



הטכניון

מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן

למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 18
מוסד שמואל נאמן, הטכניון

מיזוג אויר סולארי

בישראל



18

3.5.2010

אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן שהוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (ס) נאמן הוא מכון למחקרי מדיניות ציבורית במגוון רחב של נושאים בתחום הפיתוח הכלכלי, חברתי ומדעי-טכנולוגי של מדינת ישראל. פעילות המחקר בתחום המדיניות הציבורית מתרכזת בתשתיות הפיזיות, המדעיות-טכנולוגיות, תעשייתיות ותשתיות ההון האנושי הקובעות את חוסנה הלאומי של מדינת ישראל. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי ההחלטות במשק על רבדיו השונים. מחקרי המדיניות נעשים בידי צוותים נבחרים מהאקדמיה, מהטכניון ומוסדות אחרים ומהתעשייה. לצוותים נבחרים האנשים המתאימים, בעלי כישורים והישגים מוכרים במקצועם. במקרים רבים העבודה נעשית תוך שיתוף פעולה עם משרדים ממשלתיים ובמקרים אחרים היוזמה באה ממוסד שמואל נאמן וללא שיתוף ישיר של משרד ממשלתי. בנושאי התוויית מדיניות לאומית שעניינה מדע, טכנולוגיה והשכלה גבוהה נחשב מוסד שמואל נאמן כמוסד למחקרי מדיניות המוביל בישראל.

עד כה ביצע מוסד שמואל נאמן מאות מחקרי מדיניות וסקירות המשמשים מקבלי החלטות ואנשי מקצוע במשק ובממשל. סקירת הפרויקטים השונים שבוצעו במוסד מוצגים באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מוסד שמואל נאמן מסייע בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמ"ס - מגנט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה ותקשורת, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים בעלי חשיבות חברתית לאומית. מוסד שמואל נאמן מארגן גם ימי עיון מקיפים בתחומי העניין אותם הוא מוביל.

יו"ר מוסד שמואל נאמן הוא פרופ' זאב תדמור וכמנכ"ל מכהן פרופ' משה משה. המוסד פועל במסגרת תקציב של הקרן שהותיר שמואל נאמן להטמעת החזון לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

כתובת המוסד: מוסד שמואל נאמן, קרית הטכניון, חיפה 32000

טלפון: 04-8232329, פקס: 04-8231889

כתובת דוא"ל: info@neaman.org.il, כתובת אתר האינטרנט: www.neaman.org.il

מיזוג אויר סולארי בישראל

סיכום והמלצות דיון
פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן
הטכניון
מיום 3.5.2010

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן
טל גולדרט

יולי 2010

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחברים ואינן משקפות בהכרח את דעת מוסד שמואל נאמן.

רשימת משתתפי הפורום:

אסא אהרוני מהנדסים יועצים בע"מ	אהרוני רפי
יועץ משרד התשתיות	אוברלנדר שבתאי
מוסד שמואל נאמן	ד"ר אילון אופירה
המועצה לאנרגיה מתחדשת אילת אילות	אילן נעם
אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות	ד"ר ארביב אברהם
אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות	בית הזבדי אדי
המועצה לאנרגיה מתחדשת אילת אילות	בנט דורית
Zenith Solar LTD	בכר אברהם
מכון התקנים הישראלי – מעבדת אנרגיה	גודלי ראובן
מוסד שמואל נאמן	גולדרט טל
הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות	ד"ר גומיד חאלד
Wanson (Wansil) LTD	גרוס יורם
מוסד שמואל נאמן והפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	פרופ' גרוסמן גרשון – יו"ר
אנקונסול בע"מ	ד"ר הירש משה
עירית אילת	הרשקוביץ יואל
Convertpower LTD	וואלך תומר
אורן - ציוד חימום בע"מ	סיידל פסח
Scitherm LTD	פרוכטר אליעזר
אראל אנרגיה בע"מ	קליר שמעון
כרומגן בע"מ	קרמליוב טימור
הטכניון, אגף בינוי ותחזוקה	רומנו איציק
סולל (Siemens) בע"מ	שגיא דן
הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות	פרופ' שיצר אברהם
אלסול בע"מ	שלטון אלי

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפורום על תרומתם לדיון הפתוח.

עמוד

תוכן העניינים

5	פרק 1 : הקדמה
6	פרק 2 : רקע
8	פרק 3 : מידע בנושא מיזוג אויר סולארי
17	פרק 4 : דיון
26	פרק 5 : סיכום והמלצות

נספחים

28	נספח 1 : תוכנית פורום אנרגיה : מיזוג אויר סולארי בישראל : 3.5.2010
----	--

פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. 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.

המפגש הדין בנושא מערכות מיזוג אוויר סולארי בישראל התקיים ב- 3 במאי 2010 בטכניון, והשתתפו בו מומחים בתחום מהסקטור התעשייתי, היזמי, האקדמיה והממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת סטאטוס מקצועי ראשון במעלה בתחום מיזוג האוויר בכלל, ומערכות מיזוג אוויר סולאריות בפרט.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא מיזוג אוויר סולארי על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים נמצאות באתר מוסד ש. נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו.

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי החלטות במטרה להביא אל סדר היום את המשמעויות וההשלכות של קידום התקנת מערכות מיזוג אוויר סולאריות במדינת ישראל.

פרק 2: רקע

הגידול בביקוש למיזוג אוויר בשנים האחרונות יצר גידול משמעותי בצריכת אנרגיה ראשונית, במיוחד בארצות בעלות אקלים חם ולח, כגון מדינות הים התיכון. חברות החשמל בארצות חמות כמו ישראל עומדות בפני שיאי ביקוש בחדשי הקיץ, ומצבים של יכולת אספקה גבולית (brown-out) נעשים שכיחים יותר ויותר. ההתחממות הגלובלית – שקיומה אינו שנוי עוד במחלוקת – גרמה לעליה משמעותית בביקוש למיזוג אוויר גם באזורי עולם ללא מסורת של מיזוג אוויר, כגון מדינות אירופה. פליטות פד"ח הנובעות ממיזוג אוויר בארצות הקהיליה האירופית צפויות לגדול פי 20 מ-1990 עד 2010. צריכת האנרגיה בבנייני מגורים ובבניינים מסחריים מהווה כ-40% מתצרוכת האנרגיה של אירופה. מספר מערכות מיזוג האוויר שגודלן עולה על 12 קו"ט גדל פי 5 ב-20 השנה האחרונות. סה"כ השטח הממוזג גדל מ-30 מיליון מ"ר ב-1980 לכדי 150 מיליון מ"ר בשנת 2000.¹

בעזרת טכנולוגיה מתאימה, קירור סולארי יכול להקל באופן משמעותי, אם לא לפתור לגמרי את הבעיה. בניגוד ליישומים אחרים של אנרגיית השמש כגון חימום מים וחימום מבנים, הביקוש הגדול ביותר לקירור מתרחש כאשר קרינת השמש היא החזקה ביותר, ובכך נעשה השימוש באנרגיית השמש למיזוג אוויר אטרקטיבי במיוחד. בין היישומים התרמיים השונים של אנרגיה סולארית, קירור הוא אחד המורכבים ביותר. זו ללא ספק אחת הסיבות להיותו פחות נפוץ מאשר חימום אוויר או חימום מים. כאן לא מספיק לאסוף את החום, לאגור ולחלק אותו. יש להמיר את האנרגיה לקור באמצעות מתקן מתאים, המסוגל לקלוט חום בטמפרטורה נמוכה מן החלל הממוזג, ולפלוט אותו בטמפרטורה גבוהה יותר אל הסביבה החיצונית. במונחים תרמודינמיים - נדרשת שאיבת חום.²

העובדה כי שיא הביקוש לקירור בקיץ מתרחש בשעות בהן קרינת השמש גבוהה ביותר, יוצרת הזדמנות מצוינת לנצל טכנולוגיות תרמיות המתאימות לקירור מונע ע"י חום (heat-actuated cooling). יישום מסחרי של אנרגיה סולרית למטרות מיזוג אוויר הוא חדש יחסית, אם כי יסודות קירור מונע ע"י חום גובשו כבר לפני כמאתיים שנה, עם המכונה הראשונה לייצור קרח המשולבת עם קולט שמש מרכזי, שהוצגה בתערוכה העולמית בפריז בשנת 1878. מתקנים שונים של קירור מונע ע"י חום (בעיקר מטיפוס ספיגה), זמינים בשוק, במיוחד עבור מערכות של 40 קילוואט ומעלה, וניתן להשתמש בהם בשילוב עם קולטי שמש תרמיים. המכשולים העיקריים ליישום בקנה מידה גדול, לצד עלות השקעה ראשונית גבוהה, הם חוסר ניסיון והיכרות מעשית עם תכנון, בקרה ותפעול של מערכות אלה בקרב אדריכלים, קבלנים ומתכננים. עבור מערכות בקנה מידה קטן יותר, כמעט שאין בשוק מתקנים זמינים. לכן, פיתוח של מערכות מיזוג אוויר קטנות המונעות ע"י חום הוא בעל עניין מיוחד.

¹ C.A. Balaras, G. Grossman, H.-M. Henning, C.A. Infante Ferreira, E. Podesser, L. Wang and E. Wiemken: Solar air conditioning in Europe – an overview. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **11**, 299-314 (2007).

² G. Grossman: Solar cooling, dehumidification and air conditioning. Chapter in *Encyclopedia of Energy*, C.J. Cleveland, Editor, Vol. **5**, pp. 575-585, Elsevier (2004).

מדינת ישראל הינה בין המדינות שבהן חדירת מיזוג האוויר היא מן הגבוהות בעולם. ישנם יותר מ-280 ימי קרינת שמש בשנה, ואינטנסיביות השימוש במיזוג האוויר בבניינים ציבוריים ומסחריים מגיעה לכדי 300 ימים בשנה. לאור הניסיון הרב שנצבר בארץ במערכות חימום מים סולאריות, יש מקום לבדוק היתכנות טכנולוגית וכלכלית של שימוש באנרגיה סולארית למיזוג האוויר. הצלחה בנושא זה עשויה להניב חיסכון ניכר בהוצאות על מיזוג אוויר אצל הצרכן הסופי, ושימוש נרחב בטכנולוגיה זאת עשוי להקטין את תלות המדינה ביבוא דלקים והקמת תחנות כוח חדשות. לפי נתוני משרד התשתיות, לייצור קוויט"ש חשמל אנו משתמשים ב-260 גרם של דלק פוסילי ומייצרים כ-707 גרם של פחמן דו-חמצני, וכן תחמוצות גפרית, תחמוצות חנקן וחלקיקים. שימוש באנרגיות מתחדשות יקטין את פליטת מזהמי האוויר בצורה משמעותית ויפחית את העלויות החיצוניות המוערכות ב-0.12 ש"ח לכל קוויט"ש.

