



# ביומסה לאנרגיה בישראל



סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 31



## אודות מוסד שמואל נאמן

מוסד שמואל נאמן הוקם בטכניון בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל (סם) נאמן והוא פועל להטמעת חזונו לקידומה המדעי-טכנולוגי, כלכלי וחברתי של מדינת ישראל.

מוסד שמואל נאמן הוא מכון מחקר המתמקד בהתווית מדיניות לאומית בנושאי מדע וטכנולוגיה, תעשייה, חינוך והשכלה גבוהה, תשתיות פיסיות, סביבה ואנרגיה ובנושאים נוספים בעלי חשיבות לחוסנה הלאומי של ישראל בהם המוסד תורם תרומה ייחודית. במוסד מבוצעים מחקרי מדיניות וסקירות, שמסקנותיהם והמלצותיהם משמשים את מקבלי החלטות 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 מוצגת באתר האינטרנט של המוסד. בנוסף מסייע מוסד שמואל נאמן בפרויקטים לאומיים דוגמת המאגדים של משרד התמי"ס - מגני"ט בתחומים: ננוטכנולוגיות, תקשורת, אופטיקה, רפואה, כימיה, אנרגיה, איכות סביבה ופרויקטים אחרים 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' עמרי רנד.

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

טלפון : 04-8292329, פקס : 04-8231889

כתובת דוא"ל : [info@neaman.org.il](mailto:info@neaman.org.il)

כתובת אתר האינטרנט : [www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il)

# ביומסה לאנרגיה בישראל

סיכום והמלצות דיון

פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן

הטכניון

מיום 4.3.2014

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

עידן ליבס

יוני 2014

---

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:

מר	אביעזר	ירון	א. אגרינכימי בע"מ
מר	אגמון	עודד	הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל
פרופ'	אילון	אופירה	מוסד שמואל נאמן
ד"ר	ארביב	אברהם	מכללת אפקה להנדסה
ד"ר	בונשטיין	ענת	משרד רה"מ, מנהלת תחליפי נפט
פרופ'	גלזר	איתמר	משרד החקלאות, מכון וולקני
פרופ'	גרוסמן	גרשון	הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון, ומוסד שמואל נאמן
ד"ר	גרינהוט	צפריר	משרד החקלאות
מר	הרצוג	רענן	יוניברב
מר	זיו	יוסי	ואוליה בע"מ
ד"ר	חלף	ברכה	משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, לשכת המדען הראשי
מר	יהושע	נחום	משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, מינהל הדלק והגז
מר	כץ	אילן	חץ אקולוגיה והנדסה
ד"ר	לב-און	מרים	The Levon Group LLC
ד"ר	לב-און	פרי	The Levon Group LLC
מר	ליבס	עידן	מוסד שמואל נאמן
מר	מושל	אבי	יועץ למשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, המדען הראשי
ד"ר	מצגר	אריאל	חברת החשמל, מגזר איכות סביבה
רו"ח	מרום	דניאל	משרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים, תכנון וכלכלה
ד"ר	מרמור	עמית	נשר בע"מ
ד"ר	פארן	אילן	משרד החקלאות, מכון וולקני
ד"ר	צדיקוב	אילן	המשרד להגנת הסביבה
ד"ר	קרן	בני	מהנדס ראשי אנרגיות מתחדשות, רפא"ל
מר	רוטלר	יואב	משרד רה"מ, מנהלת תחליפי נפט

## הבעת תודה

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



## תוכן העניינים

### עמוד

4	תקציר מנהלים
6	פרק 1 : הקדמה
7	פרק 2 : רקע
8	פרק 3 : מידע בנושא : ביומסה לאנרגיה בישראל
17	פרק 4 : דיון
25	פרק 5 : סיכום ומסקנות
26	פרק 6 : רשימת מקורות

### **נספחים**

נספח 1 : תכנית פורום אנרגיה : ביומסה לאנרגיה בישראל, 4.3.2014





## תקציר מנהלים

ביומסה הינו אחד המקורות לאנרגיה מתחדשת העומדים לרשות המשק. בניגוד לשריפת דלקים מאובנים (פוסיליים), אין שריפת הביומסה, באופן ישיר או עקיף, מייצרת עודף פחמן דו-חמצני (פד"ח) ואינה משנה את המאזן האקולוגי של כדור הארץ, שכן בעצם גידולה הטמיעה בפוטוסינתזה כמות זהה של פד"ח לזו שיצרה בשריפתה. לפי נתוני ה-U.S. Energy Information Administration, בעולם כולו מספקת הביומסה כ-4% מכלל האנרגיה, לצד 3% ממקורות הידרואלקטריים ו-6% ממקורות גרעיניים, בעוד 85% מסופקים מדלקים מאובנים – פחם, נפט וגז. כ-2% בלבד מסופקים ע"י שאר מקורות האנרגיה המתחדשת – שמש ורוח.

מקורות שונים לביומסה עומדים לרשותנו בישראל, בעיקר פסולת חקלאית ועירונית ובמידת מה גם פסולת תעשייתית: פסולת צמחית – גזם, פסולת פלסטיק, פרש ופגרים של בע"ח, פסולת עירונית אורגנית רקבובית ובוצות שפכים. בניצול הביומסה לאנרגיה ניתן פתרון לשתי בעיות גם יחד: גם נחסכת אנרגיה ראשונית וגם מסולק מפגע סביבתי.

הדרך הנפוצה ביותר לניצול ביומסה לאנרגיה הוא שריפה ישירה, כמובן באופן מבוקר, במתקנים תעשייתיים הדורשים חום או לצורך ייצור חשמל. דרך אחרת היא הפיכת הביומסה לביוגז בתהליכי עיכול, גסיפיקציה, פירוליזה וכדומה. הביוגז ניתן לניצול בדרכים שונות. ניתן לאגור ולשרוף אותו בתהליך נקי ומבוקר יותר מאשר בשריפה ישירה של הביומסה. לחילופין, ניתן לייצר ממנו ביו-דלקים להחלפת הדלקים הקונבנציונאליים.

השימוש בביומסה להפקת חשמל, הוכרה ע"י הרשות לשירותים ציבוריים חשמל כמקור אנרגיה מתחדשת ונקבעו תעריפים לעידוד השימוש בה. מבחינת השימוש לייצור חשמל, יש יתרון לביומסה על פני האלטרנטיבות של שמש ורוח בהיותה מקור אנרגיה רציף בדומה לפחם. למרות זאת, הנושא אינו מצליח להתרומם, אם כי מבחינה משקית יש תועלות גם למשק החשמל וגם למשק הפסולת ותועלות חיצוניות אחרות. ישראל נמצאת בפיגור רב אחרי מדינות OECD בניצול ביומסה, במידה רבה עקב הרגולציה שאינה מעודדת ואף מעכבת את יישומה. דו"ח של ה-OECD שיצא במרץ 2014 שם את ישראל במקום האחרון מבחינת הרגולציה. הנושא נופל בין הכיסאות של רשויות ומשרדי הממשלה. דרושה ראייה מערכתית רחבה שתיקח בחשבון את כלל ההשלכות.

### המלצות:

1. מומלץ להקים מנגנון תיאום בין הגופים הממשלתיים הנוגעים בנושא הביומסה שיכלול את משרדי האנרגיה והכלכלה ומשרד ראש הממשלה (מנהלת תחליפי דלקים) שתפקידם לעודד ולהרחיב את השימוש במקור אנרגיה מתחדש זה; המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות שתפקידם להטיל מגבלות מיחזור ולדאוג כי השימוש בפסולת ייעשה באופן אחראי מבחינה סביבתית ובריאותית (למשל הזנת בעלי חיים בפסולות כולל שמן משומש); משרד החקלאות שצריך לדאוג הן לטיפול בפסולות חקלאיות והן לשימוש בהן לצרכי החקלאות; משרד האוצר שצריך להקצות תקציבים מתאימים והקלות במיסוי ובבלו; ורשות החשמל שהיא הגוף שבסופו של דבר קובע את התעריפים שיכריעו את כלכליות הטכנולוגיות. נדרשת ראייה כוללת בנושא.

2. יש לעדכן את הרגולציה ולהגביר את הפיקוח והאכיפה בערוצי הפינוי שאינם כוללים מיחזור, כדי להגדיל את הכדאיות לטפל בפסולת באופן שיעודד את השימוש בביומסה. אחת הדרכים היא להגדיל היטלי הטמנה, ולנקוט עונשים כלפי מי ששופך פסולת (כגון שמן טיגון משומש) שלא במקומות המיועדים לכך.

3. יש לבחון את השימושים המתאימים ביותר לכל סוג של ביומסה ולכל יישום. שריפה משותפת של ביומסה עם דלקים אחרים (co-firing), בייצור חשמל ובתעשיות כגון תעשיית המלט, קרובה מאוד לכלכליות ברוב המקרים, כי שם מתקני השריפה כבר קיימים וההון כבר הושקע; לכן מומלץ לשקול אותה בכל מקרה שהיא עשויה להיות רלוונטית.

4. המינהלת הלאומית לקידום תחליפי נפט לתחבורה צריכה לעסוק גם בצד המדיניות ולבחון כיצד מאיצים את השימוש בביו-דלקים. חובת המהילה וחובת הייצור של שיעור מסוים של ביו-דלקים ע"י כל יצרן (כפי שמונהג בארה"ב) עשויות להוות כלים לקידום הנושא.

5. יש לבחון דרכים לעידוד פיתוח תעשיית הביומסה בארץ. השוק המקומי קטן אך קיים פוטנציאל ייצוא ניכר למדינות רבות בהן ראוי להפוך את הפסולת למשאב במקום לנטל. מכיוון שכך, צריכים מתקנים שיוקמו בישראל לשמש כהדגמה.

## 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 הדרן בנושא: ביומסה לאנרגיה בישראל, התקיים ב-4 במרץ 2014 בטכניון. השתתפו בו מומחים בתחום מהיבטיו השונים, וכן נציגים של הממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת ידע מקצועי ראשון במעלה בתחום משק האנרגיה בכלל, ובנושא ביומסה לאנרגיה בפרט.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא הדיון על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים אשר אושרו על ידם לפרסום נמצאות באתר מוסד שמואל נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. בפני משתתפי הדיון עמדו מספר שאלות, שהוכנו מראש, כמפורט בתכנית הפורום (נספח 1).

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי החלטות במטרה להביא אל סדר היום את מכלול השיקולים והפעולות הנדרשות על מנת לבחון את האפשרויות השונות לגבי ביומסה לאנרגיה בישראל.

## פרק 2: רקע

ביומסה הינו אחד המקורות לאנרגיה מתחדשת העומדים לרשות המשק. בניגוד לשריפת דלקים מאובנים (פוסיליים), אין שריפת הביומסה, באופן ישיר או עקיף, מייצרת עודף פחמן דו-חמצני (פד"ח) ואינה משנה את המאזן האקולוגי של כדור הארץ, שכן בעצם גידולה הטמיעה בפוטוסינתזה כמות זהה של פד"ח לזו שיצרה בשריפתה. בישראל ביומסה מספקת שיעור זניח בלבד מן האנרגיה הראשונית, במסגרת מספר מתקנים נקודתיים. לפי נתוני ה-U.S. Energy Information Administration, בעולם כולו מספקת הביומסה כ-4% מכלל האנרגיה, לצד 3% ממקורות הידרואלקטריים ו-6% ממקורות גרעיניים, בעוד 85% מסופקים מדלקים מאובנים – פחם, נפט וגז. כ-2% בלבד מסופקים ע"י שאר מקורות האנרגיה המתחדשת – שמש ורוח.

