



השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן,

הטכניון

מיום 5.5.2008



נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

ד"ר אופירה אילון

טל גולדרט

דצמבר 2008

השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן,

הטכניון

מיום 5.5.2008

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

ד"ר אופירה אילון

טל גולדרט

דצמבר 2008

רשימת משתתפי הפורום:

המשרד להגנת הסביבה	אייכלר שמואל	
מוסד שמואל נאמן	אילון אופירה	ד"ר
חברת החשמל	אלמוג הדר	ד"ר
משרד התשתיות הלאומיות	בית הזבדי אדי	
RAND	בר רבי קלוד	ד"ר
יועץ סביבתי	גרבר מיכאל	ד"ר
הפקולטה להנדסה כימית, הטכניון	גרדר גדעון	פרופ'
מוסד שמואל נאמן והפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	גרוסמן גרשון – יו"ר	פרופ'
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון	גרין מיכל	פרופ'
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון	יובל	
RAND	פופר סטיבן	ד"ר
איגוד ערים חיפה	פליקשטיין ברננדה	ד"ר

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח. תודות למכון RAND על חומר הרקע הרב.

תוכן העניינים

עמוד

5	פרק 1 : הקדמה
6	פרק 2 : מידע בנושא השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל
16	פרק 3 : דיון
20	פרק 4 : סיכום

נספחים

	נספח 1 : תוכנית פורום אנרגיה - השפעות בריאותיות וסביבתיות של הכנסת השימוש בגז טבעי לישראל
21	
22	נספח 2 :

S.W. Popper, R.J. Lempert and S.C. Bankes: Shaping the Future. *Scientific American*, April 2005.

פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום זה. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלבנטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציג בפני מקבלי החלטות.

המפגש הודן בהשפעות בריאותיות וסביבתיות של הכנסת השימוש בגז טבעי לישראל התקיים ב-5 במאי 2008, במוסד שמואל נאמן בטכניון והשתתפו בו מומחים בנושא מהסקטור התעשייתי, האקדמיה והממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת סטאטוס מקצועי ראשון במעלה בתחום האנרגיה והתשתיות, ובעלי ראייה סביבתית ובריאותית.

היוזמה למפגש הינה חלק מתכנית רחבה יותר של מכון RAND האמריקאי, הבוחנת את מגוון ההשלכות של השימוש בגז טבעי על ישראל. עפ"י תוכנית האב למשק האנרגיה¹ אשר הוכנה עבור משרד התשתיות הלאומיות (2004) צפוי הגז להוות 70% מסך הדלקים המשמשים לייצור אנרגיה בישראל עד שנת 2025.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא הגז הטבעי ומקומו הצפוי במשק האנרגיה הישראלי. מצגות המשתתפים נמצאות באתר מוסד ש. נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו.

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי החלטות במטרה להביא אל סדר היום את נושא הגז הטבעי וההשפעות הסביבתיות והבריאותיות הצפויות מחדירתו למשק האנרגיה של מדינת ישראל.

¹ תכנית האב למשק האנרגיה בישראל: ד"ר ארז סברדלוב, ד"ר עמית מור, שמעון סרוסי, דויד ברמן, פרופ' אורי מרינוב, גיורא נשר. הוגשה למשרד לתשתיות לאומיות באוגוסט 2004

פרק 2: מידע בנושא השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגות באתר של מוסד נאמן (<http://www.neaman.org.il>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו סדר (ראה תכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 3.

סטיבן פופר - RAND:

RAND הוא מכון מחקר עצמאי, שלא למטרת רווח, שמטרתו לשפר קבלת החלטות דרך מחקר. המכון מבצע עבודות עבור מוסדות ממשלתיים, סוכנויות, גופים פרטיים ו-NGO, ומיקומו הפיזי של הקמפוס הראשי בסנטה מוניקה, קליפורניה, ארה"ב. המכון מונה כ-750 חוקרים במגוון תחומים, אשר פועלים בארה"ב ומחוצה לה.

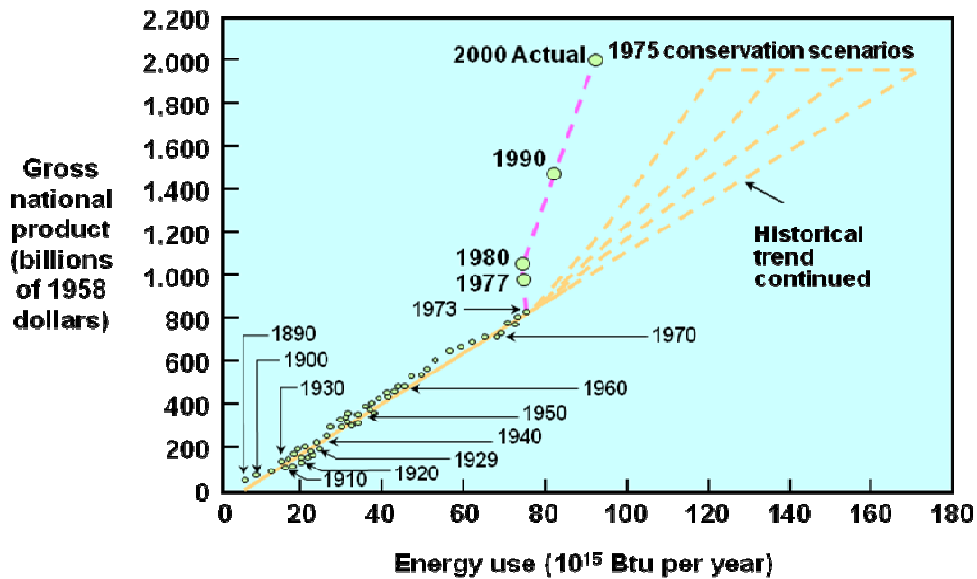
המחקר הנוכחי של המכון הממומן ממקורות פרטיים עוסק בנושא הגז הטבעי בישראל, ומונחה ע"י ועדת היגוי בראשות משרד התשתיות הלאומיות. מטרת המחקר היא לנתח את האפשרויות והפוטנציאל של גז טבעי לשילוב במשק האנרגיה של ישראל. המחקר מבוסס על פרספקטיבה אסטרטגית שתפקידה להתייחס לחלופות תפעוליות ולבחור באופן מושכל את הדרך האפקטיבית ביותר.

בחינת נושא השימוש בגז טבעי בישראל נערכת ממספר אספקטים: ביטחון (פוליטי ומדיני), מבנה השוק ונושאים כלכליים, בטיחות, סביבה ובריאות וכן מנהל וחקיקה. השאלה אינה האם ישתמשו בישראל בגז כי התשובה לכך היא כמובן חיובית, אלא כיצד ניתן לצמצם את הסיכונים. איזו אסטרטגיה צריכה ישראל לפתח לשימוש בגז כדי להגיע לתוצאה העמידה ביותר בפני סיכונים? היינו רוצים להגדיר מדיניות שתתאים למגוון תסריטים בעתיד.

ברור כי קשה מאוד לחזות את העתיד. דוגמא לכך ניתן לראות בתרשים 1² המתאר את חיזוי השימוש באנרגיה בארצות הברית (הקווים הצהובים) לעומת מה שקרה בפועל (הקו הורוד).