פרק 3: מידע בנושא מיזוג אוויר סולארי

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגים, כאמור, באתר של מוסד נאמן (<http://www.neaman.org.il/>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו סדר (ראה תכנית הפורום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

אדי בית הזבדי – משרד התשתיות הלאומיות: פעילות משרד התשתיות בתחום מיזוג אוויר סולארי

כידוע, תנאי האקלים במדינת ישראל גורמים לכך שהמדינה "מושקעת" בנושא מיזוג האוויר. יש כיום כ- 11,000 מגה וואט של חשמל מותקנים במדינת ישראל, אשר מתוכו יותר ממחצית מופנה למערכות מיזוג מרכזיות בתעשייה, במבנים ובמבני ציבור, כאשר עיקר הצריכה נמדדת בעיקר בשעות היום. שיאי הביקוש של חברת החשמל נרשמים לרוב כתוצאה מפעילות יתר של מזגנים בשיאי חום. בשנת 2007 התקיים במוסד נאמן מפגש פורום אנרגיה בנושא חיסכון במערכות מיזוג אוויר בישראל. מתוך מסקנות הפורום אנו יודעים מראש שלא נוכל להעביר את כל הצריכה למערכות סולאריות, אבל גם אם נעביר 600-700 מגה וואט של שיא הביקוש, נוכל לעשות שינוי משמעותי במשק החשמל בישראל. זה עשוי להביא לחיסכון של קרוב ל- 85% מצריכת החשמל בהשוואה למערכת דומה קונבנציונאלית. משק החשמל ודאי יצא נשכר ממהלך כזה. לאחר המפגש הקודם, יצא במשרד התשתיות מכרז להקמת מערכת מיזוג אוויר סולארי ועירית אילת הייתה היחידה שהגישה מועמדות וגם זכתה. לצערי, עד היום לא קודם הנושא, ועד היום לא התקבל אף מציע לביצוע הפרויקט. ההצעות שהתקבלו היו במחירים שאינם הגיוניים לסוג הפרויקט המבוקש, והגיעו עד כדי 10,000 דולר לטון קירור. כאשר היזמים בשוק מגישים הצעות בסכומים כאלו, לא נוכל להביא לקידום הנושא. הצעות העומדות על כ- 20-30% מעל המחיר המוערך הן סבירות, אבל ודאי לא פי 10. בגרמניה הוקמו 250 מערכות של מיזוג אוויר סולארי בשנה האחרונה. מדוע במדינה אירופאית זה עובד ובמדינת ישראל לא? אנו במשרד התשתיות שואלים את השאלה הזו, ומאד מעוניינים לקדם את הנושא, ונשמח לקבל תשובה. משרד התשתיות עדיין פתוח לקדם את הנושא הזה.

רפי אהרוני, אסא אהרוני מהנדסים ויועצים בע"מ: סטטוס נוכחי של פרויקטים בביצוע

ראשית, אתן הסבר כללי על מבנה מערכת מיזוג אוויר סולארית. מערכת כזו כוללת בד"כ מצנן (chiller) מטיפוס ספיגה שמקור האנרגיה להפעלתו הוא חום, שדה קולטים לאספקת החום ממקור סולארי, מערכת סילוק חום כגון מגדל קירור, ויחידות קצה לאספקת הקירור לחלל הממוזג. כאשר משרד תכנון בוחר או מתבקש לתכנן מערכת סולארית במקום מערכת קירור קונבנציונלית זה כרוך בבעיות לא פשוטות. המצנן עצמו אולי פשוט, אבל במערכות הנלוות אליו ובתוך המבנה יש בעיות ואתגרים אמיתיים. קיימות בעיות מיוחדות באחזקת מצנן הספיגה (ביניהן קורוזיה והתגבשות) שאין בארץ ניסיון בטיפול בהן. מיעוט יצרנים וספקים של מצננים המיוצגים בארץ, מביא לכך שגם לאחר

ההתקנה לא ברור מי יוכל לתחזק את המערכת. כל מערכת מיזוג פועלת בעומס משתנה ובמערכת סולארית אנו מתמודדים בנוסף עם בעיות של קליטת חום השמש המשתנה בהתאם לשעות היום ולעונות. אספקת חום למצנן הספיגה בטמפרטורות של 140 מעלות ואף למעלה מזה, משפרת משמעותית את הנצילות, אך דורשת קולטים מסוג מיוחד שמחירם גבוה. נושא אורך החיים של המערכת גם הוא משמעותי כי התקצוב הנדרש להקמת מערכת כזו הוא גדול. מתקני ספיגה דורשים בדי"כ עיבוי מים עם הבעייתיות הנלווית של טיפול במים למגדלי הקירור. נושא אחרון הוא אגירת החום – זה חלק אשר מייקר את המתקן מאד.

מתקן מיזוג אויר קונבנציונאלי (חשמלי, עיבוי אוויר) עשוי לעלות כ- \$1000 לטון קירור (המחיר מוערך עבור מתקנים קטנים, כ-100 טון; מתקנים גדולים יותר בדרך כלל אינם מתאימים ליישום סולארי, בשל גודל שדה הקולטים הנדרש). על פי התחזית שלנו, מדובר בשנים הקרובות על פרויקטים סולאריים בגודל של 10-100 טון קירור, והמחיר המוערך הוא \$5000 לטון. מחיר זה כולל כ- \$1000 עבור מצנן הספיגה, משאבות, צנרת ומגדל קירור, ועוד כ- \$4000 עבור שדה הקולטים. מבחינת שטח הקולטים – בדרך כלל נדרשים כ-15 מטר רבוע לטון, בעלות מוערכת של כ- \$250 למ"ר מותקן. כפי שניתן לראות ממספרים אלו, יש פער מאוד גדול בין מערכת קונבנציונלית לסולארית.

ניתן לומר כי הירידה במחיר החשמל אשר התרחשה לאחרונה למעשה חיסלה את פרויקטי ההתייעלות האנרגטית כי מחיר החשמל הוא זול מידי, ואין סיבה או מוטיבציה אמיתית לחיסכון. אם מחיר החשמל הממוצע הוא 54 אגורות לקילו-וואט שעה, ובהנחת 1000 שעות עבודה בשנה, נקבל החזר השקעה של מערכת סולארית רק כעבור 28 שנים. ברור כי בתנאים כאלו אין סיכוי לראות השקעות בתחום זה, וזה עוד לפני שהבאנו בחשבון את השימוש המשני האפשרי של הקולטים לחימום מים. אילו היו נותנים ההחזר או תעריף מועדף למערכות מהסוג הזה, בדומה לתמריצים הניתנים למערכות PV, יכולנו להגיע להחזר השקעה בתוך 7.5 שנים. ללא סובסידיה ברור כי אין היתכנות לפרויקטים סולאריים כאלה. חסם נוסף הוא חוסר ידע - הגופים המתכננים צריכים לדעת לעבוד עם הציוד, ולתכנן את המערכות בצורה נכונה. לצערי בשוק של היום זה לא ממש קורה.

יורם גרוס, Wanson (Wansil) LTD: מיזוג אויר סולארי – ניסיונה של חברת Thermax בהודו ובאירופה

חברת Thermax הייתה בין החלוצות בהודו בתחום הקירור הסולארי, והיא מציעה כיום את כל סוגי המצננים (chillers), עם שימת דגש על נושא של חיסכון באנרגיה ואיכות סביבה. החברה מייצרת מגוון מוצרים בתחום הקירור, חימום, השבת חום וטיפול במים, והיא בעלת ניסיון רחב בתחום. לחברה יש כיום חטיבה העוסקת במערכות ספיגה למיזוג אויר, באמצעות חום המופק מדלקים, חום שיורי או סולארי.

מצנני ספיגה הם פשוטים מאוד לאחזקה, פעולתם שקטה, אין בהם חלקים נעים ואין כמעט בעיות. לחברה יש 10 שנות ניסיון בתחום זה. דוגמאות לפרויקטים שבוצעו ניתנים במצגת. לפי הנתונים הקיימים מספרד והודו ניתן להגיע להחזר השקעה של 3 שנים לפני סיבסוד, כאשר כל מתקן כזה תפור למידות הלקוח ואנו עורכים את התחשיב מראש.

יישומים אפשריים במערכות סולאריות הם מיזוג אויר, בישול בקיטור, פיסטור של חלב, כל סוגי האפיה, הסטריליזציה והכביסה. ועוד רבים אחרים. בחברת Thermax התרכזו בנושא מיזוג האוויר

הסולארי באמצעות מצנני ספיגה. כ- 40% מהחשמל בעולם משמש לסקטור המגורים. בתוך סקטור זה, מקובל להניח כי כ- 50% מהחשמל משמש למיזוג אוויר.

ההשקעה הנדרשת להקמת מערכת מהסוג המתואר מודגמת בטבלה מס' 1.

טבלה 1 : השקעה נדרשת במערכת מיזוג אוויר סולארית

HVAC Chiller Type	Absorption 1-Stage	Absorption 2-Stage	Vapour Compression	
Chiller Capacity	30	30	30	TR
Chiller COP	0.6	1.35	3	
Energy Input Required	50	23	10	TR
Solar Field Type	Vacuum Tube	Concentrator	Photovoltaic	
Chiller Inlet Temperature	90	160	-	Deg C
Peak Solar Field Efficiency	55%	60%	13%	
Solar Field Size Required	1350	750	400	m ²
Price per m ² - (Installed)	45	107	300	USD/ m ²
Cost of Solar Energy (Source) – Net of Subsidy	60,000	55,100	120,000	USD

הערת המחברים: הנתונים שבטבלה 1 הם על דעת המציג. רבים ממשותפי הפרום הביעו ספיקות באשר לדיוקם של הנתונים עם הצגת הטבלה בפורום.

במדינות רבות בעולם מוענקות היום סובסידיות נדיבות מסוגים שונים למערכות אנרגיה מתחדשת. אנו מאמינים שיש עתיד מבטיח למערכות מיזוג האוויר הסולאריות כפי שהוכחנו ללקוחותינו בעבר עם מיזוג אוויר ספיגה ע"י מים חמים וקיטור. נוכל להוכיח שזה כדאי מבחינה כלכלית וכמובן שזה יקרה יותר מהר אם תהיה סובסידיה בהתאם.

ד"ר משה הירש, אנקונסול בע"מ: מגמות במיזוג אוויר סולארי בישראל לאור ניסיון העבר

בהרצאתי ברצוני להציג את הפרויקט הלאומי "אשד" (אנרגית שמש לדיר) שבוצע ע"י חברת "תדיראן" בשנים 1975-1982. במסגרת פרויקט זה פותחה מערכת ספיגה המתאימה במיוחד להפעלה ע"י חום השמש, ונבנו מספר מערכות, ביניהן מערכת בתפוקה של 200 טון קירור (כ-700 קילוואט) בבית החולים תל השומר. מערכת זו פעלה בהצלחה מספר שנים, והיא בין הפרויקטים הסולאריים הגדולים שנבנו אי-פעם בעולם כולו.

