

עצמאות אנרגטית לישראל על רקע תגליות הגז האחרונות

עיבוד ועריכה: אורי סלונים

נייר עבודה – כנס הרצליה השנים-עשר

2012

נייר זה עוסק במשמעותן של תגליות הגז לתכנון ביטחון אנרגטי של מדינת ישראל לטווח הארוך. מדובר בנושא שזוכה להתעניינות מחדשת בשנים האחרונות על רקע הדרישה הגוברת לאנרגיה, ובכלל זה התייקרות דרמטית של מחיר הנפט, ותשומת לב גוברת לאילוצים סביבתיים הנוגעים לייצור אנרגיה ולשימוש בה. תגליות הגז, יחד ההתעוררות העולמית בתחום ביטחון האנרגיה, הן תופעות חדשות בשיח הישראלי, והן עדיין נמצאות בשלבי בירור והגדרה.

הנייר מציג היבטים שונים של מושג העצמאות האנרגטית בהקשר הישראלי, ובתוך כך את הקשר בין צרכים אסטרטגיים לאומיים ארוכי טווח ובין דינמיקה כלכלית-מסחרית המתקיימת בשוק האנרגיה הכללי והמקומי. תחום האנרגיה הוא תחום המחייב איזון מדויק בין שני היבטים אלה עקב חשיבותו הקיומית ומרחב הטעות הקטן המתקיים בו, ועקב משמעותו המשקית והיקפי ההשקעה האדירים הנדרשים לפיתוחו. הנייר מתבסס על דיון בנושא שהתקיים במרכז הבינתחומי הרצליה ב-13.12.11 בו נטלו חלק מספר מומחים העוסקים בנושא בהיבטיו השונים. ברצוננו להודות למשתתפי הדיון, לחי קוגלר מנכ"ל חברת Adira Energy Ltd ולשעבר מנכ"ל משרד התשתיות; ד"ר שלמה ולד, המדען הראשי של משרד התשתיות; חנן קלצ'וק, יועץ עצמאי ועד לאחרונה מנכ"ל חטיבת המוצרים התעשייתיים של בזק; ד"ר עמית מור, מנכ"ל חברת Ecoenergy; יוסי אבו, מנכ"ל חברת דלק קידוחים; רות שוורץ ואורי גולדפלם מהחברה להגנת הטבע. תודה מיוחדת ליוסי הולנדר, למשה בוצר ולעידן לוי, על התייחסותם והערותיהם לנייר ולשאלות רקע שהופנו אליהם. הנכתב במסמך מתבסס על הנאמר בדיון אך איננו תמליל. הנכתב איננו מבטא את עמדת משתתפי הדיון או את הארגונים אליהם הם משתייכים.

ביטחון אנרגיה על רקע שינויים בתחום האנרגיה בעולם, ועל רקע תגליות הגז מול חופי ישראל

ביטחון אנרגיה הוא מושג המתייחס לשני היבטים: האחד נוגע להבטחת מקורות אנרגיה הכרחית למדינה בכל מצב ולאורך זמן, והשני נוגע להבטחת ייצור אנרגיה רציף ואמין בשגרה ובחירום. נושא ביטחון האנרגיה מקבל בשנים האחרונות תשומת לב רבה על רקע עלייה תלולה רציפה בצריכת האנרגיה העולמית, עלייה שמקורה בהתפתחות כלכלית מואצת של מספר מדינות בעולם, כשבמרכזן נמצאות סין והודו¹. מדובר בעלייה דרמטית בצריכת האנרגיה של משקים אלה, היוצרת לחצים וביקוש על מקורות האנרגיה שנחשבו עד העשור האחרון כזמינים וזולים, הכוונה היא בעיקר לנפט שהופך ממוצר זמין וזול למוצר המתנהג בתנאי ביקוש קשיח עולה בלא התאמה מקבילה של רמות ההיצע. דרישות האנרגיה שמציבות הכלכלות המתפתחות מביאות לשינוי במשטר המחיר והאספקה בעיקר של נפט, ומובילות מדינות רבות לבדיקה מחודשת ולעדכון כולל של תכניות ביטחון אנרגיה על רקע השינויים הצפויים בתחום זה: עלייה ניכרת במחיר הנפט, מעבר מסיבי לשימוש בגז (בין היתר כתחליף לנפט) והטלת מגבלות על פליטת גזי חממה.

שינויים אלה מביאים את ישראל לדיון מנקודה המשלבת צורך בהיערכות לקראת עליית מחירים עולמית², בעיקר בתחום הנפט ומוצרים הקשורים בו, אך גם כזו היכולה להישען על שילוב תגליות הגז המשמעותיות של השנים האחרונות. תגליות אלה, במיוחד

¹ מקור המושג "ביטחון אנרגיה" הוא צבאי, והוא נתבע ע"י הצבא הבריטי בעת המעבר משימוש בפחם לשימוש בדלק נוזלי. עד לעשור האחרון התייחס המונח בעיקר לנפט ולהיבטים גיאופוליטיים הקשורים בו. בעשור האחרון התרחב השימוש במושג גם לגז וכן נוספו לדיון מרכיבים מסחריים המתייחסים למשטר מחירים ולתהליכים כלכליים הקשורים בגלובליזציה (המושג במובנו הקלאסי נגע רק לעצם האספקה והזמינות תוך התעלמות מהיבט המחיר). התפתחות נוספת לשימוש במושג נוגעת לשילוב מרכיבים סביבתיים, שבמרכזם מגבלות על פליטת גזי חממה. התרחבות השימוש במושג, ובמיוחד יישומו ביחס לייצור חשמל, הובילו לשכלול הדיון משיח פוליטי-אסטרטגי שכלל התייחסות לשחקנים מדינתיים, בריתות וכד', לשיח הכולל גם מרכיבים טכנולוגיים ותפעוליים, הבוחן את התחום כמערכת.

² לנוכח צמצום המרווח שבין ביקוש ויכולת הפקה בתחום הנפט הסתברותם של תרחישים המשלבים משבר אספקה בטווח של שנתיים עד חמש שנים עלתה ויש לשלבם בתכנון ביטחון האנרגיה הלאומית.

