

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

לשכת המדענית הראשית



הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה:

תקצירי מחקרים ותובנות

www.sviva.gov.il // אוגוסט 2014

הפקה והבאה לפרסום

אגף פרסומים מידע ואינטרנט, המשרד להגנת הסביבה

עורכים

הילה שטיינבוים, ד"ר דניאל מדר

דבר השר

האוכלוסייה גדלה בקצב מהיר ואיתה הצריכה הגלובלית והשימוש במשאבי הטבע כמקורות אנרגיה. הגירעון העולמי במשאבים טבעיים ההולכים ומתכלים הגביר את הצורך בפיתוח מקורות אנרגיה חלופיים ומתחדשים, הפולטים מעט גזי חממה ומזהמים לאטמוספירה ושאינם מתכלים. כזו היא הפסולת ההופכת לאחד מחומרי הגלם החשובים בעידן החדש.

במדינת ישראל מיוצרים מדי שנה כ-5 מיליון טונות פסולת עירונית ומסחרית, מתוכן כ-1.8 מיליון טונות פסולת עירונית אורגנית. כמות הפסולת בישראל גדלה מדי שנה בשיעור של כ-5%-3% ובשנת 2025 נייצר בישראל כ-5.5 מיליון טונות פסולת אורגנית. הפקת אנרגיה מכמות כזו של פסולת יכולה להוות עד כ-4% מייצור החשמל בישראל. יחד עם מקורות האנרגיה המתחדשים האחרים, ניתן להגיע לפחות ל-10% מכלל החשמל שיופק ע"י מקורות אנרגיה מתחדשים עד 2025.

הפסולת והחומרים שבה, שבדרך כלל נחשבים למטרד, יכולים לספק לנו חשמל, חום, דלק ודשן. כך הפקת אנרגיה מביומאסה, לצד אנרגיות מתחדשות נוספות, מאפשרת לנו להפוך את הפסולת ממטרד למשאב, תוך הפחתת כמויות ההטמנה, צמצום שימוש בחומרים מזהמים, חיסכון בשטח קרקע יקר, חסכון בכסף, חסכון במשאבים, וחיזוק הביטחון האנרגטי של מדינת ישראל. זהו השילוב המדויק בין צדק חברתי לצדק סביבתי ואת זה חייבים למחזר.

בברכה,
ח"כ עמיר פרץ
השר להגנת הסביבה

דברי מנכ"ל

ניהול הפסולת הינו אחד מתחומי הליבה של המשרד להגנת הסביבה. בעקבות שורה של התפתחויות כלכליות וטכנולוגיות, הפסולת שאנו רגילים לראות כמטרד סביבתי משנה פניה והופכת להיות משאב חיוני בתהליך הפקת האנרגיה. בהמשך להחלטות הממשלה למציאת פתרונות לאנרגיה מתחדשת ולהפחתת הטמנת הפסולת, אני רואה חשיבות רבה לקידום טכנולוגיות בתחום זה.

טכנולוגיות סביבה תומכות בעשייה הכלכלית ומשתלבות בתחומים רבים בחיינו במטרה להפחית, לייעל ולתקן את הפעילות היצרנית שיש בה בכדי לזהם את הסביבה ולפגוע בבריאות ובאיכות חיי אדם. טכנולוגיות סביבה כוללות גם טכנולוגיות לייצור ואגירת אנרגיה המאפשרות פעילות כלכלית המסתמכת על מקורות אנרגיה נקיים יותר.

כיום אנו משתמשים בעיקר במשאבים מתכלים על מנת להפיק אנרגיה. במקביל כמות הפסולת מהמגזרים השונים (חקלאי, ביתי ותעשייתי) הולכת וגדלה עם גידול האוכלוסייה ורמת החיים. מכאן חשיבותו הרבה של נושא הפקת אנרגיה מביומאסה שכן באמצעות טכנולוגיות אלו נוכל לשמר את המשאבים המתכלים תוך צמצום הפסולת.

המשרד להגנת הסביבה מבקש לקדם את השיח בתחום טכנולוגיות סביבה ככלל וביומאסה בפרט ואנו מקווים כי ימצא עניין במחקרים ובדו"ח זה.

בברכה,

דוד לפלר

מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה

הקדמה

בהתאם להחלטת ממשלה מס' 3954 מיום 21.08.2008 בנושא "מחקר, פיתוח טכנולוגיות וייצור חשמל בתחום האנרגיה המתחדשת", הוטל על המשרד להגנת הסביבה לקדם מחקר תשתיתי ולהזמין מחקרים אקדמיים בעלי פוטנציאל לשימושים מסחריים. בהתאם לזאת פעל המשרד לקידום מחקרים בנושא.

לשכת המדענית הראשית במשרד להגנת הסביבה פרסמה קול קורא בשנים 2010-2014 בנושא הפקת אנרגיה מביומאסה. הנושאים שהוגדרו בהצעות המחקר הם:

- הפקת אנרגיה מפסולת עירונית
- הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית
- הפקת אנרגיה משפכים מימיים
- הפקת אנרגיה משמנים ושומנים

פיתוח המחקר והמדע מובילים הן לקידום פתרונות חדשניים בתחום הפסולת והאנרגיה והן לצמיחת המדע בישראל. הידע הנצבר משרת את המשרד בגיבוש כלים לקידום אנרגיות מתחדשות ובבניית מדיניות סביבתית בתחום זה, במטרה להמשיך עשייה סביבתית משמעותית ויעילה.

להפקת אנרגיה מביומאסה יתרונות רבים. כיום התחום נמצא בפיתוח וככל שטכנולוגיה זו תשתכלל כך יתפוס מקור אנרגיה זה מקום חשוב במפת האנרגיה הכלל עולמית וכאחד מהפתרונות היעילים לסילוק פסולת.

לאחר ארבע שנים בהן תמכנו במחקרים בתחום החלטנו לבצע אינטגרציה של החלטות הממשלה בנושא אנרגיות מתחדשות, מדיניות המשרד להגנת הסביבה בתחום הפסולת, לאור תוצאות המחקרים שמימנו, מחקרים בתחום שנערכו בחו"ל אל מול נתונים מהשטח כמו כמויות ופיזור פסולת ביומאסה בארץ. כל זאת במטרה להכווין את נושאי המחקר לנושאים שעדיין יש בהם פערי ידע וכן להמליץ למשרד על דרכי פעולה בתחום. להלן ההמלצות העיקריות מסקירה זו:

מומלץ שהפעילות הממשלתית בתחום פסולת הביומאסה בארץ תתואם על ידי גוף אחד, אשר בין היתר יגבש תוכנית אב בהן יבוצעו הערכת היצע, ביקוש ופיזור, ותתכנן טיפולים מתאימים בפסולת. בהנתן טכנולוגיות שונות מומלץ לתמוך במחקרים בתחום הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה אשר נותנים פתרון לכמויות פסולת גדולות, מעל 50 אלף טון בשנה. מומלץ לבחון כדאיות כלכלית וסביבתית של מתקני קצה משקיים/ ישוביים אל מול מתקנים איזוריים. יש לבחון הקמת מתקנים תרמיים להשבה לאנרגיה בנוסף למתקני עיכול אנאירובי. מומלץ לתמוך במחקרים אשר עוסקים בהפקת אנרגיה זמינה לניצול מיידי - כגון חשמל, ביוגז וסינגז.

אנו מקווים כי סקירה זו הכוללת מיפוי תובנות שנערך על ידי דר' דניאל מדר, עמית ממעק של האגודה הישראלית לאקולוגיה וכן תקצירי המחקרים המבוצעים במימון המשרד, תאיר על המחקר הנעשה בתחום הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה.

קריאה נעימה ובברכה,

ד"ר **סיניה נתניהו**

המדענית הראשית

המשרד להגנת הסביבה

תוכן עניינים

חלק 1

75-6 דוח סקירת תובנות מהמחקרים, ד"ר דניאל מדר

חלק 2

124-76 תקצירי מחקרים

91-82 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית



114-92 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית



121-115 הפקת אנרגיה משפכים



124-122 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים



חלק 1

דוח סקירת תובנות
ממחקרים הממומנים ע"י
המשרד להגנת הסביבה
בתחום הפקת אנרגיה
מביומאסה, 2010–2013



אוגוסט 2014

הוכן ע"י ד"ר דניאל מדר, עמית ממשק, יועץ למדענית הראשית.

חלק 1

דוח תובנות

10	תקציר	
13-12	1. רקע לקולות קוראים למחקרי הפקת אנרגיה מביומאסה	
21-14	2. תובנות מדעיות מהמחקרים	
16	2.1 הפקת אנרגיה משפכים	
16	2.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים	
17	2.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית	
17	2.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית	
18	2.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית	
18	2.6 השוואה בין הטכנולוגיות השונות	
22	3. מדיניות המשרד להגנת הסביבה	
23	4. על הנעשה במחקר בתחום בעולם	
23	4.1 ארה"ב	
23	4.2 אירופה	
24	4.3 אסיה	
26-25	5. יישומים טכנולוגיים בטיפול בפסולת אורגנית בעולם	
28-27	6. סוגיות ייחודיות לישראל	
27	6.1 כמויות פסולות אורגניות בארץ	
28	6.2 פריסה מרחבית של הפסולת בארץ	
28	6.3 אקלים	
34-29	7. תובנות מסכמות	
29	7.1 הפקת אנרגיה משפכים מימיים	
30	7.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים	
30	7.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית	

31	7.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית	
31	7.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית	
36-35	ממצאים נוספים	8.
35	8.1 החלטות ממשלה ומדיניות המשרד להגנת הסביבה	
36	8.2 דוח טכנולוגיות להפקת דלקים לתחבורה מפסולת	
36	8.3 הפקת אנרגיה מפלסטיק	
37	חסמים בהטמעת טכנולוגיות להפקת אנרגיה מביומאסה	9.
41-38	המלצות	10
38	10.1 הפקת אנרגיה משפכים מימיים	
38	10.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים	
38	10.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית	
38	10.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית	
39	10.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית	
39	10.6 המלצות כלליות למחקרים	
40	10.7 המלצות כלליות בנוגע למדיניות המשרד להגנת הסביבה	
43-42	מקורות	11.
44	נספח א- החלטות ממשלה	
44	החלטת ממשלה מס' 3954 מיום 21.8.2008	
53	החלטת ממשלה מס' 4450 מיום 29.1.2009	
57	החלטת ממשלה מס' 3484 מיום 17.7.2011	
61	החלטת ממשלה מס' 5327 מיום 13.1.2013	
75-64	נספח ב- טבלת הערכת מחקרים בנושא הפקת אנרגיה מביומאסה (2010-2013)	

בהתאם להחלטות הממשלות השונות בשנים האחרונות, הוטל על המשרד להגנת הסביבה לקדם מחקרים בתחום הפקת אנרגיה מחומר אורגני (ביומאסה). כמו כן, הוקצו מכסות לייצור חשמל מאנרגיה שמקורה בביומאסה. מאז 2010, פורסמו 4 קולות קוראים אשר מימנו 24 מחקרים בהיקף של כ-9 מיליון ש"ח בתחום הפקת אנרגיה מפסולת אורגנית.

טרם פרסום הקול הקורא החמישי והאחרון בתחום זה, עלה הצורך לבצע סיכום של המחקרים שמומנו עד כה, להשוות את המחקרים בארץ לאלו הנעשים בעולם, להעריך את מידת הצלחתם ויישומם, לקשרם למדיניות המשרד ולהמליץ על כיווני מחקר עתידיים. **לאור המטרה העיקרית של תוכנית זו, שהיא הפקה כלכלית של אנרגיה לשם מניעת הטמנת פסולת, תוך הפחתה וצמצום תוצרי לוואי - להלן ההמלצות העיקריות מעבודה זו:**

1. מומלץ לתמוך במחקרים בעלי תפוקה סביבתית כפולה, כגון הפקת אנרגיה ופירוק חומרים רעילים ע"י תאי דלק חיידקיים.
2. בהנתן מגבלות תקציב, תמיכה במחקרים בתחומים הפקת אנרגיה משמנים ושומנים וכן משפכים, צריכה להיות בסדר עדיפות אחרון. זאת בשל הכמות הנמוכה יחסית של פסולת שמנים, היקף האנרגיה הנמוך בשפכים, וכן בשל המצאות פתרונות לפסולת אלו.
3. מומלץ לתמוך במחקרים אשר נותנים פתרונות לטווח רחב של פסולות, או לכמות גדולה של פסולת (מעל 50,000 טון בשנה).
4. במידה ומייעדים פסולת אורגנית עירונית לטיפול בעיכול אנאירובי, מומלץ על פי הנתונים המחקרים העומדים לפנינו לבצע עיכול אנאירובי "יבש" על פני עיכול "רטוב".
5. מומלץ לבחון יתרונות וחסרונות בין מתקני קצה מקומיים קטנים להשבת פסולת אורגנית לאנרגיה (עלויות שינוע נמוכות, עלויות תפעול יחסית גבוהות) לבין מתקני קצה אזוריים גדולים (עלויות שינוע גבוהות, עלויות תפעול יחסית נמוכות בשל יתרון הגודל).
6. במחקרים בהם יש שימוש חוזר בפסולת אורגנית אשר הינו כלכלי, חוקי ומוצלח - מומלץ שלא להסב פסולת זו לטובת השבה לאנרגיה (כגון שימוש בפסולת אורגנית לצורך האבסת בע"ח).
7. מומלץ להתמקד במחקרים אשר מפיקים אנרגיה זמינה, כמו חשמל, ביוגז או סינגז. לא מומלץ לתמוך במחקרים אשר כוללים המרות של אנרגיה או דלקים לדלקים אחרים אשר גורמות להפסדים אנרגטיים.
8. על מנת להתקרב אל יעדי הממשלה להפקת אנרגיות מתחדשות עד 2015 ולעמוד ביעדים עד 2020, יש לשקול ייעוד כמה אלפי טונות של פסולת אורגנית ביום להפקת אנרגיה ע"י גזיפיקציה, או להעביר מכסות לאנרגיה מתחדשת אחרת (כגון אנרגיה סולארית) או שילוב כלשהו של האופציות הנ"ל.
9. לשם ניהול תקין ואופטימלי של תחום הפסולת האורגנית בארץ, מומלץ שגוף ממשלתי אחד יתאם את הנושא בכל המגזרים (עירוני, תעשייתי, חקלאי, קק"ל וכו'), יבצע הערכה של כמויות ופיזור הפסולת האורגנית בארץ, ויתכנן אופטימיזציה של השימוש במשאב זה. נדרשת תוכנית אב שתיתקח בחשבון את כל ההיצע והביקוש לתוצרים השונים בהנתן טכנולוגיות שונות.
10. מומלץ לצבור ידע מקצועי במשרד לגבי מתקנים להפקת אנרגיה מפסולת ולקיים הסברה עליהם לתושבים, ע"מ לצמצם התנגדות תושבים להקמת מתקנים כאלו בשל חוסר ידע על הטכנולוגיות והשלכותיהן הסביבתיות.



רקע לקולות קוראים למחקרי הפקת אנרגיה מביומאסה

1

בהתאם להחלטת ממשלה מס' 3954 מיום 21.8.2008 בנושא "מחקר, פיתוח טכנולוגיות וייצור חשמל בתחום האנרגיה המתחדשת" (נספח א'), הוטל על המשרד להגנת הסביבה **לקדם מחקר תשתיתי ולהזמין מחקרים אקדמאים בעלי פוטנציאל לשימושים מסחריים בתחום הפקת אנרגיה מביומאסה**. החלטות ממשלה 4450 מיום 29.1.2009, 3484 מיום 17.7.2011, 5327-1 מיום 13.1.2013 (נספח א') גם כן תומכות במחקרים בתחום זה.

עפ"י החלטת ממשלה 3484 מיום 17.7.2011, **הוקצו לפחות 210 מ"גה וואט להפקת אנרגיה - מביומאסה, מביוגז ומפסולת, מתוכם לפחות 160 מ"גה וואט ע"י ביוגז**.

בשנים 2010-2013 פורסמו 4 קולות קוראים. להלן הנושאים בהם מומנו המחקרים:

1. הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית.
2. הפקת דלק מפסולת בע"ח.
3. הפקת דלק מפסולת צמחית.
4. הפקת אנרגיה משפכים עם ריכוז חומר אורגני נמוך.
5. הפקת דלק מבוצות טיהור שפכים.
6. אופטימיזציה של תהליכי עיכול אנאירובי להפקת ביוגז.
7. הפחתת מזהמים קורוזיביים בביוגז (כגון H₂S).

שנת פרסום קול קורא	תקציב מחקרים (ש"ח)	מס' מחקרים שהסתיימו	מס' מחקרים פעילים
2010	1,985,770	6	-
2011	1,990,375	5	-
2012	1,030,750	1	2
2013	3,875,045	-	10
סה"כ	8,881,940	12	12

סה"כ מומנו מחקרים בהיקף של 8.88 מיליון ש"ח לנושא הפקת אנרגיה מביומאסה. החלוקה התקציבית לפי שנים: עד כה אושרו 24 מחקרים, כאשר 12 הסתיימו ו-12 פעילים.

המטרה העיקרית של תוכנית זו, היא הפקה כלכלית של אנרגיה לשם מניעת הטמנת פסולת, תוך הפחתה וצמצום תוצרי לוואי. טרם פרסום הקול הקורא החמישי והאחרון בתחום זה, עלה הצורך לסכם את המחקרים שבוצעו עד כה, לבחון את מידת הצלחתם, לבחון את מידת יישומם, לזהות חסמים ליישומם, להשוות אותם אל הנעשה בעולם, לקשר אותם למדיניות המשרד ולהמליץ על כיווני מחקר עתידיים. יתכנו מחקרים מבטיחים ומעניינים שלא ימומנו מכיוון שאינם רלוונטיים להפחתת כמות הפסולת בארץ.

טבלה המרכזת את כל המחקרים, לפי תוצאות, חסמים, השפעה על כמות הפסולת, מידת ישימות, זמן לשימוט ועוד ניתן למצוא בנספח ב'. בדוח זה נבחנו 4 מחקרים נוספים שמומנו ע"י המשרד שאינם במקור מהקולות הקוראים בנושא הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה, אך רלוונטיים לתחום (נספח ב', מחקרים מספר 111-13-2, 114-3-1, 8-300/8-110, 7-401, מחקרים מספר 111-13-2, 114-3-1, 8-300/8-110, 7-401).



תובנות מדעיות מהמחקרים

2

המחקרים חולקו לפי ארבעה סוגי פסולת עיקריים לפיהם התבצע הניתוח:

1. הפקת אנרגיה משפכים מימיים (5 מחקרים).
2. הפקת אנרגיה משמנים ושומנים (2 מחקרים).
3. הפקת אנרגיה מפסולת אורגנית עירונית (9 מחקרים).
4. הפקת אנרגיה מפסולת אורגנית חקלאית (14 מחקרים).



היקף המחקר (מספר המחקרים) בכל תחום משקף נאמנה את הכמויות הפוטנציאליות של פסולות אלו להפקת אנרגיה.

הטכנולוגיה	שפכים	שמנים	עירונית	חקלאית
גזיפיקציה			132-3-7: סינגז 112-2-1: סינגז	132-3-7: סינגז 112-2-1: סינגז
הידרוגנציה או טרנס-אסטרופיקציה	114-3-1: ביודיזל	132-2-2: ביודיזל 112-1-1: ביודיזל		
הידרוליזה (אנזימטית/כימית)				132-3-2: ביואתנול 132-3-3: ביואתנול 132-3-4: ביואתנול 132-3-5: ביואתנול 122-3-2: ביואתנול 112-4-4: ביואתנול 112-4-3: מימן
טרפיקציה			102-4-3: ביו-פחם	
עיכול אנאירובי	112-5-2: ביוגז		132-1-3: ביוגז	102-6-4: ביוגז 102-6-1: ביוגז
פירוליזה			122-1-1: ביו-נפט 102-2-3: ביו-נפט וביו-פחם	102-2-3: ביו-נפט וביו-פחם
קרבוניזציה הידרותרמית				132-2-1: ביו-פחם
תא דלק	132-4-2: חשמל 122-4-2: חשמל 102-5-1: חשמל			

2.1 הפקת אנרגיה משפכים

שפכים מימיים מכילים חומר אורגני ברמה נמוכה יחסית, היות והחומר האורגני מהול בהרבה מים לצורך שינוע הפסולת אל המט"שים (מכוני טיהור שפכים). עם זאת, מדובר על כמות עצומה של שפכים - 500 מיליון קוב בשנה (1) כל המחקרים בתחום מבוססים על שימוש באורגניזמים לפירוק תרכובות אורגניות לשם: הפקת חשמל מתאי דלק חיידיים תוך פירוק תרכובות אורגניות ארומטיות רעילות, הפקת ביוגז מחומר אורגני בעיכול אנאירובי ע"י חידקים, וייצור ביודיזל משמנים באצות הגדלות על מי שופכין.

לתחום זה כיום אין טכנולוגיות קיימות להפקת דלק משפכים (אם כי ניתן להפיק אנרגיה במספר דרכים מהבוצה). **פוטנציאל להפקת אנרגיה משפכים בעלי כמות מוצקים מרחפים נמוכה (עד COD 10,000) הינו נמוך, מכיוון שמלכתחילה אין חומר אורגני רב בשפכים הנחקרים.** כמות האנרגיה הפוטנציאלית תספיק כנראה רק לשימוש מתקן הטיפול עצמו ולא לרשת החשמל/ הדלק הארצית. לכן עדיפים מחקרים שמתמקדים בייצור אנרגיה מידית או פשוטה להפקה - כמו ייצור חשמל או ייצור ביוגז (שבקלות ניתן לשרפו במקום כדי להפיק חשמל/חימום).

ישנו פוטנציאל גדול יותר לטכנולוגיות תאי דלק חיידיים שמייצרות חשמל תוך פירוק תרכובות אורגניות ארומטיות רעילות. אמנם הספק יצור החשמל בהם נמוך, אך הם מראים פירוק מרשים של תרכובות רעילות שכיום לא מטופלות (2) ואף הוכח שפוגעות במט"שים, כמו במקרה של שפכי תעשיית שמן הזית. יתכן והספק החשמל הנמוך של תאי דלק כאלו יהיה מספיק להפעלה אוטונומית של תאי הדלק (ואולי עוד יישאר חשמל להפעלת חלקים נוספים באתר) ולכן יתכן וישתלם כלכלית להתקין תאי דלק כאלו שיטהרו את השפכים במפעלים, בתי בד, ובמרכזים לטיפול בביומאסה (ייצור נייר, הפקת אנרגיה בשיטות אנזימתיות, אשר ייצרו פסולת של תרכובות ארומטיות מהליגנין שבביומאסה). חסרון בולט של תחום תאי הדלק הינו חוסר הבעלות הטכנולוגית והמרחק הרב יחסית עד ליישומו בפועל (כ-10 שנים).

2.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים

שמנים ושומנים הינם חומרים אורגניים בעלי תכולה אנרגטית גבוהה. בתחום הפקת אנרגיה מביומאסה, בד"כ הם משמשים להפקת ביודיזל. המחקרים שלנו עוסקים בייצור ביודיזל משמנים ממלכודות שמנים, ובהפקת ביודיזל מפסולת שומן מתעשיית הבשר.

המחקר על הפקת ביודיזל ממלכודות שמנים מראה הצלחה רבה (1-112). האנזימים לייצור ביודיזל המצויים בשוק, רגישים לחומרים כימיים בהם משתמשים בתהליך ייצור הביודיזל ונהרסים לאחר שימוש קצר יחסית. לכן צריך להוסיף כל הזמן עוד ועוד אנזימים לריאקטורים. דבר זה מייקר את התהליך משמעותית. כמו כן, שיטות כימיות לייצור ביודיזל מסוגלות כיום להתמודד רק עם שמנים ברמת ניקיון גבוהה, ולא מצליחים להתמודד עם חומצות שומן חופשיות (אשר נפוצות בשמן משומש). בנוסף, שיטות אנזימתיות לייצור ביודיזל בעלות פחות תוצרי לוואי רעילים בהשוואה לשיטות כימיות לייצור ביודיזל. במחקר הצליחו לייצר אנזימים יציבים שפועלים בנוכחות חומרים כימיים לאורך זמן רב, וכן

פועלים על שלל מולקולות שומן, שמן וחומצות שומן, וכך פתרו שתי בעיות מרכזיות בתהליך ייצור ביודזל. טכנולוגיה זו ישימה כבר כיום, כאשר השיפורים מהמחקר הנוכחי צפויים להיכנס לשימוש תוך שנה-שנתיים.

2.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית

לפסולת עירונית אורגנית פוטנציאל גדול להפקת אנרגיה, בשל הכמות הרבה שלה. חלק מהמחקרים היו תיאורטיים: סקרים, סקרי התכנות, וניתוחים כלכליים. שאר המחקרים היו מעשיים ועסקו בהפקת ביו-נפט בפירוליזה, ובהפקת סינגז בגזיפיקציה.

לטווח הבינוני (יישום תוך כ-5 שנים), מחקר (1-122) שנראה מבטיח הינו **יצור ביו-נפט בפירוליזה מביו-פחם (שנוצר בקלייה/טרפיקציה מחומר אורגני)**. הביו-נפט הינו תערובת של הידרוקרבונים נוזליים אשר דומה בהרכבו לנפט. ביו-נפט מזהם פחות מאשר נפט מינרלי היות ולא מכיל מתכות כבדות. במידה ומחקר זה יצליח, יש לו פוטנציאל גבוה, גם בשל התאמתו להחלטת הממשלה לעודד ייצור תחליפי דלקים שאינם מבוססים על נפט.

לטווח הארוך (יישום תוך כ-10 שנים במידה והמחקר יצליח), ישנו מחקר מעניין (7-132) שהתחיל השנה בנושא **גזיפיקציה במים סופר-קריטיים**. בגזיפיקציה, הופכים חומר אורגני לסינגז אשר ניתן להפכו לדלק נוזלי או לשרפו לחשמל. אחד החסמים בגזיפיקציה הוא הצורך בחומר אורגני יבש לשם ביצוע הריאקציה. לכן או שמחממים את החומר האורגני לשם ייבושו - דבר המעלה את העלויות של התהליך, או שהתהליך מוגבל לחומר אורגני יבש. במחקר זה יחקרו הפקת סינגז מפסולת אורגנית רטובה ללא צורך בייבושה בתוך מים סופר-קריטיים (מים בלחץ גבוה ובטמפרטורה גבוהה). נקודת החולשה של מחקר זה היא העובדה שהוא יחסית מסובך ודורש תנאים קיצוניים. לדבר כמובן השלכות על העלות הסופית של הטכנולוגיה, במידה ותגיע לשלב יישומי. מבחינת פליטות, טכנולוגיית הגזיפיקציה הרבה יותר נקייה משאר הטכנולוגיות התרמיות (RDF, שריפה ישירה, פירוליזה, טרפיקציה) ועומדת בתקנים המחמירים בעולם (3,4).

2.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית

גם לפסולת חקלאית אורגנית פוטנציאל גדול להפקת אנרגיה, בשל הכמות הרבה שלה. תחומי המחקר היו הפקת ביוגז בעיכול אנאירובי, ייצור ביו-פחם בטרפיקציה, הפקת ביו-נפט בפירוליזה, הפקת ביו-אתנול, הפקת מימן, והפקת סינגז בגזיפיקציה.

הטכנולוגיה הכי בשלה כרגע היא עיכול אנאירובי להפקת ביוגז. בשל תמיכת המדינה בהקמת מתקני עיכול אנאירובי, **רצוי לתמוך במחקרים שיאפשרו אופטימיזציה של מתקנים אלו - הפקה מקסימלית של ביוגז בזמן הקצר ביותר** (יש מחקרים קיימים כאלו שכבר בוצעו בעולם (5)). ישנו מחקר אחד שעשה בדיוק זאת (4-102), והראה שילוב אופטימלי של פסולות חקלאיות לייצור ביוגז, וכן ייצור מודל שחזזה את ייצור הביוגז על סמך הרכב הפסולות במעכל.

לטווח הבינוני (יישום תוך כ-5 שנים), התחום שנראה הכי מבטיח כרגע מבחינה אנרגטית וכלכלית הוא ייצור ביו-פחם וייצור ביו-נפט (3-2-102). ביו-פחם פחות מזהם מפחם רגיל היות ולא מכיל מתכות כבדות. ביו-פחם כרגע נבחן ע"י חברת החשמל, ובחינת התכנות כלכלית ראשונית מצאה כי ישתלם להפיק ביו-פחם. ביו-נפט נמצא צעד אחד מאחור כאשר כרגע נבדקת איכות הביו-נפט לעומת נפט מינרלי. אחד היתרונות של תחום זה הוא שככל הנראה ע"י שליטה בתנאי תהליך הטריפיקציה (קלייה לביו-פחם) והפירוליזה (הפיכה לביו-נפט) ניתן להתמודד עם טווח של סוגי פסולת אורגנית וכן לשלוט על איכות התוצרים של התהליך.

2.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית

פסולת עירונית ופסולת חקלאית הינן בעלות מאפיינים דומים. טכנולוגיות טרמיות כגון גזיפיקציה (הפיכה לסינגז), טריפיקציה (קליה לביו-פחם) ופירוליזה (הפיכה לביו-נפט); וטכנולוגיות עיכול אנאירובי פחות או יותר דומות בשני סוגי הפסולת הללו - ולכן מחקרים בטכנולוגיות הללו בפסולת עירונית רלוונטיים גם לפסולת החקלאית, ולהיפך. פסולת מעוצה יבשה יחסית (גזם עצים), עדיפה לשימוש בטכנולוגיות טרמיות, על פני פסולת לא מעוצה ועשירה יותר במים (פירות, ירקות...) שעדיפה לשימוש במעכלים אנאירוביים (כיום).

טכנולוגיות ביולוגיות וכימיות להפקת ביו-אתנול בד"כ יתאימו לסוג ביומאסה מסוים: טכנולוגיה לפירוק קש חיטה למשל, לא תתאים לפירוק קש תירס (הרכב צמחי שונה משפיע על התגובה הכימית/אנזימתית). **לכן מחקרים כאלו שבודקים פעילות בסוג פסולת מסוימת לאו דווקא ישקפו מה קורה בסוג פסולת אחר.** ז"א, ע"מ לאפשר הפיכה יעילה של רוב פסולת הביומאסה לביו-אתנול - כנראה שידרשו מחקרים רבים וארוכים כדי לכסות את רוב סוגי הפסולות. אלא אם תמצא דרך שהינה אדישה לסוג הביומאסה, בדומה לשיטה של הטיפול האנזימתי לשמנים להפיכה לביודיזל שפותחה במחקר 1-112.

2.6 השוואה בין הטכנולוגיות השונות

השוואה בין התפוקה האנרגטית בטכנולוגיות השונות

הפקת חשמל (קוט"ש/ טון נכנס)	Mass Burn	Gasification	Pyrolysis	Plasma	עיכול אנאירובי
טון פסולת מעורבת	550	650	650	450	150
טון פסולת מופרדת - יבש	770	850	850	630	-
טון פסולת מופרדת - רטוב	-	-	-	-	300

מקור: טבלה 5, סקירת טכנולוגיות להפקת אנרגיה וחישוב דמי כניסה, 2012 (6).

השוואה בין הטכנולוגיות השונות להפקת אנרגיה מפסולת

טכנולוגיה	גזיפיקציה	פירוליזה	פלסמה	
תהליך ייצור	פירוק תרמי המלווה בראקציה כימית של חומרים בסביבה מוגבלת בחמצן בטמפ' של כ-800 מ"צ	פירוק תרמו כימי של חומרים בהעדר חמצן בטמפ' של כ-350-500 מ"צ	פירוק תרמי ע"י מבער פלסמה בטמפ' של כ-1,500-1,300 מ"צ (לפיד הפלסמה מגיע עד 8,000 מ"צ)	
תשומות	ח"ג מרכזי: תאית (חומר צמחי) או חומרים מבוססי תאית (נייר וקרטון) וכן חומרים סינטטיים בעלי ערך קלורי גבוה (פלסטיק וצמיגים)	ח"ג מרכזי: תאית (חומר צמחי) או חומרים מבוססי תאית (נייר וקרטון) וכן חומרים סינטטיים בעלי ערך קלורי גבוה (פלסטיק וצמיגים)	כמעט כל סוגי הפסולת, לרבות פסולות מסוכנות. הערך האנרגטי הגבוה ביותר מצוי בחומרים האורגניים.	
תוצרי התהליך	סינגז (85%). עבור דלקים לתחבורה עובר תהליך הנזלה (פישור-טרופס או תהליכים אחרים הנבחנים כיום)	שמן (55%-60%). עבור דלקים לתחבורה עובר תהליך שדרוג (כגון Hydrotreating)	סינגז (60%-70%) (מוצקים אינרטיים 15%-20%)	
תוצרי לזאי	מתכות כבדות, גזים חומציים, חומרים אורגניים רעילים, פחמן חד חמצני, דיאוקסין ועוד. להפחתת תוצרי הלואי ישנן דרכים לאופטימיזציה של תהליך הייצור. בתוצר האפר הנותר (10%-20) משקלית ניתן להשתמש בתעשיות שונות כדשן, תשתיות, ייצור מלט ועוד (עם זאת יש דעות חלוקות לגבי רעילות התוצר).	מתכות כבדות, גזים חומציים, חומרים אורגניים רעילים, פחמן חד חמצני, דיאוקסין ועוד. להפחתת תוצרי הלואי ישנן דרכים לאופטימיזציה של תהליך הייצור. בתוצר האפר הנותר (כ-25% משקלית) ניתן להשתמש לקיום התהליך.	תוצרי לזאי מעטים. תוצר נקי באופן יחסי.	
יישומים עיקריים	הפקת חשמל	הפקת דלקים לתעשייה במבערים, מנועים, טורבינות	הפקת חשמל	
% אנרגיה הדרושה בתהליך מסך האנרגיה המיוצרת ¹	10%	15%	40% ויותר	
יעילות אנרגטית (דוגמאות מספריות משלבי מו"פ)	על כל טון פסולת עירונית מוצקה מתקבל 28 גלון של אתנול. הערך הקלורי של תוצר הסינגז שווה ל-25%-40% מזה של הגז הטבעי.	על כל טון ביומאסה מיובשת מתקבל 0.12 טון שמן מיוצב	על כל טון חומר גלם, ניתן לקבל 0.3-0.6 טון דלק	

מקור: טבלה 2, טכנולוגיות להפקת תחליפי דלקים לתחבורה מפסולת - דוח מסכם, 2013 (3).

¹ לא כולל השקעות אנרגטיות הכרוכות בהמרת התוצר המקורי של התהליך לדלק מסוג אחר (למשל, המרת סינגז לאתנול).