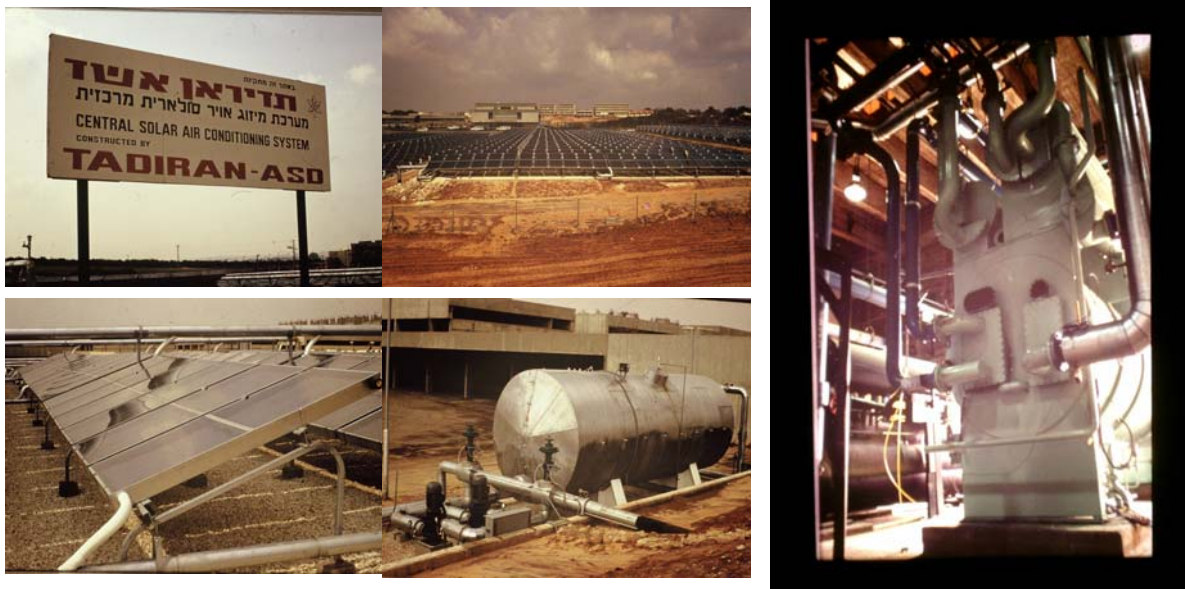
במחצית השנייה של שנות ה-70, עקב "משבר האנרגיה" של 1973, הייתה תחזית לעלית מחירי הנפט לשיעור של 250-300 דולר לחבית (במחירי היום). בעקבות זאת, ממשלת ישראל מימנה פרויקט לאומי בתחום ניצול אנרגית השמש. הפרויקט היה מכוון בעיקר לפיתוח מערכות למיזוג אוויר סולארי ביתי.

פיתוח הטכנולוגיה

בנושא קליטת אנרגית השמש פותחו ונוסו קולטים מכל הסוגים שהיו קיימים באותן שנים, ביניהם קולטים שטוחים ייעודיים וקולטים מרכזים מטיפוס CPC. טכנולוגיות הספיגה ונוזלי העבודה שבשימוש גם כן היו מסוגים שונים. בתחילה היו ניסיונות לפתח מערכות מיזוג קטנות, המתאימות לשימוש דירתי. בשנת 1976, לאחר מחקר שנערך בהזמנה עבור תדיראן, הוחלט לעבור למערכות מיזוג אוויר מרכזיות המבוססות על מערכת ספיגה.

הישגים

בתחום הקולטים נרשמו מספר פטנטים – פיתוח ציפוי מיוחד של ניקל שחור לקולטים שטוחים, אשר מסוגל היה להגיע ב-90 מעלות לנצילות של 40%. פותח גם קולט מרכז עוקב אבל הוא היה יקר מדי. פותחה מכונת ספיגה המבוססת על ליתיום ברומיד – מים אשר הייתה מסוגלת להגיע ל- COP של 0.72 בטמפרטורת אספקת חום של כ-80 מעלות.



איור 1: מערכת מיזוג אוויר סולארית (200 טון) בבית החולים תל השומר

הפרויקט הסתיים עקב אי הסכמות בין תדיראן למדינה, ובסופו של דבר בית החולים רצה להשתמש בשטח המגרש שעליו הותקנו הקולטים ולא תיקצב לאורך זמן את התחזוקה הרציפה של המערכת. זה הוביל להידרדרות של המתקן, ובסופו של דבר לפירוקו.

פרטים נוספים על הפרויקט ניתן למצוא באתר <http://www.enconsol.com/solar0.htm> וכן במאמר שניתן להורידו מאתר <http://www.enconsol.com/SolarCoolingPaper.pdf>.

ניתן ללמוד מהפרויקט הזה שלא מדובר בהשקעה חד פעמית או פרויקט שיש לו סוף מוגדר. הקמת מערכת כזו היא תכנית לטווח ארוך וכל מי שמעוניין להיות שותף בה חייב להסתכל עליה כתכנית ולא כפרויקט יחיד שרוצים להביא לכלל סיום.

על פי הניסיון שלי, פרויקט מהסוג הזה בעיר אילת הוא הגיוני ואמור להיות יעיל מאוד. העיר משופעת בשמש כל הזמן והמיזוג נדרש במרבית ימות השנה. אני מקווה שהפרויקט יצא לפועל כי יש בו הגיון רב מכל הבחינות.

ד"ר חאלד גומיד, הטכניון, הפקולטה להנדסת מכונות: מיזוג אויר סולארי המבוסס על מערכת ספיגה במחזור פתוח

פרויקט מיזוג סולארי מלא דורש שטח גדול, בדרך כלל של גג, עבור הקולטים. שטח כזה לעיתים אינו זמין אבל ניתן לבצע פרויקט המופעל חלקית באנרגיה השמש. מיזוג האוויר מהווה צרכן אנרגיה גדול מאוד, וצורך כ- 30% מן האנרגיה החשמלית במשק. מיזוג אויר נדרש במיוחד כאשר קרינת השמש רבה ולכן מתאים במיוחד להפעלה באנרגיה סולארית. מדובר על שימוש ישיר של השמש – כלומר לא דרך ייצור חשמל וממנו מיזוג, אלא חום סולארי ישירות למערכת המיזוג.

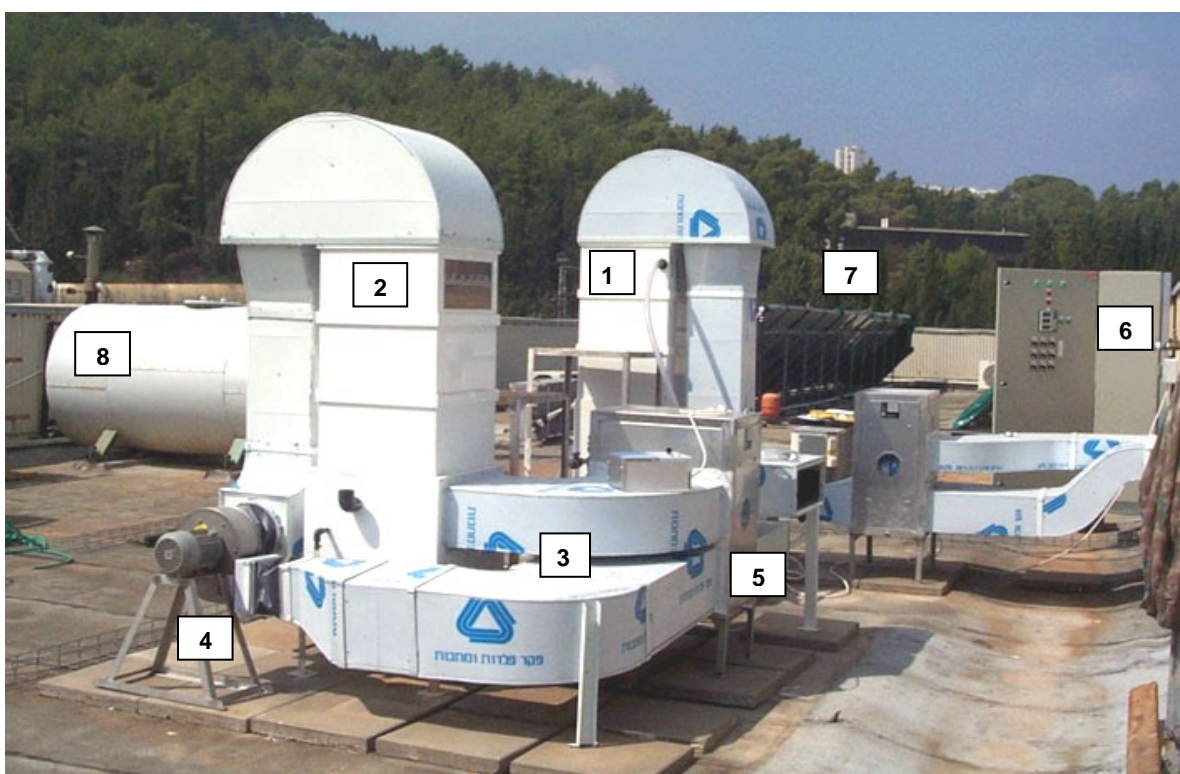
למיזוג אוויר שלוש מטרות עיקריות – שליטה על הטמפרטורה, על הלחות, וגם איורור. מערכות רגילות מורידות את טמפרטורת האוויר אל מתחת לנקודת הטל על מנת לעבות ממנו מים ובכך להגיע לרמת הלחות הרצויה, ואז לרוב יש צורך בחימום חוזר (reheat) כדי להגיע לטמפרטורה הרצויה בחלל הממוזג. מערכת כזו אינה מאפשרת בקרה נפרדת של לחות וטמפרטורה ולכן אינה משיגה תנאי נוחות תרמית אופטימאליים. נדרשת טמפרטורת מאיד של 7-5 מעלות כדי להבטיח ירידה אל מתחת לנקודת הטל. בפועל, בחלל הממוזג עצמו, כמובן שלא נדרש להגיע לטמפרטורה כזו. אם נוכל להגיע לתנאי המיזוג הרצויים בטמפרטורה של 15 מעלות בלבד, נקבל COP גבוה יותר. אני רוצה להציג מערכת המבוססת על ספיגה במחזור פתוח אשר תטפל רק בעומס החום הכמוס. החום הכמוס יטופל ע"י האנרגיה הסולארית, כולל יכולת אגירה – ומתקבל תהליך של הורדת לחות ללא מזגן. המזגן החשמלי יטפל אם כן רק בהורדת הטמפרטורה. הפרדה זו בטיפול בין הלחות לטמפרטורה תאפשר בקרה טובה יותר משתי הבחינות.

התהליך במערכת שלנו מבוסס על ייבוש האוויר ע"י חומר היגרוסקופי, ללא קירור וללא עיבוי. אויר יבש יעיל יותר והגיוני יותר לקרר. אין צורך להגיע לטמפרטורות נמוכות אלא ישירות לטמפרטורה הרצויה – כ-15-18 מעלות בלבד. גישה זו מתאימה למערכות המקובלות באירופה בשיטה הידועה בשם dry cooling, אשר בהן רוצים להשתמש בתקרות מקוררות בתור יחידות קצה, ומפרידים את הטיפול בלחות ובטמפרטורה לשני תהליכים שונים. המערכת לוקחת את מלוא האוויר הצח שיש לספק לחלל

הממוזג, מייבשת אותו, ואז מעבירה אותו לקירור. ע"י טיפול ברמת הלחות של האוויר הצח, מתאפשרת שליטה בלחות של סך כל האוויר בחלל הממוזג.

