



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 1
מוסד שמואל נאמן, הטכניון

חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות

פרופ' גרשון גרוסמן
ד"ר אופירה אילון



1

13.2.06

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי והציבור של קובעי המדיניות, ויציגו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם כפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה אמור להיות האימפקט שלהם על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה ובין חברה יוצרים מערכת מורכבת של היוזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן,

הטכניון

מיום 13 בפברואר 2006

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

ד"ר אופירה אילון

אפריל 2006

רשימת משתתפי הפורום

פרופ' נפתלי אייזנברג - ביה"ס הגבוה לטכנולוגיה
ד"ר אופירה אילון - מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
עמי אלעזרי, הראל נחמני – מילניום אלקטריק בע"מ
דוד אסוס, ד"ר אילן סולימן – הרשות לשירותים ציבוריים חשמל
פרופ' יוסף אפלבוים – אוניברסיטת תל אביב
ד"ר אברהם ארביב – אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות
אדי בית הזבדי – אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות
פרופ' גרשון גרוסמן – הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל
דן וינשטוק – מינהל החשמל, משרד התשתיות הלאומיות
פרופ' דן זסלבסקי – המועצה הלאומית למו"פ
כרמל יואלי, מירב אגוזי – ראלקו טכנולוגיות (Sharp)
ד"ר מרים לב-און, פרי לב-און – The Levon Group LLC
גיאורא מירון, דוד פישר – חברת החשמל לישראל
רון נזר, דניאל נזר – אינטרדן בע"מ
ד"ר ארז סברדלוב – חושבה לתכנון בע"מ
ד"ר יונה סידרר – מכון בלאושטיין לחקר המדבר, שדה בוקר
פרופ' דוד פיימן – מכון בלאושטיין לחקר המדבר, שדה בוקר
פרופ' אברהם קריבוס – אוניברסיטת תל אביב
דב רביב, רועי רוזנטרייך – MST בע"מ
פרופ' אהרן רואי – אוניברסיטת בן גוריון בנגב
שעיה רוז'נסקי – התעשייה האווירית
אלי שלטון – ראנד בע"מ
אלון תמרי, אבינועם לוי – סולר פאוור בע"מ

תוכן העניינים

עמ' 4	פרק 1. הקדמה
עמ' 5	פרק 2. רקע
עמ' 8	פרק 3. מידע בנושא מערכות פוטוולטאיות
עמ' 17	פרק 4. דיון
עמ' 20	פרק 5. סיכום ומסקנות/המלצות

נספחים

עמ' 22	נספח 1 : החלטות ממשלה רלוונטיות בתחום האנרגיה החלופית
עמ' 24	נספח 2 : יעדים לשימוש באנרגיות מתחדשות במדינות שונות בעולם
עמ' 26	נספח 3 : תכנית פרום האנרגיה בנושא חשמל ממערכות פוטוולטאיות, 13.2.06
עמ' 27	נספח 4 : מערכות סולאריות קיימות ומתוכננות בקליפורניה נכון לינואר 2006

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 להציגן בפני מקבלי החלטות.

ממשלת ישראל קיבלה בעבר שתי החלטות אשר תכליתן לקדם שימוש באנרגיה נקייה: האחת בנושא פיתוח טכנולוגיות לניצול יעיל של אנרגיות חלופיות (1998) והשנייה בנושא מדיניות ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות (2002). נוסח ההחלטות מובא בנספח מס' 1.

לאור זאת, הוקדש המפגש הראשון לנושא חשמל ממערכות פוטוולטאיות (PV) בו קימת התעניינות רבה ואף התקדמות רבה בעולם בשנים האחרונות. המפגש נערך ב-13 בפברואר 2006 במוסד שמואל נאמן בטכניון והשתתפו בו כ-20 מומחים בנושא מתחומי התעשייה, האקדמיה והממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת סטאטוס מקצועי ראשון במעלה בתחום האנרגיה בכלל ובתחום המערכות הפוטוולטאיות בפרט. בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מידע על פעילות בארץ ובעולם בנושא הפוטוולטאי, שיקולים טכנולוגיים וכלכליים הנוגעים למערכות אלה ותמריצים המוצעים ע"י מדינות שונות לעידוד ייצור חשמל נקי ממערכות פוטוולטאיות.

מצגות המשתתפים נמצאות באתר מוסד ש. נאמן (אירועים)

http://www.neaman.org.il/NeamanHeb/news/event_item.asp?fid=732

בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, תוך כוונה להגישו למקבלי החלטות במטרה ליצור מומנטום שיביא את מדינת ישראל לשורה הראשונה של מדינות המפתחות ומשתמשות באנרגיה ירוקה. משתתפי הפורום תמימי דעים שיש צורך בפעולות הסברה ציבוריות, ויש לקוות שהמסקנות ימצאו אוזן קשבת בממשלה ובממסד.

2. רקע

2.1 כללי

תאים פוטוולטאיים מבוססים על מוליכים-למחצה הממירים אנרגיה של פוטונים מקרינת השמש ישירות לחשמל. האפקט הפוטוולטאי, הידוע כבר מאמצע המאה ה-19, מתורגם בימינו לתעשייה בת מיליארדי דולרים הגדלה במהירות, עקב הפוטנציאל הטמון בו לייצור חשמל "ירוק" ונקי מזיהום סביבתי מקרינת השמש.

שוק ה-PV מחובר הרשת בעולם עלה בשנת 2004 ביותר מ-40% (נתוני המעבדה הלאומית לאנרגיות מתחדשות NREL בארה"ב, 2005). לצורך השוואה, שוק דודי השמש למים חמים צמח ב-20% ב-2004 ושוק ה-PV המנותק מרשת החשמל צמח ב-10%. בטבלה 1 להלן מוצגים נתוני הקיבולת והתקנות של מערכות אנרגיה מתחדשת בעולם בשנת 2004.

טבלה 1: נתוני התקנות של מערכות להפקת אנרגיה מתחדשת בעולם עד סוף שנת 2004

		Added during 2004	Existing at end of 2004	Growth rate of existing in 2004
Power generation				
Wind turbines		8.2 GW	48 GW	21%
Small hydro		1.7 GW	59 GW	3%
Biomass power		0.8 GW	36 GW	2%
Solar PV, grid-connected	(GW)	0.7 GW	1.8 GW	41%
	(homes)	170,000	430,000	---
Geothermal power		0.2 GW	8.9 GW	2%
Ocean (tidal) power		---	0.3 GW	---
Off-grid and rural applications				
Solar PV, not grid-connected		0.2 GW	2.2 GW	10%
Biomass cooking stoves in use	(total, all types)	---	540 million	---
	("improved" types)	---	220 million	---
Household-scale biogas digesters in use		---	16 million	---
Household-scale solar PV systems in use		0.3 million	1.9 million	20%
Hot water/heating				
Biomass heating		---	210 GWth	---
Solar collectors for hot water and heating, glazed	(GWth)	13 GWth	77 GWth	---
	(m ²)	18 mil m ²	110mil m ²	19%
	(homes)	6 million	36 million	---
Geothermal heating		2.8 GWth	28 GWth	11%
Biofuels				
Ethanol production capacity		4 billion l/yr	32 billion l/yr	14%
Biodiesel production capacity		0.3 billion l/yr	2.2 billion l/yr	15%

Sources: author's database compiled from individual country statistics and submissions from report contributors, also AWEA 2005, EWEA 2005, PV News (March 2005), Maycock 2004 plus updates, Fulton 2004 plus updates, F.O. Lichts World Biofuels Report, Weiss et al 2004 plus updates, ESTIF 2005; Johansson and Turkenberg 2004, Martinot et al 2002 plus updates, Martinot 2004, Karakezi et al 2004, IEA 2002, Graham 2001, TERI 2001, Karakezi 2001, D'Sa and Murthy 2004; Goldemberg et al 2004; World Geothermal Council 2005.

2.2 אמצעי מדיניות בנושא התקנת מערכות PV

אמצעי המדיניות בעולם כוללים, ברובם, שילוב של קביעת יעדים לשימוש באנרגיות מתחדשות. במחצית שנת 2005 הוצבו יעדים כאלה ב-42 מדינות (פירוט בנספח 2). היעדים הלאומיים נעים בין 1% ל-78% כאשר הערכים האופייניים נעים בין 5% ל-30%. במרבית המדינות המועד להשגת היעדים הוא 2010-2012. חשוב לציין כי גם מדינות מתפתחות כמו ברזיל, סין, מצרים והודו הציבו לעצמן יעדים בתחום זה.

על מנת להגיע ליעדים, זוכות מערכות אנרגיה מתחדשת במגוון של תמריצים כלכליים. המדינות המובילות בתמיכות ממשלתיות הן גרמניה, ספרד ודנמרק. בזכות תמיכות אלה הוכפל יצור האנרגיה ממקורות מתחדשים בגרמניה בין השנים 2000 ו-2004 מ-14 ל-35 TWh. כאשר ניתנים תמריצים לטכנולוגיות הם בדרך כלל תלויים באופי הטכנולוגיה ובהתאם להשקעות הנדרשות להקמת המתקן. התמיכות מגוונות- סיוע במימון הקמת המתקן, הקלות מס וקרדיט לגבי הפחתת פחמן (במסגרת מחויבות לפרוטוקול קיוטו). בחלק מהמדינות או המחוזות הוקמו קרנות ייעודיות אשר מממנות מו"פ בתחום, חינוך, מימון ישיר של רכישת הטכנולוגיה או מיכשור מתאים ע"י הצבור וכו'. חוקים המאפשרים למכור חשמל לרשת (net metering) קיימים ב-8 ארצות וכן ב-39 מדינות בארה"ב.

2.3 מערכות PV- יתרונות ומגבלות

הבעיה הנוכחית בתאי PV היא נצילותם הנמוכה (פחות מ-20%) ומחירם הגבוה יחסית למערכות ההמרה התרמית השורפות דלק בתחנות הכוח. לעומת זאת, מצטיינים תאי PV באמינות גבוהה ללא צורך באחזקה ואורך חיים של כ-30 שנה ויותר; ניתן לשלב במערכת פוטוולטאית אגירת חשמל באמצעות סוללות והמרת הזרם הישר המתקבל לזרם חילופין. הטכנולוגיה של תאים פוטוולטאיים שהייתה בעבר יקרה מאד התפתחה בקצב מהיר והמחיר בעולם ירד לכדי 5,000-6,000 \$ לקילוואט-שיא (במערכות בסדרי גודל של מגוואטים) - כדי מחצית ממה שהיה לפני חמש שנים (למרות זאת יש להדגיש כי רוב החשמל בעולם מיוצר עדיין ע"י דלקים פוסיליים ומחירו נמוך במידה ניכרת ממחירי החשמל הפוטוולטאי).

אחד המכשולים היום בפני גידול מהיר של תעשייה זו והגורם העיקרי לעובדה שהמחיר לא יורד הוא המחסור בעולם בסיליקון גבישי (שניתן ליצרו מחומר זול המצוי בשפע - חול!) אך עם הגידול במאמץ ובהשקעות יש לצפות שיתגברו על בעיה זו.