מקורות שונים לביומסה עומדים לרשותנו בישראל, בעיקר פסולת חקלאית ועירונית ובמידת מה גם פסולת תעשייתית: פסולת צמחית – גזם, פסולת פלסטיק, שמן מינרלי משומש, פרש ופגרים של בע"ח, פסולת עירונית אורגנית רקבובית ובוצות שפכים, שמנים צמחיים משומשים ושמנים מן החי. בניצול הביומסה לאנרגיה ניתן פתרון לשתי בעיות גם יחד: גם נחסכת אנרגיה ראשונית וגם מסולק מפגע סביבתי.

הדרך הנפוצה ביותר לניצול ביומסה לאנרגיה הוא שריפה ישירה (לעיתים היא בעייתית עקב פליטת גזי השריפה הכוללים זיהומים שונים המחייבים טיפול), כמובן באופן מבוקר, במתקנים תעשייתיים הדורשים חום או לצורך ייצור חשמל. דרך אחרת היא הפיכת הביומסה לביוגז בתהליכי עיכול, גסיפיקציה, פירוליזה וכדומה. הביוגז ניתן לניצול בדרכים שונות. ניתן לאגור ולשרוף אותו בתהליך נקי ומבוקר יותר מאשר בשריפה ישירה של הביומסה. לחילופין, ניתן לייצר ממנו ביו-דלקים להחלפת הדלקים הקונבנציונאליים. דרך נוספת המקובלת בעולם היא ניצול שמנים משומשים מהצומח ומהחי לייצור ביודיזל.

### פרק 3: מידע בנושא: ביומסה לאנרגיה בישראל

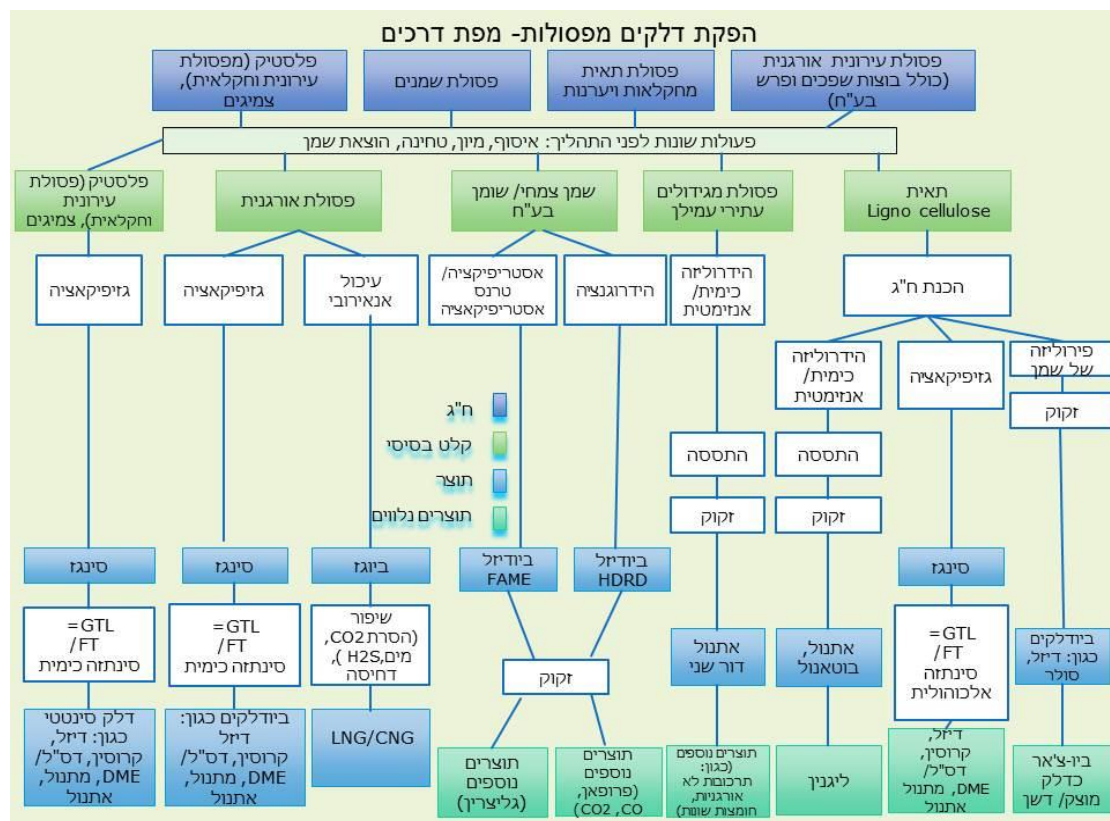
בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. קבצי המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגים, כאמור, באתר של מוסד שמואל נאמן (<http://www.neaman.org.il/>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו הסדר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

#### פרופ' אופירה אילון, מוסד שמואל נאמן שילוב תחליפי נפט מבוססי פסולת במערך התחבורה בישראל

נפרס כאן טפח של עבודות אותן אנו מבצעים עבור משרד האנרגיה והגנת הסביבה בנושא הטיפול בפסולות.

מנהלת תחליפי הנפט מחפשת כיוונים להשקעה בתחומים באמצעותם ניתן להפחית את התלות של ישראל והעולם בנפט. העבודה להלן עוסקת בדלקים מפסולות, כאשר המיקוד, בהקשר לפורום זה, הוא בפסולת פריקה אורגנית בלבד. היעד הוא הזנת 60% משימושי הדלקים בישראל ע"י תחליפים, כאשר 10% מגיעים מביו-דלקים. מתוכם, עבודתנו מתמקדת בפסולות כמקור דלק.

#### תרשים 1 - מפת דרכים להפקת דלקים מפסולות



ישנן הגדרות שונות לדורות הביו-דלקים – אנו מתמקדים בדור השני: הפקת דלקים כגון אתנול וביודיזל מפסולת צלולה צמחית ופסולות שמנים. ישנו מגוון רחב של טכנולוגיות ייצור ותוצרי דלקים אפשריים. בתרשים 1 ניתן מיפוי הנתיבים שביצענו.

בעבודה בוצע מיפוי של כמויות הפסולות (עם וללא מגבלת המיחזור של המשרד להגנת הסביבה), הקצאת הפסולת לפי הטכנולוגיות הרלוונטיות, ריכוז מידע לגבי מקדמי תפוקה ולבסוף ניתוח כלכלי למציאת הפוטנציאל להפקת דלק. העבודה למשרד הגני"ס מציגה ניתוח Top-Down, והעבודה למשרד האנרגיה מנתחת זאת מכיוון Bottom-Up.

מבחינת היצע הפסולות, ניתן לראות את ההבדל בכמויות הזמינות בעקבות מדיניות הגני"ס – זו המדיניות הנוכחית בלבד, וניתן לשקול לשנותה. התהליך המוצג הוא בטכנולוגיה של תסיסה אנאירובית, שתוצריה ביוגז שלבסוף מומר ל-CNG (גז טבעי דחוס). ע"מ להפוך את הביוגז ל-CNG יש צורך בתהליכי ניקוי הכרוכים בעלות נוספת. תשתית התדלוק לא נלקחה בחשבון, כלומר ההנחה היא כי משתמשים בתשתית הגז הקיימת. באופן כללי, ניתן לומר שבראייה רחבה יש עדיפות לייצור של חשמל על פני המרה לדלקים.

#### טבלה 1 - הפקת CNG מפסולת ביומסה

תתי זרמים	סך היצע (אלפי טון בשנה)	היצע לאחר מדיניות משרד הגני"ס (אלפי טון בשנה)	מקדם תפוקה - כמות ביומתאן (98% מתאן) (מ"ק / טון פסולת)	סה"כ כמות ביומתאן (אלפי מ"ק בשנה) - לאחר מדיניות משרד להגני"ס	סה"כ כמות ביומתאן (אלפי מ"ק בשנה) - סה"כ
פסולת עירונית אורגנית רקבובית	960	960	135	129,600	129,600
פרש בקר יבש / פרש לולים	1,900	1,100	112.48	123,728	213,712
פרש בקר רטוב	2,800	560	17.5	9,800	49,000
בוצות שפכים	330	330	12.59	4,155	4,155
סה"כ פסולת רטובה אורגנית	5,990	2,950			
סה"כ כמות ביומתאן (אלפי מ"ק בשנה)				267,283	396,467

לאחר הכפלה במקדם ההמרה של הביומתאן- הפסולת האורגנית הרקבובית מסוגלת לספק כ-323 אלף שעט"ן (כ-5.5%) תחת תרחיש ההקצאה המקסימלי וכ-218 אלף שעט"ן (3.7%) לאחר הפנמת מדיניות המשרד להגנת הסביבה (האחוזים הם מסך צריכת הדלקים לתחבורה בשנת 2013, העומדת על כ-5,789 אלפי שעט"ן).

מסלול נוסף שנבחן הוא מסלול הגזיפיקציה, בו מייצרים אתנול, מתנול, או (BTL Biomass to Liquid). גם כאן מדיניות משרד הגני"ס מורידה את הפוטנציאל.

בגזיפיקציה לאתנול מגיעים ל-5.7 שווה-ערך (שווי"ע) לליטר בנזין, בייצור מתנול ל-3.6 שוו"ע לליטר בנזין, ו-7.1 שוו"ע למ"ק גז. התובנות:

1. בעולם משתמשים בפסולות בעיקר להפקת חשמל וחום
2. מבחינת מחקר - הפיכת פסולת לדלק לתחבורה נמצאת בתחילת הדרך
3. הניקוי וההתאמה למערכות הקיימות דורשת תשומות וכסף
4. חסרה התמונה הכוללת של עדיפויות לטיפול בפסולות - האם מבחינה משקית יש עדיפות למיחזור הפסולת, הפקת חשמל ממנה, אנרגיה (לדוגמא, שימוש בפסולת כחומר דלק בכבשני מלט) או שעדיפה חלופת ההטמנה.

### **ד"ר אילן צדיקוב, המשרד להגנת הסביבה (בשיתוף עם ד"ר צפירי גרינהוט, משרד החקלאות) פסולת חקלאית כביומסה להפקת אנרגיה**

זה כמעט כשנה שמשרד החקלאות ומשרד הגנים עובדים במשותף על נושא הפסולת החקלאית, במטרה לקבוע מדיניות לטיפול וע"מ להקצות את האמצעים הנדרשים.

אנו מזהים ארבעה זרמים לפסולת חקלאית: פסולת צמחית – גזם, פסולת פלסטיק, פרש בע"ח, ופגרים של בע"ח. לצורך הדיון בביומסה רלוונטי זרם הפסולת הצמחית וזרם פסולת בע"ח.