הידרוגנציה	טרנס-אסטרופיקאציה	הידרוליזה (כימית/ אנזימטית)	עיכול אנארובי	
תהליך חיזור של תרכובות אורגניות לא רוויות למצב רווי, ע"י מימן	תהליך בו קטליזטור בסיסי מאפשר ריאקציה של הוספת אלכוהול לחומצות השומן שבקצה הטריגליצרידים	תהליך כימי או ביו-כימי שבו מים גורמים לבקוע תרכובת מסוימת בכדי ליצור תרכובות חדשות	פירוק ביולוגי של ביומאסה ע"י מיקרואורגניזמים, בסביבה נעדרת חמצן	
ח"ג מרכזי: שמנים משומשים ושומנים	ח"ג מרכזי: שמנים משומשים ושומנים	ח"ג מרכזי: תאית	פסולת אורגנית רקבובית, פרש בעלי חיים, בוצות שפכים, פסולת חקלאית וזרמי נייר וקרטון	
ביודיזל (HDDR)	ביודיזל (FAME)	אתנול (50-95%). עבור דלקים לתחבורה עובר תהליך שדרוג וייבוש (99% אתנול)	ביוגז (50-75% מתאן). עבור דלקים לתחבורה עובר תהליך שדרוג וניקוי (98% מתאן)	
גליצרין	גליצרין	(הידרוליזה כימית) תרכובות לא אורגניות, חומצות שונות, תרכובות פנוליות ועוד.	פד"ח, מימן, מימן גופרתי, אמוניה, סילוקסנים וחומרים נוספים התלויים בתשומות התהליך (פתוגנים וכו'). תהליכי הניקוי כוללים תוצרי לוואי נוספים כגון תרכובות מתכתיות (תלוי בסוג טכנולוגית השדרוג).	
הפקת ביודיזל לתחבורה	הפקת ביודיזל לחשמל וחום ולתחבורה	הפקת אתנול לתחבורה	הפקת חשמל וחום	
-	-	-	5-40% (תלוי אם מתבצע שדרוג וכן בטכנולוגיות השונות)	
על כל גלון חומר גלם, ניתן לקבל 0.8 גלון דלק	על כל גלון חומר גלם, ניתן לקבל 0.8 גלון דלק	הערכה תיאורטית של ה-DOE: מטון פסולת מיערות מתקבל 81.5 גלון של אתנול	תלוי בסוג טכנולוגית השדרוג	

מדיניות המשרד להגנת הסביבה

3

המשרד להג"ס אימץ את היררכיית הפסולת האירופית, אשר מתעדפת שימוש משולב בפסולת לפי הסדר: הפחתה, שימוש חוזר, מחזור, אנרגיה והטמנה. מדיניות זו מקטינה את כמות הפסולת האורגנית הזמינה להפקת אנרגיה בכחצי (3). כמו כן, ההעדפה למחזור פסולת אורגנית לדשן מוצק בעיכול אנאירובי, על פני הפקת אנרגיה מקסימלית מפסולת זו, מורידה עוד יותר את הפוטנציאל האנרגטי של הפסולת האורגנית (ניתן להפיק פי 3 אנרגיה בגזיפיקציה לעומת עיכול אנאירובי).



על הנעשה במחקר בתחום בעולם

4

4.1 ארה"ב

המעבדה הלאומית לאנרגיה מתחדשת בארה"ב (NREL-National Renewable Energy Laboratory), מתמקדת בחקר התחומים הללו (6):

- אפיון ביומאסה - קביעת הרכב מולקולרי של מקורות ביומאסה שונים, ע"מ לצפות את יעילות השיטות השונות להפקת דלקים מסוגי ביומאסה שונים. כך ניתן יהיה להתאים שיטה אופטימלית להפקת אנרגיה לכל סוג ביומאסה.
- המרה ביוכימית של ביומאסה לאתנול.
- ייצור מימן ע"י מיקרואורגניזמים בפרמנטציה של ביומאסה.
- פירוליזה של ביומאסה ליצירת ביו-נפט.
- גזיפיקציה של ביומאסה ליצירת מימן, סינגז וביואתנול.
- Steam reforming של ביומאסה למימן.

לאחרונה ישנה התמקדות בייצור דלק מימן מביומאסה וירידה מייצור דלקים אחרים מביומאסה. יתכן שהמקור לכך הוא גילוי עתודות הגז והנפט הגדולות בארה"ב בשנים האחרונות, שצפויות לשמש כמקור לדלקים בשנים הקרובות (במקום דלקים חלופיים מביומאסה), והרצון להתמקד בפיתוח דלק עתידי נקי יותר (מימן).

4.2 אירופה

בשל המדיניות האירופאית להגדיל את היקף השימוש באנרגיה מתחדשת, בשנים האחרונות מוקמות **תחנות כוח רבות מסוג CHP - combined heat and power, אשר משתמשות בביומאסה כחומר דלק לייצור חשמל וחום.** בשל האקלים הקר באירופה, יש יתרון משמעותי לתחנות מסוג זה שיכולות לספק חימום זול לבתים רבים בנוסף לייצור חשמל, וכך החום הנוצר בתחנת הכוח אינו מתבזבז. בישראל היתרון של תחנות כוח כאלו קטן יותר בשל האקלים השונה. עם זאת, **יתכן ויש מקום לבחון הקמה של תחנות כאלו בארץ, לשם חימום בניינים בחורף, חימום לצורכי תעשייה, וחימום מים במקום דודים המופעלים על חשמל.** כמו כן, יתרון משמעותי שיש לאירופה על פנינו בתחום, הוא שתעשיית העץ הענפה שם מספקת חומר גלם רב ואיכותי לתחנות כוח אלו (יש גם שימוש בפסולת חקלאית אחרת כמו קש). **תחנות כוח אלו מזהמות פחות מתחנות כוח שפועלות על פחם או מזוט, אך מזהמות יותר מתחנות המופעלות על גז, או הפועלות בטכנולוגיה של גזיפיקציה.** במקביל להורדת הזיהום, יש ירידה ברכישת דלק פוסילי מחו"ל, והכסף הולך לחקלאים מקומיים. יש לשים לב כי בחלק מהמקרים, יש מדינות שמייבאות פסולת אורגנית ע"מ להפעיל את תחנות הכוח הללו).

ישנם מתקנים רבים להפקת ביוגז מפסולת אורגנית בעיכול אנאירובי, גם ברמת המשק/ ישוב. מתקיימים מחקרים בתחומי הפקת ביואתנול מצלולוז, גידול אצות לביוגז על שפכים, הפקת דיזל NexBTL ע"י מיקרואורגניזמים, פירוליזה וגזיפיקציה. האיחוד מקדם 8 מחקרים מסחריים בהיקף של 1.6 מיליארד יורו בתחום.

בשבדיה, 51% מהפסולת הביתית מושבת לאנרגיה במשרפות, ומהווה 43% מכלל הפסולת המושבת לאנרגיה בשיטה זו. 15% מהפסולת הביתית עוברת עיכול אנאירובי להפקת ביוגז ודשן מוצק. השימוש במשרפות שהן תחנות משולבות של כוח וחימום, הופך השבה זו לאנרגיה ליעילה במיוחד. מתבצע ייבוא של פסולת ממדינות אחרות באירופה ע"מ לעמוד בביקוש להשבת אנרגיה מפסולת. מבחינתם רואים בכך דבר חיובי, למרות השינוע הרב של הפסולת, מכיוון שכך מונעים הטמנת הפסולת הזו באירופה. מאמינים כי צריכים לקדם מדיניות של מניעת/שימוש חוזר ומיחזור פסולת. בוחנים גזיפיקציה כאופציה עתידית נקייה יותר להשבת אנרגיה (8).

4.3 אסיה

נפוץ מאוד השימוש במעכלים אנאירובים פשוטים ביתיים או משקיים להפקת אנרגיה לחימום, לחשמל ולבישול (מיליונים של יחידות יצור). בסין מקדמים תוכניות לשימוש באנרגיות "ירוקות" ע"מ להתמודד עם הזיהום הכבד שנוצר שם בשל התיעוש והצמיחה המהירים.



יישומים טכנולוגיים בטיפול בפסולת אורגנית בעולם

5

בפרק 5 מתומצתים פרקים 2.1 ו-2.2 מתוך הדוח המסכם של מחקר 2-2-102: "קביעת השילובים הטכנולוגיים המיטביים להפקת דלק מפסולת אורגנית".

רקע מדעי

העקרון המנחה ליישום יכולת התמיכה של בסיס הידע במגוון טכנולוגיות הוא **סטנדרטיזציה** בהצגה של הקלטים והפלטות לתהליך, בתוספת תרשימי זרימה שעוצבו לשם מטרה זו, לתיאור טכנולוגיות תרמו-כימיות וביו-כימיות.

טכנולוגיות תרמו-כימיות להשבת אנרגיה מפסולת עירונית

טכנולוגיות תרמו-כימיות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה הינן הכרחיות על מנת לייצר מנגנון בר-קיימא לניהול הפסולת. טכנולוגיות לטיפול יעיל בפסולת ברחבי העולם מאופיינות בניצול טמפרטורות גבוהות ויחסי המרת חומר לאנרגיה גבוהים ביחס לשיטות טיפול ביו-כימיות או פיזיקליות-כימיות. בנוסף, טכנולוגיות תרמו-כימיות מאפשרות טיפול של פסולת ללא מיון מוקדם. היתרונות העיקריים של טכנולוגיות תרמיות הם:

1. מזעור משקל הפסולת (70%-91.7) ונפח הפסולת (80%-98).
2. ניצול מקסימלי של מקום, כלומר, השטח הנדרש להקמת מפעל, קטן באופן משמעותי ביחס לשטח הנדרש על מנת להטמין כמות זהה של פסולת עירונית.
3. סילוק מזהמים אורגניים הפוגעים בקרקע, במי תיהום ובאיכות האוויר.
4. ריכוז וייצוב של מזהמים אנאורגניים כך שניתן יהיה להיפטר מהם בצורה בטוחה, כמו לדוגמא בתהליך הגאזיפיקציה והמסה באמצעות פלסמה, שבו המזהמים האנאורגניים הנמסים בתהליך, נפלטת החוצה והופכים לסיג דחוס (Slag) בעל צפיפות נפחית של 2300 Kg/m^3 . המרכיבים הלא רצויים ומתכות הכבדות נלכדות בתוך הסיג וכך עומדים בתקני איכות סביבה.
5. ניצול של חומרים שניתן למחזורם הנשארים בסוף התהליך התרמי, כגון מתכות מוליכות ולא מוליכות וחומר לתשתית.
6. הפחתה של פליטת גזי חממה מפירוק אנאירובי של הפסולת האורגנית במטמנות וניצול של האנרגיה המתחדשת בצורה שהיא ידידותית לסביבה.
7. לסיכום, מתקנים לטיפול תרמו כימי בפסולת יכולים להמיר את הפסולת לצורות מגוונות של אנרגיה כמו חשמל, גז סינטטי או חימום התהליך עצמו.

טכנולוגיות ביו-כימיות להשבת אנרגיה מפסולת עירונית

התרומה של טכנולוגיות ביו-כימיות ליצירת מנגנון בר-קיימא לניהול הפסולת זהה לזו שתוארה בתת-סעיף 2.1 אם כי ישנם יתרונות ולעומתם חסרונות ביחס לטכנולוגיות תרמו-כימיות. לדוגמא, בהיבט האנרגטי - כלכלי, היתרונות הם השקעה מועטת של אנרגיה לצורך הפעלת המתקנים להשבת אנרגיה מפסולת ועלות נמוכה להקמת של המתקן. מאידך, החסרונות הם תפוקה אנרגטית נמוכה לק"ג פסולת וקצב נמוך לטיפול בפסולת

סיווג של תהליכי עיכול אנאירובי:

- הרכב פסולת - עד 15% מוצקים - עיכול רטוב; בין 15-70% מוצקים - עיכול יבש.
- טמפ' עיכול - כטרמופילי (50°C - 65°C) או מזופילי (20°C - 45°C).

בדנמרק ישנם מספר מתקנים לעיכול אנאירובי, בהם ביוגז מופק בתהליך של פירוק החומר האורגני בפסולת. הביוגז משמש במפעלי CHP, לייצור חשמל בהספק של MW1 וביעילות אנרגטית של 35% (Murphy et al, 2004). בשוודיה ובשווייץ ביוגז מופרד מפחמן דו-חמצני כדי לייצר ביוגז המועשר במתאן (95-98 מתאן), המשמש כדלק לכלי רכב. כמו כן, ישנו פוטנציאל לפלוט את הביוגז המועשר במתאן לרשת הגז המרכזית ולאפשר סדרה של תחנות שירות לביוגז.

חברות לייצור רכבים כדוגמאת "וולבו" ו"טויוטא" פיתחו רכב היברידי המונע על בנזין וביוגז. מתוך מגמה להרחיב את מגוון הביו-דלקים לשימוש תחבורתי, נערכו בספרד סדרת ניסויים שמטרתם ניצול החלק האורגני של הפסולת העירונית המוצקה כמצע לייצור אתנול בהתבסס על הידרוליזה אנזימטית.



ביודיזל שהופק בצורה אנזימטית (ימין) מול ביודיזל שהופק בצורה כימית (שמאל), מחקר 1-112, סובחי באשיר, טרנסביודיזל בע"מ

סוגיות ייחודיות לישראל

6

6.1 כמויות פסולות אורגניות בארץ

סוג הפסולת	כמות פסולת כוללת (טון לשנה)	כמות פסולת ללא שימוש יעיל/ חוקי/מוסכם ² כיום (טון לשנה)
בוצת מט"שים ¹	600,000 (רטוב) או 120,000 (חומר יבש)	474,000 (רטוב) או 95,000 (חומר יבש)
שמנים ושומנים	100,000-50,000	10,000-5,000
פסולת עירונית	גזם	250,000
	כל השאר	1,750,000 ³
פסולת חקלאית	גזם	300,000
	פרי	200,000
	זבל (פרש)	1,456,000 ⁴
	פגרים	40,000
קק"ל	גזם	70,000
	עצה	-
סה"כ	7,600,000	4,550,000 (1,000,000 ⁵)

עפ"י מקורות (9-12). פירוט על כמויות הפסולת מהטבלה נמצא בפרק 7.

- ¹ בוצת מט"שים - 21% (126 אלף טון חומר יבש) עובר קומפוסטציה בקומפוסט-אור. שאר הכמות פנויה להפקת אנרגיה, לאחר שנסגרו שאר מתקני ייצור הקומפוסט מהבוצה ב-2013. כיום נבנה מתקן עיכול אנאירובי אשר יחל לפעול ב-2015, ויטפל בבוצת השפד"ן שכיום מוזרמת לים (46,000 טון חומר יבש בשנה, 38% מבוצות השפכים בארץ).
- ² ללא טיפול מסוכם - בעיקר עקב מחלוקת בין המשרד להגנת הסביבה ומשרד החקלאות.
- ³ רוב כמות זו מתוכננת להיות מטופלת במעכלים אנאירוביים.
- ⁴ רוב כמות זו מיושמת כדשן אורגני בחקלאות, אם כי בדרך אשר אינה מקובלת ע"י המשרד להג"ס.
- ⁵ ישנם כ- 1,000,000 טון פסולת אורגנית בשנה ללא טיפול או שימוש כלל המתוכנן בשנים הקרובות.

6.2 פריסה מרחבית של הפסולת בארץ

שפכים: היות ורוב היישובים בארץ מחוברים אל מערכות טיפול שפכים מסודרות, מתקיים איסוף והולכה של רוב השפכים בארץ אל מט"שים מסודרים. לכן, משאב זה ניתן לאיסוף בקלות יחסית.

פסולת שמנים למאכל נאספת בצורה מסודרת מגופים מסחריים (מלונות, מסעדות וכו') ע"י חברות כמו פנדנגו, אשר מוכרות אותה בעיקר כתוספי מזון לבע"ח. פסולת שמנים מבתים פרטיים זורמת בד"כ עם השפכים, כאשר חלקה מופרד במט"שים וחלקה שוקע בצנרת או בבוצה.

פסולת עירונית: נאספת בצורה מסודרת ברוב היישובים בארץ. לכן גם משאב פסולת זה קל יחסית לאיסוף. עלות האיסוף כיום נופלת על תקציב הרשויות המקומיות, אשר מגלגלות אותה על התושבים באמצעות הארנונה. היות וברוב היישובים בארץ הפרדת פסולת לזרם יבש ורטוב (אורגני) עדיין לא מתבצעת (מתבצעת בכ- 10-20% מבתי האב בארץ), והיות ובאלו שמתבצעת אינה מבוצעת כראוי, עדיין אין איסוף יעיל של פסולת אורגנית עירונית.

פסולת חקלאית מפוזרת על פני כל חלקי הארץ, לרוב ביישובים חקלאיים קטנים. לחלק מהפסולת מתבצע טיפול או איסוף (כגון, זבל פרות ברפת חלב), אך לחלק ניכר (~40%) מהפסולת אין כלל איסוף או טיפול הולם. יש בעיה של השתת עלויות הפינוי/טיפול/שינוע של פסולת אורגנית זו על החקלאים - עבור לא מעטים מהם המשמעות היא פשיטת רגל. השילוב של הפיזור המרחבי הרב של הפסולת החקלאית והיעדר הטיפול/איסוף הקיים כיום, מקשה מאוד על מתן פתרונות בנושא.

גזם קק"ל, בדומה לפסולת חקלאית, גם כן מפוזר על חלק ניכר מהמדינה-מהצפון ועד צפון הנגב. יותר מכך, חלק מהמקומות נידחים ביותר ומצויים בלב יערות. אין כיום טיפול לגזם קק"ל. בדרום, האוכלוסייה המקומית לוקחת את הגזם להסקה לכן אין שם צורך בטיפול. חצי מכמות הגזם שדרושה טיפול מצויה במרכז, וחצי בצפון. בד"כ, קק"ל מבצעת טיפול גיזום בנקודה מסוימת אחת ל-10 שנים. בשנה אחת, ישנם עשרות אתרי טיפול ברחבי הארץ.

6.3 אקלים

ברוב הארץ שורר אקלים ים-תיכוני עד מדברי. יש לקחת זאת בחשבון כאשר מתכננים פתרונות להפקת אנרגיה מפסולת. לדוגמא, בעיכול אנאירובי יש צורך בחימום החומר לטמפרטורה של 35°C - 70°C . לעומת מעכלים אנאירוביים באירופה, יש צורך בהשקעת אנרגיה פחותה יותר ע"מ להגיע לאותה טמפרטורה. כמו כן, יתכן וניתן לשלב טכנולוגיה של קליטת שמש פסיבית (כמו קולטי שמש בדודי שמש) ע"מ להוזיל את העלויות האנרגטיות של המתקן.

מצד שני, האקלים החם לא מאפשר לרוב השהייה של הטיפול בפסולת האורגנית. אם הטיפול לא נעשה מהר יחסית, הפסולת האורגנית מתחילה להירקב, ולשחרר ריחות וגזי חממה.

7.1 הפקת אנרגיה משפכים מימיים

היות וקיים מערך איסוף וטיפול בשפכים מקיף בכל המדינה, האיסוף של פסולת זו כבר קיים ברמה מעולה, אין בעיית שינוע ואין צורך להשקיע בכך. דבר זה מקל מאוד את הטיפול בפסולת זו.

הפקת שמנים מאצות הגדלות בשפכים כרגע לא ריאליזית מבחינה כלכלית כי את תהליך ייצור הדלק מהאצות יהיה צריך לעשות במתקן מתמחה אחר. דבר שכמובן מכנים עלויות שינוע וכו'. כמו כן, עפ"י ד"ר דויד רובין מאגף מים ונחלים של המשרד להג"ס, גידול אצות רגילות או צמחי מים לאנרגיה במרכזי טיהור שפכים (מט"שים) רלוונטי כיום רק במט"שים קטנים מעטים עם בריכות פתוחות המאפשרות גידול אצות (מט"שים אקסטנסיביים) ולא במט"שים הגדולים האינטנסיביים. יתכן וניתן לגדל מיקרו-אצות במט"שים אינטנסיביים. אך הדבר יחייב התאמה שלהם לכך, שכנראה תעלה כסף רב. כמו כן, הורדת חומר אורגני ע"י צמחי מים בשלבי הטיפול בשפכים יוריד מהחומר האורגני הנותר בבוצה - ואז יהיה פחות חומר אורגני להפקת אנרגיה ובוצה מעובדת בעיכול אנאירובי. למרות הורדת החומר האורגני מהבוצה ע"י אצות, סה"כ נקבל יותר חומר אורגני במט"ש עם אצות (סכימת האצות+הבוצה) מאשר במט"ש בלי אצות (סכימת הבוצה בלבד) - זאת מכיוון שאצות מייצרות חומר אורגני בעוד החיידקים שבמט"ש ובבוצה רק ממירים חומר אורגני לומר אורגני אחר תוך איבוד חומר בתהליכי הנשימה שלהם.

בשל הכמות המועטה של חומר אורגני בשפכים עצמם, מערכות הפקת ביוגז משפכים כיום אינן כדאיות כי דורשות שטחים גדולים מאוד ועלויות גבוהות. אם תפותחנה שיטות הפותרות בעיה זו, אזי יהיה מקום להפקת אנרגיה משפכים - אבל עדיין, תוצר הביוגז יהיה נמוך (1).

האפשרות היחידה להפקת אנרגיה משמעותית ברמה לאומית משפכים היא להשתמש **בבוצה מהשפכים** להפקת אנרגיה (120 אלף טון בוצה חומר יבש/ 600 אלף טון בוצה רטובה (1)). עד 2013 59% מהבוצה הופנתה לייצור קומפוסט לחקלאות. עם זאת, ב-2013 נסגרו 2 מתקני קומפוסטציה שמטפלים ב-28% מהבוצה. 3% מוטמן (לא משמש לחקלאות בשל נוכחות גבוהה של מתכות כבדות) ו-38% מוזרם לים מהשפד"ן. בימים אלו מוקם מתקן לעיכול אנאירובי שיטפל בבוצה זו במקום ההזרמה לים. היות ויש ביקוש חקלאי לבוצות המעובדות, ניתן יהיה להפנות את הבוצות לעיכול אנאירובי במתקני העיכול המוקמים כיום ברחבי הארץ ולהפיק מהם גם ביוגז וגם בוצה מעובדת לחקלאות.

פתרון העיכול האנאירובי לבוצות השפד"ן אינו בהכרח פתרון אופטימלי כלכלי מבחינתם והינו הרע במיעוט, זאת בשל עלויות הטיפול הגבוהות ותפוקת החשמל הנמוכה מהביוגז. בנוסף, בשל העובדה שבשיטת טיפול זו נפח הבוצה מצטמצם אך במעט, עדיין ישנן עלויות שינוע גבוהות על מנת "להפטר" מהבוצה המעוכלת (לשנע אותה לדישון בחקלאות). פתרון אופטימלי כלכלי הינו שריפה או גזיפיקציה של הבוצה לצורך צמצום נפח הבוצה להפקה מקסימלית של אנרגיה. פתרון השריפה נדחה בשל התנגדות תושבים באזור (34).

7.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים

כמות שמן המאכל הנצרכת בארץ בכל שנה נאמדת ב-250,000 טון (3). מתוך כמות זו, 20%-40% מושלכת כפסולת (13) - 100,000-50,000 טון בשנה. השאר נספג במזון, מתאדה או נאכל.

15,000-40,000 מפסולת השמן הינה משימוש פרטי. פסולת שמן זו לרוב מושלכת לביו. רוב השמן נספג בבוצת המט"שים או שוקע במערכת. רק כ-15,000 טון בשנה מופרד במט"שים ממי השופכין, כאשר חלקו מושלך וחלקו משמש לייצור ביודיזל לתעשייה (1). איסוף שמן משומש פרטי כיום אינו פרקטי. גם באירופה בה מתבצעים ניסויים באיסוף שמן משומש מבתי פרטיים, אוספים עד 10% מהצפי. בהשוואה להיקפים בארץ, כמות זו דומה בהיקפה לשמן שמופרד במט"שים בכל מקרה.

היות ועפ"י חוק על גופים מסחריים (מסעדות, מלונות וכדומה) להפריד שמנים משפכיהם ולטפל בהם, רוב רובה של פסולת השמן המסחרית, נאספת ע"י חברות שמבצעות בשמן שימוש חוזר (בדר"כ מאכל לחיות). חברת פנדנגו אוספת בשנה 6000 טון, ושולטת ב-80% מהשוק. ע"מ שישתלם לחברות האיסוף למכור את השמן להפקת ביודיזל, יש לתת להן מחיר תחרותי למחיר שמוכרות את השמן כתוסף מזון לבע"ח. כיום עומד מחיר זה על 2-3 ש"ח לליטר, כאשר הוא שווה ל-70%-100 ממחיר שמן סויה גולמי (14).

מקור נוסף להפקת ביודיזל מפסולת הינו שומן בע"ח מבתי מטבחים. כמות השומן המוערכת הניתנת להפקה הינה כ-4,000 טון בשנה (מחקר 2-132).

סה"כ נראה כי ניתן לאסוף כ-30,000 טון שמנים ושומנים בשנה לצורך הפקת ביודיזל. כמות זו שווה ערך לכ-1% מצריכת הסולר השנתית בארץ, או 0.5% מצריכת הדלק לתחבורה (15).

לחילופין, שמנים ושומנים יכולים לעבור עיכול אנאירובי. אמנם הם עלולים לעכב פעילות מעכלים אנאירוביים אם מצויים בכמויות גבוהות מדי, אך במינונים מסוימים, ניתן להוסיף אותם אל המעכלים ללא פגיעה בתהליך ולעיתים אף להביא לשיפור הפעילות (3).

עפ"י מכלול נתונים זה, פוטנציאל ההפקה של ביודיזל משמנים משומשים בארץ כיום הינו אפסי. רק אם יהיה ניתן לאסוף לפחות 60,000 טון שמן משומש בשנה, תתחיל להיות כמות שמצדיקה השקעה נוספת בתחום.

7.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית

המדינה תומכת בהקמת מתקני עיכול אנאירובי לפסולת האורגנית העירונית. תוך מספר שנים צפויים להיות בארץ סה"כ 15 מתקני עיכול אנאירובי. ישנם מחקרים בארץ ובעולם אשר בודקים כיצד ניתן לבצע אופטימיזציה של תהליכי עיכול אנאירובי. מבחינת פוטנציאל הפקת אנרגיה, עיכול אנאירובי אינו יעיל, היות ונותר חומר אורגני לא מנוצל. מ-100 טון פסולת אורגנית ניתן להפיק ביוגז שווה ערך ל-1 MW. בגזיפיקציה למשל, ניתן להפיק פי 3 יותר אנרגיה לכל טון. עם זאת, התוצר המעוכל של עיכול אנאירובי הינו חומר לדישון והשבחת שדות אשר מבוקש ע"י חקלאים (לפחות כל עוד מחירו אפסי או נמוך). לכן אופציה של עיכול אנאירובי (מיחזור) מועדפת ע"י המשרד מבחינת סדר הטיפול בפסולת (מיחזור קודם להשבה לאנרגיה).

.....

עפ"י סקירת טכנולוגיות להפקת אנרגיה וחישוב דמי כניסה (6), יש הצדקה כלכלית להפרדת פסולת לזרם רטוב ולזרם יבש, מבחינת שימוש בפסולת להפקת אנרגיה. עלויות התפעול של שיטות הפקת האנרגיה השונות יורדות בין 30%-100 עם הפרדה לזרמים, אל מול אי-הפרדה. כמו כן, היעילות בהפקת האנרגיה עולה כי הפסולת יותר הומוגנית. למשל, שקית פלסטיק תעכב עיכול אנאירובי. בנוסף, הפרדה מקטינה משמעותית את הזיהום הנפלט מהתהליכים. למשל, הפרדה של PVC מפסולת המיועדת לגזיפיקציה, תקטין את פליטת הכלורידים הנפלטים.

7.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית

בעיה משמעותית בפסולת זו הינה ריכוז ושינוע תוצרי הלוואי החקלאיים מהמשקים אל מרכזי איסוף. הליך זה הינו יקר וכרגע לא כלכלי עבור כלל החקלאים. כ-40% מהפסולת החקלאית נשאר בשטח ולא מטופל/מנוצל (או שמטופל בצורה לא חוקית/מוסדרת/מוסכמת). כמו כן, אין כרגע הערכות על כמויות תוצרי לוואי חקלאיים בעתיד. מידע זה הינו הכרחי ע"מ לתכנן כדאיות טיפול לטווח ארוך - כמו הקמת מתקנים לטיפול בתוצרי הלוואי שמשך הקמתם אורך 3-7 שנים (11). יתכן ועדיף להתמקד בפתרונות מקומיים של הפקת אנרגיה ברמה יישובית.

מבחינת ענף החקלאות זבל בע"ח לצורך הפקת אנרגיה נמצא בעדיפות משנית לזו של שימושים חזורים בענף עצמו. בנוסף, שימוש בזבל בע"ח להפקת ביוגז בעיכול אנאירובי רטוב, מותיר את התוצר הסופי (לאחר הפקת הביוגז) עני יחסית ופחות מבוקש ע"י חקלאים לזיבול שדות (11).

קיימת גם פסולת גזם ביערות קק"ל בהיקף של 70,000 טון בשנה (180,000 קוב), אשר מפוזרת בכל יערות קק"ל. ישנה בעיה קשה של שינוע וכיום הגזם נשאר ביערות. מבחינה טכנולוגית הטיפול יהיה דומה לפסולת חקלאית מעוצה.

7.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית

הטכנולוגיה הכי בשלה כרגע היא עיכול אנאירובי להפקת ביוגז. טכנולוגיה זו מתאימה בעיקר לחומר אורגני שאינו מעוצה-כמו פירות, ירקות, בשר, מוצרי חלב וכו'. ניתן לחלק את העיכול האנאירובי לשתי שיטות עיקריות: רטוב ויבש.

השוואה בין עיכול אנאירובי רטוב ועיכול אנאירובי יבש

הקריטריון	עיכול רטוב	עיכול יבש
פסולת מתאימה (16)	15-8% מוצקים (פרש בע"ח נוזלי או הוספת מים וטחינה של פסולת מוצקה יותר)	15-60% מוצקים (פסולת אורגנית מוצקה)
עלות תפעול שוטף (6)	\$20-35 לטון	זול יותר
הפקת ביוגז לטון חומר (קוב ביוגז\ טון חומר)	15-25	60-220
הפקת ביוגז לטון חומר יבש (קוב ביוגז\ טון חומר יבש)	80-130 (לעיתים מיוצרים 15% יותר מאשר בעיכול יבש בשל ערבוב טוב יותר)	80-130
משך הדגרת חומר אורגני במעכל (16)	18-60 ימים	8-21 ימים
שטח מתקן (המייצר כ- 5.5 MW חשמל) (17)	40 דונם	21 דונם
נפח מתקן לעיבוד טון חומר יבש (16)	100%	קטן מ-60%
צריכת מים	פי 17 מבעיכול יבש	צריכת מים נמוכה
צריכת אנרגיה	10-30% מהאנרגיה המיוצרת	5-20% מהאנרגיה המיוצרת
עלות הכנת הפסולת למעכל	\$450-600 לטון	\$200-530 לטון (יקר יותר אם אין הפרדה במקור לזרם אורגני)
התמודדות עם חומרים זרים (קיימים לרוב בפסולת עירונית מופרדת)	לא טובה (חייבים להפריד לפני כדי למנוע פגיעה במערכת וביעילות).	טובה (לא חייבים להפריד, אך יכול להוריד את היעילות).
תוצרים נוספים	קומפוסט עני יחסית, מי תסנין (דשן נוזלי בעל מליחות גבוהה-גורם להמלחת שדות ומי תהום, לחילופין דורש טיפול לפני הזרמה לביוב).	קומפוסט יותר עשיר (כי אין שטיפה של נוטריינטים למי תסנין)
פרטים נוספים	מתקן מורכב וגדול.	מתקן פשוט וקטן. ניתן לייצר מתקן נייד בתוך מכולה (17).

עיכול אנאירובי יבש עדיף באופן מובהק על פני עיכול אנאירובי רטוב לטיפול בפסולת עירונית אורגנית (17-28).

.....

כאמור, למרות הערך הדישוני הפחות של תוצרים מוצקים מעיכול אנאירובי רטוב לעומת זבל בע"ח, עדיין יש לתוצרים אלו ביקוש בקרב חקלאים. זאת מכיוון שהם עדיין מכילים חומרי דשן וכן מכילים הרבה חומר אורגני שמעלה את אצירת המים של הקרקע (29, 11). ניתן לפתור זאת חלקית ע"י הפניית פסולת אורגנית מוצקה (אך לא זבל בע"ח נוזלי) לייצור דשן טוב יותר לחקלאים בעזרת תהליך עיכול אנאירובי יבשיבש (אשר בנוסף גם אינו מייצר מי תסנין כתוצר לוואי הדורשים טיפול).

במידה ומחיר הדשן מעיכול אנאירובי יעלה מעל מחירם האפסי כיום, חקלאים עלולים להתקשות לעמוד ברכישתם. רוב מתקני העיכול האנאירובי המוקמים כיום בעולם הינם מסוג עיכול אנאירובי יבש (3).

על פניו נראה כי בישראל יש היצע גדול של פסולת אורגנית שעשויה לשמש למיחזור ו/או להפקת אנרגיה. בפועל, יש קושי באיסוף ובטיפול בחלק ניכר מפסולת זו, מכיוון שהוא מפוזר ברחבי הארץ (תוצרי לוואי חקלאיים), לעיתים באזורים עם בעיות גישה (גזם קק"ל). ישנה בעיה קשה של עלויות שינוע שיתכן ומבטלות כדאיות כלכלית באיסוף וטיפול מרוכז בפסולת זו. בגרמניה הראו כי במקרים רבים משתלם להקים מעכלים אנאירוביים קטנים ומפוזרים על פני שינוע פסולת אורגנית אל מעכלים גדולים מרוחקים (30,31) וכי יש לשקלל גם את שינוע הדשן המעוכל אל החקלאים כאשר מחשבים עלות - תועלת של הקמת מעכלים. מדיניות המשרד להגנת הסביבה שואפת למקם מתקני עיכול/קומפוסטציה במרחק של 30-50 ק"מ ממקורות הפסולת (32).

ישנן שתי מערכות ארציות לטיפול בפסולת שכבר קיימות אשר מפשטות את האיסוף ואת הטיפול בפסולת, והופכות אותה לאטרקטיבית מבחינת הפקת אנרגיה: איסוף פסולת עירונית (כאשר בשנים האחרונות הוחל אף בהפרדה לזרם רטוב ולזרם יבש) ושפכים עירוניים. עם זאת, כרגע הפסולת העירונית האורגנית מיועדת כרגע לייצור קומפוסט ולעיכול אנאירובי - לכן לא כ"כ זמינה להפקת אנרגיה בדרכים אחרות. כמו כן, מבחינת השפכים העירוניים - רוב הבוצה עצמה מטופלת כבר (הפקת קומפוסט, למרות ש-28% מהבוצה נותר מיותר כעת לאחר סגירת 2 אתרי קומפוסטציה) או תטופל בקרוב (עיכול אנאירובי בשפד"ן). השפכים הנוזליים (ללא הבוצה) עניים מידי בחומר אורגני ע"מ להוות מקור אנרגטי משמעותי.