ברוב המקרים, מקבלי ההחלטות מחפשים אסטרטגיות גמישות מספיק על מנת שלא ימצאו טועים כאשר יחול שינוי לא צפוי בעולם. התכנון צריך להיות מתאים למקסימום תסריטים אפשריים.

² Adapted from Chauncey Starr, "Economic Growth, Conservation and Electricity" in Ruedisili (ed.) Perspectives on Energy, OUP, 1978 with updated data.



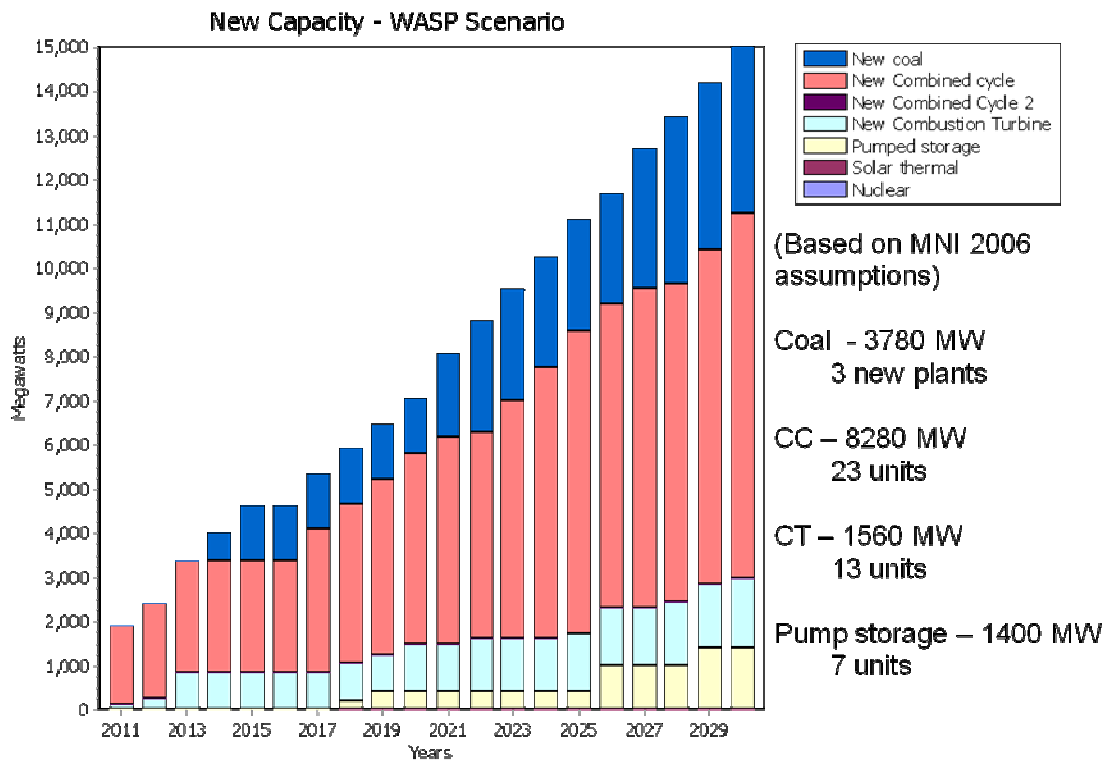
תרשים 1 - צריכת האנרגיה לעומת התוצר הלאומי בארה"ב - תחזית מול מציאות

בהגדרה של ניתוח לטווח ארוך, אנו משתמשים בארבעה עקרונות:

- מביאים בחשבון מספר רב של תרחישים, ולא תרחיש יחיד
- מחפשים אסטרטגיה יציבה, ולא דווקא אופטימאלית
- מפעילים מודלים גמישים, המתפתחים עם הזמן ומביאים בחשבון מציאות משתנה, וכן
- משתמשים במידע ומודלים התומכים באי הוודאויות.

אנו מחפשים פיתרון שיהיה ישים לרוחב תרחישים רבים. מפתחים כללי אצבע שאפשר להתאים בקלות למציאות. ההנחות שלנו עשויות להיות שונות מהנחות של מישהו אחר, ולכן אני מחפש החלטות שיהיה קל יחסית לשנות; אני מחפש שיטה שבה יהיה קל יותר לקבל החלטה לאור שינוי בנתונים.

לשם דוגמא, פיתחנו מודלים שמגדירים את צריכת האנרגיה כפונקציה של נתונים המוכנסים למערכת. מכניסים למערכת נתונים על צריכת האנרגיה, מחירים וכיו"מ ומקבלים מהמודל מידע לגבי אילו תשתיות נדרשות כדי לספק את הדרישה בתנאים שהוגדרו. דוגמא ניתן לראות בתרשים 2, המתאר תחזית מהמודל של תשתיות אספקת החשמל במדינת ישראל עם השנים:



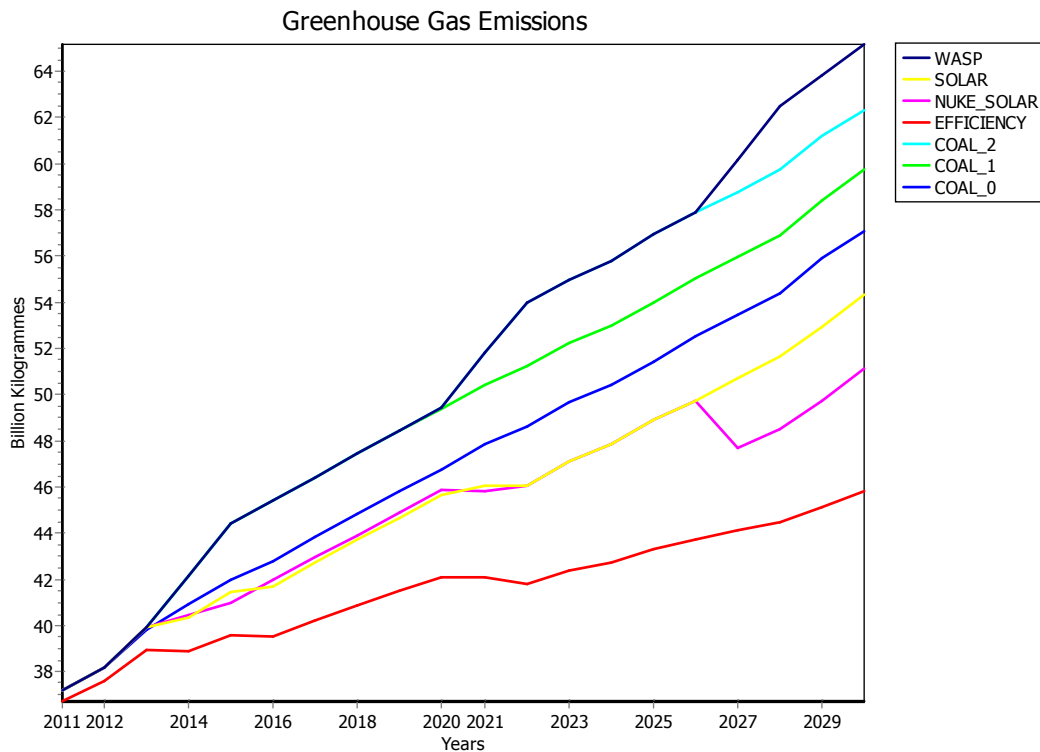
תרשים 2 - תחזית מערכת אספקת החשמל בישראל כפי שהתקבלה ממודל של RAND

כך למשל, בשנת 2030 יסופק חשמל מאגירה שאובה בהיקף של 1400MW, כאשר 13 טורבינות שריפה (CT) יספקו 1560MW, 23 מחז"מים יספקו 8280MW ו-3 תחנות כח פחמיות חדשות יספקו עוד 3780MW. בצורה זו תתווסף יכולת ייצור חשמל של כ-15,000MW עד 2030.

