



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 4
מוסד שמואל נאמן, הטכניון

אנרגית השמש להפקת חום

פרופ' גרשון גרוסמן • ד"ר אופירה אילון
גב' יפעת ברון • גב' דבי קאופמן



4

24.1.07

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, ויצגו 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 היזונים 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 תשתית ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, יזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.

אנרגיית השמש להפקת חום

**סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן,
הטכניון**

מיום 24 בינואר 2007

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

ד"ר אופירה אילון

גבי דבי קאופמן

גבי יפעת ברון

מרץ 2007

הבעת תודה

המחברים מודים למשתתפי הפורום על המידע שהציגו ועל תרומתם לדיון הפתוח. תודה מיוחדת נתונה ליואל וייל, לפרי לב-און ולאורן עזריה על דוחות IEA והקהילייה האירופית שהביאו לידיעת הפורום. תודות לגב' דבי קאופמן ולגב' יפעת ברון על רישום הפרוטוקול.

רשימת משתתפי הפורום

פרופ' גרשון גרוסמן – הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל ומוסד שמואל נאמן (יו"ר)
ד"ר אופירה אילון - מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
ד"ר אברהם ארביב – אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות
אדי בית הזבדי – אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות
נחמיה בן-פורת – מלון ספא לוט, ים המלח
ראובן גודלי – מכון התקנים הישראלי
עופר דגן - D.S.E Dagan Solar Energy Ltd
אורן הרמבם - מנהל המחלקה לכלכלת תעשייה ועסקים, התאחדות התעשיינים
יואל וייל – יועץ להתאחדות התעשיינים
פרופ' דן זסלבסקי – יו"ר המועצה הלאומית למו"פ
ד"ר מרים לב-און וד"ר פרי לב-און – The Lev-On Group LLC
אמנון סמיד - אגס טכנולוגיות בע"מ
מיכאל ססלר, טל רויטמן - פלסטיק מגן תעשיות
אורן עזריה – אדם, טבע ודין (ע"ר)
דוד פונימן – פימאת בע"מ
שמעון קליר – אראל אנרגיה בע"מ
פרופ' אברהם קריבוס – אוניברסיטת תל אביב
פרופ' יעקב קרני – מכון ויצמן למדע
פרופ' אהרן רואי – אוניברסיטת בן גוריון בנגב
דוד רודיק – אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות
מיכאל ריינר – כרומגן בע"מ

תוכן העניינים

עמ' 7	פרק 1. הקדמה
עמ' 8	פרק 2. רקע
עמ' 12	פרק 3. מידע בנושא אנרגיית השמש להפקת חום
עמ' 23	פרק 4. דיון
עמ' 28	פרק 5. סיכום ומסקנות
עמ' 30	פרק 6. רשימת מקורות

נספחים

	נספח 1 :
עמ' 31	חוק התכנון והבניה בדבר התקנת מערכות סולאריות
	נספח 2 :
	אמצעים לעידוד הרחבת השימוש באנרגיית השמש התרמית (לא להפקת לחשמל)
עמ' 32	במגזר התעשייתי, המסחרי והמוסדי (מאת ד"ר אברהם ארביב, משרד התשתיות הלאומיות)
	נספח 3 :
עמ' 35	תכנית פורום האנרגיה בנושא אנרגיית השמש להפקת חום, 24.1.2007

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. עד כה התקיימו מפגשים בנושאים: חשמל ממערכות פוטוולטאיות (2/2006); מערכות ייצור משולב של חשמל וחום - קוגנרציה (5/2006); והפקת אנרגיה מפסולת (10/2006). הדו"חות הרלבנטיים ומצגות המשתתפים נמצאים באתר מוסד ש. נאמן:

<http://www.neaman.org.il> (אירועים).

המפגש הנוכחי הוקדש לנושא **ניצול אנרגיית השמש להפקת חום**, בו קיים פוטנציאל רב, כפי שיוסבר להלן. המפגש נערך ב-24 בינואר 2007 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 השימוש בחום סולארי בפרט.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מידע על פעילות בארץ ובעולם בנושא ייצור ושימוש בחום השמש במגזר העסקי, שיקולים טכנולוגיים וכלכליים הנוגעים למערכות אלה ותמריצים המוצעים ע"י מדינות שונות לעידוד השימוש בחום סולארי. 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, 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

לפי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2005) מסתכמת הצריכה הסופית (End Use) של אנרגיה בישראל בכ-12 מיליון שווה ערך טון נפט (שעט"ן) וזו מתחלקת לשלושה חלקים כמעט שווים: שליש לתחבורה, שליש לחשמל ושליש לשימושים אחרים, שרובם ככולם חום תהליך בתחומי טמפרטורות שונים, לשימושים ביתיים, מסחריים/מוסדיים ותעשייתיים. בחינת האפשרות לספק צריכה זו ממקורות מתחדשים ומאנרגיית השמש בפרט, מגלה כי דלק לתחבורה הוא הקשה ביותר לאספקה, אחריו החשמל שניתן אך יקר לייצרו, ואילו ייצור החום הוא המשימה הקלה ביותר, בייחוד בתחומי הטמפרטורות הנמוכות לצריכה ביתית ומוסדית וחלק מן התעשייתית. אף על פי כן, ולמרות הזמינות הרבה של שמש בישראל, מסתכם הניצול בפועל של אנרגיית שמש להפקת חום בלא יותר מעשירית הפוטנציאל, וזאת בעיקר ע"י חימום מים בבתי מגורים. תרומה חשובה בתחום זה הביאה תקנה ממשלתית במסגרת חוק התכנון והבניה המחייבת, מתחילת שנות השמונים- כבר למעלה מ-25 שנה (!) - התקנת מערכות חימום מים סולאריות בבניינים חדשים למגורים (ראה נספח מס' 1). תקנה זו והניסיון המצטבר החיובי הביאו את ישראל למקום הראשון בעולם בניצול אנרגיית השמש לנפש (כ-3% מתצרוכת האנרגיה הלאומית הראשונית). חשוב לציין כי התקנה מחייבת גם בתי חולים, בתי אבות, בתי מלון והארכה, פנימיות ומוסדות חינוך, אולם במקרים אלה, בניגוד למבני מגורים שם נאכפת התקנה ע"י הועדה המקומית לתכנון ובניה, אין אכיפה של החוק. אין התייחסות בחוק למבני תעשייה ולתעשייה הצורכת חום תהליך, קרי מים חמים או קיטור (שחלקם בטמפרטורות נמוכות יחסית).

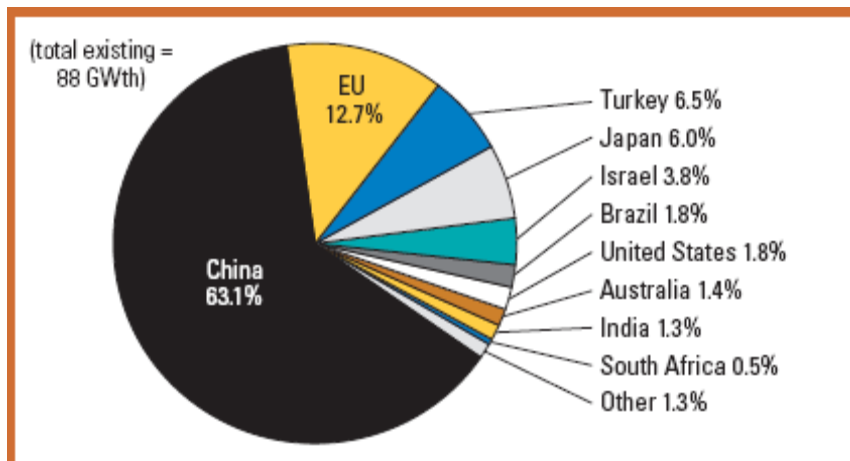
בעוד שהצרכן הביתי משתמש באנרגיית השמש בשפע, אין כמעט ניצול של שמש במגזר העסקי. זאת - למרות היות המגזר העסקי מתאים בהרבה לשימוש בחום סולארי מן המגזר הביתי. להלן מספר שיקולים: התעשייה עובדת בעיקר בשעות היום - מה שמקטין את הצורך באגירת חום; לבנייני תעשייה בדרך כלל שטח גג רב וחפשי מהצללה ע"י בניינים סמוכים; לתעשייה יש יתרון הגודל (economy of scale) - מכירת מערכת סולארית אחת לתעשייה שקולה למכירת כמאה מערכות ביתיות לצרכנים בודדים; וחשוב ביותר - התעשייה ערוכה לביצוע פעולות אחזקה שוטפות שהצרכן הביתי אינו ערוך לבצען - וניתן לכן להוזיל במידה ניכרת מערכת המיועדת לתעשייה. שיקולים אלה תופסים ברובם לגבי כלל המגזר העסקי, ולמרות זאת - השימוש בחום השמש במגזר העסקי בישראל הוא אפסי, הן בהשוואה לפוטנציאל הקיים והן בהשוואה למגזר הביתי. אחת הסיבות לכך היא ללא ספק שיטת המיסוי הנהוגה בארץ. צרכן ביתי החוסך חשמל ע"י חימום מים בדוד שמש חוסך את העלות מכיסו, בעוד שהצרכן העסקי חוסך אותה מן ההכנסה החייבת במס. אם ישרוף דלק מזהם לייצור החום הדרוש לו - יזדכה על כך מיד כהוצאה עסקית מוכרת; אולם אם ישקיע במערכת סולארית - יוכל להפחית את ההשקעה תוך כ-10 שנים דבר ההופך השקעה זו לבלתי כדאית (ראה פירוט בנספח 2).

מטרת פגישת פורום זה הייתה לזהות את החסמים הרגולטיביים, הכלכליים וההסברתיים המעכבים שימוש במערכות סולאריות לחום במגזרים העסקיים והציבוריים.

2.2 מערכות לייצור חום מאנרגיית השמש

מערכות סולאריות יכולות לספק למשק הבית וכן למגזר העסקי, הציבורי והתעשייתי מים חמים וחום (קיטור בטמפרטורות נמוכות). מערכות חימום המים משתמשות בטכנולוגיה בשלה ומוכחת הקיימת בשוק כבר עשרות שנים. היקף ההתקנות, הודות למדיניות תקיפה, עולה בעולם בצורה משמעותית (עפ"י נתוני ה- International Energy Agency (IEA): בין 2003 ל-2004 עלה היקף ההתקנות ב-17% ובין

2004 ל-2005 עלה ההיקף ב- 14% נוספים). נכון לשנת 2005 מותקנים בעולם כולו כ-88 גיגהוואט תרמי (GWth), בשטח כולל של יותר מ-120 מיליון מ"ר קולטים. מתוכם, סין מנצלת מעל 63%, כלל מדינות אירופה מנצלות כ-12%, בישראל מנצלים כ-3.8% מכלל הניצול העולמי למים חמים ובכל ארה"ב מנצלים פחות מ-2%. הנתונים מופיעים בציור מס' 1 להלן.



ציור מס' 1 – יכולת ייצור מים חמים מאנרגיית השמש בעולם. נתוני 2005 מתוך

<http://www.ren21.net/globalstatusreport/issueGroup.asp> REN21 2006 Global Status Report

התקנות הממשלתיות מתייחסות למערכות סולאריות מבלי להתייחס ספציפית למבניהן. המערכות מתחלקות למספר סוגים לפי: סוג הקולטים; פתוחות או סגורות; זרימה תרמוסיפונית או מאולצת. הרוב המכריע של מערכות לחימום מים בישראל משתמש בקולטים שטוחים בעלי זיגוג יחיד, שאינם דורשים עקיבה ומנצלים קרינה ישירה ומפוזרת כאחת. לשימושי טמפרטורות נמוכות כגון חימום בריכות ניתן להשתמש בקולטים מחומר פלסטי וללא זיגוג.

המערכות הסולאריות לחימום מים בארץ מבוססות בד"כ על מערכת פתוחה, שבה מי רשת אספקת המים מחוממים ישירות – מי רשת ממלאים את הדוד, מים קרים זורמים מהדוד אל קולטי השמש, מתחממים בקולט וחוזרים לדוד מחוממים. כל המערכת פועלת בלחץ הרשת. מערכת כזו מתאפיינת בפשטות פעולה, הפסדי חום נמוכים יחסית, עלות ייצור ותחזוקה נמוכים, אולם קיימת בעיה במקומות בהם המים "קשים" וגורמים להצטברות אבנית ולסתירת צינורות קולטי השמש. על מנת לפתור את בעיית האבנית, ניתן להשתמש במערכת סגורה, בה נוזל מעבר חום (בד"כ מים עם תוספים) נע בין הקולט למחליף חום הממוקם בדוד. שיטה זו אף מאפשרת שימוש בקולטים שאינם מיועדים לעמוד בלחץ הרשת, ומאפשרת הגנה מפני קיפאון במקומות הבודדים בארץ בהם קיים סיכון לכך. המערכת הסגורה אכן מפחיתה את השפעת האבנית בצורה משמעותית, אך מסובכת להפעלה ויקרה יותר בהשוואה למערכת הפתוחה.

זרימת המים בין הדוד והקולטים נוצרת ע"י משאבה המבוקרת ע"י תרמוסטט דיפרנציאלי – במערכות מרכזיות או אחרות בהן הדוד והקולטים רחוקים זה מזה. במערכות דירתיות ניתן ליצר זרימה זו ע"י תרמוסיפון (הסעה חופשית הנעזרת בגרביטציה ובהפרש הצפיפויות בין מים חמים וקרים), כשהדוד מותקן גבוה מן הקולטים. רוב דודי השמש בישראל פועלים בשיטה התרמוסיפונית המצטיינת באמינות, פשטות ובקרה פסיבית ללא צורך במקור חשמל חיצוני.