אלה המוכחות והממופות במסגרת שדה תמר, והפוטנציאל המשוער בהסתברות גבוהה במסגרת שטח לווייתן³, יצרו שינוי של ממש בשוק האנרגיה המקומי ובאופן בו נתפש מושג ביטחון האנרגיה. נכון לחדש דצמבר 2011 נתגלתה בשטחים בים הנמצאים בשליטה ישראלית כמות גז טבעי מוכחת בהיקף של BCM 258, ועפ"י מספר קידוחי ניסיון אחרונים קיים בהסתברות גבוהה פוטנציאל של BCM 481 גז טבעי בשדות נוספים. המודלים המשמשים להערכת ההיקף הכולל של מאגרי גז טבעי מול חופי ישראל מציינים פוטנציאל של 1000 עד BCM 1200⁴. כמות זו של גז הופכת משאב זה לאבן היסוד המרכזית בתכנון משק האנרגיה ותכנית ביטחון האנרגיה ארוכת הטווח של מדינת ישראל. היקפים אלה אף מאפשרים הצמדת המושג עצמאות אנרגטית לדיון על ביטחון אנרגיה, היינו האפשרות להשתמש בגז הטבעי המקומי לספק חלק גדול מתצרוכת האנרגיה בלא תלות ביבוא. בהקשר זה יש לציין כי גז טבעי משמש כרגע בראש ובראשונה לייצור חשמל ולהסקה ישירה במפעלי תעשייה גדולים, אך ניתן להשתמש בו גם בתחבורה, באמצעות ייצור מתנול או גז נוזלי (GTL), כגון דחוס ועוד.

ביטחון אנרגיה הוא מושג המקפל בתוכו שאלה ביטחונית-אסטרטגית קיומית יחד עם שיקולים כלכליים-משקיים שוטפים, ולכן עיסוק בנושא אינו יכול להתבסס רק על שיקולים ביטחוניים, גיאואסטרטגיים או טכניים. העיסוק בסוגיות אלה מחייב הידרשות להיבטים כלכליים-מסחריים וזאת על רקע היותה של האנרגיה אבן יסוד בפעילות התקינה של המשק, מרכזת מחזור כספי עצום, וההשקעות העצומות הנדרשות להקמה ותפעול של תשתיות הקשורות בה. החלטות הנוגעות לביטחון אנרגיה חייבות לקחת בחשבון, ולעתים אף להתבסס, על שיקולים כלכליים הנוגעים לדינמיקה עסקית של הסקטור הפרטי. האזון שבין שיקולי ביטחון לאומי ושיקולים כלכליים-מסחריים הם שעומדים עתה בלב הדיון על עתיד פיתוח פוטנציאל הגז של מדינת ישראל, ובכלל זה תכנון ביטחון האנרגיה. מדובר בסוגייה שהתחדדה למעשה סביב שאלה אחת: האם לאפשר יצוא של גז ישראלי. לשאלה זו מספר מימדים שהם מעבר ליחס בין הכמות שהתגלתה ותחזיות צריכה אלא גם להיבטים הקשורים במחיר הגז, התועלת הציבורית הנובעת מהכנסות המדינה הקשורות בגז, פיתוח עתידי, ושאלות הנוגעות לתפעול וידע.

המשק הישראלי צרך בשנת 2010 כ-5.2 BCM גז. תחזיות המניחות התרחבות השימוש בגז טבעי מעריכות כי בשנת 2020 תגיע הצריכה המקומית להיקף שנית של BCM 11.1 גז. השוואה פשוטה בין שני המספרים מעלה כי על פניו, בתנאים אלה ניתן לייצא גז מישראל. אלא שמול הנחה זו ניצבת גישה הטוענת כי תכנון ארוך טווח הכולל מרכיבי ביטחון אנרגיה מתבסס על מסגרת זמן של 40 שנה ויותר, כשבמסגרת זמן זו צפוי הגז להמשיך ולהיות המרכיב המרכזי בסל הדלקים הלאומי בהיקף גדול עוד יותר מזה הקיים היום, הן על רקע עלייה במחירי הפחם ובאילווצים סביבתיים הקשורים בשימוש בו, והן על רקע התייקרות חדה במחירי הנפט באופן שיהפוך ייצור דלק סינטטי מגז לכדאי משמעותית. במסגרת זמן זו, ובהקשר זה, הכמות המצוייה בשדה תמר אינה יכולה להיחשב ככמות המאפשרת ביטחון אנרגיה ועצמאות אנרגטית ולכן יש להקצות כמויות נוספות משדות אחרים, דוגמת לווייתן. גישה מחמירה אף טוענת כי פוטנציאל בהיקף 1000 עד BCM 1200 גז אינו מאפשר יצוא כלל, וכי יש לייחד את הכמות כולה לצרכי המשק המקומי לטווח ארוך מאד. הצורך בשמרנות תכנונית בכל הנוגע לגז נובע בין היתר מהתנהגות מחזור הפקה של שדות גז, לעומת שדות נפט, מחזור שקשה לחזויו. ישנם מקרים בהם קצב ההתרוקנות של מאגרי גז הוא באופן משמעותי בניגוד למתווה החזוי. מעבר לכך, עלייה באמינות האספקה של הגז והתרחבות רשת ההולכה גם לצרכנים מסחריים בינוניים וקטנים וגם לצרכנים פרטיים עשויה להגדיל מאד בטווח הבינוני את השימוש בגז מעבר לתחזיות כיום, במיוחד על רקע השינויים הצפויים בשוק הדלקים הפוסיליים. אנגליה והולנד הן דוגמה למדינות בהן נתגלו מאגרי גז בשנות ה-60 וה-70 של המאה הקודמת. מאגרים אלה התדלדלו בקצב מהיר מהצפוי בתחזיות המקוריות עליהן התבססה מדיניות יצוא הגז.