כמות הגזם (חקלאות, עירוני, קק"ל) המיוצרת בארץ בשנה עומדת על כ-1,100,000 טון. עם זאת, כיום הכמות הפנויה להפקת אנרגיה היא כ-620,000 טון בשנה (בניכוי גזם חקלאי שמרוסק במטעים), או 1,700 טון ביום. חומר אורגני זה אינו מתאים לעיכול אנאירובי. עם זאת, הוא חומר הגלם הכי טוב לטכנולוגיות תרמיות להפקת אנרגיה, מכיוון שהוא עני יחסית במים לעומת שאר החומרים האורגניים. ע"מ להפיק אנרגיה מהחומר האורגני, צריך לייבש אותו קודם. להשקעה אנרגטית זו יש מחיר - או בכסף כאשר מייבשים את החומר בתנורים, או בזמן כאשר מייבשים את החומר באוויר הפתוח. מכמות חומר מעוצה זה, ניתן להפיק 51 MW חשמל בגזיפיקציה. לחילופין ניתן להפיק 220,000-310,000 טון ביו-פחם (תלוי באיכות). כמות זו מהווה 2%-3 מכמות הפחם בה משתמשים כל שנה בארץ

.....

(33). ושווה ליחידת ייצור חשמל של כ-70 MW. כמות זו אינה גדולה, אך ניתן להגדילה ע"י הפניית פסולת אורגנית (פחות מתאימה לייצור ביו-פחם) נוספת. מהפסולת האורגנית הזמינה הקיימת בארץ, אפשרי בהחלט לייצר 1.3 מיליון טון ביו-פחם (מכ-2.6 מיליון טון חומר אורגני) ולהגיע ל-10% מכמות הפחם בארץ.

עפ"י משרד החקלאות, ישנו צורך בזבל בע"ח רטוב לדישון שדות בכמות של 2.5 מיליון טון (7.5 מיליון מ"ק) בשנה (11). כמות זו חושבה לפי רמת הזרחן הזמינה בזבל, שהיא המדד החשוב בחישוב זה. בתהליך עיכול אנאירובי וקומפוסטציה, ישנו איבוד של זרחן. בעיכול אנאירובי רטוב כמות הזרחן יורדת לכ-30% מזו שבזבל. כנראה שניתן להפחית איבוד זה ע"י עיכול אנאירובי יבש. כמות זבל בע"ח המופנית כיום לחקלאות היא רק 58% מהביקוש, ז"א כמות אשר שוות ערך ל-1.45 מיליון טון זבל בע"ח. שאר הזבל אינו מטופל או שאינו מטופל בצורה מוסדרת - עוד 1.45 מיליון טון בשנה. הערכת משרד החקלאות היא כי קיימים ביקושים בחקלאות לדישון בתוצרי עיכול אנאירובי מפסולת אורגנית עירונית.

מפסולת עירונית אורגנית ניתן לייצר 1.2 מיליון טון דשן מוצק בשנה בעיכול אנאירובי יבש (בעיכול רטוב יחס חומר מוצא ותוצר דשן מוצק עומד על 1 ל-0.6). מבוצת שפכים עירוניים ניתן לייצר כ-0.2 מיליון טון דשן מוצק בשנה בעיכול אנאירובי רטוב (בעיכול רטוב יחס חומר מוצא ותוצר דשן מוצק עומד על 1 ל-0.3) (6). סה"כ 1.4 מיליון טון בשנה.

בשל ההתקדמות הטכנולוגית והשינויים בסטנדרטים הסביבתיים, מתקן להפקת אנרגיה שאינו יכול התעדכן מבחינה טכנולוגית לפחות פעם בעשר שנים, יתקשה להישאר רלוונטי ויתכן ויקשה על שינוי מדיניות בעתיד.

באופן כללי, טכנולוגיות לשימוש בקנה מידה קטן צריכות לספק בפשטות תוצר אנרגטי זמין לשימוש באתר ההפקה. טכנולוגיות לשימוש בקנה מידה גדול יכולות לספק תוצר אנרגטי פחות זמין לשימוש (כזה שעוד צריך לעבוד טיפול במקום אחר).

8.1 החלטות ממשלה ומדיניות המשרד להגנת הסביבה

כמות הפסולת האורגנית הכוללת בארץ הינה כ-7,600,000 טון בשנה. אם כל כמות זו הייתה יכולה לעבור עיכול אנאירובי (הישג בלתי אפשרי בשל מגבלות שינוע, כדאיות ושימוש נוכחי בפסולת), היקף החשמל המקסימלי שניתן יהיה לייצר הינו כ-MW 200. אם נוריד מכמות זאת, פסולות שלא ניתן להפיק מהם כרגע ביוגז; כמו שמנים (לא ניתן לאסוף), חומר אורגני מעוצה (לא עובר עיכול אנאירובי), עודפי פירות (שמשמשים להאבסת חיות), זבל בע"ח שכרגע בלתי ניתן לשימוש בעיכול אנאירובי (נשאר במרעה, מיושם ישירות בחקלאות, משמש להאבסה) - נשאר עם כמות של כ-4,150,000 טון בשנה, ממנה ניתן לייצר רק MW 114.

אם נשווה היקף ייצור חשמל תאורטי זה, להחלטת הממשלה 3484 מה-17.7.2011, כבר ניתן להבחין כי אין אפילו התכנות תאורטית לעמוד בייעד הממשלה שמדבר על הפקת MW 160 חשמל לפחות מביוגז ב-2015. אם בוחנים את פיזור הפסולת החקלאית בארץ, נמצא כי היא מפוזרת על פני כל הארץ וכי אין מנגנון איסוף מרוכז לפסולת זו כמו שיש לפסולת העירונית. לכן בלתי אפשרי בעתיד הקרוב לאסוף פסולת זו ע"מ לשנע אותה אל מתקני העיכול האנאירובי האזוריים הצפויים להבנות בארץ בשנים הקרובות. הפסולת החקלאית מהווה 40% (1,800,000 טון בשנה) מהכמות התאורטית הזמינה של הפסולת האורגנית שעומדת על 4,400,000 טון בשנה. גם אם נהיה מקלים מאוד, ונניח כי 800,000 טון מהפסולת החקלאית המפוזרת כן נצליח לאסוף אל מתקני העיכול - אנו נשארים עם 3,400,000 טון בשנה של פסולת אורגנית שאולי יהיה ניתן לייצר ולשנע אל מתקני עיכול אנאירובי. כמות זאת, מאפשרת הפקה של MW 90 חשמל בלבד.

יותר מכך, עפ"י מסמך הפקת אנרגיה מפסולת של אגף פסולת (נובמבר 2012), מסתמן כי לכל היותר, בעיכול אנאירובי יוכלו להיות מיוצרים MW 70 חשמל בלבד.

בתחום הפסולת, מטרות המשרד להגנת הסביבה הן להפחית את כמות הפסולת, למצוא שימוש חוזר לפסולת הנוצרת ולהקטין את כמות הפסולת המוטמנת. פיתוח טכנולוגיות ישראליות לייצור אנרגיה אינו עומד בראש סולם העדיפויות של המשרד.

אין כיום תכניות קונקרטיות להפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה שלא דרך עיכול אנאירובי.

ישנה לפחות מועצה אזורית אחת אשר בוחנת יחד עם חברה גרמנית, הקמת מפעל לייצור כופתיות (pellets) מפסולת ביומאסה חקלאית, להזנת תחנות כוח (דומה ל-RDF), ויצוא שלהן לגרמניה. מדובר למעשה על ייצוא פסולת, אשר יכולה לשמש כמשאב, לחו"ל בשל העדר פתרונות מקומיים. עם זאת, כרגע התחשיבים הכלכליים מראים כי תוכנית זו לא תהיה כלכלית (בשל עלות השינוע), לכן נבדקות אופציות לשימוש בכופתיות בארץ.

מבחינה פרקטית, למרות שמיוצרים כ-7,600,000 טון פסולת אורגנית בשנה בארץ, רק לכ-1,000,000 טון בשנה מתוכם אין שימוש כלל כיום. רוב הפסולת האורגנית עוברת שימוש או טיפול כלשהו, או מתוכננת להצטרף אל

.....

מעגל הטיפולים בשנים הקרובות (כמו בוצת השפד"ן, פסולת אורגנית עירונית). גם לשימושים אשר כיום עדיין אין הסכמה מלאה עליהם (כגון פיזור זבל בע"ח טרי בשדות), יש יתרונות וצורך. לכן, למרות כמות פוטנציאלית גדולה של פסולת אורגנית, ללא שינויים במדיניות (כגון הפניית פסולת אורגנית עירונית למעכלים אנאירוביים), בפועל הכמות הזמינה להפקת אנרגיה באופן בלעדי אינה גדולה מאוד, וובנוסף מאוד מבוזרת.

8.2 דוח טכנולוגיות להפקת דלקים לתחבורה מפסולת

עפ"י דוח טכנולוגיות להפקת דלקים לתחבורה מפסולת (3): התרחיש המוצלח יותר להפקת דלקים לתחבורה מפסולת הינו תרחיש משולב בו הפסולת היבשה עוברת גזיפיקציה לסינגז והמרה לדלק (אתנול), והפסולת הרטובה עוברת עיכול אנאירובי לביוגז. שתי טכנולוגיות אלו ישימות כיום. בתרחיש זה, ניתן לקבל דלקים ששווי ערך ל-7% מסך צריכת הדלקים לתחבורה בישראל כאשר לוקחים בחשבון את מדיניות הפסולת של המשרד להג"ס. אם בוחנים תרחיש של הפניית כלל הפסולת לייצור דלקים (ללא הפחתה, שימוש חוזר...), ניתן יהיה לייצר 12% מסך צריכת הדלקים לתחבורה בישראל.

הדוח ממליץ שלא להמיר פסולת אורגנית לדלקים לתחבורה (3). זאת בשל שילוב של חוסר יעילות להפקת דלקים לתחבורה מפסולת ביומאסה כיום, איבוד אנרגיה רב בדרך, היצע פסולת קטן יחסית בארץ, מדיניות המשרד להג"ס לצמצום הפסולת, והשקעת כסף רב מידי בתהליכים אלו. מצד אחד - עדיף להתמקד בפתרונות אשר יתנו פתרון מהיר יחסית לשימושים בפסולת האורגנית. מצד שני, כדאי גם לחשוב על העתיד וכן להשאיר מקום למחקר כלשהו בדלקים עתידיים שכיום פחות משתלם לייצר.

8.3 הפקת אנרגיה מפלסטיק

עפ"י דוח ניתוח עלות-תועלת וניתוח מחזור חיים לבחינת ניצול פסולת פלסטיק בישראל (4), יש כ-270 אלף טון פסולת פלסטיק בשנה בארץ (הרוב מארזות). קיבולת מתקני מיחזור הפלסטיק כיום לא תספיק ע"מ לאפשר עמידה ביעדי המיחזור בחוק הארזות. כמו כן, עולה כי ישנם פתרונות כלכליים וסביבתיים יותר ממיחזור לפסולת פלסטיק - למשל העבה לאנרגיה. פסולת פלסטיק הינה עתירת אנרגיה-יותר מכל פסולת אחרת. להעבית פלסטיק לאנרגיה בעזרת גזיפיקציה הביצועים הסביבתיים והבריאותיים הטובים ביותר. הביצועים הכלכליים הכי טובים הם בהעבה לאנרגיה בעזרת פירוליזה. כאשר משקללים ביצוע כלכלי בשילוב עם סיכון, הפתרון הכי משתלם הוא RDF (כי פירוליזה היא טכנולוגיה חדשה עם מעט יישום מסחרי בקנה מידה גדול). בשל הערך האנרגטי הגבוה של פלסטיק, לא משתלם כלכלית להקים מתקני העבה לאנרגיה בצפון ע"מ למנוע שינוע פסולת למרכז או לדרום. עדיף לשנע את פסולת הפלסטיק למרחק של עד 700 ק"מ הלוך חזר מאתר ההשלכה של הפסולת אל מתקן ההעבה לאנרגיה. עם זאת, מבחינה סביבתית אין כך הדבר.

יש לשים לב שמתבחינה סביבתית ובריאותית מיחזור הפלסטיק דומה בתוצאותיו או אפילו יותר גרוע בהשוואה לפירוליזה או RDF (והרבה יותר גרוע לעומת גזיפיקציה) (4).

חסמים בהטמעת טכנולוגיות להפקת אנרגיה מביומאסה

9

להלן מיפוי החסמים העיקריים שזוהו בהטמעת טכנולוגיות להפקת אנרגיה מביומסה:

1. עיכוב/מניעת גמלון לשלב קדם-מסחרי של טכנולוגיות שפותחו במסגרת מו"פ המשרד. למשל, רישיון לפיילוט מורחב של טכנולוגיית הפקת ביו-פחם.
2. העדר אחידות בטיפול בפסולת אורגנית במגזר העירוני.
3. העדר אחידות בטיפול בפסולת אורגנית במגזר החקלאי. למשל, פסולת חקלאית מושלכת בשטחים פתוחים לעיתים קרובות ללא טיפול כלל.
4. ביזור מקורות הפסולת החקלאית וגזם יערות ברחבי הארץ, והעדר מנגנון איסוף כמו מנגנון האיסוף של הזבל העירוני, מקשים על שימוש יעיל במשאב זה.
5. העדר ידע מספק בתחום הטכנולוגיות המתעדכנות חדשות לבקרים.
6. העדר תיאום בין הגופים הממשלתיים בתחום פסולת הביומאסה בארץ (עירוני, חקלאי, קק"ל, שפכים, תעשייה) על ידי גוף אחד, אשר מבצע הערכה של כמויות ופיזור הפסולת בארץ, ומתכנן אופטימיזציה של השימוש בפסולת זו. עובדה זו עלולה להביא להקמת מערכי טיפול בפסולת אשר אינם כלכליים, או מצד שני לאי הקמה של מערכי טיפול בשל חוסר וודאות מצד משקיעים ויזמים. קשה להניח כי יזם או משקיע יקימו מתקן לייצור ביו-פחם למשל, אם לא יהיה בטוח שיהיה לו מקור יציב לחומר גלם. אותו יזם/משקיע לא יקים מתקן כזה אם לא ידע כמה הכנסה צפויה תהיה לו ממכירת הביו-פחם לחברת החשמל למשל.
7. העדר תקציבים יעודים לרכש מכשור בלתי מתכלה לחוקרים.



10.1 הפקת אנרגיה משפכים מימיים

1. בשל תפוקת האנרגיה הנמוכה הצפויה ממקור זה, מומלץ לתמוך במחקרים בעלי תפוקה סביבתית כפולה - כגון הפקת חשמל תוך פירוק מזהמים בתאי דלק ביולוגיים.
2. בשל תפוקת האנרגיה הנמוכה הצפויה ממקור זה, מומלץ לא לתמוך במחקרים אשר התוצר שלהם דורש עיבוד מיוחד במתקן אחר (כמו למשל ייצור אצות להפקת שמנים לביודיזל). שינוע לאתר אחר והליך טיפול נוסף ייקרו מאוד את התהליך וצפויים להפכו ללא כלכלי.
3. בשל קיומו של מערך איסוף מי שופכין קיים, מומלץ לתמוך במחקרים המתבססים על מבנה זה להפקת אנרגיה. ז"א, פחות מומלץ לתמוך במחקרים שיישומם יחייב שינוי מהותי במבנה מערך המט"שים. היות ועובדה זו תייקר מאוד את יישומם ואף תמנע את יישומם בפועל.
4. בשל חוסר היכולת לעמוד בהחלטות הממשלה לגבי היקף הפקת אנרגיה מביומאסה, מומלץ לשקול לייעד חלק מבוצת המט"שים להפקת אנרגיה בטכנולוגיה טרמית (גזיפיקציה למשל) אשר מפיקה פי 3 אנרגיה לעומת עיכול אנאירובי.

10.2 הפקת אנרגיה משמנים ושומנים

1. בשל הכמויות הקטנות הזמינות של פסולת זו, העובדה שרובה כיום ממוחזרת לתוצר אחר (מזון לבע"ח), העובדה שניתן להוסיף שמנים משומנים לעיכול אנאירובי, והעובדה שפותחה כבר טכנולוגיה מוצלחת להפקת ביודיזל משמנים משומשים בארץ, השקעה בתחום זה צריכה להיות בסדר עדיפות אחרון.

10.3 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית

1. עפ"י מחקרים בינלאומיים וכן עפ"י עבודה אשר הוכנה עבור המשרד, מומלץ להקים מעכלים אנאירוביים יבשים לפסולת אורגנית עירונית על פני מעכלים רטובים.
2. מומלץ לבצע עדכון למחקר הערכת מחזור חיים של פסולת עירונית אשר פורסם ב-2010 (35), כל 5-7 שנים. זאת ע"מ לבחון האם עדכונים טכנולוגיים מביאים לשינוי מהותי בתוצאות, והאם יש מקום לשנות את דרך הטיפול בפסולת זו.
3. לשם מקסום הפקת האנרגיה מעיכול אנאירובי, מומלץ להפיץ את תוצאות המחקרים מהארץ והעולם אשר בדקו אופטימיזציה של הטכנולוגיה. יש לשקול לערוך סדנה קצרה עם בעלי העניין והחוקרים.

10.4 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית

1. מומלץ להקים מעכלים אנאירוביים רטובים רק כפתרון לזבל בע"ח רטוב, או לפסולת עם תכולת מים גבוהה אחרת (חומר אורגני עם פחות מ-15% חומר יבש).
2. לאור הביזור הרב של הפסולת ברחבי הארץ והעדר מנגנון איסוף יעיל (כמו בפסולת עירונית), מומלץ לבחון השקעה בפתרונות בקנה מידה מקומי (ברמה יישובית) לטיפול בפסולת זו. לדוגמא, מעכלים אנאירוביים יישוביים או מתקני גזיפיקציה קטנים.

.....

3. לאור המחסור בזבל בע"ח זמין לדישון שדות, העובדה שקיים זבל רב שאינו מטופל ומפוזר טרי בשדות, העובדה שהוא מבוקש יותר ע"י חקלאים לעומת בוצת מט"שים, קומפוסט ותוצרים מעוכלים של פסולת אורגנית- מומלץ לבחון את הגדלת היקף הטיפול בעיכול אנאירובי ברמה יישובית בזבל בע"ח. זאת ע"מ להגדיל את כמות האנרגיה המופקת מפסולת אורגנית, תוך טיפול בזבל בע"ח לפני פיזור בשדות, ומניעת השתת עלויות שינוע על החקלאים.

10.5 סיכום משולב של פסולות אורגנית עירונית ופסולת אורגנית חקלאית

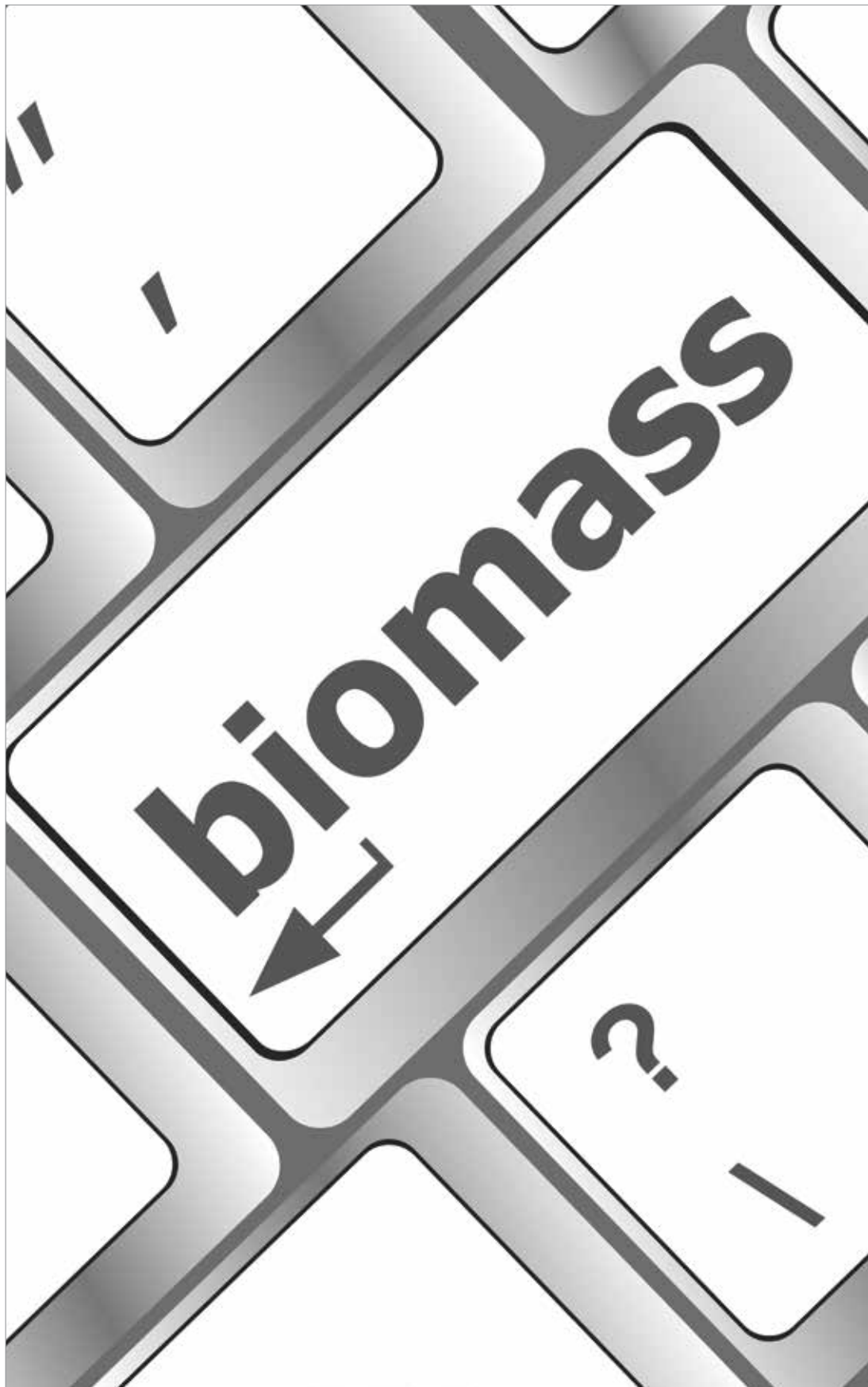
1. מומלץ להשקיע במחקרים בתחום יצירת ביו-פחם, ביו-נפט ובגזיפיקציה במים סופר-קריטיים.
2. לשם מיקסום הפקת האנרגיה מעיכול אנאירובי, מומלץ להפיץ את תוצאות המחקרים (מהארץ ומחו"ל) שבדקו אופטימיזציה של הטכנולוגיה.
3. מומלץ לתמוך במחקרים בתחום עיכול אנאירובי שיאפשרו מיקסום הפקת ביוגז בתנאי הארץ (אקלים, סוגי פסולת ספציפיים), תוך חסכון באנרגיה ובמים.
4. מומלץ לבחון לצד פרויקטים לעיכול אנאירובי, את ההיתכנות הכלכלית והסביבתית של הקמת מתקני גזיפיקציה לשם השבת אנרגיה.

10.6 המלצות כלליות למחקרים

1. הפקת אנרגיה מסוגי פסולות בכמויות נמוכות מומלצת ע"י שימוש בטכנולוגיות שאדישות לסוג הפסולת, כגון גזיפיקציה ועיכול אנאירובי. אין כרגע עדיפות בהשקעת כסף רב במחקר ובפיתוח פתרונות טכנולוגיים ללא כמות פסולת מקומית גדולה.
2. מיקוד במחקרים שנותנים פתרון לשלל פסולות אורגניות, או לפסולות בכמויות גבוהות (לפחות 50 אלף טון בשנה), על פני מחקרים שנותנים פתרון לתת סוג של פסולת (כגון אנזימים לביואתנול מגפת זיתים, הפקת ביודזל משומן בתי מטבחיים).
3. מומלץ לשקול את הגדלת/הארכת המימון למחקרים בעלי פוטנציאל יישום מסחרי גבוה, על חשבון מימון מספר גדול של מחקרים.
4. מומלץ לעודד מחקרים אשר כוללים התכנות כלכלית.
5. בשל התקציב היחסית נמוך העומד לרשותנו, מומלץ כי כרגע רוב המחקרים יתמקדו במציאת פתרונות מהירים ופשוטים להקטנת כמות הפסולת בארץ. בשלב הזה, רצוי להגביל ל-25% מכלל המחקרים, טכנולוגיות מסובכות או תחומים שייקח זמן רב ע"מ להגיע ליישומות. רק לאחר שלרוב הפסולת האורגנית בארץ יהיה פתרון, יהיה משתלם להשקיע במחקרים בעלי ישימות נמוכה יותר, בעלי סיכון רב יותר, של טכנולוגיות צעירות, או כאלו שיעברו יותר מ-5 שנים עד ליישומם. למשל, עדיף לתמוך בגזיפיקציה שבשלה מבחינה טכנולוגית על פני פלסמה.
6. עדיף שרוב המחקרים כרגע יתמקדו בהפקת אנרגיה קלה לניצול וזמינה שאינה דורשת עיבוד נוסף. למשל, עדיף הפקת חשמל דרך ביוגז או סינגז, על פני הפקת דלק לתחבורה שדורש מספר תהליכים, עיבודים ואיבודי אנרגיה (כמו הפקת אתנול מסינגז).

10.7 המלצות כלליות בנוגע למדיניות המשרד להגנת הסביבה

1. מומלץ שגוף ממשלתי אחד יתאם את כל תחום פסולת הביומאסה בארץ (עירוני, חקלאי, תעשייה, קק"ל, שפכים), יבצע הערכה של כמויות ופיזור מרחבי, יתכנן אופטימיזציה של השימוש בפסולת זו כולל הקמת מתקני טיפול, יבחן את הפן הכלכלי של התחום, ויהווה מקור ידע טכנולוגי לתחום. נדרשת תוכנית אב שתיקח בחשבון את כלל היצע הפסולת והביקושים לתוצרים השונים.
2. עמידה בהחלטת הממשלה 3484 מיום 17.7.2011 לגבי הפקת אנרגיה מפסולת ביומאסה מהווה אתגר משמעותי במתכון הנוכחי דרך עיכול אנאירובי. לכן מומלץ לבחון 3 חלופות לתיקון המצב:
 - העברת מכסה של 90 MW חשמל לפחות, אל תחום אנרגיה מתחדשת אחרת כמו אנרגיה סולרית.
 - ייעוד של 3,000 טון ביום לפחות של פסולת אורגנית להפקת 90 MW חשמל ע"י גזיפיקציה.
 - שילוב כלשהו של שתי החלופות הראשונות.
3. יש לבחון דרכים לתמיכה בגמלון טכנולוגיות לקראת יישום מסחרי.
4. יש ליידע חוקרים על קולות קוראים למימון פיילוטים להפקת אנרגיה במשרד התשתיות הלאומיות, האנרגיה והמים.
5. בשל בעיות שנתקלות בהן רשויות מקומיות ואזוריות שונות בטיפול בפסולת אורגנית, ישנן רשויות אשר בוחנות יצוא פסולת זו לחו"ל. מומלץ לגבש מדיניות בתחום ייצוא פסולת מהארץ, בעיקר לגבי פסולת אשר ניתן להשיבה לאנרגיה, ע"מ למנוע בריחת משאב זה מהארץ.
6. מומלץ לבחון אופציות למימון מכשור בלתי מתכלה לחוקרים, ע"מ לאפשר התקדמות טכנולוגית של החוקרים בתחום.
7. בשל התנגדות תושבים להקמת מתקני הפקת אנרגיה מפסולת בקרבתם (NIMBY- not in my back yard), מומלץ לצבור ידע בנושאים אלו ולקיים הסברה עליהם לתושבים, ע"מ לצמצם התנגדויות תושבים בשל חוסר ידע על הטכנולוגיות (למשל, מניעת הקמת מבערה לבוצת השפד"ן עקב התנגדות תושבי ראשל"צ).



1. ד"ר דויד רובין, אגף מים ונחלים, המשרד להגנת הסביבה. הפקת אנרגיה משפכים. 2014.
2. Study report on End-of-waste criteria for Biodegradable waste subjected to biological treatment. European Commission; 2013.
3. פרופ' אופירה איילון, עידן ליבס, יערה גרינברג, שאול צבן, רונית גולובטי. טכנולוגיות להפקת תחליפי דלקים לתחבורה מפסולת - דוח מסכם. 2013.
4. פרופ' אופירה איילון, ד"ר ציפי עשת, עמוס שטיבלמן, ד"ר ציפי עשת. ניתוח עלות-תועלת וניתוח מחזור חיים לבחינת ניצול פסולת פלסטיק בישראל. המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה; 2012.
5. Ward AJ, Hobbs PJ, Holliman PJ, Jones DL. Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. Bioresour Technol. 2008 Nov;99(17):7928-40.
6. ליאור שמואלי, יפעת בס, דב באסל, אברהם ישראלי. סקירת טכנולוגיות להפקת אנרגיה וחישוב דמי כניסה. אתום, EcoFinance; 2012.
7. National Renewable Energy Laboratory (NREL). <http://www.nrel.gov>
8. Catarina Östlund, NATURVÅRDSVERKET, Avfall Sverige, Sweden. Biomass and waste to energy. 2014.
9. ד"ר דויד רובין. דוח סילוק בוצות מט"שים עירוניים. המשרד להגנת הסביבה; Apr 2013.
10. יניב זליג. הפקת אנרגיה מגזם קק"ל. 2014.
11. ד"ר צפירי גרינהוט, שה"ם, משרד החקלאות. ישיבת טיפול בתוצרי לוואי מחקלאות. בית דגן, משרד החקלאות; 2014.
12. יוחנן בורשטיין, אגף פסולת, המשרד להגנת הסביבה. הפקת אנרגיה מפסולת עירונית. 2013.
13. שי מדיוני, מנכ"ל פאנדנגו. הפקת אנרגיה מפסולת שמנים. 2014.
14. Vegetable and used cooking oil prices (USDA). <http://www.ams.usda.gov/mnreports/lswagenergy.pdf>.
15. תמיר אגמון. ניצוח מירווחי המיסים והשיווק בשוק הדלק בישראל ובמדינות מערב אירופה. הכנסת, מרכז המחקר והמידע; Oct 2011.
16. Dry Anaerobic Digestion (AD) | Zero Waste Energy <http://zerowasteenergy.com/our-solutions/dry-anaerobic-digestion>
17. Harvest- Power of We. Benefits of Anaerobic Digestion 2012. http://www.harvestpower.com/wp-content/uploads/2012/01/Anaerobic_Digestion_2012.01.24_sm.pdf
18. THEODORES. PYTLAR, JR. Comparison Of Anaerobic Digestion Options: Mixed Refuse Versus Pre-Segregated Organics Processing And Wet Versus Dry Systems. 2013. <http://www.nyfederation.org/PDF2013/52%20PytlarT.pdf>
19. Li Y, Park SY, Zhu J. Solid-state anaerobic digestion for methane production from organic waste. Renew Sustain Energy Rev. 2011 Jan;15(1):821-6.

- D. Bolzonella, P. Pavan, S. Mace, F. Cecchi. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic .20
municipal solid waste: a full-scale experience. Water Sci Technol. 2006;53(8):23–32.
- L DB. Anaerobic digestion of solid waste: state-of-the-art. 2000. <http://www.iwaponline.com/wst/04103/wst041030283.htm> .21
- L L, E van Z, A B. Comparison of dry and wet digestion for solid waste. 2003. <http://www.iwaponline.com/wst/04804/wst048040015.htm> .22
- R. Waltenberger, R. Kirchmayr. Wet and Dry Anaerobic Digestion Processes. 2013. http://www.valorgas.soton.ac.uk/Pub_docs/JyU%20SS%202013/VALORGAS_JyU_2013_Lecture_12.pdf .23
- Types of AD. <http://www.biogas-info.co.uk/index.php/types-of-ad> .24
- Method comparisons - Aikan. <http://www.aikantechnology.com/documentation/method-comparisons.html> .25
- Luning L, van Zundert EHM, Brinkmann AJF. Comparison of dry and wet digestion for solid waste. .26
.Water Sci Technol J Int Assoc Water Pollut Res. 2003;48(4):15–20
- The Wales Centre of Excellence for Anaerobic Digestion | Wet & Dry Systems. <http://www.walesadcentre.org.uk/Technologies/WetandDrySystems.aspx> .27
- Energy Solutions for Life TM Dry Fermentation vs. Wet Fermentation. 2009. <http://www.biofermenenergy.com/wp-content/uploads/2010/02/BIOFerm-Dry-Fermentation.pdf> .28
- Möller K, Müller T. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. Eng Life Sci. 2012;12(3):242–57. .29
- Kellner U, Delzeit R, Thiering J. Digestate treatment: The influence of the location and size of the plant on the cost. Berichte Uber Landwirtschaft. 2011;89(1):38–55. .30
- How location decisions influence the transport cost of processed and unprocessed bioenergy digestates: the impact of plant size and location on profitability of biogas plants in Germany. <http://www.ifw-members.ifw-kiel.de/publications/how-location-decisions-influence-the-transport-cost-of-processed-and-unprocessed-bioenergy-digestates-the-impact-of-plant-size-and-location-on-profitability-of-biogas-plants-in-germany> .31
- .2012. תוכנית אב מחוזית לפסולת מעורבת - מחוז צפון. משרד הפנים, המשרד להגנת הסביבה; .32
www.sviva.gov.il/subjectsEnv/Waste/Policy/MasterPlanning/Documents/MixedWasteNorth.pdf
- אנציקלופחם - מספרים מספרים | החברה הלאומית לאספקת פחם בע"מ. <http://ncsc.co.il/?content=%d7%9e%d7%a1%d7%a4%d7%a8%d7%99%d7%9d-%d7%9e%d7%a1%d7%a4%d7%a8%d7%99%d7%9d> .33
- .2014. יובל סלע, מהנדס ראשי בשפד"ן, טיפול בבוצת השפד"ן. .34
- ד"ר אופירה איילון, ד"ר עדו קן, עלי שגב. ניתוח מחזור חיים של הטיפול בפסולת העירונית המוצקה, מקרה בוחן - רשויות מייצגות בישראל. המרכז לחקר משאבי טבע וסביבה, אוניברסיטת חיפה, 2010. .35

נספח א - החלטות ממשלה

החלטת ממשלה מס' 3954 מיום 21.8.2008

החלטה מס. חכ/122 של ועדת שרים לענייני חברה וכלכלה (קבינט חברתי-כלכלי) מיום 04.08.2008 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 21.08.2008 ומספרה הוא 3954 (חכ/122).
הממשלה ה-31 אהוד אולמרט

נושא ההחלטה: מחקר פיתוח טכנולוגיות וייצור חשמל בתחום האנרגיה המתחדשת

מחליטים: לאמץ תוכנית חמש שנתית להשקעה בתחום האנרגיות המתחדשות, כמפורט להלן:

מטרות התוכנית

לאור המגמה בעולם של העמקת השימוש באנרגיות מתחדשות הבאה לידי ביטוי בהשקעות של עשרות מיליארדי דולרים במחקר וייצור בתחום האנרגיה המתחדשת, ולאור היתרון היחסי של המשק הישראלי הבא לידי ביטוי בעיקר בתחום המחקר והפיתוח, מוצעת תוכנית למחקר, לפיתוח טכנולוגיות ולייצור חשמל, בתחום האנרגיה המתחדשת. מטרות התוכנית הן:

- לקדם את המחקר הישראלי בתחום ולסייע לענף לעבור משלב המחקר והפיתוח של ידע בתחום ייצור חשמל באמצעות אנרגיה המתחדשת, לשלב ייצור ושיווק מוצרים על בסיס כלכלי מבוססים על ידע כאמור.
- ליצור סביבת השקעה בתחום זה בישראל למתג את מדינת ישראל כבעלת יכולות תעשייתיות ואקדמיות בתחום.
- לבסס את מעמדה של התעשייה הישראלית כגורם מרכזי בשוק האנרגיה המתחדשת העולמי.