בהתבסס על נתונים מקומיים של חברת חשמל, משרד התשתיות ובעלי עניין אחרים, אנו יוצרים מודלים שיכולים לחזות מה תהיה צריכת החשמל ומה יהיו הצרכים לשנים הבאות. אפשר לעשות וריאציות על הנתונים, ולנסות לראות מה קורה כאשר משתמשים בגז טבעי במקום תחנות פחם, למשל. ניתן גם לחשב כך פליטה צפויה של גזי חממה. ניתן להראות מה השילוב הרצוי של תחנות כוח מסוגים שונים.

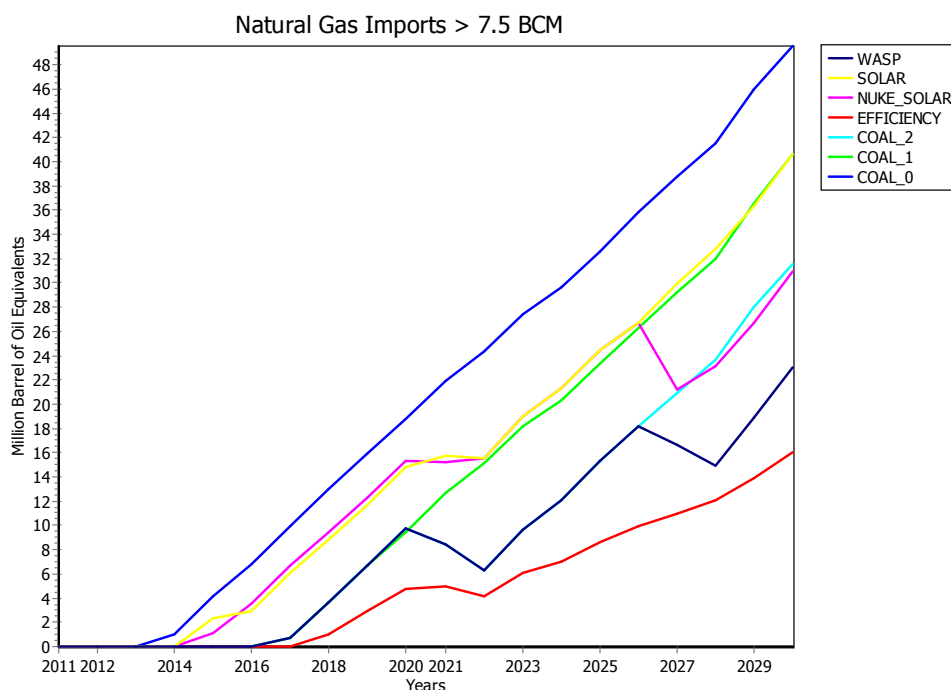
שילובים שונים של מקורות אספקת אנרגיה נבדקים, והמודלים העיקריים (במונחי 2030) הם:

מבוסס על הנחות יסוד של משרד התשתיות משנת 2006 – 3 תחנות פחמיות, 23 יחידות מחז"מ, 13 יחידות טורבינות שריפה ו- 7 יחידות של אגירה שאובה	WASP
27 יחידות מחז"מ, 12 יחידות טורבינות שריפה ו- 7 יחידות של אגירה שאובה, ובנוסף 2500MW מאנרגיה סולרית-תרמית	SOLAR
23 יחידות מחז"מ, 13 יחידות טורבינות שריפה ו- 7 יחידות של אגירה שאובה, ובנוסף 2500MW מאנרגיה סולרית-תרמית וכן 1350MW מאנרגיה גרעינית	NUKE_SOLAR
18 יחידות מחז"מ, 17 יחידות טורבינות שריפה ו- 7 יחידות של אגירה שאובה, 2500MW מאנרגיה סולרית-תרמית ובתוספת השקעה בהתיעלות	EFFICIENCY
2 תחנות פחמיות, 25 יחידות מחז"מ, 14 יחידות טורבינות שריפה ו- 9 יחידות של אגירה שאובה	COAL_2
1 תחנות פחמיות, 28 יחידות מחז"מ, 16 יחידות טורבינות שריפה ו- 8 יחידות של אגירה שאובה	COAL_1
32 יחידות מחז"מ, 13 יחידות טורבינות שריפה ו- 8 יחידות של אגירה שאובה	COAL_0



תרשים 3 - שיעור פליטת גזי חממה הצפוי על פי מודלים שונים של הפקת אנרגיה

כמו כן ניתן לבדוק את כמות הדלקים הנדרשת תחת הנחות כל אחד מהמודלים, כגון נפח הגז הטבעי הנדרש לייצור החשמל. כאשר אנו יודעים מה הנפח שנצטרך ומה הנפח הנצרך כיום, ניתן לראות מיד שתחת כל המודלים נצטרך ליותר ממה שהוסכם בהתאם להסכם היבוא הנוכחי ממצרים (כמובן שתגלית מאגרי גז נוספים, כגון "תמר", "דלית", "מיכל", "מתן" או "אור" ביכולתם להפחית או אפילו לבטל את הצורך ביבוא גז נוסף).