במרכז למחקר בהנדסת אנרגיה שבפקולטה להנדסת מכונות בטכניון נבנתה מערכת טיפוסית מסוג זה, המתוארת באיור מס' 2. החומר ההיגרוסקופי (סופג הלחות) הוא תמיסה מימית של ליתיום כלוריד. חלקי המערכת העיקריים הם שני ריאקטורים – המייבש (dehumidifier) והמרענן (regenerator); בכל אחד מהם באה התמיסה במגע עם אוויר בזרימה נגדית: האוויר זורם מתחתית הריאקטור כלפי מעלה והתמיסה מטפטפת דרך חומר מילוי מלמעלה כלפי מטה. בריאקטור הראשון – המייבש – באה התמיסה במגע עם האוויר המטופל וסופגת ממנו את הלחות. האוויר יוצא חמים אבל יבש וניתן להכניסו ישירות לחלל הממוזג. עם הזמן התמיסה נמהלת ולכן יש צורך לרענן אותה. לשם כך מועבר חלק מהתמיסה אל המרענן ועובר חימום באנרגית שמש לטמפרטורה המאפשרת פליטת לחות מן התמיסה אל האוויר. כך מתקבל ריכוז התמיסה על ידי אוויר סביבה. התמיסה המרוכזת מוחזרת אל המייבש.

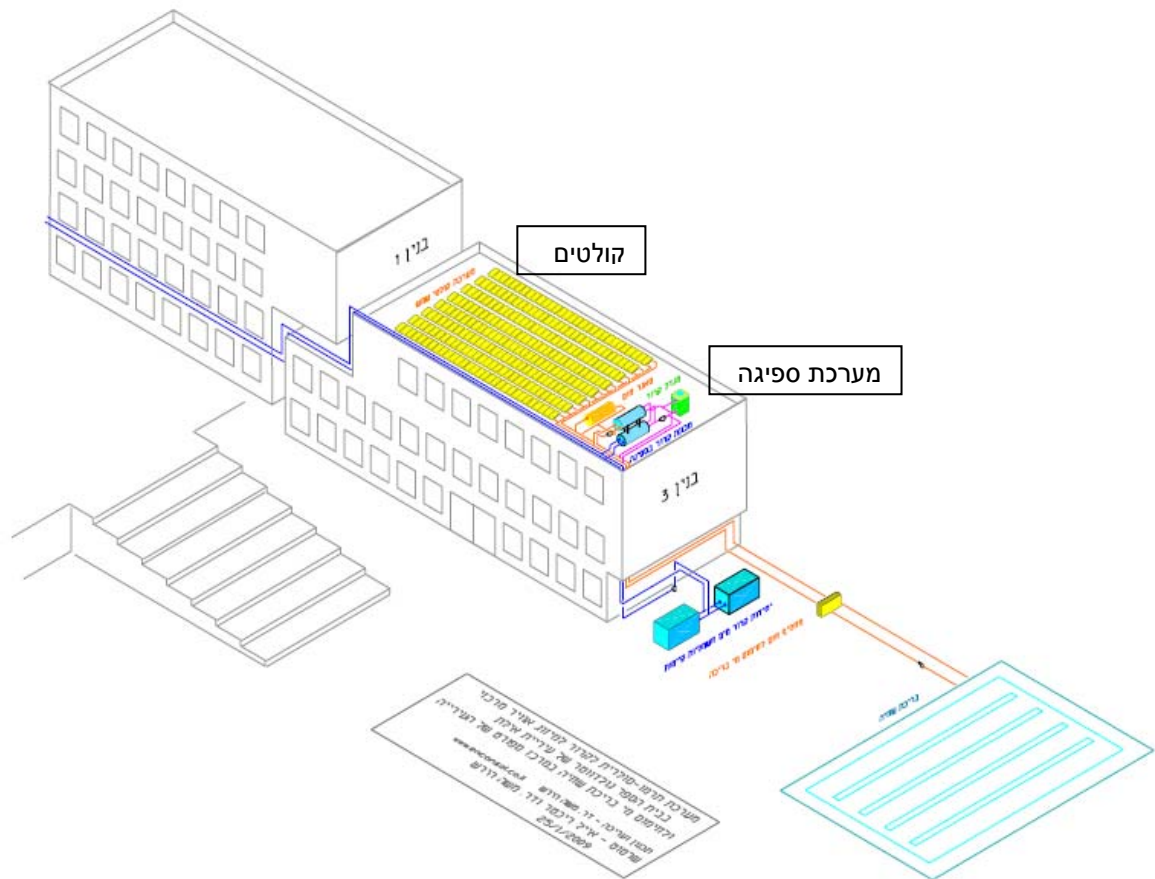
ה-COP של המערכת הוא 0.8-0.9, ואנו בונים עתה מערכת חדשה עם הפסדים קטנים יותר וצופים לקבל COP טוב יותר. מערכת הייבוש עצמה אינה יקרה, היא עשויה בעיקר מחמרים פלסטיים, והחלק היקר העיקרי במערכת הם קולטי השמש.



איור 2: מערכת ספיגה במחזור פתוח (20 קילוואט) במרכז למחקר בהנדסת אנרגיה בטכניון: 1 – מייבש; 2 – מרענן; 3 – תעלות אוויר; 4 – מפוח; 5 – מחליף חום אוויר/אוויר; 6 – מערכת בקרה; 7 – שדה קולטי שמש; 8 – מאגר מים חמים.

יואל הרשקוביץ, מנהל אגף פרויקטים בעיריית אילת: מערכת תרמו- סולארית לייצור מיזוג אוויר – פילוט בעיר אילת

בהרצאתי ברצוני לתאר פרויקט מיזוג אוויר סולארי המיועד לביצוע בבית ספר "גולדווטר" באילת.



איור 3: תיאור סכימטי של בית הספר והמבנים

בצמוד לבית הספר ממוקמת בריכת שחיה. בחודשי הקיץ תשמש בריכת השחיה כמאגר קור ותסייע לקירור המים במקום מגדל קירור. בחורף, מי הברכה יחוממו מכל החום שיווצר בקולטים (מערכת הקירור מנותקת). חיבור זה בין שני המתקנים מגדיל את הרווחיות של הפרויקט. המתקן עובד בדיוק בשעות פסגה שבהן החשמל יקר ולכן היעילות והמשמעות הכלכלית הרבה יותר גדולה. החישוב הכלכלי אשר בוצע על ידי יועץ העירייה הצביע על זמן החזר השקעה של כ- 5.5 שנים. בעקבות חישוב זה יצאנו למכרז, וקיבלנו הצעות אשר נעות סביב 200% מהאומדן שעשינו, ואף יותר. להערכתנו, המחיר הגבוה שקיבלנו נבע מכמה סיבות כשהחשובה ביניהן – מחסור בידע ובניסיון בשטח שגרם לזמנים להכניס להצעת המחיר מרכיב סיכון גבוה מאוד. בדיקת מחיר חלקי הפרויקט שהוגשו במכרז ע"י המגוישים השונים, הראתה פערים לא סבירים שחזקו את ההנחה הנ"ל. העירייה ערכה בדיקות נוספות כולל חישוב מחדש מפורט על פי מרכיבי הפרויקט. ראינו שגם אם מפרקים את הפרויקט למרכיביו המחירים שהעירייה חישבה היו סבירים. אנו מניחים שניתן לבצע את הפרויקט ולהקים את המתקן אבל לא

בהגדרתו כפיילוט ראשוני. מחיר עבור פרויקט פיילוט שכזה אמור להיות כ-50% מעל להערכה הראשונית. העירייה הביאה בחשבון מימון ממשלתי בשיעור המהווה לפחות 20% מהפרויקט, ובדיעבד המימון מגיע רק ל 13% ממחיר הפיילוט. מו"פ במדינה אמור להיות ממומן ע"י המדינה ולא ע"י רשות מקומית שניגשה לפרויקט כחלק מחזון של ראש העיר אך גם משיקול טכנו כלכלי עירוני. אנו עדיין מקווים שנצליח לבצע את הפרויקט אבל כדי לקיים פרויקט בעל חדשנות טכנולוגית, יש לרכז את כל הכוחות באותו כיוון. אנו מנסים למצוא תורם שיוכל לממן את ההפרש לפיילוט או חברה שמפתחת אפילו חלק מאותו נושא ותצטרף על מנת להוציא הפיילוט לפועל. הפרויקט הועבר לבדיקת החברה הכלכלית של העירייה לבדיקת האפשרויות הנוספות להוציא הפרויקט למכרז מחודש עם אפשרויות להיכנס למו"מ עם מגישי ההצעות.

בהתייחסות לשאלות המיקוד שניתנו –

בדיקת כדאיות והיתכנות פרויקטים תרמו סולריים תהיה אפקטיבית ונכונה, אם נגיע במדינת ישראל למצב בו מממנת המדינה שני שליש מימון לביצוע הפרויקטים – נניח עשרה פרויקטים בכל רחבי הארץ, שבהם יבוצעו פרויקטים בשיטות שונות בתחום התרמו-סולארי. מבדיקה ובחינת התוצאות נוכל להגיע למסקנות לגבי השיטה הטובה והיעילה ביותר, ונוכל להגיע למצב שבו מדינת ישראל מסוגלת להפחית את התלות בדלק. אם לא יגיעו למסקנה הזו במשרד התשתיות, תפסיד המדינה אופציה זו או שיתמזל מזלנו ויתגייס גורם פרטי שירצה לעשות את זה במקומה.

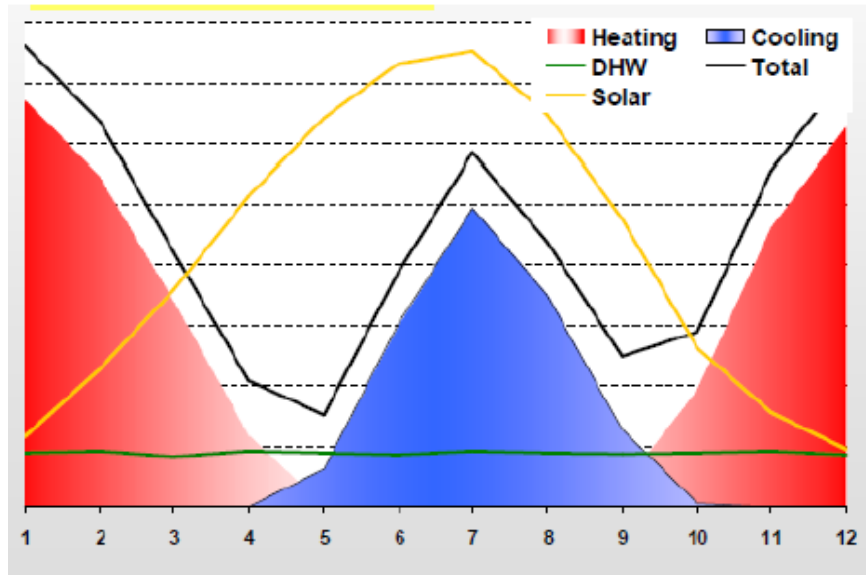
אברהם בכר, Zenith Solar LTD : קירור סולארי ו-CPV

גיבוי של מערכת סולרית הוא בעייתי. המערכת שאתאר כאן היא מערכת קונגרציה אשר נותנת חשמל ואנרגיה תרמית בו זמנית.