גישה מחמירה זו, השוללת יצוא גז, מעוררת ביקורת בקרב השחקנים הפרטיים בשוק הגז. לטענתם העדר אפשרות יצוא מונעת למעשה את עצם הפיתוח של משק גז. גורמים אלה משרטטים קשר מעגלי בין ביטחון אנרגיה ובין מיצוי פוטנציאל המשאבים שיחולל אותו. היינו, גז הנמצא בקרקעית הים אינו מבטיח לכשעצמו ביטחון אנרגטי ועצמאות אנרגטית, ועל מנת שיושגו יש לאפשר לחברות אנרגיה מקומיות ובין לאומיות לייצא בכדי שתוצדק ההשקעה הכלכלית הכרוכה בהפקתו. כל המרכיבים הקשורים בפיתוח שדות גז, במיוחד כאלה הנמצאים בעומק הים, הינם רכיבים עתירי השקעה, החל מקידוחי הניסיון, קידוח ניסויי הפקה, הנחת תשתית הפקה קבועה, צנרת הולכה וכד'. העלות הממוצעת של קידוח ניסיון ראשוני, קידוח אקספלורציה, בעומקי מים ושכבת סלע המאפיינים מאגרים דוגמת לווייתן היא 100 מיליון דולר. עלות הפיתוח של שדה תמר היא 3 מיליארד דולר. מחיר קילומטר של צנרת גז תת-ימית בלחץ גבוה היא 6.5 מיליון דולר, עלות יומית של הפעלת אסדת קידוח היא 450,000 דולר ויותר, וכך הלאה. מדובר בעלויות נכבדות שספק אם למדינה קיימים משאבים פנויים למימון.

מעבר להיבט הכספי מעורבותם של גורמים פרטיים, במיוחד חברות אנרגיה וחופשים בינלאומיות, קשור גם בידע מקצועי. קידוחי מים עמוקים הם ענף הנדסי, טכנולוגי ותפעולי מסובך הדורש ידע וניסיון שספק אם נמצא במדינות ללא מסורת ארוכה של תעשיית נפט וגז. בהקשר הישראלי ניתן לציין כי מעורבותן של חברות בינלאומיות, דוגמת חברת נובל אנרג'י, בקידוחי הניסיון, בקידוחי ההפקה ובפיתוח השדות משמעם שימוש במידע ובניסיון העדכני ביותר בתחום זה, כולל היבטים של יעילות תפעולית ובטיחות. גורמים בתעשייה מציינים כי מדיניות השוללת אפשרות יצוא, ואף שינוי במדיניות המיסוי, התמריצים והתמלוגים, עשויה להניא חברות מתמחות בינלאומיות ממעורבות בפרויקטים ישראליים ובכך להשאיר את פוטנציאל הגז כפוטנציאל בלתי ממומש בקרקעית הים⁵. גורמים אלה מביאים כדוגמא את בנגלדש, כמקרה בו נטען כי מדיניות ממשלתית שגוייה הביאה חברות אנרגיה

³ למעשה כמעט כל השטח הכלכלי-ימי של מדינת ישראל "מכוסה" בזיכיונות לחיפוש והפקה של נפט וגז. הצלחת פעילות החיפוש בתמר ובלווייתן מעידה על מיפוי נכון של המבנה הגיאולוגי באזור ועלייה בהסתברות ההצלחה של קידוחי החיפוש וההפקה.

⁴ דוח וועדת ששינסקי נוקב בהערכה לפיה במימיה הכלכליים של ישראל קיים פוטנציאל גז בהיקף BCM 2250. הנתון המופיע להלן הוצג בישיבה בהרצליה כהנחת בסיס לפוטנציאל בודאות גבוהה מאד.

⁵ בהקשר הישראלי יש גם לקחת בחשבון המנעות מצד חברות אנרגיה גלובליות לפעול בישראל ממניעים פוליטיים. באופן מעשי מחזור הפיתוח של שדה משלב האספלורציה להפקה מסחרית יכול להתבצע ע"י התקשרות נפרדת עם ספקים לביצוע שלבים שונים בתהליך.

בינלאומיות לסגת מכוונתן להשקיע בחיפוש ובפיתוח פוטנציאל הגז של המדינה. על פניו המקרה של בנגלדש מזכיר את המקרה הישראלי והדילמות הנלוות אליו. בבנגלדש אותה החל משנות הארבעים של המאה הקודמת פוטנציאל לתגליות גז משמעותיות. בסוף שנות ה-80 החלו חברות אנרגיה בינלאומיות להביע עניין בחקר ופיתוח פוטנציאל זה ובאפשרות ייצואו להודו. העדר החלטה מצד הממשלה בנוגע לאפשרות ייצוא הגז נתפש כגורם שהביא לעיכוב בפיתוח השדות ולצמצום פעילות החברות הזרות במדינה, פער שהושלם בשנים האחרונות עם מעורבות מחודשת של חברות האנרגיה הבינלאומיות בתקופה זוהה לזו בה החלה התפתחות ענף הגז בישראל.⁶

ביחס למחלוקת טוענים גורמים בתעשיית הגז המקומית כי תכנון המתבסס על הקצאה א-פריורית לטווח של 50 שנה הוא החלטה שרירותית הניתנת להמרה במודל אלטרנטיבי דינמי בו מתאפשר ייצוא גז בהתאם למכסה מסוימת, ומדי 5 שנים מתבצעת בחינה מחודשת של ההיתר, והמכסה הכלולה בו ביחס לתמונה עדכנית של מצב הרזרבות והגילויים החדשים, והערכת צפי השימוש למשך מסגרת זמן מוגדרת בעתיד. גישה זו מדגישה גם כי אין לראות בשאלת הייצוא שאלה בינארית, וכי ניתן ליצור גמישות באמצעות קביעת מכסות ייצוא. החברות מציינות כי רק מודל הכולל ייצוא, בהיקף זה או אחר, יאפשר הצדקה להמשך פיתוח פוטנציאל הגז. היבט נוסף הכרוך ביצוא הוא ההשפעה של ייצוא גז הן על המאזן המסחרי והן על הכנסות המדינה ממסים. ייתכן כי התועלת הציבורית שתנבע משני גורמים אלה עולה על התועלת הנובעת מהגברת ביטחון האספקה באמצעות מניעת הייצוא.