יעדי התוכנית

- יעדי מחקר ופיתוח - השקעה מצטברת (ממשלתית ופרטית) של לפחות 400 מלש"ח בשנות התוכנית.
- יעד מכירות בתחום האנרגיות המתחדשות כ-500 מלש"ח בשנה, בתוך חמש שנים.

משך התוכנית

התוכנית תתבצע במהלך השנים 2008-2012.

יישום ההחלטה

הגדרות

"אנרגיה מתחדשת" - חשמל המיוצר ממקורות שמש, רוח, גיאותרמי או ביומאסה (חומר אורגני) חום השמש המשמש כתחליף לשימוש בחשמל, ואנרגיה נחסכת כתוצאה מיישום מו"פ בתחום התייעלות אנרגטית (חיסכון ושימור אנרגיה).
"ועדת היגוי אקדמית" - ועדה קבועה שירכז המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות ובהשתתפות המדען הראשי במשרד התעשייה, המסחר והתעסוקה (להלן - התמ"ת) המדען הראשי במשרד להגנת הסביבה, המדען הראשי במשרד

.....

החקלאות ופיתוח הכפר, המדען הראשי במשרד המדע, התרבות והספורט, מנהל קרן BSF ושלושה נציגי האקדמיה המתמחים ופועלים בתחומי טכנולוגיות חשמל ושימוש בחום מאנרגיות מתחדשות, שימנו שר התשתיות הלאומיות, שר האוצר ושר התמ"ת על פי המלצה האקדמיה הלאומית למדעים.

"צוות המעקב" - צוות בראשות מנכ"ל משרד התשתיות הלאומיות ומנכ"ל משרד התמ"ת, אשר יהיה אחראי למעקב ובקרה אחר יישום התוכנית, ויורכב מנציגי הגופים באים: משרד התשתיות הלאומיות, משרד התמ"ת, אגף התקציבים במשרד האוצר, משרד המדע התרבות והספורט, המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, המשרד לפיתוח הנגב והגליל, נציג משרד החוץ, נציג המועצה הלאומית לכלכלה במשרד ראש הממשלה, נציג הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל ונציגי האקדמיה השותפים בועדת ההיגוי האקדמית.

מעקב ודיווח

1. ועדת ההיגוי האקדמית

ועדת ההיגוי תמליץ על יעדים וקריטריונים לתעדוף תוכניות מחקר אקדמי בתחום האנרגיה המתחדשת, תוכניות המנויות בהחלטה זו. בשיקוליה תפעל הוועדה לניצול תשתיות מחקר קיימות, באמצעות מתן עדיפות מתאימה. המלצות הוועדה ישמשו לקביעת קריטריונים למתן התמיכות במסגרת תוכניות תמיכה השונות כמפורט בפרק ג' להלן, ויובאו בחשבון בכל מנגנוני התמיכה המפורטים בפרק ג' בתוכנית זו.

הוועדה תפרסם את המלצותיה בתוך 60 יום, ולא יאוחר מיום 30 בספטמבר 2008. ועדת ההיגוי תלווה את צוות המעקב והתוכניות המובאות בפרק ג' - עידוד המחקר התשתיתי להחלטה זו, ותספק להן סיוע מקצועי, ככל שיידרש.

2. צוות המעקב

א. מנכ"ל משרד התשתיות הלאומיות ומנכ"ל משרד התמ"ת יכנסו את צוות המעקב בתוך 30 יום.

ב. נציגי המשרדים בצוות המעקב יציגו בפני הצוות דרכים לשילוב משרדם בפעולות ליישום החלטה זו והשגת מטרותיה, בהתאם לתחומי עבודת המשרדים.

ג. תקציב התוכנית יוקצה בתקנות ייעודיות במשרדים הרלוונטיים, תקנות אלו ישמשו לביצוע התוכנית בלבד. עד ה-15 בפברואר, בכל שנת תקציב, יוודאו המנהלים הכלליים של משרדי הממשלה כי המשאבים הנדרשים יועברו לתקנות הביצוע הרלוונטיות, לרבות השתתפויות בין משרדי הממשלה השונים.

ד. ראשי התוכניות ידווחו לצוות המעקב, כל רבעון, על התקדמות התוכניות שבאחריותם ועמידה ביעדים שהוגדרו. בפני צוות המעקב יופיעו גם נציגי גופי המחקר הגדולים בארץ (הציבוריים והפרטיים) אשר יסקרו את הנעשה במסגרת הפרויקט. העתק מדיווחים אלו יועבר גם לועדת ההיגוי האקדמית.

ה. יושבי הראש של צוות המעקב ידווחו לשרי התשתיות הלאומיות, התמ"ת, האוצר, הגנת הסביבה, החקלאות

- ופיתוח הכפר, פיתוח הנגב והגליל והמדע, התרבות והספורט על התקדמות הביצוע של ההחלטה, כל חצי שנה.
1. שרי התשתיות הלאומיות, התמ"ת, פיתוח הנגב והגליל והאוצר ידווחו לממשלה על התקדמות הביצוע של ההחלטה כל חצי שנה.
2. אחת לשנה יערכו ראשי צוות המעקב כנס ציבורי, אליו יוזמנו נציגי אקדמיה, נציגי התעשייה והציבור הרחב לדיון ולדיווח על התקדמות ביצוע ההחלטה.
3. כל אחד מהמנהלים הכלליים של המשרדים השותפים בתוכנית ימנה עובד, מבין עובדי משרדו, שירכז את התוכניות הרלוונטיות למשרד ויהווה איש קשר לביצוע התוכנית בתחום המשרד, דרך הפנייה אל הנציג שימונה יפורסם באתר האינטרנט הייעודי, כאמור בסעיף קטן ט' להלן.
4. הצוות יפעיל כלי הערכה ומדידת ביצועים לאורך שנות התוכנית. בתום השנה הרביעית יבצע צוות המעקב הערכה של ביצועי והישגי התוכנית מתוך מטרה לבחון את הצורך בהמשך התוכנית, והשינויים הנדרשים בה.
5. מרכז מתכלל - המנהלים הכלליים של משרדי התמ"ת והתשתיות הלאומיות יפעלו לריכוז ניהול התכנית בין משרדי הממשלה וגורמי חוץ לצורך ייעול ותיאום תהליכי הבחינה בתוכניות השונות. במסגרת זו יוקם, במסגרת אתר האינטרנט הממשלתי, אתר ייעודי להצגת התוכנית, דוחות המעקב וחידושים ככל שיהיו, לרבות קישורים לתוכניות השונות ואפשרות יצירת הקשר עם מפעיליהן.

3. עידוד מחקר תשתיתי

- א. מוסדות אקדמיה - הממשלה תפנה למועצה להשכלה גבוהה (מל"ג) כדי שתפנה, באמצעות הוועדה לתכנון התקצוב (ות"ת), למוסדות ההשכלה הגבוהה המתוקצבים על ידה, בבקשה ליתן עדיפות לפיתוח תוכניות לימודים ומסלולי לימוד אקדמיים בתחום האנרגיה המתחדשת והחליפית בחומש הנוכחי, במסגרת תקציב המאושר להם על ידי הות"ת. התוכניות יגובשו במסגרת התקציב המוקצה בתוכנית החומש עד סוף שנת 2009. אחת ל-6 חודשים ידווח יו"ר ות"ת לוועדת המעקב על התקדמות יישום סעיף זה.
- ב. תוכנית מלגות לתארים מתקדמים בתחום האנרגיה המתחדשת - מתקציב משרד המדע, התרבות והספורט יוענקו מלגות ללימודים מתקדמים בתחום האנרגיות המתחדשות בסך 1.5 מיליון ש"ח לשנה, בסה"כ 7.5 מל"ח בתקופת התוכנית. קבלת ההצעות תיעשה באמצעות פרסום הליך פומבי תחרותי ("קול קורא") להגשת המחקרים, בכפוף להמלצות ועדת ההיגוי האקדמית וההקצאה תיעשה על פי הכללים הקיימים במשרד. התקציב השנתי יוקצה על פי החלוקה: 0.5 מיליון ש"ח לשנה על ידי משרד המדע, התרבות והספורט ומיליון ש"ח לשנה על ידי משרד האוצר. אחת לרבעון ידווח מנכ"ל משרד המדע, התרבות והספורט לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית.
- ג. תוכנית השקעות במחקרי תשתית אקדמית - משרד המדע, התרבות והספורט ייחד תקציב רב שנתי בהיקף כולל של 5 מיליון ש"ח, ובהיקף שנתי של מיליון ש"ח בשנה, לביצוע מחקרי תשתית אקדמית בסיסיים לקידום ופיתוח טכנולוגיות לשימוש באנרגיות מתחדשות, בכפוף לקריטריונים שייקבעו על ידי ועדת ההיגוי האקדמית. כל

המחקרים ייעשו באמצעות מוסדות המחקר בישראל. אחת לרבעון ידווח מנכ"ל משרד המדע, התרבות והספורט לוועדת המעקב, על התקדמות יישום התוכנית.

ד. תוכנית תקציבי מחקר - מתקציב משרדי התשתיות הלאומיות, החקלאות ופיתוח הכפר, הגנת הסביבה והמדע, התרבות והספורט יינתנו מענקי מחקר אקדמי, בדגש על מחקרים בעלי פוטנציאל לשימושים מסחריים, בסך כולל של 37.5 מיליון ש"ח, 7.5 מיליון ש"ח בכל שנה בתקופת התוכנית. הקצאת המענקים תיעשה באמצעות פרסום הליך פומבי תחרותי ("קול קורא") להגשת הצעות המחקרים, המופנה למוסדות מחקר ולחוקרים, בכפוף להמלצות ועדת ההיגוי האקדמית, וההקצאה תיעשה על פי הכללים הקיימים במשרדים. אחת לרבעון ידווחו המנהלים הכלליים של המשרדים האמורים לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית. מקור התקציב השנתי יהיה: 3 מלש"ח מתקציב משרד התשתיות הלאומיות, 2 מלש"ח מתקציב משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2 מלש"ח מתקציב המשרד להגנת הסביבה להפקת אנרגיה מביומאסה ופסולת ו-0.5 מלש"ח מתקציב משרד המדע, התרבות והספורט, בכל שנת תקציב.

ה. כנסים אקדמיים לעידוד המחקר - ועדת ההיגוי האקדמית תרכז כנסים שוטפים לדיווח ולהצגת המחקרים בתחום, לרבות אלו הנתמכים על ידי התוכנית, במטרה להגביר את שיתופי הפעולה בתחום ולהגברת המודעות בקרב מיישמי הטכנולוגיה לתוצאות המחקר האקדמי. לצורך פעילות זו יוקצה סך של עד 0.5 מיליון ש"ח בשנה, התקציב יוקצה באופן שווה על ידי משרדי האוצר והתשתיות הלאומיות. אחת לרבעון ידווח מנכ"ל משרד התשתיות הלאומיות לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית.

4. עידוד מחקר ופיתוח יישומי

א. תוכנית תנופה - במסגרת תוכנית תנופה של המדען הראשי במשרד התמ"ת יוקצו סך של 10 מלש"ח בתקופת התוכנית, 2 מיליון ש"ח בשנה, לקידום תוכניות מחקר ופיתוח בתחום אנרגיות מתחדשות בכפוף להוראות, הכללים והנהלים החלים על תוכנית תנופה. מקור המימון השנתי יהיה 50% מתקציב המדען הראשי במשרד התמ"ת ו-50% מתקציב משרד האוצר. מנהל התוכנית במדען הראשי ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון, על התקדמות יישום התוכנית.

ב. תכנית "STARTERGY" - תכנית זו לעידוד מיזמים בראשית דרכם, הפועלת במסגרת המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות, תמשיך פעולתה בשנת 2009 בהדגשים הבאים: בכפוף להמלצות ועדת ההיגוי האקדמית תינתן עדיפות, במסגרת הדרישות, לפרויקטים בעלי מצוינות טכנולוגית בולטת, המכוונים בראש ובראשונה לקידום משק האנרגיה בישראל. ההכוונה המקצועית לקביעת הדרישות למחקרים ובחירתם, ייעשו על-ידי המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות. נציג המדען הראשי בתמ"ת יצורף לוועדת השיפוט וימליץ, אם ניתן, להפנות פרויקטים נבחרים לתוכניות ומסלולים של משרד התמ"ת המפורטים להלן (כגון: תנופה). הפרויקטים שיוזכו לתמיכה במסגרת משרד התמ"ת בהתאם לחוקים, תקנות, כללים ונהלים החלים על תוכניות ומסלולי התמיכה הבאים של המדען הראשי של התמ"ת: תנופה, מגנט, מגנטון, נופר, וקרן המו"פ יקבלו תוספת

של עד- 20% אחוז למענק התמ"ת, בגין הצטיינותם, מכספי קרן "STARTERGY". סך התמיכה לקרן לצורך זה תהיה 5 מיליון ש"ח לשנה ממשרד התשתיות הלאומיות. שיעור התמיכה לפרויקט מהקרן לא יעלה על 750 אלף ש"ח לפרויקט בודד. שיעור התמיכה לפרויקט, שינתן על ידי המדינה לא יעלה על 60% מעלות הפרויקט או מסך תמיכת המדען הראשי של משרד התמ"ת, הגבוה מביניהם, וינתן ליזם על פי לוח הזמנים של משרד התמ"ת. המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות ידווח לוועדת המעקב אחת לשנה על פעילות התוכנית. יובהר כי אין במתן תמיכה לפרויקט בהתאם לסעיף זה, כדי לפגוע בחוקים, תקנות, כללים ונהלים החלים על תכניות ומסלולי התמיכה של המדען הראשי במשרד התמ"ת.

ג. תכנית תמיכה במחקרים יישומיים במסגרת משרד החקלאות ופיתוח הכפר - במסגרת המדען הראשי במשרד החקלאות ופיתוח הכפר ובשיתוף עם משרד התשתיות הלאומיות, בשים לב להמלצות ועדת ההיגוי האקדמית, תופעל תוכנית למתן תמיכה ממשלתית במחקרים יישומיים המבוצעים בתחומי האנרגיה המתחדשת. סך התמיכה בסעיף זה תהיה עד 5 מלש"ח, 1 מיליון ש"ח לשנה. מקורות מימון התקציב השנתי יהיו 67% מתקציב משרד החקלאות ופיתוח הכפר, 33% משרד התשתיות הלאומיות. המדען הראשי במשרד החקלאות ופיתוח הכפר ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון, על התקדמות יישום התוכנית.

ד. מרכז טכנולוגי לאנרגיה מתחדשת בנגב - המדען הראשי במשרד התמ"ת יבחר, בהתאם לדיני המכרזים, גורם שיקים ויפעיל מרכז טכנולוגי ייעודי לאנרגיה מתחדשת בנגב/ערבה, אשר יזכה להשתתפות המדינה במימון פרויקטים שיאושרו באמצעות ועדה מקצועית, כמפורט בנספח מספר 1 המצורף (דפים) להחלטה זו (להלן - המרכז הטכנולוגי). הבחירה תיעשה בהשתתפות המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות. מנהל התוכנית במדען הראשי במשרד התמ"ת ידווח לצוות המעקב אחת לרבעון על פעילות המרכז הטכנולוגי, ועל תוכנית העבודה הצפויה לשנה הקרובה.

ה. תקציב הקמת המרכז הטכנולוגי, אשר יופעל על ידי המדען הראשי במשרד התמ"ת יעמוד על 57 מיליון ש"ח, בפריסה על פני 5 שנים בהתאם לאמור בנספח 1. מקורות מימון התקציב השנתי יהיו 2.5 מיליון ש"ח מתקציב המשרד לפיתוח הנגב והגליל, 2.7 מיליון ש"ח מתקציב משרד התשתיות הלאומיות, 4.15 מיליון ש"ח מתקציב המדען הראשי במשרד התמ"ת, ו-2.05 מיליון ש"ח מתקציב משרד האוצר בכל שנת תקציב במשך שנות ביצוע ההחלטה.

1. השקעות הון - שרי האוצר והתמ"ת יבחנו את הרחבת תחומי הפעולה המוגדרים בסעיף 18א(ג)(1)(א) לחוק עידוד השקעות הון, התשי"ט-1959, כך שיכללו בסעיף האמור, במסגרת שנות התוכנית, גם השקעה במחקר ופיתוח בתחום האנרגיה המתחדשת, בייצור ציוד לאנרגיה מתחדשת או בהשקעות ישירות לאימוץ טכנולוגיות של אנרגיה מתחדשת על ידי מפעלים. לאחר בחינה כאמור, ועל פי תוצאותיה, יוגש לאישור הממשלה תיקון לחוק עידוד השקעות הון האמור, כהוראת שעה, לפיו, תחום האנרגיות המתחדשות ייכלל במסגרת תחומי הפעילות הזכאים להטבות מס שונות מתוקף החוק האמור. מנהל רשות המסים ידווח לוועדה תוך 45 יום על יישום התוכנית.

5. כלים משלימים

א. זקיפת סכומים ברכש גומלין - הרשות לשיתוף פעולה תעשייתי הפועלת במשרד התמ"ת (הרשפ"ת), בהתייעצות עם החשב הכללי, תבחן אפשרות קביעתם של כללים במסגרתם יקבע כי השקעה בטכנולוגיות אנרגיה מתחדשות תיזקף לעניין רכש גומלין כסכום השווה ל-200% מההשקעה. כללים אלה תביא הרשפ"ת לאישור בהתאם לסמכותה לפי תקנה 6 (ב) לתקנות חובת המכרזים (חובת שיתוף פעולה תעשייתי). התשס"ז-2007. אחת לשנה ידווח מנהל הרשפ"ת לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית.

ב. הכשרה מקצועית - מה"ט (המכון הממשלתי להכשרה בטכנולוגיה ובמדע באגף להכשרה מקצועית במשרד התמ"ת) יכין תוכנית לשילוב התמחויות בתחום האנרגיה המתחדשת ושימור אנרגיה, בתוכניות להכשרה מקצועית ופיתוח כוח אדם טכנולוגי במשק, לרבות להסבת מהנדסים, הנדסאים וטכנאים מתחומי עיסוק קרובים. ההכשרה המקצועית כאמור תתבצע בכפוף להיתכנות השמת העובדים המוכשרים בשוק העבודה. תקציב התוכנית יעמוד על 1 מיליון ש"ח. לשנה למשך שנות התוכנית, סה"כ 5 מיליון ש"ח, מקור המימון השנתי יהיה 50% מתקציב משרד התמ"ת ו-50% מתקציב משרד האוצר.

ג. שרותי יעוץ וחונכות עסקית לחברות טכנולוגיות - החל משנת 2009, במסגרת תקציב משרד התמ"ת, יוקצה סך של 4 מיליון ש"ח, 0.8 מיליון ש"ח בכל שנה במהלך תקופת התוכנית, לתוכניות הבאות: חונכות עסקית, תוכנית ניצוץ (חדשנות), ניהול איכותי וליווי שיווקי ומאגדים לתמיכה בכפוף להוראות, הכללים והנהלים החלים על תוכניות אלו, לחברות צעירות ו/או קטנות בתחום האנרגיה המתחדשת. אחת לרבעון ידווח מנהל תוכנית החונכות העסקית לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית. מקור המימון השנתי יהיה 0.5 מיליון ש"ח מתקציב משרד התמ"ת ו-0.3 מיליון ש"ח מתקציב משרד האוצר.

ד. עידוד השתתפות במכרזים בינלאומיים - משרד התמ"ת יפעיל קרן חדשה לעידוד השתתפות חברות ישראליות במכרזי תשתית בחו"ל בתחום האנרגיה המתחדשת. במסגרת זו יוכלו החברות לזכות במענק מותנה של 50% מעלות ההשתתפות במכרז, ועד לתקרה של 100 אלף ש"ח. המענק יוחזר למדינה אם החברה זכתה במכרז. תקציב התוכנית יעמוד על 0.8 מיליון ש"ח לשנה למשך שנות התוכנית, ובסך הכל 4 מיליון ש"ח. מקור המימון השנתי יהיה 0.5 מיליון ש"ח מתקציב משרד התמ"ת ו-0.3 מיליון ש"ח מתקציב משרד האוצר.

ה. שיווק בינלאומי וכנסים - משרד התמ"ת, בשיתוף עם משרד התשתיות הלאומיות, המשרד להגנת הסביבה, משרד החקלאות ופיתוח הכפר, ומכון הייצוא יפעל לקידום שיווק בינלאומי של תחום האנרגיה המתחדשת בישראל, ולארגון כנס בינ"ל תקופתי בנושא האנרגיה המתחדשת שייערך בישראל וכן להשתתפות התעשייה הישראלית בכנסים מובילים בחו"ל. סך התמיכה בתוכנית זו תהיה עד 1 מיליון ש"ח לשנה על פני 5 שנים, ובסך הכל 5 מיליון ש"ח. מקורות מימון התקציב השנתי יהיו 30% מתקציב המדען הראשי במשרד התמ"ת, 25% משרד האוצר, 15% משרד התשתיות הלאומיות, 15% משרד החקלאות ופיתוח הכפר, ו-15% המשרד להגנת הסביבה. מנכ"ל משרד התמ"ת ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון על התקדמות יישום התוכנית.

.....

1. מרכז אימות טכנולוגיות - המשרד להגנת הסביבה בשיתוף עם משרד התמ"ת, משרד התשתיות הלאומיות ומכון התקנים הישראלי יפעלו לקידום אימות טכנולוגיות ישראליות באמצעות יצירת שיתוף פעולה עם מרכז אימות טכנולוגי מוביל בארה"ב או באירופה. סך התמיכה בתוכנית זו תהיה בסך של 0.5 מיליון ש"ח לשנה על פני 5 שנים, ובסך הכל 2.5 מיליון ש"ח, 50% מתקציב המשרד להגנת הסביבה ו-50% מתקציב משרד האוצר. מנכ"ל המשרד להגנת הסביבה ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון על התקדמות יישום התוכנית.

2. תקינה - מכון התקנים הישראלי יונחה להשתלב בפעילות תקינה בינ"ל מתוך מגמה ליצור יתרון תחרותי למוצרים ישראליים בשווקים הבינלאומיים ולהסיר חסמי שיווק בינלאומיים. סך התמיכה בנושאי התקינה תעמוד על 1 מיליון ש"ח לשנה למשך שנות התוכנית, סה"כ 5 מיליון ש"ח. 50% מתקציב משרד התמ"ת ו-50% מתקציב משרד האוצר. מנהל מכון התקנים יציג את תכנית העבודה לוועדת המעקב תוך שלושה חודשים ובנוסף ידווח לוועדת המעקב אחת ל-6 חודשים על התקדמות יישום התוכנית.

6. שיתוף פעולה בינלאומי

א. שיתוף פעולה עם האיחוד האירופאי - תקציב בסך כולל של 10 מיליון ש"ח, 2 מיליון ש"ח בשנה ייוחד בתקציב המדען הראשי בתמ"ת לפרסום וקידום שיתופי פעולה בינלאומיים לרבות במסגרת ISERD ומתמ"פ ובמסגרת תוכנית המסגרת השביעית למחקר ופיתוח של האיחוד האירופי (FP7), תוכניות נלוות לתוכנית המסגרת. מקור המימון השנתי יהיה 50% מתקציב משרד התמ"ת ו-50% מתקציב משרד האוצר. אחת לרבעון ידווח המדען הראשי לוועדת המעקב על התקדמות יישום התוכנית.

ב. שיתוף פעולה עם הממשל האמריקאי - בהמשך לחקיקה שהתקבלה בתחום זה בארה"ב ובהתאם למשאבים שיועמדו על ידי ממשלת ארה"ב לנושא, תוקצה מסגרת תקציבית של עד 4.5 מיליון ש"ח בשנה, למשך 3 שנים החל משנת 2009, לשיתוף פעולה בין ישראל לארה"ב בתחום האנרגיות המתחדשות. התקציבים יוקצו על פי כללים עקרוניים שייקבעו על ידי ועדת המעקב, באמצעות הגופים עליהם יוחלט בצוות המשותף למשרד התשתיות הלאומיות ומשרד האנרגיה של ממשלת ארה"ב, עם העדפה על קרנות BIRD ו-BSF, מקום שבו תוכניות אלה תואמות ליכולותיהן. מקורות המימון השנתיים לסעיף זה יהיו 1.5 מיליון ש"ח מתקציב המדען הראשי במשרד התמ"ת, 2.5 מיליון ש"ח מתקציב משרד התשתיות הלאומיות, ו-0.5 מיליון ש"ח מתקציב משרד האוצר. כל התקציבים יוקצו לאחר הקצאה דומה של תקציבים מצד ארה"ב. המנהל הכללי של משרד התשתיות הלאומיות ידווח אחת לשנה על הפעילות בתחום זה עם הממשל האמריקאי.

ג. שיתוף פעולה במסגרת הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה - יימשך ויורחב שיתוף הפעולה במסגרת הסוכנות הבינלאומית לאנרגיה (IEA), גם כחלק מהמאמצים להצטרפות ל-OECD (שה-IEA היא זרוע שלו). כיום ישראל חברה בשלוש תוכניות של ה-IEA בתחום האנרגיה המתחדשת, באמצעות לשכת המדען הראשי של משרד התשתיות הלאומיות. שיתוף פעולה זה יחזק, ותישקל הרחבתו לתוכניות נוספות. עלות הפעילות נאמדת בכ-1.0 מיליון ש"ח לשנה, והיא כוללת דמי חברות, ביצוע מחקרים ונסיעות למפגשים בינלאומיים. הפעילות

תרוכז על-ידי משרד התשתיות הלאומיות, ותמומן על-ידי משרד התשתיות הלאומיות ומשרד האוצר, בחלקים שווים. אחת לחצי שנה ידווח המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות לוועדת המעקב.

ד. שיתוף פעולה נוסף - המדען הראשי במשרד התמ"ת יבחן הגדלת שיתוף הפעולה בנושא קידום אנרגיות מתחדשות עם קרנות מחקר ופיתוח נוספות, ובהן הקרנות המשותפות עם סינגפור, קוריאה וקנדה. אחת לחצי שנה ידווח המדען הראשי לוועדת המעקב על התקדמות תוכנית העבודה.

ה. משיכת השקעות זרות - המטה לקידום השקעות במשרד התמ"ת יפעל להבאת שלוש חברות עוגן רב לאומיות לביצוע השקעות בישראל. מנהל המטה לקידום השקעות יציג לוועדת המעקב את תכנית העבודה לביצוע המשימה בתוך 3 חודשים וידווח לוועדת המעקב אחת לשנה על התקדמות תכנית העבודה.

7. רגולציה

הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל תבחן, בהתאם לסמכותה, עדכון התעריפים הקיימים ואמות מידה אם נדרש, ובאופן שיקדם ייצור חשמל על בסיס אנרגיות מתחדשות. בתוך 90 יום ממועד החלטת הממשלה תפרסם הרשות את עמדתה בנדון.

8. מיסוי

בהמשך להחלטת הממשלה מס' 2935 מיום 13 בינואר 2008, להטיל על שר האוצר לבחון אפשרות הענקה של פחת מואץ, בהוראת שעה שתחול על השקעות בשנות התכנית, בשיעור של 25% לשנה לפחות, לגבי השקעות בשימוש באנרגיות מתחדשות במסגרת תהליכי ייצור או תפעול שוטף, ובכלל זה שימוש בטכנולוגיות המנצלות את חום השמש במגזר העסקי, ובלבד שמדובר בהשקעות המבוססות על טכנולוגיה מוכחת. פחת מואץ כאמור יובא בחישוב הכנסתם החייבת של עסקים שישקיעו השקעות כמפורט לעיל בשנות התכנית. שר האוצר, באמצעות מנהל רשות המסים בישראל, ידווח לצוות המעקב על תוצאות בחינתו בתוך 45 יום מאישור הצעה זו.

9. תכנון

א. להנחות את מינהל התכנון במשרד הפנים, בשיתוף עם משרד התשתיות הלאומיות לקדם את הכנת תכנית מיתאר ארצית לתשתיות משק האנרגיה (תמ"א 41), במסגרתה יינתן ביטוי גם לתחום האנרגיה המתחדשת, בין היתר תוך הגדרת תנאים למיקום, הקמה ותפעול של פרויקטים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת לסוגיה העיקריים. מנכ"ל משרד התשתיות הלאומיות ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון על התקדמות יישום התוכנית.

ב. מינהל התכנון במשרד הפנים, בתיאום עם משרד התשתיות הלאומיות והרשות לשירותים ציבוריים

ג. חשמל, יבצע הדרכה מרוכזת של מוסדות התכנון במאפיינים טכנולוגיים ותכנוניים פרויקטים לאנרגיה מתחדשת. מנכ"ל משרד הפנים ידווח לוועדת המעקב אחת לרבעון על התקדמות יישום התוכנית.

ד. המנהל הכללי של המשרד להגנת הסביבה יפעל לגיבוש עקרונות מנחים מבחינה סביבתית לתכנון פרויקטים בתחום האנרגיה המתחדשת, אשר, בין היתר, יסייעו בזירוז תהליכי תכנון לפרויקטים בתחום. עקרונות והנחיות כאמור ייקבעו בתוך 70 יום.

10 הסרת חסמים בהקצאת קרקע

א. להקים צוות בהשתתפות מינהל מקרקעי ישראל, משרד התשתיות הלאומיות, נציג אגף התקציבים במשרד האוצר ונציג הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל שימנו המנהלים הכלליים בגופים האמורים, שתפקידו לבחון ולגבש המלצות מפורטות בדבר דרכים להסרת חסמים וייעול תהליכי הקצאת קרקעות לתחנות כח ולפרויקטים בתחום האנרגיה המתחדשת. הצוות יתייעץ עם נציג היועץ המשפטי לממשלה. הצוות יגיש המלצותיו לשר האוצר ושר התשתיות הלאומיות בתוך 60 יום.

ב. הקמת מתקני חלוצי והדגמה (פיילוט) - מינהל אזורי פיתוח במשרד התמ"ת ומינהל מקרקעי ישראל יקדמו מדיניות של עידוד הקמת מתקני חלוצי בשטחים בלתי משווקים באזורי תעשייה קיימים, במסלול של פטור ממכרז בהקצאת הקרקע, תוך התחשבות באינטרסים של הגנה על הסביבה, במטרה ליישם טכנולוגיות חדשות של אנרגיה מתחדשת. לצורך סעיף זה, יגדיר מנהל מקרקעי ישראל, תוך 3 חודשים מתקנים לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהגדרת תעשייה. אחת ל-6 חודשים ידווח מנכ"ל משרד התמ"ת לצוות המעקב על התקדמות יישום התוכנית."



החלטות ממשלה מס' 4450 מיום 29.1.2009

החלטה מס. חכ/176 של ועדת שרים לענייני חברה וכלכלה (קבינט חברתי-כלכלי) מיום 12.01.2009 אשר צורפה לפרוטוקול החלטות הממשלה וקבלה תוקף של החלטת ממשלה ביום 29.01.2009 ומספרה הוא 4450(חכ/176). הממשלה ה-31 אהוד אולמרט

נושא ההחלטה: קביעת יעד מנחה וגיבוש כלים לקידום אנרגיות מתחדשות בפרט באזור הנגב והערבה

מחליטים: בהחלטה זו: "אנרגיה מתחדשת" - אנרגיה שמקורה בניצול חום וקרינת השמש, רוח, ביומאסה או מקור לא מתכלה אחר שאינו דלק פוסילי. בהמשך להחלטות הממשלה מס. 2664 (חכ/44) מיום 4.11.2002 ומס. 2178 מיום: 12.8.2007

יעד מנחה

לקבוע יעד מנחה לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 10% מצורכי האנרגיה בחשמל של המדינה לשנת 2020. זאת בהתבסס, בין היתר, על דו"ח בנושא עלויות חיצוניות של ייצור חשמל שפרסם המשרד להגנת הסביבה בחודש ספטמבר 2008. בתוך כך, לפעול להקמת תחנות כח המבוססות על מקורות אנרגיה מתחדשת ובפרט באזור הנגב והערבה, בהיקף שלא יפחת מ-250 מגה וואט בכל שנה החל משנת 2010 ועד לשנת 2020. הקמת התחנות, מעבר לאמור בסעיף 7 להלן, תהיה באמצעות רישיונות במסגרת הרגולציה הקיימת לרבות הקצאת קרקעות כמפורט בהחלטה זו; בהתחשב בתוצאות שיטת הרגולציה הקיימת, ובהקצאת קרקעות להקמת תחנות כח כאמור, מנכ"ל משרד התשתיות הלאומיות והממונה על אגף התקציבים יבחנו יחד, מעת לעת, מבלי לגרוע מהצורך בקבלת רישיונות, ומבלי לגרוע מהצורך לבצע התקשרויות, קידום הקמת תחנות כח כאמור בדרך של עריכת מכרז, או בכל מתכונת אחרת, ככל הנדרש ולפי כל דין וכל אישור הנדרש, בהתחשב בעיקר באפשרות הריאלית של קידום כל פרויקט על פי היעד כמפורט לעיל, במיקומים שיאותרו לשם כך כמפורט בהחלטה זו להלן.