המערכת מבוססת על מראות צלחת (dish) העוקבות אחר השמש. הקרינה הניצבת לצלחת פוגעת במראות ומוחזרת למוקד. במוקד מותקנת מערכת PV, אשר בגלל הריכוז הרב של הקרינה (כ-1000 שמשות) נדרשת להכיל תאים מיוחדים מסוג Triple Junction. תאים כאלה יכולים להגיע לנצילות של 38% (קרינת שמש לחשמל), אך בפועל עקב הפסדים מגיעים ל-21%. המערכת מגיעה לטמפרטורות גבוהות וקירור התאים הוא מקור לאנרגיה תרמית. החום מגיע לרמה של 80° אבל יכול להגיע גם ל-100°. מערכת מסוג זה פותחת אופק של שימושים, בין השאר למיזוג אויר סולארי. הכוונה היא להשתמש בחום הנוצר על מנת לעבור את הסף הבעייתי של COP=0.7.

למערכות מסוג זה יש יתרון יחסי, משום שהשטח היקר ביותר במערכת (תאי PV) הוא קטן באופן יחסי. מדובר על יחס של 1:1000 בין שטח מפתח המראה לשטח התאים. למרות שהתאים עצמם יקרים יותר מתאי PV רגילים, יש במערכת כולה פוטנציאל הוזלה משמעותי מאוד כי כל שאר התשתית היא זולה באופן יחסי - מראה, פלדה ופלסטיק - שלכולם עלויות מינימאליות. שתי צלחות כאלה מסוגלות לספק כ-4.5 קילוואט שיא. במערכות ריכוז אנו מפסידים את הקרינה המפוזרת אבל לעומת זאת יש מערכת עקיבה, כך שמרוויחים בסה"כ 25% קרינה לעומת פנל שטוח. המערכת מחייבת שימוש משני בחום, ואם אין שימוש לחום אנו לא מקימים מערכת. שימוש בחום למערכות מיזוג דורש שימוש בחום כולו, אחרת ניאלץ לזרוק אותו, מהלך שאיננו מעשי ובוודאי לא כלכלי. במידה ולא מוצאים דרך להיפטר מהחום אין קיום לאנרגיה החשמלית משום שעלייה של הטמפרטורה עלולה להרוס את התאים. אם תשמש

המערכת גם לחימום, אנו צופים בעיה בעונות המעבר – ובמקרה כזה פיתרון של חימום בריכות שחיה הוא אידיאלי. תמונת DNI אמיתית (קרינה אקוויוולנטית) מגיעה לשיא של 8 שעות, כמוצג באיור 4. בממוצע מדובר על שעות עבודת מערכת של 3 שעות מיזוג בחורף ו- 8 שעות מיזוג בקיץ. זה מתקבל על הדעת לבנין הדורש מיזוג כל השנה, כדוגמת בתי מלון ובתי חולים, אשר מהווים את הפוטנציאל העיקרי.



איור 4: שימוש בחום הסולארי בחדשי השנה השונים

מערכת הקירור המתאימה תהיה בנויה על מחזור הספיגה – מבוססת על נוזלים או מוצקים, כל אחד עם יתרונותיו וחסרונותיו. יתכן שהפתרון לבעיות טמון בחשיבה יצירתית ושילוב של שתי השיטות – שיטה אחת שתשמש לטיפול באוויר הצח והשיטה השנייה לאוויר שאינו צח. באופן כזה נוכל לעבוד עם טמפרטורות גבוהות יותר. נוכל להביא לעליה ב- COP שהוא תמיד נקודת המפתח, וקובע את עלות המערכת. יש לציין כי COP של מערכות קונבנציונליות (דחיסת אדים) הולך ועולה ואילו היכולות של מערכות הספיגה נשארות קבועות – זו נקודה בעייתית שחייבים למצוא דרך לפתור אותה. כל התחשיבים מבוססים על כך שחשמל שנייצר תמיד נוכל למכור לחברת החשמל. הטכנולוגיה היום ללא סובסידיה – מאפשרת זמן החזר השקעה של 20 שנה. הטכנולוגיה לא יושמה ולא התרוממה עד היום וזה גם לא יקרה במחירים הללו. המוצר שלנו בשילוב חשמלי + תרמי מאפשר זמן החזר השקעה של כ- 8 שנים. אם נוכל לקבל סובסידיה גם על המיזוג כמו זו שניתנת על החשמל (שהרי למעשה המערכות הללו חוסכות בחשמל) נוכל לראות זמני החזר שיהיו משמעותית קצרים יותר.

פרק 4: דיון

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

- מהם המכשולים (טכנולוגיים, כלכליים, רגולטוריים) המונעים התקנות מיזוג אוויר סולארי בישראל?
- מהם הצעדים שעל הממשלה לנקוט כדי לזרז החדרת מיזוג אוויר סולארי בישראל?

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

אדי בית הזבדי:

לשם הבהרה – כשמדובר באנרגיות מתחדשות עמדת משרד התשתיות היא שעדיף להשקיע במניעת צריכת חשמל במקום בייצור חשמל, אבל רשות החשמל טוענת שאין לה אפשרות למדוד ולהעריך את שיעור החיסכון. לכן לא ניתן לתמרץ חיסכון בחשמל.

דן שגיא:

מערכת מיזוג סולארית המבוססת על מחזור ספיגה חד דרגתי היא בעלת COP נמוך, ושטח הקולטים הנדרש למערכת כזו הוא גבוה, ולכן בעייתי מבחינה כלכלית. המטרה צריכה להיות לפתח מערכת מיזוג המבוססת על מחזור ספיגה דו-דרגתי, כאשר המגבלות הן טמפרטורת אספקת החום שצריכה להגיע ל-150-170 מעלות. טמפרטורה זו מחייבת קולטים סולאריים מסוג מסויים, וזו ההתמחות של חברתנו (סולל/סימנס). אני מבשר כאן, שאנו עובדים על פיתוח של קולטים לטמפרטורות אלה בנצילות טובה בצורה משמעותית ובמחיר סביר. מתוך הניסיון שצברנו עד כה – על מנת להגיע ל-170 מעלות הגיוני להשתמש בקולט פרבולי עוקב, חד צירי. המחיר הוא זול יחסית, החסרונות ברורים – התחזוקה קצת יותר יקרה והאמינות קצת יותר בעייתית מאשר בקולטים שטוחים. בשנת 2002 עמדנו בפני הקמה של מתקן הדגמה, אבל לצערי הפרויקט לא התבצע בסופו של דבר. האתגר האמיתי הוא בשיפור הנצילות תוך שמירה על המחיר. מתקיים פרויקט של "רותם" עם אוניברסיטת בן גוריון – פיתוח מערכת ספיגה בעלת COP הגבוהה קצת מעל 1.0. משתמשים באספקת חום של 120 מעלות כניסה, ולטמפרטורות כאלו ניתן להשתמש בכל קולט סיני טוב, מטיפוס שפופרות ואקום שניתן היום להשיגו בכ-45\$ למ"ר. מערכת גיבוי היא חיונית ביותר – ויכולה להתבסס על אחת משתי צורות – או שמערכת הספיגה תכלול אלמנט של חימום ישיר או הוספת מערכת של חימום המים בכניסה. המוצר חייב לספק גם אפשרות של חימום בחורף. זה לא פשוט, ומחייב התאמות אבל זה חיוני לשיווק המוצר. לסיכום אני מעריך כי עד שלחיסכון בחשמל לא תהיה סובסידיה ממשלתית, לא נראה התקדמות בתחום זה.

שמעון קליר:

אני עוסק בקולטי שמש ולא במערכות קירור. שוק המטרה שלנו הוא חימום מבנים בארצות קרות בהפרש טמפרטורה גבוה ביחס לטמפרטורת הסביבה. מדובר על קולטים העובדים בטמפרטורת אספקת חום של כ-90-100 מעלות בנצילות של 45% בערך. המוצר נמצא בשלבי פיתוח סופיים וכבר נשלח ללקוחות ברחבי העולם. מאחר והקולט בנוי לעבודה בטמפרטורת סביבה קרה, ואנו עוסקים בחימום –

מתאים לנו לעבוד במקומות קרים עם שמש. היינו רוצים להעמיד מערכת לניסיון בארץ אבל מערכת לחימום בחורף הישראלי אינה רלוונטית ואינה אתגרית ליישום פה. התקנו מערכת מיזוג סולארית המבוססת על מערכת ספיגה ליתיום ברומיד –מים של חברת Broad עם 80 מ"ר קולטים, המספקת קירור וגם חימום של מבנה בשטח 350 מ"ר. אנו בונים על צריכה של 70%-80% מהשיא ולא על צריכה מקסימלית. בתנאים אלו אנו מעריכים כי אנו יכולים לספק את כל חימום החורף ואת מרבית קירור הקיץ. בימים אלו אנו ממתנינים לחום הקיץ כדי להפעיל קירור, ואילו את החורף כבר עברנו בהצלחה. מה שנדרש זה כמובן מימון, ולדעתנו יש לתת יותר עזרה ממשלתית. איני מבין את ההיגיון של תמיכה במערכות PV, ולעומתן אפס תמיכה למערכות סולאריות תרמיות. כמו שמדינת ישראל הייתה בעבר מובילה ביישום ופיתוח של קולטים שטוחים, יש לנו כיום אפשרות להוביל שוב. כאשר אנו מייבאים קולטים מסין – אין למדינת ישראל ערך מוסף גדול. צריך להחליט לקחת מספר פרויקטים בגדלים שונים על מנת לצבור ניסיון. עם הניסיון והזמן העלויות ירדו, המודעות תעלה וגם הכלכליות תהיה יותר טובה. לפי חשובי, נכון להיום, מדובר במערכות הללו על 12-13 שנות החזר ללא תמיכה.

רפי אהרוני :

אני צופה כי הביקורת, כשיהיה סבסוד, תהיה לאן בדיוק הולך הכסף? היום ניתן לקנות מערכת PV במחירים מסוימים וחבילת התקצוב לכשתהייה תתחלק, כך אני מקווה, בין כל הטכנולוגיות. למרות זאת יש להכין תשובה מראש לביקורת מדוע להשקיע דווקא בזה. כאשר אנו מקימים מערכות מסוג זה משקיעים בהן כסף רב שהולך היום לסין, ושוכחים את הקשר הישיר בין מערכות מיזוג לבין התייעלות אנרגטית כללית – בידוד מבנים, שיפורי וייעול מערכות תאורה וכד'.

גרשון גרוסמן :

מערכות PV בהספק קטן הן הטכנולוגיה הסולארית היקרה ביותר מבין כל האחרות, דורשת שטח גדול ביותר ובעלת נצילות נמוכה ביותר, ובנוסף לזה, הטכנולוגיה המדוברת אינה ישראלית. אינני מבין אם כך מדוע דווקא ביישומים של טכנולוגיה זו משקיעים כסף?