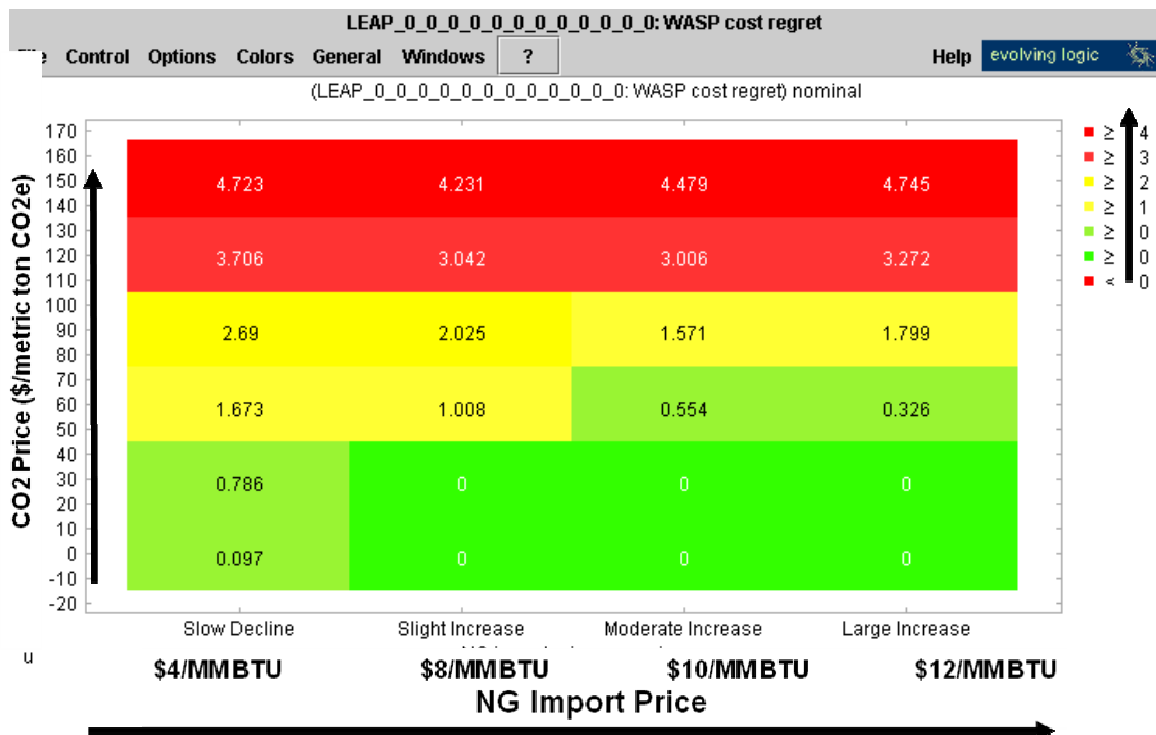


תרשים 4 - שיעור יבוא הגז הטבעי הנדרש על פי מודלים שונים של הפקת אנרגיה

אפשר לחשב באמצעות המודל גם פליטות של פחמן דו חמצני, ולחשב כדאיות כלכלית כתלות במחירי הסחר בפליטות בעתיד.

בכל מקרה, אפשר להעריך עד כמה נכונה הבחירה שלנו כפי שנראה אותה בעתיד. לשם הדגמה, אם נאלץ את המודל לבחור ביעילות מקסימאלית של מערכות ייצור האנרגיה, ונניח מחיר מסוים עבור מסחר בפליטות פחמן דו חמצני, אנו עלולים למצוא את עצמנו בעתיד במצב שמחיר פליטות הפחמן דו חמצני יהיה 0. במקרה כזה, השקענו כסף לשווא. התסריט ההפוך שבו נסתפק בתחנות פחם מזהמות ומחיר פליטות הפחמן הדו חמצני דווקא יעלה, יגרום לנו להתחרט על הבחירה שעשינו.

ניתן להניח כמובן כי נעשה קודם את הדברים הקלים לביצוע, ורק אחר כך את הדברים הקשים והיקרים יותר. בהינתן האי ודאות לגבי המצב העתידי של תנאים אלו ואחרים מטרת המודל גם לנתח את עלות ה"חרטה", כמתואר בתרשים 5 להלן:



תרשים 5 - עלות החרטה במודל WASP עם השינוי במחיר עלות פליטות גזי החממה

הצעדים הבאים שלנו הם להגיע לפירוט יתר, להציע אסטרטגיות לעתיד ולהגדיר מה הם הצעדים הדרושים בטווח הקצר. מבלי לנסות לחזות את העתיד, אנו נדרשים להגיע להחלטה מושכלת לאור הסיכונים שאנו יודעים להגדיר כיום. אנו רוצים למצוא מראש את התסריטים שבהם ההחלטה שלנו תיכשל, ולהיות מוכנים גם לזה.

מסדנה זו היינו רוצים לקבל רושם כללי, מכיוון שיש הרבה מידע שאין לנו ושאנו מתקבל ממודלים. אנחנו יכולים להסתכל על מה שנעשה בעולם אבל יש דברים שאופייניים לישראל, והיינו רוצים להביא גם אותם לתוך מכלול השיקולים. היינו רוצים להבין מהאנשים שמצויים בתחום ויש להם מה לומר על הנושא, מה דעתם על עבודתנו עד כה, ולשאול שאלות. זאת בכדי להטיל ספק בעבודה שלנו ולאץ אותנו לחשוב באופן מכוון וממוקד יותר. אם נקבל משוב, זה יעזור לנו לשפר את המידע שיש לנו היום ולהגיע לתוצאות מבוססות יותר ולהשתמש בכלי שלנו.

פרופ' גדעון גרדר - הטכניון :

שאלת הבהרה: בהצגת מקורות הגז היום לא הצגת את מאגר הגז בעזה. זהו מקור רציני, שאם לא כך, British Gas לא היו נכנסים לנושא.

קלוז בר רבי – RAND:

מאגר הגז מול חופי עזה נכלל בכמויות הגז הנכנסות. ביצענו סימולציות איתו ובלעדיו כי אנחנו לא יודעים אילו הסכמי אספקה יהיו בעתיד. בכל מקרה, הגודל שלו לא כל כך משמעותי ובהשוואה למקורות אחרים, כגון הצפי ממאגר תמר, יבוא אפשרי מטורקיה או הכמות המשתמעת ממתקן LNG, הוא קטן.

ד"ר הדר אלמוג – חברת החשמל:

בהרצאתי אציג סקירה ותמונת מצב של תכניות חברת החשמל בנושא הגז הטבעי. נכון להיום, זמינות הגז מוגבלת לשני חוזים בהיקף כולל של 1.7 BCM (מיליארד מטרים מעוקבים). אנו זקוקים לנפח גז נוסף, כי לא נוכל להתניע תחנה חדשה בפחם כבר בשנת 2009, ויצרני חשמל פרטיים עדיין אינם מחוברים לרשת. הדרישה לחשמל עולה בכל שנה, וחברת החשמל חייבת לתת מענה ולהרחיב את כושר הייצור.

במכלול השיקולים שאנו לוקחים בחשבון קיימת גם יכולת ההעברה של הגז הטבעי – פיזית וחוזית. יש הבדל גדול בצריכה ובייצור החשמל בין שעות היום לשעות הלילה, וזה מהווה אילוץ לא פשוט כאשר העומס והצריכה אינם אחידים.

בעוד מספר שנים תהיה מדינת ישראל צרכן גדול של גז, כאשר מחשבים באופן יחסי את היקף הפקת האנרגיה מגז טבעי ביחס לצריכת הדלק הכללית. עד 2020 אנו צופים להגיע לרמה של 50%-60% תחנות כוח המונעות בגז טבעי. היקף כזה אינו קיים בשום מקום אחר בעולם, ואפילו לא במדינות המפיקות בעצמן גז טבעי. זהו הישג מרשים בכל קנה מידה ובמיוחד בהתחשב בעובדה שאין לנו מקורות גז טבעי. מדינת ישראל הינה אי אנרגטי ואיננו מחוברים לרשתות שכנות.

בניגוד ליבוא הפחם המגיע ממדינות ידידותיות, וללא מגבלה פוליטית, הגז מגיע ממדינות בעיות מבחינה פוליטית. חברת החשמל נדרשת להפעיל את תחנות הכוח על גז בלבד ללא גיבוי. זהו נושא בעייתי מאין כמוהו מבחינת אמינות האספקה לצרכן.

הרשויות המקומיות לרוב דואגות לבריאותם ורווחתם של תושביהן, ולכן מעדיפות הקמה של תחנות המונעות בגז טבעי בתחומי הרשות. הרשות המקומית אף עשויה להתנות את תמיכתה בפרויקט בכך, וזה לרוב משמעותי מאוד. למשל בתחנת חגית, אשר הונעה בעבר בדיזל בלבד, חברת החשמל אולצה לעבור להנעה בגז בלבד, ורק לאחרונה התקבל אישור להפעלת גיבוי התחנה בסולר במקרה של הפסקה באספקת הגז.