אחד מהשכלולים הדרושים הוא הקטנת כמות המים הזורמת מהדוד לרשת הביתית עד לקבלת המים החמים בטמפרטורה ראויה. ללא שיפור זה הולכת לאיבוד כמות מים גדולה וכמות חום גדולה עקב ריחוק הדוד מן הצרכן.

2.3 שימושי וצרכי חום

פרט למשקי הבית, בתי מלון, בתי חולים וכו' הזקוקים למים חמים בטמפרטורות של 50-60 מעלות צלזיוס (מ"צ) לרחצה ולשטיפה, קיימת צריכת חום גם במגזר העסקי וגם בתעשייה, שאת חלקה הגדול ניתן לספק ע"י השמש. כך למשל בתעשיית המזון והמשקאות נדרש חום לייבוש, לשטיפה, לפיסטור ולחיטוי בטמפרטורות של 40-150 מ"צ. בתעשיית הטקסטיל נדרש חום לשטיפה, להלבנה ולייבוש בטווח 40-160 מ"צ. בתעשייה הכימית נדרש חום להרתחה, לזיקוק ולתהליכים כימיים בטווח טמפרטורות של 95-180 מ"צ וכמו כן ניתן להשתמש בחום לחימום מוקדם של מי דוודים ולמיזוג חללי ייצור. במגזר הציבורי והמסחרי קיים תחום רחב של אפשרויות לשימוש בחום סולארי לחימום וקירור בניינים – הסקה בחורף ומיזוג אוויר בקיץ.

"איכות" החום מאופיינת ע"י הטמפרטורה שלו, וככל שהטמפרטורה גבוהה יותר גדל טווח השימושים האפשריים ויכולת הניצול. לעומת זאת – עלות קליטת חום השמש גדלה עם הטמפרטורה. בשימושים הדורשים טמפרטורות עד 100 מ"צ ניתן להשתמש בקולטים שטוחים וגם אגירת החום פשוטה יחסית. בטמפרטורות גבוהות יותר יש צורך בקולטים מרכזיים הדורשים עקיבה שעלותם ותפעולם יקרים. על כן חשוב לזהות את צרכי החום בטווח הטמפרטורות הנמוכות יחסית ולהשתמש במערכות סולאריות קודם כל שם. רבים המקרים בתעשייה בהם משתמשים כיום בדוד המייצר קיטור בטמפרטורה גבוהה שלא לצורך, ומורידים טמפרטורה זו לאחר מכן ע"י הצערה או ערבוב הקיטור עם מים קרים. אחד השימושים בחום יכול להיות לצורך ייבוש של כביסה ואפילו של מגבות בשימוש הבית.

2.4 אמצעי מדיניות בנושא ייצור חום מאנרגית השמש

אמצעי המדיניות נחלקים לשני תחומים עיקריים- התחום הרגולטיבי ותחום בו ניתנים תמריצים להתקנת מערכות כאלה.

בתחום הרגולטיבי- ישראל הייתה ועודה המדינה הראשונה והיחידה בעולם אשר מחייבת שימוש במערכות סולאריות לחימום מים. בישראל כיום כחמישה מיליון מ"ר של קולטים אשר חוסכים למשק הלאומי למעלה מחצי מיליון שעט"ן לשנה. במקומות אחרים בעולם מדובר ביוזמות מוניציפאליות או ברמה של מדינה בארה"ב (אך לא ברמה הפדראלית).

בטבלה 1 מוצגות שש המדינות המובילות בעולם בייצור סולארי של מים חמים :

מדינה	מ"ר קולטים לכל 1000 תושבים (נתוני 2001)
קפריסין	940
ישראל	710
יוון	310
אוסטריה	260
טורקיה	140
יפן	100

טבלה 1: המדינות המובילות בעולם בייצור סולארי של מים חמים. מתוך :

Weiss W., I. Bergmann, G. Faninger, 2004. Solar Heating Worldwide: Markets and Contribution to energy Supply 2001. www.iea-sch.org

ממשלת גרמניה השיקה תוכנית לאומית Solar-Thermal Energy-Market Incentive Program אשר הקצתה כ- 50 מיליון אירו בשנים 1995-1998 ומקצה כיום מעל 180 מיליון אירו לשנה להשקעות במערכות סולאריות תרמיות קטנות. בשנת 2004 עמדה הסובסידיה הישירה להתקנת מערכות כאלה על 110 אירו לכל מ"ר קולט.

במספר ערים בעולם החלו בשנת 2000 להציב יעדים שאפתניים לשימוש באנרגיה סולארית בעיר. ברצלונה היא אולי הדוגמא הבולטת למגמה זו. כל המבנים החדשים בעיר, הצורכים מעל 292 מ"גהגיאול ליום של מים חמים (מדובר לרוב בבניינים בהם לפחות 16 משפחות ובמגזר העסקי), חייבים לספק לפחות 60% מצריכת האנרגיה בעזרת קולטים סולאריים. חימום בריכות שחייה חייב להיעשות במלואו במערכות סולאריות. בניינים העוברים שיפוץ חייבים לעמוד אף הם בדרישות הנ"ל. בסוף 2005 כבר הותקנו ב 427 בניינים מערכות סולאריות תרמיות בשטח כולל של 31,000 מ"ר האמורות לחסוך למעלה מ 28,500 מ"גהוואט-שעה בשנה (<http://www.barcelonaenergia.com>)

2.5 מחירים ועלויות

כל מטר מרובע (מ"ר) של קולט שטוח בתנאי הקרינה של ישראל מסוגל לייצר כ- 2.1-2.8 קוואט"ש של חום ליום (1800-2400 קילו-קלוריות ליום). מחירו של מ"ר קולט שטוח עם זיגוג (מותקן ומחובר) נע בין 150 ל-260 דולר, ואילו קולטים מפלסטיק (כפי שיוסבר בהמשך) עולים בין 100 ל-120 דולר למ"ר. פיתוח של בריכה סולארית ע"י "אראל אנרגיה" המשתמש בבידוד שקוף (ראה דברי שמעון קליר להלן) יכול להוזיל את העלויות עוד יותר.

במשק הבית החלופה לייצור מים חמים היא רק ע"י חימום חשמלי, אולם בתעשייה ובמגזר העסקי החלופה יכולה להיות חימום חשמלי, חימום ע"י שריפת סולר, שריפת גפ"מ (גז פחמימני מעובה- גז בישול), שריפת מזוט וכן שריפת גז טבעי (אם וכאשר יסופק באופן שוטף לכל הארץ).

3. מידע בנושא אנרגיית שמש להפקת חום

בבואנו לדון בכדאיות הפקת אנרגיה תרמית 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 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.

ד"ר אברהם ארביב, סגן המדען הראשי וראש אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות:

אמצעים לעידוד הרחבת השימוש באנרגיית השמש התרמית במגזר התעשייתי, המסחרי והמוסדי

למערכות שמש ביתיות לחימום מים קיימות תקנות מחייבות משנת 1980, אשר יצרו למעשה את השוק. למערכות שמש להפקת חשמל קיים כיום עידוד באמצעות תעריף חשמל מועדף (תקנות הרשות לשיירותים ציבוריים - חשמל מאוגוסט 2006). את מערכות השמש להפקת חום (לתהליך, למיזוג וכד') לא ניתן כיום לתמרץ באמצעות תעריף החשמל ויש למצוא דרכים לעודד את השימוש במערכות אלה גם במגזרים אחרים (כדוגמת מגזרי התעשייה והמסחר ומוסדות ציבור).

מחירו של 1 מ"ר של קולט שמש, לטמפרטורות של 70 - 130 מעלות, הוא 150-260 דולרים (מותקן ומחובר). 1 מ"ר קולט, בהטייה של 45 מעלות, ללא עקיבה, מקבל קרינה גלובאלית של כ-1,800 קילוואט-שעה בשנה, במרכז הארץ. בהנחת נצילות שנתית ממוצעת של 40% (הנצילות נעה בין 40 ל-45 אחוזים), מועברים לזורם העבודה (בדרך כלל מים) 720 קילוואט-שעה (619,000 קילו-קלוריות) בשנה. אם החום המסופק מחליף חימום חשמלי, מדובר בחיסכון של כ-72\$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 2 - 3.6 שנים לערך; חיסכון של כ-45\$ לשנה אם החום המסופק מחליף שריפת סולר, (החזר ההשקעה של 3.3 - 5.7 שנים); חיסכון של כ-34\$ לשנה אם החום המסופק מחליף שריפת גפ"מ (החזר ההשקעה של 4.4 - 7.7 שנים); ואם החום המסופק מחליף שריפת מזוט, מדובר בחיסכון של כ-15\$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 9.8 - 17.1 שנים. (נתוני ד"ר ארביב מבוססים על מחירי 2005. עדכון החישובים, כפי שנעשה ע"י פרופ' גרוסמן במרץ 2007 ומופיע בנספח 2, מצביע על כך שפרט למחיר החשמל שלא השתנה, הרי שעליית מחירי הסולר, הגפ"מ והמזוט מביאה להגדלת החיסכון ולקיצור תקופת החזר ההשקעה אם החום מסופק בעזרת מערכת סולארית).

מאחר שהצרכן התעשייתי-מסחרי זכאי לניכוי מס על הוצאות הדלק, מתארכת תקופת החזר ההשקעה ל- 3 - 5.5 שנים במקרה של החלפת חשמל, 5 - 9 שנים במקרה של החלפת סולר, 7 - 12 שנים במקרה של החלפת גפ"מ ו-15-27 שנים במקרה של החלפת מזוט.

בישראל מאפשרים למי שמשקיע במערכת סולארית ליצור חום ודומיה הפחתה במשך 10 שנים. ברור אם כך, כי לנוכח ברירה כזו, הצרכן התעשייתי לא רק שאינו מיישם את החלופה הסולארית, אלא שהוא רואה במערכת המיסוי חסם למימוש התועלות הידועות של אנרגיית השמש.

בעולם ניתנים למערכות סולאריות מענקי השקעה (30% ויותר), ופחת מואץ (שנה או שנתיים). בישראל ניתנים מענקים של משרד התשתיות הלאומיות, אשר הקציב לשנת 2006 סך של 3,000,000 ₪ ל"פרויקטים זעירים" אשר יביאו להתייעלות אנרגטית (לא רק למערכות סולאריות תרמיות), מתוכם סך של עד 500,000 ₪ לפרויקטים המשלבים אנרגיות אלטרנטיביות, עם תקרת השתתפות של 30% ו-100,000 ₪ לפרויקט, לאחר בדיקה (לא אוטומטית).

יישום החקיקה המחייבת לגבי בתי מלון, אכסניות, מוסדות חינוך ועוד, מאותת על סדרי העדיפויות של הממשלה אך דורש, כמובן, מערכת אכיפה.

השתתפות בפרויקטים של הפחתת פליטות גזי חממה (באמצעות מנגנון הפיתוח הנקי- CDM) יכולים לשמש כזרז כלכלי ליישום, כמו גם ייזום הקלות בתחום המימון (לדוגמא, מתן ערבויות מדינה למימון על-ידי הבנקים).

אדי בית הזבדי, משרד התשתיות הלאומיות, אגף שימור אנרגיה:

השפעת תקנות דודי חשמל על חסכון באנרגיה ואיכות סביבה

בחוק התכנון והבניה ישנה תקנה שמחייבת התקנת מערכות סולאריות, ואכן בלמעלה מ-85% מבתי האב יש דוד שמש - בממוצע 2.5 מ"ר לדירה. בישראל יש קרוב ל-5 מיליון מ"ר של קולטים. הייצור השנתי עומד על כ-450,000 מ"ר והשוק מגלגל כ-540 מיליון שקל בשנה (החלפת מערכות ישנות, התקנות חדשות ויצוא). המערכות הסולאריות חוסכות לכל משק בית כ-1800 קוואט"ש בשנה, חיסכון של כ-900 ₪. באופן זה נמנע ייצור של מעל מיליון וחצי טון CO₂ בשנה.

היום מנסה משרד התשתיות לקדם גם את נושא ניצול מערכות סולאריות לחימום מים למכוונות כביסה, כמו גם לבתי חולים ובתי מלון, בינתיים ללא הצלחה. התפרסות גז טבעי בישראל יוצרת ציפיות גבוהות מהמהלך.

קיימים מענקים למערכות אנרגיה סולארית, ולמרות שהמענק אינו ניתן אוטומטית - עד היום כל מי שביקש מימון ועמד בקריטריונים - קיבל.

פרופ' יעקב קרני, מכון וייצמן למדע:

חלופות שונות לחום סולארי ואגירת חום

כשמדברים על ייצור חום סולארי, הבעיה המהותית ביותר הינה אגירת האנרגיה. זו בעיה משותפת לתחומים רבים, מעבר לתחום האנרגיה הסולארית.

קיימים סוגים שונים של מערכות סולאריות לייצור אנרגיה תרמית. הסוג הראשון מיועד לייצור חום בלבד. לסוג זה שייכות, למשל, מערכות לחימום ואגירה של מים חמים, ומערכות הקשורות לחימום בריכות שחייה. ניתן לאגור חום המיוצר במערכות כאלה במים עצמם, או בחומר משנה פאזה (PCM) כגון פראפין.

