כל משק האנרגיה אפשרית. כאשר לוקחים בחשבון את העלויות החיצוניות של השימוש בדלקי מאובנים, הרבה יותר משתלם כלכלית לעבור למתחדשות ואגירה ^{51 52}.

ממצאים אלו כבר התבררו עוד לפני ההתגשמות המלאה של ירידות המחירים הדרמטיות של תאים פוטו-וולטאיים, טורבינות רוח ושל אגירת אנרגיה; לכל אורכו של העשור האחרון. ארה"ב הציבה לאחרונה יעד להוזיל ב-90% את עלויות אגירת אנרגיה לטווח ארוך, עד 2030 ⁵³. כמו כן, מחקר חדש מראה כי הגשמת תוכנית ה-Green New Deal של ממשל ביידן, כרוכה בהוצאות יחסית צנועות לעומת התועלות העצומות שהיא תביא ⁵⁴.

דוח NZO שפורסם בתחילת 2021, מצא כי גם בישראל, ניתן להסב 95% מרשת החשמל הישראלית לכזו המסתמכת על אנרגיות מתחדשות (בעיקר חשמל פוטו-וולטאי) ואגירה עד 2050, עם יעד ביניים של 50% ב-2030, בעלויות דומות לאלו של 'עסקים כרגיל' (business as usual). שוב, זאת בלי בכלל להכניס לחישוב עלויות חיצוניות, אשר שילובן ישפר עוד יותר את חלופת המתחדשות והאגירה ⁵⁵.

מחקר חדש מספטמבר 2021 של קבוצת חוקרים מאוקספורד, מצא כי הודות לירידות המחירים הדרמטיות במחירי מתחדשות מודרניות ואגירה, והודות לתחזיות המוצקות בדבר המשך ירידות מחירים אלו, מעבר גלובלי לאנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירת אנרגיה לא

⁵¹ Low-cost solution to the grid reliability problem with 100% penetration of intermittent wind, water, and solar for all purposes. Jacobson et al., PNAS, 2015.

<https://www.pnas.org/content/112/49/15060.full>

⁵² אנרגיות טובות (וזולות). דניאל מדר, זווית, 2016.

<https://www.zavit.org.il/%d7%90%d7%a0%d7%a8%d7%92%d7%99%d7%95%d7%aa-%d7%98%d7%95%d7%91%d7%95%d7%aa-%d7%95%d7%96%d7%95%d7%9c%d7%95%d7%aa>

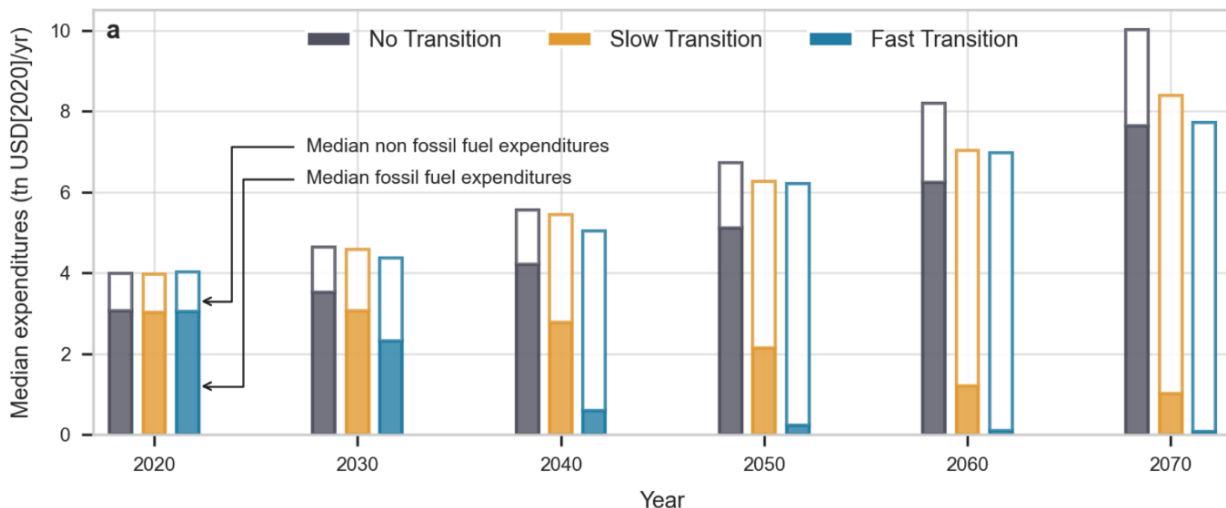
⁵³ Secretary Granholm Announces New Goal to Cut Costs of Long Duration Energy Storage by 90 Percent. US Department of Energy. 2021. <https://www.energy.gov/articles/secretary-granholm-announces-new-goal-cut-costs-long-duration-energy-storage-90-percent>

⁵⁴ The Clean Energy Futures Project. Syracuse University, 2021.

<https://cleanenergyfutures.syr.edu/>

⁵⁵ 95% חשמל ממקורות מתחדשים בישראל עד 2050. NZO, השל. 2021. <https://www.nzo.org.il/the-plan>

רק שלא יהיה יקר יותר מהמשך שימוש בדלקי מאובנים, אלא יחסוך טריליוני דולרים בעלויות ישירות, לא כולל תועלות חיצוניות, בעשורים הקרובים (ראו איור 13). למדינה כמו ישראל צפוי מהלך שכזה לחסוך מיליארדי דולרים בשנה. אם יבוצע מעבר זה במהירות, ניתן להגיע לכמעט אפס פליטות גזי חממה מסקטור האנרגיה תוך 25 שנים⁵⁶.



איור 13- הוצאה חצינית שנתית גלובלית על טכנולוגיות אנרגיה עד 2070. ציר ה-X הוא השנה, וציר ה-Y הוא היקף הוצאות חצינית שנתית בדולרים אמריקאים (USD₂₀₂₀) לשנה. באפור, תרחיש ללא מעבר לאנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה בסקטור האנרגיה. בצהוב, תרחיש מעבר איטי לאנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה בסקטור האנרגיה. בכחול, תרחיש מעבר מהיר לאנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה בסקטור האנרגיה. חלק צבוע בעמודות- הוצאות אנרגיה על טכנולוגיות דלקי מאובנים. חלק לבן בעמודות- הוצאות אנרגיה על טכנולוגיות שאינן דלקי מאובנים.

כאמור, מדובר בטכנולוגיות בשלות, ובחסכונות כלכליים שכבר אפשר לראות בשטח. בשנת 2020, במדינת דרום-אוסטרליה שבאוסטרליה, ל-280,000 בתים (35% מהבתים במדינה) כבר היו פאנלים סולאריים על הגגות. במדינה הוקם מתקן אגירת האנרגיה מבוסס סוללות הגדול בעולם ב-2017, בהספק מותקן של 100MW/129MWh. בשנתיים הראשונות לפעולתו, הוא חסך למדינה 370 מיליון \$, ולאור הצלחתו הוחלט להרחיבו ב-2020 לגודל

⁵⁶ Empirically grounded technology forecasts and the energy transition. Rupert Way, Matthew Ives, Penny Mealy and J. Doynne Farmer. 2021. The Institute for New Economic Thinking at the Oxford Martin School (INET Oxford). <https://www.inet.ox.ac.uk/publications/no-2021-01-empirically-grounded-technology-forecasts-and-the-energy-transition/>

150MW/193MWh⁵⁷ 58 59 60. באורוגוואי, מעבר לאנרגיות מתחדשות מודרניות חסך למדינה מעל ל-744 מיליון דולר בין 2007-2019 (ראו פרק 3.4).

משרד האנרגיה טוען כי עתיד הגז הטבעי הישראלי מובטח, כי גם אם אירופה לא יקנו את הגז שלנו, מדינות מתפתחות ישמחו לקנות אותו. כמו ירדן, מצרים ואולי מדינות נוספות באסיה ובאפריקה. זאת, כי הם מסתמכים על כך שבמדינות אלו היקף השימוש באנרגיה קטן יחסית לגודל האוכלוסייה, והם לרוב עדיין משתמשים בדלקים מזהמים יותר מגז טבעי, כמו פחם, ומזוט. לכן, הרציונאל אומר כי מדינות אלו ישמחו לרכוש גז טבעי ככל אשר נוכל למכור.

אולם, בגיבוש האסטרטגיה שלו, משרד האנרגיה מתעלם מכך שכבר היום, אנרגיה מתחדשת כולל אגירת אנרגיה, זולה יותר מאנרגיה מבוססת גז טבעי, מודולרית וניתנת להקמה כמעט בכל מקום ובכל גודל, לא דורשת תשתית תמיכה מורכבת (כגון צנרת אספקת גז טבעי).

אם ניקח את אפריקה למשל, ונסתכל רגע על שוק התקשורת, נגלה שאזורים רבים באפריקה קפצו ממצב בו לא הייתה להם כלל תקשורת לטווח רחוק, למציאות בה יש לרבים מהתושבים טלפונים ניידים "טיפשים" או "חכמים". זאת אומרת, הם קפצו לחלוטין על שימוש בטלפונים ניידים להם תשתית מסורבלת ויקרה, אל טלפונים ניידים "טיפשים" או "חכמים" עם תשתית זולה, גמישות הפעלה ושימוש.