אברהם ארביב :

מערכות PV מן הסוג המדובר הן מערכות שקל למדוד ולהעריך את הביצועים שלהן. ברור כי לא ניתן לתת סובסידיה למה שאי אפשר למדוד. אני מניח כי אם תציעו שיטת מדידה פשוטה שתאפשר הערכה של ביצוע מערכת מיזוג אוויר סולארית, בדומה למערכת PV המחוברת לרשת, יהיה אפשר לסבסד.

שבתאי אוברלנדר :

אני רוצה להתייחס לנושא הפרויקט באילת כפי שתואר. עכשיו, מאחר שהפרויקט נתקע, אולי כדאי לחשוב להופכו לפרויקט בתכנון פאושלי, של יועץ מלא, וכתב כמויות מלא - ולא להשאיר לקבלן להציע מה שהוא רוצה. אני חושב שבמשרד התשתיות ננסה לקדם ולעזור בעניין זה. אם היה כתב כמויות אני מעריך שהפרויקט לא היה נתקע. המחירים שהתקבלו היו גבוהים משום שהם כללו מקדמי סיכון גבוהים. אם היה מועסק בפרויקט יועץ בר סמכא אשר יודע יותר מאשר קבלן הוא יכול היה לספק מפרט טכני ולקחת את האחריות על עצמו ובכך להפחית את המחיר.

גרשון גרוסמן :

מדובר פה בפערים ענקיים - ההערכה הראשונית של העלות הייתה סביב 850,000 ₪, ובפועל התקבלו הצעות של 1.7 מיליון ₪.

אדי בית הזבדי :

אינני מבין מדוע הצעות שהוגשו היו כה מופקעות. המחיר הריאלי להערכת כל המומחים הוא בסביבות 1 מיליון ₪. לא מדובר כאן בסיכון האופייני לפרויקט של פיילוט. אין כאן טכנולוגיה חדשה, כל המרכיבים ידועים והכל ידוע ומוכר.

יואל הרשקוביץ :

עובדה היא שכל קבלן לוקח לעצמו מקדמי ביטחון.

שבתאי אוברלנדר :

מדוע איננו מנצלים את השמש להפקת זרם AC באמצעות PV והפעלה של מיזוג בדחיסה רגיל? תשובה מחברי הפורום:
1. זה לא יעיל – יש הרבה הפסדים.
2. אם ייצרת חשמל תמכור אותו לחברת החשמל במחירים המסובסדים - זה הרבה יותר משתלם.

דורית בנט :

איני נכנסת לשיקולי טכנולוגיה אלא לתעריף ומדיניות – בכל התעריפים והמכסות לגבי PV אחד המכשולים העיקריים הצפויים הוא מערכת ההולכה. היא בעייתית מבחינת תשתיות, ולהתמודד עם הולכה של חשמל שמיוצר באזור הדרום לכל רחבי הארץ יהיה צורך בשדרוג משמעותי במערכות הקיימות. אחד היתרונות שיש להציג לממשלה – מערכת כמו זו שאנו מציעים באילת היא מערכת המתבססת על צריכה במקום, ואין צורך להפיל עומס על הרשת. מדובר על כ- 400 מגה וואט-שעה בשנה, אשר אינם מוטלים על רשת החשמל ומפנים למעשה תשתית להולכה של חשמל סולארי נוסף ללא צורך בהשקעות של מיליארדים בתשתיות הולכה.

יש כמובן בעייתיות במציאת שטח – חום וחשמל דורשים מיקום ותנאי שטח ספציפיים שאינם בנמצא. הפרויקט שלנו יכול להיות פיילוט משמעותי ביותר, ואין ספק כי הקמה של קרן הזנק או תכנית מיוחדת של כמה עשרות מתקנים עם מגוון של טכנולוגיות עשויה להניע את השוק.

אברהם שיצר :

השימוש העיקרי במערכות סולריות היום הוא למערכות חימום מים ביתיות, והחיסכון מתבטא בכ-3% של צריכת האנרגיה הראשונית במדינה. שמענו מן הדוברים שקדמו לי על הפוטנציאל של מיזוג אוויר סולארי להגדיל את החיסכון באופן משמעותי. אנו מדברים כאן על סדר גודל אחר – 30% חיסכון! כחלק מתפקידנו לתת מידע רלוונטי למקבלי ההחלטות. במערכות המיזוג יש התאמה בין מופע האנרגיה (קרינת השמש) ובין הצורך, וזה לא אופייני לשימושים אחרים – כאשר השמש קופחת צריך מיזוג. זה מצטלב במדויק, ומוריד משמעותית את הצורך באגירה. יש להציג את הדברים המאפיינים את הנושא בראיה מערכתית - איפה זה משתלב במערכת האנרגטית של מדינת ישראל. אני חושב שכניסת הגז

הטבעי לסל הדלקים היא לרעתנו. הרבה יותר קל להתחרות במחירים של ייצור חשמל מפחם. בטווח הארוך יש מקום לחיסכון. אני נזכר שבפרויקט "אשד" אחד הנימוקים החזקים לטובת הפרויקט היה שבמקרה חירום עלולה להיפסק אספקת החשמל לבית החולים. מערכת כזו שצורכת רק קיטור כגיבוי ואת עיקר האנרגיה מהשמש, נותנת ביטחון והיבטים חיוביים גם לשעת חירום. זה גם נימוק טוב למקבלי החלטות. לפני כשני עשורים (בשנות ה-80) נעשתה בטכניון עבודת מגיסטר בנושא מיזוג סולרי לבנין הכנסת. תארו לכם עד כמה פרויקט כזה משרת את המטרה ונותן דוגמה אישית.

אדי בית הזבדי :

עם המחירים שיש כיום במשק בנושא המיזוג הסולארי, גם אם נרצה לחנך ולתת דוגמה אישית זה לא ריאלי.

משה הירש :

בארצות הברית אין בית חולים שאינו מצויד במכונת ספיגה כגיבוי למקרה חירום. זה קיים כבר מתחילת המאה הקודמת. אפשר לכסות את עלות מכונת הספיגה אם חייבים להתקין אחת כזו בכל מקרה.

בעניין מדידת התפוקה לצורך תמיכה ממשלתית – חבל שאין בפורום נציג של רשות החשמל. כבר שנים רבות חברות המקימות בניינים מודדות אנרגיה. רשות החשמל היא חלק ממשדד ממשלתי – ומשרד התשתיות מקדם את נושא ה-ESCO. חברות מסוג זה מתמחות במדידת חיסכון. יש בארה"ב מדריך מדידה – כיצד מודדים חיסכון באנרגיות, לקירור, למיזוג, ויש על כך תיאוריות שלמות. בארה"ב יש מדריך למדידה שניתן להורידו מן האינטרנט. אי אפשר להגיד שלא ניתן למדוד. ניתן לבצע מדידה תרמית. הבעיה היא לתרגם את זה למחיר החשמל שחסכת. זה תלוי בסוג המצנן וכדומה, אבל זה לא בעייתי וניתן לקבוע פרמטרים ברורים לכך.

בהתייחס לדברי שבתאי אוברלנדר: בפרויקט המיזוג הסולארי שתוכנן באילת היה כתב כמויות – הוגדרו קולטים, מכונת ספיגה, צנרת ברזים וכו'. ראינו בניית העלויות מערכת בקרה שהעריכו בעלות של רבע מיליון שקל. המחיר הזה אינו ריאלי ואינו מבוסס על המציאות. חברה אחרת לא נתנה שום פירוט ולא מילאה את כתב הכמויות כלל. מחירי מכונות ספיגה הוערכו על פי מחירים שניתנו לא רשמית מספקים. בהערכה הראשונית היו מחירים סבירים אבל בהצעות הרשמיות הספק קונה את המכונה וגוזר עוד קופון על מחיר הקניה.

חשוב לציין גם כי מבנה והרכב המערכת הוגדר כך שאפשר יהיה לבדוק עליה את הביצועים, את האפשרויות השונות להפעלה, והיא מיועדת לשמש גם ללימוד.

אדי בית הזבדי :

בבית החולים הלל יפה (חדרה) יש מערכת שמודדת אנרגיה, כבר זמן רב.

אלי שלטון :

פער התיווך בין מחיר המרכיבים להצעות המחיר בפועל נובע לא מרצונן של החברות להתעשר אלא מהרצון שלהן להיות בטוחים שיוכלו לעמוד בתנאי הפרויקט. אם אתם לא מרוצים מההצעה, אולי כדאי

שתיישמו את הפרויקט בעצמכם, ואל תפילו את האחריות והסיכון על חברה פרטית. אינטגרטור של פרויקט ראשוני מסוג זה צריך ביטחון.

גרשון גרוסמן:

כאשר מבקשים להעריך עלויות של פרויקט אנרגיה (וגם אחר) בארה"ב התהליך פשוט למדי – משתמשים במדריך מקובל של R. S. Means שהוא ספר נתונים, המתעדכן תקופתית, אשר מאפשר להעריך מחירים של כל מרכיבי המערכת³. ניתן להסיק ממנו מהו מחיר סביר למערכת ספיגה, בגדלים שונים, כמה עולה ציילר וכו'. אפשר מתוך הספר לראות מה המחיר הסביר שלו ניתן לצפות. אפשר לדרוש מהקבלן לעמוד בסדרי גודל כאלו. אני הייתי שמח אם היינו יוצאים מהפורום הזה עם מספרים כמותיים – לדוגמה כמה עולה מ"ר קולט שטוח?

אלי שלטון:

יש כארבעה סוגי קולטים – מחיר יכול לנוע סביב 130 יורו למ"ר מותקן, עבור קולט העובד בטמפרטורה של 80 מעלות.

פסח זיידל:

הערכת עלות של מערכת ספיגה המספקת 50 טון קירור עשוי להגיע ל 60-70 אלף דולר. עם הקולטים נגיע למחיר של 200 אלף דולר. ניתן להראות באופן הזה כי ההערכה הראשונית של משרד התשתיות לא הייתה ריאלית. ניתן להשוות את המחיר למחירו של מצנן (ציילר) קונבנציונאלי בתפוקת קור דומה, אשר יכול להגיע עד 50 אלף דולר.

אלי שלטון :

ברצוני להעיר בנוגע להערה שהושמעה כאן על אי היכולת למדוד תפוקת מערכת מיזוג סולארית, ולכן המדינה אינה יכולה לתת תמיכה: כאשר אני מסתכל מה קרה בעולם בתחום אני רואה שעם ההבנה של ממשלות שיש לתמוך במערכות מסוג זה – מעניקים 30% מענק להתקנת מערכת סולארית לחימום מים. פעם ישראל הייתה מובילה במערכות לחימום מים ואנו רואים את התעשייה הגרמנית היום מובילה, ואנחנו מדשדשים אחריהם. תפקיד המדינה הוא לא להתחשבן על מחיר פרויקט זה או אחר. בפרויקט פיילוט אף אחד לא מוכן להיות מסבסד של מערכת שאנו לא מכירים. למרות מה שנאמר, אין ברחבי העולם הרבה בעלי ניסיון בפרויקטים סוג זה. לו היינו מוצאים מומחים ומזמינים שיתופי פעולה אני מניח שהיו מגיעים לכאן אנשים ונותנים מהידע שלהם. לא תצליח לעולם לבנות כאן תעשייה מתקדמת אם תסמוך רק על מאמצים שהיצרנים המקומיים יעשו בעצמם. חברות הן גוף מסחרי שייעודו להרוויח והמדינה, לצורך העניין, לא. חייבים להסיק כספי מדינה לפרויקטים כאלו על מנת לקבל דחיפה קדימה. אנו צריכים נציגים שיפנו למשרד האוצר ויסבירו להם את המשמעויות. תפקיד הרשות הממשלתית לעזור לנו לגייס תקציבים.