הערכת הכמויות של פסולת צמחית היא סביב 840,000 טון בשנה – חלקה מגיע ממטעים, חלקה מבתי צמיחה (חממות ובתי רשת). לפסולת הצמחית נקבעו יעדי שימוש עפ"י מדיניות משרדי החקלאות והגנת הסביבה:

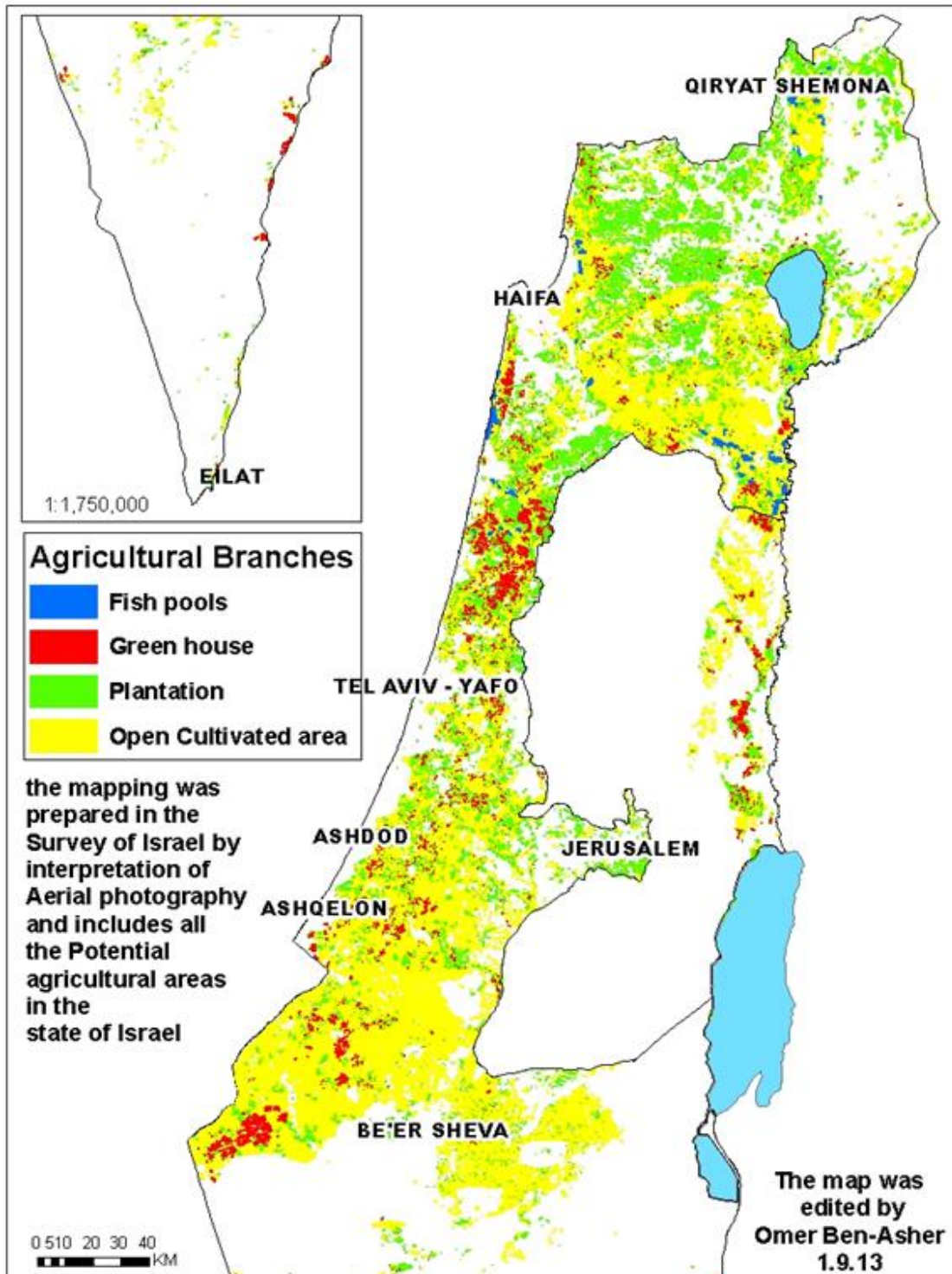
- גזם מטעים הנוצר מידי שנה – יעד סילוקו הוא לשימוש במטע עצמו כחיפוי קרקע, ולא לאנרגיה. גזם זה הולך גם לאתרי קומפוסט כ-Bulking Agent, המאפשר את יצירת המרקם הרצוי לקומפוסט.
- פסולת בתי צמיחה – כיום אינה בשימוש, מלבד מיזמים מקומיים במשקים להזנת בע"ח וכדומה. פסולת זאת מתאימה לקומפוסט, וגם להשבת ביומסה לאנרגיה. יש כיום מיזם של חברה גרמנית המייבשת ומייצאת כופתאות בדומה ל-RDF<sup>1</sup> ושולחת אותן לגרמניה.
- גדמים – כ-240,000 טון לשנה בממוצע, מסה עם ערך אנרגטי גבוה שהיום לרוב מגיע למפחמות מעבר לקו הירוק בהן הם הופכים לפחמים. ישנם מיזמים המעוניינים להקים תחנות כוח שיתבססו על גזם תמרים - כיום יש שני מתקנים המייצרים אנרגיה מביומסה עירונית (של חברת ואוליה) אך הם מייצרים קיטור ולא חשמל.

הערכת הכמויות של זבל בע"ח היא 8.5 מיליון מ"ק בשנה. זהו חומר הנוצר יום-יום בכל משק. יעדי הסילוק קובעים העדפה לחזרתו לקרקע כקומפוסט, אך גם להפקת אנרגיה בעיכול אנאירובי.

<sup>1</sup> RDF=Refuse Derived Fuel



## STATE OF ISRAEL - AGRICULTURAL CROPS





ישנה גם אפשרות להפקת אנרגיה בגזיפיקציה, אך היא נראית כרגע לא סבירה בשל לחות גבוהה בזרם. כרגע ישנם שלושה מתקני ביוגז מרכזיים לייצור חשמל מפרש בע"ח, בהיקף כולל של 8 מגה-וואט מתוך מכסה ארצית של 160 מגה-וואט. ישנם יתרונות סביבתיים רבים להפניית זבל בע"ח לייצור ביוגז, ביניהם גם יתרונות לסביבת בע"ח בשל הפינוי בתדירות גבוהה מבית הגידול וגם יתרונות כלכליים בהתאם לתעריף החשמל. החיסרון העיקרי הוא שבשל הרטיבות של החומר, ישנו תוצר של מי תסנין שהינו בעייתי לסילוק.

### אילן כץ, חץ אקולוגיה והנדסה הפקת ביוגז מאשפה עירונית

מטרתו העיקרית של הטיפול באשפה היא להפחית הטמנה. הכלי העיקרי לכך הוא היטל הטמנה היוצר את התמריץ להפחתה, אשר כיום עומד בארץ על כ-100 שקלים לטון. החלופות להטמנה כוללות תהליכי מחזור. הטיפול באשפה כרוך בהפרדת האשפה לחומרי גלם שונים, דבר הנעשה באופן ממוכן. ההפרדה במקור שהחלה להיכנס בשנים האחרונות לארץ יכולה להקל את הטיפול במתקני הקצה.

בהיבט העסקי, ישנה מדיניות לאומית ומעט תמיכה של המדינה, אך עיקר ההשקעות הן מצד היוזמים. חברת חץ אקולוגיה והנדסה עוסקת בעיכול אנאירובי רטוב, בשונה מטיפול יבש שהינו פחות נפוץ בשל קשיים בטיפול. חלופה אחרת היא קומפוסט – בחלופה זו לא מיוצרת אנרגיה והקומפוסט המופק מכיל לרוב שברי זכוכית שאינם עומדים בדרישות התקן, מסכנים את המשתמשים ואינם רצוי על ידי החקלאים.

### תרשים 3 - מקדמי תפוקה בייצור ביוגז



<sup>4</sup> Handreichung Biogas, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, 2006;

בהיבט הטכנולוגי, גם כאשר האזרחים מבצעים הפרדה במקור, האשפה עדיין מכילה הרבה מזהמים – כ-55% חומר אורגני (ע"פ סקר איגוד ערים דן לתברואה, 2013), ולכן נדרשים אמצעים נוספים ע"מ להגיע לחומר גלם איכותי יותר.

מקדם התנובה לפיו אנו עובדים הוא 100 מ"ק ביוגז לטון פסולת עירונית מוצקה (MSW - Municipal Solid Waste). ניתן להשתמש בביוגז זה לייצור חשמל; בעולם משמש הביוגז גם לייצור של CNG לשם תדלוק רכבים, בייחוד לשם תדלוק רכבי האשפה עצמם. תעריף החשמל מביוגז הינו כ- 67 לקוט"ש, בהתאם להחלטות רשות החשמל.

מבחינת ההיבט העסקי, מדובר על עסק כלכלי, אך תחת התניות – בנושא הקרקע, ההיתרים, הקמת המתקנים בהתאם לתמ"אות, כפילות אחריות של משרד הגנ"ס (מצד אחד טיפול באשפה ומצד שני עמידה בהיתרי הפליטות). בכדי להבטיח את הקמתו של מתקן טיפול באשפה במימון עצמי, יש צורך בהסכמים ארוכי טווח לאספקת אשפה. כאן הטכנולוגיה מספקת פתרון כולל בו ייצור האנרגיה מפסולת המזון הוא אחד המרכיבים, אך יש צורך בשוק שידע לקבל חומרי גלם ממוחזרים כדוגמת קרטון, פלסטיק ומתכות. לחלקם יש פתרון טוב, לחלקם בארץ אין שוק.

לתהליך ישנם מספר יתרונות: זהו פתרון סביבתי מלא ללא יצירת זיהום נוסף וללא חסרונות סביבתיים. הפסולת האורגנית היא מקור בר קיימא לאנרגיה ובאמצעות הטכנולוגיה להפרדת אשפה ועיכול אנארובי אנו הופכים את המטרד למשאב, ומפיקים אנרגיה בשיעור גבוה יחסית.

עיכול אנארובי של אשפה פותר את בעיית האשפה ביחד עם הפקת אנרגיה חליפית ירוקה ויכול לספק מענה לשני צרכים סביבתיים של המדינה. יישום של מתקנים אלו והרחבתם בארץ מותנה כיום במימון חוץ ממשלתי ובפעילות יזמית עסקית. לצורך הקמת מפעלים נוספים נדרשת תמיכה ממשלתית בעיקר מהיבטי ההכוונה הלאומית, עידוד הטכנולוגיה, הקצאת קרקע, מתן היתרים, פיקוח וכן גם תמיכה כספית בהקמת המתקנים.

#### **ד"ר עמית מרמור, נשר מפעלי מלט ישראליים בע"מ דלקים אלטרנטיביים בתעשיית הצמנט**

ייצור מלט הוא תהליך דו-שלבי: בשלב הראשון מיוצר קלינקר בכבשן בטמפ' של 1500 מ"צ. תוצר זה טוחנים בתוספת חומרים נוספים וכך נוצר מלט.

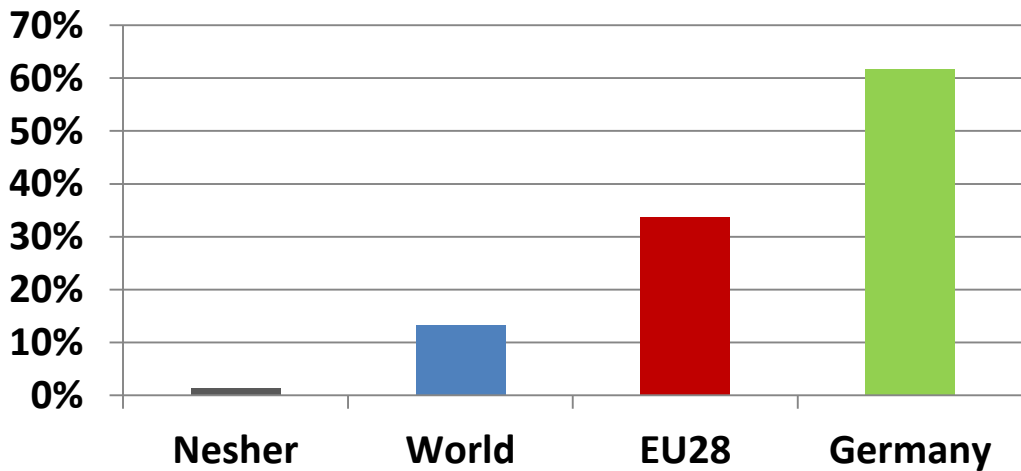
לחברת נשר שלושה אתרים, כאשר האתר הראשי ברמלה מייצר כ-3.9 מיליון טון קלינקר בשנה – מה שהופך אותו לאחד המפעלים הגדולים בעולם. בשנים האחרונות צריכת המלט בישראל במגמת עליה והצורך לספק את כל דרישות השוק חייב את החברה להישען גם על יבוא קלינקר שהוא חומר הגלם המרכזי. בעתיד, כדי לספק את השוק אין ספק כי תהיה הצדקה להקמת מפעל נוסף.