על מנת להשיג נצילות משופרת, במחיר זול יותר ועם אפשרויות שונות לניצול החום השיורי – אותו חלק מאנרגיית השמש הפוגע בתא שאינו מומר לחשמל, התפתחה טכנולוגיה של תאי שמש עם ריכוז קרינה.

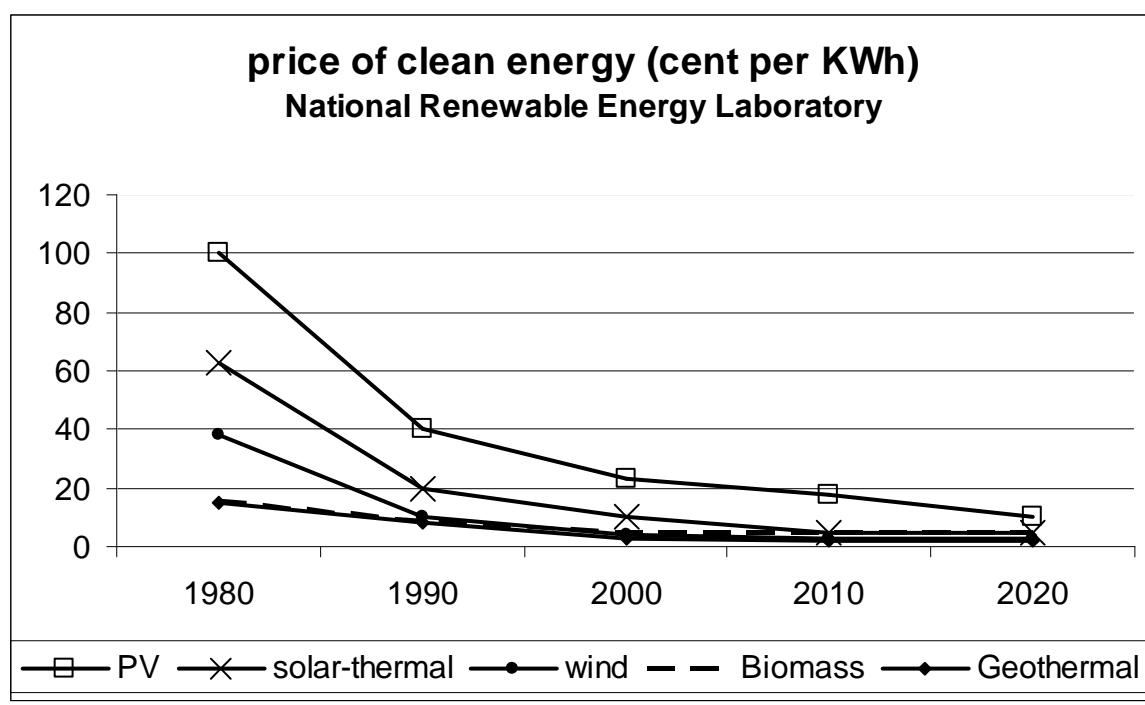
2.4 מחיר ועלות

בבואנו לדון במחירה של מערכת PV, עלינו להתחשב לא רק בעלויות הישירות אלא גם בחיצוניות וכך נוכל לחשב את הערך האמיתי (להבדיל ממחיר) של מערכות אלה. העלות החיצונית היא, למעשה, הפגיעה בסביבה הנופלת כנטל על הצבור (עלייה בתחלואה ואף במוות), נטל על החקלאות (ירידה ביבולים), נטל על התשתיות (הרס מבנים עקב גשם חומצי, לדוגמא) ואף על התיירות (ממשלת איטליה נזעקת לפעולות הצלה של הפסלים ברומא הנפגעים עקב הגשם החומצי היורד וממיס את הפסלים). כאשר עלויות אלו אינן נלקחות בחשבון כמרכיב במחיר מוצרי התעשייה והתחבורה היוצרים את הזיהום, הן הופכות לעלויות חיצוניות. העלות החיצונית היא העלות החברתית, המשולמת, כמשל הדוגמה הנ"ל, ע"י כלל הציבור, אשר נושא בנטל התחלואה והתמותה בגין זיהום אויר וההשפעה של

הפגיעה בסביבה על רווחתו. במקרה של התקנת מערכת PV נהנה הצבור מתועלת שכן יש להתחשב בשיפור איכות האוויר, משום שהפקת אנרגיה ממערכות כאלה מפחיתה זיהום אוויר קונבנציונאלי (תחמוצות חנקן וגפרית, חלקיקים) וגלובאלי (פחמן דו חמצני- גז חממה). היקף העלויות החברתיות החיצוניות נסקר על ידי פרופ' דן זסלבסקי בכרך ב' של מסמך סדרי עדיפות לאומית בתחום איכות הסביבה (2004) שהוציא מוסד שמואל נאמן (המסמך ניתן לצפייה והורדה באתר מוסד נאמן www.neaman.org.il תחת אשכול תכנון לאומי, תשתיות וסביבה). היקף העלויות הללו היה לא פחות מ- 6-7 סנט לקוואט"ש לחשמל מפחם או נפט, וכ- 2 סנט ופחות עבור קוואט"ש מגז טבעי. גם עלויות אלה עדיין רחוקות מאוד מלהצדיק את העלות הנוכחית של חשמל מתאים פוטו-וולטאיים, להוציא מקרים מיוחדים בהיקף קטן. כמובן, אין זה מונע ניצול של החלטות פוליטיות ואידיאולוגיות על ידי ממשלות שונות לטובת מדינת ישראל. בהקשר לכך ראוי להזכיר שאנרגיה מתחדשת ממקורות שהם פירות השמש יכולה לספק חשמל בעלויות בנות תחרות היום בחשמל מיוצר על ידי דלק.

יש להתחשב בעלויות המערכת (הכוללות את עלות הייצור של לוחות תאי השמש, עלות ההתקנה והתפעול השוטף, עלות השימוש בתא השמש- האם ממירים את האנרגיה שלו למתח החילופין של רשת החשמל? האם יש צורך באגירת האנרגיה החשמלית לשימוש במועד אחר?, יעילות תא השמש - משך הזמן בו ניתן להשתמש בתא התלוי בעוצמת הקרינה ובמשך הקרינה, אורך חיי המערכת וכו').

עם השנים וההתקדמות הטכנולוגית, קיימת ירידה בעלויות הייצור של התאים הפוטוולטאים, כמו גם בטכנולוגיות חלופיות אחרות (הנתונים מוצגים בגרף להלן), אולם הן עדיין עומדות על כ- 4500 אירו/ \$5000 לקילוואט מותקן.



מקור הנתונים: National Renewable Energy Laboratory, 2005. (<http://www.nrel.gov>)

3. מידע בנושא מערכות פוטוולטאיות

בבואנו לדון בסוגית כדאיות הפקת אנרגיה בטכנולוגיה זו עלינו לבחון את הסוגיות הבאות ולזהות את הבעיות, החסמים והדרכים להתגבר עליהן:

1. נצילות המערכות
2. דרישות שטח
3. עלויות - ישירות וחיצוניות
4. אגירה לאבטחת רצף האספקה
5. ניסיון וידע
6. מנגנוני תמיכה ממשלתיים - אמצעים אדמיניסטרטיביים (מכירת חשמל לרשת) ותמריצים כלכליים

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 הפרום בנספח 3). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

פרופ' אהרן רואי, אוניברסיטת בן גוריון בנגב:

העלות האמיתית של מערכות PV, תחזיות והשלכות לגבי ישראל

בהתחשב בדרישה הגוברת - מצד אחד, ובאפשרויות לייצור חשמל סולרי בישראל - מצד שני, ערך פרופ' רואי השוואה בין הטכנולוגיה הפוטוולטאית לתרמית תוך התחשבות בגודל המתקנים, אתרים ועלות החשמל המיוצר, והביא נתונים רבים ומעניינים.

בעולם מותקנים כיום למעלה מ-2GW של חשמל פוטוולטאי, עם קצב גידול של 30% בשנה, בהיקף 7 מיליארד דולר בשנה. ניתוח השוואתי של נתונים ממתקנים בסדרי גודל של מאות מגוואטים, מצביע על ההשוואה הבאה בין שתי הטכנולוגיות:

System net present value costs (Euro/square meter)

System	Installation	Operation	Total	Time Frame
PV (stationary)	610	170	780	Today
S. TH. Trough	450	180	630	Today
PV (stationary)	305	85	390	In 10 years
S. TH. Trough	270	108	378	In 10 years

הנ"ל בהנחות הבאות:

- מתקנים בגודל 30 מגוואט

- נצילות (שמש לחשמל) 13.5% - שמשמעותה דרישת שטח של 7.4 מ"ר ל-KW מותקן בשיא (kWp)

- עלות התקנה עבור מערכת PV 4500 אירו ל-kWp ועבור מערכת סולארית תרמית 3000 אירו ל-

kWp

- הקטנת העלות בהכפלת גודל השוק – 20% ל-PV, 12% לסולרי תרמי
- אורך חיי המערכת 30 שנה והריבית 7%.

בהערכת התועלת הסביבתית של מערכות חשמל סולריות יש להביא בחשבון את הפליטות ממערכת גיבוי פוסילית. מערכת כזו, אם נצילותה נמוכה מזו המותקנת בתחנת הכוח יכולה לצמצם מאד את היתרון הסביבתי של המערכת הסולרית. במקומות רבים (ספרד, דרום אפריקה, ארה"ב) שוקלים מסיבה זו תחנות סולריות בלבד (Solar Only).
אחד הנושאים אותם יש לשקול הוא צריכת הקרקע של המערכות הנ"ל. השאלה היא האם לבנות תחנות ענק של 100-200 MW או מבוזרות. מבחינת הביזור והצורך בפילוס הקרקע יש יתרון למערכות PV.

ד"ר מרים לב-און, The Levon Group LLC

מערכות PV במדינת קליפורניה - רקע, זרישות ותמריצים כלכליים

קליפורניה הינה מדינה עתירת שמש בדומה לישראל, וידועה כחלוצה בעולם בתחום ייצור חשמל סולארי. ניהול משק החשמל נתון בידי שני הגופים הממסדיים הבאים: הרשות לשירותים צבורים חשמל של המדינה - CPUC - (California Public Utilities Commission) - ורשות האנרגיה של המדינה - CEC - (California Energy Commission).

בינואר 2006 אישרה CPUC תכנית חדשה - המהווה המשך של תכנית קיימת משנת 2001 – למערכת תמריצים שתביא להוספת 2600 MW לרשת החשמל ממקורות PV תוך 10 שנים. התכנית הקיימת משנת 2001 מורכבת משני שלבים: השלב הראשון מורכב מתכנית לעידוד ייצור עצמי (Self-) – SGIP – (Generation Incentive Program) וכולל מערכות לא-ביתיות בגדלים שלמעלה מ-30 קילוואט, בהשקעה כ-50 מיליון דולר לשנה, כשכבר כיום 50 MW מותקנים, ו-62 MW נמצאים בתהליכי התקנה. השלב השני של התוכנית הקיימת ERP – (Emerging Renewables Program) כולל מערכות ביתיות בהשקעה של כ-230 מיליון דולר מ-1998, כשכבר כיום 62 MW מותקנים (פרטים מלאים ניתן למצוא בנספח 4).