כנגד הטענות המועלות ע"י חברות האנרגיה הפרטיות קיימת גישה המציינת כי הביקוש בשוק המקומי הוא בעל ערך כלכלי מספק לפיתוח משק גז מקומי משוכלל. ההסכם שנחתם לאחרונה בין שותפות תמר לבין חברת החשמל יכול לשמש כאינדיקציה לפוטנציאל הכלכלי של הגז בשוק המקומי.⁷ בלימת פיתוח של אפשרויות לייצוא הגז משמען כמעט גידור של המשק הישראלי מהמחיר הנהוג בשוק העולמי.⁸ מדובר באפשרות שבתנאים מסוימים תחזק את כוחם של הצרכנים ושל הממשלה בשוק, ובתוך כך תעלה את כדאיות פיתוח תעשייה פטרו-כימית מבוססת גז, בעיקר בכל הנוגע לדלקים נוזליים. יחד עם זאת, תנאים שיפחיתו את פוטנציאל הרווח של היזמים עשויים לבלום התפתחות של הענף מעבר לתגליות הנוכחיות⁹ וליצור מצב בעייתי בו השליטה על משאב כל כך מרכזי למשק נמצאת בידיו של זכין יחיד. גישה זו גם מנוגדת למודל האירופי, שאמנם מתקיים בסביבה בה הצרכנים הראשיים תלויים ביבוא, המבסס אספקה ברת קיימא של גז על שכלול השוק והתחרות המתקיימת בו ע"י גיוון ספקים וחלוקה ברורה בין מקטעי האספקה (הפקה, הפצה, אחסנה וכד'). מבחינה אמפירית יש לציין כי למרות כוונות התכנית, משק הגז של מרבית מדינות אירופה עדיין תלוי בספק יחיד – רוסיה.

ביטחון אנרגיה מבוסס גז: ניהול סיכונים

מעבר לשאלות הכלכליות-מסחריות הנוגעות לקשר שבין ביטחון אנרגיה ויצוא, הדיון בתגליות הגז וביטחון אנרגטי קשור גם בהיבטים תפעוליים ואבטחתיים. ביסוס משק האנרגיה על שימוש בגז מחייב תשומת לב רבה לשאלת אמינות האספקה וייתירות במערכת. לעומת השימוש בפחם ובדלקים נוזליים לייצור חשמל, שימוש בגז מחייב הזנה רציפה ממערכת שמקורה כמעט בשדה עצמו. מערכת הפקת ואספקת הגז המוקמת עתה בישראל תתבסס בשלב הראשון על שני צינורות בקוטר 16" משדה תמר לאיזור אשדוד, ומשם למערכת ההולכה הארצית המזינה את תחנות הכח של חברת החשמל, יצרני חשמל אחרים ומפעלים גדולים. ארכיטקטורה לפיה 40% ויותר מייצור החשמל במדינה מתבסס על גז המוזן לתחנות דרך נקודת גישה אחת היא ארכיטקטורה עתירת סיכונים בה כנראה כל שיבוש במקטעים שנמצאים בין השדה לתחנות הכח הגדולות והבינוניות עשוי להביא להפסקת ייצור החשמל בתחנות בהן הייצור איננו נעשה בצידו המאפשר שימוש דו-דלקי. על רקע חשש זה מתקיים מאמץ ממשלתי להקמת נקודת הזנה נוספת, "נקודה צפונית", של גז מהשדות הימיים למערכת ההולכה הלאומית. הקמת הנקודה הצפונית, ומתקני הטיפול בגז הגולמי שיוקמו בה, התעכבה בשנים האחרונות עקב התנגדות תושבים באתרים שנשקלו כמתאימים (עכו, נחשולים, חדרה). למרות בטיחותם ומסכנותם הנמוכה יחסית, מתקנים הקשורים בתעשיית הגז מעוררים חשש ציבורי פעיל¹⁰. יש לציין כי גם במצב

⁶ המקרה של בנגלדש דומה על פניו למקרה הישראלי אך יש לציין כי האיטרציה הראשונה של קשר בין בנגלדש לחברות האנרגיה הבינלאומיות התרחשה בתקופה של מחירי נפט שונים, העדר אילוצים סביבתיים, דור טכנולוגי קודם וכד'. המכון הגיאולוגי האמריקאי מעריך כי מדובר בפוטנציאל בהיקף BCM 1700. כיום נשלט רובו של משק הגז הבנגלדשי ע"י PETROBANGLA חברה ממשלתית המפעילה, במשותף עם חברות אנרגיה בינלאומיות, כ-10 מתוך 12 שדות גז פעילים במדינה (ימיים ויבשתיים). שילוב החברות הבינלאומיות בפעילות החיפוש והפיתוח הגדילה מאד את קצב גילוי ומיפוי המאגרים. במודל הבנגלדשי מוקנית ל-PETROBANGLA זכות סירוב ראשונה לגז המופק במדינה כשניתן לייצא רק גז שאינו נדרש לצריכה מקומית.

⁷ הבאתי דוגמה זו כאינדיקציה להערכות תזרים כספי מפעילות מקומית אך דוגמה זו מקפלת בתוכה היבט נוסף אותו מביאים יזמי הגז כטיעון התומך במתן היתר ייצוא והוא עידוד התחרות. הגז העומד עתה לרשות ישראל הוא הגז שהתגלה בשדה תמר הנמצא בשלב מתקדם לקראת הפיכתו לשדה מסחרי פעיל. היזמים טוענים כי שדה תמר יוותר השדה הפעיל היחיד אם לא יתאפשר ייצוא של גז שיצדיק פיתוח שדות נוספים. במבנה זה טמון סיכון כלכלי-משקי הנובע מהפיכת שותפות תמר לספק יחיד ולמעשה למונופול גז.

⁸ במובנים רבים תשומות הקשורות באנרגיה אינן מתנהגות בהתאם לדפוסי סחר ומחירים של סחורות בשוק החופשי. התפתחות שוק ה-LNG תחזק התנהגות של הגז כסחורה בשוק חופשי מסוג SPOT. רוב הסחר הגז מתנהל במסגרת חוזי אספקה ארוכי טווח (בדרך כלל מוגדרים לטווח של 15 שנה) שלעיתים מתבססים על נוסחה הכוללת הצמדה להתנהגות מחיר הנפט. משטר המחיר של הגז אינו גלובלי אלא איזורי. היחס בין מחיר בשוק העולמי ופיתוח פוטנציאל עתידי הוא מימד משמעותי מאד בפיתוח מדיניות אנרגיה. סין למשל הגדירה מנגנון המצמיד את מחירי המוצרים לייצור אנרגיה לתנודות השוק העולמי וזאת לשם תמרוץ חברות בסקטור הפרטי להשקיע באקספלוורציה.