צינור הגז הטבעי עובר כיום לאורך החוף ומגיע לתחנות החשמל אשר לאורך קו החוף. הצינור פעיל כרגע מאשדוד ועד מול חוף דור, ממנו הוא נכנס מזרחה, לתחנת חגית. לפני ההקמה וההפעלה נבדקו כנדרש השפעות סביבתיות, הוגדרו ובוצעו פעולות מנע, ניטור וכו'. אנו מנטרים באופן רציף את מי הים, הקרקע שלו, ויש פיקוח נרחב.

האספקטים הסביבתיים העיקריים המושפעים מהפעלת התחנה על ידי גז טבעי הם פליטות המזהמים מארובות התחנה.

מה קרה באשכול וברידינג עד כה? שתי התחנות משתמשות בגז (אשכול מאז 2004 ואילו רידינג מאז 2006). במדידות ניתן לראות כי הפליטות ירדו באופן דרמטי, גם NO_x , גם SO_2 וגם חלקיקים. למרות הירידה הברורה בזיהום בכל המדדים, עדיין נצפית רמה מסוימת של זיהום. זיהום זה משויך לתחבורה.

ד"ר מיכאל גרבר - יועץ סביבתי:

אנו יכולים ללמוד מהתהליך של הכנסת טכנולוגית תחנות הכוח המונעות בפחם למדינת ישראל בשנות ה-70. הציוד והתשתית היו חדשים, וכמו בנושא הגז היום, הציבור חשש מהסכנות הטמונות בפחם. למרות כל זאת, עם השנים טכנולוגיות חדשות נוספו ושיטות השתנו, ואנחנו לא רואים אותן בישראל. האם אנו יכולים להסיק מכך שההטמעה של הפחם הייתה תהליך חיובי? התהליך היה איטי ולא יעיל, וזה נבע מהעובדה שלא היו דרישות חוקיות מוגדרות. הכול היה חדש ופותח תוך כדי משאים ומתנים רבים.

כיום, המצב שונה משום שחוק אויר נקי מובא בימים אלו לכנסת, ואמור להתוות מסגרת חוקית ויקל על מתכננים ומתכנני מודלים לדעת מהן הדרישות שיהיו. (הערת העורכים: מאז קיום הפורום עבר חוק אויר נקי בקריאה שנייה ושלישית בכנסת, ויתחיל להיות מיושם ב-2011).

פרופ' גדעון גרדר - הטכניון:

הנתונים שאציג בפניכם הם חלק משימוע ציבורי עם המשרד להגנת הסביבה, שנערך לקראת העברה של בתי זיקוק מנפט לגז טבעי. נתבונן על נתוני הפליטות מבתי זיקוק בשנת 2006, ונשווה לרמת הפליטות הצפויה עם מעבר להפעלת בתי הזיקוק באמצעות הגז הטבעי. מקור הזיהום העיקרי מתוך בתי הזיקוק הוא הדלק - מזוט. כבר כיום יש בבתי הזיקוק שימוש בגז שהוא תוצר לוואי של התהליך, ומשמש לבעירה.

בתוך התהליך קיימות מספר יחידות שאינן משתמשות בדלק או גז כלל. מתוך צריכת האנרגיה הכוללת של התהליך, 60% מהדלק משמש לייצור חשמל – אשר מיוצר באופן פנימי בבתי הזיקוק לצריכה עצמית. 75% מהאנרגיה משמשת למעשה לייצור קיטור, ולכן אי אפשר להפסיק את פעולת תחנת הכוח הפנימית. הרוב עדיין יידרש לייצור קיטור ולא דווקא חשמל. 60% מפליטות SO_2 מגיע מהבולרים.

צריך להבין כי התחנה הפנימית מייצרת חשמל וקיטור בהיקף של מחצית מתחנת הכוח בחיפה. אם מחליפים את המזוט הנמצא בשימוש כיום בגז טבעי, כל הפליטות יורדות באופן משמעותי, ונותרים עם פליטות הנובעות מתהליכים שאינם פועלים לא על מזוט ולא על גז. בסך הכל נקבל ירידה בפליטות המזהמות, לרמה של רבע מהפליטה הקיימת.

בנושא פליטות חלקיקים - 67% מהזיהום מגיע מהבולרים וממגדלי הזיקוק, ושוב, בחלק מהתהליך לא נוכל למנוע את הפליטה משום שמקורה בתהליך עצמו ולא בייצור האנרגיה עבורו. פליטת מתכות כבדות היא בעלת השפעה סביבתית משמעותית, וחשוב להוריד אותה. אנו מודדים בפליטות במצב הנוכחי כ-1 ק"ג לשעה של ונדיום וכנ"ל לגבי ניקל. המעבר לגז טבעי עשוי להוריד את הכמויות הללו כמעט לגמרי.

לסיכום – סה"כ ההפחתה בזיהום שנוכל לקבל כתוצאה ממעבר לשימוש בגז טבעי :

פליטת מתכות - הפחתה צפויה של 100%

פליטות SO₂ - הפחתה צפויה של 75%

פליטת חלקיקים - הפחתה צפויה של 50%

פליטת NO_x – הפחתה צפויה של 10%

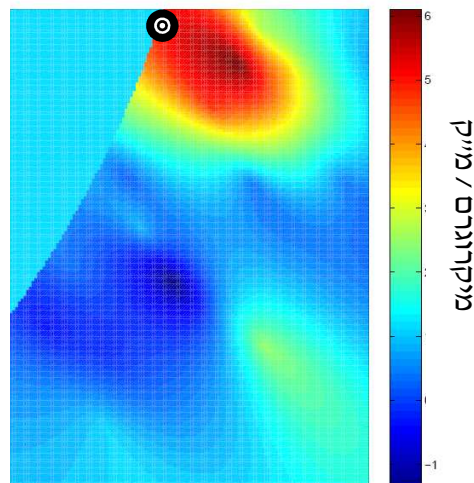
בז"ן קיבלה ארכה מהמשרד להגנת הסביבה בנושא הפחתת פליטות ממתקניה, לאור נתונים אלו. לצערנו, הגז הטבעי שהיה אמור להגיע לבז"ח כבר מתחילת 2009 לא יגיע, בגלל התנגדויות למעבר צינור הגז בשטחים קרקעיים מתחנת חגית למפרץ חיפה.

יובל - הטכניון:

סקירת תוצאות מחקר הבוחן את השפעת המעבר לשימוש בגז בתחנת אשכול. התחנה עברה לשימוש בגז בשנת 2004 – בטבלה הבאה ניתן לראות את הערכים של פליטות המזהמים לפני ואחרי המעבר.

שטף מזהמים לפני	שטף מזהמים אחרי	מזהם
המעבר לגז	המעבר לגז	
טון/שעה	טון/שעה	
1.53	0.30	SO ₂
1.22	0.49	NO _x
0.11	0.03	חלקיקים

המפה בתרשים 6 מתארת את השינוי שחל בריכוזי דו תחמוצת הגופרית באזור התחנה רבתי.