בהתאמה, בשוק האנרגיה, סביר מאוד להניח כי תתרחש באזורים שכאלו קפיצה דומה: ממצב בו יש הסתמכות על אנרגיה מסורתית בלבד (אש, שמש), לשימוש באנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירת אנרגיה. למעשה, אנו כבר רואים זאת מתרחש לנגד עינינו- אזורים באפריקה ובאסיה שלא הייתה להם גישה לאנרגיה מודרנית, מתחילים להנות מאנרגיות מתחדשות (פאנלים סולאריים, טורבינות רוח קטנות, חשמל הידרואלקטרי זעיר) ואגירת אנרגיה- מבלי שהם אפילו מחוברים לרשת חשמל לאומית מרכזית.

התייחסות לעליית מחירי האנרגיה בסתיו 2021, ניתן למצוא במסמך משבר האנרגיה העולמי של סתיו 2021 והגז הטבעי הישראלי⁶¹.

⁵⁷ Horns Dale Power Reserve. 2021 <https://hornsdalespowerreserve.com.au/>

⁵⁸ Horns Dale Power Reserve- Year 1 Technical and Market Impact Case Study. aurecon. 2019. <https://hornsdalespowerreserve.com.au/wp-content/uploads/2020/07/Aurecon-Horns-Dale-Power-Reserve-Impact-Study-year-1.pdf>

⁵⁹ Horns Dale Power Reserve- Year 2 Technical and Market Impact Case Study. aurecon. 2020. <https://hornsdalespowerreserve.com.au/wp-content/uploads/2020/07/Aurecon-Horns-Dale-Power-Reserve-Impact-Study-year-2.pdf>

⁶⁰ Tesla battery in South Australia expanded by 50 per cent, energy minister lauds benefits. Sara Tomevska. 2020. ABC News. <https://www.abc.net.au/news/2020-09-02/tesla-battery-expanded-as-sa-energy-minister-lauds-benefits/12622382>

⁶¹ משבר האנרגיה העולמי של סתיו 2021 והגז הטבעי הישראלי. דניאל מדר. SP Interface.

3.4 מקרה מבחן - אורוגוואי

כאשר משווים את ישראל לקצב והיקף חדירת השימוש באנרגיות מתחדשות מודרניות למדינות אחרות, טיעון מרכזי לסיבה מדוע ישראל אינה עומדת בקצב, הוא כי ההשוואה נעשית למדינות מפותחות ועשירות יותר מישראל, עם פחות בעיות. למשל, דנמרק, גרמניה, נורבגיה וכו'. לכן, במקרה הזה, בחרנו לבחון את המצב בישראל אל מול אורוגוואי. אמנם, למדינות שונות מאפיינים שונים אשר משפיעים על יכולתן לבצע מעבר לאנרגיות מתחדשות מודרניות, אבל עדיין, אפשר ללמוד רבות מהשוואה למדינות אחרות.

אורוגוואי היא מדינה בדרום אמריקה, בעלת שטח של כ-180,000 קמ"ר (פי 9 משטחה של ישראל). בשנת 2018 (לפני השפעות הקורונה) היו באורוגוואי 3.5 מיליון תושבים (40% מהתושבים בישראל), היה לה תוצר לאומי גולמי (תל"ג) בהיקף של 65 מיליארד דולר אמריקאי (~18% מהתל"ג בישראל)⁶², והיא צרכה חשמל בהיקף של כ-12 TWh (~18% מצריכת החשמל בישראל)⁶³. ז"א, באופן כללי אפשר להגיד כי אורוגוואי היא מדינה עם משאבים מוגבלים יותר לעומת ישראל. בדומה לישראל, רוב האוכלוסייה של אורוגוואי, מרוכזת ברצועה ברוחב של ~50 ק"מ, לאורך ~350 ק"מ של החוף⁶⁵.

לאורוגוואי משאב חשוב של מים המשמשים כמקור מתחדש לייצור חשמל הידרואלקטרי, אותו היא מנצלת כבר עשרות שנים. למעשה, בין 2001-2003, מעל 99.5% מצריכת החשמל באורוגוואי סופק מחשמל הידרואלקטרי⁶⁶. לכאורה, ייצור של כל החשמל באמצעות מקור אנרגיה מתחדשת שכזה הוא חלומה של כל מדינה הרוצה לצמצם את פליטת גזי החממה שלה. באותה תקופה, על אורוגוואי היה להחליט כיצד להמשיך ולפתח את משק החשמל שלה, אל מול גידול האוכלוסייה וגידול צריכת החשמל במדינה. היו לפניה 3 דרכים בסיסיות: (1) להמשיך להרחיב את משק החשמל על בסיס סכרים הידרואלקטריים. (2) לבסס את הרחבת משק החשמל על דלקי מאובנים. (3) לבסס את הרחבת משק החשמל על אנרגיות מתחדשות מודרניות (אנרגיית רוח, אנרגיה סולארית, ביומסה מודרנית, אנרגיה גיאותרמית וכו'). כמובן ששילוב של כמה דרכים היה אפשרי.

בתחילה, אורוגוואי הגדילה את השימוש בנפט ובגז טבעי עד לכ-30% מייצור החשמל, אבל בסופו של דבר (ובעיקר החל מ-2013), היא בחרה לבסס את הרחבת משק החשמל שלה על אנרגיות מתחדשות מודרניות. היא לא הרחיבה את כושר ייצור החשמל ההידרואלקטרי,

<https://www.sp-interface.com/2021-ng-economy>

⁶² World Bank data. <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=UY-IL>

⁶³ International Energy Agency (IEA). Uruguay- Key energy statistics, 2018.

<https://www.iea.org/countries/uruguay>

⁶⁴ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2020. רשות החשמל, 2021.

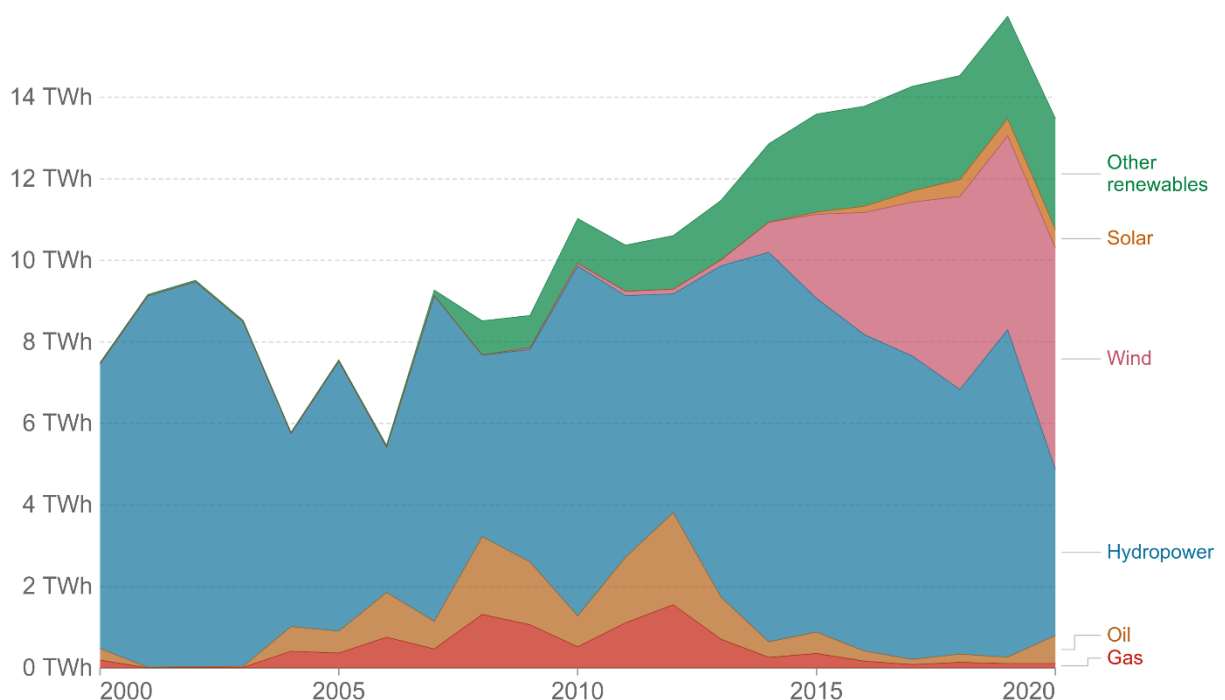
https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_Doveret_press_doch_reslut_hasmal_2020.pdf

⁶⁵ geo-ref.net <http://www.geo-ref.net/en/ury.htm>

⁶⁶ International Energy Agency (IEA). Uruguay- Key energy statistics, 2018.

<https://www.iea.org/countries/uruguay>

ואף צמצמה את היקף השימוש בו. זאת, למרות שזהו משאב שרוב ההשקעה הכלכלית בו כבר בוצעה עם הקמת הסכרים עשורים קודם לכן. בנוסף, אורוגוואי צמצמה את היקף השימוש בדלקי מאובנים לאחוזים בודדים מסך כל ייצור החשמל שלה. עד 2020, אורוגוואי הגדילה את הפקת החשמל מביומסה פי 63 עד ל-2,500 GWh; עלתה מ-0 GWh ל-5,500 GWh בייצור חשמל מרוח, ומ-0 GWh ל-500 GWh בייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאיים. הקמת רוב תשתיות האנרגיות המתחדשות המודרניות התבצעה תוך כעשור, בין 2007-2017. כך, ב-2020, 63% מייצור החשמל במדינה התבסס על אנרגיות מתחדשות מודרניות אלו, כאשר שיעור החשמל שיוצר באמצעות סכרים הידרואלקטריים ירד (מ-100%) ל-30%^{67 68 69 70 71} (ראו איור 14).