⁹ לתקופה הקרובה מתוכננים כ-15 קידוחי אקספלוורציה מטעם בעלי זכויות בשטחים ימיים. מדובר על בהשקעה של מעל מיליארד וחצי דולרים. ¹⁰ הסברה הנוגעת לביטחונם היחסי של מתקני גז ורמת מסוכנות נמוכה יחסית מתקלה העלולה להתרחש בהם היא יעד אותו מבקשים לקדם משרד התשתיות וחברות הגז הטבעי כחלק מהפיתוח רחב ההיקף הצפוי בתחום. תעשיית הגז רשמה לאורך השנים מספר קטן יחסית של תאונות קטלניות. התאונה הקשה ביותר הקשורה בגז אירעה באחד ממפעלי ה-LNG הראשונים בעולם, באוהיו בשנת 1944. בתאונה זו נהרגו כ-145 בני אדם, עובדים במתקן. תאונה חמורה נוספת התרחשה במתקן לעיבוד גז באלג'יריה ב-2004. בתאונה זו נהרגו כ-27 בני אדם, שעבדו במתקן.

בו קיימים 3 קווים (למעשה 6 צינורות) המזרימים גז מהשדה הימי אל הארץ, מערכת חשמל שתתבסס עד סוף העשור 60% ויותר מייצור החשמל על גז, היא מערכת בעלת מקדמי סיכון גבוהים מאד. סינגפור ובריטניה הן שתי המדינות המובילות כיום בשיעור השימוש בגז לצרכי יצור חשמל, 71%-60% בהתאמה, ובשתייהן מוקדשת חשיבה רבה לנושא אמינות וביטחון אספקת הגז. שתי המדינות מבססות את אספקת הגז הלאומית השוטפת על שלושה מקורות אספקה. בעשור האחרון התפרסמו בבריטניה מספר ניירות עמדה ממשרתיים העוסקים בתכנית אבטחת האנרגיה הבריטית קובע כי השענות האספקה על שלושה צינורות היא סיכון גבוה מאד הדורש טיפול, בעיקר באמצעות הקמת שתי מערכות צנרת נוספות¹¹. במקרה הסינגפורי גורמת מערכת ההולכה לשיבושים בפועל ברצף האספקה לתחנות הכח ונטען כי עלותם הכלכלית של השיבושים מצדיקה הקמה של תחנה פחמית כגיבוי.

הפחתת רמות הסיכון הטמונות בהישענות כה מסיבית היא אתגר מסובך אף יותר בהקשר הישראלי, כשאל הסיכונים התפעוליים יש להוסיף סיכונים ביטחוניים המאפיינים את הסביבה הישראלית וכן את היותה של ישראל "אי אנרגטי" מבודד בלא גיבוי ממערכות חשמל של מדינות שכנות. מדובר באתגר הנמצא עדיין בתהליכי בירור וחשיבה כשמתווה ניהול הסיכון ופיזור עדיין לא גובש תכנונית ומינהלית. למרות הסיכונים המשמעותיים הכרוכים בכך נראה כי הגדלת שיעור ייצור החשמל באמצעות גז יגדל עד סוף העשור הנוכחי לכ-60% כשהסיכונים הכרוכים בכך ינוהלו באמצעות התקנת יחידות ייצור קיטוריות דו-דלקיות הפועלות בשגרה על בסיס גז אך ניתנות להפעלה בעת הצורך (בכפוף להסבה האורכת זמן קצר יחסית – מספר שעות) בפחם, סולר או מזוט. מדובר אמנם ביתירות הכרוכה בעלות עודפת למשק מאחר והיחידות הדו-דלקיות הן בעלות יעילות נמוכה משמעותית מיחידות בהן הפקת החשמל מתבצעת ישירות באמצעות גז¹². בנוסף, ארכיטקטורה זו מחייבת הכנה וניהול מאגרי חירום של גז¹³ ומאגרים אסטרטגיים של פחם וגם סולר ומזוט. הקמה של מתקן קליטה לגז נוזלי (מתקן הגוזה) הוא מרכיב נוסף בניהול הסיכונים הקשורים בהישענות כה מסיבית על גז. שילובו במערכת של מתקן מסוג זה יאפשר יבוא גז נוזלי במקרים של שיבוש יום או כפוי באספקה ממקורות מקומיים. הסבת מאגרי הגז המתרוקנים, דוגמת מארי-B, כמאגרי חירום לתוכם יזרם גז משדה תמר היא צעד נוסף מסוג זה. בכל הנוגע לייצור חשמל, גיוון אספקה על ידי פיתוח מקורות של אנרגיה מתחדשת, ובעתיד הרחוק אפשרות שימוש באנרגיה גרעינית, נחשבים גם הם כצעדים המעלים את רמת ביטחון האספקה בתנאים הישראליים וכך גם פעולות משלימות דוגמת הקמת תשתית רשת חכמה והתייעלות אנרגטית. רכיבים אלה יידונו בהמשך.

תכנון משק האנרגיה של ישראל כשנושא ביטחון האנרגיה עומד במרכזו מחייב הגדרת מרבית רכיבי המערכת הקשורים בגז כאתרים אסטרטגיים הדורשים אבטחה ומיגון מיוחדים. פגיעה במתקני אנרגיה היא סיכון ידוע בכל מקום בעולם, סיכון ההופך למוחשי יותר במקרה הישראלי. ייתכן כי בסביבה המקומית יש נדרשים צעדים שתכליתם יצירת גיבוי, יתירות ועמידות של הרכיבים השונים במערכת הרבה מעבר למקובל בעולם. כך למשל ייתכן ויש צורך במיגון יוצא דופן, ואף הטמנה באדמה, של מתקנים קריטיים דוגמת אתרי קליטה הגז מהשדות ומתקני LNG. מעבר לכך נדרשת חלוקה ברורה של האחריות הביטחונית על המתקנים השונים, במיוחד אלה הנמצאים בים שהפך לזירה אבטחתית חדשה, בין המדינה ובין הגורמים הפרטיים הפועלים בתחום הגז. למרות הניסיון שהצביע עד כה על בטיחותם של מתקנים אלה ייתכן ומתאר האיומים של הזירה הישראלית מוסיף רמה גבוהה יותר של איומים (פגיעת טילים ורקטות במתקן, חבלה וכד') שהופכת אותם למסוכנים יותר מבמקומות אחרים בעולם.