תרשים 6 - שינוי בריכוזי דו-תחמוצת הגופרית עקב המעבר לשימוש בגז טבעי בתחנת אשכול

מיפוי ערכי דו תחמוצת הגפרית מראה כי ככל שהערך גבוה יותר (אדום) הייתה ירידה משמעותית יותר בריכוזי המזהמים. ניתן לראות כי ההפחתה המשמעותית ביותר נמדדה באזור שסביב התחנה אבל הייתה השפעה חיובית על כל האזור הנרחב. בכל נקודות הבדיקה, לא משנה מה הכיוון, הריכוזים שנמדדו היו תמיד נמוכים יותר, למרות המרחק והשפעות של מוקדי זיהום אחרים.

לסיכום, ניתן לומר כי עם המעבר לשימוש בגז טבעי בתחנת הכוח "אשכול", נמדדה ירידה משמעותית בריכוזי SO_2 . אנו רואים לאורך הזמן גם שיפור בריאותי וירידה בבעיות חרום נשימתיות באזור המושפע על ידי התחנה.

גם בערכי NO_x וריכוזי החלקיקים נמדדה ירידה, למרות שמזהמים אלו מגיעים גם ממקורות משניים למשל ממטרופולין תל אביב, ובתנאי מזג אוויר מתאימים מגיע אבק גם מאירופה או מאפריקה.

ד"ר אופירה אילון – מוסד שמואל נאמן :

מציגה את הפרוטוקול הקליפורני לרישום פליטות גזי חממה בשם ד"ר מרים לב און, מקבוצת לבאון בע"מ, ארה"ב, אשר נבצר ממנה להיות נוכחת במפגש.

בימים אלו, מקובל לבחון את רמת שחרור הגז הטבעי במקרה של דליפות. למשל, במקרה של דליפת מתאן, שהוא גז חממה, אנו מנסים להעריך מתי יכולות להיווצר דליפות, ומה המשמעות שלהן. רוב המדינות מנסות להוריד פליטה של גזי חממה כרגע, וזהו קו מנחה. לצערנו, ישראל עוד לא במצב הזה. במקרה של תהליכי ייצור, נסתכל רק על נושא ההעברה והחלוקה של הגז. כמות הגז הטבעי הנמצא בשימוש כרגע במדינת ישראל לא השתנתה הרבה, ולפיכך גם לא הפליטות או הדליפות.

בקליפורניה, כל התקנה של צנרת ומסלול חדש מחייבים דיווח של פליטות ישירות. ניתן, באופן וולונטרי, לדווח גם על פליטות לא ישירות, כגון שימוש באנרגיה לצרכי הקמת תשתית או להרצת התהליך, וניתן לדווח גם על תחבורה ושינוע, אשר נדרשו להנחת הקווים. במקרה של קווים אשר עלולים לדלוף, יש על חלקם חובת דיווח ולחלקם אפשרות הדיווח וולונטרית.

מקרה בוחן של קו אספקה מרכזי מראה כי מעל 60% של הפליטות נובע מדליפות בקו.

קיימות מגוון תכניות להפחתה של פליטות ואמצעי ניהול פליטות כגון חישה מרחוק וכדומה, כולל כמובן פרוצדורות ברורות של אחזקה. לסיכום, הפרוטוקול יפורסם בקרוב, וכן יש לציין כי בעקבות חוק האוויר הנקי אשר נכנס לתוקף בקליפורניה, מהוות הפליטות חלק מהבקרה של החוק. עד כה זה היה נכון רק ל VOC (תרכובות אורגניות נדיפות) ובימים אלו רוצים לכלול גם גזי חממה בחוק זה.

פרק 3: דיון

בחלק השני של הפורום התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו.

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו על מנת להציג את הדינאמיקה של הדיון. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

פרופ' גרשון גרוסמן : ברצוני להציג שאלה לד"ר סטיבן פופר : נדמה כי אתה מניח בחישובך כי כל או רובו של הגז ילך לייצור חשמל. אנו מייבאים היום לישראל כ-23 מיליון שווה-ערך טון נפט בשנה. החלוקה היא היום : כמעט 50% לחשמל, 35% תחבורה והשאר לחימום. האם אתה מניח שהגז ישמש לייצור חשמל בלבד?

ד"ר סטיבן פופר : – ההבנה שלנו הייתה ש-50% מהאנרגיה הראשונית הולכת לייצור חשמל. זה אחוז גבוה יחסית לשאר העולם. זה לא הגביל את הבדיקות שלנו, אבל כאן התחלנו. יש פוטנציאל לשימוש בגז גם בתחבורה, אבל לא שמעתי על זה הרבה בישראל.

אדי בית הזבדי : אני יכול לומר שיש שינוי גדול ומעבר משמעותי משימוש בדלק לשימוש בחשמל כיום. רוב הצרכנים שצרכו דלק לרוב סגרו או עברו לחשמל, ורובו של החשמל משמש למיזוג אוויר. גם מיזוג וגם מים קרים מיוצרים כיום באמצעות חשמל, ורק חלק מהטכנולוגיות ניתן להחליף לכאלה המשתמשות בגז טבעי. בשעות שיא 60%-65% מהחשמל נצרך לטובת מיזוג או קירור מים. רוב התעשייה עברה לחשמל. מעל 70% מהאנרגיה בתעשייה היא חשמל ולא דלק. כלומר, 15% מן האנרגיה הראשונית שמסופקת לחימום תהליכי תנאים לשימוש בגז, ויהיה הרבה יותר בריא ונקי. כנ"ל קירור. בנוגע לשימושי תחבורה - דווקא הפיכת הרכבת בישראל לחשמלית זה משהו שנראה באופק, וצריך להילקח בחשבון. הנעה ישירה של כלי רכב בגז לא נראית באופק בישראל.

ד"ר סטיבן פופר : לאורך זמן אני מקווה שיהיה אפשר לבנות קווי גז בלחץ נמוך. עד אז לא ממש אפשר לחלק גז למשתמשי קצה. הופתענו מהתוצאות של המודל, כי לכאורה נדמה היה שבניה של שלוש תחנות כוח פחמיות תמנע את הצורך ביבוא גז אבל לא כך היא. יש בעיה של הבאת הגז לכאן; ישראל היא לא לקוח מספיק גדול. לא יבנו כאן תשתית מיוחדת. מדברים על אגירה של הגז ואז יש בעיה ביטחונית, זו מטרה בעייתית מאוד, ואם האחסון יוגבל - נהיה בבעיה גדולה כי אנו מסתמכים עליו.

ד"ר הדר אלמוג : תהליך בניה של תחנת כוח לוקח יותר מ-10 שנים – אם ממקמים תחנות במקומות שהתחנות כבר קיימות, למשל: פרויקט באשקלון שבו נוכל להרחיב עוד 1000-1200 MW נוספים. יש לנו מגבלה של מקום. חייבים לבנות יחידה כל שנה, משום שתחת מדיניות של אספקת החשמל לצרכן עד המגוואט האחרון - אנחנו נאלצים לרדוף אחרי הביקוש. אנו חוזרים ואומרים שוב ושוב שכניסת הגז לא תפחית את הצורך בפחם.