התוכנית החדשה שאושרה בינואר 2006 גם היא כוללת שני שלבים: השלב הראשון יופעל ע"י CPUC בהיקף מימון של 2.5 מיליארד דולר ל-10 שנים, ויכלול בתי מגורים קיימים, בנינים מסחריים, מבני תעשייה ומתקנים חקלאיים. מימון התוכנית יושג מהיטלים על משווקי חשמל פוסילי וגז טבעי. השלב השני יופעל ע"י CEC בהיקף מימון של 350 מיליון דולר ל-10 שנים, ויכלול בתי מגורים חדשים בלבד, תוך הנחיית האדריכלים והמתכננים ליישום נאות שלתקני הבנייה. במקביל, תמשיך CEC במימון תכניות מו"פ.

התכנית החדשה תאוחד עם התכנית הקיימת ושתייהן תופעלנה במשותף החל מינואר 2007 בהיקף של 2.9 מיליארד דולר ל-10 שנים. התמריצים מיועדים לפרויקטים של עד 1MW, בהיקף התחלתי של \$ 2.8 לואט מותקן; התמריץ ירד ב-10% כל שנה עד אפס אחרי 10 שנים, וזאת על מנת לצמצם את התלות בסובסידיה הממשלתית. ינוהל מעקב ותינתן עדיפות לפי ביצועים (Pay-for-Performance).
נושא נוסף המטופל בקליפורניה הוא מיקוד על בניה חדשה כך שייכלל בבניה קוד אנרגיה וכן נערכים לביצוע פיילוט ומתן תמריצים לחמום מים.

חשוב לציין כי תחנות כוח סולאריות של חברת סולל הישראלית מספקות בקליפורניה 165 MW בתפוקה מלאה, כתוצאה מחמש מערכות שכל אחת בעלת תפוקה נומינלית של 30 MW. המערכות משמשות את חברת אדיסון של דרום קליפורניה בעבור הספקת חשמל בתקופות שיא הביקוש. המערכות עובדות ללא תקלות כבר כ-20 שנה וצפויות לפחות עוד 15 שנות שירות מהשדות הסולאריים האלה. אלה תחנות מסחריות המזרימות חשמל לרשת, נמדדות ומתוגמלות תמורת החשמל שהן מספקות. הפיתוח הוא פיתוח ישראלי - חברת לוז בנתה אותן בשנות השמונים, חברת סולל קנתה את הטכנולוגיה, שיפרה אותה, כך שתחנה של 80 MW בשנות השמונים מייצרת היום בערך 100 MW.

דוגמאות לתמריצים אפשריים בקליפורניה

עבור מערכת ביתית: ההטבות המשולבות של התוכנית הקליפורנית החדשה וזיכוי מס ההכנסה הפדראלי הם בשווי של כ-50%-40% מעלות ההתקנה. לפיכך בעבור מערכת של 3 קילוואט שעלותה (מותקנת) הוא כ-\$24,000 הסובסידיה המשולבת תהיה \$10,400, או כ-43%.

עבור מערכת מסחרית: גודל הסובסידיה ישתנה בהתאם לגודל המערכת המותקנת. לדוגמא, בעבור מערכת של 300 קילוואט שעלותה \$8 לוואט, סה"כ העלות תהיה 2.4 מיליון \$. התמריץ של מדינת קליפורניה, הינו שיעור של \$2.8 לוואט, כלומר \$840,000. כאשר מוסיפים את זה לזיכוי במס הכנסה פדראלי של \$720,000 הרי שסה"כ הסובסידיה תהיה בשיעור של 1.56 מיליון \$. לפיכך סה"כ ההשקעה העצמית של בעל המערכת תהיה \$840,000 וכלל הסובסידיות תהיינה בהיקף של כ-65% מכלל העלות.

פרופ' דוד פיימן, מכון בלאושטיין לחקר המדבר, שדה בוקר:

המחיר האמיתי של האנרגיה הסולארית, ומה ניתן לעשות בנידון

כמות הפחמן בקליפת כדור הארץ מוערכת ב- 10^{13} טונות, והמכשולים הכלכליים בפני ניצולה המלא ילכו ויפחתו עם הגידול בביקוש ועליית המחירים. משיקולים גלובליים ניתן לראות כי אם נשתמש בכל הפחמן העומד לרשותנו, יעלה ריכוז הפחמן הדו חמצני באטמוספירה, הגורם לאפקט החממה, מ-0.035% ל-0.5%. אין מנוס לכן מניצול רב ככל האפשר של אנרגיית השמש. מנתונים שהציג פרופ' פיימן, גדלה האוכלוסייה בישראל בשנים 1992-2003 מ-5 מיליון ל-6.7 מיליון וכושר ייצור החשמל מ-5.5 ל-10 גיגהוואט, ואילו צריכת החשמל מ-22 ל-46 מיליוני קוואט"ש בשנה. מאקסטרפולציה של נתונים אלה ניתן להסיק, לדעת פרופ' פיימן, כי יש להגדיל את כושר ייצור החשמל של ישראל בכ-1 גיגהוואט בכל שנה. הטכנולוגיות הקונבנציונאליות של המרה תרמית (כגון "סולל") ופנלים פוטוולטאיים יקרות למדי. במקום \$5000 ל-kW חיבים לרדת לרמה של תחנות פוסיליות ב-\$1000 ל-kW. המסקנה המתבקשת היא מערכות PV המשתמשות באור שמש מרוכז (CPV), בהן קיימת הפרדה בין שטח הקליטה לשטח התאים הפעילים.

פרופ' יוסף אפלבוים, אוניברסיטת תל אביב:

סוגיות בנושא מערכות PV - גורמים המשפיעים על תכנון והקמת המערכות

למרות שהנושא נשמע טכני בעיקרו, מבקש פרופ' אפלבוים בהרצאה זו להפנות את תשומת הלב לפעולות שיש לעשות היום, כדי להיות בישראל מוכנים להתקנת מערכות PV בקנה מידה רחב, כאשר טכנולוגיה זו תהיה בשלה לכך. צריך להשקיע בצבירת ידע, ניסיון, כ"א מתאים וכדומה, ותהיה זו טעות לחכות שהמחירים של מערכות PV ירדו.

פרמטרים הקשורים בתכנון – שדה, סוג התאים, סוג פנלים והמערך כולו, ממירים (inverters), הפסדים, הצללה, מעמדים מתאימים והתקנה, תחנות משנה, תקנים וקודים, מנייה, תחזוקה, אנליזה של הביצועים – כל אלו ועוד מצריכים רכישת ידע וזמן לימוד.

פרופ' אברהם קריבוס, אוניברסיטת ת"א:

פוליגנרציה- הדרך ליעילות כלכלית של מערכות PV

פרופ' קריבוס מצביע על האפשרות לנצל את החום השירי הנפלט ממערכות פוטוולטאיות כדי להעלות את הנצילות הכוללת של המתקן. הבעיה היא ביעילות ההמרה הנמוכה של התאים הפוטוולטאיים המקובלים (10%-20%) וגם של אלה הפועלים באמצעות אור שמש מרוכז (כ-35%). ניתן לנצל את חלק הקרינה ההופך לחום במהלך הייצור הפוטוולטאי, (שיש להרחיקו על מנת לשמור על טמפרטורה נאותה של התאים) להמרה תרמית, חימום או קירור (Polygeneration).

המרה תרמית של החום השירי לייצור עבודה או חשמל (בנוסף לחשמל הפוטוולטאי) ע"י מנוע חום מוגבלת ביעילותה ותלויה בטמפרטורה. כדי להשיג נצילות טובה דרוש חום בטמפרטורה גבוהה, אך זו בד"כ מקטינה את יעילות המרת PV. אפשרויות נוספות הן שימוש ישיר בחום השירי לחימום מים או הסקה, או המרתו לקירור או מיזוג אוויר באמצעות מתקן מתאים, כגון משאבת חום ספיגה. במערכות PV הפועלות באמצעות אור שמש מרוכז (CPV) החום השירי הינו בטמפרטורה גבוהה יחסית (למעלה מ-200 מ"צ) ויעיל יותר בניצול לכל המטרות הנ"ל. כך למשל ניתן להשתמש במערכת ספיגה דו-שלבית הממירה את החום לקירור במקדם ביצוע משופר.

קיימות מספר שיטות לריכוז הקרינה במערכות CPV. מערכת DiSP (Distributed Solar Power) אשר פותחה ע"י החוקרים באוניברסיטת ת"א, מבוססת על צלחת מראה בקוטר של כמטר, המתכווננת לשמש וממקדת את הקרינה למודול פוטוולטאי הפועל בנצילות של כ-35% (גבוהה ממערכות PV מקובלות). מערכת זו מייצרת חשמל וגם חום.

מבחינת צרכנים לטכנולוגיה זו חשוב לציין כי כ-44% מצריכת האנרגיה היא במוסדות ותעשייה וכשני שלישים מזה מיועד לשימושים תרמיים, קרי - חימום וקירור.

ד"ר יונה סידר, מכון בלאושטיין לחקר המדבר, שדה בוקר:

השתתפות ישראל בפרויקט הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה Photovoltaic Power Systems Programme (IEA-PVPS)

הפרויקט עוסק בהפצת מידע ונתונים לגבי מערכות PV בעולם. הפעילות בפרויקט #1 (Task 1) תומכת במטרות הכלליות יותר של התכנית למערכות כוח פוטוולטאיות והיא כוללת ניסיון להורדת מחירים של יישומי מערכות פוטוולטאיות, הגברת מודעות על הפוטנציאל והערך של מערכות אלו, סילוק מחסומים טכניים ולא-טכניים והגברת שיתוף פעולה טכנולוגי.

באתר האינטרנט: www.iep-pvps.org נמצאים דוחות על שיעור התקנות מערכות PV בעולם וכן מידע טכני נחוץ. בישראל מותקנים 886 קילוואט, נכון ל-31 בדצמבר 2004.

ד"ר אברהם ארביב, אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות:

עידוד מו"פ PV בישראל ותכניות לעידוד PV בעולם

במהלך עשרים וחמש השנים האחרונות, השקיע משרד התשתיות הלאומיות במו"פ סולארי סדר גודל של 80 מיליון דולר (מתוך סכום כולל של 180 מיליון דולר שהושקע במו"פ בכל תחומי האנרגיה). כתוצאה מזה ייצאה התעשייה הישראלית בשנים וחצי מיליארד דולר. בכל אוניברסיטה יש מחקר בנושא והושג שיתוף פעולה מוגבל בין האקדמיה לתעשייה. תוצאות המו"פ הישראלי מוכחות, אולם בתקציב 2006 מימון מו"פ במשרד התשתיות עומד על 2.9 מיליון ₪ בלבד.