מתווה להשגת יעד ביניים של 5% עד שנת 2014

לקבוע יעד ביניים של 5% לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת במהלך שנת 2014. יישום יעד הביניים ייעשה כאמור בהחלטה זו, באמצעות הטכנולוגיות השונות, ומבלי לגרוע מכלליות האמור, רוח, ביומאסה, סולאר טרמי ופוטו וולטאי. תמהיל הטכנולוגיות לעניין הקצאת קרקעות ומתן תמריצים, יהיה בהתחשב בשיקולי ישימות, כדאיות לאומית ומשקית, תנאים ייחודיים או מיטביים במדינת ישראל, מגמות בעולם וניצול מיטבי של משאבים כגון קרקע, שמש ומים במסגרת שילובם בקידום הטכנולוגיות השונות.

איתור והקצאת קרקעות

בהמשך להחלטת הממשלה מס. 3954 (חכמ"א) מיום 21.8.2008 (סעיפים 4(ט) ו-4(י)), להטיל על מנהל התכנון במשרד הפנים, בתיאום עם מנהל החשמל במשרד התשתיות הלאומיות, המשרד להגנת הסביבה, מינהל מקרקעי ישראל ומשרד הביטחון, לאתר קרקעות המתאימות להקמת תחנות כח מאנרגיות מתחדשות.

לאתר קרקעות באזור הנגב והערבה בפרט המתאימות להקמת תחנות כח בטכנולוגיות - סולארי ורוח. וזאת, בין היתר בכל הנוגע להבנת פוטנציאל ההקמה בטכנולוגיות האמורות במרחב הכלול במפה המצ"ב לנספח החלטה זו, אשר על פניו עשוי לכלול אזורים מועדפים מבחינה חשמלית לייצור חשמל בטכנולוגיות האלו, בין היתר, במטרה להביא לכך שהמועצה הארצית תאשר תכנית מתאר ארצית ברמה מתארת שבה יסומנו אתרים המתאימים להקמתם של לפחות 500 מגה ואט בתוך שנה וחצי מיום החלטה זו ובהתאם למפורט בסעיף 4(א) להלן.

הצוות האמור ידווח לשרי הפנים, התשתיות הלאומיות, ההגנה על הסביבה והאוצר, על התקדמות התהליך אחת לחודשיים.

להטיל על משרד התשתיות הלאומיות ומנהל מקרקעי ישראל להשלים נהלי הקצאת קרקע לצורך הקמת תחנות כח, כמפורט להלן:

הקצאת קרקע באמצעות מכרז

- משרד התשתיות הלאומיות יעביר המלצה לביצוע מכרזים על קרקעות שאותו מתארים להקמת מתקני ייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת. פרסום מכרזים אלו לא יבוצע אלא לאחר אישור תוכנית מתאר ארצית ברמה מתארת שבה יסומן האיתור המיועד להקמת תחנות/תחנות כח מאנרגיה מתחדשת ובהתאם לאיתור שסומן בתכנית זו. תכנית כאמור תוכן לאחר שיועבר אל המועצה הארצית מסמך המפרט הנתונים הרלבנטיים לאיתור שטח לתחנת כח מאנרגיה מתחדשת, שיערך בלווי ובהנחיית עורכי תמ"א 10. המועצה הארצית תפעל לאישורה של תוכנית כאמור, בכפוף לתיקונים ולהמלצות ועדת העורכים, בתוך 4 חודשים ממועד שתוגש לה. תכנית מתאר מפורטת לאתר שיסומן תקודם על-ידי הזוכה במכרז שיפורסם לפי סעיף 4(ג) להלן.
- משרד התשתיות הלאומיות, בתיאום עם מינהל מקרקעי ישראל ומשרד הפנים - מנהל התכנון, יגבש תנאי סף (טכנולוגי, הנדסי, פיננסי וכיוצ"ב) להגשת הצעות במכרז, בהתבסס, בין היתר, על התנאים הנדרשים לקבלת רישיון זמני לייצור חשמל.
- מינהל מקרקעי ישראל יפרסם המכרז, שיכלול את תנאי הסף שיוגדרו בשיתוף משרד התשתיות הלאומיות ומשרד הפנים כאמור לעיל, על הקרקע שתאושר כאמור, על בסיס הערכת שמאי. ככל שיידרשו לדעת המינהל פרמטרים נוספים לדירוג ההצעות, ייקבעו אלה על-ידי משרד התשתיות הלאומיות בתיאום עם מינהל מקרקעי ישראל ויהיו חלק ממסמכי המכרז, בכפוף לכל דין. נדרשו פרמטרים נוספים כאמור, יפורסם המכרז על-ידי ועדת מכרזים במינהל מקרקעי ישראל שבה יהיה חבר גם נציג משרד התשתיות הלאומיות. לזוכה במכרז תוענק הרשאה לתכנון ובכפוף לאישור תוכנית מתאמה על-ידי מוסד תכנון-הסכם פיתוח, הכל על פי תנאי המכרז.

הקצאת קרקע באמצעות פטור ממכרז

1. תוקם ועדה מקצועית בהשתתפות נציגי משרד התשתיות הלאומיות, משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה, מנהל התכנון במשרד הפנים ומינהל מקרקעי ישראל (להלן - הוועדה המשותפת). במסגרת עבודת הוועדה תיוועץ הוועדה ברשות לשירותים ציבוריים - חשמל.
2. הוועדה המשותפת תקבע את התנאים והמקרים בהם תינתן האפשרות להמליץ על מתן קרקע ליזם בפטור ממכרז, לפי כל דין, להקמת מתקן ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות, בין באמצעות מתן הרשאה לתכנון ובין באמצעות מתן הסכם פיתוח, לפי העניין. הוועדה תפעל בהתאם לקריטריונים שייקבעו על ידה בתוך 45 יום מקבלת החלטה זו, לרבות קביעת תנאי סף כאמור במסלול המכרז כאמור לעיל.
3. ניתנה המלצת הוועדה המשותפת כאמור, ובכפוף לכל דין וכל אישור נדרש, יעניק המינהל הרשאה לתכנון ויקצה את הקרקע ליזם לצורך הקמת מתקן כאמור.
4. אין בהליכים המתוארים לעיל כדי לגרוע מסמכותו או שיקול דעתו של משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה, בהפעילו את סמכויותיו מכח תקנה 25 לתקנות חובת המכרזים, התשנ"ג-1993 או מכח החלטות ממשלה שונות. נהלים למכרזי קרקע ופטור ממכרז כאמור בסעיף זה יגובשו בתוך 45 יום מהחלטה זו.

הסדרה ותמריצים כלכליים

להנחות את הרשות לשירותים ציבוריים - חשמל לבחון, במסגרת סמכותה ובהתאם להוראות חוק משק החשמל, התשנ"ו-1996, בתוך שלושה חודשים ממועד קבלת החלטה זו, תעריפים ואמות מידה ככל שיידרשו, ליישום מדיניות הממשלה לעידוד הקמת מתקני ייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות בהיקף כולל של 500 מגה ואת בשלב הראשון ובכפוף לכל דין, ולפרסם את תוצאות הבחינה לציבור. בחינת הרשות תתבסס, בין היתר, על מודלים בינלאומיים לעידוד הקמת תחנות כח המבוססות על אנרגיה מתחדשת, בהתאמות הנדרשות למשק הישראלי. התעריפים שייקבעו כאמור יחולו גם על התחנות נשוא סעיף 7 להלן. לאחר מימוש 350 מגה ואת מתוך ההיקף האמור או לקראת 1.1.2011, לפי המוקדם, תיערך בחינה על ידי משרד התשתיות הלאומיות, משרד האוצר והרשות לשירותים ציבוריים - חשמל אשר יביאו את המלצותיהם בפני הממשלה, בדבר הצורך בעידוד הקמת תחנות כח נוספות באנרגיות מתחדשות בהיקף של 500 מגה ואת נוספים, באמצעות מודלים בינלאומיים כאמור. במסגרת בחינה כאמור, יילקחו בחשבון גם היקף הבקשות להקמת תחנות כח נוספות באותו מועד, ושיקולים של שוויון בין מבקשים.

להטיל על שר התשתיות הלאומיות לקבוע כי בעל רישיון ספק שירות חיוני יהיה מחויב ברכישת הכמויות כאמור מבעלי רישיונות באנרגיות מתחדשות.

בהמשך להחלטת הממשלה מס. 3954 (חכמ"א) מיום 21.8.2008 (סעיף 4(ד)(6)), על מנת להעמיד תמריצי מיסוי לקידום ייצור מתקני אנרגיות מתחדשות ורכיביהם לצורך השגת היעד כמפורט בהחלטה זו, יגבש שר האוצר בתוך 30 ימים ממועד החלטה זו, באמצעות ועדה שיקים, בה יהיו חברים, בין היתר, גם נציגי משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה,

.....

משרד התשתיות הלאומיות והרשות לשירותים ציבוריים - חשמל, את הדרך להרחבת תחומי הפעולה המוגדרים בסעיף 18א(ג)(1)(א) לחוק עידוד השקעות הון, התשי"ט-1959, לעניין הטבות מיסוי, גם לגבי השקעה במו"פ בתחום האנרגיה המתחדשת וכן לגבי השקעות ישירות לאימוץ טכנולוגיות של אנרגיה מתחדשת ולייצור מתקני אנרגיות מתחדשות ומרכיביהם על ידי מפעלים, והכל כהוראת שעה. עם סיום עבודת הועדה, ובהתאם להמלצותיה, יוגש לאישור הממשלה, תזכיר לתיקון החוק כאמור.

הקמת מתקני ייצור סולאריים בשטח המועצה האזורית חבל אילות

בהמשך לאמור לעיל, להטיל על מינהל מקרקעי ישראל בהתאם למתווה המפורט בסעיף 4 לעיל ובתיאום עם המועצה האזורית חבל אילות, לפרסם מכרזי קרקע בשטח המועצה האזורית חבל אילות לתכנון ופיתוח הקמת 3 תחנות כח בטכנולוגיות סולאריות בהיקף של 50 עד 75 מגה ואת לכל תחנה וזאת לא יאוחר מיום 1.6.2009 ובאופן שהתחנות תחלנה לספק חשמל לא יאוחר מיום 1.1.2012. לצורך כך, מינהל החשמל במשרד התשתיות הלאומיות בשיתוף עם מינהל התכנון במשרד הפנים והמועצה האזורית חבל אילות יאתרו את המתחמים להקמת התחנות כמוזכר לעיל ויפנו לעורכי תמ"א 10 על מנת שאלה יבקשו מהמועצה הארצית לתכנון ולבניה, להורות על עריכת תכנית מתאר ארצית מפורטת לכל אחד מהמתחמים. הוראה על עריכת תוכנית כאמור תינתן לאחר שיוצגו בפני המועצה הארצית כל הנתונים הדרושים להחלטה על מתן הוראה, לרבות נתונים בדבר התאמת כל אחד מהמתחמים להקמת התחנה, קירבתו לתשתיות נחוצות הן לפעולת התחנה והן לצורך הוצאת האנרגיה מהאתר, ניתוח ההיבטים הסביבתיים, היבטים של שימושי קרקע וזמינותה, תיאום ראשוני עם גורמים רלבנטיים והצגת חלופות, ככל הנדרש. ניתנה הוראה על עריכת תכנית מתאר ארצית ברמה מפורטת למתחם, ניתן יהיה, על אף האמור בסעיף 4(1) להחלטה זו, לפעול לפרסום המכרז בקשר עם אותו מתחם עוד טרם אישור התכנית. תכנית זו תוכן ע"י הזוכה במכרז, ככל שיידרש לכך במסגרת המכרז.

.....



החלטות ממשלה מס' 3484 מיום 17.7.2011

החלטה מס. 3484 של הממשלה מיום 17.07.2011

הממשלה ה-32 בנימין נתניהו

נושא ההחלטה: מדיניות הממשלה בתחום הפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים

יעדים

- לפעול למימוש יעדי הממשלה לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהתאם להחלטת הממשלה מס' 4450 (חככ/176) מיום 29.1.2009, ובהתבסס על מסמך המדיניות של משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל מיום: 14.2.2010.
- יעד לייצור חשמל מאנרגיה מתחדשת בהיקף של 10% מצורכי האנרגיה בחשמל של המדינה לשנת 2020. יעד זה צפוי להיות מושג על-ידי ייצור חשמל בהיקף של כ-2,760 מגה וואט מותקן.
 - יעד ביניים מנחה לייצור 5% מהחשמל בישראל בסוף שנת 2014 באמצעות אנרגיות מתחדשות. יעד זה צפוי להיות מושג על-ידי ייצור חשמל בהיקף של כ-1,550 מגה וואט מותקן.

יעדים

- להסדיר עידוד הקמת מתקנים להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים בשני שלבים, בהתאם ליעדי הממשלה כפי שהם מופיעים בסעיף א' לעיל:
- שלב ראשון - הכולל את כל המכסות שלגביהן כבר נקבעו התעריפים ואמות המידה, מכסות אשר נמצאות בשלבי קביעה על ידי הרשות לשירותים ציבוריים (חשמל) (להלן - רשות החשמל), ומכסות נוספות המפורטות בהחלטה להלן להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, כפי שיוטמעו עד סוף שנת 2014 על-ידי רשות החשמל.
 - שלב שני, בשנים 2015-2020, במסגרתו יתבצע עידוד הפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים ככל שיידרש במסגרת מדיניות אשר תיקבע לפי סעיף ו' להלן, להשגת היעדים האמורים בסעיף א(ו) לעיל ובהתייחס לתועלות הנובעות למשק כתוצאה מייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות, והכוללות בין היתר הבטחת ביטחון אנרגטי במדינת ישראל לאורך זמן, תועלות חיצוניות למשק הישראלי ולתעשייה הישראלית, תועלות סביבתיות, יצירת תמהיל טכנולוגיות מאוזן, יעילות וחדשנות למשק החשמל בישראל, והכל בשם לב לסמכויות רשות החשמל.
- מדיניות הממשלה היא כי סך כל המכסות, לרבות מכרזים והסדרות, לייצור חשמל במשק החשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות להן עלות משקית, לא יעלה עד סוף שנת 2014 על: 1430 מגה וואט לאנרגיות סולאריות, 830 מגה וואט לאנרגיית רוח ו-210 מגה וואט לכל הפחות לאנרגיה המבוססת על ביוגז, ביומאסה ופסולת.

.....

ככל שתימצאנה טכנולוגיות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות אשר תועלתן המשקית גבוהה מעלותן, הממשלה מנחה את רשות החשמל לבחון את הסדרתן מעבר למכסות הנגזרות מסעיף א(1) לעיל, במסגרת סמכותה ועל פי הוראות חוק משק החשמל, התשנ"ו 1996 (להלן - החוק). לעניין זה, קביעת העלויות והתועלות המשקיות תיעשה על ידי צוות בינמשרדי בהשתתפות נציגי משרד האוצר, משרד התשתיות הלאומיות, המשרד להגנת הסביבה, משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה, רשות החשמל ובראשות משרד ראש הממשלה. אין באמור בסעיף זה כדי להגביל את סמכותה של רשות החשמל, לרבות בקביעת תעריפים ואמות מידה לעניין טכנולוגיות כאמור, ככל שתימצאנה. הצוות יסיים את עבודתו עד לסוף יוני 2012.

יעדים

במגמה לממש את המדיניות האמורה, להנחות את רשות החשמל לפעול במסגרת סמכותה על פי החוק, ובכלל זאת להשלים ולעדכן תעריפים ואמות מידה ככל הנדרש, על פי חלוקה למכסות כדלקמן:

1. ליישם החלטתה מס' 325 מיום 24 בינואר 2011, כדלקמן:
 - מכסה של 400 מגה וואט שתחול על יצרני חשמל בטכנולוגיה סולארית לרשת ההולכה ובכלל זה בטכנולוגיה סולאר תרמית במינימום יצרנות בטכנולוגיה סולאר תרמית של 200 מגה וואט.
 - ככל שעד ליום 1 בינואר 2014 לא מוצתה מכסה זו (קבלת אישור תעריף), תבחן רשות החשמל הסטת מכסה זו למתקני ייצור חשמל מאנרגיה סולארית המחוברים לרשת החלוקה ובתעריף שייקבע ע"י רשות החשמל, כך שבכל מקרה מינימום יצרנות בטכנולוגיה סולאר תרמית לא תפחת, כאמור, מ-200 מגה וואט.
 - מכסה של 60 מגה וואט לטובת זוכים במכרזי קרקע ייעודיים למתקנים המחוברים לרשת ההולכה.
2. מכסה של 110 מגה וואט, אשר יוקצו עד סוף שנת 2014 לטובת מתקנים לייצור חשמל מאנרגיה סולארית לצריכה עצמית והעברת עודפים לרשת. המכסה תוקצה בארבעה מועדים, כדלקמן:
 - מכסה של 20 מגה וואט ב-2011
 - מכסה של 30 מגה וואט ב-2012
 - מכסה של 30 מגה וואט ב-2013
 - מכסה של 30 מגה וואט ב-2014
3. מכסה של 160 מגה וואט עבור מתקנים לייצור חשמל מביוגז. רשות החשמל תפרסם הסדרה למכסה זו תוך 60 ימים לכל היותר.
4. מכסה של 50 מגה וואט לכל הפחות עבור מתקנים לייצור חשמל מביוגז, מביומאסה ומפסולת בכל הטכנולוגיות שיוגדרו לשם כך, בתמהיל שייקבע בהתייעצות עם המשרד להגנת הסביבה.
5. מכסה של 800 מגה וואט למתקנים לייצור חשמל באמצעות רוח המחוברים לרשת החלוקה ולרשת ההולכה.

6. מכסה של 50 מגה וואט למתקנים לייצור חשמל באמצעות מתקני חלוץ של טכנולוגיות חדשניות בשנים 2012-2015, כאשר הספק מתקן בודד לא יעלה על הספק שיקבע המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות. זאת, בהתאם לתעריפים ואמות מידה המקובלים לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות בטכנולוגיות מבוססות דומות. המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות יסווג את המתקנים שייחשבו כמתקני חלוץ כאמור, תוך מתן עדיפות לטכנולוגיות ישראליות.

יעדים

- להנחות את משרד האוצר לדווח לממשלה על התקדמות פיתוח פרויקטי אשלים, לא יאוחר מ-1 ביולי 2012.
- להנחות את המשרד להגנת הסביבה להציג לוועדת שרים לעניין קידום, פיתוח ויישום אנרגיות מתחדשות (להלן - ועדת השרים) את מדיניות המשרד בנושא טיפול בפסולת לצרכי אנרגיה ואת הפוטנציאל הנגזר מכך למשק החשמל לא יאוחר מיום 1 בינואר 2012.

יעדים

- להטיל על משרד התשתיות הלאומיות לגבש, בהתאם לאמור לעיל בסעיף ב(2), ולהציג לאישור הממשלה לא יאוחר מינואר 2014, מדיניות מעודכנת למימוש יעדי הממשלה לייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות לסוף 2020, שתכלול:
 1. תמהיל טכנולוגיות מעודכן שיבטיח עמידה ביעד הממשלה תוך מזעור העלויות העודפות למשק. הערכת עלויות עודפות למשק כתוצאה מיישום התוכנית המוצעת תיקבע עם משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה ורשות החשמל, ובהתבסס על עבודת הצוות הבינמשרדי כאמור בסעיף ב(4) לעיל.
 2. יעדי ביניים שיאפשרו היערכות מתאימה של משרדי הממשלה, רשות החשמל והחברות במשק. המתכונת החדשה שתיקבע בהתאם למדיניות האמורה תכנס לתוקף ותופעל במלואה ביום 1.1.2015.
- להנחות את רשות החשמל לבחון, במסגרת סמכותה ועל פי הוראות החוק, קביעת תעריפים ואמות מידה בהתאם למדיניות המוצעת בסעיף ו' לעיל, עד לסוף שנת 2014.
- לקדם יישום טכנולוגיות ישראליות יעילות וחדשניות ולשלבם במשק ייצור החשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת. במסגרת זאת, להטיל על צוות בראשות המדען הראשי במשרד התעשייה, המסחר והתעסוקה והמדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות, אשר יכלול את נציגי משרד האוצר, המשרד להגנת הסביבה ומשרד ראש הממשלה ובהתייעצות עם רשות החשמל, לגבש תוכנית לעידוד הקמת מתקנים המבוססים על טכנולוגיות ישראליות מתקדמות לייצור חשמל מאנרגיות מתחדשות תוך מתן מענה לקשיים התשתיתיים והרגולטוריים המונעים יישום טכנולוגיות אלה כיום, ובשים לב לסוגיות מימוניות. את התוכנית יגיש הצוות לממשלה לא יאוחר מינואר 2012.
- בהמשך לסעיף 4(ד)5) בהחלטת הממשלה מס' 3954 (חככ21.8.2008), להטיל על הממונה על התקציבים

במשרד האוצר ביחד עם המדען הראשי במשרד התשתיות הלאומיות, לפעול לתמרוץ פרויקטים ספציפיים כמתקני הדגמה מסחריים בישראל (להלן - "מתקני הדגמה"). הפרויקטים יקודמו באמצעות תקציב שיוקצה למשרד התשתיות הלאומיות, בגובה של 10 מיליון ש"ח. תקצוב וקידום תמיכות למתקני הדגמה לביוגז וביומאסה ייעשה בשיתוף המשרד להגנת הסביבה. אין באמור לעיל לגרוע מתקציבי משרדי הממשלה האחרים. יובהר כי על פעילות התמיכה במתקני ההדגמה להימנע מלהיות כזו הנופלת בסמכויותיו של המדען הראשי של משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה בהתאם לחוק לעידוד מחקר ופיתוח בתעשייה, התשמ"ד-1984 שהינו הגורם הממשלתי האמון על עידוד, סיוע ותמיכה במחקר ופיתוח תעשייתי.

- בהמשך לסעיף 4(ט) (3) בהחלטה מס' 3954 (חכ"מ 1222/) האמורה, להנחות את מנכ"ל משרד הפנים לבחון ולהציג את הדרכים והאמצעים הסטטוטוריים לקידום ייצור חשמל מאנרגיית רוח, ביוגז, פסולת וביומאסה. השלמת בחינה של האמצעים ופרסומה תיעשה עד לחודש ינואר. 2012
- לקבוע כי עשרה אחוזים מהמכסה שנקבעה למתקנים לייצור חשמל מאנרגיה סולארית המחוברים לרשת החלוקה (להלן מתקנים בינוניים) (30 מגה וואט), שלגביהן הרשות קבעה תעריפים ואמות מידה וכן עשרה אחוזים מכלל המכסות האחרות שנועדו למתקנים בינוניים, שלגביהן תקבע הרשות תעריפים ואמות מידה בהתאם להחלטה זו, יוקצו למתקנים בינוניים שיוקמו ביהודה ושומרון. (מסמך מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל מיום 14.2.2010 נמצא במזכירות הממשלה).



החלטות ממשלה מס' 5327 מיום 13.1.2013

החלטה מספר 5327 של הממשלה מיום 13.01.2013
הממשלה ה-32 בנימין נתניהו

נושא ההחלטה: הפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה

מחליטים: בהמשך להחלטת הממשלה מספר 1354 מיום 7.2.2010, בדבר כינון מאמץ לאומי להפחתת התלות העולמית בנפט בתחבורה, ולהחלטת הממשלה מספר 2790 מיום 30.1.2011, בדבר הפעלת תכנית לאומית להפחתת התלות העולמית בנפט בתחבורה, וכן לאור האינטרס הלאומי-האסטרטגי והפוטנציאל הכלכלי והסביבתי הגלומים בנושא:

יעדי התוכנית

לקדם את המעבר של התחבורה בישראל בשנים 2013 עד 2025 למקורות אנרגיה חליפיים לנפט, ולאפשר את היתכנות ההפחתה של משקל הנפט כמקור אנרגיה בתחבורה בישראל בשיעור של כ-30% בשנת 2020, ושל כ-60% בשנת 2025, ביחס לתחזיות הצריכה בשנים אלו, ככל שהמעבר כדאי כלכלית, ותוך:

1. הורדת יוקר המחיה על ידי הוזלת מחירי הדלקים לתחבורה.
2. עידוד הצמיחה הכלכלית, ובכללה צמיחה ירוקה, בין היתר על ידי הוזלת עלות האנרגיה לתחבורה, הגברת פיתוח משק האנרגיה והתעשייה הטכנולוגית בישראל, קידום איכות הסביבה ושמירה על אחריות פיסקאלית-תקציבית בפעילות הממשלה.
3. פישוט וקידום תהליכי הרגולציה לייזום ולהקמת פעילויות עסקיות בתחום אנרגיה חליפית לתחבורה, הן בתחומי הייצור והן בתשתיות הדלק וציי הרכב.
4. בניית רגולציה חדשה ומדיניות עבור אמצעי תחבורה ציבוריים ופרטיים חדשים, שיטות חדשות להנעת כלי רכב ותשתיות למקורות אנרגיה חלופיים לתחבורה.
5. עידוד ותמיכה רגולטורית מואצים לביצוע הדגמות טכנולוגיות וניסויי שדה בתחומי אנרגיה חליפית לתחבורה.
6. קידום הטמעת מגוון של דלקים חדשים נוספים, שיגיעו לשוק בעתיד, ואשר אינם מוזכרים מפורשות במסגרת הפעולות בהחלטה זו.

תכנית פעולה ממשלתית:

להנחות את המנהל הכללי של משרד התחבורה, התשתיות הלאומיות והבטיחות בדרכים (להלן - התחבורה):

1. לאפיין את הדרישות הבטיחותיות והביטחוניות לשימוש באוטובוסים המונעים בגז טבעי דחוס (CNG), תוך פרק זמן של עד 180 יום, בתיאום עם המשרד לביטחון הפנים ומשטרת ישראל.
2. לגבש בתוך 180 יום מתווה לרגולציה לכלי רכב ותעבורה המונעים על ידי מקורות אנרגיה חליפיים, שאינם מבוססי נפט, הכולל בין היתר:

- בחינה וקביעה של הגדרות לכלי רכב רב דלקיים (Flex Fuels Vehicles), בהתייעצות עם רשות המסים, לרבות יכולות לשימוש במגוון דלקים ביולוגיים, דלקים כוהליים, גזים שונים וחשמל במערכת הדלק וההנעה של כלי הרכב.
 - בחינה וקביעה של התקנים והנהלים לתחום הסבות רכבים לכלי רכב רב דלקיים.
 - השלמת התקינה לתחום הרכב החשמלי וההיברידי, לרבות למוסכים ולרכבים.
 - בחינה וקביעה של תקינה לכלי רכב חשמליים מקטגוריה L.
3. לגבש תוכנית לשיתוף פעולה עם יצרניות הרכב בדבר הגברת השימוש בתערובות מתנול ובנזין במגזר התחבורה בישראל, לרבות הגברת היקף השימוש בכלי רכב רב דלקיים בישראל.
4. לגבש, בשיתוף אגף התקציבים במשרד האוצר ורשות המסים, מתווה לרגולציה ולמדיניות עבור אמצעי תחבורה חדשים, המביאים לצמצום השימוש בתחבורה פרטית בערים ובכניסות אליהן, ולבחון את יעילותן התחבורתית, האנרגטית והכלכלית, בין היתר עבור האמצעים האלה:
- אמצעי תחבורה אישיים (Personal Mobility), לרבות כלי רכב דו-גלגליים וכלי רכב חשמליים ואחרים מקטגוריה L.
 - אמצעי תחבורה ציבורית חשמליים ומבוססי גז טבעי, וגיבוש צעדי מדיניות תואמים.
 - אמצעי הסעת המונים אישית מהירה (Personal Rapid Transit).
 - אמצעים ומודלים לשיתוף כלי רכב (Car Sharing).

להנחות את המנהל הכללי של משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה:

- לבחון, בהתייעצות עם המנהל הכללי של משרד האנרגיה והמים, עם המשרד להגנת הסביבה ועם סמנכ"ל בכיר (תכנון וכלכלה) ברשות המסים, ובתיאום עם הממונה על התקציבים במשרד האוצר, את החסמים להתפתחות תעשייה לייצור דלקים מבוססי גז טבעי. הבחינה לגבי גז טבעי שהומר לדלק (GTL), תיעשה ככל שיימצא כי ישנה היתכנות כלכלית למכירה בארץ ובחו"ל של דלק זה, בתנאי שוק תחרותיים ברכישת הגז, כאמור בסעיף ו(2) להלן. תוצאות הבחינה יוצגו לוועדת השרים לענייני חברה וכלכלה (הקבינט החברתי כלכלי), תוך 90 ימים מיום הצגת ממצאי ההיתכנות להקמת המפעלים, כאמור בסעיף ו(2) להלן.
- לבחון אמצעים לקידום וליצירת תחרות עתידית בשוקי תחליפי הנפט השונים, בהתייעצות עם הממונה על ההגבלים העסקיים, מנהל התוכנית הלאומית לתחליפי נפט במשרד ראש הממשלה, הממונה על התקציבים במשרד האוצר, החשב הכללי במשרד האוצר, רשות המסים, משרד האנרגיה והמים ומשרד התחבורה, ולהציג את ממצאיו בתוך 180 יום לוועדת השרים לענייני חברה וכלכלה (הקבינט החברתי-כלכלי).

להקים ועדה בין-משרדית בראשות סמנכ"ל בכיר (תכנון וכלכלה) ברשות המסים ובהשתתפות נציגי משרד ראש הממשלה, משרד האנרגיה והמים

משרד התחבורה, המשרד להגנת הסביבה ואגף התקציבים במשרד האוצר, אשר תגבש מתווה מדיניות מיסוי למגוון מקורות האנרגיה לתחבורה ולכלי רכב ולמתקני תשתית או תדלוק מבוססי תחליפי נפט בהתאם להשפעות החיצוניות ולעידוד טכנולוגיות ינוקא, תוך קידום הטמעת תחליפי נפט ושמירה על מסגרת פיסקאלית-תקציבית בפעילות הממשלה. מתווה המדיניות יוצג לממשלה תוך 180 יום מכינון הוועדה.

-
1. להנחות את רשות המסים לבחון את התאמת מדיניות המיסוי הירוק, לשילוב רכבים רב דלקיים בישראל, בהתייעצות עם אגף התקציבים במשרד האוצר, משרד התחבורה והמשרד להגנת הסביבה.
 2. להנחות את המנהל הכללי של משרד התחבורה ואת המנהל הכללי של משרד האנרגיה והמים, לפעול בהתייעצות עם הממונה על התקינה במשרד התעשייה, המסחר והתעסוקה:
 - לבחינת תהליכי תקינה שיאפשרו שימוש בתערובות בנזין ומתנול, ברמת מתנול של 15% (להלן M15) וכן תערובות בעלות ריכוזי מתנול גבוהים אף יותר, ברמות של 30% עד 85% ולהצגת המלצותיהם בפני ועדת השרים לעניין קידום, פיתוח ויישום אנרגיות מתחדשות.
 - לקידום תהליכי תקינה אשר נמצאו לנכון, כאמור בסעיף קטן 2(ד)1 לעיל, ולהצגת דו"ח התקדמות, אשר יוגש עד חודש דצמבר 2013 לוועדת השרים לעניין קידום, פיתוח ויישום אנרגיות מתחדשות.

להנחות את המנהל הכללי של משרד האנרגיה והמים:

1. לקדם ניסויי שטח ופרויקטי חלוץ להדגמה ולהוכחת היתכנות כלכלית ותפעולית של תחליפי נפט בתחבורה בישראל. לצורך כך ישתמש משרד האנרגיה והמים בתקציב הייעודי על פי החלטת הממשלה מס' 2790 מיום 30.1.2011 לצורך הקמת מתקני חלוץ בהיקף של עד 60 מלש"ח עד שנת 2018.
2. לבחון את ההיתכנות להקמת מפעלים להפיכת גז טבעי לדלק (GTL), בהיקפים משמעותיים למשק, וכן להבטיח שפעילותם של מפעלים כאמור תעמוד במבחנים כלכליים תחרותיים המתקיימים בתנאי שוק עסקיים אובייקטיביים. הממצאים יוצגו בתוך 180 יום לוועדת השרים לעניין קידום, פיתוח ויישום אנרגיות מתחדשות.
3. להטיל על המנהל הכללי של המשרד להגנת הסביבה, לבצע בדיקה טכנו-כלכלית לניצול פסולות לייצור דלקים לתחבורה ולגבש על פיה תוכנית עבודה, בהתייחס למצאי הפסולת ובהתבסס על סדרי העדיפויות של המשרד להגנת הסביבה.
4. להקים צוות בין-משרדי בראשות מנהל התוכנית הלאומית לתחליפי נפט במשרד ראש הממשלה, ובהשתתפות נציגי משרד הפנים, משרד התחבורה, משרד האנרגיה והמים, המשרד להגנת הסביבה, רשות המסים ואגף התקציבים במשרד האוצר. הצוות יגבש מדיניות כוללת שתעודד החדרת תחבורה שאינה מבוססת נפט לערים, ובכלל זה תשתיות תואמות, תוך התחשבות בשיקולים כלכליים פיסקאליים. לשיבות הצוות יוזמנו נציגי רשויות מקומיות. כחלק ממדיניות ממשלה ירוקה, להנחות את החשב הכללי במשרד האוצר לבחון ולגבש מתווה מדיניות להגדלת השימוש בכלי רכב המונעים בתחליפי נפט בצי הרכב הממשלתי, כמו גם הכנת התשתית הנדרשת להחדרת כלי רכב המונעים בתחליפי נפט בשירות המדינה, תוך שמירה על אחריות פיסקאלית-תקציבית בפעילות הממשלה, היבטים מבצעיים וחיסכון בהוצאות צי הרכב הממשלתי.
5. להטיל על מנהל התכנית הלאומית לתחליפי נפט במשרד ראש הממשלה להציג בפני הממשלה כל חצי שנה, את התקדמות תכנית הפעולה הממשלתית להפחתת התלות הישראלית בנפט בתחבורה.