קיימות בתעשיית המלט – זו תעשייה עתירת אנרגיה, חומרי גלם ומשאבים. בעולם תעשייה זו אחראית ל-6% מפליטות גזי החממה, בארץ המצב דומה. התעשייה העולמית, ונשר בתוכה, עושה מאמץ להשתמש בחומרי דלק אלטרנטיביים. היתרונות הסביבתיים המרכזיים בהיבט של שימוש ב-RDF (דלק שמקורו בפסולת) הם הפחתת גז"ח, ניהול משאבים בר-קיימא, ומתן פתרון לבעיה סביבתית (שינוע והטמנת הפסולת); כל זאת ללא עליה בפליטות מזהמי אוויר. זה גם משתלם כלכלית, כך שיש כאן מצב של win-win, סביבה וכלכלה הולכים ביחד.

במפעלי מלט ישנם תנאים אופטימליים לשריפה המבטיחים שריפה מוחלטת של כל חומר אורגני, היות ומדובר בטמפ' גבוהות, עודף חמצן וזמן שהייה ארוך. מעבר לכך, ישנו מגע ישיר בין הלהבה וחומר הגלם (ייחודי לתעשייה זו, לא קיים בדוודי בעירה רגילים), כך שהכבשן למעשה מתפקד כ-scrubber ומרכיבים אנאורגניים ב-RDF נקלטים ומתקבעים בתוך הקלינקר. כל המפעל מתופעל ע"י מרכז בקרה משוכלל ביותר.

מבחינת ביצועים סביבתיים נשר עומדת בכל קנה מידה של ה CSI (Cement Sustainability Initiative) מבחינת פליטות של מזהמי אוויר וגז"ח, ואף נמצאת בחזית בחלק מהפרמטרים. שיעור השימוש בדלקים חליפיים בישראל עדיין נמוך יחסית לעולם (ראה תרשים 4), אך כעת, עם קבלת כל האישורים הדרושים ועם בניית מפעל ה-RDF בחירייה, שיעור זה צפוי לעלות בצורה משמעותית, ולהגיע ל-40% בעוד מספר שנים. במפעל עתידי שיוקם יהיה אפשר גם ביתר קלות להשתמש במקורות ביומסה שונים, כגון בוצות..

תרשים 4 - שיעור השימוש בדלקים חליפיים בתעשיית הצמנט



## ד"ר ענת בונשטיין, התכנית הלאומית לתחליפי דלקים

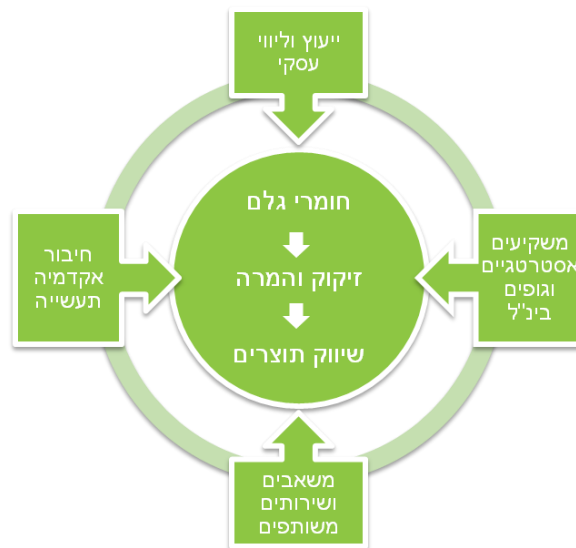
### מרכז לאומי לייצור ביו-דלקים בישראל

דברנו על ניצול פסולת לייצור לחשמל – אני אתמקד בהיבט הדלקים לתחבורה.

המנהלת לתחליפי דלקים במשרד ראש הממשלה הוקמה בשנת 2011 בעקבות שלוש החלטות ממשלה. המנהלת עובדת בשיתוף עם תשעה משרדי ממשלה ופעילויותיה מתואמות עימם. יעדי התכנית הם: (1) הפחתה משמעותית בחלקו של הנפט בסקטור התחבורה בישראל בכ-60% עד 2025; (2) הפיכת ישראל למרכז ידע מחקר ותעשייתי מוטה טכנולוגיה בתחום תחליפי הנפט; (3) הפצת החזון והידע בעולם תוך יצירת שת"פ לצורך האצת קצב ההתקדמות העולמי בתחום תחליפי הנפט לתחבורה.

אחד הנושאים אותם אנו מנסים לבחון במנהלת הוא הקמה של מרכז לאומי לייצור ביו-דלקים, שיהווה פלטפורמה לריכוזם של גורמים מהארץ והעולם הפעילים בתחום הביו דלקים ומצויים לאורך שרשרת הערך כך שכל הגורמים ייהנו מהערך המוסף שהמרכז יציע בהתאם לצרכיהם. זהו רעיון פנימי שעלה במנהלת ובצוות הבין משרדי, ואנו כעת בוחנים את הצורך בהקמתו.

### תרשים 5 – מרכז לאומי לייצור ביו-דלקים



התועלות הפוטנציאליות של מרכז שכזה הן:

- בדיקת היתכנות טכנולוגית וכלכלית
- אינטגרציה אופקית ואנכית
- גישה למגוון טכנולוגיות השלבים שונים של שרשרת הערך:
- מפתח טכנולוגית המרה יהיה חשוף למגוון חומרי גלם
- יצרני חומרי הגלם יוכלו לבחון יכולת המיצוי דרך מגוון שיטות המרה
- משאבים ושירותים משותפים: מעבדות בדיקה, קרקע, מים וכו'

- חיבור אקדמיה/תעשייה
- חשיפה חברות בינלאומיות בתחום
- חשיפה למשקיעים אסטרטגיים
- ייעוץ עסקי וליווי כלכלי
- מרכז הדגמה

נשמח לקבל משוב מהפורום לגבי נושא זה.

**ד"ר פרי לב-און, The LEVON Group, LLC**

**U.S. Department of Defense (DoD): Greening Operations with Biomass Energy**

אנו נתייחס למה שקורה ב-DoD (Department of Defense) - משרד ההגנה האמריקאי בנושא.

הזרועות השונות של ה-DoD משתמשות ביותר אנרגיה מאשר כ-100 מדינות יחד – 3.8 מיליארד קוואט"ש של חשמל ו-120 מיליון חביות נפט בשנה, שהינם שווי-ערך לצריכה שנתית של 27.7 מיליון טון נפט (TOE). המשרד מוציא כ-20 מיליארד דולר בשנה על אנרגיה באופן ישיר, מתוכם 75% על דלקים והיתר על מתקנים ותשתיות.

**תרשים 6 - מרכיבי תוכנית הקיימות של משרד ההגנה האמריקאי**



חדירתן של טכנולוגיות נקיות למשרד ההגנה האמריקאי היא בעקבות חקיקה, מדיניות לאומית ובינלאומית. המשרד משקיע למעלה מ-75 מיליארד דולר בשנה בטכנולוגיות ירוקות – כך שהינו מהווה גורם משמעותי בהשקעות בתחום. תכנית הפיתוח בר-קיימא עוסקת בהפחתת השימוש בדלקים, ייעול אנרגיה במבנים, אנרגיה נקייה ועוד (ראה תרשים 6).

הצו הנשיאותי מ-2007 מחייב את הרשויות הפדרליות להפחית את השימוש שלהן באנרגיה ב-3% בשנה או 30% עד 2015 (לעומת שנת הבסיס 2003) ולהוריד את צריכת הדלקים לתחבורה ב-2% בשנה עד 2015 (לעומת שנת הבסיס 2005). צו נשיאותי נוסף מ-2009 מחייב עמידה ביעדי הפחתת פליטות, הפחתת צריכת אנרגיה במבנים ודלקים ברכבים תוך שימוש בחידושים החל מ-2020. החקיקה הפדרלית מחייבת הפחתת צריכת שימוש באנרגיה במבנים ב-30% עד 2015, וחוק התקציב מחייב את משרד ההגנה לרכישת 25% מצריכת האנרגיה שלו במתקנים ממקורות מתחדשים, החל מ-2025.

בצבא היבשה (Army) הוגדרו מטרות כלליות, בהן הפחתת צריכת אנרגיה, הגדלת התייעלות אנרגטית, הגדלת השימוש באנרגיה ממקורות מתחדשים, הבטחת זמינות אספקת האנרגיה והפחתת ההשפעות השליליות על הסביבה. כמו כן הוגדרו מטרות ספציפיות – הגעה ל-5 מתקנים שהם "Net Zero" עד 2020, ו-25 מתקנים נוספים עד 2030.

בחיל הים (Navy) הוגדרו יעדים של התייעלות אנרגטית ברכש, צי ימי "ירוק" ("Great Green Fleet") בהתבסס על ביו-דלקים והנעה גרעינית, הפחתת 50% מצריכת הדלקים בצי המסחרי עד 2015, ויעדים לשנת 2020 הכוללים לפחות 50% מצריכת האנרגיה במתקני החוף ממקורות חליפיים. 50% מהמתקנים יהיו "Net Zero" ו-50% מסך צריכת האנרגיה ממקורות חליפיים.

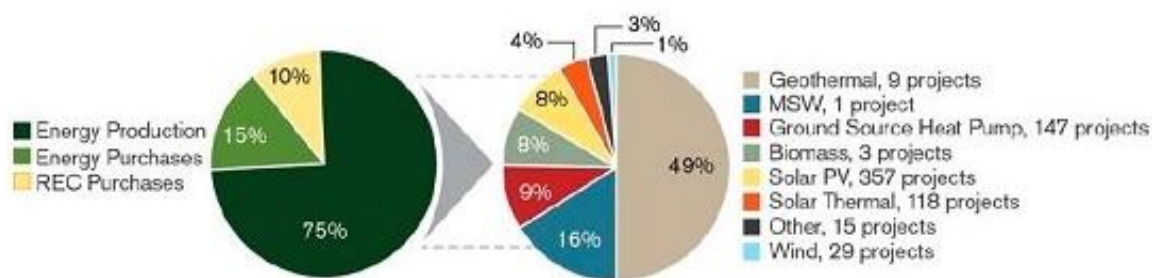
בחיל האוויר (Air Force) נקבעו יעדים כלליים דומים, כאשר מקווים שם שעד 2016 50% מהדלקים התעופתיים יגיעו ממקורות חליפיים. ישנו כעת תהליך פיתוח של סטנדרטים וספציפיקציות לדלק סילוני חליפי.

הנקודות החשובות ביישום השימוש בדלקים חליפיים הינן שעל כל חלופה –

- להיות "Drop-in", דהיינו שאינה מצריכה התאמות במנועים הקיימים
- להיות תחרותית (Cost competitive) ביחס לדלקים קונבנציונליים
- להגיע ממקורות שהינם יבולים שאינם מזון
- להיות בעלת פליטות גזי-חממה שוות או נמוכות לאלו של הדלקים הקונבנציונליים לאורך מחזור החיים.

רוב יוזמות ה-DoD קיבלו תמיכה רחבה וההערכה היא שיעדיהן יושגו.

## תרשים 7 - מקורות האנרגיה של ה-DoD לפי טכנולוגיות, 2020 (מתוכנן)



לסיכום, החוק הפדרלי דורש ש-25% מרכש האנרגיה של משרד ההגנה האמריקאי יגיע ממקורות מתחדשים עד 2025. ישנו מאמץ רב לעמוד ביעדים, כאשר למפקדי בסיסים יש את היכולת לקבלת החלטות עצמאיות בנושא, תוך שימוש בביומסה במתקנים גדולים ומתוך מטרה להגיע ליעדי "net zero facility".

### ד"ר בני קרן, רפא"ל שמנים משומשים לביודיזל

מלבד רפא"ל, אין עיסוק בתעשייה הביטחונית באנרגיות מתחדשות. בהיבט הזה, רפא"ל מתמקדת בשנים האחרונות בצרכים צבאיים, במערכות ניידות לייצור דלק וחום. ניסינו ליצור מערכת לייצור דלק דיזל מביומסה אשר נכשלה, אך כישלון זה עלה כ-\$150,000 בלבד לעומת השקעות של מיליונים בנושא בעולם.