הפעילות בתחום PV בישראל היא בעיקר במחקר אקדמי, עם פעילות תעשייתית מוגבלת. התקנות PV בישראל כיום הן נישות בלבד (מקומות מרוחקים מהרשת וכו'). מדיניות המו"פ של ישראל צריכה לשים דגש על המשאבים המקומיים, לקלוט ולהטמיע טכנולוגיות חדשות שפותחו בחו"ל, ולעודד שיתוף פעולה בין אקדמיה לתעשייה ולמוסדות בחו"ל, בגישת "Bottom-up". בתחום הפוטוולטאי – משאבי המו"פ של ישראל אינם מאפשרים התמודדות עם ענקים כמו ארה"ב, אירופה ויפן. יחד עם זאת, אין להתעלם מטכנולוגיה בעלת יתרונות פוטנציאליים משמעותיים (משאב מקומי מתחדש ונקי, חיסכון בקרקע, ביזור). יש להכין תשתית (בעיקר של כוח אדם) לקליטתה ולהטמעתה של טכנולוגיה זו במשק האנרגיה הישראלי בבוא העת; מומלץ לעשות זאת על-ידי עידוד רעיונות מקומיים בעלי איכות מיוחדת, בשלב ההתחלתי, רצוי בשיתוף פעולה בינלאומי.

בישראל יש לממן מחקרים ייחודיים, כמו ניצול אופטימאלי של שטח הגגות, פיתוח טכנולוגיות לריכוז הקרינה ופיתוח שיטות לדחיית אבק מהקולטים.

מאחר וקיים כשל שוק בתמחור עלות האנרגיה, שכן כמעט ולא קיימת הפנמה של העלויות החיצוניות של ייצור אנרגיה קונבנציונאלית, קיימים בעולם הרחב מנגנונים שונים לפיצוי המערכות המייצרות אנרגיה נקייה:

- א. מנגנון התנדבותי – השוק קובע מחיר וכמות של האנרגיה המתחדשת (green marketing). במספר מדינות באירופה, אם הלקוח ישלם מחיר מעט גבוה מהמחיר הרגיל, יש ההתחייבות ששיעור מסוים מהאנרגיה יגיע מאנרגיה מתחדשת (המחיר ושעור החשמל הנקי- משתנים ממדינה למדינה).
- ב. הממשלה קובעת תעריף מועדף לתמיכה באנרגיה הנקייה והשוק מתנהג בהתאם ומייצר את הכמות היעילה למחיר שנקבע (fixed prices). באופן כללי, קיימת העדפה לשיטה זו.
- ג. הממשלה קובעת כמות אנרגיה נקייה אותה היא מוכנה לרכוש והשוק קובע את המחיר, אולי במסגרת גבולות מסוימים (fixed quotas).

אדי בית-הזבדי, האגף לשימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות:

עלות ריאלית של מערכת PV שהותקנה לאחרונה בכפר הבידואי דריג'את

הכפר הבדואי דריג'את ממוקם כחמישים ק"מ צפונית מזרחית לבאר שבע ואינו מחובר לרשת החשמל. גנרטורים עובדים בו 4-5 שעות ביום בעלות 1 ₪ לקו"ט"ש. בכפר 857 נפשות ב-113 בתי אב. סך קרינת השמש בשנה מגיעה ל- 2129 קו"ט"ש למ"ר.

משרד התשתיות יזם את הפרויקט (שארך כשנה וחצי, כולל מכרז והתקנות) אשר כולל כיום 20 מערכות סולארית ביתיות (כל מערכת אוטונומית, עם גיבוי גנרטור דיזל), 6 פנסי תאורת רחוב סולאריים, מערכת סולארית חינוכית (למטרות לימוד) לביה"ס ומערכת סולארית למסגד הכפר.

עלות הפרויקט הכוללת עד היום \$300,000 (מתקציבי הרשות לפיתוח הנגב ובהשתתפות משרד המשנה לראש הממשלה הממונה על פיתוח הנגב והגליל). להשלמת הצטיידות הכפר כולו נדרשים עוד \$900,000.

האחריות שניתנה למערכת היא כדלהלן: לתאים 20 שנים, למצברים 4 שנים, לממיר+מטען - 4 שנים. העלות ל – 1 ואט שיא במערכת האמורה כולל כל המרכיבים וההתקנה היא 9 US\$ (אילו המערכת הייתה גדולה יותר מן הסתם היא גם הייתה זולה יותר).

דב רביב, MST בע"מ:

מפת הדרכים להשקעות בתחום ה-PV ומקומה בעדיפויות הלאומיות

הצמצום במקורות הנפט עקב ניצול מוגבר והגדלת הביקוש מצד ענקים כגון סין והודו יוצרים משבר אנרגיה חריף. ניצול אנרגיות מתחדשות הוא הפתרון היחיד לבעיות האנרגיה של העולם. לישראל מקורות מוגבלים של גז, אין נפט, ופוטנציאל אנרגית הרוח מוגבל לכ-600 MW. לעומת זאת קיים בישראל פוטנציאל רב לניצול אנרגית השמש שיאפשר אספקת מלוא צרכי האנרגיה של המדינה. ההשקעות בתחום האנרגיה בכלל ובתחום הסולארי בפרט חייבות להיגזר מהצרכים ארוכי הטווח של ישראל. הפתרון המוצע מתמקד במערכות PV המשתמשות בקרינה מרוכזת (CPV). ע"י בניה שיטתית של מתקנים סולריים לרמה של 45,000 MWp, יכולה ישראל להגיע לאוטונומיה של 80% בתחום האנרגיה תוך 30 שנה.

העלות הכוללת לאספקת חשמל בישראל, לפי תסריט בסיסי (baseline scenario) של MST תוך שימוש במקורות פוסיליים (40% פחם ו 60% גז) תגיע ל- 142 מיליארד דולר (לאורך 30 שנה בריבית 5%) בהנחת מחיר גז של \$5 למיליון BTU, ו-213 מיליארד דולר בתנאים אלה בהנחת מחיר גז של \$10 למיליון BTU. לעומת זאת, בטכנולוגיה סולארית העלויות יהיו 80.9 מיליארד דולר.

גישת CPV המוצעת ע"י MST דורשת פיתוח בשמונה תחומים: תאים סולריים בעלי נצילות גבוהה, מרכזים אופטיים, מערכות עקיבה, מערכות סילוק חום, מערכות המרת זרם ישר לזרם חילופין, אינטגרציה והדגמה של המתקן השלם, מערכות הולכת חשמל על-מוליכות, אגירת חשמל וייצור דלקים נוזליים מלאכותיים ממקורות מתחדשים. ניתן פירוט של המשימות הדרושות בכל אחד מתחומים אלה. ההשקעה הדרושה נאמדת ב-100 מיליון דולר לשנה.

רון נזר, אינטרדן בע"מ:

התהליך הקיים בישראל להתקנת מערכת PV פרטית (כותרת משנה: איך מוכרים חשמל לחח"י?)

חברת אינטרדן הינה בין החברות המובילות בהתקנת PV בישראל, ובעלת ניסיון מוכח של שנים בפרויקטים שונים, ביניהם מתקן מחובר רשת בשדה בוקר (1987), בכפר כליל (1987), דיריג'אט (2005) וירכא (2005). מר נזר סקר בהרצאתו את התהליך שצריך לעבור יצרן פרטי המעוניין למכור חשמל לרשת ואת החסמים הנובעים מן התהליך כפי שקיים היום מול חברת החשמל (חח"י). לדבריו, המבוססים על ניסיון החברה, התהליך עם חח"י ארוך ויקר מבחינה טכנית ומשפטית ומתיש את הלקוח הפרטי; חח"י אינה מגדירה בבירור את דרישותיה, ההסכם הכלכלי לא רלוונטי למערכות קטנות, ואינו מתאים ליישום באופן שוטף. למרות זאת, ציין מר נזר את הגישה החיובית והעניינית של הצוות בחח"י, המופקד על הנושא.

אלון תמרי, סולר פאוור בע"מ:

סקירת היישומים הפוטוולטאיים בישראל

חברת סולר פאוור מתמחה ביישומים שאינם מחוברי רשת כגון תקשורת, תאורה, בקרה מרחוק ועוד. מערכות אלה מיושמות ברוב רובם של המקרים כאשר אין חלופה תשתיתית והפעלת גנראטור היא יקרה.

לדבריו, כמעט שאין בישראל מערכות מחוברות לרשת, כיוון שמחיר החשמל הקונבנציונאלי זול. תקנות התחברות לרשת נמצאות בשלבי טיוטא. אין עידוד או תמיכה ממשלתית או מוסדית אחרת. לעומת זאת, קיימת התעניינות רבה מצד הציבור.

מר תמרי מציג חזון: על-מנת לספק 100% מתצרוכת החשמל של מדינת ישראל מאנרגיית השמש, דרוש שטח של כ-250,000 דונם (15X15 ק"מ). יעד ריאלי לדעתו - מרכיב הייצור הפוטוולטאי יכול להיות כ-5% מתוך סל האנרגיה. חישוב מהיר מראה כי על שטח הגגות של איזור התעשייה בנתניה בלבד ניתן ליצר כ-0.2% מתצרוכת החשמל הלאומית. התועלת הצפויה: "גילוח" שיא הצריכה, האופייני לאזור תעשייה בקיץ; ניצול שטחים זמינים במקום קרקע יקרה; עלויות ההתקנה ותחלוקה בין בעלי המערכות למדינה; ניצול אופטימאלי של רשת התמסורת; וכמובן, צמצום חשבונות החשמל...

ומה צריך לעשות? לדעתו, דרושה תוכנית ממשלתית אפקטיבית להתקנת גגות סולאריים (כדוגמת התוכניות ביפן, גרמניה וארה"ב), הכוללת הטמעת עלויות הייצור במחירי החשמל. סולר פאוור מציעה תוכנית ראשונית של 50,000 גגות, עם תפוקה של כ-1% מכושר הייצור הנוכחי, שתוביל למניעה של כ-1 מיליון-טון גזי חממה. מוצעת הקמת גוף אשר ישמש כגג עבור התעשיות הסולאריות בשיתוף תעשייה ואקדמיה בהשתתפות פיננסית של התעשיינים.

שעיה רוז'נסקי, התעשייה האווירית:

פעילות התעשייה האווירית בתחום מערכות PV לשימושי חלל ואור שמש מרוכז

התעשייה האווירית (מל"מ) עוסקת בהרכבת פנלים סולאריים ללוויינים משנת 1989. את התאים עצמם רוכשים מחו"ל וההרכבה נעשית בארץ. מל"מ משתמשת כיום בתאי סיליקון - נצילות כ-14% - ולא נתגלתה כל בעיה מבחינת תפקודם בחלל גם אחרי שנים רבות. בדור הבא הכוונה להשתמש בתאים מטיפוס TJ GaAs/InP2/Ge S (Triple Junction). הניצולת תגיע לכדי 27%, בעלות \$600 לואט. לויינים ששוגרו עד כה הנושאים מערכות PV של מל"מ הם ALEXIS (1993), OFEQ (1995), EROS (2000).