ד"ר מיכאל גרבר : דרישות לאנרגיה בעתיד הן למשל חשמול של מערכת הרכבות. זה נדחה כי זו הוצאה גדולה, אבל תוך 3-4 שנים זה יקרה. הם ידרשו חשמל, לפחות 100MW נוספים. זה לא כל כך הרבה אבל בכל זאת תוספת. בנוסף – התפלה של מים. יש שני מתקנים בבניה ונראה שנצטרך עוד. זה מצטבר ומוסיף עוד לצריכה, כשצריכת החשמל להתפלה היא כ-5 קווי"ש לכל קוב מים.

פרופ' גרשון גרוסמן : לפי דעתי העתיד דווקא כן נמצא במכונית החשמלית. בתנאים בישראל היום ניתן להראות שעלות הנסיעה במכונית חשמלית הנטענת בחשמל מן הרשת היא כעשירית מהעלות של הדלק למכונית קונבנציונלית. בסופו של דבר זה יקרה באופן גורף כי הלקוח יעדיף מחיר זול יותר, וזה לפני שהבאנו בחשבון השפעות סביבתיות, כגון זיהום אויר בתוך הערים. זו הבעיה העיקרית שתיפתר עם המכונית החשמלית. אני נוסע כיום במכונית היברידי, וחוסך כ-40% מכמות הדלק לעומת מכונית קונבנציונלית. אם כולנו היינו נוסעים במכונית כזו, היינו חוסכים 40% מצריכת הדלק בישראל.

ד"ר הדר אלמוג : יש לזכור כי תחנת הכוח שתוכל לספק לכולכם חשמל לטעינת המכונית בלילה היא תחנה פחמית ואם הביקוש יעלה עד כדי כך, נצטרך להוסיף עוד תחנת כוח מהסוג הזה.

ד"ר קלוד בר רבי : יש לשים לב שבתנאים הקיימים פחם הוא זול יותר מגז. ובכלל, בהנתן שאנחנו מקיימים חישובים היום ואם נבנה תחנות כוח המונעות בגז טבעי, המחיר שיהיה אקטואלי כאשר התחנה תתחיל לפעול אינו דומה למחיר הקיים בשוק, כתוצאה אנחנו עלולים להרוויח או להפסיד, ולכן אנו לוקחים בחשבון טווח גדול של מחירים בחישובינו. בנוסף, יש להביא בחשבון גם עלויות חיצוניות – סיכונים ביטחוניים, פוליטיקה, אחסון ואבטחת האחסון וכמובן שימושי קרקע. לדוגמא, במובנים רבים נעדיף אנרגיה סולרית תרמית, אבל זו דורשת שטח קרקע גדול שיש להביא בחשבון בשיקולינו. יתרון נוסף לאנרגיה סולרית הוא במצבים בהם יש בתים רבים המייצרים אנרגיה בעצמם בתאים פוטו וולטאים, ובמקרה של תקלה, אין לזה השפעה על הרשת כולה. במחקרים הקיימים היום העלויות החיצוניות האלו אינן מובאות לתוך המחיר; אנו מנסים לשקלל אותם במחיר וזה מאוד קשה. בנוסף, יש גם חוקים ורגולציות שאת חלקם קשה לאכוף יותר מאחרים.

אדי בית הזבדי : בהתייחס לדברי קלוד – בפועל, יהיה זול יותר להשקיע בשימור אנרגיה וחיסכון באנרגיה מאשר בהשקעה בתחנות כוח נוספות. אני עוסק בזה כבר שנים ולצד אינני אופטימי.

ד"ר סטיבן פופר : מדוע זה לא קורה? הסטטיסטיקה די ברורה. מגיעים מהר למסקנה שיש עלויות רציניות מעורבות בנושא. נניח שאנשים יבינו בעתיד הקרוב במה מדובר. לו לקחנו החלטה, מהן האפשרויות העומדות בפנינו?

אדי בית הזבדי : כאשר אין מנהיגות אין מי שיקבל החלטות. הקל ביותר זה לחוקק. אני עשיתי עבודה שבה הוכחתי שהגברת היעילות של מוצרי צריכה יעלה מעט מאוד למשק אבל יחסוך כמויות גדולות של חשמל. כל שלוש שנים אתה חוסך תחנת כוח. וזה רק למוצרי צריכה ביתיים.

פרופ' גרשון גרוסמן : לשם הדגמה, נוכל להתייחס לנושא האנרגיה הסולארית – אנחנו המובילים בעולם בחימום מים ביתיים אבל בתעשייה אין כלל שימוש באנרגיה סולרית. מדוע? התעשייה היא צרכן מתאים יותר לאנרגיה השמש מן הצרכן הביתי. הם עובדים ביום כאשר יש שמש, יש להם שטח ג

בשפע ויש כלכלת גודל, הם יכולים לבצע בעצמם עבודות אחזקה, מה שמוזיל את העלות, ועוד. זה נכון לתעשיות רבות. ביניהן המזון והטקסטיל. זה לא מתאים לכל תעשייה אבל יש רבים שלא נכנסים לזה בגלל שיקולי החזרי מס והשקעה וכדומה. כלומר, המערכת הכלכלית כיום דווקא מעודדת המשך התלות בדלק מזהם ובחשמל הרשת.

ד"ר סטיבן פופר : עוד נושא שהייתי רוצה לדון בו – כיצד יש למדוד את יתרונות הפחם כנגד ההפחתה בזיהום ובפליטות? כיצד נקבע מחיר שיש לשלם על הפליטה?

ד"ר אופירה אילון : הרשות לשירותים ציבוריים חשמל אימצה נתונים מיוון, המפנימים בתוכם את העלויות החיצוניות של הפליטות. הנתונים נלקחו מיוון כי התל"ג שלה דומה לזה של ישראל. יש עבודה שבוצעה באירופה בה יש מאגר מידע עם כל העלויות החיצוניות של מזהמים שונים, וניתן להשוות את ישראל לכל מדינה- יוון פורטוגל, איטליה וכו'. זה קיים עבור NO_x , SO_2 , PM ו- CO_2 ומכליל בתוכו נזק סביבתי, בריאותי, וכמה תוכל לחסוך אם תימנע מהפליטות האלו³.

מידע אודות עלויות חיצוניות של מזהמים, כפי שפורסמו במחקר שהתפרסם בשנת 2005⁴, ובכחול מסומנים הערכים אשר התקבלו ע"י הרשות לשירותים ציבוריים חשמל.

	valuations range	"average"	שיטות ההערכה
CO2	0.0035 - 0.072 \$/kg CO2 (0.007) Israeli PUC	0.0238 \$/kg CO2	impact pathway (temperature impact)
PM10	11.5 - 34.6 \$/kg PM10 (9.5)	21.26 \$/kg PM10	COI control cost
SO2	0.38 - 15.3 \$/kg SO2 (3.19)	5.38 \$/kg SO2	COI, control cost cleanup cost
NOx	0.13 – 18.6 \$/kg NOx (2.4)	6.81 \$/kg NOx	COI, control cost cleanup cost
CH4	0.086 - 2.69 \$/kg CH4	0.6242 \$/kg CH4	(based on GWP)

³ ExternE, 1995. Extern: Externalities of Energy. ISBN 92-827-5210-0. Vol.1: Summary; Vol. 2: Methodology; Vol. 3: Coal and Lignite; Vol. 5: Nuclear. Published by European Commission, Directorate-General XII, Science Research and Development. L-2920 Luxembourg.