בהמשך הבנו שיש צורך לעסוק בשימוש בפסולת, כגון פסולת שמנים.

נושא נוסף בו אנו מתמקדים הוא חשמל מביומסה, בשל הקושי בייצור דלק באופן ישיר מביומסה.

בתחום השימוש בפסולת שמנים, איתרנו את חברת Greencity, ורכשנו כ-50% מהחברה. חברה זו נמצאת כרגע בפיילוט בקיבוץ עין המפרץ עם תכניות להקמת מתקנים נוספים בעולם. חברת Greencity החלה באתר בטא קטן וכיום במתקן החדש יכולה לייצר בהיקף של 10 טון ביום (או כ-3000 טון בשנה) – עדיין מעט מאד ביחס לשוק. ביודיזל מתחיל במקורו בשמנים, בריאקציה אנזימטית, והתוצר הסופי הוא FAME<sup>2</sup>. המפעל הראשון אותו המוקם בחו"ל יהיה באיטליה, ובארץ יוקמו מתקנים נוספים בהיקף כולל של 10,000 טון בשנה.

בשמנים חדשים ליצור ביודיזל (בשימוש ברוב מכריע של תעשיית הביודיזל) יש תחרות מול מזון – ובנוסף מחיר השמן גבוה ממחיר דלק ולכן נדרשת סובסידיה משמעותית ליצרנים. לכן יש להתמקד בשמנים משומשים. כיום אנו מתמקדים בביודיזל להסקה, בו הדרישות הן נמוכות יותר מבחינת איכות הדלק. אחד התוצרים בתהליך הוא גליצרול. את התהליך האנזימטי פיתח ישראלי בשם ד"ר סובחי באשיר (חברת טרנס ביודיזל). הפיתוח הוא התשתית עליה האנזימים מסוגלים לפעול בסביבת כוהלים.

<sup>2</sup> FAME=Fatty Acid Methyl Ester

השמנים המשומשים מסווגים ל-Brown grease הנחות יותר, ו-Yellow grease שהוא שמן משומש עילי שמחיר השוק שלו הוא כ-\$850 לטון (מהסיבה שהוא משמש גם להאכלת בעלי חיים). התפוקה היא קרוב ל-1:1 ליטר דיזל עבור ליטר שמן.

באשר למצגת של פרי לבאון: השימוש בביו-דיזל (קרוסין ממקורות ביולוגיים) לתעופה הוא חזון, ויש עוד דרך רבה לעבור בעיקר בנושא התקינה. אני מקווה שבתוך עשור נראה כמות משמעותית של קרוסין ביולוגי משולב בתעופה.

רפא"ל הבינה שאנרגיה מתחדשת היא גם homeland security – להשקפתנו חלק מתקציב הביטחון צריך להיות מופנה גם לנושא זה.



## פרק 4: דיון

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

- מה צריכים להיות הקריטריונים לתעדוף מקורות ביומסה?
- מה צריכים להיות הקריטריונים לתעדוף טכנולוגיות ביומסה?
- מה צריך להיות הנתח של ייצור חשמל מביומסה מתוך כלל ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בעשורים הבאים בישראל, ומדוע?
- מה המסגרת הרגולטורית המתאימה לפיתוח השימוש בביומסה (לרבות biogenic wastes) לייצור אנרגיה?
- האם השימוש בכל סוגי הביומסה לייצור אנרגיה עומד בקריטריונים של פיתוח בר-קיימא?

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

**פרופ' גרשון גרוסמן:** בכל חומר אורגני ניתן להשתמש כדלק חליפי בתעשיית המלט – מדוע לא בוצה?

**ד"ר עמית מרמור:** ניתן להשתמש בכל דלק חליפי בעל ערך קלורי מספק והרכב ומאפיינים פיזיקליים העומדים בדרישות. ניתן לעשות שימוש גם במוצרות העומדות בקריטריונים לעיל. עם זאת שינוע והזנה של בוצות דורש מתקנים מתאימים, ובמפעל עתידי יהיה ניתן לתכנן גם הזנת בוצות באופן אופטימלי כדי למקסם את השימוש בביומסה.

**ד"ר פרי לב-און:** שאלה לאילן צדיקוב – דיברת על פסולת פלסטיק.

**ד"ר אילן צדיקוב:** זוהי פסולת שתעשיית החקלאות מייצרת (כגון חיפוי חממות וכו') אשר יש לה ערך במיחזור בעיקר.

**ד"ר פרי לב-און:** שאלה לבני קרן: אמרת שאתם מקימים מפעל באירופה – מדוע לא להקים מפעל נוסף בישראל?

**ד"ר בני קרן:** שאלה טובה. קודם כל הרגולציה בישראל מקשה מאוד – יש צורך במאבק קשה ברשויות השונות. שנית, מצאי השמנים המשומשים בארץ מוגבל – אולי 20,000 טון בשנה. חלק גדול מהשמנים המשומשים בארץ מופנים להאכלת בעלי חיים – בעולם זה לא מותר בכל מקום. לכן אנחנו מסתכלים על חו"ל – תעשייה שעובדת בהיקף 50,000 טון לשנה היא כבר תעשייה משמעותית יותר (למרות היותה קטנה ביותר ביחס לביקושים). הפיתוח יבוצע בישראל. בנוסף, נושא התקנים הוא מורכב. לדוגמא, בדלקים תעופתיים יש מספר בעיות – קודם כל מחיר: החברות לא מוכנות לשלם מעבר לעלות הנוכחית; בעיה נוספת היא רגולציה – תעשיית התעופה מאוד מגבילה את השימוש. קשה לי לראות את חיל האוויר האמריקאי עומד ביעדיו כפי שצוינו קודם לכן.

ביחס לזרוע היבשתית של צבא ארה"ב הנושא הוא אחר. צבא ארה"ב היה בפאניקה ממה שקרה באפגניסטן – רוב ההרוגים שם היו בשיירות הובלת דלק. גלון דלק באפגניסטן עלה \$400. הצבא חיפש דרכים לייצר דלק מפסולות או מגידולים מקומיים, למיטב ידיעתי לא בהצלחה משמעותית.

**רענן הרצוג:** economy of scale היא הגורם המשמעותי ביותר. כאשר הצבא האמריקאי רוכש בכמויות המביאות להיקפי ייצור גדולים, ניתן יהיה להגיע למחירים כלכליים. כבר היום ירדו ממחירים בכמויות ראשוניות של \$426 לגלון, למחירים של \$26.

**ד"ר ברכה חלף:** אילן צדיקוב וצפריר גרינהוט – האם בעבודתכם את מתכוונים לבחון את החלופות הקיימות והרצויות, מבחינת עלות/תועלת?

**ד"ר צפריר גרינהוט:** לגבי הקיימות זה כבר נעשה, השימוש החקלאי הנוכחי הוא נכון. משרד החקלאות מעדיף שפסולת בע"ח תשמש לדשן, ולא לאנרגיה.

**ירון אביעזר:** גם לגבי זבל פרות?

**ד"ר צפריר גרינהוט:** אם זה נעשה תחת בקרה ובתהליך מתאים זה יכול להיות נכון גם סביבתית.

**ד"ר אילן צדיקוב:** נעשית עבודה כלכלית שבוחנת את העלויות ואת העלויות החיצוניות של החלופות לשימוש בפסולת החקלאית.

**ד"ר ברכה חלף:** בהקשר זה, אני מעוניינת להסביר את העבודה שנעשתה במשרדנו לגבי הפקת דלקים מפסולת. המטרה לא הייתה להציג את המצב היום בכפוף למדיניות הנוכחית, להיפך – המטרה היא לבחון את הפוטנציאל, לנתח bottom-up את התועלת ואת העלויות הישירות והחיצוניות אל מול האלטרנטיבות הקיימות, לבצע ניתוח רגישות לגבי הפרמטרים שמשפיעים מאוד על כך – בעיקר היטלי הטמנה, ולבוא עם המלצות מדיניות בנוגע להיטלי הטמנה והיכן צריך לשים את הדגש. למשל, בתמיכה במו"פ – במקומות בהם מקדמי ההמרה הם נמוכים ונדרשת השקעה נוספת בפיתוח. אלו הם שני הפרמטרים המנחים אותנו בעבודתנו. בקרוב תפורסם העבודה.

**רענן הרצוג:** אני רוצה להתייחס למה שהציגה אופירה אילון. אני חושב שבאשר לתיעדוף מקורות ביומסה בנושא של אשפה – לא הייתי מתייחס לאשפה כמקור, היות והעלויות הישירות הן בטיפול ולא בגידול הביומסה. לכן התיעדוף צריך להתייחס לביומסה מגודלת. להערכתך התיעדוף צריך להיות עפ"י הטכנולוגיות, וזאת עפ"י חומר גלם שזמין כאן. יש להשקיע במו"פ. בנוסף ישנה בעיה רגולטורית – אם אין רגולציה תומכת לכל השרשרת, לא ניתן להביא לידי ביטוי את היכולות הקיימות.

**ד"ר ברכה חלף:** מה הם החסמים הרגולטוריים?

**רענן הרצוג:** דוגמא – נניח שאנחנו רוצים להקים תעשיית ביו דיזל. מדינת ישראל מוגבלת בשטח ומים. החסמים הרגולטוריים צריכים לאפשר למכור ביו דיזל – הן מבחינת תקינה, הן מבחינת מהילה, הן מבחינת תשתית ריאלית שתאפשר לספק ביו-דלק.

**ד"ר ברכה חלף:** זו שאלה של כמויות, לא ניתן לבנות תשתית לכמויות קטנות. השאלה היא האם ישראל צריכה רק להדגים טכנולוגיות או לקיים תעשייה ממשית?

**רענן הרצוג:** צריך לאפשר תעשייה קטנה ודרכה להדגים את ההיתכנות.

**ד"ר ענת בונשטיין:** לכן אנו רוצים להקים את המרכז הלאומי לייצור ביו-דלקים.

**רענן הרצוג:** אני הראשון שתומך בכך. השאלה היא האם רוצים להקים פה תעשייה, גם אם קטנה ככל שתהיה.

**יהושע נחום:** מה קיים בעולם שאין אצלנו?

**רענן הרצוג:** תמריצים, חובת מהילה, הקלה במיסוי – בעוד שתעשיית הזיקוק מבחינתה יכולה לייבא תזקיקים, אני שואל למה בכלל לזקק פה דלק? התעשייה הזו זקוקה לעזרה ותמיכה, זה מקובל בעולם. השאיפה היא לא להזדקק לתמיכה זו לעד – השאיפה היא להגיע לקנה מידה גדול.

**ד"ר צפרייר גרינהוט:** לגבי הבוצות, יש להעדיף קומפוסטציה על פני ייצור אנרגיה. יש לכך יתרונות סביבתיים. במדינה כמו שלנו הנמצאת על סף מדבר, הקרקע ענייה ולא יציבה. היסחפות קרקע היא בעיה. בדקנו את יכולת הקרקע לשאת את הפסולות האלו, ואין בכך בעיה – הגורם המגביל הוא המחיר.

**פרופ' איתמר גלזר:** רציתי לשאול לגבי המספר שאופירה אילון ואילן צדיקוב הציגו. אני מבין שישנו יעד להחליף את הדלקים בישראל, מתוכם 10% מביומסה. האם זה נכון בכמויות של היום?

**פרופ' אופירה אילון:** כן.

**פרופ' איתמר גלזר:** מתוך הכמויות שמצאתם, כמה מהפוטנציאל מכוסה ע"י הפסולת?

**פרופ' אופירה אילון:** המשרד להגנת הסביבה מתעדף את חלופת המיחזור על פני הפקת אנרגיה מפסולת. ללא מדיניות המשרד, ניתן היה לייצר מהפסולת (לא רק הביומסה, אלא גם פסולת עתירת אנרגיה כמו פלסטיק ונייר) 12% מצריכת הדלק לתחבורה בישראל.