לנושא הערכת החיסכון - יש מערכות שמודדות טמפרטורה בשדה הקולטים ולפי זה ניתן להעריך מה שיעור האנרגיה המיוצר ולפי נתון זה להעניק סובסידיה. יש בהחלט פתרונות טכנולוגיים.

³ <http://rsmeans.reedconstructiondata.com> - Building Construction, Mechanical and Electrical cost data

בנוסף חשוב לציין כי אין מוסד אקדמי בישראל עם מסלול הכשרה סולארית. מי שמחפש מהנדס לתחום זה צריך להכשיר אותו בעצמו.

אברהם שיצר :

מעדכן כי לאחרונה הוגשה בקשה למועצה להשכלה גבוהה מאחד המוסדות בארץ, בנוגע לפתיחת מסלול הנדסת אנרגיה.

שמעון קליר :

כמה דוגמאות מרחבי העולם: כ- 400 איש עוסקים במו"פ בתחום האנרגיה הסולרית בגרמניה במוסד אחד בלבד.

בנורבגיה יש מספר ניכר של מערכות לחימום מבנים ומים בשיטת district heating. מתקנים מונה אנרגיה, ומעריכים את שיעור החיסכון באנרגיה. הממשלה מעניקה בתור מענק את החיסכון של השנה הראשונה באנרגיה.

נעם אילן :

קיווייתי שהפרייקט באילת יצא לדרך, וחבל מאוד שהוא לא יצא אל הפועל. אני מקווה שנאסוף את הכוחות ונצליח לקדם אותו. דרוש פרויקט לדוגמה כדי להביא את הרשויות להתרשם. אני מקווה לראות פריצת דרך, למרות שאינני מאמין שרשות החשמל תיתן פה סובסידיה.

אדי בית הזבדי :

אני ביצעתי חישוב שמראה שאם היו משלמים מחצית ממה שמשלמים לחשמל המיוצר בטכנולוגיית PV עבור פרויקטים של מיזוג אויר סולארי, זה היה הופך כל פרויקט לכדאי באופן ודאי רק מהתעריף, אפילו ללא סיבסוד.

נעם אילן :

האם לישראל יכולה להיות תרומה ברמת הפיתוח בתחום זה? אילו הייתה לנו טכנולוגיה ישראלית זה מן הסתם היה פותח לנו עוד אפשרויות מימון. השאלה האם זה תחום שבו יכולה להיות למדינת ישראל תרומה? האם הטכנולוגיה בשלה? אני שואל את זה גם מההיבט של קידום הפרויקט באילת והמשמעויות שלו וגם תחת הכובע של מעורבותי בהקמת המרכז הטכנולוגי באילת.

יורם גרוס :

הערה לצד הפוליטי – לא נוכל להתקדם אם לא יהיה שר בכיר שיהיה משוגע לעניין. חייבים לגייס לעניין מישוהו עם כוח פוליטי. אני לומד הרבה מההודים – מוקם שם כפר סולארי במימון משותף של חברת Thermax והממשלה. בנוסף יש פרויקט בעיר Nagpur שמיועד להגיע ל- 10% אנרגיה סולארית מכלל הצריכה של העיר. זו הצהרת כוונות ואני בטוח שיבוצע. בהודו מתקבלת החלטת ממשלה, יש להם מיינסטריין מיוחד לאנרגיות חלופיות, ומוודאים שהחלטות שהתקבלו ייושמו.

אדי בית הזבדי :

הממשלה ומשרד התשתיות הלאומיות מתכוונים להוריד את צריכת החשמל של המדינה ב- 20% בשנת 2020 (זאת על פי החלטת ממשלה). אנו מתכוונים להביא להתייעלות אנרגטית בכל המגזרים ולקדם משמעותית את נושא האנרגיות החלופיות, ולשם כך מתכוונים להעמיד קרן ובה סכום נכבד של כסף – מדובר על מאות מיליונים, כאשר הקרן תתחדש בכל שנה, ותעניק מענקים והלוואות רגילות או עומדות. הקרן מיועדת לקידום פרויקטים בתחום התייעלות אנרגטית או אנרגיות מתחדשות. כל מה שיוכח כי יכול להביא להפחתה בצריכת החשמל יזכה להעדפה. האוצר הוא שותף של משרד התשתיות הלאומיות בעניין הזה, ולא אבן נגף. אני חייב להביא את הנימה האופטימית.

אברהם ארביב :

אני מסכים עם האמירה שהכדאיות בפרויקטים של מיזוג אוויר סולארי גבוהה יותר מאשר בפרויקטים קלאסיים של PV. יש בעולם אופנה של תמיכה ממשלתית ב-PV, מדינות רבות עושות זאת ומדינת ישראל אינה יכולה להשתרך מאחור. אלו פרויקטים פשוטים למדידה, מדובר על חיבור קל לרשת ומנייה פשוטה. לפרויקטים האלו יש אופק של הורדת עלויות בתוך 10 שנים, וצפוי כי המחירים יצנחו לכמחצית מערכם כיום. בתחום המיזוג הסולארי אינני רואה אופק הוזלה. מכונות הספיגה והקולטים כבר שנים רבות באותו מחיר. אין שם אותו פוטנציאל. אם הפורום יכול להציע שיטה של מדידת התפוקות ללא התקנות סבוכות ותשתיות מוגזמות אנו נשמח להציע את זה. יש צורך להבין במה זה כרוך ומשרד התשתיות ישמח לבצע בדיקה.

השקעות בפרויקטי הדגמה ללא המשך מימון או סיבסוד סופם לגווע – מכיוון שאין תמריץ לתחזוקה לאורך זמן או למכירת החשמל אחר כך. נוצר מצב שבו אין המשך למענק הראשוני – זה לא מוביל לשום מקום. מהצד השני, הממשלה לא רוצה להיות מעורבת יותר מדי. בתחום הזה אין פרויקטים לאומיים עם השקעה ממשלתית של 80%. הממשלה מעוניינת להתוות את הכללים ולתת לשוק לעשות את שלו. אנו צריכים להסתגל למצב שבו ממשלות רוצות להשקיע מינימום, לסייע בקביעת כללים בלבד, וליצור תמריץ שאין יותר מדי צורך לפקח עליו. נצטרך להציע שיטה למדידת תפוקה או חיסכון, שתהיה סבירה וישימה. נצטרך להתרגל לעולם שבו הממשלה רוצה להיות מעורבת כמה שפחות מעבר לקביעת תקנים ותקנות. אנו צריכים להציע רק מה שמתאים לעולם הזה. תמריצים מקובלים כיום בעולם הם תעריף הזנה או מכסות. למשל, ניתן לחשוב על מנגנון שלפיו מי שמייצר חשמל מחוייב להקים בהתאמה מתקן לאנרגיה מתחדשת. דוגמא נוספת היא מנגנון סחר בגזי חממה וגם זה כנראה כבר הוכח כדרך שאינה בהכרח יעילה ונכונה.

גרשון גרוסמן :

אני חושב שביצועי מערכת מיזוג סולארית אפשר למדוד – מתקנים מונה רציף על המים הקרים ומחשבים כמה נחסך. אפשר אפילו לשלם לפי תעריף תעו"ז כי מפיקים את מירב הקירור בשעות של שיא ביקוש לחשמל. זו למעשה אנרגיה שהיא שוות ערך לחשמל וחברת החשמל צריכה לשלם למפיק. kWh של חשמל נחסך שווה יותר מ-kWh של חשמל מיוצר, שצריך להוליד אותו תוך כדי הפסדים.

תומר וואלך :

קיים בשוק מכשיר מדידת הספק סטנדרטי, עצמאי, עם צג, הידוע בשם "BTU METER". מכשיר זה מתאים למדידת הספקים ממערכות אשר "מייצרות" חום או קור. המכשיר מקבל חיווי משני חיישני טמפרטורה ומד ספיקה על קו המים; חיישני הטמפרטורה מודדים את טמפרטורת היציאה של המים הקרים המיוצרים ומבצעים השוואה לזו של המים החמים בכניסה (קו חוזר) למערכת הקירור. מדידת הפרש הטמפרטורה (DT) וקבלת נתונים ממד הספיקה מאפשרים לחשב באופן ישיר את כמות האנרגיה המצטברת או הרגעית, בו זמנית ובאופן רציף. את תוצאות המדידה ניתן להעביר ישירות למחשב באמצעות ממשק מתאים, או באמצעות מודם סולארי למרחק גדול יותר. זו מדידה מקובלת ונפוצה והמכשיר קיים בשוק ואף אינו יקר.

לחילופין ניתן לחבר שני חיישני טמפרטורה ומד ספיקה באותה הקונפיגורציה, ישירות לכל בקר או מחשב תעשייתי; את הנתונים המתקבלים בכניסת הבקר/מחשב ניתן לעבד באמצעות אותה הנוסחה למדידת ההספק אשר משמשת את מכשיר ה-BTU הני"ל. בדרך זו ניתן להתחבר לכל מערך מחשוב סטנדרטי בתעשייה ולחסוך את עלות ה-"BTU METER".

אברהם בכר :

בהתייחס לדברי אברהם ארביב שדבר על אופק של הוזלה – אם יבואן מביא רק מכונה אחת ברור שאין אופק הוזלה. האופק עשוי להיות מערכתי ולא ברכיבים הבודדים. אם יהיה בארץ נפח משמעותי של התקנות נראה גם הוזלה. צריך לעשות עבודה שתגדיר איך מתמחרים עלויות של מיזוג אוויר סולארי לא רק בפועל אלא כולל העלויות סביב – כמה נחסך, כמה שווה כל טון קירור שמיוצר במערכת זו.

שמעון קליר :

במערכות אנרגיה בסקנדינביה – מודדים רק פעם אחת בתום שנה מתחילת הפעלת המערכת. מחשבים ערך כספי של האנרגיה שיוצרה על פי ממוצע דלקים ונותנים מענק פעם אחת בלבד. מה שחסכת – קיבלת כמענק.

צריך להיות ברור כי אין דרך אחרת פרט להתייעלות אנרגטית. באירופה – התחבורה צורכת 27% מהאנרגיה. התעשייה (ללא חימום חללים) – פחות מ 20%. אירופה לא תוכל לעולם להגיע ליעד שהציבה לעצמה, של 20% הפחתה בצריכת האנרגיה - ללא הפחתה משמעותית באנרגיה הנצרכת לצורך חימום חללים. מדובר על מערכות תרמיות לחלוטין, ואין שום סיבה לחמם אחרת. בישראל, לעומת זאת, אין מנוס אלא להפחית את מיזוג האוויר וצריכת החשמל שלו.