לסוג השני שייכות מערכות שייצור אנרגיה חשמלית היא הבסיס שלהן, ואנרגיה תרמית היא תוצר לוואי. לסוג זה שייכות, למשל, מערכות פוטו-וולטאיות שיש לקררן, בין מרכזות (CPV) ובין שאינן מרכזות. ייצור חשמל עדיף על ייצור חום מבחינת הערך התרמודינמי, אך ישנם מצבים שהיעד הוא לייצר חום ואז עדיף לספק לצרכן אנרגיה חום, מאשר להמיר אנרגיה חשמלית לאנרגיה חום – זה מאד בוזזני. שאלת המפתח היא מה עדיף ומתי. ברור שעדיפה מערכת שיכולה לייצר גם חשמל וגם חום - לפי הצורך.

מערכות קו-גנרציה מייצרות גם חשמל וגם חום, אך שוב נשאלת שאלת האגירה. בעיקר, האם ניתן לאגור חום ו/או חשמל לשימוש בלילה?

במערכות CPV – פוטו-וולטאי מרוכז – המגבלה בייצור חום היא של 110 מ"צ (ניתן לעלות בטמפרטורה אך נצילות התאים ואורך החיים שלהם פוחתים).

יש מערכות לייצור חשמל ע"י המרה תרמית, כגון אלה של חברת "סולל", המשתמשות בקולטים מרכזים פרבוליים מטיפוס Trough המגיעות עד 450 מעלות ומשמשות להנעת טורבינות.

במכון וייצמן קיימות מערכות ניסיוניות לפיתוח אגירת חום בטמפרטורות גבוהות באמצעות תמיסות מלחים, תוך שימוש בקיבול החום שלהן. תכניות שונות לפיתוח תמיסות מלחים כאלה וניצולן קיימות באירופה וארה"ב ב-20 השנים האחרונות.

פרופ' אהרון רואי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב:

ניצול חום סולארי – הצגת מקרים

אירופה הציבה לעצמה יעדים רציניים להפחתת השימוש בדלק, ובכך הפחתת פליטות (הן של מזהמים קונבנציונאליים והן של גזי חממה) והיא פועלת במספר דרכים להשגת יעדים אלה. דוגמה מעניינת (מעעירה בדרום גרמניה) היא מעבר משיטת הסקת מבנים מסורתית (ע"י שריפת גז טבעי) לשימוש באנרגיית השמש משולב עם קו-גנרציה. חימום סולארי דורש גיבוי וזה ניתן ע"י חום הקו-גנרציה.

במערכת ביתית חדשנית מסופקים 20% מן החום ע"י קולטי שמש ועוד 80% מחום פליטה של דיזל-גנרטור קטן המייצר באותו הזמן גם חשמל. המצב הקודם היה כול ההסקה מדלק בלבד. המטרה כיום היא הקטנת הצריכה הלאומית לדלק והפחתת פליטת גזי חממה. נוח לחשב את החיסכון בדלק ע"י ייצוגו בשווה-הערך התרמי שלו - מאזן האנרגיה למערכת כזאת המספקת 100 קווט"ש תרמי לבית מראה כי במערכת החדשנית 20 kWh מקורם באנרגיה הסולארית ו-80 kWh מקורם בחום הפליטה. בו בזמן מיוצרים גם 25 קווט"ש של חשמל בקו-גנרציה. החשבון מראה שבכך נחסכים למשק הלאומי 83 kWh של דלק (ופליטת גזי החממה ממנו) לכל 100 kWh של חום הסקה המסופק לבית (שבעבר סופק כולו מדלק) ראה טבלה 2 להלן:

Energy Balance per 100 kWht heat supplied to the residence

Solar	20
Heat from Co-Generation.	80

TOTAL	100 kWht
Electricity output	25 kWhe (sent to the grid)

23.8% generator efficiency ($25/(80+25)$)

Avoidance of fuel supply to the national power generators feeding the national grid:

$25 \text{ kWhe} / (0.40 \text{ kWhe} / \text{kWht}) = 63 \text{ kWht}$ (for 40% power plant efficiency)

Now, add the solar gain 20 kWht

TOTAL: 83 kWht AVOIDED NATIONAL FUEL CONSUMPTION
(per 100 kWht heat supplied to the residence)

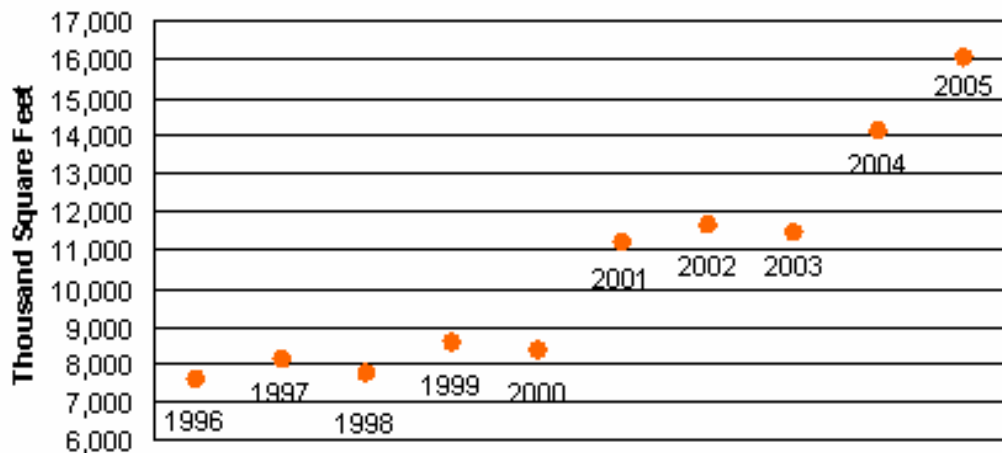
טבלה 2: חישוב צריכת דלק נמנעת למשק ע"י שילוב מערכת סולארית וקוגנרציה במגזר הביתי

יש לציין כי הגנרטורים הביתיים המדוברים הם גנרטורים שקטים ונקיים. ועם טיפול לסילוק זיהומים מגזי הפליטה. בסך הכל כמות גזי הפליטה (והפחמן הדו-חמצני) מופחתת מאד במערכת הביתית החדשנית בהשוואה למצב הקודם. ניתן ליישם שיטה זו גם בקנה-מידה תעשייתי ומסחרי.

ד"ר פרי לב- און, The Levon Group LLC:

Trends in the Solar Thermal Energy Market in the Last Decade in the U.S

בתחילת 2005 עלו מחירי הדלק בארה"ב בצורה משמעותית, בפרט בהשפעת ההוריקנים. הדבר הוביל לעלייה בהתעניינות במקורות אנרגיה חלופיים. בציר מס' 2 להלן מוצג היקף ההתקנות של קולטים סולאריים (קולטים שטוחים למשקי הבית וקולטים מפלסטיק, המשמשים בארה"ב בעיקר לחימום בריכות שחייה).



ציר מס' 2: היקף ההתקנות של קולטים סולאריים בארה"ב. מתוך:

Energy Information Administration, "Annual Solar Thermal Collector Manufacturers Survey". <http://www.eia.doe.gov/cneaf/solar.renewables/page/solarthermal/solarthermal.html>

כיום מותקנים בארה"ב כמיליון וחצי מ"ר של קולטים. יצוא הקולטים עלה בערך ב-60% והייתה עליה של בערך 20%, בשווי 11.5 מיליון דולר, ביבוא קולטים (28% מכל המשלוחים שיובאו לארה"ב הגיעו מישראל) 11.5 מיליון דולר שווי המשלוחים בשנת 2005. כ-70% מההתקנות הן בפלורידה ובקליפורניה. תעשיית הקולטים בשנים האחרונות מאד מרוכזת - 90% מהקולטים מיוצרים ע"י חמש חברות.

Solar Initiative: ב-2005 נכנסה לתוקף בקליפורניה תכנית להענקת תמריצים למערכות סולאריות ביתיות. כבר כיום יש פיילוט בסן דיאגו, אשר אם יצליח, יתפשט לכל קליפורניה. עלות ממוצעת למ"ר קולטים בארה"ב עומדת על כ-20\$ (כאשר רובם המכריע הם קולטי פלסטיק המיועדים לחימום בריכות).

גם באיחוד האירופי חל גידול רציני בהתקנות סולאריות בשנים האחרונות. השינוי הגבוה ביותר הוא בצרפת, ועדיין השוק הגדול ביותר בגרמניה (70%), אוסטריה ויוון. בציר מס' 3 מוצג קצב ההתקנות והיקף הפקת החום בצרפת.



ציור מס' 3: קצב ההתקנות והיקף הפקת החום בצרפת. מתוך:

European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF): Solar Thermal Markets in Europe (Trends and Market Statistics 2005), published June 2006. (www.estif.org)

פרופ' אברהם קריבוס, אוניברסיטת ת"א:

שימושים בחום סולארי המופק בקו-גנרציה

קולט שמש שטוח רגיל מייצר 50-60 מעלות צלסיוס. מעבר לחימום מים, זה טווח די מגביל לשימושים. טמפרטורות גבוהות יותר מאפשרות שימושים נוספים, והשגתן דורשת ריכוז הקרינה. את השימוש בקרינה המרוכזת ניתן לנצל לייצור חשמל, לשימוש כחום ולשימוש לצורכי מיזוג אוויר. מחקר שנעשה בארה"ב לגבי צריכת האנרגיה במבנים ציבוריים ומסחריים הצביע על כך שכ-50%-70% מן האנרגיה משמשים לצורכי חימום וקירור. מערכת שתייצר חשמל וחום במשולב תפורה בדיוק לצריכת אנרגיה במבנים אופייניים.

אם בוחנים את הדרישה לחום תהליך בתעשיות אופייניות וטווחי הטמפרטורות הנדרשים, רואים שקימת דרישה לחום בין 60-200 מעלות צלסיוס. אפשר לראות כי טווח הביניים של 60-160 מעלות מספק מגוון רחב של שימושים בתעשייה.

באשר למחירים, לפי המחקר, העלות היא בין 2.5-4 אירו סנט לקילוואט שעה חום. ככל שטמפרטורת החום עולה, עולה גם מחירו. כשמדובר במערכות קו-גנרציה, צריך להבחין בין ערך החשמל וערך החום-

הערכים אינם שווים וצריך לעשות חשבון משותף. בתנאים מסוימים השילוב יוצא כדאי מאד – יותר מאשר ייצור אנרגיה תרמית בלבד. דוגמא: ניתן ליצר במשולב חשמל וחום ולהפעיל בעזרת החום מזגן ספיגה. הנצילות הכוללת עולה על זו של ייצור חשמל בלבד. מה אפשר לעשות בארץ מחר? חשוב להתמקד לא רק בקולטים שטוחים אלא להסתכל צעד קדימה ולפתח טכנולוגיות מתקדמות יותר.

נחמיה בן פורת, מלון ספא לוט, ים המלח:

מערכת סולארית בשימוש מלונאי

במלון ספא לוט בים המלח 199 חדרים הנמצאים בתפוסה מלאה כמעט כל הזמן; בנוסף - 200 עד 250 אורחי חוץ (ללא לינה) וכ- 150 עובדים. כולם, כמובן, מתקלחים וצורכים מים חמים. מעבר לכך, למלון בריכה של 520 מ"ק מים שמחוממת בחורף לטמפ' של 28 עד 29 מ"צ. יש ספא של 1600 מ"ר ובריכת מי ים המלח של 120 מ"ק בטמפרטורה של 37 מ"צ, ובריכת גופרית שמחוממת ל- 37 - 36 מעלות, בזמן שהאולמות מקוררים ל-23 מעלות. המלון והמתקנים בו הינם צרכני אנרגיה גדולים. במלון, כחלק מהתפיסה הניהולית והתפעולית שלו, יש מספר מתקנים לשימור וחסכון באנרגיה וכן מספר מתקנים סולאריים. מאמצע חודש אפריל עד סוף אוקטובר המלון משתמש רק באנרגיה סולארית ולמעשה ממאי עד ספטמבר (ק"ץ) יש עודף אנרגיה סולארית וניתן לחבר צרכן נוסף ולחסוך יותר.

להלן פירוט מספר פעולות שימור אנרגיה שיושמו במלון:

- **ניסוי של הברכה בלילה כדי למנוע בריחת חום.** הברכה מתחממת ביום, ובערב מושכים עליה ניסוי פלסטיק מבודד. הכיסוי חוסך התקררות של 2 מ"צ ב- 520 מ"ק מים - חסכון של 1,040,000 קילו קלוריות (כ- 1200 קוט"ש מדי יום). עלות המתקן 17,000 ₪.
- **חימום מים.** מדובר בשלוש מערכות סגורות עם מחליפי חום – קולטים של כרומוגן ופלסטיק מגן ומיכלי אגירה של 5-6 מ"ק. מערכת סגורה מקלה על התחזוקה (אין נזקי אבנית ונזקים מערבוב מתכות שונות) וניתן פתרון לבעיית הסניטציה. העלות קרובה ל 400,000 ₪, והמלון קיבל לצורך זה מענק ממשרד התשתיות הלאומיות בסך 80,000 ₪. בשנת 2006, חסכה המערכת הסולארית כ- 340,000 ₪.
- **ייבוש מגבות.** כ-1200-1000 מגבות מכובסות בלילה ומיובשות (פשוט בשמש) במתקן שחוסך כ- 15,000 ₪ בחודש.

עופר דגן, דגן סולאר אנרגי D.S.E

מערכת אנרגיה סולארי משולב לחימום חלל ולמיזוג אוויר

מערכות סולאריות יכולות גם לשמש לחימום חללי מבנים, בריכות שחיה ומים סניטאריים. ניתן לשמר אנרגיה במספר צורות: לאגור חום סולארי משעות השמש, לאגור חום מעונה לעונה וכן לייצר קור בלילה (כשהבדלי הטמפרטורות קטנים וכשתעריף החשמל זול יותר) ולשחרר את הקור לצינון חללים במשך היום.