Source: Our World in Data based on BP Statistical Review of World Energy & Ember (2021)
Note: 'Other renewables' includes biomass and waste, geothermal, wave and tidal.

OurWorldInData.org/energy • CC BY

איור 14- היקפי ייצור חשמל באורוגוואי עפ"י מקורות ייצור 2000-2020. ציר ה-X הוא השנה. ציר ה-Y הוא ייצור חשמל ב-TWh (טרה-וואט-שעה). אדום- גז טבעי, כתום תחתון- נפט, כחול- הידרואלקטרי, ורוד- רוח, כתום עליון- סולארי, ירוק- מתחדשות אחרות (ביומסה, פסולת וכדומה)⁷².

⁶⁷ Renewables 2021 Global Status Report. REN21. 2021. https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf

⁶⁸ Renewable Capacity Statistics 2021. IRENA. 2021. <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021>

⁶⁹ Energy profile- Uruguay. IRENA. https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/South%20America/Uruguay_South%20America_RE_SP.pdf

⁷⁰ Uruguay: Energy Country Profile. Our world in data. 2021. <https://ourworldindata.org/energy/country/uruguay?country=~URY>

⁷¹ Trends in Renewable Energy- Uruguay. 2021. IRENA. <https://public.tableau.com/views/IRENARETimeSeries/Charts?:embed=y&:showVizHome=no&publish=yes&:toolbar=no>

⁷² Uruguay: Energy Country Profile. Our world in data. 2021. <https://ourworldindata.org/energy/country/uruguay?country=~URY>

מדוע עשתה זאת אורוגוואי? בעיקר משיקולים כלכליים. המדינה זיהתה את הירידה במחירי הפקת חשמל ממקורות מתחדשים מודרניים, היא זיהתה כי השקעה חדשה בהרחבת סכרים ההידרואלקטריים או בתחנות כוח מבוססות דלקי מאובנים, תהיה יקרה יותר. זאת, אפילו לפני שמחירי האנרגיות המתחדשות המודרניות ירדו לרמה הנוכחית.

אורוגוואי הצנועה ביצעה זאת אפילו לפני השפל הנוכחי במחירי האנרגיות המתחדשות המודרניות ואף לפני הטמעה של טכנולוגיות אגירת אנרגיה מודרניות. כיום, אורוגוואי משתמשת בסכרים ההידרואלקטריים שלה כתשתיות אגירת אנרגיה לתקופה ארוכה, ומוסדת את השימוש בהם בהתאם להיקף ייצור החשמל באמצעות האנרגיות המתחדשות המודרניות. המעבר לאנרגיית רוח, הוזיל את ייצור החשמל באורוגוואי ב-30%, וחסך למדינה 200 מיליון דולר בשנת 2016 לבדה מהוצאות על חשמל.^{73 74 75 76} מחקרים נוספים מצאו כי בין 2007-2019, אורוגוואי חסכה יותר מ-744 מיליון דולר, ו-125 מיליון דולר ב-2020.⁷⁷

אם נחזור לישראל, אפשר להשוות את הסכרים ההידרואלקטריים של אורוגוואי לגז הטבעי של ישראל. שניהם משאבי טבע שמהווים מקורות אנרגיה. לעומת טכנולוגיות אנרגיות מתחדשות מודרניות, אלו שתי טכנולוגיות מיושנות ויקרות יחסית, עם ייצור חשמל לפי הצורך (ולא לפי מזג האוויר כמו ברוח ובשמש). אמנם, חשמל מגז טבעי עדיין זול יותר מחשמל ההידרואלקטרי, אבל צריך לזכור שאת כל ההשקעות הכבדות בסכרים ההידרואלקטריים אורוגוואי ביצעה כבר מזמן, ובפועל היום יש לה הוצאות של תחזוקה בלבד בסקטור הזה. ראייה נוספת להשתלמות המהפך האנרגטי שביצעה אורוגוואי הגיעה ב-2021. לאחר עשור של מיעוט במשקעים בדרום אמריקה עקב בירוא יערות ושינוי אקלים, מצב ייצור החשמל ההידרואלקטרי כה גרוע, עד כי ברזיל, שחשמל ההידרואלקטרי אחראי לכ-70% מייצור החשמל שלה, נאלצה לצמצם ב-20% את צריכת החשמל שלה השנה.^{78 79} מכיוון שאורוגוואי צמצמה את תלותה בחשמל ההידרואלקטרי, היא לא נפגעה ממשבר זה.⁸⁰

⁷³ Uruguay makes dramatic shift to nearly 95% electricity from clean energy. Jonathan Watts. 2015. <https://www.theguardian.com/environment/2015/dec/03/uruguay-makes-dramatic-shift-to-nearly-95-clean-energy>

⁷⁴ Uruguay, Latin America's Renewable Champion. Rebecca Bertram . Energy Transition. 2020. <https://energytransition.org/2020/01/uruguay-latin-americas-renewable-champion/>

⁷⁵ Climate heroes: the countries pioneering a green future. Jonathan Watts. The Guardian. 2020. <https://www.theguardian.com/environment/2020/nov/11/climate-heroes-the-countries-pioneering-a-green-future>

⁷⁶ Uruguay, leader in renewable energies. Uruguay XXI. 2019.

<https://www.uruguayxxi.gub.uy/en/news/article/uruguay-lider-en-energias-renovables/>

⁷⁷ <https://en.mercopress.com/2021/10/18/uruguay-saves-money-with-environment-friendly-electricity>

⁷⁸ <https://financialpost.com/pm/business-pmn/brazils-worst-water-crisis-in-91-years-threatens-power-supplies>

⁷⁹ <https://energy-analytics-institute.org/2021/09/01/brazil-warns-of-energy-crisis-with-record-drought/>

⁸⁰ <https://en.mercopress.com/2021/10/18/uruguay-saves-money-with-environment-friendly-electricity>

אם אורגוואי הצנועה הצליחה לבצע מהפך מהסתמכות מלאה על חשמל הידרואלקטרי ל-63% חשמל מתחדש מודרני תוך כעשור; מדוע לא תצליח בכך גם ישראל המפותחת יותר, העשירה יותר, הברוכה בשמש, בתקופה בה מחירי מתחדשות מודרניות ואגירה נמוכים מכל חלופה אחרת?

4 רגולציה ולחצים לצמצום שימוש בדלקי מאובנים ובגז טבעי בעולם

ב-2020, פתחה הנציבות האירופית (European Commission) במהלך לצמצום פליטות מתאן, עם דגש על פליטות מסקטור האנרגיה. הנציבות זיהתה כי בסקטור האנרגיה, רוב פליטות אלו מתרחשות במדינות אשר מייצאות גז טבעי לאירופה. לכן, היא פועלת לתמרץ מדינות אלו לצמצם פליטות מתאן מתהליכי ההפקה והשינוע של גז טבעי המיועד לאירופה. פעולות לצמצום פליטות מתאן עשויות לגרום להוצאות לא צפויות לחברות ולמדינות המייצאות גז טבעי לאירופה.⁸¹

ביולי 2021, הנציבות האירופית אימצה חבילה מקיפה של החלטות לצמצום פליטות גזי חממה ב-55% עד 2030, אל מול רמות 1990. חבילה זו תגרום לצמצום מסיבי בשימוש בדלקי מאובנים באירופה. החבילה כוללת תמחור פחמן לא רק למדינות וחברות אירופיות, אלא גם לכל גוף אשר מוכר או מספק שירותים לאירופה. זאת, על מנת שלא לגרום ל"דליפת פחמן" מאירופה אל מדינות אחרות. בהתאם להחלטה זו, גז טבעי אשר יימכר מישראל לאירופה, יהיה מחויב בתשלום מס פחמן, דבר אשר יוריד באופן ניכר את הכדאיות הכלכלית של מהלך שכזה.^{82 83}

כמו כן, למרות ואפילו בגלל משבר האנרגיה שפקד את העולם ובעיקר את אירופה בסתיו 2021, הנציבות האירופית הצהירה כי היא מאיצה את המעבר לאנרגיות מתחדשות ולאגירת אנרגיה^{84 85}, על מנת להאיץ את צמצום התלות בדלקי מאובנים מיובאים ובמחיריהם

⁸¹ Methane emissions. European Commission, 2021. https://ec.europa.eu/energy/topics/oil-gas-and-coal/methane-emissions_en

⁸² Fit for 55: EU rolls out largest ever legislative package in pursuit of climate goals. FSR, 2021. <https://fsr.eu/fit-for-55-eu-rolls-out-largest-ever-legislative-package-in-pursuit-of-climate-goals/>

⁸³ Cutting methane emissions from natural gas gives EU global climate leverage. EDF, 2021. <https://blogs.edf.org/energyexchange/2021/04/07/cutting-methane-emissions-from-natural-gas-gives-eu-global-climate-leverage/>