בשנת 1994 הצטרפה מל"מ לתכנית Console ועוסקת כיום בפתוח טכנולוגיות PV עם ריכוז קרינה למטרות ארציות (Terrestrial) תוך שאיפה להגיע למחיר של \$1/W. במסגרת תכנית "מגנט" ובשיתוף פעולה עם אוניברסיטת ת"א ומכון וייצמן פותחה מערכת עם ריכוז קרינה של 600 שמשות, שמרכיביה העיקריים - מראה מרכזת העוקבת בשני צירים, מערכת קירור להרחקת החום השיורי ומודול תאי PV.

ד"ר ארז סברדלוב, חושבה לתכנון:

החזון הסולארי בתוכנית האב למשק האנרגיה

בתכנית האב למשק האנרגיה, אותה הכינה חברת "חושבה לתכנון" יחד עם חברת "אקואנרגי", הודגש הצורך ב"קידום השימוש באנרגיות מתחדשות, כולל השקעה במחקר ופיתוח טכנולוגיות מתקדמות של אנרגיה סולארית. בנוסף להקמתן של תחנות כוח סולאריות יש לקדם הפקת חום, קור וחשמל בטכנולוגיות סולאריות מבוזרות גם בתעשייה, בשירותים ובמגזר הביתי. בתחום זה יש לגשת לפעולה

רחבת היקף ונמרצת, בשיתוף גורמים עסקיים בעולם, ותוך מאמץ ליצור שיתוף פעולה אזורי" (מתוך תוכנית האב).

על מנת לקדם את הנושא אנו נדרשים לקחת בתחשיב הכולל עלויות ישירות, קרקע, עלות זיהום אוויר קונבנציונאלי ופליטת גזי חממה וכן את בטחון האספקה לטווח ארוך. תפקיד הממשלה להתערב בתחשיבים בגלל כשלי שוק שאינם מגלמים עלויות חיזוניות ובטחון לעתיד. כשהשוק יהיה במצב "כלכלת גודל", ומערכות שאינן מחוברות לרשת בסין, הודו ואפריקה, יכתיבו את גודל השוק, או אז המחירים ירדו. בנוסף, צריך לפתח טכנולוגיות אגירה.

דן וינשטוק, מינהל החשמל, משרד התשתיות הלאומיות:

הצגת טיוטת תקנות לייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים

מטרת התקנות לאנרגיות מתחדשות של משרד התשתיות הלאומיות היא לעודד ולהסדיר הקמתם והפעלתם של מתקני אנרגיה מתחדשת ומתקנים ביתיים וכן הפעלתם של מתקנים מבודדים, בעלות מינימאלית אפשרית, בין היתר - על מנת להפחית פליטות מזהמים מייצור חשמל.

מערכות PV מתאימות להגדרה של מתקן אנרגיה מתחדשת/ יחידת ייצור של אנרגיה מתחדשת. מתקן כזה אשר יהיה מחובר ישירות לרשת הארצית ייחנה מרשת ביטחון ובנוסף גם מהפרמיה שנקבעה ע"י רשות החשמל ואילו מתקן מבודד ייחנה רק מפרמיה. הפרמיה הקיימת כיום עומדת, בכל עונות השנה על 10.21 אג' לקווי"ש בשעות השפל, 6.42 אג' לקווי"ש בגבע ו 8.59 אג' בפסגה.

"רשת ביטחון" היא למעשה הסדר המבטיח כיסוי מלא ליצרן פרטי, בגין מכירת אנרגיה חשמלית נקייה לבעל רישיון הולכה, ללא תלות בצריכה העצמית של היצרן הפרטי (מתקן אנרגיה חשמלית, מתקן רשת פרטי או מתקן ביתי). לכל מקור אנרגיה מתחדשת כמפורט תינתן רשת ביטחון ספציפית, שתביא לידי ביטוי את ייצור האנרגיה החשמלית הנקייה מאותו מקור אנרגיה בטכנולוגיה מוכחת ובעלות הייצור הנמוכה ביותר שהייתה בעת מתן רישיון הייצור. גובה רשת הביטחון הקובע לא ישתנה עבור אותו יצרן פרטי לאורך תקופת ההתקשרות, על מנת להבטיח ודאות ליצרן הפרטי, למעט העדכון השוטף של מרכיבי רשת הביטחון בהתאם להצמדות הרלוונטיות לכל מרכיב. תנאים נוספים, הכוללים מחויבות לקלוט את כל האנרגיה המיוצרת ע"י היצרן הפרטי, נכללים בתקנות אשר נוסחו הסופי מתגבש בימים אלה.

עמי אלעזרי, מילניום אלקטריק בע"מ:

השתלבות מילניום - חברה ישראלית קטנה - בשוק ה-PV העולמי

חברת מילניום אלקטריק (חברת-בת של UCSY Group הנסחרת ב-NASDAQ) עוסקת ביישומים של אנרגיה סולארית ע"י ייצור ישיר של חשמל מתאים פוטוולטאיים. החברה התמחתה במשך שנים בפיתוח, תכנון, ייצור והתקנה של מערכות סולאריות לכל מגזרי המשק בישראל (כולל מערכת הביטחון) ובארצות רבות בעולם.

עיקרי היישומים של מילניום כוללים: **מערכת סולארית רב תכליתית** - להפקת חשמל מאנרגיית השמש באמצעות תאים פוטוולטאיים משולבים בקולט שמש תרמי רגיל – מתאימה למבנים מכל הסוגים ומציעה פתרון לחשמל, מים חמים ומיזוג אוויר (חום וקור). מערכות כנ"ל הוקמו במצפה כליל, בחוות האלפקות בדרום הארץ ועוד 129 מערכות בעולם כולו. **מערכת Time Of Use – תעו"ז:** מערכת האוגרת חשמל בתעריף המוזל בשעות השפל ומספקת אותו בשעות התעריף הגבוה של חברת החשמל;

מתאימה לצרכנים הצורכים כ- 1,000 קוויט"ש ומעלה ביום. **PV Applications**: אספקת חשמל לתאורת רחוב, תחנות הסעה, גדרות מערכת, תחנות ממסר (רדיו), תאורת צמתים, תאורת חממות, רמזורים, משאבות, סככות, עיני חתול ועוד. מילניום התקינה מערכות כנ"ל לאורך גדרות המערכת ממטולה ועד אילת ובגדר המערכת ברצועת עזה; זכתה במכרז של חברת דרך ארץ להקמת עמודי חשמל המספקים אנרגיה סולארית להפעלת המערכות הקוראות את מספרי הרכבים בכביש חוצה ישראל. **BIPV**: שילוב של תאים פוטוולטאיים כחומר בניה בגגות, קירות וחלונות של בנינים חדשים ומשופצים, כולל בנינים רבי קומות. **Consumer Products**: מטענים סולאריים רב שימושיים למחשבי כף יד, מחשבים ניידים, פלאפונים, נגני MP3 ועוד. **Military Applications**: מטענים סולאריים נישאים להפעלת מכשירי קשר צבאיים, אפליקציות להפעלת משאבות דלק ניידות. כן עוסקת מילניום במערכות אספקת חשמל סולרי למדינות העולם השלישי (כ- 2 מיליארד אנשים ברחבי העולם אינם מחוברים כלל לרשת החשמל) ובהפקת מי שתיה מן הלחות אשר באוויר. החברה רואה בישראל פוטנציאל מחקרי אך לא שוק בעל פוטנציאל גדול, ולכן היקף העסקאות בארץ נמוך. החברה פועלת בארצות אחרות ברחבי העולם. מילניום משקיעה כ-20% אחוז מן המחזור שלה במחקר ופיתוח והצליחה להצטרף לשש תכניות פיתוח מאושרות במסגרת התכנית החמישית והשישית של הקהיליה האירופאית, בהיקף סיוע של 3.5 מיליון אירו. בין התכניות: פיתוח תאים פוטוולטאיים בטכנולוגיית self-formation בניצולת של 27%; מתקן התפלת מים באי כרתים ביוון; הפקת חשמל מצמחים; ועוד.

4. דיון

בחלק השני של הפורום התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- מהי עלות ריאלית של מערכות PV בארץ ומהו הצפי לעתיד?
 - כיצד ניתן לעודד התקנת מערכות PV בארץ?
 - מה ידוע על תכניות לעידוד PV בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
 - לאור המשאבים הרבים המושקעים במו"פ PV במדינות מסוימות בעולם, האם יש לעודד מו"פ PV בישראל? האם יש לישראל יתרון יחסי המצדיק זאת?
 - האם יש סיכוי לייצור מערכות PV בישראל?
- דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

אהרון רואי: הנושא לא יתפתח מאידיאולוגיה בלבד. מדינת ישראל חייבת להעניק סובסידיות כמו במדינות מתקדמות אחרות בעולם, בסדר גודל של 0.30–0.40 אירו לקוט"ש. **הראל נחמני:** ניתן לנצל תוכניות באיחוד האירופי לגיוס כספים למו"פ. חברת מילניום עושה זאת בהצלחה.

דב רביב: התלות במקורות אנרגיה חיצוניים והמצב פוליטי הינם קריטיים, ולכן בעיית האנרגיה בישראל היא קיומית. מדינות אירופה תומכות בחשמל ממקורות מתחדשים בשיעורים הבאים: צרפת – 0.30 אירו לקוט"ש, ספרד – 0.42-0.48 אירו לקוט"ש, איטליה – 0.50-0.55 אירו לקוט"ש, ובגרמניה עד 0.57 אירו לקוט"ש. כן יש לציין שתעשיית אנרגיה מסוג זה בישראל היא בעלת פוטנציאל רב לייצר מקומות עבודה.

דן זסלבסקי: למרות כל הנאמר - PV יקר, לא כלכלי ואינו עומד בתחרות ללא סובסידיה. בחינה של PV לעומת טכנולוגיות אחרות מראה זאת בבירור. אולם CPV מעניין וכן גם קוגנרציה ופוליגנרציה. כיום אין שום טכנולוגיה סולארית לחשמל שפרצה את המחסום הכלכלי. מציע להשתמש בפירות השמש – כגון ארובות שרב. לדעתו פשע הוא להשקיע בתחנות כוח שורפות דלק. כן יש לעשות יותר בתחום החיסכון באנרגיה: למשל, החלפת משאבות חום ישנות בכאלה עם ניצולת גבוהה יותר מאפשרת לחסוך תחנת כוח חדשה. אם משקיעים 1% מהתל"ג למו"פ, התשואה היא 50%-20% תוספת לתל"ג. מציע להקים קרן מהיטל על מחיר החשמל שתממן מחקר ופתוח שלא דרך משרד התשתיות.