⁴ Eshet T., Ayalon O., Shechter M., 2005. "A Critical Review of Economic Valuation Studies of Externalities from Incineration and Landfilling". Waste Management & Research, Vol. 23, No. 6, 487-504.

פרופ' גרשון גרוסמן : מבקש לדון בבעיית האחסון. פחם אפשר לאחסן, אולם יש בעיות גדולות עם אחסון גז. ניתן לפתור בעיה זו ע"י גזיפיקציה של פחם ושימוש בגז המיוצר להפקת חשמל בתהליך שכבר מקובל: (IGCC – Integrated Gasification Combined Cycle). אין כרגע הצעות קונקרטיות ליישום בישראל. מדוע?

ד"ר קלוז בר רבי : לצורך יישום תהליך זה יש צורך לנקות את הפחם לרמה גבוהה כל כך, שמעלה את המחיר עד שמתקרב למחירי חשמל סולארי. היום חשמל סולארי הוא יקר, אבל כשחומר הגלם (הפחם) משובח, יש כבר התקרבות בעלויות.

תהליך ה-IGCC, בהשוואה לתחנות כח פחמיות מדורות ישנים יותר, הוא נקי הרבה יותר, אולם עדיין פולט גזי חממה. אם יהיה מס על גזי חממה, זה משנה את התמונה אבל שוב, איננו יודעים מה יהיה העתיד - אנחנו יכולים רק לנחש.

ד"ר גדעון גרדר : אם נוכל למפות את כל משתמשי החשמל בישראל, נוכל להגדיר מי הם משתמשים חיוניים כדי שהמדינה תתפקד וכמה אנרגיה נדרשת לשם כך. זה הגיבוי שאנו זקוקים לו בתחנות פחמיות. כי אם מחר יסגרו לנו במצרים את אספקת הגז אנחנו בצרה. לעומת זאת פחם נוכל לצבור ואנחנו קונים אותו ממדינות ידידותיות. זה בסיס שחייב להיות לנו תמיד ממקור אמין ולא תלוי.

ד"ר סטיבן פופר : אחוז האנרגיה שמגיע מפחם בפועל, על פי התכניות המעודכנות של משרד התשתיות מוגדר כך שלא יהיה מתחת ל-50%. בחלק מהתרחישים שלנו הוא פחות, אבל זו ההנחיה כיום של התכניות של משרד התשתיות. יש מאמץ דיפלומטי גדול של ישראל להיכנס לשותפות אמיצה עם האיחוד האירופי ואחת הבעיות היא שבמדיניות הנוכחית ישראל מתרחקת באופייה מאירופה, אם היא נקשרת מדי לפחם. לא נוכל להמשיך בזה לנצח אם אנחנו רוצים לעמוד בסטנדרטים של OECD.

ד"ר הזר אלמוג : אם ישראל תצטרך להפחית פליטות CO₂ לסטנדרטים אירופאים נצטרך לסגור תחנות כוח פחמיות כדי לעמוד ביעד של הפחתה של 20% עד 2020. נהיה חייבים לבוא עם טכנולוגיות חדשות, בין השאר אנרגיה גרעינית.

כניסת הגז לתחנת הכוח בחיפה תגיע אחרי בתי הזיקוק. יש שם בעיות של מעבר צנרת הגז על היבשה בשטחים פרטיים וזה מתעכב בגלל סיבות אלו. התחנה בגזר אמורה לעבור לגז בכל יום ממש (תאריך היעד שלה היה במרץ 2008).

יובל : יש לקבוע ערכים של זיהום מותר דווקא בישראל. זה המקום המתאים, עקב ריבוי של תחנות ניטור יותר מכל מקום בעולם, ויש אנשים שעושים פה עבודה כזו. יש לנו רישומים של מזהמים שונים לאורך שנים ואין בעיה לחשב את זה. בחיפה לבדה מופעלות כיום 20 תחנות ניטור שונות. כתבנו מספר מאמרים על הנושא אבל זה אף פעם לא עלה על שולחן הדיונים של מקבלי ההחלטות. אני מזכיר את זה כי זה יכול להיעשות. בחדרה יש 20 שנה של מידע.

פרק 4: סיכום

הסבה של חלק מתחנות הכוח בישראל (פחמיות ומחז"מים) לגז טבעי צפויה להביא לשיפור ניכר באיכות האוויר, בעיקר בפליטות מתכות כבדות, תחמוצות גופרית וחלקיקים. כמו כן, צפוי הגז הטבעי להפחית את פליטות גזי החממה, זאת בתנאי שקווי ההולכה לא ידלפו. כלומר, מבחינה סביבתית, הגז הטבעי צפוי לשפר את איכות האוויר בסמוך לתחנת הכוח, ולשפר בכך גם את בריאות התושבים. עם זאת, חשוב לזכור כי נושא הגז הטבעי טומן בחובו בעיות שיש לתת עליהן את הדעת:

- המקור העיקרי של גז טבעי הוא מצרים, וברור שמבחינת אמינות וביטחון לאומי זהו מקור נחות בהשוואה למקורות הפחם של ישראל.
 - לאחסון גז טבעי יש השלכות בטיחותיות וביטחוניות.
- במסמך זה איננו מציגים המלצות קונקרטיות שכן, כאמור, הוא מהווה רק נדבך בפרויקט הגז הטבעי של מכון RAND.

נספח 1: תכנית פורום אנרגיה: השפעות בריאותיות וסביבתיות של הכנסת השימוש בגז טבעי לישראל

התכנסות וכיבוד קל	12: 30
פרופ' גרשון גרוסמן, מוסד שמואל נאמן – דברי פתיחה	13: 00-13: 05
ד"ר סטיבן פופר, RAND – דברי מבוא והגדרת יעדים	13: 05-13: 40
ד"ר הדר אלמוג, חברת החשמל - הכנסת הגז הטבעי לתחנות הכוח בישראל, מציאות ומיתוס	13: 40-13: 50
ד"ר מיכאל גרבר, יועץ סביבתי בינלאומי – סביבה, בריאות וגז טבעי בישראל אל מול חוק אויר נקי הנמצא בדיון בכנסת	13: 50-14: 00
פרופ' גדעון גרדר, הטכניון – השפעת המעבר לגז טבעי על פליטת המזהמים מבתי הזיקוק	14: 00-14: 10
ד"ר דוד ברודאי, הטכניון – השפעת המעבר לגז טבעי בתחנת "אשכול" על זהום האוויר בסביבתה	14: 10-14: 20
ד"ר מרים לב-און, קבוצת לב-און (מוצג ע"י ד"ר אופירה אילון) – הערכה והפחתה של פליטות גזי חממה בתהליכי העברה ושינוע של גז טבעי	14: 20-14: 30
הפסקת קפה	14: 30-14: 50
דיון פתוח	14: 50-17: 00
סכום וסיום	17: 00
המשך דיון לא פורמאלי על פרויקט RAND ותוצאותיו	17: 00-19: 00

S.W. Popper, R.J. Lempert and S.C. Bankes: Shaping the Future. *Scientific American*, April 2005.