בבית מלון אופייני, צריכת החום גדולה בחודשי החורף, ובחודשי הקיץ לא קיימת כלל. אולם ניתן להשתמש במערכת סולארית המייצרת חימום בחורף ליצירת הקירור בקיץ.

המערכת היעילה ביותר היא מערכת המשלבת מיזוג אוויר סטנדרטי מסוג דחיסה, מזגן ספיגה סולארי ומאגר מבודד לאגירת חום וקור. המעבר ממערכת קונבנציונאלית עם הספק קירור של 100%, למערכת

משולב יקטין את ההספק הנדרש של המערכת. הספק מזגן הדחיסה יהיה 40% מההספק המקורי, הספק מזגן הספיגה 20% והספק מגדל הקירור 60%.

האגירה נעשית מסתיו לחורף על ידי שימוש במאגר גדול של מים חמים ($85^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$) שמאבד חום בקצב איטי מאד. (דוגמא לכך – תוכנן מאגר חום בבית הכנסת של קהילת וויזניץ' שמאבד מעלה (לשבוע). בחורף, מנוצלת האנרגיה הסולארית התרמית שנאגרה בסתיו ואנרגיה נוספת הנוצרת בשדה הסולארי, לחימום חלל המבנה.

לדוגמא, עלויות התקנה של מערך משולב בבית מלון בהספק 200 טון קירור מגיעות לכדי 2.5 מיליון ₪ (ללא מערכת המיזוג עצמה) והחיסכון בהוצאות קירור, חימום וחימום בריכות מגיע לכדי 660,000 עד 880,000 ₪ בהתאם למערכת, למיקום בית המלון ולדרישות האנרגיה שלו.

שמעון קליר, אראל אנרגיה בע"מ:

טכנולוגית "בידוד שקוף"

בידוד שקוף (Transparent Insulation) פותח בחברת "אראל" עוד לפני כ-20 שנה. החומר פועל כדיודה תרמית. קרינת השמש חודרת ברובה דרך שכבת הבידוד השקוף, האנרגיה נקלטת ע"י משטח הקליטה, מנוצלת לחימום המים והמבנה, ואינה נפלטת החוצה בגלל תכונות הבידוד המעולות של החומר. יש צורך להתמקד באנרגיה תרמית בטווחי טמפ' נמוכים מאחר וזהו עיקר השימוש העולמי, וכן - כי מדינת ישראל יכולה לא רק להקטין את התלות באנרגיות מסורתיות אלא גם להוביל שימוש רחב במוצרים ישראלים בשוק ענק זה.

השימוש העיקרי באנרגיה בארצות מפותחות (ארה"ב, קנדה, אירופה יפן קוריאה וכו') מתחלק לחימום מבני מגורים – כ - 35%, חימום מים לשימוש ביתי – כ - 4%, תעשייה (חימום מי תהליך ומבנים) - כ- 10%-8%, תעשייה (כל השאר) -17%-15% ותחבורה – כ - 27%. כ - 50% מהשימוש **הסופי** באנרגיה הינו באנרגיה תרמית בטמפרטורה של עד 100 מעלות צלסיוס.

נדרש מו"פ טכנולוגי מותאם למדינות קרות, נדרש פיתוח לבעיות אגירת אנרגיה וכן פיתוח מערכות חימום וקירור סולארי במטרה להאריך את תקופת השימוש והכיסוי הגיאוגרפי האפקטיבי. החזר השקעה בגרמניה למערכות לחימום מבנים סולארי, לפי הנתונים הקיימים כיום, הוא בין 5-8 שנים ללא מענקים. עם מענקים יש מקומות שתוך שנתיים יכולים להחזיר את ההשקעה. איך אפשר לייעל? ברוב המערכות נוצר עודף בקיץ. אם משתמשים בעודף לקירור אפשר להגיע לניצול יעיל של המערכת כמעט 9 חודשים בשנה. הבעיה – אין כיום מערכות קירור כאלה בקנה מידה קטן. כלומר, צריך לפתח מערכות בסדר גודל של 3 טון קירור לשימוש ביתי. אם ישראל תייצר מערכות לשימושים ביתיים יש לכך שוק ענק. ישראל צריכה להשקיע גם מאמץ בפיתוח טכנולוגיות לאגירה. כמובן, שפיתוח של מו"פ ותעשייה בנושאים אלה יאפשרו לישראל גם לפתור את בעיית האנרגיה שלה עצמה.

מיכאל ססלר וטל רויטמן, פלסטיק מגן תעשיות:

חימום מקדים בבתי חולים ובבתי מלון בעזרת קולטי שמש פלסטיים

פלסטיק מגן תעשיות מייצרת מוצרים פלסטיים לתחום האנרגיה - קולטים לחימום בריכות שחיה ולחימום מקדים של מי צריכה, מחליפי חום תעשייתיים מפלסטיק לתעשייה הכימית ומוצרים נוספים בתחומים אחרים. בקולטים מפלסטיק אין בעיות קורוזיה ואבנית ואין בלאי כמו בקולטים השטוחים ממתכת עם זיגוג.

רוב השימוש במים סניטאריים הוא בכ- 60 מעלות, והמערכות הסולאריות של פלסטיק מגן יכולות לבצע חימום מוקדם של המים מ-20 מעלות ל-40 מעלות ואף ל-55 מעלות בהתאם לחודשי השנה, ובכך לחסוך אנרגיה. מערכות סולריות של פלסטיק מגן לחימום מקדים במקומות ציבוריים הותקנו עד היום בעיקר בארה"ב, מקסיקו ברזיל, וכו'.

החיסכון באנרגיה באמצעות מתקן קולטים כנ"ל הוא משמעותי (50%-20%) והחזר השקעה תוך 6-2 שנים. אורך החיים של המוצר 20-30 שנה.

לחברה פרויקטים בבתי חולים במקסיקו בשטח של אלפי מ"ר. מ"ר מותקן עולה בין 100-120 דולר וחשוב לציין כי רוב המערכות הסולאריות בעולם קיבלו תמריץ ממשלתי לרכישת המערכות (חלק מהכסף ניתן בזיכוי במס).

לגבי אפליקציות תעשייתיות - בעיקר מפעלי טכסטיל, מפעלי עור, מכבסות, מתקני שטיפה של פירות וירקות. מכיוון שהקולט פלסטי ובנוי באופן מודולרי, ניתן להתקינו בקלות עפ"י השטח הקיים אשר מצוי בשפע במפעלי תעשייה. מערכת סולרית לחימום מקדים הנה כדאית כאשר הצריכה היומית עולה על 10 מ"ק. יתרון נוסף של המערכת התעשייתית נעוץ בעובדה כי המתקנים עובדים רק במשך היום ולכן אין צורך לדאוג לאגירת חום ללילה; הדבר, כמובן, מהווה חיסכון גדול בהוצאות.

יתרון נוסף של הפלסטיק הוא יכולתו לחמם מי ים ללא קורוזיה. לכן ניתן להשתמש בו לבריכות דגים. בישראל מותקנות מערכות סולריות רבות לחימום בריכות שחיה ומספר מערכות לחימום מקדים של מי צריכה. ניכר כי התעשיינים נרתעים מהתקנת מערכות סולריות, משום שהמערכות הקיימות הן מעטות ואין להם דוגמאות מוכחות למערכות עובדות. כמו כן, שיטת המיסוי פוגעת בכדאיות המערכת. בשנה האחרונה החלה חדירה לתחום הבריכות הציבוריות ובתי המלון.

מיכאל ריינר – כרומגן בע"מ:

פוטנציאל אנרגיית השמש בשוק המוסדי

בשנת 2002 הקימה כרומגן שדה קולטים במלון בכרתים. בשדה 900 קולטים והוא הוקם בעלות של כ- 2 מיליון אירו. השימוש באנרגיה הסולארית חוסך כ 1350 MWh בשנה ומספק את כל תצרוכת המים של המלון. כרומגן מייצאת קולטים ודודים לבתי מלון, בתי חולים ומחנות צבא בכל העולם. החוק שנחקק בישראל בתחילת שנות השמונים, אינו חל על מבנים בגובה מעל 27 מטר (9 קומות) ואינו חל על בתי חולים. מן הראוי להרחיב את החוק לגובה בניינים רב יותר, להכליל גם את הדיור הציבורי ועוד.

לדוגמא, בבאר שבע הותקנה מערכת בבניין של 20 קומות עם 120 דירות וכולם מקבלים מים חמים מהשמש.

ראובן גודלי, מכון התקנים הישראלי:

מדידות קיבול חום ונצילות של קולטי שמש

מכון התקנים, במסגרת המעבדה למכניקה והידרוליקה – מדור אנרגיה, מבצע בדיקות של קולטי שמש ומערכות סולאריות. כל הבדיקות נעשות בהתאם לתקן הישראלי 579 שאימץ את תקן ISO 9806-1. בסוף שנת 2008 תסתיים בנית מתקן אוטומטי לבדיקות קולטי שמש שיתאים לדרישות תקן 12975-1 EN ובמקביל - וועדת התקינה לקולטי שמש דנה בהתאמת התקן הישראלי לדרישות תקן זה.

המדור יבצע במלך השנה הקרובה סקר של מדידת "נקודות עבודה" של מערכות סולאריות תרמוסיפוניות שיותקנו באזורים שונים בארץ. נתוני המערכות ידגמו ע"י מערכות איסוף נתונים סולריות; הנתונים יעובדו וישמשו כבסיס נתונים לוועדות התקינה השונות.

המדור מבצע גם מבדקי תהליך ואיכות למפעלים בתחום האנרגיה הסולארית; המבדקים הינם חלק בלתי נפרד מהפעילות הנדרשת לפני מתן "תו תקן" למפעל. במדור קיים ציוד יעודי המאפשר ביצוע בדיקות אצל הלקוח, ציוד הבדיקה מאפשר דגימת נתוני טמפרטורה, הספק וכו' ומאחסן אותם בקבצי גיליון אלקטרוני לעיבוד.

אמנון סמיד, אגס טכנולוגיות בע"מ:

החלטות לביצוע שאפשר וצריך לקבל בנושא הרחבת היישום של אנרגיה סולארית להפקת חום תהליכי:

ייצור חום תהליכי מאנרגית השמש אפשרי כבר כיום בהיקף נרחב בהרבה מהקיים. החסמים להרחבת השימוש אינם בהכרח חסמים טכנולוגיים. אמנם יש מקום לשיפורים טכנולוגיים, בעיקר בחומרים, בתכנון ובשיטות ייצור, אך הטכנולוגיות לאספקת מרבית החום הנצרך באתרים עתירי אנרגיה קיימות ובשלות ליישום. נכון שקיימים "קשיים" כלכליים מצד הצרכנים הפוטנציאליים, אך ניתן להתגבר עליהם תוך הכבדה מזערית (אם בכלל) על תקציב המדינה.

ברם, ראשית לכל, יש להגדיר הפוטנציאל. לשם כך יש לאסוף נתוני הצריכה המעודכנים של חום תעשייתי במפעלים ברחבי הארץ, לאפיין אותם בהתאם לכמויות הצריכה, התפלגות במשך היממה והשנה, טמפרטורות נדרשות, שטחים זמינים עבור קולטים סולאריים וכדומה (סקרים דומים נעשו בעבר, למשל לנושא שילוב כוח וחום ולנושא הגז הטבעי). על סמך הנתונים שיתקבלו בסקר הראשוני יש לאתר מוקדי הצריכה בהתאם למיקומם הגיאוגרפי והכמויות הנצרכות. רצוי להתחיל את היישום במוקדי הצריכה שיזוהו כמתאימים וכן במוסדות ציבור, משרדי ממשלה וכדומה. יתרה מזאת: במפעלי מזון- שימורים, בירה, שמנים, תרופות ואף מפעלי טקסטיל ולבידים וכן בבתי חולים, מייצרים כיום קיטור בלחצים שבין 8 ל-10 אטמוספרות, בעוד שהצריכה הינה בלחץ של 2 אטמוספרות בלבד, ואין כל סיבה שחום זה לא יסופק מהשמש.

מספר הולך וגדל של מדינות מעניקות הקלות במיסוי או מענקים ישירים בשיעורים של 20% עד 40% מעלות ההשקעה הנדרשת. לדוגמא: אוסטרליה, מקסיקו, אוסטרליה, בלגיה, סין, קפריסין, פינלנד, צרפת, גרמניה, יוון, הונגריה, יפן, הולנד, ניו-זילנד, פורטוגל, ספרד, שבדיה ומספר מדינות בארה"ב. ואילו אצלנו, אמנם מחייבים התקנת קולטים סולאריים, אך במקרים רבים לא מיישמים ואין אכיפה ואין "דוגמא אישית" מצד מוסדות המדינה לשימוש באנרגיה סולארית.

יתרה מזאת, בעולם קיימות במספר ערים בעולם תקנות מחייבות, שמיושמות בפועל. למשל: **ברצלונה**, החל משנת 2000 מחויבים כל המבנים מעל גודל מסוים (צריכה אנרגטית למים חמים מעל 292 MJ ביום) לספק לפחות 60% מצרכי המים החמים מקולטים סולאריים. חימום בריכות שחייה – רק מאנרגיה סולארית. המשמעות היא שכל המבנים המסחריים וכל מבני המגורים בעלי מעל 16 יחידות דיור מחויבים לפעול בהתאם לתקנות הנ"ל. כתוצאה מכך, 40% מכל המבנים החדשים כוללים חימום מים סולארי. העירייה הציבה יעד של 100,000 מ"ר קולטים סולאריים עד שנת 2010. ערים נוספות הלכו בעקבות ברצלונה. מספר ערים מציעות הנחה במסי הארנונה לפי שטח הקולטים הסולאריים והאפשרויות להתגברות על "החסמים" הכלכליים עוד רבות.