אלי שילטון: חסרים בפורום זה נציגים של גורמי ממשל ומקבלי החלטות. לגבי מערכות PV מצוין כי כיום הפנלים יקרים עקב מחסור עולמי בסיליקון, אך צופה כי בעוד 3-5 שנים המחיר ירד. מצוין חקיקה בספרד – החל מ-2006.1.1 חייבים להתקין מערכת סולארית למים חמים בכל בניה חדשה. **אדי בית הזבדי:** בישראל פוטנציאל רב לניצול שטח גגות שטוחים לקליטת אנרגיה שמש. ע"י ניצול 15% משטחם של 85% מהגגות השטוחים של מבני המגורים ניתן להתקין כ- 2500MW מותקן, החזר 12-13 שנים.

בסין פותח מזגן המשלב דחיסה בעזרת חשמל ומערכת ספיגה סולארית; ניתן להשתמש בחשמל פוטוולטאי ולקבל מזגן סולארי שלם. עלות המזגן האמור כולל מערכת הקולטים וההתקנה הינה כ- 40%-30% יותר מעלות מזגן רגיל באותו הספק קירור (לפי הצהרת היבואן).

דוד אסוס: הרשות לשירותים ציבוריים- חשמל היא גוף שהוקם על ידי כנסת ישראל לפקח על משק החשמל והיא עומדת בתווך בין השלטונות - משרד התשתיות הלאומיות והגופים המקצועיים כמו איכות הסביבה ומשרד האוצר. רשות החשמל פועלת במקביל למשרד התשתיות. באופן עקרוני משרד התשתיות אמור לגבש מדיניות, הענקת סובסידיות ומענקים ואילו רשות החשמל צריכה לטפל בעסקאות חשמל. הרשות נכנסת למעשה לפעולה כאשר נשקל אם יש או אין צורך להקים פרויקט. הרשות מוציאה מכרז, בוחרת את היזם והפרויקט מוקם.

כרקע להקמת תחנה סולארית יש לזכור כי היום עלות ייצור חשמל בארץ היא בסביבות חמישה סנט לקוואט"ש בממוצע. תחנה סולארית פועלת בעיקר בשעות השמש בהן התעריף הוא תעריף יקר- פסגה. כלומר, אם מחיר האנרגיה בתחנה סולארית יגיע אפילו לשמונה סנט עדיין היא כדאית כלכלית ומתחרה עם תחנה קונבנציונאלית. בנוסף לכך, אם מוסיפים לכך את מחיר החיסכון בזיהום לפי הפרמיות לאנרגיות מתחדשות הקיימות כיום מדובר בעוד שניים וחצי סנט לקוואט"ש. כלומר, אם מחיר אנרגיה סולארית יהיה אפילו עשרה סנט לעומת חמישה סנט של השוק היום, הפרויקט הזה כלכלי. הפרוטנציאל לתחנות סולאריות:

1. תחנות גדולות (כ- 100MW) - מבטיחים רכש החשמל לטווח ארוך במחיר קבוע מראש. יפרסמו את התעריף בעוד 3 חודשים. מי שיקבל רישיון משרד התשתיות למכור חשמל לרשת, חברת ההולכה (כיום חברת החשמל) תשלם לו את התעריף שנקבע ע"י הרשות בחוזה ארוך טווח. בחוזה זה יוכל להשתמש להשגת מימון לפרויקט.

על בסיס זה יצא לדרך פרויקט התחנה הסולארית-תרמית של "סולל", שהאחריות עליו הועברה ממשרד התשתיות לרשות לשירותים ציבוריים-חשמל. יוקצה שטח קרקע בתאום עם מינהל מקרקעי ישראל ויפתח מכרז למעוניינים להשתתף בהקמת התחנה הסולארית.

2. בתי מסחר / בתי ספר/ קבוץ/ בתי מלון: קיימת בשלות למערכות משולבות (אוויר חם, מים חמים וחשמל) ללא השקעה ממשלתית אך עם עידוד דרך פרמיות. יהיו קריטריונים משולבים מדידים למתן עידוד זה: הורדת צריכה, הורדת התפלגות צריכה בשעות היום. הפרמיה תינתן לצרכן מסוג זה שמייצר חשמל לעצמו, ללא דרישה שימכור חשמל לרשת, בגין החיסכון למשק הלאומי. הפרמיה תשולם לו ע"י גילום במחיר שהוא קונה חשמל.

3. PV לבתי מגורים – עדיין רחוק בישראל. כרגע זה אינו יעד אסטרטגי בישראל ולא יקבלו פרמיה. בית שיפיק לעצמו חשמל לא צריך מערכות של מונה נטו, רישיונות וכ"ו.

עמי אלעזרי: מתכוון לענות על השאלות שהועלו בתחילת הדיון. עלות התקנת מערכת PV בארץ - \$7-\$9/Wp, בחו"ל \$5-\$6/Wp (מדובר במערכות בסדרי גודל של מגוואטים, לא קילוואטים). ישראל מתאימה להיות המעבדה ולא השוק, מובילת מו"פ ולא יצרנית ולא תעשייה. זוהי תעשייה עתירת כח אדם ובמצב היום קשה להתחרות בסינים שעבודתם זולה – אולי ע"י רובוטים? במערכות משולבות אולי יש לישראל יתרון יחסי. כדי לעודד התקנת מערכות PV יש לתת תמריצים כפי שמקובל בעולם המערבי. המלצתו: לגבות אחוז מסוים ממחיר החשמל - 1%-0.5% למו"פ ו- 3% לתמריצים.

אבינועם לוי: לדעתו חשוב שתהיה תעשייה סולארית בישראל. בגרמניה התחילה התמיכה הממשלתית ממפלגת הירוקים, וגם כאן יש צורך בפעולה דומה כדי להשפיע.

אבי קריבוס: השאלה העיקרית איך להשפיע על הממשלה לעשות את הפעולות הנכונות. דרושים לשם כך לוביסטים מקצועיים. קיימת אפשרות שהתעשיינים יפעילו את הלוביסט ויממנו אותו.

אהרון רואי: אין מחלוקת בנושא חשיבותה ויתרונותיה של תחנה סולארית. יש לבחון טכנולוגיה סולארית תרמית לעומת PV.

מרים לב און: – המערכת של "לוז" בקליפורניה היא התחנה הסולרית-תרמית היחידה הפועלת בעולם. אין עוד כמות עקב אי-כדאיות כלכלית. התוכנית החדשה בקליפורניה מחזקת דווקא ביזור של ייצור החשמל, בעיקר למטרות Peak Shaving. התמריצים בערך כולל של 2.9 מיליארד דולר, בניהול הרשות לשירותים ציבוריים, מגיעים ממס Public Goods Charge, בערך 2.5 סנט שנגבה מן הצרכן על כל קוויט"ש. ניתן גם זיכוי ממס על השקעה.

ארז סברדלוב: קיים כשל מבני בתחום האנרגיה בישראל. הפעלת משקים סגורים במקרה זה, כמו במקרים אחרים, עשויה לפתור בעיות ללא צורך לקבל תמיכה מן האוצר. היטל על עלויות הייצור יכול ליצור מקורות כספיים המופנים לקרן שפועלת להפחתת הזיהום ולקידום אנרגיות חלופיות. 1 סנט לקוויט"ש כפול 44 מיליארד קוויט"ש, שווה ל-200 מיליון דולר בשנה!

יונה סידר: למי להגיש את ההצעות לפתרון הבעיה? אולי יש לערב את התאחדות התעשיינים? כמה מקומות עבודה ניתן לייצר?

דב רביב: חברת החשמל מייצרת 44 מיליארד קוויט"ש בשנה. יש שוק פנימי בישראל של 1500 מגוואט סולארי חדשים בשנה. ניתן לייצר 9000 מקומות עבודה בנגב, חלקם רק בעת יצירת התשתיות, אך אם תתפתח תעשייה סביב זה - זה יבטיח מקומות עבודה שיישאר. הדברים כתובים במאמרים שפרסם. יש מקום לתעשייה סולארית בישראל, בתנאי שתהיה מדיניות מתאימה.

פרי לב-און: מציע לגייס לעניין את נציבות הדורות הבאים בכנסת – גוף על-מפלגתי בעל מודעות רבה לפיתוח בר-קיימא.

זן זסלבסקי: קיימות טכנולוגיות אחרות, מלבד PV, שניתן ליישם בהקדם, העשויות להוות מנוף כלכלי לתעשיות ייצוא משמעותיות.

דניאל נזר: אנו נמצאים מול קיר חלק בנסיון לקדם התקנות PV בישראל. המצב היה שונה לו היה יצרן בארץ - הייצור הוא גורם מכריע לטובת העניין. בכל הארצות שהנושא מתקדם, גם מייצרים.

זן וינשטוק: מוכן להיות חבר בגוף שיוביל פעולה לשינוי המצב.

עמי אלעזרי: מוכן גם הוא להיות חבר בצוות.

דוד אסוס: צריך לסגור תוכניות מדויקות לפני שמתחילים פעולה מול הכנסת והפוליטיקה, אחרת הנושא נידון לכישלון. צריך לסמן את המטרות – בחלקן שר האוצר רלבנטי, בחלקן שר התמ"ת רלבנטי. יש די מטרות שאפשר לקדם עם תקנות וחוקים קיימים.

5. סיכום ומסקנות

מערכות פוטוולטאיות הולכות ותופסות מקום חשוב בקרב מקורות ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת, וקצב הגידול בשימוש בהן גדול מזה של מקורות אחרים, למרות מחירן הגבוה יחסית. כיום מותקנים בעולם למעלה מ-2GW של חשמל פוטוולטאי, עם קצב גידול של 30% בשנה, בהיקף 7 מיליארד דולר בשנה. הטכנולוגיה של תאים פוטוולטאיים, שהייתה בעבר יקרה מאד התפתחה במהירות והמחיר בעולם ירד לכדי 5,000-6,000 לקילוואט-שיא, (במערכות בסדרי גודל של מגוואטים) - כדי מחצית ממה שהיה לפני חמש עד עשר שנים. אחד המכשולים היום בפני גידול מהיר של תעשייה זו הוא המחסור בעולם בסיליקון גבישי (שניתן ליצרו מחומר זול המצוי בשפע) אך עם הגידול במאמץ ובהשקעות יש לצפות שיתגברו על בעיה זו, והמחיר ירד. מדינות אחדות, ביניהן באופן בולט סין ויפן, הציבו לעצמן יעד להקים בתי ייצור של תאי PV לעולם כולו, בהשקעות ענק.

נצילות תאי סיליקון הקיימים בצורת פנלים מגיעה כיום לכ-17%. במקביל לפנלים אלה התפתחה טכנולוגיה של תאי שמש מטיפוס Multi-Junction עם ריכוז קרינה (CPV) שהתפתחו משימושים חלליים, בהם ניתן יהיה להשיג נצילות משופרות (כיום בסביבות 35%). מחירים של תאים אלה גבוה למדי אך שילובם במתקן ריכוז אופטי מאפשר מחיר מערכת מוזל, עם אפשרויות שונות לניצול החום השיורי – אותו חלק מאנרגיית השמש הפוגע בתא שאינו מומר לחשמל.