**פרופ' איתמר גלזר:** מה לגבי פסולת יער? יש מיליון וחצי דונם יערות בארץ.

**פרופ' אופירה אילון:** זה כלול.

**ד"ר אילן צדיקוב:** אנו מצאנו שלרוב הכמות יש שימוש כבר כיום.

**פרופ' איתמר גלזר:** ומה לגבי תוצרי עיבוד מזון, כגון גפת זיתים ומוצרים חקלאיים אחרים?

**פרופ' אופירה אילון:** לא נכנסו לרזולוציות האלו.

**יהושע נחום:** אלו כמויות קטנות.

**פרופ' איתמר גלזר:** לגישתי, ה-feedstock הוא חומר מזדמן. פעם ליקטו חיטה ע"מ לאכול. כדי לספק כמויות גדולות, יהיה צורך לגדל את הביומסה שתשרת את התהליך.

**פרופ' אופירה אילון:** אנו עסקנו בפסולת בלבד.

**פרופ' איתמר גלזר:** לדעתי בסופו של דבר, כפי שבע"ח מגודלים בהיקף רחב, גם בעניין ה-feedstock יהיה צורך לתת התייחסות דומה ולא ללקט באופן מזדמן, כלומר – שיהיו גידולים ומקורות מסודרים.

**פרופ' אופירה אילון:** בפורום האנרגיה מס' 7 ומס' 9 (בשנת 2008) עסקנו בכך. בחנו אינדיקטורים שונים לבחינת הנושא ואני מציעה לבחון את המסקנות שהתקבלו אז ואת ישימותן כיום.

**ירון אביעזר:** שאלה לעמית מרמור: מול אילו עלויות צריך להתמודד בשימוש בפסולת? אם העלות האלטרנטיבית נמוכה מאוד, לא יהיה כלכלי להשקיע ולהפוך את הביומסה לדלק.

**ד"ר עמית מרמור:** לא אכנס כאן למספרים ספציפיים, אך ברור שהשיקול הכלכלי הוא שיקול חשוב. הדלק העיקרי שלנו הוא petcoke, המיובא מארה"ב. בניגוד למצב בעולם, במפעל ברמלה אנו משלמים על ה-RDF.

**ירון אביעזר:** מקורות הביומסה הם מעצם טבעם מפוזרים מאוד, במשקים ברחבי הארץ. ניתן לייצר מתקנים מבוזרים או מרכזיים. אם המטרה היא ייצור חשמל, יש עדיפות למתקנים מבוזרים קטנים. מרכיב האיסוף, ומרכזי מול מבוזר הוא מהותי בנושא של ביומסה.

**ד"ר צפירי גרינהוט:** השימוש בגזם בחקלאות הוא כלכלי והוא הגורם המוביל בפעילות החקלאית בנושא זה. כאשר יורד גשם, תופעות של סחף בנגר מנעות ע"י השימוש בגזם זה. ישנם מספר ניסויים שמראים יתרונות מסוגים שונים לשימוש בחקלאות.

**ירון אביעזר:** אך בפועל רואים ערמות, שאת רובן שורפים.

**ד"ר צפירי גרינהוט:** יש אפשרות רגולטורית לשרוף, מטעמים של סניטציה.

**ירון אביעזר:** בנוגע לאפר, השאלה היא מה החלופה העדיפה?

**ד"ר אילן צדיקוב:** עדיין ניתן להטמין.

**ירון אביעזר:** נושא נוסף – כמויות הגז הטבעי הגדולות שנמצאו לאחרונה בישראל מעלות את השאלה במה כדאי להשקיע במערכות ייצור דלק מביומסה. בעניין תמריצים להקמת מתקנים שישתמשו בביומסה ופסולת לייצור חשמל – יש לחשוב האם לאמץ את המודל שנקט בחשמל הפוטו-וולטאי, כאשר ראינו כיצד תוך מספר שנים ירדו המחירים והטכנולוגיה עובדת. באשפה, יש יתרון, שהיא כבר מרוכזת ע"י הרשויות המקומיות, ונחסך מאמץ האיסוף.

**ד"ר אריאל מצגר:** אני עוסק כבר שש שנים בייצור חשמל מביומסה. לפי התקינה האירופית, ביומסה הם חומרים כגון שבבי עץ וקש ולא פסולת. אנחנו בחנו שריפה מעורבת (co-firing) בתחנות פחמיות. ישנן שתי אפשרויות – stand-alone incineration ו-co-firing בהן ניתן לייצר חשמל ע"י שריפת ביומסה. כל הרשויות הסביבתיות באירופה עודדו שריפת ביומסה בתחנות כוח פחמיות; כיום באירופה יש 150 תחנות שעושות co-firing – כלומר זה לא ברמת פיילוט. בשימוש בביומסה נקיה יש מסחר בינלאומי, בדומה למסחר בפחם. באירופה מייבאים את הביומסה

ממדינות כגון קנדה וברזיל, בשל מחויבויות כגון הסכם קיוטו, והשימוש בכך הוא לשם הפחתת פד"ח והגדלת השימוש באנרגיה מתחדשת, על חשבון שריפת דלקים פוסיליים. מלבד פסולות חומר נוסף שהחברה בחנה הוא ביו-פחם, אך היזם ירד מכך היות ויש צורך לייבא את החומר מדרום-אפריקה. בנוסף, קיבלנו אישור מהמשרד להגנ"ס לקיים ניסוי לשריפת RDF שמתוכנן להיות מיובא מאיטליה. נושא נוסף שאנו מעוניינים לבחון הוא שריפת בוצות. אחת הסיבות היא השימוש בביומסה בארץ לא התפתח – גם בחברות גדולות כמו חח"י – הוא כי בעולם ניתן לביומסה תעריף דומה לחשמל סולארי או חשמל מרוח, בעוד שבארץ זה לא קיים; צריך לפתח את הנושא מבחינה רגולטורית. כמובן שאנו צריכים להוכיח בניסויים שלא נגרמת עליה בזיהום האוויר. בשימוש בתחנות פחמיות, אפר הפחם הנוצר ישמש בתעשייה כפי שהוא משומש היום.

**עודד אגמון:** אני מעוניין לדבר על נושא התעריפים לייצור חשמל מביומסה. קבענו לפני 3 שנים מכסה של 180 מגה-וואט בתעריף של 64 אג' לקוט"ש. לא רואים יזמות שמוכנה להיכנס לתהליך הזה. לא ראינו יזמים שאפילו מגיעים לשלב של דיון בנושא התעריפים. משק החשמל לא אמור לטפל בפסולת אלא ליצר חשמל. אני לא חושב שהבעיה היא בגובה התעריף. כאשר קבענו את התעריף, לקחנו בחשבון גם הקמת מתקנים קטנים. אנחנו עדיין מאמינים בפוטנציאל של ביומסה – אני מאמין בייצור חשמל יותר מאשר ייצור דלקים.

הבעיה לדעתי היא בפיקוח – נראה שאין פיקוח עקיף בפסולת, בעיקר פרש בע"ח שאין לגביו חובת הטמנה, ואנשים לא מטפלים בפועל בפסולת שלהם. כאשר יזמים פונים אלינו וטוענים שהם צריכים לשלם על חומר הגלם, זה סימן לכך. אין כאן תכנון מערכתי – רשות החשמל קובעת תעריף, משרד הגנת הסביבה רוצה להסיט בין המכסות בטכנולוגיות השונות – אין פה ראייה מערכתית ושאיפה לאופטימיזציה. גם כאשר נתנו 26 לקוט"ש לפוטו-וולטאי, לא חשבנו שמכך תפוח תעשייה; מה שקרה הוא מגמה עולמית של צניחת מחירים ואנו נהנים מכך.

צריך למצוא איזון בין הטכנולוגיות השונות מבחינת התעריפים, אך יש לקחת בחשבון גם גורמים כגון פיזור ותשתיות נדרשות, עלויות הגיבוי וכיו"ב. פוטו-וולטאי מוגבל ל-2000 שעות בשנה; לביומסה יש יתרון מבחינה זו כמו לפחם. ב-64 אג' לקוט"ש היתרון של ביומסה נלקח בחשבון. אי אפשר שמשק החשמל ישלם את כל העלות: רשות המיסים צריכה לתת הטבות מס, ומשרד הגנ"ס צריך לתת תמיכה מתוך הקרן הירוקה.

**פרופ' אופירה אילון:** הכסף של המשרד להגנת סביבה מופנה להפרדה במקור.

**עודד אגמון:** וזה אכן קורה? אם רוצים להפסיק לעודד את הטיפול בהטמנה, צריך להתאים גם את ה-tipping fee, כמו מה שקורה באירופה. אנו ברשות החשמל מבחינתנו לא מתערבים בנושא האם זה נחשב לאנרגיה מתחדשת או לא. יש מקום לתעדף זאת אל מול אנרגיה אחרת שמתומחרת ב-57 אג' לקוט"ש. מנגד, צריך לראות שחח"י לא לוקחת לעצמה נתח מפעילות זאת. הייתי מסכים כך – אם רוצים ללכת לפעילות זאת, יש צורך בתכנית אב שתגדיר מה נכון לעשות מבחינה אופטימלית. כרגע זה לא ברור.

**ד"ר בני קרן:** אני מציע להסתכל על נושא ביומסה לאנרגיה כהפיכה מנטל לנכס. אני חושב שצריך להשתמש בכל עודפי הביומסה לאנרגיה, ולתעדף את האשפה, מינרלים ושמיים. לדוגמא, כרגע יש בלו מאוד נמוך על דלק להסקה מפסולת שמן מינרלי וחברות הדלק שמוכרות את נוזל ההסקה הזה מרוויחות מכך יפה.

אנחנו ברפאל מסתכלים על ישראל כפיילוט לתעשיית דלק מביומסה. השוק בישראל קטן מאד וכמויות ה-feedstock הן קטנות. הצורך בפיילוט בישראל חיוני לצורך מכירות לחו"ל בדומה למה שקורה בתעשייה הצבאית. כאשר לקוח בא מחו"ל הוא מבקש להשתכנע בשימוש במוצר בשוק המקומי. אם לא יהיה בארץ שימוש לדוגמא, לא ניתן יהיה למצות את פוטנציאל היצוא, ולא רק של טכנולוגיה; אנו רואים את עצמנו כבעלים משותפים של מפעלי ייצור חשמל ודלקים. ייצור ביו-דלקים לתחבורה וגנראטורים צריך להיות משמנים משומשים. את האשפה המוצקה יש להפנות לטכנולוגיות לייצור חשמל.

אנחנו מסתכלים לדוגמא על השוק ההודי – למאות מיליוני הודים אין חיבור לרשת החשמל, הם נמצאים מבחינה זו בתקופת האבן. אפשר למכור להם מערכות קטנות של 100-200 קו"ט. כאשר שולחים מערכת למקום נידח כזה, שלא ניתן לבצע בו תחזוקה שוטפת, היא צריכה להיות סופר-אמינה. היינו רוצים לקיים בישראל פיילוט בקרב הקיבוצים למערכות כאלו. מערכות כאלו עולות בערך \$3000-4000 לקילוואט, בתחום של 50-100 קילוואט. מחיר החשמל שאפשר לקבל הוא בערך 30 סנט לקוט"ש, וזאת כאשר אנחנו מדברים על מתקנים הנמצאים באזורים מבודדים (off-grid). צבא מוכן לשלם יותר, אולם דרוש עידוד ממשלתי וגם רגולציה תומכת כדי להקים מתקני הדגמה כאלה בארץ.