⁸⁴ Energy prices: Commission presents a toolbox of measures to tackle exceptional situation and its impacts. European Commission. 13/10/2021.

https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_5204

⁸⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=DvVU1mrDxv0>

ההפכפכים. גם בארה"ב, עם החלפת הממשל ב-2021, יש הכבדה רגולטורית על שימוש בדלקי מאובנים, והטבות להגברת השימוש באנרגיות מתחדשות ואגירה.^{86 87 88}

אפילו גוף שמרן בתחום האנרגיה, כמו ה-IEA (International Energy Agency), בו חברה גם ישראל, הוציא ב-2021 מפת דרכים לאיפוס פליטות גזי חממה עד שנת 2050 בסקטור האנרגיה, על מנת לצמצם את שינוי האקלים ככל הניתן. עפ"י מפת דרכים זאת, היקף דלקי המאובנים במאגרים שכבר פותחו בעולם מספיקים עד שנת 2050. שנת 2021 צריכה להיות השנה האחרונה בה נערכים חיפושים אחר מרבצי דלקי מאובנים חדשים, והשנה האחרונה בה מתחיל פיתוח של מרבצים שכאלו. היקף ההשקעות בגז טבעי בעשור הנוכחי (2020-2030) אמור להיות נמוך ב-25% לעומת העשור הקודם (2010-2020) ואמור להתרכז בתחזוקה של תשתיות ושדות גז קיימים. בנוסף, אין צורך אפילו במתקני הנזלת הגז הטבעי שכבר נבנים כיום בעולם.⁸⁹

לפי מפת הדרכים של ה-IEA, אירופה אמורה לצמצם את הפקת הגז הטבעי שלה ב-60% 70% כבר בשנת 2030, לעומת הצריכה ב-2020. במציאות שכזו, הסיכוי שישראל תייצא גז טבעי לאירופה לא קיים. כמו כן, שיא הפקת הגז הטבעי בעולם אמור להתרחש כבר בשנת 2025, כאשר הצריכה העולמית אמורה להתכווץ סה"כ ב-15% בין 2025 ו-2030, ובמעל 50% בין 2025-2040.⁹⁰

מחקר חדש קבע כי בשביל שיהיה לאנושות סיכוי של 50% למנוע עליה ממוצעת בטמפר' הגלובלית של מעל 1.5°C עד 2050, עלינו להשאיר באדמה 80%, 60% ו-60% מעתודות הפחם, הנפט והגז בהתאמה. ז"א, בשביל סיכוי גבוה יותר שלא לגרום להתחממות גלובלית ממוצעת של מעל 1.5°C עד 2050, עלינו להשאיר כמעט את כל עתודות דלקי המאובנים באדמה.⁹¹

⁸⁶ U.S. Power Sector Outlook 2021. IEEFA, 2021.

http://ieefa.org/wp-content/uploads/2021/03/US-Power-Sector-Outlook_March-2021.pdf

⁸⁷ The Clean Energy Futures Project. Syracuse University, 2021.

<https://cleanenergyfutures.syr.edu/>

⁸⁸ Biden's clean energy plan would cut emissions and save 317,000 lives. The Guardian, 2021. <https://www.theguardian.com/us-news/2021/jul/11/biden-administration-clean-energy-climate-crisis>

⁸⁹ Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA, 2021.

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

⁹⁰ Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector. IEA, 2021.

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>

⁹¹ Welsby, D., Price, J., Pye, S. et al. Unextractable fossil fuels in a 1.5 °C world. Nature 597, 230–234 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03821-8>

5 תשתיות גז טבעי כנכסים 'תקועים'

לאור התפתחויות כלכליות אלו, ולאור מהלכים רגולטוריים לצמצום משמעותי של שימוש בדלקי מאובנים באירופה ובארה"ב, באירופה ובארה"ב כבר מתחילים להתייחס לתשתיות גז טבעי כנכסים 'תקועים' (stranded assets) – אלו נכסים שאין אפשרות להרוויח מהם ואין אפשרות למכור אותם (או לכאלו שלכל הפחות לא יהיה ניתן להחזיר את ההשקעה עליהם, בניגוד לתחשיבים הכלכליים המקוריים) ^{92 93}. זאת, בשל העדיפות הטכנולוגית, הכלכלית, גמישות ההתקנה וההפעלה, והעדיפות הסביבתית- של אנרגיות מתחדשות מודרניות ואגירה.

לכן ממליצים שם שלא להשקיע עוד בתשתיות חדשות שכאלו. כל השקעה נוספת בתשתיות גז טבעי תוך התעלמות ממצאות זו, תביא להפסדים כלכליים כבדים של המשקיעים- חברות פרטיות, קרנות הון, ממשלות והציבור ^{94 95 96 97}. דוח של מכון הרי רוקי האמריקאי מ-2019 מצא כי כבר ב-2030, 20% מכל תחנות הכוח המונעות בגז טבעי שהיו מתוכננות בארה"ב ב-2019, יהפכו לנכסים 'תקועים'. ב-2035, 90% מתחנות כוח אלו כבר יהפכו לנכסים "תקועים" ⁹⁸.

דוח חדש מצא כי כבר ב-2020 היו מתוכננים בעולם פרויקטים להקמת צינורות חדשים להולכת נפט וגז טבעי בשווי טריליון דולר אמריקאי, כאשר 83% מהצינורות ישמשו לגז טבעי. לממצא זה מספר משמעויות: כלל ההשקעות (חיפושים, קידוחים, פיתוח מאגרים, תחזוקה, מתקני הנזלה וכו') בגז טבעי צפויות להיות גבוהות בהרבה מטריליון דולר אמריקאי. אמנם, היקף השקעות מתוכנן זה משקף האטה בפיתוח גז טבעי בעולם (כפי שפורט בפרק 1.2.2.1 התחיל קיפאון עולמי בשוק הגז הטבעי). אולם, היקף השקעות מתוכננות אלו, בשילוב הצניחה הצפויה בביקוש לגז טבעי בעולם, יוצרים 'בועה פיננסית' עצומה בשוק הגז הטבעי, אשר תביא לצניחה גדולה עוד יותר בשוק הגז הטבעי. ישנו סיכון ממשי שתשתיות

⁹² Stranded gas assets: the dilemma of the energy transition costs. The Florence School of Regulation, 2021. <https://fsr.eu.eu/stranded-gas-assets-the-dilemma-of-the-energy-transition-costs/>

⁹³ Stranded assets and stranded resources: Implications for climate change mitigation and global sustainable development. Kyra Bos and Joyeeta Gupta. Energy Research & Social Science. Volume 56, October 2019, 101215. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2019.05.025>

⁹⁴ Lex in depth: the \$900bn cost of 'stranded energy assets'. Financial Times. 2021. <https://www.ft.com/content/95efca74-4299-11ea-a43a-c4b328d9061c>

⁹⁵ ישראל 2050 / ממה עושים חשמל? ארז רביב, דבר, 2019. <https://www.davar1.co.il/200117>

⁹⁶ U.S. Power Sector Outlook 2021. IEEFA, 2021.

http://ieefa.org/wp-content/uploads/2021/03/US-Power-Sector-Outlook_March-2021.pdf

⁹⁷ Mercure, JF., Salas, P., Vercoulen, P. et al. Reframing incentives for climate policy action. Nat Energy (2021). <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00934-2>

⁹⁸ The Growing Market for Clean Energy Portfolios. RMI, 2019. <https://rmi.org/insight/clean-energy-portfolios-pipelines-and-plants>

אלו ואחרות יהפכו לנכסים 'תקועים' אשר יגרמו למשקיעים בהן (חברות, ממשלות, אזרחים) הפסדים עצומים.⁹⁹

יצואניות 'לא תחרויות' של דלקי מאובנים, הן כאלו שהפקת וייצוא דלקי המאובנים שלהן יקרים ומסובכים. מחקר חדש מצא שיצואניות אלו צפויות לסבול מחוסר יכולת למכור את דלקי המאובנים שלהן במחירים תחרותיים בשוק, צפויות לסבול מהשקעה נמוכה בתשתיות לצמצום שימוש בדלקי מאובנים (כי הן משועבדות לדלקי המאובנים של עצמן), ולחשיפה כלכלית מסוכנת לנכסים 'תקועים' של תשתיות דלקי המאובנים שלהן. ההתחייבויות של אירופה ושל מזרח אסיה לאיפוס פליטות גזי חממה (net zero) עד 2050-2060, צפויות להפוך 7-11 טריליון דולר של תשתיות דלקי מאובנים לנכסים תקועים, בעיקר אלו של יצואניות לא תחרותיות.¹⁰⁰

ישראל יכולה לייצא רק גז טבעי ממאגרי הגז הטבעי היקרים והמורכבים שלה בים העמוק. היא יכולה לייצא אותו לאירופה רק באמצעות הקמת צנרת יקרה וארוכה, או לרוב שאר העולם באמצעות הקמת מתקני הנזלה יקרים ומסובכים. לכן, רוב פוטנציאל הייצוא של ישראל נופל תחת קטגוריית יצואנית 'לא תחרותית'. יוצא דופן כאן הוא הייצוא למצרים וירדן, שהוא פשוט וזול יותר, אם כי עדיין הוא של גז טבעי יקר יחסית ממאגרי בים עמוק. לכן, סביר כי הרחבת הקידוחים בישראל והרחבת הייצוא הישראלי, יגרום להגברת החשיפה של ישראל לנכסי גז טבעי 'תקועים'.