יש המצינים כי הסדרים מדיניים המשלבים אספקת גז לירדן ולרשות הפלסטינית, וכן כאלה המקשרים את ישראל לצינור הגז הערבי ממזרים לתורכיה, יכולים להחשב גם כמענה אבטחתי לתחום הגז. יצירת זיקה בין ייצור חשמל בירדן¹⁴ ובשטחים הפלסטיניים באמצעות גז המופק בישראל ימנע פגיעה במתקנים הישראליים מצד גורמים ערביים או אסלאמיים. פיתוח משותף באמצעות מבנה נאמנות שבמרכזו עומדת חברה בינלאומית של שדות גז פוטנציאליים בשטחים הנמצאים במחלוקת בין ישראל ולבנון מוצג כפתרון שיגדיל את היציבות האזורית בהקשר זה. מיותר לציין כי אירועים ביטחוניים הנוגעים לגז עשויים כמעט בוודאות להרחיק מהאזור, כולל מקפריסין והשטח הימי הפלסטיני שמול עזה, חברות אנרגיה בינלאומיות.

ביטחון אנרגיה בתחום דלקים נוזליים לתחבורה ותזקיקים

היבט נוסף של מדיניות ביטחון האנרגיה מתייחס לתחום התחבורה, המתבסס כיום בעיקר על תזקיקים מבוססי נפט. שאלות ביטחון אנרגיה הקשורות בכך נוגעות לסיכונים הנובעים מעלייה חדה במחירים או לשיבושים במשטר האספקה השוטף של המדינה. תגליות הגז האחרונות מאפשרות חשיבה מחודשת גם בהקשרים אלה, הן ביחס לייצור דלק נוזלי מגז טבעי (GTL) והן בפיתוח רכב מונע חשמלית, חשמל שיוצר בתחנות הכח באמצעות גז¹⁵.

תצורתו הבסיסית של תהליך המרת הגז הטבעי לדלק נוזלי מכונה "שיטת FISCHER-TROPSCH" והיא פותחה בגרמניה בשנות ה-20 של המאה הקודמת. עד לשנים האחרונות יושם התהליך רק במקרים בהם התקיימה נגישות לקוייה לנפט¹⁶, דוגמת גרמניה

¹¹ אינטגרציה טובה של ניירות אלה ניתן למצוא אצל:

Jim Watson, *UK Gas Security: Threats and Mitigation Strategies*. Sussex Energy Group, Uni. Of Sussex (2010)

¹² מדובר על 60% ניצולת אנרגטית בטורבינות גז לעומת 40% ניצולת ביחידות קיטוריות דו-דלקיות

¹³ סך כל מאגרי החירום לגז במערכת הבריטית עומד על 14 ימי אספקה (בפרופיל ביקוש שא).

¹⁴ חיבור של ירדן לצינור למאגרי הגז הישראליים יכול גם לכלול התניה לפיה לא יותר שימוש בגז לצרכי הנזלה בעקבה. זאת במידה ויוחלט כי מתקני הנזלה הם סיכון אבטחתי גבוה.

¹⁵ ניהול משק החשמל כך שהטענת מצברי הרכבים תתבצע בשעות השפל של הביקוש לחשמל משנה תחשיב זה.

¹⁶ ככלל, יישום התהליך אפשרי גם ביחס לייצור דלק נוזלי מפחם. למרות הוותק, טכנולוגיית fischer-tropsch עדיין משמשת כבסיס לייצור מסחרי של GTL. הפיתוחים של השנים האחרונות מתייחסים לתצורות שונות של מיצוי הנזל בתהליך. טכנולוגיה המאפשרת מעבר משלב הגז

בתקופת מלחמת העולם השנייה או דרום אפריקה בתקופת האפרטהייד. מדובר בתהליך ייצור עתיר אנרגיה שהתוצר העיקרי שלו כיום הוא בעיקר דלק מסוג דזל ומספר מוצרי לוואי תעשייתיים. ניתן להשתמש במתקני הייצור גם ליצור דלק סילוני, וחברת התעופה של קטר אף הודיעה לאחרונה כי בשנה הקרובה תעבור להשתמש בדלק סילוני¹⁷ שמקורו בגז טבעי שיוצא במפעל GTL חדש שהוקם ע"י חברת האנרגיה SHELL בקטר. מדובר בתהליך ייצור שעלותו מוערכת ע"י IEA כ-40\$ - 90\$ לחבית דלק נזיל¹⁸. העלייה הדרמטית של השנים האחרונות במחירי הדלק הביאה להתעניינות מחודשת ב-GTL, שייצורו הופך לכדאי כמוצר תחליפי לדלק קונבנציונלי ברמות מחיר מסויימות של נפט ובהיקפי יצור גדולים. יש לשים לב כי ההקמה בשנים האחרונות של שני מתקני יצור גדולים של GTL התבצעה בקטר ובמלזיה, מדינות שהן מפיקות גז ולכן תחשיב עלות הגז כחומר גלם לתהליך הוא שונה מתחשיבי עלות בהם הגז הוא תשומה בשוק הכללי. בהקמת המתקן הקטרי הושקעו כמעט 20 מיליארד דולר והוא משמש למעשה גם כמתקן הדגמה וניסוי של טכנולוגיות יצור חדשות הבאות להתמודד הן עם עלות הייצור והן עם בעיות סביבתיות הכרוכות בייצור GTL ובראשן פליטת פחמן הנובעת מהאנרגיה הנדרשת לייצור. המתקן הקטרי הוא חלק ממערך הפקה ועיבוד כולל של גז טבעי ומתוכנן לייצר בסופו של תהליך ההקמה וההרצה כ-140,000 חביות GTL באיכות גבוהה ליום. ישנם מודלים המצביעים על כדאיות כלכלית בפיתוח מתקני יצור יקרים של GTL על פני מתקני דחיסה מכנית של גז טבעי לתצורת LNG. מודלים אלה מתבססים על התוצר הסופי, הדלק, כמוצר מוכן לשימוש ונח לשינוע.