יש לעודד ראשי ערים לאמץ את קונספט העיר הסולארית, שקיים במספר הולך וגדל של ערים בעולם. ערים כמו אילת, ירוחם ונוספות יכולות להכריז על עצמן כערים סולאריות. מקובל בעולם, שעירייה שגורמת לחיסכון בצריכת האנרגיה של התושבים שלה מקבלת "בונוסים" מהשלטון המרכזי. מדוע לא ליישם בארץ, במיוחד על רקע המשבר הכספי הפוקד עיריות רבות בישראל? עיריות יכולות, למשל, להתנות מתן רישיון עסק (לצרכני אנרגיה משמעותיים, כמו בתי מלון, מרכזים מסחריים, קניונים, בתי

חולים וכד') בהתקנת קולטים סולאריים. רק צרכן שיוכיח שהתקנת קולטים סולאריים אינה כדאית מבחינת המשק הלאומי – יקבל פטור, וגם כאן האפשרויות רבות. ניתן להניח בסבירות גבוהה, כי הפוטנציאל בארץ (מבחינת הפחתת שריפת דלקים מחצביים) ליישום אנרגיה סולארית לחימום (וקירור) או שילוב (קו-גנרציה) של ייצור חום תהליכי וחשמל מהשמש - גדול מהפוטנציאל לייצור חשמל סולארי (כל עוד לא נמצא פתרון כלכלי לאגירת אנרגיה).

אורן עזריה, אדם, טבע ודין (ע"ר):

אנרגיה סולארית – היבטים סביבתיים וכלי מדיניות

בעיות במצב הקיים: עלות הדלק, תלות ביבוא וזיהום. כ-40% מגזי החממה בעולם מגיעים מתחנות כוח ותעשייה. בעולם עולה בהדרגה חלקן של האנרגיות המתחדשות ובפרט אנרגיה סולארית (ראה יעדים והשקעות בטבלה 3).

<u>מדינה</u>	<u>יעד לאומי לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת</u>	<u>השקעה</u>	<u>השקעה לנפש</u>
	<u>(%)</u>	<u>(מיליוני \$)</u>	<u>(\$)</u>
אוסטרליה	9.5 טרהוואט-שעה ב 2010	18.72	0.92
אוסטריה	78.1 ב 2010	9.54	1.16
גרמניה	12.5% מהחשמל ו 4% מהאנרגיה ב 2010, 20% מהחשמל ב 2020	122.43	1.49
איטליה	25% ב 2010	15.96	0.27
הולנד	12% ב 2010	21.7	0.76
נורווגיה	7 טרהוואט-שעה ב 2010	82.12	17.81
פורטוגל	45.6% ב 2010	2.91	2.74
ספרד	29.4% ב 2010	27.99	0.69
שוויץ	3.5 טרהוואט-שעה ב 2010	13.27	1.76
ישראל	2% בשנת 2007	0.53	0.08
		(2.24 מלש"ח)	

טבלה 3: יעדים לאומיים והשקעה ממשלתית באנרגיות מתחדשות בעולם.

מתוך: REN21 2006 Global Status Report. נתוני ההשקעה וההשקעה לנפש חושבו מתוך

http://www.iea-shc.org/outputs/general/IEA-SHC_Solar_Energy_Activities_2005_revised.pdf

לפי המצב כיום, קיים חוסר עידוד כלכלי מספק להכנסת טכנולוגיה נקייה, בנוסף תוכנית אב למשק האנרגיה בישראל עדיין לא אושרה על-ידי הממשלה ולכן היא גם לא מיושמת. החלטת הממשלה מ-11/02 קובעת יעד לשיעור ייצור החשמל מאנרגיות מתחדשות - 2% לפחות מסך ייצור החשמל בשנת 2007; זה יגדל ב-1% כל 3 שנים עד ל-5% מייצור החשמל ב-2016. ברור שאנו רחוקים מיעד זה. תעריפי החשמל עבור מתקנים סולאריים שאושרו לאחרונה ע"י הרשות לשירותים ציבוריים חשמל מהווים חסם תחתון לכניסת יצרנים פרטיים לשוק ייצור החשמל (כדוגמת חברת סולל).

כדי לקדם את הנושא דרוש לעמוד ביעדי תכנית האב: הכרזה על שימור אנרגיה כאסטרטגיה, הפנמת עלויות חיצוניות במחירי החשמל, הסרת מכשולים בירוקראטיים (תכניות עידוד, תנאי כניסה ברורים ונגישים ליצרנים פרטיים כולל אופק מוגדר, שינויי חקיקה) והצטרפות ליזמות בינלאומיות (כמו IEA-SHC).

החיסכון הצפוי למשק ממעבר לאנרגיה נקייה מוערך ב-9 מיליארד ₪ בתוך 20 שנה.

4. דיון

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

- ישראל מובילה בעולם בניצול אנרגיית שמש במגזר הביתי (רק 3% מצריכת האנרגיה הלאומית, ורק למים חמים). מדוע אין כמעט ייצור חום סולארי במגזר העסקי (תעשייתי, ומסחרי) והציבורי?
- מהו היקף השימוש האפשרי בחום סולארי בישראל, ומהו פילוג הצריכה לפי כמויות וטמפרטורות במגזרי המשק השונים?
- כיצד ניתן לעודד שימוש בחום סולארי בארץ?
- מה ידוע על תכניות לעידוד השימוש בחום סולארי בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
- האם דרושים פיתוחים טכנולוגיים נוספים, מעבר למערכות הקיימות היום, כדי להחדיר שימוש בחום סולארי למגזר העסקי? אם כן, מהם?
- מה יכולה לעשות הממשלה לעידוד השימוש בחום סולארי?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

גרשון גרוסמן: ישראל מובילה בעולם בניצול בית של אנרגיית שמש לחום (מקום שני בעולם בהתקנות של מערכות סולאריות יחסית למספר התושבים, וחסכון של 3% מצריכת האנרגיה הלאומית בכל שנה). מדוע אין יישום והישגים כאלה במגזר העסקי ובתעשייה? אם התעשייה תשתמש בחום סולארי בדומה לצרכן הביתי, ניתן יהיה להעלות את אחוז הניצול והחיסכון הלאומי בשיעור ניכר. מנתוני הלמ"ס - הצריכה הסופית של אנרגיה בארץ מתחלקת בערך ל-3 חלקים עיקריים: שליש לתחבורה, שליש לחשמל ושליש לשימושים אחרים שרובם ככולם - חום תהליכי. בישראל מרבית לדבר על החלק של ייצור חשמל מאנרגיית השמש; זה נושא חשוב אך יקר, בעוד שחום תהליך זהו החלק שקל ביותר לספקו מאנרגיית השמש, ובמקרים רבים כלכלי כבר בנתוני היום. שיקולי מס הם שמרתיים את המגזר העסקי מלהשקיע במערכות חוסכות אנרגיה בכלל, ומערכות סולאריות בפרט. שריפת דלק מזהם, שמחירו אינו משקף את העלות האמיתית, מוכר כהוצאה עסקית ומקנה זיכוי מידי, ואילו השקעה במערכת סולארית ניתנת להפחתה במשך 10 שנים, מה שעושה אותה לבלתי כדאית מבחינת העסק. בישראל של היום, מי שקונה מחשב לעסק מקבל הפחתה לאורך שלוש שנים. אילו למערכות סולאריות לייצור חום היה ניתן פחת במהלך זמן סביר, זה היה משנה את השיקול העסקי. הצרכן התעשייתי הרבה יותר מתאים לשימוש באנרגיית השמש מצרכן ביתי. הוא עובד בעיקר ביום, יש לו שפע של שטח גג ויתרון הגודל, והוא יכול לבצע עבודות אחזקה בעצמו. כלומר, שיקולי המס הם גורם דומיננטי אשר מונע יישום מערכות סולאריות לחום במגזר העסקי.

אהרון רואי: גם אם יקבל האוצר את כל דרישותינו בנושא המס, קיימת עדיין בעיית הגיבוי לחום הסולארי. התעשייה רוצה לעבוד 6000 שעות ולא 2000 שעות בשנה. אם הגיבוי יהיה חשמלי נישאר עם בזבוז רב ועם שיאי ביקוש בימים קרים ומעוננים. מציע לשקול היטב את האופציה של גיבוי ע"י קו-גנרציה, כפי שתיאר במצגת שלו (ראה פרק 3). חשוב שזה יהיה לפי מדדים - התייחסות לחסכון

באנרגיה, חיסכון בפליטת CO₂ וכו' – ובסטנדרט אחד שיקבע קריטריונים. המדדים חשובים כי יש שיטות רבות וצריכה להיות דרך להשוות ביניהן ולראות מה הכי יעיל.

אדי בית הזבדי: מנהל מאגר מידע על כל צרכני האנרגיה הצורכים מעל 300 טון שעט"ן בשנה. המידע מפולח לפי צריכה, גודל המתקן, האם זה ביי"ח וכו'. אפשר לראות איך הצריכה של אנרגיה תרמית בארץ יורדת בגלל מעבר מתעשיות מסורתיות עתירות אנרגיה, כגון טכסטיל, לתעשיות היי-טק ודומיהן. במאזן האנרגיה הכללי בארץ - בערך 45% הולך לשימושי מיזוג אוויר (ויש לציין שוב, כי מאחר שישראל צריכה לספק לעצמה ובעצמה את שיאי הביקוש לחשמל, הרי ש"גילוח" השיא יאפשר דחיית הקמת תחנות כוח גדולות). אם חלק מזה יכול להגיע ממיזוג בספיגה המופעל בעזרת חום סולארי, זה יכול להיות משמעותי כיון שמדובר באחוז כה גדול מהצריכה. חסכון של 1000 מגהוואט הודות למיזוג בספיגה הינו אפשרי כבר בשלב ראשון (כ 10% מצריכת השיא).

דוד פונימן: מספר על ניסיונו בבית החולים "הלל יפה" בחדרה. חברת "פימאת" התקינה בביה"ח מתקן לאספקת חום סולארי שעובד בהצלחה כבר 17 שנה (למרות תחזיות מקוריות של 9-10 שנים). המתקן הסולארי משמש לחימום מוקדם של המים, ואח"כ מערכות אחרות מעלות את הטמפרטורה ל-70°C, 80°C ו-100°C לפי היעוד. בעזרת החלק הסולארי, שכבר מזמן החזיר את ההשקעה בו, מושג חיסכון ניכר.

משרד התשתיות מנסה לקדם את הנושא של ESCO (Energy Service Companies) - שכמותן קיימות במדינות שונות. מדובר על חברה שתשקיע בהקמת המתקן הסולארי ותמכור את החום לצרכן. אין הצדקה, לדעתו, לפטור שניתן בחוק התכנון והבניה מהתקנת מערכות סולאריות בבניינים מעל 9 קומות. גם אם בבניינים כאלה אין אפשרות לספק את כל הצריכה ורק לחלק מהקומות יהיו מים המחוממים ע"י השמש, זה עדיין חיסכון משמעותי. אין גם הצדקה למתן הפטור הנ"ל לבתי חולים (וביה"ח הלל יפה מהווה דוגמה), ולמבני תעשייה.

נחמיה בן פורת: בתי מלון משתדלים לנצל במלואו את השטח העומד לרשותם. לשטח גג יש ערך עסקי למשל כמקום לאירועים, במקום לכסותו בקולטי שמש. חישובי הפחת ושיקולי המס מהווים חסם לא מאוד משמעותי; הבעיה העיקרית היא של מודעות. מנהל מלון מבין במלונאות ומי שמנהל טכסטיל מבין בטכסטיל. כולם מופתעים מהביצועים הטובים ומהחזר ההשקעה המהיר של המערכת במלון לוט ולא מבינים איפה העוקץ. הדברים פשוטים: צריכים לעשות מה שמתאים, לתפור חליפה לכל עסק. צריכים ליצור מודעות אצל מנהלי העסקים וזה תפקידה של הממשלה גם דרך חקיקה אך גם דרך הדרכה נאותה.

פרי לב-און: חייבים להוביל מדיניות של אחריות סביבתית. צריך לשכנע שזוהי "ציונות אקולוגית" ולתת לדברים לחלחל לכל עסק. כל בעלי העסקים צריכים להיות מודעים לכך.

אברהם קריבוס: בתחום החום הסולארי קיימת סגמנטציה לפי ענפים, להבדיל מתחום החשמל שכולו אחיד ברשת. הדבר העיקרי שישכנע אנשים בענפים שונים הינו מספר מספיק של דוגמאות שחימום סולארי באמת עובד ומשתלם. יצירת "ספריית הדוגמאות" זהו תפקיד הממשלה. למשל, להציג את סקר ההיתכנות של צרכן מסוים. אולי צריכים לחפש מועמדים, לסייע להם בהכנת הבדיקה ובמימונה וזאת בתמורה ליכולת להשתמש בנתונים בספרייה הנ"ל.