מספר מדינות מפותחות מעניקות סובסידיות נדיבות לחשמל פוטוולטאי במסגרת תכניות לעידוד השימוש בהם. בפורום הוצגו מחירים המשולמים עבור חשמל פוטוולטאי במדינות אירופה: בגרמניה- 45-60 יורוסנט לקוואט"ש, צרפת- 8.7-15.3 יורוסנט לקוואט"ש, אוסטרליה- 3.6-7.3 יורוסנט לקוואט"ש, ובקוריאה מגיעה התמיכה עד 57 יורוסנט לקוואט"ש.

במחויבות מוסדית כזו יכולים יזמים להשתמש כמנוף להשגת מימון לפרויקט פוטוולטאי במדינות אלה. בארה"ב ויפן ישנן תכניות המסבסדות גם את ההשקעה וגם את מחיר החשמל הנמכר לרשת.

בישראל כיום השוק קטן וחסר משמעות, אין תמריצים ואין תכניות המאפשרות שילוב מערכות PV ברשת. בתנאים אלה אפילו חברות ישראליות מעתיקות את מרכז פעילותן לחו"ל. עלות מערכת בישראל של היום היא כ-10\$/Wp למערכות קטנות ועד 7-9\$/Wp למערכות בסדר גודל של מגוואטים. בפורום נידונו הכשלים האדמיניסטרטיביים והכלכליים של מו"פ בתחום, ייצור מערכות PV בישראל, יישום מערכות כאלו בארץ והדרכים לעידוד התואמות את רוח החלטות הממשלה המוזכרות לעיל (ראה נספח 1).

משתתפי הפורום דנו בשאלה האם צריך וכיצד ניתן לעודד התקנת מערכות PV בישראל. אין חולק על כך שמערכות כאלה, בהחליפן את המערכות הקונבנציונאליות, יכולות לתרום רבות לשיפור איכות הסביבה ולשחרור המדינה, לפחות במידה חלקית, מן התלות בדלק מיובא. עקב המחיר הגבוה יש צורך במערכת תמריצים שינתנו ע"י הממשלה וגופים ממסדיים כמקובל בעולם. בהקשר לכך יש לבדוק איך מערכות PV עומדות בהשוואה לטכנולוגיות "ירוקות" אחרות? נמצאת בהכנה מערכת תמריצים שהוצגה בפורום ע"י הרשות לשירותים ציבוריים חשמל. נדון תהליך האישור והרישוי שיש לקבל מחברת החשמל, שבמתכונתו המסורבלת כיום מקשה על התקנת מערכות פוטוולטאיות בישראל. הממשלה פועלת להסדיר את נושא ההתחברות ('נוהל התחברות') וכן הנושא של הרישיונות בתקנות החדשות.

ישראל יכולה וצריכה להוות מרכז מו"פ מצוין בתחום מערכות פוטוולטאיות, עקב הידע הרב הקיים בארץ והניסיון המצטבר, וכן בהיותנו מדינה ברוכת-שמש. לשם השוואה - כך הפכה דנמרק למעצמה טכנולוגית בתחום אנרגיית הרוח.

באשר לייצור מערכות פוטוולטאיות בישראל – קימת הסכמה כי יקשה על ישראל להתחרות בעבודה הזולה של מדינות דרום מזרח אסיה, אך יש בהחלט מקום לייצור סוגים מסוימים של רכיבים ומערכות, ולתעשייה שיכולה לייצר מקומות תעסוקה מגוונים. התעשייה האווירית הציגה מודול של תאים בריכוז קרינה המיועדים כמקור אנרגיה ללוויינים – מערכת בטכנולוגיה כחול-לבן המיוצרת ללא מגע יד אדם. הייצור הוא גורם מכריע לטובת יישום הטכנולוגיה: בכל הארצות בהן הנושא מתקדם, גם מייצרים. בפורום נדון הנושא הפוטוולטאי בהקשר האסטרטגי והכלכלי של משק האנרגיה בישראל לטווח של השנים הקרובות. מסיבות שונות, אין אפשרות לסמוך על כוחות השוק בלבד שיגרמו להחדרת הטכנולוגיה הפוטוולטאית ויש לדרוש מן הממשלה פעולה שתביא את ישראל כבר עכשיו למצב של המדינות המפותחות בתחום זה. במקביל יש לבדוק גם שיטות אחרות, במסגרת תכנית לפיתוח בר-קיימא, תוך הערכת העלויות החברתיות וניתוח השוואתי של שיטות שונות. משתתפי הפורום הסכימו כי דרושה מעורבות ממשלתית, ויתכן שדרוש לובי מצד גופים על-מפלגתיים בכנסת ובציבור כדי להביא לשינוי המיוחל. הוצעה הקמת גוף שימשיך בטיפול מול משרדי הממשלה.

המלצות:

1. על הממשלה ליישם, בראש ובראשונה, את החלטותיה שלה לפעול לקידום פיתוח טכנולוגיות לניצול יעיל של אנרגיות חלופיות ועל ידי כך להפחית התלות בדלק מיובא ולהקטין את זיהום הסביבה.
2. על הממשלה ליישם את החלטתה לעודד הקמתם והפעלתם של מתקני חשמל ותחנות כוח לייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות ולספק שיעור הולך ועולה של חשמל 'ירוק' מתוך סך החשמל המיוצר.
3. על הממשלה להשקיע במו"פ בתחום האנרגיות המתחדשות, בעיקר בתחום הסולארי, ולשמר בכך את הידע הרב הקיים בארץ, הניסיון שהצטבר והמוניטין להם זוכה ישראל בתחום.
4. יש צורך בתמחור אמיתי וריאלי, המפנים את העלויות החיצוניות, של מערכות ותעריפי חשמל קונבנציונאליים ובמקביל להפעיל תמריצים כלכליים, כמקובל בעולם, לעידוד התקנת מערכות וטכנולוגיות נקיות לייצור חשמל.
5. ייצור מקומי של רכיבים מסוימים מתוך מערכות ה-PV חשוב הן מבחינת ייצור מקומות עבודה והן מבחינת שמירת הייחודיות והעצמאות.
6. עם כינון הכנסת ה-17 בישראל, מוצע להקים גוף אשר יפעל לאור המלצות אלה וימשיך בטיפול יחד עם משרדי הממשלה הרלוונטים.

נספח 1: החלטות ממשלה רלוונטיות בתחום האנרגיה החלופית

I. החלטת ממשלה בנושא פיתוח טכנולוגיות לניצול יעיל של אנרגיות חלופיות, 1998

החלטה מס. חמ/9 של ועדת השרים לאיכות הסביבה ולחומרים מסוכנים מיום 21.07.1998 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה, וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 06.08.1998 ומספרה הוא 4139. מ ח ל י ט י ס:

לפעול לקידום פיתוח טכנולוגיות לניצול יעיל של אנרגיות חלופיות ועל ידי כך להפחית התלות בדלק מיובא ולהקטין את זיהום הסביבה.

להקים צוות בין-משרדי אשר יגבש הצעת החלטה שתכלול:

א. אמצעים תחיקתיים ומנהליים לקידום שימוש באנרגיות חלופיות;

ב. פרויקטים מומלצים;

ג. דרכים לשילוב משקיעים מהארץ ומחו"ל בפרוייקטים המנצלים אנרגיות חלופיות.

חברי הצוות יהיו: נציג משרד התשתיות הלאומיות, נציג המשרד לאיכות הסביבה, נציג משרד האוצר, נציג משרד המדע, נציג משרד התעשייה והמסחר, נציג משרד הפנים, איש אקדמיה העוסק בנושא אנרגיה חלופית. הצוות יבחר את יושב הראש שלו מבין חבריו. הצוות יגיש הצעתו לוועדת השרים בתום 90 יום מקבלת ההחלטה.

II. החלטת ממשלה בנושא מדיניות ייצור החשמל - אנרגיות מתחדשות, 2002

החלטה מס. חכ/44 של ועדת השרים לענייני חברה וכלכלה (קבינט חברתי-כלכלי) מיום 04.11.2002 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 04.11.2002 ומספרה הוא 2664. מ ח ל י ט י ס:

1. לעודד הקמתם והפעלתם של מתקני חשמל ותחנות כח לייצור באמצעות אנרגיות מתחדשות (להלן - "מתקני אנרגיות מתחדשות") לייצור חשמל על ידי יצרני חשמל פרטיים וחברת החשמל.

2. מתקן חשמלי ותחנת כוח יוגדרו כמתקן אנרגיה מתחדשת אם:

א. מקור האנרגיה המשמשת לייצור החשמל הינו אחד מאלו: שמש, רוח, מים, פסולת אורגנית,

שפכים ותופעות טבע אחרות.

ב. בהליך ייצור החשמל במתקן אנרגיה מתחדשת יותר שימוש בדלק פוסילי לצורכי תמיכה

בלבד. שיעור השימוש בדלק הפוסילי לא יעלה על 30% מסך האנרגיה המיוצרת.

3. החל משנת 2007 יופק חשמל בכמות של לפחות 2% מהחשמל המסופק לצרכנים על ידי מתקני

אנרגיה מתחדשת. האחוז לעיל יעלה בקצב של אחוז אחד בכל שלוש שנים, כך שהחל משנת 2016 יופק חשמל ממתקנים כאמור, בכמות של עד 5% מהחשמל המסופק לצרכנים.

4. צוות בין-משרדי בראשות המנהל הכללי של משרד התשתיות הלאומיות ובהשתתפות משרד האוצר, המשרד לאיכות הסביבה והרשות לשירותים ציבוריים - חשמל, יקבע כללים ומתכונת למימוש החלטה זו, לרבות בסוגיית העלות המירבית לרכישת אנרגיה ממקורות מתחדשים. הכללים יוגשו כאמור, לאישור לוועדה השרים לענייני חברה וכלכלה - תוך 90 יום.

I. יעדים לשימוש באנרגיות מתחדשות במדינות שונות בעולם (ללא אירופה)

Country	Target(s)
<i>Electricity shares</i>	
US	5% to 30% of electricity in 18 states (including DC)
Canada	3.5% to 15% of electricity in 4 provinces; other types of targets in 6 provinces
China (a)	10% of electricity by 2010 ; 5% of primary energy by 2010
India	10% of electric capacity by 2012 (10 GW new renewables capacity added)
Thailand	8% of total energy by 2011 (including 4% RPS policy)
Korea	7% of electricity by 2010
Malaysia	5% of electricity by 2005
Egypt	3% of electricity by 2010
Israel	2% of electricity by 2007; 5% of electricity by 2016
Japan	1.35% of electricity by 2010, excluding geothermal (RPS policy)
<i>Other targets</i>	
Mali	15% of energy by 2020
Philippines	4.7 GW total existing by 2013
Brazil	3.3 GW added by 2016 from wind, biomass, small hydro
South Africa	10 TWh additional final energy by 2013
Australia	9.5 TWh of electricity annually by 2010
Norway	7 TWh from heat and wind by 2010
Switzerland	3.5 TWh from electricity and heat by 2010
China	160 GWth of solar hot water (230 million m ²) existing by 2015
Korea	1.3 GW of grid-connected solar PV by 2011
New Zealand	30 PJ of new capacity (including heat and transport fuels) by 2012
Singapore	50,000 m ² (~35 MWth) of solar thermal systems by 2012
Thailand	3% of total diesel fuel consumption from biodiesel by 2011

Sources: IEA OECD and JREC policy databases, DSIRE USA database, Li 2002 and 2005, Sawin and Flavin 2004; Thailand DEDE 2004; submissions from report contributors.