מלבד בחינת האפשרות להשתמש בגז לצרכים תחבורתיים, הן כדלק נזיל או אחר, והן כחשמל לתחבורה¹⁹, חשוב לכלול בתכנון ביטחון האנרגיה הלאומי גם התייחסות להבטחת אספקה של תזקיקים ומוצרי דלק בעת מצבי חירום ביטחוניים או בעת משבר אספקה עולמי. מאפייני הזירה הנוכחיים מחייבים להניח כי בעת משבר ביטחוני תיפסק תנועת מכליות נפט לישראל עקב איום טילי על מסופי הפריקה הראשיים. בתוך כך יש להניח גם את הפסקת פעילותם של בתי הזיקוק. לנוכח אפשרויות אלה נדרשת היערכות מתאימה בנוגע למלאי חירום, ופיתוח אמצעי שינוע של מלאי זה מאתרי האכסון למתקני חלוקה. כמו כן, יש לשלב במערכת הלאומית מתקנים שיאפשרו יבוא תזקיקים דרך הים. היקף המלאים דורש הכרעה ותכנון נפרדים. מדובר ברכיב ביטחון אנרגיה בעל עלות נכבדה כשאליו ייתכן ויש להוסיף מרכיב של מלאי תזקיקים מתאים לפעילות משקית בהיקף מסויים לאורך פרק זמן מסויים. בהקשר זה יש לציין כי הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה, IEA, מבססת את תכניות ניהול המשברים אותם היא עורכת, כלקח למשבר האנרגיה של 1973-4, על מלאי חירום אסטרטגי של 90 ימי אספקה.

ניהול סיכונים באמצעות גיוון מקורות והתייעלות אנרגטית

גיוון מקורות אנרגיה נחשב כשיטה מרכזית בהגברת ביטחון האנרגיה, וזאת באמצעות צמצום ההישענות על מקור אנרגיה דומיננטי²⁰. הכיוון אליו הולכת ישראל הוא כמובן מתבקש והגיוני אך הוא נוגד את עקרון הגיוון. גם במסגרת דומיננטיות הגז קיים מקום לגיוון מקורות האנרגיה בעיקר בכל הנוגע לגיבויים מבוססי דלק נזיל ואספקה ממספר מקורות מקומיים ככל הניתן. מקור נוסף הן האנרגיות המתחדשות, בעיקר סולארית ורוח, שבתכנית מקורות האנרגיה של משרד התשתיות אמורות למלא 10% בתמהיל מקורות האנרגיה. לשימוש במקורות אנרגיה מתחדשת יתרונות רבים והם מחזקים את מימד העצמאות האנרגטית. יחד עם זאת במובנים רבים טכנולוגיות אלה עדיין לא הגיעו לכדי בשלות טכנולוגית, במיוחד בכל הנוגע ליכולות אגירה שיאפשרו התאמה בין יצירת האנרגיה למועד בו נדרש שימוש בה. כמו כן, רב הטכנולוגיות הקשורות באנרגיות מתחדשות עדיין לא עומדים בפני עצמם מבחינה כלכלית ללא תמיכה וסבסוד ממשלתיים. מבחינת תועלת ציבורית יש אף הטוענים כי ההקצאה הציבורית העקיפה לצורך קידום מקורות אנרגיה אלה יכולה להביא לתועלת ציבורית גבוהה ויעילה יותר לו היתה מושקעת במו"פ יעודי.

היבט משלים לדיון זה היא ההתייעלות האנרגטית שבאופן כללי נוגעת לפעולות שתכליתן הוא הגדלת התועלת המופקת מכל BTU אנרגיה. מדובר הן בפעולות לחיסכון באנרגיה והן בפעולות הנוגעות להקצאה מתוחכמת שלה, בעיקר במסגרת "רשת חכמה"²¹. שילוב אמצעים אלה בתכנון הביטחון האנרגטי יקנה למערכת מידה מסויימת של יתירות אך הוא בעיקר יאפשר הפחתה של לחץ הביקוש וכן ניהול יעיל יותר של ההיצע במצבי חירום.

לשלב המיצוי בלא שלב ביניים של חימום הגז וערבובו בתערובת של מימן וחד-תמוצת הפחמן עדיין לא הגיע לכדי בשלות מסחרית. האנרגיה הרבה הנדרשת לשלב זה הופכת את התהליך לצרכן אנרגיה אינטנסיבי, ובכך כמוהם מבחינת פליטות הפחמן הכרוכות בו. הצמדת מתקני ייצור של GTL לתהליכי שחרור חום המתרחשים ממילא, למשל להבות בערה במתקני קידוח נפט ובבתי זיקוק הופכת אותו ל"נקי" יותר. מלבד תהליך הייצור, ה-GTL נחשב כדלק "נקי", בוודאי ביחס לדזל הקונבנציונלי, העומד בכל התקנים הסביבתיים ואינו מחייב ביצוע התאמה מיוחדת במנועים לצורך שימוש.

¹⁷ עיקר הייצור מתרכז בדזל, העלאת הטמפרטורה השלב השני של התהליך, שלב ההמרה הכימית, מוביל לייצור דלק סילוני.
¹⁸ תהליך ייצור ה-GTL נחשב כרגיש מאד לתנודות במחיר הגז. מדובר בקשר מעריכי ולא יחידתי. עלייה במחיר הגז משנה מאד את תחשיבי העלות.

¹⁹ התפתחות זו קשורה כמובן להתקדמות הטכנולוגית בתחום ההנעה החשמלית לרכב. במיוחד התקדמות בתחום הנחשב לחסם הטכנולוגי העיקרי והוא תחום המצברים. התפתחות טכנולוגית נוספת היא בתחום תאי דלק.

²⁰ המונח גיוון מתייחס הן לגיוון באמצעי הייצור והן לגיוון במקורות האספקה של חומר הגלם. ראה: Gail Cohen, Frederick Joutz and Prackash Loungani. *Measuring Energy Security: Trends in the Diversification of Oil and natural Gas Supplies*. International Monetary Fund (2011)

²¹ דיון בהיבטים אלה התקיים בכנס הרצליה ה-10 וה-11. ראה ניירות רקע בנושא: *משק החשמל של ישראל 2030* ו- *אנרגיה מתחדשת וכלכלה ירוקה כמנוף צמיחה כלכלי*.