יואל וייל: קיימת שמרנות בתעשייה עקב חוסר מידע, אבל אפשר להחדיר מודעות לתעשייה – גם בתחום האנרגיה וגם בתחום איכות הסביבה. עובדה היא שתעשיות מייצאות מפגינות אחריות סביבתית, כיוון שהן נתקלו בדרישות כאלה בחו"ל. הממשלה הייתה צריכה לעשות מעט כדי להביא לשינוי בגישתן.

קיימים מקרים של כשלי שוק. מבדיקות שעשתה התאחדות התעשיינים בנושא אנרגיות חלופיות, אנרגית השמש ובפרט הפקת חום, עולה כי אם לא תהיה מעורבות ממשלתית הנושא לא יתקדם בארץ בשנים הקרובות. אין ספק, שדרושים תמריצים כלכליים ואפשר להתחיל מבדיקות היתכנות. למשל, תמיכה ממשלתית של 30,000 ₪ לבצוע סקר אנרגיה יכול לחולל שינוי גדול במפעל. התמריצים כוללים גם סבסוד ישיר או עקיף, וחשוב להזכיר כי פרויקטים מסוימים של חברת "אורמת" בחו"ל קמו בזכות סבסוד ישיר.

תעשיינים מדברים הרבה בינם לבין עצמם ודוגמאות מוצלחות יכולות לשכנע. אולי יש מקום שמוסד נאמן או גוף דומה יהיה מרכז מידע לפרויקטים מוצלחים בתחום זה.

מצביע על מסמך של ה- IEA/OECD שכאלו נכתב במיוחד לדיון הזה:

C. Philibert: Barriers to Technology Diffusion: The Case of Solar Thermal Technologies. COM/ENV/EPOC/IEA/SLT (2006)9, 24 October 2006

דן זסלבסקי: היום שמענו דוגמאות המצביעות על כך שאנרגית חום סולארית יכולה להיות זולה יותר מאנרגיה קונבנציונאלית, וכבר אין צורך בסובסידיות. אך יש ויש צורך במנגנונים, שיאפשרו הפצת הידע. אם לא יקימו מנגנון הדרכה שבצורה הכי סימפטית עוזר, מסייע ומתערב, בשיתוף התאחדות התעשיינים - לא יקרה כלום. בנוסף, היום מכירים בחשמל או בשריפת מזוט, סולר או גפ"מ כהוצאה אך מההשקעה באנרגיה סולארית התעלמו.

כתוצאה ממו"פ בנושאי בריאות, אנרגיה ומים ראו בעבר תשואות של פי 50 מהשקעה - על כל השקעה של דולר הייתה תשואה של חמישים דולר. היום קיצצו את המו"פ באנרגיה ב-90% לעומת מה שהיה לפני 10 שנים.

חייבים להבין שאיתות מצד הממשלה והאוצר יכולים לחולל נפלאות, לא רק מבחינת שיפור איכות הסביבה בישראל, אלא גם מפיתוח טכנולוגיות לייצוא ומפיתוח מקומות עבודה. הערה לגבי נתוני עלויות סביבתיות במסמך של ד"ר אברהם ארביב (ראה נספח 2): הערכים בטבלה קטנים מידי ולא מתקרבים אפילו לתיאור העלות הסביבתית. עלות זו גדולה לפחות פי 10 ממה שבטבלה.

אורן עזריה: אין צורך להמציא כלים חדשים, פשוט ליישם יוזמות מהעבר: הקמת קרן לשימור אנרגיה, הקמת רשות לשימור אנרגיה, הפנמת עלויות חיצוניות ועוד, כפי שהומלץ בתוכנית האב למשק האנרגיה בישראל – קווים מנחים למדיניות שימור האנרגיה, שהוגשה באוקטובר 2003; דוח סיכום ותכנית חומש הוגש באוגוסט 2004 למנכ"ל משרד התשתיות. תכנית זו לא אושרה ע"י הממשלה עד היום!

מיכאל ססלר: אפשר למדוד אנרגיה תרמית באמות מידה מקובלות (באירופה מודדים בקו"ט"ש) אך צריך רק לזכור שהדברים האלה שונים ממקום למקום בגלל הבדלי אקלים וכו'.

חינוך לשימור אנרגיה הוא נושא מאוד משמעותי- הן בקורסים עבור ממוני אנרגיה והן בחינוך בתקופת ביה"ס והאוניברסיטה. יש לעודד פיילוט מוצלח ולפרסם את הנתונים. בעיה שבהם נתקל פלסטיק מגן הוא העדר תקנים לקולטים מפלסטיק.

שמעון קליר: בתעשייה יש מעט "משוגעים לעניין" ומאחר שכך - התעשייה דורשת פתרון מדף, שלא דורש מגע עם ביורוקרטיה מסביבו. התעשיין מהשורה לא מעוניין לעסוק במילוי טפסים, בקשות ועמידה בקריטריונים מכבידים. הפתרון הוא לתת באופן מסיבי עידוד לפרויקטים וחשוב להבין שהעובדה שמבצעים פרויקט אחד שמצליח לא אומר שהתעשייה תאמץ מיד פתרון דומה. יש צורך לנסות למצוא פתרונות מדף מסוימים ולדאוג לעידוד כדי שיהיה אפשר לקדם את הנושא.

גרשון גרוסמן: אם למשל בנושא של בתי מלון תהיה חובה להקים מערכת סולארית כתנאי להתחברות למערכת החשמל כמו שנעשה ביפן, זה יקדם את הנושא.

אדי בית הזבדי: אין למשרד התשתיות כלים לאכוף את החוק על בתי מלון ומבנים אחרים המחויבים עפ"י התקנות להשתמש בחום סולארי. על אכיפה זו ממונה משרד הפנים.

פרי לב-און: צריך להגביר את מודעות הציבור (גם משקי הבית, גם המגזר העסקי וגם התעשייתי). צריך לדאוג שיהיה מישהו מהמדיה שיכתוב על הנושא..

אברהם ארביב: יש לנושא שתי בעיות: בעיית הצורך באגירה והצורך בכוח אדם ייעודי - לא כל טכנאי יכול לעסוק בדברים האלה. אלה הן בעיות שצריך לקזז ע"י מתן תמריצים חיצוניים. עדיף להשתמש בתמריצים שלא דורשים סבסוד כמו פחת מואץ וכו'. הממשלה צריכה לתת את הקווים המנחים ואת הכללים ולקבוע סטנדרטים, כדי שלא בכל פרויקט יפנו לממשלה. יש לדאוג למודעות ולתקנות סביבתיות.

אמנון סמיד: צריך לעבד את המידע הקיים ולאסוף מידע חסר מהשטח (נתוני ואופייני צריכה, שטחים זמינים וכד') כדי שיהיה אפשר להעריך את הפוטנציאל - ברמת הצרכן הפרטי והצרכן התעשייתי. מציע שמוסד נאמן יוביל סקר שיציג איך וכמה נחסוך, איך וכמה נרוויח בצמצום צריכת דלק, באיכות סביבה, בעלויות.

לאור ממצאי סקרים קודמים בנושא פוטנציאל שילוב כוח וחום, נראה שכדאי להקים מרכזי כוח ואנרגיה סולאריים שיספקו במרוכז את כל צורכי האנרגיה של אזורי תעשייה, אזורים מסחריים, מקבצי בתי מלון וכד' - לפחות במחצית הדרומית של הארץ.

יש לקדם את נושא העיר הסולארית - יש לבחור עיר לדוגמה וליישם בפועל, על סמך ניסיון דומה בערים בעולם.

בעניין החקיקה: יש להרחיב התקנות ולבטל ההגבלה של גובה המבנים ואם יש מוסדות מדינה שמפריים את התקנות הקיימות - אין כל סיבה שהדבר לא יפורסם בעיתונות ויטופל כמו כל הפרת חוק.

יעקב קרני: בפיתוח בנושאי חום סולארי צריך להתמקד בהעלאת הטמפרטורה ובאגירה. זה יאפשר מרחב שימושים גדול יותר ויגדיל את היעילות.

צריך לתת לאנרגיה חוקים ייעודיים. אם אין מספיק מעורבות של הממשלה, אולי יש לזוּם מאמץ עצמאי לחקיקה... ספרד הנהיגה חוקים קיצוניים למדי כדי לקדם את הנושא וזה אכן עובד מצוין.

אברהם קרינוס: יש להפעיל את הממשלה ע"י לובי מקצועי.

אופירה אילון: מוסד שמואל נאמן אינו מפעיל לובי. זה לא המנדט שלו. אנו מכינים מסמכים, מגישים אותם למקבלי החלטות ומעלים אותם לדיון הציבורי- דרך אתר האינטרנט שלנו, דרך המדיה ועוד. אנו בקשר עם האוצר בנושא הספציפי של אנרגיה, כמו גם בנושאים אחרים, וזו דרכנו להשפיע.

מרים לב און: בקליפורניה הונהגה תוכנית סובסידיות במסגרת של 10 שנים ויש לה כל שנה פחות תקציב, כך שמי שבא ראשון מקבל הכי הרבה תמיכה ומשנה לשנה זה פוחת. התקציב למימון הסובסידיות בא מהיטל על חשמל בקליפורניה.

התעשייה לא תיישם שימוש באנרגיה סולארית רק מתוך מוטיבציה. התעשייה לא מבינה די בנושא אנרגיה, אבל כן מבינה בנושא כסף. בארה"ב יש היום מס על פליטה. כל רישוי עסקים כרוך ברישוי סביבתי שכולל מס על פליטת מזהמים. באזור לוס אנג'לס משלמים 930 דולר לטון תחמוצת חנקן (NO_x) שנפלטת, כך שיש מוטיבציה לשרוף פחות דלק פוסילי ולהשתמש יותר במקור לא מזהם. בארץ אין שום תמריץ כזה. חברות אמריקאיות משלמות מיליונים בשנה על היטלי הפליטה ולהן יש תמריץ ברור למצוא דרכים לצמצם את הפליטה. אם היה היטל פליטה בישראל - היה לתעשייה אינטרס ליישם טכנולוגיות נקיות.

יש בקליפורניה מרכזי תמיכה איזוריים (Regional Support Centers) לסיוע טכני ואחר למי שמעוניין להשתמש באנרגיה סולארית.

אופירה אילון: קיים מנגנון בארץ לעידוד השקעות הון, אשר מסייע בהקמה או בשדרוג של מפעלים כאשר הטכנולוגיה מוכחת וגם קיים כושר יצוא ואפשרות של הרחבת תעסוקה. אולם, הקריטריון למימון כזה אינו חל על מתקנים החוסכים אנרגיה או זיהום.

עופר זגן: נדרשת חקיקה מחייבת ואכיפתה, כפי שקיים בספרד. אנחנו צריכים להיכנס לעידן חדש ויש המון סיבות להצדקת מהלך כזה.

5. סיכום ומסקנות

ועדת המדע והטכנולוגיה בכנסת התכנסה ביום הארוך ביותר בשנת 2004 (21.6.2004) לדיון בדרכים לקידום האנרגיה הסולארית בישראל.

ח"כ מלי פולישוק, יו"ר הועדה, חתמה את הדיון בדברים הבאים:

"אנחנו קוראים בוועדת המדע והטכנולוגיה בכנסת לממשלת ישראל להשקיע קודם כל במחקר ובפיתוח אנרגיית השמש בישראל ויישומם בהקמת תחנות כוח סולאריות כמו גם בטכנולוגיות נוספות שנאמרו פה, אכיפת חוקים קיימים בנושא דודי שמש ואם על ידי תאים פוטו-וולטאיים וטכנולוגיות נוספות. ככל שנסקיע יותר בפיתוח הטכנולוגי ובידע מחיר ההפקה כמובן ירד ויתחרה כלכלית בהפקה של חשמל בדרכים אחרות. **לא יתכן שמדינה שיש בה גם טכנולוגיה מתקדמת, שמפה יצאה התורה והטכנולוגיה וחוקרים מהשורה הראשונה יחד עם שמש לוהטת במרבית ימות השנה שהממשלה לא תשקיע באנרגיה סולארית.**

הממשלה חייבת להבין שטכנולוגיה, ואנחנו אומרים את זה בוועדת המדע והטכנולוגיה כל הזמן, אנחנו כאן עוסקים בעניינים כלכליים של מדינת ישראל, הטכנולוגיה זה המנוע של כלכלת מדינת ישראל, בכל ישיבה ובכל פגישה עם המומחים אנחנו עדים לכך שוב ושוב.

אנחנו חושבים שבשיקולים הכלכליים של מדינת ישראל חייבים במאה העשרים ואחת להכניס את עלות זיהום הסביבה כמרכיב כלכלי בחישובים.

כפי שנאמר פה על ידי כל המומחים היום זה העיתוי הנכון להקים תחנת כוח סולארית ואנחנו קוראים לממשלה ומבקשים מהשר פריצקי, שר התשתיות, להוביל את העניין הזה. אנחנו פה בחקיקה נעזר במה שרק אפשר כדי להקים תחנה סולארית ולחשוב שנית שמא אנחנו יכולים להשתמש בשמש ולא בפחם כדי שלכולנו כאן יהיה גם עתיד נקי יותר".

כיום, כ-3 שנים אחרי אותו דיון, ניתן להצביע על התחלה של שינוי- הרשות לשירותים ציבוריים חשמל קובעת פרמיות ליצרני חשמל מאנרגיה נקייה, אך מעבר לכך אין שינוי מהותי וישראל מאבדת את מעמדה המוביל בניצול אנרגיית השמש.

פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן, אשר דן בנושא הפקת חום מאנרגיה סולארית הצביע על הפערים הבאים בין המצב המצוי והרצוי:

- הצריכה הסופית (Final Use) של אנרגיה בישראל מתחלקת לשלושה חלקים כמעט שווים: שליש לתחבורה, שליש לחשמל ושליש לשימושים אחרים, שרובם ככולם חום תהליך לשימושים ביתיים, מסחריים/מוסדיים ותעשייתיים. בחינת האפשרות לספק צריכה זו מאנרגיית השמש מראה כי דלק לתחבורה הוא הקשה ביותר לאספקה, אחריו החשמל שניתן אך יקר לייצר, ואילו ייצור החום הוא המשימה הקלה ביותר, בייחוד בתחומי הטמפרטורות הנמוכות לצריכה ביתית ומוסדית וחלק מן התעשייתית. אף על פי כן, ולמרות הזמינות הרבה של שמש בישראל, מסתכם הניצול בפועל של אנרגיית שמש להפקת חום בלא יותר מעשירית הפוטנציאל, וזאת בעיקר ע"י חימום מים בבתי מגורים. השימוש במגזר העסקי – אפסי.
- במסגרת חוק התכנון והבניה קיימת תקנה המחייבת התקנת מערכת סולארית לחימום מים לכל בנין (למעט בנינים הגבוהים מ-27 מטרים) ולכל בית מלון, בית הארחה, בית אבות, פנימייה או מוסד חינוך. התקנות לא חלות על מבני תעשייה, מלאכה, או בית חולים. תקנה זו

תרמה רבות לכך שישראל מובילה היום בעולם בניצול אנרגיית השמש לנפש (כ-3%)! אך זאת רק בבתי מגורים.

- שיקולי מס משפיעים על קבלת ההחלטות ע"י המגזר העסקי והתעשייתי. בעוד שהוצאה על חשמל או דלק היא הוצאה מוכרת, עליה מזוכה בעל העסק באותה שנת מס, הרי שההשקעה במערכת סולארית מופחתת לאורך תקופה ארוכה ולכן מפחיתה את כדאיות התקנתה.
- המגזר התעשייתי והעסקי מתאים יותר מן הביתי לניצול חום סולארי: הוא פועל בעיקר ביום – מה שמקטין את הצורך באגירה; יש לו שטח גג בשפע; והוא ערוך לבצע אחזקה שהצרכן הביתי אינו ערוך לבצעה. אך חוסר מודעות ושמרנות מעכבים התקנת מערכות אלה.
- המגזר העסקי והתעשייתי אינו מקבל כל תמריץ להתקין מערכות תרמו-סולאריות.
- אחת המגבלות המשמעותיות בנושא השימוש הסולארי בחום הוא נושא האגירה. פיתוח אמצעי אגירה זמינים ולא יקרים יכול לגשר על הפערים ולהחזיר השקעות כלכליות בתקופות קצרות יותר.

המלצות:

אין בקרב משתתפי הפורום שום ספק שמדיניות ממשלתית נחושה בשילוב תמריץ כלכלי וכן הדרכות ופרסום חשובים מאין כמותם על מנת להגביר את השימוש בשמש בישראל ולהפחית את התלות בדלק מיובא. במקרה של שימוש סולארי להפקת חום יש צורך באכיפת החוק הקיים, בתיקונים רגולטיביים ובשינוי הגדרות מיסוי.

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. מערכות סולאריות להפקת חום יכולות להפחית בצורה משמעותית את התלות בדלק ובחשמל להפקת מים חמים או חום תהליך.
2. אכיפת התקנה הקיימת בחוק התכנון והבנייה ע"י הועדה המקומית או המחוזית (כשם שהאכיפה מתבצעת בדיוור הפרטי). תקנה זו מחייבת בית מלון, בית הארחה, בית אבות, פנימייה או מוסד חינוך להתקין מערכת סולארית.
3. כבר כיום ברור שיש אפשרות לנצל טכנולוגיה זו בבניינים גבוהים מ-9 קומות ולכן יש לשקול ביטול אי תחולת החוק על מבנים אלה.
4. יש להרחיב את חוק התכנון והבניה ולחייב גם בסיסי צבא ובתי סוהר להתקין מערכות סולאריות לחימום מים.
5. יש לבצע סקר ארצי לבדיקת פוטנציאל היישום של מערכות כאלה במגזר העסקי והתעשייתי. לאור ממצאי הסקר ניתן יהיה להחיל את חובת ההתקנה של מערכות סולאריות לחום גם על מבני תעשייה ומלאכה, כמו גם לבתי חולים.
6. 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 חום.
7. נדרשת הקמת מערכת הדרכות ו"שיווק" הפתרון הסולארי להפקת חום. בין השאר יש להקים מרכז מידע ובו דוגמאות של פרויקטים שזכו להצלחה.

1. European Renewable Energy Council (EREC): Key Issues for Renewable Heat in Europe (K4RES-H):

(http://www.erec-renewables.org/projects/proj_K4_RES-H_homepage.htm)

Publications of particular interest:

- Renewable Heating – Action Plan for Europe. January 2007.
 - Solar Thermal – Action Plan for Europe. January 2007.
 - Solar Industrial Process Heat – State of the Art. August 2006.
 - Innovative Applications of Renewable Heating and Cooling. August 2006
 - Financial Incentives for Solar Thermal. August 2006
2. C. Philibert: Barriers to Technology Diffusion: The Case of Solar Thermal Technologies. COM/ENV/EPOC/IEA/SLT(2006)9, 24 October 2006
3. P. Murphy, Editor: Solar Energy Activities in IEA Countries. *Report of the IEA Solar Heating and Cooling Program*, October 2006 (www.iea-shc.org)
4. W. Weiss, I Bergmann and G. Faninger: Solar Heating Worldwide: Markets and Contribution to the Energy Supply 2003. *IEA Solar Heating and Cooling Program*, May 2006 (www.iea-shc.org)

נספח 1:

תקנות התכנון והבניה - הוראות מיוחדות בנוגע לבנין גבוה, לבנין רב קומות ולבנינים אחרים
(מתוך אתר http://www.bnebeytcha.co.il/hok_main.asp?maamar_id=211)

סימן ט': התקנת מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית השמש

7.66.00 בסימן זה -

"מערכת שמש" מערכת חימום מים באמצעות אנרגיית השמש;
"תפוקת החום היומית של הקולט" כהגדרתה בתקן ישראלי ת"י 579, חלק 1;
"מערכת פתוחה" מערכת שמש שבה המים בתוך מכל האגירה מתערבבים עם המים המחוממים שבתוך הקולט;
"מערכת סגורה" מערכת שמש שבה חימום המים בתוך מכל האגירה נעשה באמצעות מחליף חום;
"כושר העברת חום" התוצאה מהכפלה של שטח מחליף החום במקדם העברת החום שלו;
"בנין" כל מבנה, בין שהוא בנוי אבן ובין שהוא בנוי כל חומר אחר, לרבות תוספת קומה לבנין;
"יחידת דיור" כמשמעותה בסעיף 32(ד) לחוק.

7.66.01 (א) לא יוקם בנין ובו מערכת או מיתקן לאספקת מים חמים, אלא אם כן המערכת או המיתקן הם מערכת שמש.

(ב) במערכת שמש לפי סעיף זה לא תפחת תפוקת החום היומית של הקולטים:
(1) אם הבנין נועד לשמש בית מלון, בית הארחה, בית אבות, פנימייה, מוסד חינוך או מטרות כיוצא באלה מ- 30 קילו-קלוריות לכל ליטר צריכת המים החמים ליממה במערכת פתוחה, ומ- 34 קילו-קלוריות לכל ליטר צריכת המים החמים ליממה במערכת סגורה;
(2) אם הבנין נועד למגורים מ- 41 קילו-קלוריות ליממה לכל ליטר של נפח מכל אגירה במערכת פתוחה, ומ- 46 קילו-קלוריות ליממה לכל ליטר של נפח מכל אגירה במערכת סגורה או במערכת פתוחה עם מכל אגירה אופקי.

(ג) בבנין הנועד למגורים שתותקן בו מערכת שמש

(1) יהא כושר העברת החום של מחליף החום במערכת סגורה לפחות 1.5 ואט ל 1 מעלה צלזיוס, לכל ליטר של נפח מכל האגירה;
(2) ינהגו ביחידת דיור שבה תותקן מערכת פתוחה, לפי האמור בסעיף 7.66.03;
(3) לכל יחידת דיור יהא מכל אגירה אחד משלה.

7.66.02 (א) על מכל אגירה וקולט בבנין למגורים יחולו הוראות המיוחדות שבסעיף זה.
(ב) נפח מכל האגירה במערכת שמש יהיה:

(1) לכל יחידת דיור בת חדר אחד - 60 ליטרים לפחות;
(2) לכל יחידת דיור בת שניים או שלושה חדרים - 120 ליטרים לפחות;
(3) לכל יחידת דיור בת ארבעה חדרים ויותר - 150 ליטרים לפחות.
(ג) במכלי אגירה ובקולטים, שיותקנו על גגו של בנין, יקוימו לשביעות רצונה של הועדה המקומית, הוראות אלה:
(1) המכל והקולט לא יהוו מפגע חזותי;
(2) המכלים ירוכזו במבנה או במבנים שישתלבו מבחינה ארכיטקטונית בבנין כולו;
(3) הצבע של מכל האגירה יהא לבן, אלא אם כן קבעה הועדה המקומית אחרת.

7.66.03 התאמה לתקן- מערכת שמש תתאים לתקן ישראלי ת"י 579, למעט הסעיף 3.9 שבחלק 4 לאותו תקן.

7.66.04 (א) במערכת שמש תותקן מערכת גיבוי כדי לספק אנרגיה לחימום מים למקרים שבהם מקור קרינת השמש אינו מספיק למטרה זו.

(ב) למערכת הגיבוי יהא הכושר לחמם את המים שבמכל האגירה לטמפרטורה של 50 מ"צ.
(ג) מערכת הסקה מרכזית יכול שתשמש כמערכת גיבוי.

7.66.05 (א) תחולה 7.66.05 היא הבנין או תוספת הקומה, כולם או מקצתם מיועדים לתעשייה, למלאכה, או לבית חולים, או היה הבנין בנין רב קומות, לא יחולו הוראות תקנות אלה עליהם או על אותו החלק המשמש למטרות אלה, לפי העניין.

7.66.06 פטור 7.66.06 הייתה סבורה הועדה המקומית כי מחמת הצללת הבנין שעל הקמתו מבוקש היתר, אין אפשרות לנצל את אנרגיית השמש ניצול של ממש, רשאית היא לפטור את מבקש ההיתר מהוראות תקנות אלה לגבי הבנין כולו או לגבי חלק ממנו. ואולם לא תיתן הועדה המקומית פטור לפי סעיף זה, אלא לאחר שנתמלאו התנאים המפורטים בסעיף 149 לחוק.

נספח 2:

אמצעים לעידוד הרחבת השימוש באנרגיית השמש התרמית (לא להפקת לחשמל) במגזר התעשייתי, המסחרי והמוסדי

חיבר: ד"ר אברהם ארביב, אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות, 17 בינואר 2005 בהתייעצות עם פרופ' גרשון גרוסמן ועם נציגים של שלושה יצרנים ישראליים של ציוד סולארי

עודכן ב-2 למרץ 2007 ע"י פרופ' גרשון גרוסמן לפי מחירי הדלקים ושיעורי המס כפי שפורסמו באתר משרד התשתיות נכון ליום 1 למרץ, 2007 ולפי שער של 4.21 ₪ לדולר ארה"ב

רקע

- למערכות שמש ביתיות לחימום מים קיימות תקנות מחייבות של משרד התשתיות הלאומיות משנת 1980, אשר בעצם ייצרו להן שוק.
- למערכות שמש להפקת חשמל מתוכנן עידוד באמצעות תעריף חשמל מועדף.
- מערכות שמש להפקת חום (לתהליך, למיזוג וכד') לא ניתן לתמרץ באמצעות תעריף החשמל; יש למצוא דרכים לעודד את השימוש במערכות אלה גם במגזרים אחרים (כדוגמת מגזרי התעשייה והמסחר ומוסדות ציבור)¹.

ניתוח

- מחירו של 1 מטר מרובע של קולט שמש, לטמפרטורות של 70 - 130 מעלות, הוא 150-260 \$ (מותקן ומחובר).
- 1 מטר מרובע של קולט, בהטייה של 45 מעלות, ללא עקיבה, מקבל קרינה גלובאלית של כ-1,800 קילוואט-שעה בשנה, במרכז הארץ.
- בהנחת נצילות שנתית ממוצעת של 40% (הנצילות נעה בין 40 ל-45 אחוזים), מועברים לזורם העבודה (בדרך כלל מים) 720 קילוואט-שעה (619,000 קילו-קלוריות) בשנה.
- אם החום המסופק מחליף חימום חשמלי (שעלותו לצרכן כ-0.1 \$ לקילוואט-שעה²), מדובר בחיסכון של כ-72 \$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 2 - 3.6 שנים לערך³. חימום מים חשמלי קיים בקנה מידה קטן, בעיקר במוסדות.
- אם החום המסופק מחליף שריפת סולר (כ-800 \$ לקילולטר⁴), ערך היסק 9,800 קילוקלוריות לליטר בנצילות תרמית 0.75), מדובר בחיסכון של כ-67 \$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 2.2 - 3.9 שנים⁵.
- אם החום המסופק מחליף שריפת גפ"מ (כ-540 \$ לטונה⁶), ערך היסק 11,000 קילוקלוריות לק"ג בנצילות תרמית 0.75), מדובר בחיסכון של כ-41 \$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 3.6 - 6.3 שנים.
- אם החום המסופק מחליף שריפת מזוט (כ-310 \$ לטונה⁷), ערך היסק 9,800 קילוקלוריות לק"ג בנצילות תרמית 0.75), מדובר בחיסכון של כ-26 \$ לשנה, כלומר תקופת החזר ההשקעה של 5.8 - 10 שנים.
- לכאורה, לפחות כשהמערכת הסולארית מחליפה חשמל, סולר, גפ"מ או מזוט היא עשויה להוות חלופה אטרקטיבית. למעשה, הצרכן התעשייתי-מסחרי זכאי לניכוי מס הכנסה (29%) על הוצאות הדלק, כך שההוצאות השנתיות בפועל שלו לחשמל או לדלק הן \$51, \$48, \$29 ו-\$18.5 בהתאמה. אי לזאת, תקופת החזר ההשקעה תהיה בקירוב 2.9 - 5.1 שנים במקרה של החלפת

¹ יצויין שתקנות התכנון והבנייה הדנות בהקמת מערכות חימום לצרכים סניטאריים חלות על כל מבנה שגובהו אינו עולה על 27 מטרים, למעט מבני תעשייה. אולם, היות שמתן אישורי בנייה ואכיפת התקנות הם בסמכותם של הרשויות המקומיות ושל משרד הפנים, אין למשרד התשתיות אפשרות פיקוח בתחום זה, וידוע לנו שהאכיפה היא די שטחית.