II. יעדים לשימוש באנרגיות מתחדשות באירופה

Country	Target(s)
<i>Electricity and total primary energy shares</i>	
EU-25	21% of electricity and 12% of total energy by 2010
Austria	78.1% of electricity by 2010
Sweden	60% of electricity by 2010
Latvia	49.3% of electricity by 2010; 6% of energy (excluding large hydro) by 2010
Portugal	45.6% of electricity by 2010
Finland	35% of electricity by 2010
Slovenia	33.6% of electricity by 2010
Slovak Republic	31% of electricity by 2010
Spain	29.4% of electricity by 2010
Denmark	29% of electricity by 2010
Italy	25% of electricity by 2010
France	21% of electricity by 2010
Greece	20.1% of electricity by 2010
Ireland	13.2% of electricity by 2010
Germany	12.5% of electricity and 4% of energy by 2010; 20% of electricity by 2020
Netherlands	12% of electricity by 2010
United Kingdom	10% of electricity by 2010
Czech Republic	8% of electricity by 2010; 5-6 % of energy by 2010; 8-10% of energy by 2020
Poland	7.5% of electricity by 2010; 7.5 % of energy by 2010; 14 % of energy by 2020
Lithuania	7% of electricity by 2010; 12% of energy by 2010
Belgium	6% of electricity by 2010
Cyprus	6% of electricity by 2010
Luxembourg	5.7% of electricity by 2010
Estonia	5.1% of electricity by 2010
Malta	5% of electricity by 2010
Hungary	3.6% of electricity by 2010
<i>Other targets</i>	
EU-15	70 GWth (100 million m ²) of solar hot water by 2010
EU-15	5.75% of energy from biofuels by 2010 (biofuels directive)

Sources: IEA OECD and JREC policy databases, DSIRE database, submissions from report contributors.

נספח 3: תכנית פורום אנרגיה בנושא חשמל ממערכות פוטוולטאיות, 13.2.06

12:00-12:10 : פתיחה

12:10-12:20 : פרופ' אהרון רואי, אוניברסיטת בן גוריון:

The real cost of PV systems today, forecasts and repercussions for Israel

12:20-12:30 : ד"ר מרים לב-און, The Levon Group LLC:

Solar PV in California: Background, requirements and incentives

12:30-12:40 : פרופ' דוד פיימן, מכון בלאושטיין, שדה בוקר:

The true cost of PV power in Israel, and what should be done about it

12:40-12:50 : פרופ' יוסף אפלבוים, אוניברסיטת תל אביב:

Issues in PV solar field design and how should they affect Israel's policy

12:50-13:00 : פרופ' אברהם קריבוס, אוניברסיטת תל אביב:

Polygeneration: a new path to PV cost-effectiveness

13:00-13:10 : ד"ר יונה סידרר, מכון בלאושטיין, שדה בוקר:

Israeli participation in the international photovoltaic systems implementation

efforts: The IEA Task 1 activity

13:10-13:20 : ד"ר אברהם ארביב, משרד התשתיות הלאומיות:

עידוד מו"פ PV בישראל ותכניות לעידוד PV בעולם

13:20-13:40 : הפסקה

13:40-13:50 : אדי בית-הזבדי, משרד התשתיות הלאומיות:

עלות ריאלית של מערכת PV שהותקנה לאחרונה בכפר הבידואי דריג'את

13:50-14:00 : דב רביב, MST בע"מ:

The road map of PV investment effort as a flow-down from national priorities

14:00-14:10 : רון נזר, אינטרדן בע"מ:

התהליך הקיים בישראל להתקנת מערכת PV פרטית

14:10-14:20 : אלון תמרי, סולר פאוור בע"מ:

סקירת היישומים הפוטוולטאיים בישראל

14:20-14:30 : שעה רוז'נסקי, התעשייה האוירית:

פעילות התעשייה האוירית בתחום מערכות PV לשימושי חלל ואור שמש מרוכז

14:30-14:40 : ד"ר ארז סברדלוב, חושבה לתכנון:

Vision on solar energy in the Master-Plan for the Energy Economy prepared for the Inter-Ministerial Committee

14:40-14:50 : דן וינשטוק, משרד התשתיות הלאומיות:

הצגת טיוטת תקנות לייצור חשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים

14:50-15:00 : ד"ר עמית מור, אקו אנרג'י בע"מ:

מסקנות דו"ח עלות-תועלת למשק מהחדרה אינטנסיבית של אנרגיה סולארית (PV)

(בפרט)

15:00-15:10 : עמי אלעזרי, מילניום אלקטריק בע"מ:

השתלבות מילניום - חברה ישראלית קטנה - בשוק ה-PV העולמי

15:10-15:30 : הפסקה

15:30-17:30 : דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות:

- מהי עלות ריאלית של מערכות PV בארץ ומהו הצפי לעתיד?
- כיצד ניתן לעודד התקנת מערכות PV בארץ?
- מה ידוע על תכניות לעידוד PV בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
- לאור המשאבים הרבים המושקעים במו"פ PV במדינות מסוימות בעולם, האם יש לעודד מו"פ PV בישראל? האם יש לישראל יתרון יחסי המצדיק זאת?
- האם יש סיכוי לייצור מערכות PV בישראל?

17:30 : סיום

נספח 4: טבלה מסכמת, מעודכנת לינואר 2006, של מערכות סולאריות קיימות
(מתוכננות בקליפורניה (הוכן ע"י California Energy Commission))

Facility	City	Size (watts)	On Line	Installer
PowerLight	Berkeley	102,008.36	3/20/05	PowerLight
Sonoma State University	Rohnert Park	106,000	12/2002	PowerLight
City of Vallejo	Vallejo	108,000	1/2003	PowerLight
Silver Dollar Fairgrounds	Chico	112,500	2/2003	
Earth Island Natural Foods	Chatsworth	113,000	37/2004	RWE Schott Solar, Inc.
Auto Club of Southern California	Los Angeles	115,000	2/2003	PowerLight
RREEF - Edison Development Corporation	Carlsbad	116,926.90	2/23/05	
Hayward Lumber	Santa Maria	118,000	1/2002	PowerLight
City of Anaheim	Anaheim	120,000	12/2000	PowerLight
Domaine Carneros Winery	Napa	120,000	5/2003	
Edison Development Corporation	Fountain Valley	123,654.20	2/23/05	
U.S. Coast Guard Training Center	Petaluma	225,000	4/2004	RWE Schott Solar, Inc.
Loyola Marymount University	Los Angeles	124,000	4/2003	PowerLight
Edison Development Corporation	Fountain Valley	126,275.70	2/23/05	
U.S. Postal Service	Los Angeles	127,000	11/2001	PowerLight
Hills Flat Lumber Co.	Colfax	145,000	11/2004	Felix Electric
San Miguel Middle School	Lemon Grove	150,000	8/2005	Unlimited Energy
Sanyo North America	San Diego	150,000	1/2004	PowerLight
Mt. Tam Raquet Club	San Rafael	150,000	4/2002	Sun Power Geothermal Energy
Nuon Renewable Ventures USA	San Francisco	151,955	12/25/07	
Rancho Las Virgenes, Municipal Water Dist.	Calabasas	186,428	10/30/03	
County of Contra Costa	Martinez	189,000	10/2002	PowerLight
Palm Middle School	Lemon Grove	190,000	8/2005	Unlimited Energy
Antelope Valley Transit Authority	Antelope Valley	190,000	3/2004	Global Solar
Mt. Vernon Elementary School	Lemon Grove	190,000	8/2005	Unlimited Energy
Pierce College	Woodland Hills	191,000	10/2003	PowerLight
Rancho Las Virgenes, Municipal Water Dist.	Calabasas	213,572	10/30/03	
San Francisco Public Utilities Commission (Southeast Water Pollution Control Plant)	San Francisco	225,000	10/2005	
Double Decker Lanes	Rohnert Park	225,000	10/2004	Unlimited Energy
Neotrogena	Los Angeles	230,000	8/2001	PowerLight
County of Solano	Fairfield	230,000	3/2003	PowerLight
OK Produce	Fresno	232,000	12/2002	PowerLight
County of San Mateo	San Mateo	234,000	1/2003	PowerLight
City of Fresno	Fresno	276,000	4/2004	PowerLight

Facility	City	Size (watts)	On Line	Installer
County of San Diego	San Diego	290,000	3/2004	RWE Schott Solar, Inc.
Cache Creek Casino Resort	Brooks	307,200	8/2004	RWE Schott Solar, Inc.
Cypress Semiconductor	San Jose	335,000	7/2002	PowerLight
Solano County Government Center and Plaza	Fairfield	340,000	12/2004	PowerLight
Desert Water Agency	Palm Springs	350,000	4/2005	Shell Solar
Lowe's Home Center	West Hills	370,000	8/2003	PowerLight
U.S. Postal Service	West Sacramento	403,000	9/2004	PowerLight
St. Francis Winery	Santa Rosa	457,000	5/2004	PowerLight
Inderkum High School, Natomas	Sacramento	467,000	12/2004	PowerLight
California State Univeristy, Northridge	Northridge	467,000	4/2005	PowerLight
Franchise Tax Board	Sacramento	470,000	8/2002	PowerLight
Oroville Sewage Commission (Municipal Wastewater Treatment Plant)	Oroville	520,000	11/2002	Sun Power & Geothermal Energy
Cal State Hayward	Hayward	523,000	12/2003	PowerLight
Toyota Motor Sales	Torrance	536,000	12/2002	PowerLight
South Feather Water & Power	Butte County	556,000	2005	Sun Power & Geothermal Energy
ChevronTexaco Exploration & Production, Inc. (Midway-Sunset oil field)	Taft	558,489.60	2/14/03	Powerlight
City of San Francisco, Moscone Center	San Francisco	675,000	3/2004	PowerLight
U..S. Naval Base	Coronado	750,000	9/2002	PowerLight
Rodney Strong Winery	Healdsburg	766,000	12/2003	
FedEx	Oakland	904,000	8/2005	PowerLight
Semitropic Water Storage District	Wasco	979,200	5/2005	Shell Solar
P-R Farms	Clovis	1,131,000	7/2005	PowerLight
Butte County Center	Oroville	1,180,000	2005	Sun Power & Geothermal Energy
County of Alameda	Oakland, Alameda, Hayward, Dublin, Fremont	2,270,000	4/2005	PowerLight
SMUD	Sacramento County / Rancho Seco	3,090,000	7/1984	



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il