6 הבעיות בתחשיב משרד האנרגיה להכנסות המדינה ממכירת גז טבעי

למרות כל האמור לעיל ולמרות הבנה המחלחלת למקבלי ההחלטות במשרד האנרגיה ובממשלה כי ימיו של הגז ספורים וכי יש לייצר לו אלטרנטיבות, יצא לאחרונה דו"ח לשיתוף ציבור מטעם משרד האנרגיה הבוחן את התועלת הכלכלית מהגדלת ייצוא הגז בעשור הקרוב, לפני שטכנולוגיית הגז תאבד מהרלוונטיות שלה.

לפי תחשיב שהוצג בעמוד 44 לדו"ח, האובדן הצפוי של הכנסות **למדינה** באם לא יתוגבר הייצוא, הוא עד 230 מיליארד ₪. כיצד הגיעו למספר זה? הנחות התחשיב מציינות – מחיר של 5\$ ל-MMBTU, שער הדולר 3.5, שיעור היוון 7%. ואכן אם מהווים את הכנסות הפרויקט מפוטנציאל מקסימלי של המאגרים (BCM 1,350) על פני 20 שנים ומהווים מקבלים סכום של 230 מיליארד ₪ בקירוב. אולם, יש כמה בעיות עם הנחות התחשיב:

⁹⁹ James Browning, Greig Aitken, Lydia Plante, and Ted Nace. Pipeline Bubble 2021. 2021. Global Energy Monitor. <https://globalenergymonitor.org/wp-content/uploads/2021/02/Pipeline-Bubble-2021.pdf>

¹⁰⁰ Mercure, JF., Salas, P., Vercoulen, P. et al. Reframing incentives for climate policy action. *Nat Energy* (2021). <https://doi.org/10.1038/s41560-021-00934-2>

יש הבדל קריטי בין הכנסות כוללות של הפרויקט לבין הכנסות המדינה. ההכנסות הולכות ליזמים אשר ראשית מכסים את העלויות השוטפות ואת מימון ההשקעות שלהם ומשלמים למדינה 12.5% תמלוגים. ממה שנשאר (אם נשאר), משלמים מס חברות ומס רווחי יתר של עד 50%. כך שהחלק של המדינה הוא בין 12.5% (אם אין רווחים) ל- 25% (ברווח נקי של 25%) מהסכום הכולל. כך שמעבר מהכנסות הפרויקט להכנסות המדינה מורדים את ערך התחשיב ב- 75-87.5%.

אין ערובה לכך שיש BCM 1,350 במאגרים. זהו התרחיש המקסימליסטי. התרחיש הסביר הוא נמוך באופן משמעותי, והדבר מצוין באופן מפורש במסמך המציג טווח אפשרויות בין BCM 1,350-850. הדבר משפיע באופן דרמטי על כמות הגז שניתן לייצא וגוזר טווח של תקבולים אפשריים הקטן עד פי 3 מהמקסימום המוצג.

נראה שמשרד האנרגיה מצד אחד משתמש בעובדה כי החל מ-2030 היקף השימוש בגז טבעי ירד **בעולם**, כדי לקבל אישור לייצא כמה שיותר גז טבעי כמה שיותר מהר; אבל במקביל מתעלם מזה בתרחישים המקומיים שהוא מציג לגבי **ישראל**, ובכולם מציג עליה בהיקף השימוש בגז טבעי. אלו הנחות שאינן מתיישבות זו עם זו.

מחיר הספוט הממוצע ב- 12 החודשים האחרונים ל- MMBTU היה \$2.62 ולא \$5. זה פער של כמעט 50%. כלומר נתון זה בלבד חותך את התחזיות במחצית.

ההנחה של משרד האנרגיה היא כי מחיר הגז הטבעי קבוע לאורך כל השנים, בעוד שברור שכל שינקפו השנים והביקוש לגז טבעי יקטן- צפוי המחיר לרדת. ההשפעה תהיה הן על התקבולים והן על הרווחיות של יצרני הגז (דבר שיקטין את מס רווחי היתר שאמורה המדינה לקבל).

שער הדולר הוא 3.29 ₪ לדולר, ולא 3.5 ₪ לדולר- פער של 6%. שיעור ההיוון נמוך למדי לפרויקט שעדיין טמונים בו סיכונים רבים- התשתיות טרם הונחו, קיימים קשיים טכניים והנדסיים רבים בהקמתו, אין וודאות לגבי המשך קיומו של שוק למוצר, יש רגולציה עולמית הולכת ומכבידה. לשם השוואה בעבור פרויקט קבלני פשוט של בניית בניין מגורים, נהוג שיעור היוון גבוה יותר של 10%-12%. שיעור היוון משפיע דרמטית על הכדאיות הכלכלית. למשל, במעבר משיעור היוון של 7% ל- 12% הערך הנוכחי של הפרויקט יכול לרדת בכ- 40%.

את ההיוון יש לעשות עוד 4 שנים אחורה שכן לפי המסמך הייצוא יחל רק ב-2025 ואנו ב-2021. 4 שנים אחורה אפילו בשיעור היוון צנוע של 7% יכולים להוריד את ערך הפרויקט ב-30%.

כאשר מציבים את כל המספרים האמיתיים בתוך התחשיב ומנקים את ההטיות התחשיביות והטעויות, מגיעים לסכומים צנועים בהרבה שיגיעו כהכנסות למדינה. התרחישים הסבירים הם הכנסות למדינה של 7-12 מיליארד ₪, בערך מהוון ל- 2021.

חשוב לציין שסכומים אלו הן ההכנסות למדינה מכלל הייצוא. כיוון שגם במתווה הנוכחי קיים ייצוא וקיימות ממנו הכנסות למדינה מדובר בספירה כפולה. אם נחשב רק את הערך התוספתי של האצת הייצוא הסכומים כבר יורדים ב 30% - 50% (תלוי בהנחה על היקף תוספת הגז שיתגלה) למיליארדים בודדים של שקלים.

להלן תחשיב רגישות להכנסות המדינה מייצוא גז בין 2025-2045, המבוסס על ההנחות הבאות:

הנתון	ערך	מקור
mmbtu/bcm	35,310,734	מחשבון גז משרד האנרגיה
מחיר MMBTU בדולר	2.62	HENRY HUB NATURAL GAS SPOT PRICE
שער הדולר	3.29	אתר בנק ישראל
שיעור רווח נקי	25%	שיעור הרווח הנקי של חברת דלק
תמלוגים + מס רווחי יתר	25%	תמלוגים של 12.5% + מחצית מהרווח הנקי

חלק המדינה בהכנסות מייצוא גז במיליארדי ₪ מהוון ל 2021 - תחשיב רגישות						
שיעור היוון / סך המאגר ב BCM	850	950	1050	1150	1250	1350
7%	7.42	10.56	13.71	16.85	20.00	23.14
10%	5.30	7.55	9.79	12.04	14.29	16.54
12%	4.31	6.14	7.97	9.80	11.63	13.45
15%	3.24	4.61	5.98	7.36	8.73	10.10
20%	2.12	3.01	3.91	4.81	5.71	6.60

הפער בין מצג של 230 מיליארד ₪ כהכנסות למדינה לבין מציאות של 7-12 מיליארד ₪ הוא פער של מעל ל- 95%, ומייצר מצג שווא המשפיע על כל קבלת ההחלטות בנושא. אין זו הפעם הראשונה שמספרים נזרקים לאוויר בתחום זה ולראיה- מצב "קרן העושר". אותה קרן שהוקמה במיוחד בכדי לקבל את רווחי הגז שהיו אמורים להגיע למאות מיליארדים וכיום יש בה פחות מחצי מיליארד ₪¹⁰¹.

לראייה, אגף הכלכלנית הראשית במשרד האוצר פרסם בינואר 2022 מצגת בנושא הכנסות המדינה מגז טבעי לטווח הארוך, ובה הוא מעריך כי בקרן העושר ב-2050 יהיו 32 מיליארד דולר. כאשר מהוונים סכום זה לשנת 2021 לפי שיעור היוון צנוע של 7% לשנה, מקבלים 14 מיליארד ₪ בערכי 2021. זאת אומרת, אפילו משרד האוצר מעריך כי הכנסות המדינה ממיסי גז טבעי נמוכות ב-94% מחישובי משרד האנרגיה¹⁰².

ראוי שמשרד האנרגיה יקדיש לתחשיב התקבולים הצפויים להגיע לקופת המדינה תחשיב מעט מורכב יותר הלוקח בחשבון מספר תרחישים. ראוי כי מקבלי ההחלטות יקבלו תמונת מצב ריאלית לגבי היקף ההכנסות שיגיע בפועל למדינה בכמה תרחישים לפני שהם

¹⁰¹ <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001376948>
¹⁰² https://fs.knesset.gov.il/24/Committees/24_cs_bg_616624.pdf

מתבקשים לפתוח את הכיסים ולשנות את ספרי החוקים בכדי לאפשר הרפתקאות כלכליות, ביטחוניות וסביבתיות במימי הים התיכון.