נספח: אפשרויות יצוא גז מישראל

בחירת אפשרויות יצוא הגז מישראל מתקשר לדיון בנושא ביטחון האנרגיה עקב משמעותה הכלכלית כתמרץ מסחרי ליזמים הפרטיים ולחברות הבינלאומיות. דיון זה נוגע בעיקר ליצוא גז בתצורה נוזלית (LNG), כאשר אפשרות יצוא גז ישראלי, שלא במסגרת שוק ה-LNG, בצינור מוטלת בספק מבחינת יכולת מעשית ואף העדר ביקוש. מכירת גז לירדן באמצעות צינור דרך עמק בית שאן היא אולי האפשרות המעשית, טכנית וכלכלית, לייצוא גז. לעתים מופיעות בעיתונות ידיעות אודות התעניינות גורמים בינלאומיים העוסקים באספקת גז (הקונסורציום המעורב בהפעלת צינור נאבוקו למשל) ברכש גז מהמאגרים הישראליים אלא שקשה להצביע על ידיעה מסוג זה שהבשילה לכדי מגעים אינטנסיביים משמעותיים²²

שוק ה-LNG העולמי הוא שוק צומח במהירות המקבילה לצמיחת השימוש בגז בעולם, וישנן תחזיות הצופות כי מוצר זה יתפוש בשנת 2025 נתח של 20% משוק הגז העולמי. העלייה בשימוש ב-LNG הביאה להשתכללות המסחר בו ואף להתפחות של שוק ספוט, בעל היקף של 12% מהמסחר. יחד עם זאת, רוב המסחר ב-LNG מתנהל במסגרת חוץ אספקה ארוכי טווח של 15 שנה וזאת בעיקר על מנת להצדיק את תכניות המימון הקשורות בהפקתו. מספר תחזיות הנוגעות לשוק הגז מציינות גידול דרמטי בביקוש לגז, שעד סוף העשור יבטלו את העודף המתקיים היום בשווקים. תחזיות לטווח הקצר צופות בשנתיים שלוש הבאות מחסור ב-LNG על רקע סגירתם המיידית של כורי כח גרעיניים מיושנים כתוצאה מהתאונה בפינ²³ אך לגבי מסגרות זמן ארוכות יותר קיים ספק לגבי התרחבות מקבילה של תחום ה-LNG על רקע הסרבול הרב הכרוך בשינוע ובצריכה של גז בתצורה זו, לעומת התרחבות הפריסה של צנרת הולכה בינלאומית והתפתחות תעשיית יצור גז משכבות קרקע המכונות gas shales - i gas fracking, המרחיבה את האיזורים הגיאוגרפיים בעולם שיכולים לייצר את תצרוכת הגז של עצמם.

המרת גז טבעי לתצורה נוזלית מתבצעת בעיקר ע"י קירור הגז לטמפרטורה של מינוס 162 מעלות צלסיוס. שינוע הגז בתצורה זו מחייב שימוש באמצעים המשמרים טמפרטורה נמוכה זו עד לאידוי מחדש למצב גזי. עלות ממוצעת של הקמת מפעל LNG עומדת על מיליארד דולר לכל מיליון טון לשנה של LNG. הקמת מתקני ניזול גז בהקשר המקומי אפשרית בנקודה חופית בישראל, על פלטפורמה צפה בלב ים ובנקודה חופית בקפריסין, הנמצאת במרחק משדה לויתן זהה לזה של החוף הישראלי. אפשרות נוספת היא העברת הגז בצינור יבשתי לאילת והקמת מתקני ניזול שם לצורך שיווקו לצרכנים באסיה. יש לבחון אפשרות זו גם ביחס להיבטים בטיחותיים של הקמת מתקן LNG גדול בצמוד לעיר.

אפשרות יצוא הגז באמצעות צינור נחשבת כאפשרות כמעט בלתי ישימה מבחינה כלכלית, אלא אם מדובר בחיבור לצינור הגז הערבי המוביל גז ממזרים לתורכיה במסלול יבשתי, או הקמת קו לירדן. חיבור שדות הגז הישראליים לצינור הגז העובר בתורכיה ומוביל גז מאסיה לאירופה, נחשב בעייתי מבחינה פוליטית²⁴. מלבד זאת, היקפי הגז העוברים בצינור הופכים את הכמות שתיוצא מישראל לזניחה שאיננה מצדיקה על עלות ההקמה של מקטע החיבור.

עלות ההקמה של צינור גז לחץ גבוה במים עמוקים מעמידה בספק גם את הקמתו של צינור בין ישראל ליוון. מדובר במקטע תת-ימי באורך 1250 ק"מ ובעומק מירבי של 2000 מ'. לשם השוואה, קיימים בעולם מספר מצומצם של צינורות בעלי מאפיינים דומים ציהור הגז התת-ימי הוותיק ביותר נחנך בסוף שנות ה-70 בין נורווגיה וסקוטלנד. מאוחר יותר הונח צינור גז נוסף בין שתי המדינות, למעשה זוג צינורות. מדובר במרחק של 1166 ק"מ. הצינורות הם בקוטר 32", ומעבירים מדי שנה גז טבעי בנפח של BCM 25.5. צינור גז תת-ימי ארוך נוסף פועל בין לוב וסציליה, מדובר על צינור באורך 520 ק"מ. הקמת צינור בין שדה לויתן ויוון מוערכת בעלות של 6.5 מיליארד דולר, כשביוון נדרש פיתוח של מערכת קווי הולכה נוספים להעברת הגז לצרכני המשך. אפשרות נוספת היא הקמת מתקנים לדיחוס גז הנחשבים כמוצדקים כלכלית כאשר מדובר בשינוע ימי של הגז ליעדים קרובים דוגמת קפריסין או איי יוון.

²² ברקע לאי-הבשלת "גישושים" התעניינות אלה יכולים להימצא שיקוליים פוליטיים וחשש כי שילוב גז ישראלי במערך האספקה עשוי לפגוע באינטרסים רחבים של החברה או שיקולים הנובעים מאי הוודאות הרגולטורית ביחס לאפשרות יצוא גז.

²³ Global LNG market to tighten in 2013/14: Shell, Reuters, 14.6.11

²⁴ שילוב גז שמקורו בישראל בהיצע גז של חברות בינלאומיות עלול ליצור עיכוב קושי בפעילות