**עודד אגמון:** חומר הגלם הוא חינם מבחינתך? אפשר אולי להשתמש כאלטרנטיבה בסולר.

**ד"ר בני קרן:** בסולר לייצור חשמל באזורים מנותקים מהרשת המחיר יהיה 40-50 סנט לקוט"ש.

**עודד אגמון:** מה לגבי האלטרנטיבה הפוטו-וולטאית?

**ד"ר בני קרן:** היא דורשת אגירה. זה מתאים לאזורים בהם יש הרבה ביומסה. המסר שלי לגורמים הרגולטוריים הוא שצריך להבין שכדי לאפשר תעשייה מוטת יצוא כמו בשוק הביטחוני, ששם שגורה האמרה "fly before buy" – צריכים לאפשר לסייע מאוד להקים מתקני פיילוט בארץ. מדובר על כמויות אדירות של מתקנים שנחוצים בעולם – בהודו למשל יש פוטנציאל לעשרות אלפי מערכות ליצור חשמל מביומסה.

**ד"ר פרי לב-און:** מי יממן זאת בהודו? אני שואל כי מניסיוני גם החדרת מערכות זולות קשה מאד.

**ד"ר בני קרן:** ארגונים פילנטרופיים, ממשלות – ישנם גורמים שיממנו זאת. כיום עדיין אין טכנולוגיה מספקת (אמינות, פשטות הפעלה, מחיר). המוטו צריך להיות מוטה ייצוא. נוסף לכך יתרון סביבתי בארץ. שלישי הוא גורם התעסוקה, לתעשייה ולייצוא. כרגע אין גורמים בישראל שיש להם את הטכנולוגיה.

**עודד אגמון:** אני רוצה לציין שאפשרנו בהסדרה מתקני חלוץ, בתעריפים אטרקטיביים. השאלה היא האם משק החשמל צריך לשאת בעלות של פיתוח הטכנולוגיה הזאת? מתקנים פוטו-וולטאים שאנו עודדנו ב-2012 ע"ש לקוט"ש העלו את מחיר החשמל בישראל ב-2%!

**פרופ' גרשון גרוסמן:** במשרד הכלכלה יש תכניות שונות לקידום המו"פ.

**ד"ר ברכה חלף:** הטכנולוגיה לייצור ביו-דלקים מאשפה עדיין לא מסחרית.

**פרופ' גרשון גרוסמן:** יש דוגמאות לתמיכה של משרד הכלכלה בתחומים אחרים, כגון בתחום הרכב.

**עודד אגמון:** להדגים אפשר, לתמוך בכך כלכלית זה סיפור אחר.

**ד"ר בני קרן:** בתחום הרוח יש בעיה דומה.

**עודד אגמון:** אנחנו מייצרים פה תעריף. אין בישראל פיתוח אמיתי.

**ד"ר בני קרן:** לדעתי אתה טועה. יש בישראל פיתוח מקורי של טורבינות קטנות ובינוניות. יש צורך עצום לטורבינות הרוח הקטנות בשווקים כמו הודו וגם בתחום הצבאי.

**עודד אגמון:** העלות של ה-30 מגה-וואט במכסת הרוח בטורבינות הקטנות היא מיליארד שקל. אולי עדיף להפנות את העלות הזאת ישירות לפיתוח, אך לא דרך תעריף החשמל.

**יוסי זיו:** אנו מפעילים שני מתקנים הפועלים על גזם עירוני – במענית ובגן שמואל. הסיבה שלא משתמשים בגזם יערות הוא שהם יוצרים נזק, בעיקר בשל אצטרובלים. עם זאת, אנו מעוניינים להשתמש בפסולת של מפעלי נייר חדרה; אך משרד הגנ"ס שבוי בקונצפציה של האיחוד האירופי – התוצאה היא שכמויות אדירות של ביומסה הולכות להטמנה במקום לשמש מקור לאנרגיה. זוהי דוגמה לרגולציה שהורגת את התעשייה הזאת. תוך שנה וחצי המתקנים עשויים להסגר, עקב התחרות מצד הגז הטבעי, אלא אם יוחלט שיש לניצול הפסולת יתרון סביבתי.

אנו מפעילים גם מתקן לאיסוף שמנים – כאן הרגולטור לא מפעיל את האכיפה שלו בנושא זה. השמנים מגיעים לצינורות ביוב, לנחלים ולשדות – משום שהאיסוף שלהם עולה כסף. כלומר, יש כאן בעיה חמורה של אכיפה. ניתן כמובן לייצר אנרגיה משמנים אלו, אך הם לא מגיעים לנקודות הטיפול – להערכתנו כיום אנו אוספים 100-150 קוב ביום של שמן אורגני, ואילו היה פיקוח ניתן להגיע לפי 10; כרגע מגלגלים את העיניים ולא נעשה דבר בנושא.

לגבי זבל אורגני – כיום משלמים 40-45 ש"ח למ"ק של זבל עופות, כאשר בקיץ יש מחסור רב. כרגע חסרים לי 60% ממה שאני צריך לייצור של קומפוסט; זהו משאב במחסור. כ-75% מהחומר שמתקבל הוא מים, החומר המוגמר הוא 50% מים.

**עודד אגמון:** אתה יכול לדבר על העיכול אנאירובי היבש?

**יוסי זיו:** אנחנו כרגע לא שם, מבחינה כלכלית הטיפול בפסולת עירונית לא כדאי. לגבי הגזם, הבעיה היא ההובלה – מה שמובילים זה בעיקר אוויר. פסולת חממות – זרם זה מזוהם בחוטי התליה, שהחקלאים לא מוכנים לטפל בהם; מה שקורה בפועל הוא שהחקלאים שורפים את

החומר בשטח. בוצת מט"שים – כרגע מוקם מפעל ענק בשפדן שב-2015 יכנס לעבודה, כל מה שכעת מוזרם לים ילך לשם. היה דיון גדול עם הארגונים הירוקים לגבי השימוש לאנרגיה. החומר שיוצא מיועד "כאילו" לקומפוסט – "כאילו" מפני שהוא לא מתאים לשימוש כקומפוסט; באירופה משתמשים בחומר זה לכיסוי מטמנות.

**יהושע נחום:** באירופה יש הרבה פחות מחסור בחומר אורגני.

**יוסי זיו:** במקומות שעושים זאת בעולם, זה השימוש. שם שורפים את החומר. כמו כן, ה- tipping fee הוא 120 יורו.

**ד"ר אריאל מצגר:** אני לא מסכים לגבי נושא הבוצה, שאחרי עיכול היא לא מתאימה לשימוש חקלאי. לפי ידיעתי, החומר האורגני שנעלם הוא חומר שלא תרצה לא בשדות ולא במתקני שריפה. ברור שריכוז החומר האורגני יורד, אך אני לא בטוח שאינו יכול לשמש עדיין כדשן אורגני.

**ד"ר אילן צדיקוב:** בבוצות מט"שים מטפלים לא רק בשפדן; יש להן חסרון מול קומפוסט.

**ד"ר מרים לב-און:** בנושא הרגולציה, קיבלנו אסמכתא נוספת למצב הגרוע של הרגולציה בישראל בדו"ח של ה-OECD שיצא במרץ 2014 הסוקר את עומס הרגולציה במדינות השונות והכולל מדדים המצביעים על חוסר התחרותיות והבירוקרטיה במשק הישראלי [1]. המרכז הלאומי שהוקם לתחליפי נפט צריך לעסוק גם בצד המדיניות ולראות איך מאיצים את נושא הביו-דלקים. חובת המהילה וחובת הייצור של כמות מסוימת של ביו-דלקים ע"י כל יצרן (כפי שמונהג בארה"ב) הם כלים לקידום הנושא. גם השימוש כפי שהוזכר בביוגז ע"י משאיות זבל הוא נושא חשוב. בארה"ב ARPAE מנסים לשכלל את הטכנולוגיות בנושא – יש לנסות לקיים שת"פ עם גופים מעיין אלו, ולהציע את ישראל כ-beta site. אני מסכימה עם בני קרן באשר לצורך לקיים הדגמה בישראל.

**ד"ר פרי לב-און:** בעולם כאשר מציגים טכנולוגיה ישראלית מיד שואלים "בישראל יש"? ישראל עם "המוח היהודי" לא מציגה את השימוש בטכנולוגיות אלו בעצמה.

**עודד אגמון:** זה קורה בארץ עם הטכנולוגיה התרמו סולארית.

**פרופ' גרשון גרוסמן:** בפורום האנרגיה הקודם שעסק בחשמל מאנרגיה סולארית, הוצג איך בגרמניה הסכים הציבור לשלם מחיר גבוה עבור חשמל ירוק מאנרגיה סולרית.

**עודד אגמון:** זה עולה 30-35% יותר בתעריף החשמל. משפחה גרמנית משלמת 350 יורו יותר בשנה ע"מ לממן זאת.

**ד"ר ברכה חלף:** היא גם מרוויחה יותר ממשפחה בישראל.

**פרופ' גרשון גרוסמן:** חשוב לציין גם את זה.

**נחום יהושע:** יש הרבה סיבות למה הנושא לא מצליח להתרומם, למרות שמבחינה משקית יש תועלות גם למשק החשמל וגם למשק הפסולת ותועלות חיצוניות אחרות. זה נופל בין הכיסאות.



לא ניתן שמשק החשמל יישא העלויות האלו. צריך ראייה מערכתית רחבה שתיקח בחשבון את כלל ההשלכות. התעשייה הזאת מסוכנת לזים בצורה בלתי רגילה: בניגוד לתעשייה הסולארית, שם לזמים יש הסכם עם השמש לאספקת אנרגיה ולתעריף ל-20 שנה, לזמות בתחום הביומסה ישנם סיכונים רבים. הזים אינו יודע אם יהיה לו חומר גלם או שהרשות המקומית לא תעצור אותו. ישנם מתקני עיכול אנאירובי שפועלים כיום, והשימוש המתאים הוא מתקני ה-co-firing של חח"י – במתקנים האלו ההון כבר קיים ולכן השימוש בהם הוא הנכון ביותר. ההסתכלות של משרד הגנ"ס אינה נכונה – הניתוח הוא סטטי ולא דינמי, הוא בוחן את העלויות החיצוניות, אך לא רואים את היתרונות לטווח הארוך של ניצול משאב מתחדש, ויתרונות נוספים. אין מישוה במשרד הגנ"ס שמרים את הכפפה ומדגיש עד כמה הנושא חשוב. נדרשת ראייה כוללת בנושא.

רציתי לשאול את עמית מרמור מה הסיבה לכך שלמרות הניסיונות שנעשו במשך השנים אחוז הדלקים האלטרנטיביים כה נמוך? בהשוואה לעולם?

**ד"ר עמית מרמור:** הליך קבלת האישורים לשימוש ב-RDF היה ארוך, בשל בירוקרטיה רבות, וחבל. כיום האישורים קיימים, אנו קולטים RDF והכמויות צפויות לגדול משמעותית עם הקמת מפעל ה-RDF בחיירה. תוך מספר שנים דלקים אלטרנטיביים יהוו כ-40% מסך האנרגיה הנצרכת במפעל.

**אילן כץ:** יותר נכון להפנות שאלה זו לחברת החשמל. הם כבר ערוכים לזה – מדוע שם תהליך זה הוא רק בשלב של "לקראת פיילוט"? כפי שנחום יהושע אמר, צריך להסתכל במבט מאקרו ולא רק במבט של מחיר ליחידת אנרגיה. צריך להסתכל על כל החלופות ולבחון את הכדאיות בהיבט הזה. מעבר לכך, יש לשמור בתמונה יעדים כגון הפחתת פליטות של ה-OECD, כמנחים לקבלת החלטות במסגרת ההכוונה הממשלתית לשימוש בדלקים ממקורות חליפיים.

**ד"ר אריאל מצגר:** RDF וכל נושא האנרגיות המתחדשות נמצא בישראל בפיגור. אני חושב שהגישה היא מעט שונה – שימוש בכבשן הוא תחליף להטמנה; גם זה וגם זה לגיטימי. אנחנו בחח"י מדברים על החלפה של עד 5% אנרגיה תרמית.