7 מה היא ההשקעה הציבורית כיום בתשתיות גז טבעי?

כיום מדינת ישראל משקיעה באופן נרחב בהקמה ותחזוקה של תשתיות לייצור, הולכה וחלוקה של גז טבעי הן בתוך ישראל והן לצרכי ייצוא. נפרט את הסבסוד הקיים והמתוכנן לפי מקטעי הייצור:

במקטע ייצור הגז – המדינה תומכת באסדות הגז באמצעות אבטחה שוטפת שלהן. המדינה הצטיידה בכלי שיט חדשים ומערכות טילים נגד טילים ורקטות, שמשימותיהם מוגדרות כהגנה על מתקני הגז האסטרטגיים. במקביל הצבא עורך אימונים במתווים שונים להגנה על המתקנים, מקיים תרגולות ומשימות ביטחון שוטף, מתחזק את כלי השיט והנ"מ החדשים. על פי פרסומים בתקשורת עלות הספינות הגיעה ל-1.8 מיליארד ₪ והתחזוקה השוטפת ל-260 מיליון ₪ בכל שנה¹⁰³. סביר כי הצבא מוציא על כוח האדם, הביטחון השוטף והתרגילים עוד עשרות מיליוני שקלים בשנה.

במקטע ייצור החשמל – על פי דו"ח רשות החשמל¹⁰⁴, בעשור האחרון חברת החשמל השקיעה כ-25 מיליארד ₪ במקטע הייצור. חלק גדול מהשקעה זו נגע ישירות להצטיידות בתחנות כוח המונעות בגז בכדי להתאים את הייצור לייצור בגז. בתכנית החומש הקרובה¹⁰⁵ חברת החשמל צפויה להשקיע עוד כ-2 מיליארד ₪ בהצטיידות ותחזוקה של תחנות כוח המונעות בגז.

במקטע הייצוא – המדינה משתתפת במימון צנרת ההולכה למדינות שונות באמצעות נתג"ז (נתיבי הגז הטבעי לישראל). כך מימנה המדינה את הנחת הצינור לירדן¹⁰⁶, ואף נדרשה למימון של מחצית מעלות צינור הגז למצרים בעלות 325 מיליון ₪ (דבר שנעצר ברגע האחרון)¹⁰⁷. המדינה חתמה על מזכר הבנות להנחת צינור הגז ליוון אשר עלותו מוערכת בכ-25 מיליארד ש"ח וטרם הוברר איך יתחלק המימון שלו¹⁰⁸. חשוב לציין כי גם אם הכסף אינו יוצא ישירות מתקציב המדינה, נתג"ז הינה חברה ממשלתית, וגם כאשר היא מגייסת חוב המוחזר על ידי התעריף לבסוף כל התחייבות של נתג"ז היא התחייבות אשר הממשלה

¹⁰³ <https://www.themarker.com/news/politics/1.7284966>

¹⁰⁴ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2019. רשות החשמל, 2020.

¹⁰⁵ https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_doch_meshek_hashmal_doch_meshek_2019.pdf

¹⁰⁶ <https://www.iec.co.il/Suppliers/DocLib1/%D7%98%D7%91%D7%9C%D7%94%D7%9E%D7%A8%D7%9B%D7%96%D7%AA.pdf>

¹⁰⁷ <https://www.israelhayom.co.il/article/614579>

¹⁰⁸ <https://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3775743,00.html>

¹⁰⁹ <https://www.globes.co.il/news/article.aspx?did=1001214480>

ערבה לה. לכן, בצינורות המיועדים לייצוא אשר ימומנו על ידי נתג"ז על ידי הנפקת אג"ח, הגיבוי לכל ההתחייבויות יהיה של המדינה.

במקטע ההולכה – המדינה הקימה את חברת נתג"ז אשר הניחה צינורות בשווי 7 מיליארד ₪ בשנים האחרונות. לחברה תכנית השקעות ¹⁰⁹ להקמת צנרת עתידית בסכום של 2.9 מיליארד ₪ ממנה הוצאו כבר 400 מיליון ₪ ועוד 2.5 מיליארד ₪ יצאו בשנים הקרובות. הכל במימון של אג"ח ייעודי שיונפק. מבחינה כלכלית מדובר במחויבות ממשלתית לכל דבר ועניין.

במקטע החלוקה – על פי הערכות משרד האוצר ¹¹⁰, דרושה השקעה של 1.7 מיליארד ₪ נוספים במקטע זה בכדי לחבר את כל המפעלים לרשת הגז. חלקם בסבסוד מדינה לזכיינים (בתקציב 2019 הוקצו לצורך זה כ-500 מיליון ₪) והשאר בידי הזכיינים. בחוק ההסדרים החדש לשנת 2022 ¹¹¹, נתג"ז צפויה להיכנס כשחקנית במקטע זה והמשמעות היא שנתג"ז תנפיק אג"ח ייעודי נוסף בכדי לממן (כזכיינית) את התשתית במקטע החלוקה.

שימוש בגז בתחבורה – המדינה הוציאה מכרז להקמת 30 תחנות תדלוק (בעיקר למשאיות) ¹¹². במקביל הבלו על גז טבעי לא יועלה לרמתו המומלצת בכדי לעודד מעבר מסולר לגז טבעי. באם המהלך יצליח ויהיה מעבר מאסיבי מסולר לגז טבעי, תוותר המדינה על הכנסות של מאות מיליוני ₪ בכל שנה ושנה ¹¹³.

בסך הכל המדינה הוציאה בעשור האחרון מעל ל-20 מיליארדי שקלים על התאמת מערכת האנרגיה לייצור מבוסס גז, וצפויה להוציא בעשור הקרוב 5-8 מיליארד ₪ לפחות, בכדי להבטיח מעבר של חלקים נרחבים ממשק האנרגיה המקומי לגז, ולאבטח את אסדות הגז. בנוסף, ייתכן והמדינה תישא גם בעלויות להנחת צינורות לייצוא לאירופה במיליארדי ₪ נוספים.

סבסוד קידוחים – כעת, באם יאושר מתווה להרחבת החיפושים עלול בקונסטלציה מסוימת להתווסף סבסוד נוסף, ולאפשר גם לחברות שכבר מפיקות גז טבעי, להצטרף לשותפות חיפושים ולמעשה לקזז את הוצאות קידוחי חיפוש חדשים, אל מול הכנסותיהן מהפקת גז בקידוחים קיימים. מכיוון שקידוח אחד בים עמוק עולה עד 100 מיליון ₪, עם סיכוי הצלחה של 30-40%, מדובר על סבסוד נוסף בהיקף של עד מאות מיליונים נוספים לסבסוד הקיים. סבסוד זה ירד ישירות מהכנסות המדינה ממס על הגז הטבעי.

ניתן להסביר באופן רציונאלי סובסידיות ממשלתיות להקמת מערכי הולכה וחלוקה של גז טבעי, ואפילו להקמת אסדות ראשונות עבור המשק הישראלי (תמר, לווייתן). זאת, עבור

¹⁰⁹ מתוך הדו"ח הכספי של נתג"ז לשנת 2019.

¹¹⁰ מתוך דברי ההסבר לתקציב 2019.

¹¹¹ על פי טיוטת חוק ההסדרים לתקציב 2022.

¹¹² על פי דברי ההסבר לתקציב 2019.

¹¹³ הבלו כיום הוא 0.017 לק"ג גז ואמור היה לעמוד על 2.36 לק"ג. יש כיום כ-500,000 כלי רכב המונעים בסולר. אם 10% מכלי הרכב הללו יעברו לגז טבעי בהנחה שכל רכב צורך כיום כ-3000 ליטר סולר בשנה יהיה אובדן הכנסה של כ-225 מיליון ₪ בשנה.

הביטחון האנרגטי של ישראל (אם כי גם כאן, כאשר משווים ביטחון אנרגטי של משק אנרגיה מבוסס גז טבעי בעל ביטחון אנרגטי נמוך בהרבה). אולם, לא ניתן להצדיק סובסידיות שכל מטרתן להקל על חברות זרות לייצא גז טבעי מישראל. למהלך שכזה אין ערך אמיתי עבור ישראל, בעיקר מכיוון שמדובר על הימור גדול מאוד, שספק רב אם בכלל יתורגם להכנסות משמעותיות ממיסים למדינת ישראל. זאת, לאור שעון החול המתרוקן של שימוש בדלקי מאובנים, וגם כי כבר ברור שהפקת ואגירת אנרגיה מתחדשת זולות יותר משימוש בדלקי מאובנים.

עלויות חיצוניות - השימוש בגז טבעי ושריפתו לצורך הפקת אנרגיה כרוך בפליטת פחמן דו חמצני לאוויר. גז זה הוא גז חממה התורם להתחממות כדור הארץ. על פי הספר הירוק שפרסם המשרד להגנת הסביבה, כל טון של פחמן דו חמצני המשוחרר לאטמוספירה מייצר עלות משקית חיצונית בגובה 140 ₪¹¹⁴. על פי מחשבון¹¹⁵ של המשרד להגנת הסביבה האמריקאי (EPA), הפליטות הכרוכות בשריפת אלף רגל מעוקב של גז טבעי הן 0.0548 טון פחמן דו חמצני. בנתוני הייצור של 2019 (BCM 11.25) בישראל יוצר גז טבעי ששריפתו גרמה לשחרור 21.8 מיליון טון פחמן דו חמצני לאטמוספירה אשר הביאו לנזק שנתי חיצוני של 3.05 מיליארד ₪. זאת מבלי לקחת בחשבון דליפות אפשריות של מתאן מהצנרת שהוא גז חממה בעל השפעה הרסנית הרבה יותר מהפחמן הדו חמצני, וכן לא כולל עלויות חיצוניות של פליטת מזהמים אחרים כמו NO_x, בנזן וכו'.