² ללא מ.ע.מ., בהנחה שבמגזר העסקי ניתן לקזז מ.ע.מ. על תשומות; התחשבות במ.ע.מ. במקום שרלבנטי (כגון במגזר הביתי) מקצרת את תקופת החזר ההשקעה בכ-15%.

³ בקירוב, ללא התחשבות בריבית.

⁴ 2028 ש"ח בשער בז"ן +1331 ₪ בלו, בהזנחת הוצאות הובלה; ראה ² לגבי מ.ע.מ.

⁵ יש לזכור שמערכת סולארית אינה מיתרת את הצורך במערכת שריפה לגיבוי.

⁶ 2165 ש"ח בשער בז"ן +100 ₪ בלו, בהזנחת הוצאות הובלה; ראה ² לגבי מ.ע.מ.

⁷ 1282 ש"ח בשער בז"ן +12 ₪ בלו, בהזנחת הוצאות הובלה; ראה ² לגבי מ.ע.מ.

חשמל, 3.1 – 5.4 שנים במקרה של החלפת סולר, 5.1 – 9 שנים במקרה של החלפת גפ"מ ו-8.1-14 שנים במקרה של החלפת מזוט⁸.

- גם על מערכת שמש זכאי הצרכן התעשייתי-מסחרי לניכוי מס, אך לפי פחת של 10 שנים.
- לנוכח ברירה כזו, הצרכן התעשייתי אינו שש לבחור באופציה הסולארית, מה עוד שזו מציבה בפניו בעיה נוספת של הון חוזר.
- אי לזאת, לא רק שאין עידוד לשימוש המערכות סולאריות תרמיות, אלא אף קיים לכאורה קיפוח של המערכות הסולאריות מבחינת המיסוי. מצב זה מהווה מחסום למימוש התועלות הידועות של אנרגיית השמש.

עלויות חיצוניות

לניצול הדלקים הקונבנציונאליים עלויות חיצוניות רבות, הקשורות לכל מחזור הדלק, שאינן באות לידי ביטוי במחיר לצרכנים: זיהום סביבתי, עומס על מאזן התשלומים, סיכונים בתחום הבטחת האספקה, תנודות מחירים, פגיעה בתעסוקה המקומית, בטיחות, קורוזיה, רעש, נזק לחקלאות, פגיעה חזותית, התחממות כדור הארץ ועוד. לכן יש הצדקה כלכלית לעידוד מצד הממשלה של השימוש באנרגיית השמש (כמו גם מקורות מתחדשים אחרים), אשר פטורה מרוב עלויות אלה. אולם כימות העלויות החיצוניות (שאינן חולקים שהם קיימות) נתקל בבעיות ויש בו אי-ודאות. עבודה רבה הושקעה ומושקעת בנושא באירופה, בארה"ב ובמדינות אחרות, אבל טווח ההערכות רחב מאוד.

טרם בוצע אומדן כמותי של העלויות החיצוניות של השימוש באנרגיה בישראל (אם כי נעשתה עבודה ראשונית לזיהוי איכותי של העלויות). לאור זאת, דו"ח הצוות לעניין מתכונת מימוש החלטת הממשלה מס' חכ/44 בנושא אנרגיה מתחדשת, שהתפרסם באוקטובר 2003, המליץ להשתמש בעלויות שהאיחוד האירופי חישב עבור יוון. אפשר לנסות ולהשליך מאותן התוצאות למקרה הנדון כאן. העלויות החיצוניות (הסביבתיות בלבד) עבור מזוט ביוון נעות בין מינימום של 0.6 למקסימום של 6.0 סנטים אמריקניים לקילוואט-שעה תרמי (טווח אי-ודאות של סדר גודל). עבור 720 קילוואט-שעה שמייצר 1 מ"ר של קולט בשנה, מדובר בעלות חיצונית של 4.3 - 43 \$ למ"ר לשנה שניתן לחסוך במעבר משריפת מזוט לאנרגיית השמש. בדו"ח על יוון אין התייחסות לסולר או לגפ"מ.

לפני כשלוש שנים פרסמה הרשות לשירותים ציבוריים-חשמל טבלת עלויות פליטות, כשלב ראשון לחישוב הפרמיה שתוענק לחשמל ממקורות אנרגיה מתחדשים:

נספח א' להחלטת הרשות מס' 2, מישיבה 136 תאריך 8.2.04, לעניין אנרגיות מתחדשות

טבלת עלויות פליטות

פליטות	דולר לטון מזהם
חלקיקים	9,500
תחמוצות חנקן	2,400
תחמוצות גופרית	3,190
פחמן דו חמצני	7

בהתאם לטבלה הזו, חושבו העלויות הסביבתיות של שריפת מזוט וסולר להפקת חום, וכן של ייצור החשמל הממוצע⁹, והתקבלו התוצאות הבאות:

דלק	עלות סביבתית [c/kWh _{th}]	חיסכון למ"ר קולט שמש [\$/(m ² .y)]	שנתי
מזוט	0.81	5.83	
סולר	0.53	3.81	
סל ייצור החשמל בישראל	0.82	5.90	

⁸ התחזוקה של מערכת סולארית לרוב גם זולה יותר מתחזוקת מערכת קונבנציונאלית, דבר העשוי להשפיע, אומנם באורח מוגבל, על תקופת החזר ההשקעה.

⁹ חישוב מקורב, שאינו לוקח בחשבון את העומס והזמן.

בנוסף, פרסמה הרשות לשירותים ציבוריים -חשמל לאחרונה את החלטתה מס' 2 משיבה 177 מתאריך 16.8.06 בדבר מתן תמריץ כלכלי להפחתת זיהום במתקני ייצור במזוט קיימים, ובה פירוט פרמיות שיש לשלם על בסיס חיסכון ברמת הפליטות. החלטה זו יכולה לשמש בסיס נוסף להערכת החיסכון בעלויות סביבתיות ע"י שימוש במערכות סולאריות.

המצב

במעבר ממערכת המוסקת בדלק למערכת סולארית, הוצאת הפעלה שוטפת (לחשמל או לחום) מומרת ברובה להוצאה הונית מיידית. מכשולים מבניים ופיננסיים הופכים את המעבר הזה לקשה מאוד, במיוחד בתקופה שבה קיים מחסור במקורות מימון. מצב דברים זה מוכר מזמן בעולם, והוצעו לו מספר פיתרונות:

- מענקי השקעה (30% ויותר) - פיתרון בעייתי בתקופה של צמצום תקציבי, ומחייב הקמת מערכת מינהלית להפעלה ולמעקב; הוא גם עלול להביא לעליית מחירי המערכות;
- פחת מואץ (שנה או שנתיים) - יעיל יחסית, אך רק אם החברה מרוויחה וחייבת במס;
- חקיקה מחייבת, בדומה למה שנעשה ב-1980 לגבי מערכות ביתיות - מורכבת ומחייבת מערכת אכיפה;
- חיוב מוסדות ממשלתיים ו/או ציבוריים בהתקנת מערכות סולאריות - קל יחסית לביצוע, יוצר שוק ומאותת על סדרי העדיפויות של הממשלה, אך גם אמצעי זה עלול להיתקל בקושי בתקופה של צמצום תקציבי;
- בניית מערכת של תעודות זיהום סחירות - יעילה, אך מורכבת מבחינה בירוקרטית; אשרור פרוטוקול קיוטו לאחרונה על-ידי הממשלה אמור לפתוח בפני מוסדות ישראלים את האפשרות להשתתף בסחר בינלאומי בפליטות;
- ייזום הקלות בתחום המימון (לדוגמא, מתן ערבויות מדינה למימון על-ידי הבנקים) - יעילות ההקלות מותנית בהיקפן.

המלצות

נראה שלטווח הקצר רצוי וניתן ליזום חבילה של הטבות למערכות שמש לא לחשמל (למשל לחימום מים, לחום תהליך לתעשייה, למיזוג אוויר, לייבוש, וכד'). חבילה זו תכלול:

1. פחת מואץ (שנה או שנתיים);
2. חיוב מוסדות ממשלתיים ו/או ציבוריים בהתקנת מערכות סולאריות, כל פעם שתקופת החזר ההשקעה היא 5 שנים או פחות;
3. השגת הלוואות בתנאים מועדפים להשקעה במערכות שמש (באמצעות המערכת הבנקאית); צעד זה צריך להיות מלווה בתהליך של תקינה למערכות אלה לסוגיהן, שיקל על אפשרויות המימון.

מוצע גם לבדוק את האפשרות לייעד תקציב למתן מענקי השקעה.

בכל מקרה, יש להבטיח שההטבות שיינתנו יהיו לפרק זמן מובטח של מספר שנים, כי ליזמים הפוטנציאליים חשובה מאוד היציבות והאמינות של התמריצים.

נספח 3 : תכנית פורום אנרגיה : אנרגית השמש להפקת חום, 24.1.2007

13:10-13:00 : פתיחה

13:20-13:10 : ד"ר אברהם ארביב, משרד התשתיות הלאומיות, אגף מחקר ופיתוח: אמצעים לעידוד הרחבת השימוש באנרגיית השמש התרמית במגזר התעשייתי, המסחרי והמוסדי

13:30-13:20 : מר אדי בית-הזבדי, משרד התשתיות הלאומיות, אגף שימור אנרגיה : השפעת תקנות דודי שמש על חיכוך באנרגיה ואיכות הסביבה

13:40-13:30 : פרופ' יעקב קרני, מכון וייצמן למדע:

אופציות שונות לחום סולארי ואגירת חום

13:50-13:40 : פרופ' אהרן רואי, אוניברסיטת בן-גוריון:

ניצול חום סולארי - הצגת מקרים (Case Histories)

14:00-13:50 : ד"ר פרי לב-און, The Levon Group LLC:

Trends in the Solar Thermal Energy Market in the last Decade in the US.

14:10-14:00 : פרופ' אברהם קריבוס, אוניברסיטת ת"א:

שימושים בחום סולארי המופק בקוגנרציה

14:20-14:10 : מר נחמיה בן-פורת, מלון לוט:

מערכת סולארית בשימוש מלונאי

14:30-14:20 : מר עופר דגן, D.S.E Dagan Solar Energy Ltd.:

מערך אנרגיה סולארי משולב לחימום חלל ולמיזוג אוויר

14:40-14:30 : מר שמעון קליר, אראל אנרגיה בע"מ:

טכנולוגית "בידוד שקוף"

14:50-14:40 : מר מיכאל ססלר, פלסטיק מגן תעשיות:

חימום מקדים בבתי חולים ובבתי מלון בעזרת קולטי שמש פלסטיים

15:00-14:50 : מר מיכאל ריינר, כרומגן בע"מ:

פוטנציאל אנרגית השמש בשוק המוסדי

15:10-15:00 : מר גודלי ראובן, מכון התקנים הישראלי:

מדידות קיבול חום ונצילות של קולטי שמש

15:20-15:10 : מר אמנון סמיד, אגס טכנולוגיות בע"מ:

החלטות לביצוע שאפשר וכדאי לקבל בנושא אנרגיה סולארית

15:30-15:20 : מר אורן עזריה, אדם, טבע ודין:

אנרגיה סולארית - היבטים סביבתיים וכלי מדיניות

15:50-15:30 : הפסקה

17:00-15:50 : דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות :

- ישראל מובילה בעולם בניצול אנרגיית שמש במגזר הביתי (רק 3% מצריכת האנרגיה הלאומית, ורק למים חמים). מדוע אין כמעט ייצור חום סולארי במגזר העסקי (תעשייתי, ומסחרי) והציבורי?
- מהו היקף השימוש האפשרי בחום סולארי בישראל, ומהו פילוג הצריכה לפי כמויות וטמפרטורות במגזרי המשק השונים?
- כיצד ניתן לעודד שימוש בחום סולארי בארץ?
- מה ידוע על תכניות לעידוד השימוש בחום סולארי בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
- האם דרושים פיתוחים טכנולוגיים נוספים, מעבר למערכות הקיימות היום, כדי להחדיר שימוש בחום סולארי למגזר העסקי? אם כן, מהם?
- מה יכולה לעשות הממשלה לעידוד השימוש בחום סולארי?

17:00 : סיום