**ד"ר עמית מרמור:** כאן טמון ההבדל – אנחנו יכולים להחליף עשרות אחוזים תרמית, בשל מאפייני הכבשן שתיארתי קודם, ביניהם המגע הישיר בין הדלק וחומרי הגלם, שלא קיים בדוודי בעירה רגילים, כל זאת ללא עליה בפליטות מזהמים.

**אבי מושל:** יש לכך השלכות על זיהום האוויר.

**ד"ר אריאל מצגר:** מדובר רק על שימוש ביחידות בהן יש שימוש בסולקנים.

**ד"ר עמית מרמור:** בתעשיית המלט הכבשן עצמו הוא כמו סולקן, ומלבד כך יש לנו מערכות לבקרת פליטות בכל המתקנים; כבשני מלט הם המקום האידיאלי לטיפול בפסולת, ללא עליה בפליטות מזהמים. כך מקובל בכל העולם, לא המצאנו כאן כלום.

**פרופ' אופירה אילון:** המשרד להגני"ס הוציא מכרז בנושא הקמת מרכז מחקר לאומי לחקר חומרים, פסולות, מיחזור והשבה, שמכוון לאקדמיה. הנושא של אנרגיה מפסולת הוא נושא המשותף למשרד הגני"ס ולמשרד האנרגיה.

## פרק 5: סיכום ומסקנות

ביומסה להפקת חשמל הוכרה ע"י הרשות לשירותים ציבוריים חשמל כמקור אנרגיה מתחדשת ונקבעו תעריפים לעידוד השימוש בה. מבחינת השימוש לייצור חשמל, יש יתרון לביומסה על פני האלטרנטיבות של שמש ורוח בהיותה מקור אנרגיה רציף בדומה לפחם. כן קיימת האפשרות לשימוש בביומסה כדלק חלופי משולב עם פחם וכדומה. בנוסף, נבחנת האפשרות לנצל ביומסה כחומר גלם לביו-דלקים. למרות זאת, הנושא אינו מצליח להתרומם, אם כי מבחינה משקית יש תועלות גם למשק החשמל וגם למשק הפסולת ותועלות חיצוניות אחרות. ישראל נמצאת בפיגור רב אחרי מדינות OECD בניצול ביומסה לחשמל ולדלק חלופי, במידה רבה עקב הרגולציה שאינה מעודדת ואף מעכבת את יישומה. דו"ח של ה-OECD שיצא במרץ 2014 שם את ישראל במקום האחרון מבחינת הרגולציה. הנושא נופל בין הכיסאות של רשויות ומשרדי הממשלה. דרושה ראייה מערכתית רחבה שתיקח בחשבון את כלל ההשלכות.

### המלצות:

1. מומלץ להקים מנגנון תיאום בין הגופים הממשלתיים הנוגעים בנושא הביומסה שיכלול את משרדי האנרגיה והכלכלה ומשרד ראש הממשלה (מנהלת תחליפי דלקים) שתפקידם לעודד ולהרחיב את השימוש במקור אנרגיה מתחדש זה; המשרד להגנת הסביבה ומשרד הבריאות שתפקידם להטיל מגבלות מיחזור ולדאוג כי השימוש בפסולת ייעשה באופן אחראי מבחינה סביבתית ובריאותית (למשל הזנת בעלי חיים בפסולות כולל שמן משומש); משרד החקלאות שצריך לדאוג הן לטיפול בפסולות חקלאיות והן לשימוש בהן לצרכי החקלאות; משרד האוצר שצריך להקצות תקציבים מתאימים והקלות במיסוי ובבלו; ורשות החשמל שהיא הגוף שבסופו של דבר קובע את התעריפים שיכריעו את כלכליות הטכנולוגיות. נדרשת ראייה כוללת בנושא.
2. יש לעדכן את הרגולציה ולהגביר את הפיקוח והאכיפה בערוצי הפינוי שאינם כוללים מיחזור, כדי להגדיל את הכדאיות לטפל בפסולת באופן שיעודד את השימוש בביומסה. אחת הדרכים היא להגדיל היטלי הטמנה, ולנקוט עונשים כלפי מי ששופך פסולת (כגון שמן טיגון משומש) שלא במקומות המיועדים לכך.
3. יש לבחון את השימושים המתאימים ביותר לכל סוג של ביומסה ולכל יישום. שריפה משותפת של ביומסה עם דלקים אחרים (co-firing), בייצור חשמל ובתעשיות כגון תעשיית המלט, קרובה מאוד לכלכליות ברוב המקרים, כי שם מתקני השריפה כבר קיימים וההון כבר הושקע; לכן מומלץ לשקול אותה בכל מקרה שהיא עשויה להיות רלוונטית.
4. המינהלת הלאומית לקידום תחליפי נפט לתחבורה צריכה לעסוק גם בצד המדיניות ולבחון כיצד מאיצים את השימוש בביו-דלקים. חובת המהילה וחובת הייצור של שיעור מסוים של ביו-דלקים ע"י כל יצרן (כפי שמונהג בארה"ב) עשויות להוות כלים לקידום הנושא.

5. יש לבחון דרכים לעידוד פיתוח תעשיית הבימסה בארץ. השוק המקומי קטן אך קיים פוטנציאל ייצוא ניכר למדינות רבות בהן ראוי להפוך את הפסולת למשאב במקום לנטל. מכיוון שכך, צריכים מתקנים שיוקמו בישראל לשמש כהדגמה.

## פרק 6: רשימת מקורות

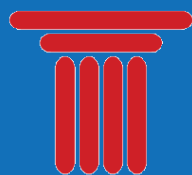
1. Koske, I., I.Wanner, R. Bitetti and O. Barbiero (2014), "The 2013 update of the OECD product market regulation indicators: policy insights for OECD and non-OECD countries", OECD Economics Department Working Papers  
<http://www.oecd.org/eco/reform/indicatorsofproductmarketregulationhomepage.htm>
2. Cremers M.F. (Editor), 2009. IEA Bioenergy Task 32 Deliverable 4. Technical status of biomass co-firing. KEMA Report, KEMA, Arnhem, NL.
3. Dai J., S. Sokhansanj, J.R. Grace, X. Bi, J. Lim and S. Meilin, 2008. Overview and some issues related to co-firing biomass and coal. Can. J. Chem. Engin. 86: 367-386.
4. Sloss L., 2010. Emissions from cofiring coal, biomass and sewage sludge. IEA Coal Research report CCC/175, IEA Clean Coal Centre, London.

**נספח 1 – תכנית פורום אנרגיה : ביומסה לאנרגיה בישראל**

<b>פתיחה</b>	
פרופ' אופירה אילון, מוסד שמואל נאמן	<b>:13:20-13:10</b>
הפקת דלק מפסולת ביומסה	
ד"ר צפיר גרינהוט, משרד החקלאות + ד"ר אילן צדיקוב, המשרד להגנת הסביבה	<b>:13:30-13:20</b>
משאבי הפסולת החקלאית כביומסה לאנרגיה	
מר אילן כץ, חץ אקולוגיה	<b>:13:40-13:30</b>
הפקת ביוגז מאשפה עירונית	
ד"ר בני קרן, מהנדס ראשי אנרגיות מתחדשות, רפאל	<b>:13:50-13:40</b>
שמנים משומשים לביודיזל	
ד"ר עמית מרמור, נשר בע"מ	<b>:14:00-13:50</b>
שימוש בדלקים אלטרנטיביים בתעשיית הצמנט	
ד"ר ענת בונשטיין, משרד רוה"מ, מנהלת תחליפי נפט	<b>:14:10-14:00</b>
חשיבות הקמת מרכז לבחינה כלכלית וטכנולוגית של כלל השחקנים בשרשרת הערך של ביו-דלקים	
מרים ופרי לבאון, קבוצת לבאון, קליפורניה	<b>14:20-14:10</b>
U.S. Department of Defense: Greening Operations With Biomass Energy	
הפסקה	<b>:14:45-14:20</b>
דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות :	<b>:17:00-14:45</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• מה צריכים להיות הקריטריונים לתעדוף מקורות ביומסה?</li> <li>• מה צריכים להיות הקריטריונים לתעדוף טכנולוגיות ביומסה?</li> <li>• מה צריך להיות הנתח של ייצור חשמל מביומסה מתוך כלל ייצור החשמל באנרגיות מתחדשות בעשורים הבאים בישראל, ומדוע ?</li> <li>• מה המסגרת הרגולטורית המתאימה לפיתוח השימוש בביומסה (לרבות biogenic wastes) לייצור אנרגיה?</li> <li>• האם השימוש בכל סוגי הביומסה לייצור אנרגיה עומד בקריטריונים של פיתוח בר-קיימא?</li> </ul>	
<b>סיום</b>	<b>:17:00</b>

מפגשי פורום האנרגיה של מוסד נאמן ([www.neaman.org.il](http://www.neaman.org.il))

שנה	פרויקט
2013	פורום האנרגיה ה-30 : חשמל מאנרגיה סולארית בישראל
2013	פורום האנרגיה ה-29 : עיר חכמה
2013	פורום האנרגיה ה-28 : תחבורה יבשתית בת קיימא : היבטי אנרגיה וסביבה
2013	פורום האנרגיה ה-27 : רשת חשמל חכמה כמנוע צמיחה לתעשייה בישראל
2012	פורום האנרגיה ה-26 : ניצול פצלי שמן בישראל
2012	פורום האנרגיה ה-25 : משק האנרגיה בישראל - חזון 2028
2012	פורום האנרגיה ה-24 : אנרגית שמש לבנייני מגורים בישראל
2011	פורום האנרגיה ה-23 : ניצול אנרגית הרוח בישראל
2011	פורום האנרגיה ה-22 : תחנת כוח גרעינית בישראל
2011	פורום האנרגיה ה-21 : שיפוץ אנרגטי של בניינים
2011	פורום האנרגיה ה-20 : מערכות פוטו וולטאיות מחוברות -רשת למגזר הביתי והמסחרי
2010	פורום האנרגיה ה-19 : חיסכון באנרגיה במערכות תאורה
2010	פורום האנרגיה ה-18 : מיזוג אויר סולארי בישראל
2010	פורום האנרגיה ה-17 : השלכות חדירת גז טבעי למשק האנרגיה של ישראל
2010	פורום האנרגיה ה-16 : רשת חשמל חכמה
2009	פורום האנרגיה ה-15 : התייעלות אנרגטית ברשויות המקומיות בישראל
2009	פורום האנרגיה ה-14 : רכב חשמלי והיברידי
2009	פורום האנרגיה ה-13 : תחנות כוח סולאריות בישראל
2008	פורום האנרגיה ה-12 : אנרגיה במשק המים
2008	פורום האנרגיה ה-11 : בניה חסכונית באנרגיה
2008	פורום האנרגיה ה-10 : השפעות בריאותיות וסביבתיות של השימוש בגז טבעי בישראל
2008	פורום האנרגיה ה-9 : מקומה של ישראל בשוק הביואתנול העולמי
2007	פורום האנרגיה ה-8 : ניהול ביקושים ואספקה
2007	פורום האנרגיה ה-7 : ביודלקים להפקת אנרגיה
2007	פורום האנרגיה ה-6 : חיסכון במערכות מיזוג אוויר
2007	פורום האנרגיה ה-5 : צרכי המחקר באנרגיה חלופית בישראל
2007	פורום האנרגיה ה-4 : אנרגיית השמש להפקת חום
2006	פורום האנרגיה ה-3 : הפקת אנרגיה מפסולת
2006	פורום האנרגיה ה-2 : מערכות משולבות ליצירת חום וחשמל (קוגנרציה)
2006	פורום האנרגיה ה-1 : חשמל ממערכות פוטו-וולטאיות



## 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](http://www.neaman.org.il)