העלויות החיצוניות של שימוש בגז טבעי גדולות בהרבה ברוב הקטגוריות הסביבתיות, לעומת שימוש באנרגיות מתחדשות מודרניות ובאגירה. לכן, כאשר לוקחים בחשבון גם עלויות חיצוניות, ברור עוד יותר כי עדיף לסגת מגז טבעי ולהתמקד באנרגיות מתחדשות מודרניות ובאגירה או לכל הפחות לנקוט מדיניות של נייטרליות טכנולוגית.

הטבה במס הפחמן החדש - לאחרונה, הוחלט על הנהגת מס פחמן בישראל. אולם, בעוד כלל דלקי המאובנים ימוסו במס פחמן הולך ועולה בין 2023-2028 עד ל-100% ב-2028 (174 ₪ לטון פחמן דו-חמצני), גז טבעי ימוסה בשיעור נמוך יותר (ככל הנראה רק עד 30% ב-2028, ולאחר מכן יתכן ויעלה עוד) על מנת שמחיר החשמל לא יעלה ביותר מ-5%. המשמעות האבסורדית של החלטה זו, היא שככל שישראל תשלב פחות אנרגיות מתחדשות מודרניות ברשת החשמל שלה, מס הפחמן על גז טבעי יהיה נמוך יותר. למעשה, במסגרת מס הפחמן הישראלי, אין תמריץ כלכלי לצמצם את השימוש בגז טבעי בישראל. כך, גם

¹¹⁴ הספר הירוק: הערכה ומדידה של עלויות סביבתיות - עלויות חיצוניות של מזהמי אוויר וגזי חממה. המשרד להגנת הסביבה. 2020.

¹¹⁵ https://www.gov.il/he/departments/publications/reports/green_book_external_costs_air_pollutants_greenhouse_gases
<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>

במקרה הזה, בפועל מעניקה ישראל סבסוד ישיר נוסף לחברות הגז הטבעי. כל זאת, עקב רצון משרד האוצר, הכלכלה והאנרגיה שלא לפגוע בשוק הגז הטבעי בישראל^{116 117}.

נציין כי לא מן הנמנע כי יש סיבסודים נוספים של סקטור הגז הטבעי שאנו איננו מודעים אליהם.

8 מה היא ההשקעה הציבורית כיום באנרגיות מתחדשות ובאגירה?

תמיכה באמצעות תעריף – המעבר מתמיכה באמצעות תעריפי הזנה לתמיכה באמצעות מכרזי מחיר הורידה מאוד את היקף התמיכות של מנגנון התעריף באנרגיות מתחדשות. אם בעבר תערף קוט"ש היה 2.34 ₪ הרי שבמכרזים בשנים האחרונות מחיר האנרגיות המתחדשות נמוך ממחירי החשמל המופק באמצעות דלקים פוסיליים. לפי דו"ח רשות החשמל¹¹⁸, בשנת 2019 האנרגיה המתחדשת היתה אחראית ל-2.23 טרה ואט שעה שסופק. כך שבהנחה שהסבסוד הממוצע עומד על 10-15 אגורות לקילו ואט שעה, כך היקף הסבסוד באמצעות תעריף ליצרני החשמל הינו כ- 200-300 מיליון ₪ בכל שנה. (לעומת השקעות של 1-2 מיליארד ₪ בכל שנה בהצטיידות בתחנות כח מונעות בגז). הסבסוד לתעריפי האנרגיות המתחדשות מגולם במחיר החשמל לצרכנים ואינו חלק מתקציב המדינה^{119 120}.

בתחום ההשקעה במו"פ – רשות החדשנות תמכה במיזמי אנרגיה מתחדשת ב 122 מיליוני ₪ במשך השנים 2015-2019¹²¹. ממוצע של כ- 30 מיליון ₪ לשנה.

תמיכה בתשתיות הולכה וחלוקה – תחום זה לא פותח במשך שנים ארוכות ומהווה כיום את אחד החסמים הבולטים לחיבור אנרגיה מתחדשת לרשת. לאחרונה אושרה תכנית להשקעה של 6 מיליארד ₪¹²² ברשת החלוקה שאמורה להיות מיושמת ב- 5 השנים הקרובות (לעומת תשתיות הולכת גז בשווי 7 מיליארד ₪ שכבר הותקנו ועוד תכניות ל-3-4 מיליארד ₪ בשנים הקרובות).

¹¹⁶ הממשלה מעלה הילוך במלחמה במשבר האקלים: ישראל תיישם לראשונה תמחור פחמן. ממשלת ישראל, 2021. https://www.gov.il/he/departments/news/israel_will_implement_carbon_pricing_for_the_first_time
¹¹⁷ <https://shakuf.co.il/23376>

¹¹⁸ דו"ח מצב משק החשמל לשנת 2019. רשות החשמל, 2020. https://www.gov.il/BlobFolder/generalpage/dochmeshek/he/Files_doch_meshek_hashmal_doch_meshek_2019.pdf
¹¹⁹ ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות בישראל – מעקב אחר יישום החלטת הממשלה מס' 4450. מרכז המחקר והמידע של הכנסת, 2013.

¹²⁰ החלטות ממשלה ומדיניות בתחום האנרגיה המתחדשת. אנרגיה ירוקה יעוץ וניהול בע"מ, 2017. <https://m.knesset.gov.il/About/Building/GKDocuments/sustain030313.pdf>
<http://www.green-energy.co.il/%D7%97%D7%93%D7%A8-%D7%9E%D7%99%D7%93%D7%A2/689/%D7%94%D7%97%D7%98%D7%95%D7%9A-%D7%91%D7%AA%D7%97%D7%95%D7%9D-%D7%94%D7%90%D7%A0%D7%A8%D7%9>

¹²¹ https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/e52da85c-7f75-e911-80ec-00155d0a9536/2_e52da85c-7f75-e911-80ec-00155d0a9536_11_16342.pdf

¹²² https://fs.knesset.gov.il/globaldocs/MMM/e52da85c-7f75-e911-80ec-00155d0a9536/2_e52da85c-7f75-e911-80ec-00155d0a9536_11_16342.pdf

בעיות בירוקרטיות ומנהליות – נושא קידום האנרגיות המתחדשות סובל מעיכובים רבים החל מהיעדר תכנית אסטרטגית ברורה לקידום הנושא ועד לבעיות מול מנהל מקרקעי ישראל, חברת החשמל, אירגונים סביבתיים ועוד.

אם כך, התמיכה במעבר לאנרגיות מתחדשות הינה במשורה - בד"כ עשרות מיליוני ₪ בשנה, ומקסימום של מאות בודדות של מיליוני שקלים בשנה ¹²³ ¹²⁴, ולא מקודמת באופן מהיר מבחינה סטטורית. אין חברה ממשלתית נפרדת אשר מקדמת למשל תשתיות לאנרגיה מתחדשת (לעומת נתג"ז שהוקמה באופן ייעודי לגז), התכניות מקודמות באיטיות וללא תחושת דחיפות וכיום אין תכנית אסטרטגית סדורה לקידום האנרגיות המתחדשות. לעומת זאת בכל הנוגע לגז המדינה מגייסת לנושא הוציאה עשרות מיליארדי שקלים בעשור האחרון בכדי לעבור לטכנולוגיה החדשה בזמן קצר יחסית, קידמה את החקיקה באופן מהיר ובמקטעים בהם קיימים עיכובים (חלוקה ותחבורה) המדינה מגייסת לקדם את התהליכים ולהעביר תקציבים והשקעות ממשלתיות.