נספח ב - טבלת הערכת מחקרים בנושא הפקת אנרגיה מביומאסה (2010-2013)

■ עירונית ■ סקר ■ חקלאית ■ הסתיים
■ שומנים ■ פעיל ■ שפכיים
■ גבוה ■ נמוך עד בינוני ■ היקף ייצור אנרגיה פוטנציאלי:

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
132-1-2	הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית, סקר עמדות בקרב תלמידים ערבים	אגודת הגליל	נעים נג'מי	פעיל	31.12.2014-01.01.2014	גבוהה - שיפור המודעות והמוכנות להפריד פסולת בקרב ערבי ישראל יכול לתרום רבות היות ומייצרים כ-20% מהפסולת בישראל. (1.5 מיליון טון אורגני בשנה)	
132-1-3	בחינה השוואתית של הפקת ביוגז מביומאסה למטרות הפקת חשמל אל מול שימוש כדלק לתחבורה	DHV MED	איתי פרי	פעיל	31.12.2014-01.01.2014	סקר היתכנות - יכול להעזור בקביעת מדיניות בשימוש בביוגז	
132-2-1	טיפול ביוכימי הידרותרמי משולב בזבל עופות לייצור אנרגיה מחזור נטריינטים וסילוק מזהמים סביבתיים	אונ' בן גוריון	עמית גרוס	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	גבוהה - 1.9-0.7 מיליון טון זבל עופות מיוצרים כל שנה	ביו-פחם: כרגע יש ביקוש דל, אך יש פוטנציאל רב במידה ויפרוץ לשוק תחנות הכוח. חנקתי - ביקוש רב בחקלאות.
132-2-2	פיתוח תהליך ביוטכנולוגי לייצור ביודיזל מפסולת שומנית של בתי מטבחים	הטכניון למד"פ	איילת פישמן	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	נמוכה - שימוש בפסולת שומן מתעשיית הברז (4,000 טון בשנה)	ביודיזל - בארץ אין כרגע ביקוש גבוה, אך יש בעולם ביקוש גבוה.

.....

התכנות יישום	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
כן	כן	לא. נבדקה התכנות אנרגטית.	הידרותרמי, 5-8 שנים	השלמת המחקר (כולל פיילוט/ מתקן חצי-חרושותי). התכנות כלכלית	הצלחת המחקר, יצירת שוק לביו-פחם, עניין בתעשייה + מימון למתקן תעשייתי.
כן	כן	לא	אנזימטי, 7 שנים	הצלחת המחקר, בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברות בתחום.	הצלחת המחקר, יצירת שוק חביוודיזל בארץ - רגולציה?

.....

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
132-3-2	פיתוח מערך להפקת ביו אתנול מעודפי ייבול, פסולת חקלאית צמחית ומצמחי מים	אונ' אריאל	יעקב אנקר	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	נמוכה-בינונית: שימוש בעודפי פירות וירקות, בצמחי מים פולשים או אצות.	ביואתנול - בארץ כיום אין ביקוש, אך יש בעולם.
132-3-3	גפת זיתים - טיפול מקדים ושימוש בשמרים לייצור אתנול	אונ' חיפה	יורם גרשמן	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	נמוכה עד גבוהה- שימוש בגפת זיתים (6,000 טון בשנה) אבל יתכן ויהיה רלוונטי לפסולת ביומסה נוספת.	ביואתנול - בארץ כיום אין ביקוש, אך יש בעולם.
132-3-4	שימוש בטכנולוגית חימצון מתקדמות לטיפול מקדים בביומסה לגנוצלוזיטית לייצור ביו-אתנול	אונ' חיפה	יורם גרשמן	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	גבוהה - 1 מיליון טון פסולת ביומסה מעוצה מיוצרת כל שנה.	ביואתנול - בארץ כיום אין ביקוש, אך יש בעולם.
132-3-5	חיפוש מטאגנומי לאנזימים צלוליטיים ייחודיים לפירוק פסולת חקלאית	הטכניון	יובל שוהם	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	גבוהה - 1.3 מיליון טון פסולת ביומסה מעוצה מיוצרת כל שנה.	אתנול - כיום אין ביקוש גבוה בארץ, אך יש בעולם.
132-3-7	הפקת סינגז מתערובת של פסולת צמחית ומוצרי לוואי של ייצור ביודיוזל באמצעות גזיפיקציה במים סופרקריטיים	אונ' בן גוריון	יפם קוריטני	פעיל	31.12.2014-01.01.2014	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומסה מיוצרת כל שנה.	סינגז - כיום אין ביקוש רב, אך יש מקום להתרחבות.

התכנות יישום	האם צפוי פטנט במידה ויצליח?	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
כן. אם יהיה כלכלי (צריך לקחת בחשבון עלות ויישמות של קציר צמחי מים פולשים).	לא ברור	לא	מכנוכימי, 7-10 שנים	השלמת המחקר, פיילוט, יצירת שוק לביואתנול בארץ (רגולציה?), מכירת ידע/ הקמת מתקן תעשייתי	הצלחת המחקר, רגולציה לעידוד שימוש בביואתנול? קיום שוק לביואתנול בארץ, מימון לפיילוט, מימון למתקן תעשייתי, קצירת צמחי מים. בעיה קריטית - חוסר התאמה של מרבית המט"שים לטכנולוגיה זו, הצורך לבצע עיבודים רבים של התוצר עד להגעה לאנרגיה זמינה (אצות לשמן, שמן לביודיזל)	צורך אנרגיה
כן	אולי	לא	כימי + שמרים, 7 שנים	השלמת המחקר, התכנות כלכלית, פיילוט, יצירת שוק לביואתנול בארץ (רגולציה?), מכירת ידע/ הקמת מתקן תעשייתי	הצלחת המחקר, רגולציה לעידוד שימוש בביואתנול? קיום שוק לביואתנול בארץ, מימון לפיילוט, מימון למתקן תעשייתי	יתכנו שפכים חומציים/ בסיסיים, וכן עם פנולים רעילים
כן	כן	לא	כימי, 5-7 שנים	הצלחת המחקר והוכחת זיהום מינימלי. בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברות בתחום. חקיקה?	הצלחת המחקר, רגולציה לעידוד שימוש בביואתנול? קיום שוק לביואתנול בארץ, מימון לפיילוט, מימון למתקן תעשייתי	תתכן יצירת רדיקלים חופשיים ארוכי חיים.
כן	כן	לא	אנזימטי, 10 שנים	הצלחת המחקר, בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברה בתחום. חקיקה?	הצלחת המחקר, רגולציה לעידוד שימוש בביואתנול? קיום שוק לביואתנול בארץ, מימון לפיילוט, מימון למתקן תעשייתי.	
כן	כן	לא, נבדקה היתכנות אנרגטית	תרמוכימי, 7-10 שנים	הצלחת המחקר, בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברה בתחום.	הצלחת המחקר, רגולציה לעידוד שימוש בביואתנול? קיום שוק לסינגז בארץ, מימון לפיילוט, מימון למתקן תעשייתי.	צורך אנרגיה

.....

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
132-4-2	תאי דלק חיידיקים - טכנולוגיה רב תכליתית להפקת אנרגיה משפכים עירוניים תוך כדי טיפולם וגילוי מוקדם של חומרים רעילים המצויים בהם	אונ' תל אביב	יהודית רשפון	פעיל	31.12.2016-01.01.2014	בינונית - כמות מועטה יחסית של חומר גלם (חומר אורגני בשפכים), אך חלקו רעיל ואין כיום כ"כ שיטות לפירוק.	ביקוש לחשמל גבוה, ביקוש לפירוק חומרים אורגניים רעילים כיום לא גבוה (אך במידה ותייה תקינה יתכן והביקוש יעלה).
122-1-1	ביו נפט משופר, המופק מפסולת ביתית מוצקה, כתחליף לנפט סביבתית וכלכלי לנפט גולמי	אונ' תל אביב	עזרא בר-זיו	סיים	31.12.2014-01.01.2013	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומאסה מיוצרת כל שנה.	ביו-נפט מאוד מבוקש - במידה ויהיה איכותי
122-3-2	טיפול מקדים בפסולת חקלאית ליגנו צלוליטית בידוד חיידיקים יצרני ליגנזות וצלולזות וטיפול חימצון מתקדמים	אונ' חיפה	יורם גרשמן	פעיל	31.12.2014-01.01.2013	גבוהה - 1.3 מיליון טון פסולת ביומאסה מעוצה מיוצרת כל שנה.	אתנול - כיום אין ביקוש גבוה בארץ, אך יש בעולם.
122-4-2	הפקת אנרגיה בתאי דלק מקרוביולוגים תוך שימוש בחיידיקים מפרקי תרכובות ארומטיות רעילות	אונ' אריאל	רבקה כהן	פעיל	31.12.2012-01.01.2011	בינונית - כמות מועטה יחסית של חומר גלם (טבעות ארומטיות בשפכים), אך חלקו רעיל ואין כיום כ"כ שיטות לפירוק.	ביקוש לחשמל גבוה, ביקוש כן לפירוק טבעות ארומטיות כיום לא גבוה (אך במידה ותייה תקינה יתכן והביקוש יעלה).

התכנות יישום	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
כן	לא	תא דלק חיידיקי, 10 שנים	הוכחת איכות הביו-נפט, הוכחת היתכנות כלכלית, בניית מתקן פיילוט לפירזולה והכחת יעשימות, בניית מתקן תעשייתי לפירזולה, עניין בבזן בביו-נפט	סיום המחקר עד סוף שנת 2016, מחקר נוסף, הוצאת פטנט, מציאת גוף עסרי שיקח את הפטנט ויביא ליישומו, ביצוע פיילוט, מימון+הקמת מתקן תעשייתי. אין כ"כ הגבלה כיום על הזרמת שפכים עם ריכוז נמוך שך חומר אורגני.	
כן. במידה ויצליח ויהיה כלכלי - יכול להיכנס לשוק הדלק לתחבורה	לא ברור	5 שנים	הוכחת יעילות החיידקים בפירוק צלולוז, ביטוי בייתר ייצוב של האנזימים מפרקי הצלולוז, הוכחת יעילות ביוכימית, בדיקת התכנות כלכלית+ פיילוט+הקמת מתקן תעשייתי או מכירת הידע לחברה בתחום.	סיום המחקר עד סוף שנת 2013, מימון לבניית מתקן פיילוט, מימון לבניית מתקן תעשייתי, הסכמת בזן לשימוש בביו-נפט	צורך אנרגיה. אפשרות של פליטת חנקות או Nox במידה ולא יטפלו (אך מתוכנן טיפול)
כן	אולי	פיתוח עצמי מלא - 10 שנים. פיתוח עד מכירת ידע לחברת אנזימים או חברת ייצור אתנול - 5 שנים.	הצלחת המחקר, בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברה בתחום.	סיום המחקר עד סוף שנת 2014, הוצאת פטנט, מציאת גוף עסקי שיקח את הפטנט ויביא ליישומו, מציאת שוק + הסדרת רגולציה לביאתנול + מימון לבניית מתקן פיילוט, מימון לבניית מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברה בחו"ל	
כן	כן	10 שנים	פעיל	פעיל	

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
111-13-2	חיזוי טכנולוגיות סביבה 2030	המרכז הבינתחומי לא נדרש ניתוח ותחזית טכנולוגית	ד"ר יאיר שרון, ד"ר יעקב נגראנו	סיים	31.12.2013-01.01.2012	סקר התכנות - יכול לעזור בזיהוי כיוונים למחקר ולפיתוח.	
112-1-1	ייצור אנזימטי לביודיזול משמנים ממקור של מלכודות שומן	טרנסביודיזול בע"מ	ד"ר סובחי בשיר	סיים	31.12.2013-01.01.2012	תרומה בינונית - סילוק שמנים משפכים שכיום יש להם פיתרון (20,000 טון), סילוק שומן מבע"ח שכיום לא מנוצל כמעט (4,000 טון).	ביודיזול - בארץ אין כרגע ביקוש גבוה, אך בעולם יש ביקוש גבוה.
112-2-1	פיתוח מערכת להפקת אנרגיה תוך ניצול זבל חקלאי וביתי על בסיס ראקטור גזיפיקציה ומנוע קיטור קטן	המרכז האוניברסיטאי אריאל בשומרון	ד"ר גד פנחסי	סיים	01/01/2012 - 31/12/2014	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומאסה מיוצרת כל שנה.	חשמל - ביקוש גבוה.
112-4-3	הפקת דלק ביולוגי מימני מפסולת צמחית באמצעות דו-תרבית חיידקית	דיזינר אנרג'י	ד"ר אלי מורג	סיים	01.01.2012-31.12.2013	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומאסה מיוצרת כל שנה.	מימן - כיום אין ביקוש רב למימן כדלק. יתכן וישתנה בעתיד.

.....

התכנות יישום	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
סיכוי גבוה ליישום, כבר מפעילים מספר פיילוטים בעולם, יצור של עד 50 קוב ביוודיל ביום למפעל (בסביבות 17 מיליון ליטר לשנה)	כן	אנזימטי, מיושם כיום, מתבצע עוד מחקר כדי לשפר	שיפור התוצאות - השלמת מחקרים ופיילוטים רצים	הסדרת נושא הביוודיל לתחבורה בארץ	
אפשרי ליישום, יש מתקנים דומים בעולם.	לא	גזיפיקציה, 5 שנים?	הצלחת המחקר והוכחת זיהום מינימלי. בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי / או מכירת הידע לחברות בתחום. חקיקה?	הסדרת רגולציה. מציאת מתעניינים בטכנולוגיה, מימון למתקן תעשייתי	פליטת גזים מזהמים?
כן	כן	הפקת מימן בעזרת חיידקים, 5-7 שנים	מחקר המשך - גמלון לכמויות גדולות (10, 100 ליטר) בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי / או מכירת הידע לחברות בתחום. חקיקה?	הסדרת רגולציה. מציאת מתעניינים במימן כדלק, מימון למתקן פיילוט, מימון למתקן תעשייתי	שפכים עם פסולת חומצה ובסיס, תרכובות ארומטיות מהליגנין. צורך אנרגיה לחימום. עובד טוב על פסולת נייר וסוויטצ'גראס אך לא על צמח תירס- האם יעיל על ביומאסה אחרת?

.....

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
112-4-4	בידוד ואיפיון אנזימנים צלוליטיים חדשניים מספריות מטהגנומיות לפירוק פסולת חקלאית ליצור ביו-אתנול	הטכניון למחקר ופיתוח	יובל שוהם	סיים	01.01.2012-31.12.2013	גבוהה - 1 מיליון טון פסולת ביומאסה מעוצה מיוצרת כל שנה.	ביואתנול - בארץ כיום אין ביקוש רב, אך יש בעולם.
112-5-2	הגברת תפוקת האנרגיה החלופית (ביוגז) מעשכים תעשייתיים בעלי ריכוזים נמוכים יחסית של חומר אורגני ע"י שילוב תהליך אנזימטי - אנאירובי חדשני.	מז"פ אגודת הגליל	ד"ר עיסאם סבאח	סיים	01.01.2012-31.12.2013	נמוכה - כמות מועטה יחסית של חומר גלם (חומר אורגני בשפכים עם ריכוז חומר אורגני נמוך).	מתאן - ביקוש בינוני אך בעליה.
114-3-1	פיתוח שיטות להפקת דלקים ביולוגיים במערכות טיפול בשפכים כתחליפי נפט לתחבורה	המרכז האוניברסיטאי אריאל בשומרון	ד"ר מרינה ניסנביץ	סיים	01.01.2012-31.12.2013	בינונית - ייצור ליפידים במיקרו-אצות שגדלות על שפכים.	ביודיזל - בארץ אין כרגע ביקוש גבוה, אך בעולם יש ביקוש גבוה.
102-6-4	מתודולוגית אופטימיזציה לטיפול בפסולת אגרו-תעשייתית להגברת הפקת ביוגז במעכלים אנאירוביים	מז"פ אגודת הגליל	ד"ר עיסאם סבאח	סיים	01.01.2011-31.12.2012	גבוהה - 6.5 מיליון טון פסולת ביומאסה לא מעוצה מיוצרת כל שנה	מתאן - ביקוש בינוני אך בעליה.
102-2-2	קביעת השילובים הטכנולוגיים המיטביים להפקת דלק מפסולת עירונית אורגנית	אוניברסיטת בן גוריון	פרופ' גדי רבינוביץ	סיים	01.01.2011-30.06.2013	מודל שיכול לעזור בקבלת החלטות על בחירת חלופות להפקת אנרגיה מביומאסה	?

התכנות יישום	האם צפוי פטנט במידה ויצליח?	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
כן	כן	לא	אנזימטי, 10 שנים.	הוכחת יעילות החיידקים בפירוק צלולוז, ביטוי בייתר יציב של האנזימים מפרקי הצלולוז, הוכחת יעילות ביוכימית, בדיקת התכנות כלכלית+ פיילוט+ הקמת מתקן תעשייתי / או מכירת הידע לחברות בתחום.	סיום המחקר עד סוף שנת 2014, הוצאת פטנט, מציאת גוף עסקי שיקח את הפטנט ויביא ליישום, מציאת שוק לביואתנול בארץ+ הסדרת רגולציה לביואתנול+ מימון לבניית מתקן פיילוט+ מימון לבניית מתקן תעשייתי / או מכירת הידע לחברה בחו"ל.	
לא ברור. השנה הראשונה לא הראו שיפור משמעותי לעומת הביקורת.	לא ברור	לא	חיידקי, במידה ויצליח - 5 שנים.	הוכחת שיפור הפקת מתאן והורדת ריכוז חומר אורגני בעפכים- בספק אם יקרה. בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברות בתחום.	הצלחת המחקר, ביצוע פיילוט, מימון למתקן תעשייתי. אין כ"כ הגבלה כיום על הזרמת עפכים עם ריכוז נמוך של חומר אורגני.	תוצאות לא טובות מהשנה הראשונה.
כן, אם יהיה כלכלי	לא בטוח	לא	מיקרו-אציות, 7 שנים	הוכחת גדילת מיקרו-אצות על עפכים וייצור ליפידים בכמות גבוהה, דיקת התכנות כלכלית + פיילוט+ הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברות בתחום.	סיום המחקר עד סוף שנת 2013, הוצאת פטנט, מציאת גוף עסקי שימסחר, יצירת שוק לביודיזל בארץ + הסדרת רגולציה לביודיזל מימון לבניית מתקן פיילוט + מימון לבניית מתקן תעשייתי / או מכירת הידע לחברה בחו"ל.	
כן	לא ברור	לא	מידי (מודל לחישוב הרכב פסולת ביומאסה אופטימלי לייצור מתאן).	העברת הידע לחברות בעלות מעכלים אנאירוביים	אין	
כן	?	לא רלוונטי	מודל?	ניתן כיום+ דרוש מחקר נוסף		

.....

מס' מחקר	נושא המחקר	רשות המחקר	חוקר ראשי	סטטוס	תקופת הסכם	תרומה אפשרית לסילוק פסולת	כמה מבוקש התוצר?
102-2-3	הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית ומזבל בעלי חיים	ע.ב. אנרגיה נקיה בע"מ	פרופ' עזרא בר-זיו	סיים	01.01.2011-31.12.2012	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומאסה מיוצרת כל שנה	ביו-פחם וביו-נפט: כרגע ביקוש דל, אך יש פוטנציאל גבוה מאוד.
102-4-3	ייצור ביו-פחם (על ידי קליה) מפסולת צמחית	ע.ב. אנרגיה בע"מ	פרופ' עזרא בר-זיו	סיים	31.12.2011-01.01.2011	גבוהה - 7.5 מיליון טון פסולת ביומאסה מיוצרת כל שנה	ביו-פחם: כרגע יש ביקוש דל, אך יש פוטנציאל גבוה מאוד.
102-5-1	טיפול בשפכי תעשייה באמצעות תא דלק חידקים	אונ' תל אביב	פרופ' יהודית רשפן	סיים	31.12.2013-01.01.2011	בינונית - כמות מועטה יחסית של חומר גלם (טבעות ארומטיות בשפכים), אך רעיל ואין כיום כ"כ שיטות לפירוק	ביקוש לחשמל גבוה, ביקוש כן לפירוק טבעות ארומטיות כיום לא גבוה (אך במידה ותייה תקינה יתכן והביקוש יעלה).
102-6-1	השפעה של חשיפה מקדימה לטמפרטורה וקרינה אולטראסונית על יעילות הפקת ביוגז בתהליכי אנאירובי	תעשיות אנרגיה חפר ת.א.ח בע"מ	ד"ר אגמון אזולאי	סיים	31.12.2011-01.01.2011	גבוהה - 6.2 מיליון טון פסולת ביומאסה לא מעוצה מיוצרת כל שנה	מתאן - ביקוש בינוני אך בעלייה
8-300 8-110	סקר ובחינה של טיפול תרמי בפסולת עירונית מוצקה. והשוואת חלופות לטיפול תרמי בצמיגים.	מנהלת מחקר ופיתוח, אונ' בן גוריון	פרופ' עזרא בר-זיו, ד"ר יפים קוריטני	סיים	מחקר 8-810 הארכה 31.5.11 31.12.09 (8-300)	סקר התכנות - יכול לעזור בזיהוי כיוונים למחקר ולפיתוח	
7-401	ניתוח כלכלי וניתוח מחזור חיים של טיפול בפסולת עירונית מוצקה בישראל.	אונ' חיפה	ד"ר אופירה אילון, עידן קן דני ברויטמן	סיים	31.03.2010-01.04.2008	ניתוח כלכלי וניתוח שוק - יכול לעזור בקבלת החלטות בטיפול בפסולת	

התכנות יישום	האם צפוי פטנט במידה ויצליח?	האם נבדקה התכנות כלכלית?	טווח זמן אפשרי ליישום מסחרי	מה נדרש על מנת ליישם את תוצאות המחקר?	החסמים	מגבלות סביבתיות של המחקר
כן. במידה ויצליח ויהיה כלכלי- יכול להכנס לשוק הדלק לתחבורה	לא ברור	כן	קלייה ופירוליוזה, 5 שנים	הוכחת איכות הביו-נפט, הוכחת היתכנות כלכלית, בניית מתקן פיילוט לפירוליוזה והוכחת ישימות, בניית מתקן תעשייתי לפירוליוזה, עניין בבז"ץ בביו-נפט	מימון לבניית מתקן פיילוט, מימון לבניית מתקן תעשייתי, הסכמת בז"ץ לשימוש בביו-נפט	צורך אנרגיה, אך יתכן ויהיה ניטרלי בשל שימוש בגזים מהתהליך, פליטת גזים מזהמים (מטופל ע"י שריפה ב-1000 מעלות).
כן, יש עניין בחברת החשמל - ביצעו בדיקה לשימוש בביו-פחם מעץ ומרוצים מכך.	לא- משותמים בידע קיים.		קליה, מייד-שנתיים (תלוי במצב כיום).	במידה ועדיין לא בוצע, לעבור מעלב מתקן פיילוט למתקן תעשייתי. יצירת עניין אצל תחנות כוח בעימות בביו-פחם מפסולת חקלאית (ובדיקת התאמה). עלות לא גבוהה מידי של חומר הגלם.	אישורים והון להקמת מתקן תעשייתי. רתימת תחנות כוח להשתמש בביו-פחם מפסולת חקלאית. האם מחיר חומר הגלם ריאלי? שריפת 2,000 טון ביו-פחם בתחנת כוח	האם לבדוק עם נציגי החברה על המצב כיום?
כן	כן	לא	תא דלק חיידקי, 10 שנים.	הצלחת המחקר, בדיקת התכנות כלכלית + פיילוט + הקמת מתקן תעשייתי/ או מכירת הידע לחברות בתחום.	סיום המחקר עד סוף שנת 2014, מחקר נוסף? הוצאת פטנט, מציאת גוף עסקי שיקח את הפטנט ויביא ליישום, מימון + הקמת פיילוט, מימון + הקמת מתקן תעשייתי. אין כ"כ הגבלה כיום על הזרמת שפכים עם ריכוז נמוך של חומר אורגני.	
לא כרגע - המחקר לא הצליח	לא	לא				המחקר לא הראה שיפור בייצור מתאן.

The first of these is the *Journal of the American Medical Association* (JAMA), which is the largest and most influential of the medical journals. It is published weekly and covers a wide range of medical topics. The second is the *New England Journal of Medicine* (NEJM), which is also published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The third is the *Lancet*, which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The fourth is the *British Medical Journal* (BMJ), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The fifth is the *Annals of Internal Medicine*, which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The sixth is the *Journal of the American Society of Nephrology* (JASN), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The seventh is the *Journal of the American Society of Hypertension* (JASH), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The eighth is the *Journal of the American Society of Endocrinology* (JASE), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The ninth is the *Journal of the American Society of Geriatrics* (JAGS), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies. The tenth is the *Journal of the American Society of Geriatrics* (JAGS), which is published weekly and is known for its high-quality research and clinical studies.

חלק 2

תקצירי מחקרים



חלק 2

תקצירי מחקרים



91-82 הפקת אנרגיה מפסולת עירונית

- 83 122-1-1 ביו נפט משופר המופק מפסולת ביתית מוצקה כתחליף סביבתי לכלכלי לנפט גולמי
עזרא בר זיו, נדין שפיץ, רומן סבליב, מירון פרלמן // ע.ב. אנגיה נקייה בע"מ
- 84 102-2-2 קביעת השילובים הטכנולוגיים המיטביים להפקת דלק מפסולת עירונית אורגנית
גדי רבינוביץ, גדעון אורון, אסף יושעי // אוניברסיטת בן גוריון
- 85 8-110, 8-300 סקר ובחינה של טיפול תרמי בפסולת עירונית מוצקה והשוואת חלופות לטיפול תרמי בצמיגים
עזרא בר זיו, יפים קוריטני, נדין שפיץ, רומן סבליב // אוניברסיטת בן גוריון
- 87-86 7-401 ניתוח מחזור חיים של הטיפול בפסולת העירונית המוצקה, מקרה בוחן - רשויות מייצגות בישראל
אופירה אילון, עידו קן, טלי שגב // אוניברסיטת חיפה
- 88 132-1-2 הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית, סקר עמדות בקרב תלמידים ערביים
נעים נג'מי // אגודת הגליל
- 89 132-1-3 בחינה השוואתית של הפקת ביוגז מביומסה למטרות הפקת חשמל אל מול שימוש כדלק לתחבורה
איתי פרי, אפרת כץ, ורדינה היבנר, פיטר טנג'ה, קופ קלאס // DHV MED
- 91-90 102-2-3 הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית
עזרא בר זיו, רומן סבליב, מירון פרלמן // ע.ב. אנגיה נקייה בע"מ



114-92 הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית

- 94-93 102-4-3 ייצור ביו פחם (על ידי קליה) מפסולת צמחית
עזרא בר זיו, רומן סבליב, מירון פרלמן // ע.ב. אנגיה נקייה בע"מ
- 95 102-6-1 השפעה של חשיפה מקדימה לשדות אולטרסאונים על יעילות הפקת ביו-גז בתהליכי עיכול אנאירובי
צחי גרטלר, אביתר שאולסקי // תעשיות אנרגיה חפה ת.א.ח בע"מ

102-6-4	מתודולוגיות אופטימיזציה לטיפול בפסולת אגרו-תעשייתית להגברת הפקת ביוגז במעכלים אנאירוביים עיסאם סבאח, נידאל מסאלחה // מו"פ אגודת הגליל	97-96
112-4-3	הפקת דלק ביולוגי מימני מפסולת צמחית באמצעות דו תרבית חיידקית אלי מורג, אלון קרפול, שחר יואב, מיכאל יואלוביץ, טלי ברק // דיזינר אנרג'י בע"מ	98
112-4-4	גילוי ואפיון אנזימים צלוליטיים מספריות מטגנומיות לפירוק יעיל של פסולת חקלאית לייצור ביו-אתנול יובל שוהם // הטכניון	100-99
112-2-1	פיתוח מערכת להפקת אנרגיה תוך ניצול זבל חקלאי וביתי על בסיס ראקטור גזיפיקציה ומנוע קיטור קטן גד פנחסי, מייק ששון // אוניברסיטת אריאל בשומרון	101
122-3-2	טיפול מקדים בפסולת חקלאית ליגנו-צלוליטית בידוד חיידקים יצרני ליגנזות וצלולוזות וטיפולי חימצון מתקדמים יורם גרשמן // אוניברסיטת חיפה - אורנים	103-102
132-3-7	הפקת סינגז מתערובת של פסולת צמחית ומוצרי לוואי של ייצור ביודיזל באמצעות גזיפיקציה במים סופרקריטיים יפים קוריטיני // אוניברסיטת בן גוריון	106-104
132-3-5	חיפוש מטאגנומי לאנזימים צלוליטיים ייחודיים לפירוק פסולת חקלאית יובל שוהם // הטכניון	107
132-3-4	שימוש בטכנולוגיות חימצון מתקדמות לטיפול מקדים בביומאסה ליגנוצלוליטית לייצור ביו-אתנול יורם גרשמן, הדס ממן, ניקה צינקוב // אוניברסיטת חיפה	109-108
132-3-3	גפת זיתים - טיפול מקדים ושימוש בשמרים לייצור אתנול יורם גרשמן, חסן עזאיזה // אוניברסיטת חיפה	111-110
132-3-2	פיתוח מערכת להפקת ביו-אתנול מעודפי ייבול, פסולת חקלאית צמחית ומצמחי מים מרינה ניסנביץ, יעקב אנקר, סבטלנה לוגובסקי // אוניברסיטת אריאל שבשומרון	112
132-2-1	טיפול ביוכימי הידרותרמי משולב בזבלי עופות לייצור אנרגיה מחזור נוטריינטים וסילוק מזהמים סביבתיים עמית גרוס, ערן פרידלר, ג'ק גילרון, משה שיינטוך // אוניברסיטת בן גוריון שבנגב	114-113



121-115 הפקת אנרגיה משפכים

- | | | |
|---------|---|---------|
| 116 | הגברת תפוקת האנרגיה החלופית (ביוגז) משפכים תעשייתיים בעלי ריכוזים נמוכים יחסית של חומר אורגני ע"י שילוב תהליך אנזימאטי-אנאירובי חדשני עיסאם סבאח, סארי עאסלה, נידאל מסאלחה, חיים שיינדורף // מו"פ אגודת הגליל | 112-5-2 |
| 117 | פיתוח שיטות להפקת דלקים ביולוגיים במערכות טיפול בשפכים כתחליפי נפט לתחבורה מרינה ניסנביץ', יעקב אנקר // אוניברסיטת אריאל שבשומרון | 114-3-1 |
| 118 | טיפול בשפכי תעשייה באמצעות תא דלק חיידקיים יהודית רשפון, מיכאל דנון, יפעת בצלאל, קלמנטי לבקוב // אוניברסיטת תל אביב | 102-5-1 |
| 120-119 | תאי דלק חיידקיים - טכנולוגיה רב-תכליתית להפקת אנרגיה משפכים עירוניים תוך כדי טיפולם וגילוי מוקדם של חומרים רעילים המצויים בהם יהודית רשפון, קרן גולוב, קלמנטי לבקוב, מיכל בוך // אוניברסיטת תל אביב | 132-4-2 |
| 120 | הפקת אנרגיה בתאי דלק מיקרוביולוגים תוך שימוש בחיידקים מפרקי תרכובות ארומטיות רעילות רבקה כהן, אלכס שכטר, ישעיהו ניצן // אוניברסיטת אריאל | 122-4-2 |

124-122

.....

הפקת אנרגיה משמנים ושומנים



123

ייצור אנזימטי לביודיזל משמנים ממקור של מלכודות שומן
סובחי בעיר // טרנס ביו-דיזל בע"מ

122-1-1

124

פיתוח תהליך ביוטכנולוגי לייצור ביודיזל מפסולת שומנית של בתי מטבחים
אילת פישמן // הטכניון

132-2-2

הפקת אנרגיה מפסולת עירונית





ביו-נפט משופר, המופק מפסולת ביתית מוצקה, כתחליף סביבתי וכלכלי לנפט גולמי

122-1-1

עזרא בר זיו, נדן שפיץ, רומן סבלייב, מירון פרלמן // ע.ב. אנרגיה נקייה בע"מ

ייצור ביו-דלקים מביומאסה מקבל עניין מואץ עקב העובדה שדלקים אלו הם דלקים מתחדשים הניטרליים מבחינת פליטות גזי החממה. ע.ב. אנרגיה נקייה (EBC), בתמיכת המשרד להגנת הסביבה ומשרד התשתיות הלאומיות (כיום משרד האנרגיה והמים), פיתחה שיטה חדשנית ויעילה להפיכת ביומאסה כלשהי, כולל פסולת עירונית מוצקה, לביו-פחם בו ניתן להשתמש בשריפה מעורבת בתחנות כח פחמיות. EBC חפצה להמשיך את הפיתוח של טכנולוגיה זו לתהליך דו-שלבי - טורפקציה-פירוליזה - שיאפשר ייצור ביו-נפט כתחליף לנפט גולמי. תהליך דו-שלבי זה הינו חדשני ולא נוסה עד כה בסדר גודל גדול. היתרונות העיקריים בשימוש בתהליך דו-שלבי הם: (א) הפיכת ביומאסה ממקור כלשהו לחומר הזנה בעל תכונות הדירות; (ב) קבלת ביו-נפט בעל איכות גבוהה עקב הורדה משמעותית בכמות המים, חמצן, וחומצות אורגניות (פורמית, אצטית, ולקטית). איכות זו מאריכה את זמן המדף של הביו-נפט ומשפרת את איכות השריפה שלו. הביו-נפט שאנו מייצרים אינו דורש טיפול נוסף וניתן להשתמש בו, כמו שהוא, כתחליף לנפט גולמי בבית הזיקוק.

המטרה העיקרית של הפרויקט המוצע הייתה המשך פיתוח תהליך הפירוליזה של ביו-פחם לביו-נפט. וכן להראות שאיכות ביו-נפט המיוצר בתהליך זה איכותי הרבה יותר מביו-נפט המיוצר בשלב אחד בלבד של פירוליזה של ביומאסה. מטרות אלה הושגו:

1. הפקנו מבחר גדול של ביו-פחם בתנאי ייצור שונים וקבענו את הפרמטרים הקינטיים של התהליך. בעזרת שינויים בתנאי התפעול, אנו יכולים להפיק מגוון של ביו-פחם עם איכויות שונות. אנו יכולים גם להשפיע על איכות הביו-נפט. למשל, מצאנו שהשימוש בביו-פחם, שהופק ב-300 מ"צ למשך 20 דקות, בתהליך הפירוליזה יצר ביו-נפט משופר ולו כמות נמוכה יחסית של תרכובות מחומצנות.
2. שלב הפירוליזה בוצע בתחום טמפרטורה 400-600 מ"צ, גודל חלקיק 100-2000 מיקרון, זמן שהייה 0-60 שניות. נמצא שלטמפרטורה יש השפעה גדולה על תוצר הפירוליזה, לגודל חלקיק אין כמעט השפעה וב-5 שניות משתחרר ההמיצלולוזה ובכ-20 שניות מתפרקים הצלולוזה והליגנין.
3. ביצענו אנליזה כלכלית ראשונית שמראה את היתרונות של השימוש בביו-פחם כולל החזר מהיר של עלות ההקמה. העבודה שנעשתה כאן מראה בצורה ברורה את היתרונות של השימוש בביו-פחם לעומת ביומאסה ראשונית לתהליך הפירוליזה של דלק מוצק לביו-נפט. בגלל תקציב קטן, העבודה נעשתה בהיקף מוגבל. העבודה מראה את היתרונות של השימוש בביו-פחם, מדעיות וכלכליות, אך העבודה לא אפשרה האצת הפיתוח הטכנולוגי הנדרש ליישום השיטה. להמשך פיתוח התהליך הדו-שלבי לייצור ביו-נפט אנו ממליצים: (1) ביצוע היקף נרחב של ניסויים של התהליך הדו-שלבי (טורפקציה ופירוליזה) בתחום רחב של פרמטרים (טמפרטורה וזמן) ו-(2) הוכחה טכנולוגית שהתהליך הדו-שלבי הוא התהליך המועדף לייצור ביו-נפט איכותי מביומאסה.