גרשון גרוסמן :

נתוני הלמ"ס ומשרד התשתיות מצביעים על חיסכון למשק של 725 אלף שווה-ערך טון נפט בשנה ע"י חימום מים סולארי. שיא הביקוש לחשמל בישראל עבר זה מכבר מן החורף אל הקיץ וזה בגלל מיזוג האוויר.

פסח סיידל :

ברצוני להוסיף מידע אודות ייצור מחליפי חום. בתחום מכונות הספיגה – אנו מייצגים את חברת Broad מהמובילות בעולם, שייצרה עד היום 10,000 צילרים בתפוקות של מעל 1000 טון. בארץ הכנסנו בשנים

האחרונות מספר פרויקטים חשובים שחוסכים אנרגיה. יש כאן שוק פוטנציאלי רחב מאוד של חיסכון באנרגיה שאינו מיושם בצורה מלאה. לדוגמה - פרויקט שבוצע ב"עלית קפה" של מערכת רגנרציה של אנרגיה, אשר מביא לחיסכון של 2 מיליון דולר בשנה, כתוצאה מביטול השימוש בסולר ומעבר לדוד קיטור, בו חלק מהקיטור מיוצר על ידי שריפה של פולי קפה אחרי המיצוי. גם את הקור אנו מייצרים מעודפי חום. פרויקט סולארי בצענו בשיתוף פעולה עם שמעון קליר, כפי שתיאר בדבריו. לדעתי כדאי היה להרחיב את נושאי הדיון בפורום, ולדון בנושא חיסכון באנרגיה בכלל. מניסיוני במפעלים רבים זה פשוט מאוד לחסוך משמעותית, אולם יש מהנדסי אחזקה שלא יודעים, לא מתמצאים ומפחדים לעשות שינוי. הם פוחדים מהשקעה משמעותית שלא תצליח. אילו הייתה "אנרגית אקטיבציה" בדמות מענקים או מימון התחלתי – או אפילו רק השתתפות בסיכון – אני בטוח שזה היה מניע את החיסכון.

אברהם ארביב:

באתר הרשות לשירותים ציבוריים חשמל מוצגים לשימוע התעריפים המוצעים לתחנות כוח סולאריות תרמיות. בכוונתם לאפשר היברידיזציה עם שימוש בדלק עד 2%. מדוע כל כך מעט? כי המחשבה היא שאין מי שיפקח על השימוש בדלק.

דן שגיא :

דברנו בעיקר על מערכות גדולות המיועדות לצרכנים מוסדיים. יש לזכור כי חלק גדול מן הצריכה למיזוג אוויר היא בבתי מגורים. המערכות הגדולות מהוות שוק קל יותר, אבל התאמה לבתים פרטיים חשובה גם כן. יש לייצר מערכות קטנות המתאימות לטפל בצריכה של בית פרטי.

פרק 5: סיכום והמלצות

מיזוג אוויר בישראל הינו אחד הצרכנים העיקריים של אנרגיה ראשונית בכלל ושל חשמל בפרט, ואחראי לכ-30% מתצרוכת החשמל הלאומית. לא זו בלבד, אלא שצריכת החשמל למיזוג אוויר גורמת לשיאי ביקוש המביאים את חברת החשמל עד לקצה גבול יכולת האספקה שלה, במיוחד בשעות הצהריים של ימי הקיץ החמים.

בעזרת טכנולוגיה מתאימה, מיזוג אוויר סולארי יכול להקל באופן משמעותי, אם לא לפתור לגמרי את הבעיה. בניגוד ליישומים אחרים של אנרגיית השמש כגון חימום מים וחימום מבנים, הביקוש הגדול ביותר לקירור מתרחש כאשר קרינת השמש היא החזקה ביותר, ולכן השימוש באנרגיית השמש למיזוג אוויר מתאים במיוחד.

מערכות מיזוג אוויר סולארי מבוססות בדרך כלל על משאבות חום ספיגה, שמקור האנרגיה לפעולתן הוא חום (בניגוד לחשמל במערכות דחיסת אדים). במחזור ספיגה חד-שלבי ניתן להשיג מקדם ביצוע (COP) של כ-0.7 בטמפרטורת אספקת חום של כ-90 מ"צ, שניתן להשיגה בעזרת קולטים שטוחים. קולטים מסוג זה מצטיינים ביתרונות רבים וביניהם ניצול מלוא הקרינה (גם ישירה וגם מפוזרת) ללא צורך בעקיבה, אחזקה מינימאלית ומחיר זול יחסית. לעומתם יש המציעים להשתמש במחזור ספיגה דו-שלבי בו ניתן להשיג מקדם ביצוע של כ-1.2 אך בטמפרטורת אספקת חום של לא פחות מ-130 מ"צ. טמפרטורות אלה דורשות קולטים משוכללים ויקרים יותר מקולטים שטוחים, אם כי בשטח קטן יותר, וכן יותר תחזוקה. יש לבדוק בכל מקרה האם יש לכך הצדקה כלכלית.

מערכת מיזוג אוויר סולארי צריכה להיות מצוידת במערכת אגירה ו/או גיבוי. שימוש בשדה הקולטים המשמש כמקור החום בקיץ לצורך חימום בחורף ישפר את כלכליות המערכת. יש עדיפות כלכלית למערכות כאלה אצל צרכנים הצורכים מיזוג ו/או חימום על פני רוב ימות השנה, כגון בתי חולים.

ישראל הייתה חלוצה בפיתוח וביישום מערכות מיזוג אוויר סולארי. עוד בשנות ה-80 הוקמה ופעלה בהצלחה בבית החולים תל-השומר מערכת מיזוג אוויר סולארי בתפוקה של 200 טון קירור, בין הגדולות מסוגה שנבנו אי פעם בעולם כולו. למרבה הצער לא הייתה המשכיות לפיתוח וליישום טכנולוגיה זו וכיום אין לישראל יתרון יחסי אפילו על פני מדינות בהן רמת קרינת השמש והדרישה למיזוג אוויר נמוכה במידה ניכרת מזו שבישראל.

משתתפי הפורום תמימי דעים כי ללא תמיכה ממשלתית בדומה לזו הניתנת למערכות PV לייצור חשמל – אין תקומה בעת הזו לפרויקט מיזוג אוויר סולארי. חישובים מראים כי תמיכה במיזוג אוויר סולארי חוסכת יותר למדינה ויעילה יותר למשק מאשר התמיכה הניתנת ל-PV, בה מדינת ישראל הולכת בעקבות מדינות אחרות בעולם, ולא מן הסיבות הנכונות. לא זו בלבד, אלא שבעידוד מיזוג אוויר סולארי נעודד טכנולוגיה ישראלית ואילו בתמיכה ב-PV אנו תומכים בייבוא מסין ומיפן.

אחת הבעיות שהועלו לגבי התמיכה הממשלתית היא כי כדי לתמוך צריך למדוד את התפוקה. תפוקת חשמל מיוצר – כגון ע"י PV - קל למדוד, ואילו תפוקת מיזוג אוויר סולארי המתורגמת לחיסכון בחשמל נתפסת כקשה למדידה. תפיסה זו אינה נכונה, ובפורום תוארו טכנולוגיות פשוטות למדי המאפשרות מדידת אנרגיה נחסכת, והובאו דוגמאות ממתקני district heating בנורבגיה וכדומה.

המלצות:

1. מומלץ להכין תחשיב של ההשקעה הנדרשת במערכת מיזוג אוויר סולארי אופיינית, הוצאות תפעולה והחיסכון הצפוי, ברמת פירוט גבוהה (עד כדי כתב כמויות). מסמך זה, שיעבור בדיקה והערכה ע"י מומחים, יהווה בסיס לדיונים עם קבלנים לביצוע, ועם רשויות המדינה לצורך תמיכה אפשרית.

2. מומלץ להכין הצעה לתמיכה ממשלתית במתקני מיזוג אוויר סולארי באמצעות הרשות לשירותים ציבוריים חשמל ו/או משרד התשתיות שתהיה מבוססת על החיסכון המתואר במסמך שבסעיף 1. יש להשוות עם תמיכה הניתנת לטכנולוגיות אחרות, בעיקר PV, המשרתות פחות את מטרות המשק הישראלי, מן הסיבות שתוארו לעיל.

3. יש לפרט במסמך שיטות למדידה של החיסכון, בדומה למדידות הנעשות באופן שגרתי במערכות אנרגיה במדינות סקנדינביה, כפי שתואר לעיל. מסמך זה יהווה בסיס להתקנת מערכת מדידת חיסכון בכל מערכת הזוכה לתמיכה ממשלתית.

4. יש מקום לבחון את תעריפי התעו"ז הקיימים, שכן כיום הם מגבילים את כדאיות התקנת מערכות מיזוג סולאריות.

5. מומלץ לבנות פרויקט הדגמה, אחד או יותר, מתוך הבנה כי תינדרש תמיכה מוגדלת לפרויקט הראשון, כדי להקטין את הסיכון על היזם. בפרויקט זה תותקן מערכת מדידה למעקב מפורט אחר הביצועים.

6. יש להכשיר כוח אדם טכני והנדסי לתכנון, בניה ותפעול של מערכות סולאריות בכלל ומיזוג אוויר סולארי בפרט.

נספח 1 – תכנית פורום אנרגיה: מיזוג אוויר סולארי בישראל

	פתיחה	13: 00-13: 10
	מר אדי בית הזבדי, משרד התשתיות הלאומיות – אגף שימור אנרגיה	13: 10-13: 20
	פעילות משרד התשתיות בתחום מיזוג אוויר סולארי	
	מר רפי אהרוני, אסא אהרוני מהנדסים יועצים בע"מ	13: 20-13: 30
	סטטוס נוכחי של פרויקטים בביצוע	
	מר יואל הרשקוביץ, עיריית אילת	13: 30-13: 40
	מערכת תרמו- סולארית לייצור מיזוג אוויר – פיילוט בעיר אילת	
	מר יורם גרוס, Wanson (Wansil) LTD	13: 40-13: 50
	מיזוג אוויר סולארי – ניסיונה של חברת THERMAX בהודו ובאירופה	
	ד"ר משה הירש, אנקונסול בע"מ	13: 50-14: 00
	מגמות במיזוג אוויר סולארי בישראל לאור ניסיון העבר	
	ד"ר חאלד גומיד, הטכניון – הפקולטה להנדסת מכונות	14: 00-14: 10
	מיזוג אוויר סולארי המבוסס על מערכת ספיגה במחזור פתוח	
	מר אברהם בכר, Zenith Solar LTD	14: 10-14: 20
	קירור סולארי ו- CPV	
	הפסקה	14: 20-14: 40
	דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות:	14: 00-14: 10
	<ul style="list-style-type: none"> • מהם המכשולים (טכנולוגיים, כלכליים, רגולטוריים) המונעים התקנות מיזוג אוויר סולארי בישראל? • מהם הצעדים שעל הממשלה לנקוט כדי לזרז החדרת מיזוג אוויר סולארי בישראל? 	
	סיום	17: 00



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

טל. 04-8292329, פקס 04-8231889

קרית הטכניון, חיפה 32000

www.neaman.org.il