¹²³ מדיניות הממשלה בתחום הפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים. החלטת ממשלה 3484, 17.07.2011.
https://www.gov.il/he/departments/policies/2011_des3484

¹²⁴ קידום אנרגיה מתחדשת במשק החשמל ותיקון החלטות ממשלה. החלטת ממשלה 465, 25.10.2020.
https://www.gov.il/he/departments/policies/dec465_2020

השקעה באנרגיה מתחדשת		השקעה בגז טבעי		שם מקטע הייצור
השקעה מתוכננת עד 2030	השקעה עד 2021	השקעה מתוכננת עד 2030	השקעה עד 2021	
אין	אין	עלות שנתית של 260 מיליון ₪ - כ- 2.6 מיליארד ₪ בעשור	נקנו ספינות טילים ייעודיות ותוגברו האימונים. על פי הערכות שונות הוצאו בין 3-4 מיליארדי ₪	מקטע הייצור - אבטחת מתקנים
אין	אין תשלום תמלוגים ומס ייעודי	עד 2030 יועברו כשני מיליארד ₪ בשנה למדינה	בגז טבעי משולמים למדינה שני תשלומים - תמלוגים (12.5% מערך המכירה) ומס ששינסקי (מס רווחי יתר משולם רק לאחר החזר ההשקעה בתשואה הנדרשת). התמלוגים עומדים על כמיליארד ₪ בשנה, מס ששינסקי לאחר החזר התשואה יעמוד על סכום בסדר גודל דומה.	תמלוגים ומיסוי ייעודי
מתוכנן המשך השקעה בהיקף דומה.	סבסוד ייצור החשמל על ידי תעריף שנקבע במכרז. המעבר למכרזי מחיר הוריד את גובה הסבסוד לקוט"ש. הסבסוד עומד על 200-300 מיליון ₪ לשנה.	מתוכננת השקעה של 2 מיליארד ₪ בהסבת שתי תחנות כח לשימוש בגז.	מאז 2010 הושקעו במקטע ייצור החשמל 25 מיליארד ₪. חלק משמעותי מסכום זה הושקע בהסבת תחנות כח לשימוש בגז.	ייצור חשמל - התאמות בתחנות הכח
אושרה תכנית להשקעת 6 מיליארד ₪ ברשת ההולכה בחומש הקרוב. טרם הוחל במימושה.	טרם הושקע כסף בהרחבת רשת ההולכה. זהו חסם מרכזי בדרך להפיכת הרשת לכזו המאפשרת שימוש נרחב באנרגיות מתחדשות	קיימת תכנית חומש להשקעות של 2.9 מיליארד ₪ נוספים.	הוקמה חברת נתג"ז שעד כה השקיעה 7 מיליארד ₪ בצנרת להולכת גז.	מקטע ההולכה
אין	אין	בחוק ההסדרים הקרוב תאושר לנתג"ז כניסה למקטע החלוקה. המשמעות היא השקעה של עד 1.7 מיליארד ₪ בהקמת צנרת חלוקה לגז.	תכנית מענקים בגובה מאות מיליוני ₪ להתחברות מפעלים לרשת החלוקה. בפועל בשל בעיות בירוקרטיות טרם מומשו רוב הכספים	מקטע החלוקה
אין	אין	הטבות מס בשווי כולל של עד 2.25 מיליארד ₪.	טרם הוחל שימוש מאסיבי בגז לתחבורה	שימוש לתחבורה
ללא עלויות חיצוניות	ללא עלויות חיצוניות	כ- 3 מיליארד ש"ח בכל שנה	עלות חיצונית של פליטות פחמן דו חמצני עומדות על כ- 270 מיליון ₪ לכל BCM מיוצר. בשנת 2019 העלות השנתית הכוללת הגיעה ל- 3 מיליארד ₪	עלויות חיצוניות (גז"ח) משימוש באנרגיה

9 אלטרנטיבות מדיניות אנרגיה

מעבר לנושא תחשיב הכנסות המדינה, השאלה אינה רק כדאיות השקעה (כמה יעלה פיתוח תשתיות הגז לעומת התקבולים הצפויים) **אלא גם מה אלטרנטיבות המדיניות העומדות בפני הממשלה**. האם קיים שימוש אלטרנטיבי לאותם סכומים אשר יסייע לשוק האנרגיה לטווח הארוך. המועמד הטבעי הוא השוק הצומח ביותר בעולם כיום וזו האנרגיה המתחדשת ובפרט אנרגיה פוטו-וולטאית בשילוב עם מתקני אגירה. בלי כל ספק הטכנולוגיה הזו כיום מצויה בעליה בעוד שהגז נמצא בירידה.

מבחינת השקעה ציבורית – ממשלת ישראל משקיעה מיליארדי ש"ח בשנה באנרגיית הגז, ומשקיעה במשורה בפיתוח האנרגיה המתחדשת. זאת, למרות שמבחנה כלכלית כבר היום אנרגיה פוטו-וולטאית היא זולה יותר מאנרגיה המבוססת על דלקים פוסיליים. סבסוד טכנולוגיות ותשתיות לייצור חשמל מאסיבי של אנרגיה פוטו-וולטאית יאפשר למשק תועלות כלכליות לאורך תקופה ארוכה, ולא תועלת לתקופה מוגבלת כמו במקרה של הגז הטבעי שכרגע הוא אמצעי הייצור מועדף לאנרגיה. בהנחה שלמשרד קיימת מגבלת משאבים בנוגע להשקעה בתשתיות ראוי לשקול לשנות את תמהיל ההשקעה בתשתיות אנרגיה כיום.

ניהול סיכונים – להוצאת גז מתוך הים סיכונים מובנים. חלק ניתנים לפיקוח ולמיטיגציה על ידי יישום תקנים סביבתיים מחמירים, וחלקם הם סיכונים שלא ניתן לבטל. תקלות אנוש, תקלות מכאניות, אירועים בטחונים, רעידות אדמה וסופות – יכולים לסכן את מתקני הקידוח ולהביא לאסונות סביבתיים חמורים בים התיכון, כולל פליטה של נזלים, גזים רעילים ופליטת גזי חממה לאטמוספירה. הרחבת המאגרים הקיימים והרחבת מתקני התשתית הקיימת, מגבירים את הסיכון המובנה בשימוש בגז טבעי. סיכון אשר באם יתממש יכול לביא לנזקים פיסיים וסביבתיים בעלויות כבדות.

התובנה שהגיע אליה המשרד, לפיה הביקוש לגז טבעי בעולם ילך ויפחת, (שהביאה בתורה למסקנה לפיה יש להוציא את הגז כמה שיותר מהר מהאדמה), צריכה להיות מתורגמת למדינית שונה לחלוטין – **לאסטרטגיית יציאה באופן הדרגתי מהשקעות יתר בטכנולוגיית הגז, עם מעבר למצב של ניטרליות כלפי הטכנולוגיה וסבסוד תשתיות אנרגיה בהתאם לרמת הזיהום והביטחון האנרגטי שהן מייצרות**. זאת, מכיוון שעד שמאגרי גז חדשים יפותחו, נגיע לשנת 2031 לפחות (עפ"י דוח משרד האנרגיה, פיתוח של מאגרי גז לוקח 10 שנים בממוצע), שכבר בה הביקוש לגז טבעי ימצא במגמת ירידה. לפיכך, יש לעודד מדיניות חדשה במסגרתה ההשקעה הממשלתית העיקרית צריכה לעבור להקמת מערך יעיל, מבוזר ומודרני של אנרגיה מתחדשת (תוך השקעה מאסיבית בהתאמת תשתיות ההולכה והאגירה למצב בו החשמל מיוצר באופן מבוזר), פיתוח טכנולוגיות חדישות וייצואן למדינות נוספות,

ולפיתוח נקודתי, זהיר ומידתי של מערכי הזרמת גז בעיקר על חשבון כספי היזמים ותוך הטמעה של העלויות החיצוניות השליליות במחיר.

10 מסקנות

אנו מברכים על ההבנה המחלחלת למשרד האנרגיה ולמשרדי הממשלה השונים כי ימיה של טכנולוגיית הגז הטבעי הינם ספורים וקוראים להם לחשיבה מחודשת על ההתמודדות עם תופעה זו – בנייה של אסטרטגיית יציאה רב שנתית מהסתמכות על דלקים פוסיליים שתבטיח פיתוח מהיר של תשתית של אנרגיה מתחדשת, עידוד מו"פ ויצירת הובלה טכנולוגית שתאפשר ייצוא טכנולוגיות לעולם, הבטחה של מזעור נזקים סביבתיים על ידי אימוץ תקנים סביבתיים מחמירים והתניית רישיונות בפירוק תשתיות בטוח בסוף השימוש. עידוד ייצוא גז טבעי, השקעה מדינתית בתשתיות גז טבעי כמו צינורות למרחקים ארוכים ורישיונות לחיפושים חדשים למטרות ייצוא; עלולים להתברר כהרפתקה מסוכנת ששכרה יצא בהפסדה. ההכנסות ממיסוי גז טבעי למדינה אינן גבוהות כפי שאולי מצטייר בתחילה, כפי שמראה התחשיב החדש המוצג בעבודה זו, וכפי שפורסם לאחרונה גם ע"י משרד האוצר. הסיכונים הפיננסיים בתחום זה בישראל ובעולם הפכו להיות גדולים בשנים האחרונות וצפויים להחמיר, והסיכונים הסביבתיים כבדים כמו תמיד. מוטב שישקול משרד האנרגיה מדיניות זו מול אלטרנטיבה שקולה יותר של **נייטרליות לטכנולוגיה** תוך עידוד כל טכנולוגיה על פי רמת העלויות החיצוניות שהיא מטילה על המשק, ואל מול התועלות האחרות שלהן (ביטחון אנרגטי, ביזור, קרבה לאתרי צריכת האנרגיה, שימוש בקרקע, תלות במספר מצומצם של ספקים), וייתן ליזמים לשקול את שיקוליהם הכלכליים ללא מימון או סיוע ברגולציה.

לאור כל זאת, על מדינת ישראל, לכל הפחות, לסרב ולסבסד פעילות חדשה בתחום הגז הטבעי. בנוסף, עליה לשקול היטב את המשך הסבסוד הקיים של תשתיות קיימות וכאלו שכבר אושרו אך טרם הוקמו, ולשקול האם בכלל לתת יד חופשית לחיפושים נוספים של גז טבעי בים, הכרוכים בסיכונים סביבתיים, ביטחוניים וכלכליים רבים.