קביעת השילובים הטכנולוגיים המיטביים להפקת דלק מפסולת עירונית אורגנית

102-2-2

גדי רבינוביץ', גרעון אורון, אסף יושעי // אוניברסיטת בן גוריון

בארץ ובעולם קיימות שיטות רבות ומגוונות לטיפול בפסולת עירונית מוצקה, תוך כדי השבת אנרגיה. האתגר ההולך וגובר הוא לבחור את הפתרון המתאים ביותר לתרחיש של זרם פסולת (מקור אנרגיה) טכנולוגיה, אזור, ותפוקות נדרשות בהיבט האנרגטי, הסביבתי והכלכלי. תכלית זו ניתנת כיום להשגה באמצעות מגוון טכנולוגיות להפקת אנרגיה מהחלק האורגני של פסולת עירונית, כגון עיכול אנאירובי לייצור ביוגז לשימוש במתקנים המייצרים חום וחשמל ממקור יחיד, גאזיפיקציה והמסה באמצעות פלסמה לייצור סינגז לתפעול מחולל קיטור טורבו, או תהליך סימולטני של פירוק החומר האורגני שבפסולת לתמיסת סוכר ותסיסה לייצור אתנול לשימוש תעבורתי.

תוצר המחקר הוא מנגנון תומך החלטה (בסיס ידע ומערכת מידע) לעיצוב מיטבי ולהערכה של מערכות טכנולוגיות אינטגרטיביות ובנות קיימא אנרגטית, סביבתית וכלכלית להשבת אנרגיה מפסולת עירונית. לשם כך, יומחש השימוש המעשי בשלושה רכיבים מרכזיים מתוצר המחקר: הרכיב הראשון הוא חקר מקרה של מפעל להשבת אנרגיה והזנת נתוניו התפעוליים לבסיס הידע; הרכיב השני הוא מנגנון לשליפת נתונים מבסיס הידע; הרכיב השלישי הוא מודל ראשוני לאיתור מדיניות אופטימאלית לתפעול מתקן כדוגמאת המפעל להשבת אנרגיה שבחקר המקרה. הרכיב הראשון מציג את המתקן לטיפול בפסולת חקלאית שבעמק חפר, את מאפייני חומר הגלם, את התהליך ואת התוצרים.

נמחיש כיצד איפיון המורכב מאוסף של מדדים בעלי יחידות פיסיקליות, מתרשימי תהליך ותמונות הומרו לנתונים בבסיס הידע, בהתאם לישויות ולתכונות הגוריות שמוכללות בו. הרכיב השני מציג אוסף של שאילתות לאיתור חתכי ידע מותאמים משתמש בהיבטי האנרגיה, הכלכלה, הסביבה והטכנולוגיה.

בנוסף, מתוארת המחשה ויזואלית מממשק המשתמש כיצד ניתן להשוות בין טכנולוגיות שונות על פי התפוקה האנרגטית החשמלית מ-1 ק"ג פסולת עירונית. הרכיב השלישי מציג מודל ראשוני שקובע את המדיניות האופטימאלית לתהליך העיכול האנאירובי. המודל קובע בצורה אופטימאלית את קצב הדילול של הריאקטור ואת ריכוז החומר האורגני של המצע לעיבוד לאורך זמן השהייה. ערך פונקציית המטרה הוא תפוקת גז מקסימאלית.



סקר ובחינה של טיפול תרמי בפסולת עירונית מוצקה והשוואת חלופות לטיפול תרמי בצמיגים

8-110, 8-300

עזרא בר זיו, יפים קוריטני, נדן שפיץ, רומן סבלייב // ע.ב. אנרגיה נקייה בע"מ

סקר זה בודק חלופות לטיפול תרמי של פסולת עירונית מוצקה וצמיגים משומשים בישראל. הדו"ח בוחן היבטים הנדסיים, סביבתיים וכלכליים. התמקדות העבודה הייתה בטכנולוגיה של המרה תרמוכימית. להמרה תרמוכימית יש יתרונות רבים לעומת שיטות טיפול אחרות לפסולת מוצקה. יעילות התהליך הינה גבוהה יותר לעומת שרפה קונבנציונלית. בטיפול תרמוכימי נוצרת כמות קטנה יותר של גזי פליטה ומזהמים גזיים, ולכן קל יותר וזול יותר לטפל בגזי הפליטה לעומת שרפה קונבנציונלית.

בגלל העובדה שמטפלים בפסולת ולא שורפים דלק פוסילי, ואפשר לעשות שימוש בתוצרי התהליך, נוצרים פחות גזי חממה בטיפול תרמוכימי לעומת שרפה קונבנציונלית או הטמנת פסולת. הטכנולוגיה הקיימת היום עומדת בתקני פליטה ותקני סביבה עולמיים. נמצא גם שטכנולוגיה תרמוכימית כדאית כלכלית. מצאנו 20 חברות שעוסקות בטיפול תרמוכימי של פסולת מוצקה. חברות אלו מפעילות כ-74 מתקנים לפסולת ביתית בעלות ספיקה בין 100-500 טון/יממה. רוב המתקנים ממוקמים במזרח הרחוק ובאירופה. יש גם מתקני פיילוט ייחודיים לפסולת צמיגים, שהיא יותר הומוגנית לעומת פסולת ביתית, ולכן המתקן הדרוש פשוט יותר.

טיפול תרמוכימי לפסולת ביתית מוצקה וצמיגים משומשים צריך להיות חלק ממערך הטיפול בפסולת מוצקה בישראל; הטכנולוגיה אמינה והיא כדאית כלכלית וסביבתית. בשלב ראשון, אנחנו ממליצים על הקמת מתקני טיפול קטנים בסמוך לאתרי סילוק פסולת. המתקנים יעמדו בכל התקנים הסביבתיים והמלצות המשרד לאיכות הסביבה וכן בדרישות של האיחוד האירופאי לגבי הטכנולוגיה הטובה ביותר למתקני שרפה. לאחר הכרת הטכנולוגיה לעומקה, ואם יתעורר הצורך, יהיה אפשר להקים מתקן טיפול גדול יותר.



ניתוח מחזור חיים של הטיפול בפסולת העירונית המוצקה, מקרה בוחן - רשויות מייצגות בישראל

7-401

אופירה אילון, עידו קן, טלי שגב // אוניברסיטת חיפה

השיטה הנפוצה בישראל לטיפול בפסולת הביתית היא הטמנה. השימוש בשיטה זו מייצר השפעות סביבתיות שליליות רבות כגון פליטת גזי חממה, תפיסת שטחים נרחבים וזיהום פוטנציאלי של מקורות המים והקרקע. מעבר לכך הטמנת הפסולת אינה עומדת בקנה אחד עם הגישה הרווחת כיום, המדגישה את הצורך בשימוש מושכל בתוצרים ובחומרי הגלם, תוך התחשבות ודאגה לדורות הבאים, שכן, על ידי הפרדת הפסולת ובחירת טיפול מתאים, רוב רכיבי הפסולת יכולים לשמש כחומרי גלם למחזור או כאנרגיה ליצירת חשמל.

קיימות כיום בשוק העולמי שיטות רבות, סביבתיות יותר, לטיפול בפסולת, אך שיטת ההטמנה עודנה הפתרון הזול והזמין ביותר בישראל, גם לאחר הטלת היטל ההטמנה, העומד על 30 ₪/טון, נכון לשנת 2009. הגישה המקובלת כיום בעולם היא של טיפול משולב בפסולת, תוך העדפת פתרונות מחזור שונים ויצירת אנרגיה מהפסולת, על פני הטמנה. מחזור אפקטיבי יותר של הפסולת מתאפשר בעזרת מערך ניהול פסולת המקדם הפרדת הפסולת במקור, כלומר בבתי התושבים, לשני זרמים לפחות: זרם "רטוב", המכיל בעיקר שאריות מזון, וזרם "יבש" המורכב משאר רכיבי הפסולת היבשים כגון פלסטיק, נייר, אריזות וזכוכית. כל מערך ניהול פסולת מייצר עלויות ישירות, הנובעות בין השאר מרכישת כלי אצירה, שכר עבודה, דלק ותחזוקה שוטפת. בנוסף לעלויות הישירות מיוצרות עלויות סביבתיות, שלרוב נמצאות מחוץ למערכת המחירים, הנקראות עלויות חיצוניות. עלויות אלה, מקורן בפליטות מזהמים שונים, בתפיסת שטחים, ביצירת מטרדי רעש וריח ועוד.

בעבודה זו נבחננו, באמצעות ניתוח מחזור חיים (LCA) שמונה מערכי ניהול שונים (תרחישים) לטיפול בפסולת הביתית בחמישה ישובים מייצגים. בכל תרחיש נבדקו הן העלויות הישירות והן העלויות החיצוניות הכרוכות בטיפול בפסולת, משלב האיסוף ועד הטיפול בה במתקני הקצה הרלוונטיים. ניתוח מחזור חיים מוכר כיום ככלי עיקרי ואפקטיבי המאפשר בחינה כוללת ושיטתית להערכת ההשפעות הסביבתיות לאורך כל מחזור החיים של הפסולת.

תוצאות ההשפעות הסביבתיות המתקבלות בכל מערך טיפול נמדדו על ידי כימות פליטות גזי החממה (GWP) תחמוצות החנקן, תחמוצות הגופרית והחלקיקים המשתחררים לאוויר, או החיסכון בפליטתם, בשלבים שונים של הטיפול בפסולת. לאחר מכן ניתן ערך כספי לכל טון מזהם שנפלט או שנחסכת פליטתו לאוויר ובכך התאפשרה יצירת מצע משותף להשוואה ובחינה של העלויות הסביבתיות (החיצוניות) הנוצרות בכל תרחיש, בנוסף לאלה הישירות.

השערת המחקר המרכזית היא כי ניהול הפסולת על ידי איסוף מעורב והטמנתה, מייצר עלויות סביבתיות גבוהות, שאינן באות לידי ביטוי במערכת המחירים במלואן, ולכן נוצר כשל שוק. גם היטל ההטמנה המרבי המתוכנן, העומד



על ערך של 50 ₪/טון, נמוך מדי ואינו מוביל להפנמת כלל העלויות החיצוניות הנוצרות בתהליך. במידה ועלויות אלה יובנו ויופנמו, יועדפו מערכי ניהול אלטרנטיביים, בהתאם לאופי הישוב הנבדק.

תוצאות המחקר מראות באופן חד משמעי כי בכל הישובים, כאשר מתומחרות העלויות החיצוניות ומופנמות בעלויות הישירות, מערך ניהול הפסולת המשיא את הרווחה החברתית מתקבל בתרחיש בו מופרדת הפסולת במקור לשני זרמים: הזרם ה"רטוב" ממוחזר לקומפוסט, ומהזרם ה"יבש" מיוצר דלק שמקורו בפסולת (דש"ב). יישום תרחיש זה יוביל לאחוזי מחזור בשיעור של 80% מהפסולת הביתית, ובמקביל, להפחתה משמעותית מהנטל הסביבתי הנובע מהטיפול בפסולת כיום. הפחתת הנטל הסביבתי בתרחיש המיטבי, לאחר כימות לערך כספי, עומדת על ממוצע של 222 ₪/טון. כמו כן, שיטת המיסוי הנהוגה כיום אינה מסתמנת ככלי האופטימאלי להשוואת הרווחה החברתית. דרך אפשרית ליעול השיטה יכולה להיות על ידי העלאת היטל ההטמנה לערך של 125-175 ₪/טון בשילוב עם מתן תמריצים כלכליים לרשויות שיבחרו ליישם את המערך המועדף או לחילופין קביעת שיטת מיסוי אלטרנטיבית לזו הקיימת כיום, עשויה להשפיע על הרשויות המוניציפאליות בישראל לבחור ביישום התרחיש המועדף.





הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית, סקר עמדות בקרב תלמידים ערביים¹

132-1-2

נעים נג'מי // אגודת הגליל

לרוב, בישובים ערביים יש כמות לא מבוטלת של אשפה ביתית שלא מגיעה לנקודות הטיפול המוסדרות אלא נזרקת בשולי הכפר או נשרפת במקום דבר שכפול בחומרתו כמפגע סביבתי חמור וכבזבז משאב האמור לשמש מקור לאנרגיה. לכן יש צורך דחוף לברר מקור התנהגות זו ממה היא נובעת והאם בכלל יש מודעות לחומרת התנהגות זו ולהשלכותיה הסביבתיות.

חשוב לבדוק באם הדור הערבי הצעיר מזהה את הפוטנציאל הטמון באשפה הביתית כמקור זול ולא מנוצל כראוי, שניתן להפיק ממנו אנרגיה שתניע רכב או תפעיל מכונה, דבר שיעודד אותם להתמחות בעתיד באחד התחומים שיוביל, אולי לפתרון יצירתי של ניצול אשפה ביתית.

בסקר זה ישתתפו תלמידי כיתות ח'-ט' הלומדים בחטיבות ביניים במגזר הערבי (ערבי, בדואי ודרוזי) באזור הצפון. לאור תוצאות הסקר ניתן להבין את הצורך בהתערבות להעלאת המודעות לנושא הטיפול באשפה הביתית והכנסתו לתוך תוכנית הלימודים של החינוך הסביבתי כנושא חשוב ומשמעותי, והצורך להעמיק את הידע הסביבתי בכדי לשנות עמדות והתנהגות סביבתית במיוחד בקרב האוכלוסייה הערבית הצעירה.

לסקר שתי מטרות מרכזיות: (א) לספק תמונת מצב עדכנית אודות מיקומו של הנושא הסביבתי בכלל וניצול האשפה הביתית לצורך הפקת אנרגיה בפרט בסדר היום של הדור הצעיר במגזר הערבי; מאפייני האוריינות הסביבתית של תלמידי השכבה הצעירה, מודעות סביבתית, עמדות סביבתיות, נכונות לפעול כפרט וכקבוצה עם תרבות מיוחדת בנושאי סביבה והתנהגות סביבתית אישית; העשייה הסביבתית במסגרת בתי הספר ומגבלות וחסמים לעיסוק בנושא הסביבתי. (ב) לגבש המלצות להטמעת הנושא הסביבתי בבתי ספר ובמועצות המקומיות במגזר הערבי.

הסקר מתוכנן להתבצע בשנים 2014-2015 ויכלול כעשרה חט"ב במגזר הערבי, מחוז צפון. ראיונות עומק ייערכו עם מורים ובעלי תפקידים (מנהל או רכזי הדרכה, ראש מועצה) ושאלון לתלמידים בחטיבות הביניים.

¹ צפוי להסתיים בסוף 2014



בחינה השוואתית של הפקת ביוגז מביומאסה למטרות הפקת חשמל אל מול שימוש כדלק לתחבורה²

132-1-3

איתי פרי, אפרת כץ, ורדינה היבנר, פיטר טנג'ה, קופ קלאס // DHV MED

בשנים האחרונות מוביל המשרד להגנת הסביבה מהפכת מחזור אשר מטרתה להפוך את הפסולת ממטרד למשאב, ולהקטין את כמות הפסולת המועברת להטמנה, בין היתר ע"י הפקת אנרגיה מהפסולת. אחת מהשיטות הישומות לטיפול בזרם האורגני היא ע"י עיכול אנאירובי לצורך הפקת ביוגז המשמש בעיקר לצרכי הפקת חשמל וחום במערכי קוגנרציה (CHP). כיום גוברת באירופה המגמה לשדרג את הביוגז לרמה של גז טבעי ולעשות בו שימוש כדלק לתחבורה (להלן "CBG") או להזריקו לרשת החלוקה הארצית. בהולנד מתקני עיכול אנאירובי רבים עברו מייצור חשמל מביוגז להפקת ביו גז ברמת גז טבעי. המוטיבציה למהלך נובעת משיקולים כלכליים ואנרגטיים. תכולת המתאן בביוגז נעה בין 55%-60%, ולכן נצילות הפקת החשמל והחום גם בתהליכי קוגנרציה היא מוגבלת. העלאת תכולת המתאן ל-98% מעלה את הנצילות האנרגטית של הדלק ובנוסף מאפשר ניצולו כתחליף נקי וזול לדלקים לתחבורה. פליטות ישירות מאוטובוסים ממונעים ב-CBG זהה לפליטות מהנעה ב-CNG (TNO, 2008).

הפוטנציאל של שימוש בגז טבעי בתחבורה כבר נבחן ונמצא כדאי כלכלית וסביבתית לציי אוטובוסים עירוניים (DHVMED, 2012), ונמצא גבולי מבחינה כלכלית ובעל יתרונות סביבתיים מובהקים למשאיות אשפה (DHVMED, פארטו 2012). המחקר המוצע ישווה את הכדאיות כלכלית והסביבתית של הפקת ביוגז במערכות קוגנרציה (CHP) אל מול השבחתו כדלק לתחבורה CBG ע"י בחינה של תרחיש מייצג.

תרחיש הבוחן ייבחר מתוך אחד מהמתקנים המתוכננים במסגרת המענקים שניתנו בקולות הקוראים ובהתאם יבחרו שני ציי רכבים (צי אוטובוסים עירוניים וצי משאיות אשפה) שיועדו למעבר לשימוש ב-CBG. ההשוואה תבחן את התועלות הסביבתיות בהיבט של פליטות מזהמים וגזי חממה בכל אחת מהלופות, את ההיתכנות הכלכלית של השבחת הביוגז ל-CBG מנקודת מבט של מפעיל המתקן ובעל צי הרכב ואת התועלות המשקיות על בסיס עלויות חיצוניות לטון פליטת גזי חממה ומזהמים.

² צפוי להסתיים בסוף 2014



הפקת דלק מאשפה עירונית אורגנית

102-2-3

עזרא בר-זיו, רומן סבלייב, מירון פרלמן // ע.ב. אנרגיה נקיה בע"מ

הפרויקט שבוצע כאן הוא בתחום טיפול תרמי בפסולת אורגנית ממקורות עירוניים לצורך ייצור אנרגיה מתחדשת ונקייה וייעול משמעותי באנרגיה. השימוש בביומאסה לייצור אנרגיה נקייה הפך בשנים האחרונות לתחום מאד חשוב עקב הצורך להפחית את פליטת גזי החממה לאטמוספירה לעמידה על הדרישות של הפרוטוקולים של קיוטו ושל קופנהגן.

המטרה העיקרית של מחקר זה היא לטפל בפסולת עירונית אורגנית טיפול תרמי מבלי לגרום למפגעים סביבתיים כאשר הרועלנים הפוטנציאליים החשובים ביותר הם הדיוקסינים והפוראנים. הגורם העיקרי לפליטת רועלנים אלו הם הכלורידים האורגניים המצויים בפסולת עירונית שמקורם בעיקר מ-PVC. מטרה שנייה היא להפוך את הפסולת העירונית האורגנית לדלק על ידי תהליך פירוליזה. ייצור דלקים מפסולת עירונית יכול לפתור שתי בעיות: (1) הימנעות מהטמנת פסולת עירונית הגורמת למפגעים אקולוגיים וסביבתיים; (2) שימוש בחומר גלם זול וזמין.

חשוב לציין כי תהליך הפירוליזה של ביומאסה כלשהי (כולל פסולת עירונית), המתבצע בתחום הטמפרטורה 450-750 מעלות, יש מגרעות קשות שהעיקרים בהם: (1) יצירת חומציות אורגניות הגורמות לקורוזיה בריאקטור הפירוליזה; (2) ייצור ביו-נפט המכיל אחוז גבוה של חמצן ועל כן דורש טיפול קטליטי יקר (up-grade); (3) חיי מדף קצר של הביו-נפט הנגרם מהמסת החומצות והמים בביו-נפט המיוצרים בתהליך הפירוליזה; (4) קושי לבצע פירוליזה מהירה עקב עיכובים במעבר החום הנגרמים בגלל שגודל חלקיקי הביומאסה הוא גדול. (5) אי קונסיסטנטיות גדולה בחומר ההזנה - הביומאסה בגלל השונות מאד גדולה שבגידולים ובמקורות הביומאסה. (6) האפשרות לפליטת דיוקסינים ופוראנים עקב הימצאות כלורידים בחומר ההזנה. הדבר החשוב לציין כי במהלך עבודתנו בפרויקט הנוכחי גילינו השימוש בביו-נפט פותר את כל הבעיות האלו.

במחקר זה פיתחנו תהליך חדשני, דו-שלבי, קלייה של הביומאסה ופירוליזה מהירה. יתרונותיה של שיטה דו-שלבית זו הם: (1) הורדה משמעותית בחומציות עקב פליטת חומצות אצטית, פורמית ולקטית בתהליך הקלייה, עקב כך הקורוזיה בריאקטור הפירוליזה יורדת באופן משמעותי; (2) הביו-נפט המיוצר המכיל אחוז נמוך של חמצן ועל כן דורש הרבה פחות טיפול קטליטי יקר; (3) חיי מדף של הביו-נפט מתארכים היות והחומצות והמים נפלטו רובם בשלב הקלייה; (4) ניתן לבצע פירוליזה מהירה עקב היכולת להגיע לגודל חלקיקי הביומאסה קטן מאד - עשרות מיקרונים. (5) קונסיסטנטיות גדולה בביו-נפט עקב טיפול הקלייה המקדים המאפשר שליטה מוחלטת על תכונות הביו-נפט. (6) הורדה פי עשר בכמות הכלורידים בתהליך הקלייה ועל כן לצמצום משמעותי בסיכויי פליטת דיוקסינים ופוראנים.



.....

חברת ע.ב. אנרגיה נקייה פיתחה מתקן פיילוט להכנת ביו-פחם מעץ ונמצאו פרמטרי התהליך לשליטה על תכונות הביו-פחם. בפרויקט הנוכחי השתמשנו באותה המערכת עם פסולת עירונית לפי אישור מוגבל שניתן לנו על ידי מחוז הדרום של המשרד להגנת הסביבה.

בכדי לבחון את ישימות השימוש בפסולת עירונית כחומר גלם, בצענו עבודת פרמטרים (טמפרטורה וזמן שהייה) של התהליך התרמי. נמצא שניתן לשלוט על תכונות הביו-פחם ובמיוחד על הערך הקלורי ועל כמות הנדיפים, שני גורמים מרכזיים בהגדרת תכונות הפחם. כמו כן נבדקו הפליטות מתהליך הקלייה ונמצא כי כל הפליטות מכילות מולקולות מימן ופחמן שניתן לשרוף עד לייצור מים ודו-תחמוצת הפחמן ובכך לא לגרות לזיהום הסביבה. נבנה לצורך הפרויקט הנוכחי תנור שריפה שתפקידו לשרוף את גזי הפליטה בטמפרטורה של עד 1000 מעלות למשך שתי שניות לפי דרישות המשרד להגנת הסביבה.

בנוסף, בוצע מחקר כלכלי מקיף ונמצא כי שימוש בביומאסה, אף בעלות גבוהה הינה כדאית מבחינה כלכלית. הקלייה של פסולת עירונית מסייעת להגדיל את מגוון חומרי הגלם לתהליך ולהוזיל את עלות המוצר. על כן, לתוצאות מחקר זה השפעה ישירה ומיידית ליישום מועיל של פסולת עירונית בתחום האנרגיה.

הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית





ייצור ביו-פחם (על ידי קלייה) מפסולת צמחית 102-4-3

עזרא בר-זיו, רומן סבלייב, מירון פרלמן // ע.ב. אנרגיה נקיה בע"מ

הפרויקט שבוצע כאן הוא בתחום טיפול תרמי בפסולת חקלאית לצורך ייצור אנרגיה מתחדשת ונקייה וייעול משמעותי באנרגיה. באופן ספציפי ייצור אנרגיה מתחדשת נקיים ממקורות של פסולת חקלאית הבאה: פסולת חקלאית, גזם ועץ. השימוש בביומאסה לייצור אנרגיה נקיים הפך בשנים האחרונות לתחום מאד חשוב עקב הצורך להפחית את פליטת גזי החממה לאטמוספירה לעמידה על הדרישות של הפרוטוקולים של קיוטו ושל קופנהגן.

ניתן לצפות שהעולם ימשיך לייצר חשמל בטכנולוגיה של entrained-flow pulverized-coal הפועלת כיום עם פחם באופן בלעדי. במידה וביומאסה תשמש כתחליף לפחם אזי מתקנים אלו המייצרים 50% מהחשמל העולמי יהיו נקיים באופן משמעותי הן מבחינת פליטת גזי החממה והן מבחינת פליטות אחרות (תחמוצות חנקן וגופרית, חלקיקים ועוד).

נעשו ניסיונות רבים לשרוף ביומאסה ביחד עם פחם במתקנים קיימים, אך השונות הגדולה בתכונות של ביומאסה לא מטופלת, (הכוללת ביומאסה משובחת מעצים וביומאסה ירודה המכילה 50% מים) וכן בעיות לוגיסטיות קשות המלוות בבעירה לא יציבה מונעים שימוש שוטף בביומאסה. בנוסף, בכדי לשרוף ביומאסה לא מטופלת במתקני פחם יש להחליף ציוד רב בתחנת הכוח דבר המייקר באופן משמעותי את השימוש בביומאסה, וזאת על אף יתרונותיה באשר לפליטות. לאחרונה, הוצע לבצע טיפול של קלייה (torrefaction) בביומאסה ובכך לשנות את תכונותיה ולהביאן קרוב לתכונות הפחם ובכך לפתור בעיות רבות מאד.

הטכנולוגיה החדשה - קלייה של הביומאסה - מבוססת על תהליך תרמי המתבצע בטמפרטורה של 200-300 מעלות בהעדר חמצן. התוצר הוא דמוי פחם בתכונותיו ובהתנהגותו במערכות שריפה. עקב תכונותיו הזוהות של הביו-פחם לפחם טבעי ניתן להשתמש בו כתחליף לפחם טבעי ללא תקלות וללא שינויים כלשהם במערכות הלוגיסטיקה והשריפה של תחנות כוח הפועלות על פחם. יתרונו העיקרי של הביו-פחם הוא בהורדה נטו לאפס את גזי החממה, בהורדה פי מאה של תחמוצות הגופרית והורדה פי שלוש של תחמוצות החנקן וכן בהעדר פליטה של מתכות כמו כספית. כל זאת בעלות מזערית של אנרגיה (8%) ובשימוש בציוד זול וזמין.

חברת ע.ב. אנרגיה נקיה פיתחה מתקן פיילוט להכנת ביו-פחם מעץ ונמצאו פרמטרי התהליך וכן שהביו-פחם אכן מתאים לשרפה במקום פחם טבעי. בהקשר זה, השימוש בפסולת חקלאית לייצור ביו-פחם יכול לפתור שלוש בעיות: (1) הימנעות מהטמנת פסולת חקלאית הגורמת למפגעים אקולוגיים וסביבתיים; (2) אי הצורך לשרוף את הפסולת באופן פיראטי כפי שנעשה כיום באופן רוטיני; (3) שימוש בחומר גלם זול, כי הרי משלמים דמי טיפול לסילוק הפסולת החקלאית.



בכדי לבחון את ישימות השימוש בפסולת חקלאית כחומר הזנה לתהליך הקלייה, בצענו עבודת פרמטרים של התהליך (טמפרטורה וזמן שהייה) בריאקטור הכוללת קלייה של סוגים שונים של פסולת חקלאית המצוינים לעיל. העבודה נעשתה בריאקטור פיילוט קיים המסוגל לקלות 500 ק"ג בשעה. הביו-פחם שיוצר בהליך הקלייה אופיין ותכונותיו הושוו לאלו של הביו-פחם שייצרנו מעץ וכן לתכונות פחם טבעי. נמצא שניתן לשלוט על תכונות הביו-פחם ובמיוחד על הערך הקלורי ועל כמות הנדיפים, שני גורמים מרכזיים בהגדרת תכונות הפחם. כמו כן נבדקו הפליטות מתהליך הקלייה ונמצא כי כל הפליטות מכילות מימן ופחמן שניתן לשרוף עד לייצור מים ודו-תחמוצת הפחמן ובכך לא לגרות לזיהום הסביבה. נבנה לצורך הפרויקט הנוכחי תנור שריפה שתפקידו לשרוף את גזי הפליטה בטמפרטורה של עד 1000 מעלות למשך שתי שניות לפי דרישות המשרד להגנת הסביבה.

בנוסף, בוצע מחקר כלכלי מקיף ונמצא כי שימוש בביומאסה, אף בעלות גבוהה הינה כדאית מבחינה כלכלית. הקלייה של פסולת חקלאית מסייעת להגדיל את מגוון חומרי הגלם לתהליך ולהוזיל את עלות המוצר. על כן, לתוצאות מחקר זה השפעה ישירה ומיידית ליישום מועיל של פסולת חקלאית בתחום האנרגיה.



השפעה של חשיפה מקדימה לשדות אולטראסונים על יעילות הפקת ביו-גז בתהליכי עיכול אנאירובי

102-6-1

.....
צחי גרטלר, אביתר שאולסקי, עידן זרקו, יוסי לוי, שי לוי, אמנון אזולאי, הנרי לוי // תעשיות אנרגיה חפר ת.א.ח בע"מ
.....

עיכול אנאירובי של חומר אורגני באמצעות חיידקים הינו תהליך מוכח ובעל פוטנציאל גבוה ביותר בייצור חומר עתיר אנרגיה. פסולת אורגנית, כגון צואת בקר, מהווה חומר מוצא מצוין לתהליך פירוק אנאירובי ליצירת ביוגז המשמש כדלק. בדרך כלל הפירוק האנאירובי מכיל ארבעה שלבים עוקבים: הידרוליזה, יצירת חומצות, יצירת תרכובות המכילות קבוצות אצטיליות ולבסוף יצירה של כהלים (מתנול ועוד). טיפול מקדים, מכאני כימי או תרמי, המביא לפירוק הפסולת האורגנית עשוי לשפר בצורה משמעותית את יעילות השלבים הבאים בתהליך. שבירה ופירוק של חלקיקי פסולת (תאית, תאים שונים ומולקולות אורגניות גדולות) ניתן לקבל באמצעות קוויטציה של בועיות גז, המתרחשת בעת חשיפת תווך נוזלי המכיל גז מומס לשדה אולטראסוני בעוצמה גבוהה. השדה האולטראסוני גורם להיווצרות בועיות גז אשר עוברות התכווצות, התרחבות וקריסה. בעת קריסת בועית מתפתחים בזמן קצר, מסדר גודל של מיקרונות, תנאי קיצון בהם הטמפרטורה יכולה להגיע לכדי 5000 מעלות צלזיוס והלחץ למספר מאות אטמוספרות. בתנאים אלו, הגז שבבועית והנוזל סביב הבועית יכולים לעבור תהליכים כימיים שונים, יצירה של רדיקלים חופשיים ולעיתים, כאשר סביבת הבועית הקורסת אינה אחידה, גם יצירת גל הלם או סילון נוזל אנרגטי. סילוני נוזל ו/או גלי הלם כאלו הפוגעים בדפנות תאים יכולים להוביל לקריעת ממברנת התאים ולפירוק התא. תהליכים אלו נחקרו רבות בהקשרים של החדרת תרופות דרך העור ודרך קרומים ביולוגיים אחרים.

שלב ההידרוליזה של חומר אורגני בתהליך הפקת ביוגז באמצעות עיכול אנאירובי, הינו השלב קובע הקצב בתהליך העיכול כולו ולמעשה מגביל את קצב תפוקת הגז. בעבודה זו נבחנה ההשפעה של חשיפה לקרינה אולטראסונית על האצת קצב ההידרוליזה וכן על יעילות תהליך העיכול האנאירובי בהפקת ביוגז.

אחת הבעיות הקשורות בביצוע ניסויים מעבדתיים, הינה קצב הפליטה הנמוך של הביוגז והקושי במדידת נפח וקצבי היווצרות הגז. בעבודה זו פותחה מערכת מדידה ממוחשבת רגישה ביותר המבוססת על דיסקרטיזציה של זרימת הגז הרציפה באמצעות בעבוע של הגז ומדידה אופטית של בועות הגז הבדידות. לא ניתן להפריז בערך היכולת למדוד את קצבי הגז האולטרא נמוכים ברזולוציה המתקבלת מהמערכת שפותחה. תוצאות הניסויים הראשונים מראות שחשיפה מתונה לקרינה אקוסטית מנטרלת את תהליך העיכול האנאירובי לחלוטין ולכן יש להוסיף כמות של חומר לא מוקדן כדי להתחיל את התהליך האנאירובי. תוצאות המדידות של עיכול אנאירובי ללא טיפול מקדים נתנו תוצאות אדירות של ייצור ביוגז עם התנהגות מונוטונית עולה של כמות הגז הכוללת המיוצרת בתהליך. קצב יצירת הגז לעומת זאת הפגין תבנית מחזורית בעלת מחזור של כ-3 ימים באופן עקבי על פני מספר רב של ניסויים בתאריכים שונים.

ניסויי החשיפה לקרינה אולטראסונית אשר כללו בחלקם בחישה רציפה של הריאקטור הציגו ספקטרום שלם של תוצאות. בחלק מהניסויים נתקבלו תוצאות הדומות לניסויים הקודמים (ללא חשיפה או בחישה), כלומר האפקט של החשיפה האולטראסונית או הבחישה היו מינוריים אם בכלל. ניסויים אחרים הראו פיזור ללא תלות בתנאי החשיפה או הבחישה וניסויים נוספים הראו עקביות מסוימת כתלות בחשיפה ובבחישה, כאשר הציפייה היא כמובן לעליה ביעילות הפקת הגז הן בשל החשיפה לקרינה אולטראסונית והן בשל הבחישה.



מתודולוגית אופטימיזציה לטיפול בפסולת אגרו-תעשייתית להגברת הפקת ביוגז במעכלים אנאירוביים

102-6-4

עיסאם סבאח, נידאל מסאלחה // מו"פ אגודת הגליל

בעבודה זו נבדקה בצורה ניסויית השפעת הוספת פסולות אורגניות שונות על קצב ההתפרקות ופוטנציאל ייצור הביוגז בתהליך אנאירובי מיזופילי בשילוב עם שפכי רפפות בשלב ראשו. כאשר, בפאזה השנייה (התחלה בשנה ראשונה והמשך בשנה השנייה) פותח מודל אופטימיזציה של תערובת של מספר פסולות אגרו-תעשייתיות בעייתיות במטרה למקסם ייצור האנרגיה (ביוגז). הפסולות שנבדקו היו, פסולת שפכי בתי בד (OMW), פסולת מוצקה של לולי תרנגולות מטילות (SCM), פסולת מוצקה של לולי הודו (STM), פסולת אורגנית ביתית (OHW) ופסולת דם בקר ממשחטה (BW). מי גבינה (CW), פסולת משחטה (SWW) ופסולת של תעשיית הביודזל "גליצירול". על מנת לאתר את אחוז התערובת האופטימלית ואת התערובת בה אפשר להבחין בהשפעה השלילית של ומרכיבים אורגניים ואי אורגניים שונים הידועים בהשפעתם השלילית על תהליך העיכול אנאירובי, נבדק פוטנציאל וקצב ייצור הביוגז במהולים שונים (ריכוזי חומר אורגני שונה) על מנת לבדוק את המיהול האופטימלי ולכמת את אפקט העיכול כתוצאה מנוכחות חומרים מעכבים. כל ניסוי נמשך לתקופה ביו 30 ל-75 יום בהתאם לקצב ייצור הביוגז מכל סוג ואחוז פסולת. אחוזי התערובות של הפסולות השונות עם שפכי הרפפות היו (0%, 2.5%, 5%, 12.5%, 25%, 50%). שפכי בתי בד (OMW) מתפרקים בצורה יפה מאוד אפילו בריכוזים גבוהים מאוד למרות שאפשר להבחין בצורה ברורה באפקט העיכול כבר מאחוז 25% OMW. נפח הביוגז המקסימלי המופק משפכי בתי בד היה 2100 מ"ל ביוגז לכל ג"ר VS התחלתי של שפכי בתי בד. פסולת לולי תרנגולות (SCM) מתפרקים בריכוזים עד אחוז תערובת של 5% מבלי להבחין באפקט העיכול, קצב המקסימלי היה עבור התערובת של 12.5%-5% והשווה ל-641 מ"ל ביוגז לג"ר (VS פסולת). פוטנציאלי ייצור הביוגז מהתפרקות פסולת לולי הודו (STW) עבור התערובת 12.5% והיה 314 מ"ל ביוגז לג"ר (VS פסולת). פוטנציאל הביוגז המרבי הנוצר מהתפרקות פסולת אורגנית ביתית OHW בתערובת 5% והיה 853 מ"ל ביוגז לג"ר (VS פסולת). עבור פסולת דם בקר משחטה BW גרם לעיכול התהליך האנאירובי כבר מאחוז תערובת של 12.5%. והפוטנציאל המרבי התקבל בתערובת של 12.5% והיה 639 מ"ל ביוגז לג"ר (VS פסולת).

בשלב השני (שנה שנייה), פותח מודל קונספטואלי לקבלת התערובת האופטימלית אשר מתבסס על הרצת סדרת ניסויים של פוטנציאל וקצב ייצור מתאן בריכוזים שונים של חומר אורגני נדיף (VS). מתוך הסדרות הנ"ל נעשתה התאמה למודל Gompertz לחילוף פאזת עיכול (Lag phase), קצב ייצור מתאן מכסימאלי ופוטנציאל מתאן מכסימאלי. את הפרמטרים קצב ייצור מתאן מכסימאלי ופוטנציאל ייצור מתאן מכסימאלי הותאמו למודל (Halden) הלדן על מנת לאפיין כל סוג פסולת מבחינת ההתנהגות לגבי פאזת עיכול (lag phase), מקדם העיכול של ייצור וקצב מתאן כפונקציה של ריכוז חומר אורגני כמוצקים נדיפים. את הפרמטרים הנ"ל משולבים בתוך משוואת פוטנציאל הביוגז



לפי מודל Gompertz אשר מזין את פונקציית המטרה שממנה מחשבים את התערובת האופטימאלית למכסימום הכנסה. לשם כך, נבחנו בשלב זה ארבעה סוגי פסולת והם: פסולת של משחטה, פסולת של ביודיזיל, של מי גבינה ושל שפכי בתי בד.

לסיכום ניתן לומר שגישה זו הינה גישה פשוטה בהרבה מהגישות הקיימות היום להערכת תערובת אופטימאלית. המודל הותאם לניסויים מעבדתיים שהתאימו להצעת המודל לתערובת אופטימאלית, כמו כן, לא תמיד ערך של חומרים נדיפים אמורים לתת את הפוטנציאל של ייצור ביוגז הגדול. גורמי עיכוב וקניטיקה של העיכול שנלקחים בחשבון במודל זה יכולים לשנות את התמונה בצורה משמעותית. המודל הינו פלטפורמה לשימוש רחב יותר מאשר הבחינה במסגרת עבודה זו.

ניתן להזין את המודל בנספר רב של פסולות לחישוב התערובת האופטימאלית כפונקציה של אילוצים שונים בהתאם לנתוני ותנאי המערכת.





הפקת דלק ביולוגי מימני מפסולת צמחית באמצעות דו-תרבית חיידקית

112-4-3

אלי מורג, אלון קרפול, שחר יואב, מיכאל יואלוביץ, טל ברק // דיזייןר אנרג'י בע"מ

פסולת צמחית חקלאית או עירונית היא אחד ממקורות האנרגיה המתחדשים המבטיחים ביותר, משום שניתן להפוך אותה בתהליכים פשוטים יחסית, אך עדיין לא כלכליים, לסוכרי תסיסה כמו גלוקוז וקסילוז ומשם בשיטות מסורתיות לביו-דלקים עתירי אנרגיה כמו אתאנול, בוטאנול ואף למימן. בשנים האחרונות נרשמו הישגים תעשייתיים משמעותיים בכל הקשור לייצור כלכלי של ביו-דלקים בעיקר במדינות כמו ברזיל, סין וארה"ב.

תהליך הפירוק החיידקי המואץ (פח"ם) המבוסס על החיידק הצלוליטי הידוע *Clostridium thermocellum* פותח על-ידי חברת "דיזייןר אנרג'י" לשם שיפור וייעול ההידרוליזה של פסולת צמחית לגלוקוז. במהלך ההידרוליזה של הפסולת נוצר גז מימן כתוצר לוואי של המטבוליזם החיידקי. במסגרת תוכנית המחקר של השנה השנייה, נבחנה האפשרות לייצר מימן בתהליך של דו-תרבית משולב בטכנולוגיית הפח"ם מביומאסה צמחית ומפסולת עירונית.

התוצאות משנת המחקר השנייה מעידות על ישימות הטכנולוגיה החדשה ועל יכולת המעשית לייצר גז מימן מפסולת עירונית כמו נייר משרדי המצוי בכמויות גדולות בפסולת מוצקה בארץ ובעולם וגם מביוסה ייעודית המכונה switchgrass. הטכנולוגיה לייצור גז מימן מביומאסה באמצעות דו-תרבית חיידקית עברה תהליך אופטימיזציה בפרמנטור בנפח 1.3 ליטר.





גילוי ואפיון אנזימים צלוליטים מספריות מטגנומיות לפירוק יעיל של פסולת חקלאית לייצור ביו-אתנול

112-4-4

יובל שוהם // הטכניון

גידול צמחים במטעים, בשדות ובחממות, יוצר פסולת אורגנית צמחית במשך הטיפול ובסוף הגידול. מפסולת זו ניתן להפיק ביואתנול שכן המרכיב הפחמי המשמעותי ביותר בפסולת זו הוא אוליגוסוכרים המרכיבים את דופן התא הצמחי ומורכבים בעיקר מצלולוז והמי-צלולוז. בטבע פירוק הביומאסה נעשה על ידי מיקרו-אורגניזמים אשר פיתחו אסטרטגיות שונות לפירוק וניצול ביומאסה. מיקרואורגניזמים אלו מפרישים אנזימים הנקראים גליקוזיד-הידרולאזות אשר מבקעים את הקשר הגליקוזידי ומשחררים סוכרים מסיסים. על מנת לאתר אנזימים חדשים יש לבצע סריקה של מידע גנטי לאיתור פעילות אנזימטית רצויה או גנים הומולוגיים בעלי פעילות משוערת ידועה.

מחקר זה התמקד על פיתוח טכניקות לסריקה של ספריות מטגנומיות המיועדות לאתר רצפים חדשים של אנזימי ג'ה המתמחים בפירוק צלולוז. ספריות מטגנומיות מכילות מידע גנטי רב ובעל פוטנציאל גבוה להמצאות של גליקוזיד-הידרולאזות חדשים. סריקת ספריות לפעילות ניתן לבסס על שתי גישות שונות. הראשונה, סריקה אחרי פעילות אנזימטית ספציפית (סריקת פעילות). והשנייה, סריקת מידע ריפי אחרי גנים בעלי זהות רצפית לאנזימים מוכרים (סריקה רצפית). מטרת המחקר הן:

- מציאת אנזימים חדשים המפרקים פסולת חקלאית מספריות מטגנומיות בעזרת סריקה תפקודית ורצפית והעמדת מערכת ביטוי יעילה לחלבונים נבחרים.
- פיתוח אלגוריתם חיפוש המיועד לאיתור רצפי צלולאזות חדשים בספריות מטגנומיות.
- פענוח המנגנון הקטליטי ומגוון הקישור של גליקוזיד-הידרולאזות נבחרים.
- פתרון המבנה התלת-מימדי של גליקוזיד-הידרולאזות נבחרים ובחינת הקשר בין מבנה ותפקוד החלבונים.
- הנדסת החלבונים בשיטות של אבולוציה מכוונת ומתוכננת על מנת שלפר את יעילות החלבון והתאמתו לשימוש בתעשיית הדלקים.
- הרכבת תערובת גליקוזיד-הידרולאזות רקומביננטים בשילוב אופטימאלי להידרוליזה של פסולת חקלאית לצורך טיפול כולל במסה ביולוגית כחלק מתהליך המקדים לתסיסה בייצור דלק ביולוגי.

סריקת הפעילות שהוצעה במחקר זה התבססה על פירוק סובסטרטים טבעיים של צלולוז גבישי. לסריקה הרצפית נבחרה טכניקת המתבססת על עיבוד נתונים של רצפי ה-DNA ממאגרי מידע של ספריות מטגנומיות. אנזימים פוטנציאליים שימצאו בסריקות השונות יעברו אפיון של אופן פעילותם וניסיון לשפרם ולהתאימם לתעשיית ייצור האתנול יעשה בעזרת כלים מולקולריים.

בסריקת הפעילות נבחנו שיטות שונות לאיתור פעילות אנזימטית לפירוק צלולוז והתאמתן למערכת סריקה רובוטית בעלת תפוקה גבוהה. על מנת להתאים את השיטה למכשור הייחודי נבחנו תנאי הבדיקה כגון מספר שלבי הריאקציה, רגישות, ספציפיות, טמפרטורה נדרשת, ערך הגבה ואופי הריאגנטים עליהן מבוססת הבדיקה. שיטות זיהוי הפעילות המבוססות על ריאקציית סוכר מחזר דרשו טמפרטורות גבוהות הגורמות לאיבוד חומר באידוי, גורם המהווה מכשול בעבודה בנפחים קטנים הנדרשת במערכת האוטומטית. כמו כן נדרשו שלבים רבים הכוללים סירכוז דוגמאות, ערבול



והרחפת משקעים. לאחר בחינת המגבלות הוסק כי אין בידינו הציוד הנדרש על מנת לבצע בדיקות אלו ואם היה ברשותנו יעילותו ועלות מטילה בספק את כדאיותו

שיטת הסריקה הרצפית מבוססת על זיהוי ספציפי של רצפי גליקוזיד הידרולאזות הממוקמים באגד יחד עם אנזימים המיועדים לפירוק צלולוז על מנת לנפות מידע רצפי עודף. הערכה ראשונית של אמיתות הזיהוי מתבצעת על ידי הישנות מיקומו של גן הג"ה הפוטנציאלי בספריות נוספות וברצפים של אורגניזמים ידועים. עד כה, לאחר סריקה ראשונית של 75 ספריות מטגנומית מסביבות גידול מימיות-טרמופיליות, נמצאו 97 מקטעי DNA המכילים 272 גנים של אנזימים צלוליטיים, כמו כן 722 גנים הקשורים לתהליך פירוק הצלולוז. שמונה מקטעי DNA החשודים כמכילים גנים המהווים מערכת לניצול צלולוז נבחנו ואופיינו, שני מקטעים נבחרו להמשך אפיון מלא בשיטות ביוכימיות ושלושה גנים פוטנציאליים כגליקוזיד הידרולאזות חדשים נבחנו ומאופיינים בשיטות ביוכימיות.

באפיון המערכת לניצול גלקטן וגליקוזידאזות בחיידק גאובצילוס סתארותרמופילוס, נמצא כי ניצול גלקטן בחיידק כולל את השלבים הבאים: גלקטן מתפרק מחוץ לתא לאוליגומרים קצרים על ידי הגלקטנאז החוץ תאי. סוכרים אלה נכנסים לתא דרך המערכת הובלה ייעודית, שם הם מתפרקים ליחידות גלקטוז על ידי הגלקטוזידאז התוך תאי. לבסוף, יחידות הגלקטוז עוברות מטאבוליזם בתא ל-UDP - גלוקוז במסלול ה-Leloir. נמצא כי החלבון GanR ככל הנראה מבקר את השעתוק של הגנים במערכת. העבודה לשיפור האנזים Abp גרמה לעלייה של שלושה סדרי גודל בספציפיות כלפי α -D גלקטופיראנוז וירידה של פי 2.5 בלבד בספציפיות כלפי β -L ארבינופיראנוז.

שיטת הסריקה הרצפית מבוססת על זיהוי ספציפי של רצפי גליקוזיד הידרולאזות הממוקמים באגד יחד עם אנזימים המיועדים לפירוק צלולוז על מנת לנפות מידע רצפי עודף. הערכה ראשונית של אמיתות הזיהוי מתבצעת על ידי הישנות מיקומו של גן הג"ה הפוטנציאלי בספריות נוספות וברצפים של אורגניזמים ידועים. עד כה, לאחר סריקה ראשונית של 75 ספריות מטגנומית מסביבות גידול מימיות-טרמופיליות, נמצאו 97 מקטעי DNA המכילים 256 גנים של אנזימים צלוליטיים, כמו כן 522 גנים הקשורים לתהליך פירוק הצלולוז. שמונה מקטעי DNA החשודים כמכילים גנים המהווים מערכת לניצול צלולוז נבחנו ואופיינו, שני מקטעים נבחרו להמשך אפיון מלא בשיטות ביוכימיות ושלושה גנים פוטנציאליים כגליקוזיד הידרולאזות חדשים נבחנו ומאופיינים בשיטות ביוכימיות. באפיון המערכת לניצול גלקטן וגליקוזידאזות בחיידק גאובצילוס סתארותרמופילוס, נמצא כי ניצול גלקטן בחיידק כולל את השלבים הבאים: גלקטן מתפרק מחוץ לתא לאוליגומרים קצרים על ידי הגלקטנאז החוץ תאי. סוכרים אלה נכנסים לתא דרך המערכת הובלה ייעודית, שם הם מתפרקים ליחידות גלקטוז על ידי הגלקטוזידאז התוך תאי. לבסוף, יחידות הגלקטוז עוברות מטאבוליזם בתא ל-UDP-גלוקוז במסלול ה-Leloir. נמצא כי החלבון GanR ככל הנראה מבקר את השעתוק של הגנים במערכת. העבודה לשיפור האנזים Abp גרמה לעלייה של שלושה סדרי גודל בספציפיות כלפי α -D גלקטופיראנוז וירידה של פי 2.7 בלבד בספציפיות כלפי β -L ארבינופיראנוז.



פיתוח מערכת להפקת אנרגיה תוך ניצול זבל חקלאי וביתי על בסיס ראקטור גזיפיקציה ומנוע קיטור קטן

112-2-1

גד פנחס, מייק ששון // אוניברסיטת אריאל בשומרון

הפרויקט עוסק בפיתוח מערכת אנרגיה תוך ניצול פסולת חקלאית / עירוני מערכת משולבת לייצור חשמל עבור קהילות קטנות עד 30,000 אנשים או 50 טון / יום של פסולת). הכנסות נוסף נוצר מן החיסכון בעלויות סילוק פסולת.

מפותחת טכנולוגיה שתהפוך נטל לנכס על ידי המרת פסולת מוצקה עירונית (MSW) לא ממוינת ופסולת חקלאית לחשמל באמצעות גזיפיקציה וניצול התוצרים להזנה במנוע שריפה חיצונית: מנוע קיטור. המערכת הניבנת כוללת ראקטור גזיפיקציה, מבער מצע מרחף, קיטור אדים ומנוע קיטור בוכנתי. תכנון זרימת האוויר מעלה לקבלת יעילות טובה פליטות נמוכות.

בשנת המחקר השנייה נבנו מרכיבי המערכת, ניבנו מודלים לחיזוי פעולת, המערכת, וכן נבנו מערכות ניסוי על מנת לתמוך את התכנון ובוצעו ניסויים על ראקטור הגזיפיקציה לקבלת פעולה מיטבית. בגמר בניה של כל מרכיב הוא יוטמע במערכת הכוללת השלבים. כך שהמודלים שנבנו, מערכות הניסוי לכל מרכיב יאפשרו פעולה משולבת תקינה ומיטבית. המערכת הינה לפני בחינה ואינטגרציה. למערכת המקורית נוסף "משקע מזהמים" (Scrubber) ביציאת הגזים להקטנה נוספת של המזהמים. מפותחת מערכת ייחודית של "ראקטור פתוח" שבמערכת בקרה מתאימה על ספיקות האוויר יכול לפשט את המערכת ולאפשר הזנה רציפה מהחלק העליון של הראקטור.



טיפול מקדים בפסולת חקלאית ליגנו-צלוליטית בידוד חיידקים יצרני ליגנזות וצלולזות וטיפול חימצון מתקדמים³

122-3-2

יורם גרשמן // אוניברסיטת חיפה- ארנים

בשנים האחרונות יש זינוק בעניין בתחליפי דלק ממקורות מתחדשים, במיוחד בהקשר תחליפי דלק לתחבורה כביו-דיזל וביו-אתנול. אחד מהמקורות המבטיחים ביותר לתחליפי דלק מתחדשים הוא פסולת חקלאית, אולם נכון להיום השימוש בפסולת חקלאית כביומאסה לייצור דלקים ביולוגיים ובמיוחד ביו-אתנול איננו כלכלי, בין היתר עקב חוסר שיטות אנזימתיות יעילות לפירוק צלולוז.

במסגרת פרויקט זה נבדוק גישה אנזימתית לטיפול בביומאסה צלוליטית - נבדד חיידקים מפרישי צלולוז מסביבה עתירת צלולוז, נזהה את האנזימים ונבדוק את השימוש בהם לטיפול בביומאסה. תוצאות מחקר זה יוכלו להוביל לשיפור משמעותי בכדאיות ייצור האתנול מפסולת חקלאית צלוליטית.



³ צפוי להסתיים בסוף 2014



מפעל חצי חרושת ביוון, מחקר 1-112, סובחי בשיר, טרנסביודיזל בע"מ



הפקת סינגז מתערובת של פסולת צמחית ומוצרי לוואי של ייצור ביודיזל באמצעות גזיפיקציה במים סופרקריטיים⁴

132-3-7

יפים קוריטיני // אוניברסיטת בן גוריון שבנגב

מטרת הפרויקט הינה ייצור דלק איכותי ממקורות אנרגיה מתחדשים, להחליף דלק-מאובנים במקורות מתחדשים, לפתור את הבעיות הסביבתיות והאקולוגיות הקשורות להטמנת פסולת של ביומאסה, ואפקט החממה.

לשימוש באנרגיית ביומאסה יש את הפוטנציאל להפחתה משמעותית בפליטת גזי חממה. שריפת דלק המופק מביומאסה יכול להחליף את השימוש בדלק מאובנים עבור ייצור אנרגיה. היות וביומאסה היא משאב מתחדש, ישנו ייצור כולל נמוך יותר של פחמן דו-חמצני מאשר בשריפת דלק-מאובנים, מכיוון שפחמן דו חמצני נספג במהלך היווצרותה של ביומאסה. עיבוד ביומאסה לדלק היא אלטרנטיבה מבטיחה יותר מאשר הטמנת פסולת הביומאסה, מכיוון שזה יקטין את פליטת גזי המזבלות אשר משפיעים על הפוטנציאל להתחממות גלובאלית.

מקורות נדלים של דלק מאובנים ואפקט החממה משכו את תשומת לב הציבור לשימוש בביומאסה עבור הפקת דלקים ואנרגיה. התהליכים התרמו-כימיים הזמינים הם בעירה, פירוליזה, ניזול וגזיפיקציה. המרת ביומאסה לדלקים גזיים ונוזליים, ומימן בעיקר, היא האופציה היעילה ביותר לניצול ביומאסה. אחת השיטות המושכות ביותר מבחינה כלכלית של המרה תרמו-כימית של ביומאסה היא גזיפיקציה.

גזיפיקציה של ביומאסה באמצעות שיטות קונבנציונליות מובילה לייצור כמויות משמעותיות של זפת ושרידים מפוחמים אשר מפחיתים את יעילות ההמרה של הגזיפיקציה. בנוסף, כמות הלחות בביומאסה היא גבוהה באופן משמעותי. על מנת להפחית את כמות הלחות בדלק, נדרש טיפול מקדים בדלק. בדרך כלל, כמות הלחות ברצויה בדלק, עבור גזיפיקציה קונבנציונלית, צריכה להיות פחות מ-20%. על פי הערכותינו, היעילות האנרגטית של גזיפיקציה של ביומאסה רטובה (אחוזי לחות 50%-60%), בהתחשב באיבוד אנרגיה על ייבוש, תגיע לכ-30 עד 45%.

אחת השיטות המבטיחות לייצור סינגז מביומאסה רטובה היא גזיפיקציה של הביומאסה במים סופר קריטיים. נוזלים סופר קריטיים, בדרך כלל, מכילים תכונות ייחודיות של הסעה וממס בהשוואה לנוזלים או גזים. מים סופר קריטיים ממסים את הרכיבים האורגניים של חומר הגלם אך לא את הרכיבים האן-אורגניים. הגזיפיקציה של חומר הגלם נעשית במדיום הומוגני עם שיעור תגובה גבוה וניתן לייצר סינגז ליד סביבת שיווי משקל תרמודינמי. יעילות הגזיפיקציה תלויה בניצול חום מהסינגז המיוצר. במהלך חימום מים סופר קריטיים חסר של המעבר פאזה, לכן, יעילות מחליף החום עולה והיעילות הכללית של הליך הגזיפיקציה עולה גם. כנובע מחישובים, יעילות מחליף חום בתנאים סופר קריטיים יכולה להגיע ל-87.5% בהשוואה עם 53.4% בתנאים סאב-קריטיים.

⁴ צפוי להסתיים בסוף 2015



.....

חשוב לציין כי ההרכב של סינגז תלוי משמעותית בפרמטרי מערכת הגזיפיקציה. התוצאות הצפויות מצביעות על יחס ישיר בין הרכב הגז לטמפרטורה והיתכנות של הטכנולוגיה המוצעת לייצור סינגז עשיר במימן, לכן כאשר טמפרטורת התהליך מוגדלת מ-450 מעלות צלזיוס ל-600 מעלות צלזיוס, תכולת המימן בסינגז עולה מ-23% ל-51% (vol %db). גזיפיקציה במים סופר קריטיים מספקת סינגז עבור שימושים מגוונים (דלקים נוזליים, מתאנול והפקת מימן, חומר גלם לתעשייה הכימית, בעירה בדודים ואחרים).

מתקני גזיפיקציה במים סופר קריטיים בימינו משתמשים בטכנולוגיות דומות הכוללות חימום חיצוני של תערובות הביומאסה ומים (slurry) במחליף החום וחימום חיצוני נוסף של התערובת בריאקטור. טכנולוגיות אלו מפשטות טיפול בחומר גלם ומבטיחות יעילות אנרגטית גבוהה. אולם, כאשר עושים גזיפיקציה לחומר אורגני מורכב (מוצק ונוזל) התוצאות של שימוש בטכנולוגיות אלו מתבטאות בכך שנוצרת טינוף בצורה מהירה על משטחי החימום של הריאקטור ומחליף החום, ונוצרת חסימה בצינורות של מחליף החום. חסימה וטינוף של משטח מחליף החום מתרחשת כאשר טמפרטורת התרחיף קרובה לנקודה הקריטית של המים. קצב חימום הוא משתנה מפתח בגזיפיקציה במים סופר קריטיים היות וזה משפיע ישירות על היווצרות זפת ושרידים מפוחדים ועל הרכב הגז. קצב חימום נמוך גורם לביומאסה להיות יותר זמן בטמפרטורות נמוכות לפני הגעה לתנאים סופר קריטיים, דבר המוביל לתנאים הטרוגניים עבור הידרוליזה והיווצרות של זפת, פנולים ופורפורולים (furfurals) אשר מהווים מכשול בגזיפיקציה. מתן קצב חימום גבוה הוא אתגר כאשר מבצעים גזיפיקציה על חומר גלם אורגני בצורת תרחיף (slurry) בשל חימום חיצוני של התערובת.

המעבדה לשריפה נקייה הציעה טכנולוגיית גזיפיקציה במים סופר קריטיים חדישה אשר משלבת חימום חומר גלם בריאקטור ע"י ערבוב עם מים סופר קריטיים. הסכימה המוצעת תאפשר מניעה של הבעיות המוזכרות לעיל ושומרת על יעילות גבוהה בתהליך. זה מושך מבחינה טכנולוגית להשתמש בחומר גלם כתערובת של ביומאסה מוצקה ופסולת אורגנית נוזלית בטכנולוגיה המוצעת.

העלייה הדרמטית בביקוש עבור דלקים תחבורתיים בשילוב מאגרים נדלים של נפט גולמי, הדגישה את נושא ייצור הביו-דיזל. ביו-דיזל בדרך כלל נוצר כאשר שומנים ושמינים מגיבים כימית עם אלכוהול, בדרך כלל עם מתאנול, על מנת לייצר אסתר (סוג של תרכובת אורגנית), או ביו-דיזל. הפקת ביו-דיזל תייצר בערך 10% (w/w) גליצרול כתוצר לוואי המרכזי. יותר מדי עודף של גליצרול גולמי מהפקת ביו-דיזל ישפיע על השוק של הגליצרול המזוקק. לכן, פיתוח תהליך יציב ומתמשך עבור ניצול חומר הגלם האורגני הזה הינו הכרחי.



.....

עקרון ראשי של הטכנולוגיה המוצעת הוא גזיפיקציה במים סופר קריטיים של תערובת של פסולת ביומאסה מוצקה וגליצרוֹל גולמי. הטכנולוגיה משלבת יתרונות של שימוש תרחיף (slurry) וחימום ישיר של חומר הגלם בריאקטור והיא האופציה המבטיחה הוולת תהליך הפקת ביו-דיזל.

היתרונות העיקריים בטכנולוגיה המוצעת הם: (1) מושגת יעילות תהליך גבוהה בשל ניצול כמעט מלא של אנרגיה מהסינגז; (2) חימום חומר הגלם לטמפרטורת התגובה נעשית על ידי אמצעי ערבוב חומר הגלם עם זרם המים הסופר קריטיים. דבר זה מבטל את הבעיות של חסימת צינורות במחליף החום וטינוף על משטחי מחליף החום. ערבוב חומר הגלם והמים הסופר קריטיים מבטיח קצב חימום גבוה ולכן מדכא היווצרות של זפת ושרידים מפוחמים; (3) השימוש בתערובת של ביומאסה/גליצרוֹל גולמי יפשט את הסכימה הטכנולוגית של ההזנה; (4) הלחץ הגבוה של התוצר הגזי מקל על התחבורה, שימוש, לכידת פחמן דו-חמצני ועוזר לטהרת תוצר הגז (5) טמפרטורת הריאקציה נמוכה הרבה יותר מאשר בגזיפיקציה קונבנציונלית. לדוגמה, טמפרטורת גזיפיקציה קונבנציונלית באדים היא תמיד מעל 1000 מעלות צלזיוס, בעוד שגזיפיקציה מוחלטת של ביומאסה במים סופר קריטיים יכולה להיות מושגת ב-600 עד 650 מעלות צלזיוס; (6) התוצר הגזי יכול להיות נקי. היות וכמעט לא נוצרו SO_x - NO_x בגזיפיקציה במים סופר קריטיים, וריכוז תחמוצות הפחמן מאוד נמוך; (7) הסינגז מופק ישירות בלחץ גבוה, דבר אשר אומר נפח ריאקטור קטן יותר וצריכת אנרגיה נמוכה יותר לאחסון הגז בלחץ גבוה.

ההצעה מתאימה לבקשה של המשרד להגנת הסביבה עבור הצעות מחקר 2013(2) "הפקת אנרגיה מביומאסה", פריט (3) "הפקת דלק מפסולת צמחית". המטרה העיקרית של ההצעה היא לפתח מערכת בטכנולוגיית גזיפיקציה במים סופר קריטיים חדישה עבור גזיפיקציה של תערובת של ביומאסה מוצקה ותוצרי לוואי של הפקת ביו-דיזל עבור יצירת סינגז. המטרות העיקריות של הצעה זו הן:

1. לפתח מודל מתמטי של שיווי משקל בתהליך הגזיפיקציה, לחקור השפעות של פרמטרי תפעול על תפוקת והרכב הסינגז, לתכנן ריאקטור-גזיפייר, וציוד הפרדה וטיהור.
2. לפתח מתקן מעבדתי עבור מחקר של גזיפיקציה במים סופר קריטיים של תערובת ביומאסה-גליצרוֹל גולמי. ספיקתו תהיה כ-100-250 גרם לשעה של חומר גלם.
3. לחקור השפעה על פרמטרי קינטיקה של תהליך גזיפיקציה במים סופר קריטיים (טמפרטורה, לחץ, זמן תגובה ויחס תערובת הביומאסה-גליצרוֹל) וגודל חלקיקי הביומאסה.

הטכנולוגיה המוצעת היא ידידותית לסביבה ויישומיה יכולים להפוך אנרגיה ירוקה ליותר אטרקטיבית מבחינה מסחרית.



חיפוש מטאגנומי לאנזימים צלולריטים ייחודיים לפירוק פסולת חקלאית⁵

132-3-5

יובל שוהם // הטכניון למחקר ולפיתוח

ביומאסה מהווה אחד ממקורות האנרגיה הזמינים, הנוזליים והמתחדשים שאינם תורמים פחמן דו חמצני לסביבה. ביומאסה מורכבת ברובה מפוליסכרידים גבה מולקולרים היכולים לשמש כמקור פחמן לשמרים בתהליך תסיסה לייצור ביואתנול. בישראל נוצרת פסולת אורגנית צמחית (ביומאסה) מגידול צמחים במטעים, בשדות, בחממות וכתוצר לוואי מעיבוד תעשייתי של מוצרים חקלאיים. מפסולת זו ניתן להפיק ביואתנול. הפירוק בטבע של ביומאסה נעשה בעיקרו על ידי מיקרו-אורגניזמים אשר פיתחו אסטרטגיות שונות לפירוק וניצול ביומאסה. מיקרו-אורגניזמים אלה מפרישים אנזימים הנקראים גליקוזיד-הידרולאזות אשר מבקעים את הקשר הגליקוזידי ומשחררים סוכרים מסיסים. אחד השלבים הקריטיים בניצול ביומאסה הינו פירוק הפוליסכרידים לסוכרים מסיסים. פירוק זה ניתן להשגה באמצעות אנזימים מתאימים היכולים לעבוד ביעילות על ליגנולוז. כדי לייצר אתנול באופן כלכלי יש צורך להוזיל את עלויות השלב האנזימטי. אנזימים אלה ניתן כיום למצוא ולשפר במגוון גישות שפותחו בשנים האחרונות. לדוגמא, גישות מטאגנומיות מאפשרות כיום לסרוק את המגוון הגנטי של הסביבה ללא צורך בגידול פרטני של מיקרואורגניזמים. מטרות המחקר הן למצוא אנזימים ייחודיים לפירוק ביומאסה ממקורות מטאגנומים, לפענח את המבנה המרחבי ואת המנגנון הקטליטי שלהם ולהנדס אותם לפעילות אופטימלית על מגוון סובסטרטים.

שלבי המחקר יכללו:

- סריקה תפקודית ורצפית של ספריות מטאגנומיות לגליקוזיד-הידרולאזות.
- פענוח המבנה התלת-מימדי והמנגנון הקטליטי של גליקוזיד-הידרולאזות נבחרים.
- שימוש בהנדסת חלבון בשיטות מושכלות ואבולוציה מכוונת על מנת לשפר את האנזימים לפירוק פסולת אורגנית.
- הרכבת תערובת של גליקוזיד-הידרולאזות רקומביננטיים בשילוב אופטימאלי להידרוליזה של פסולת חקלאית.

תוצאות המחקר יאפשרו לגלות גליקוזיד-הידרולאזות חדשים וכן לפתח טכנולוגיות סריקה ואפיון של אנזימים צלולריטים. אנזימים אלה ישמשו לניצול פסולת חקלאית לייצור ביואתנול בתהליך שיהיה מקיף לכלל סוגי הפסולת החקלאית בארץ ויהיה יעיל כלכלית ובר יישום.

⁵ צפוי להסתיים בסוף 2016



שימוש בטכנולוגיות חימצון מתקדמות לטיפול מקדים בביומאסה ליגנוצלוטית לייצור ביו-אתנול⁶

132-3-4

יורם גרשמן, הדס ממן, ניקה צינקוב // אוניברסיטת חיפה

בשנים האחרונות יש זינוק בעניין בתחליפי דלק ממקורות מתחדשים, במיוחד בהקשר תחליפי דלק לתחבורה כביו-דיזל וביו-אתנול. דלק כזה יכול לא רק להחליף דלק מאובן אלא, אפילו במהול נמוך, להפחית משמעותית את פליטת המזהמים ממנועי שריפה פנימית. נכון להיום אתנול מיוצר מגידולים חקלאיים מיוחדים לדבר - עמילן תירס (ארה"ב), סלק סוכר (אירופה) או קנה סוכר (ברזיל) - אולם דבר זה יוצר בעיות קשות של תחרות על הקרקע, מים ודשנים ובארץ בפשטות אין מספיק שטח פתוח לגידולים ייחודיים לצורך תעשיית הביואתנול.

פתרון מבטיח הוא המרת פסולת חקלאית - פסולת שעשירה בצלולוז וליגנין. צלולוז הוא פולימר של גלוקוז (ובמקרה של המי-צלולוז סוכרים נוספים) ויכול עקרונית לעבור פירוק לסוכרים פשוטים ולשמש כמקור מזון לתסיסה ויצירת אתנול (או לחילופין ליצירת ביוגז וכיו"ב) אולם פירוק צלולוז למרכיביו מוגבל מאוד עקב נוכחות הליגנין.

ליגנין הוא פולימר פנולי מורכב שמהווה חלק משמעותי מתכולת החומר הצימחי. ליגנין משמש כחומר אטימה ומוסיף חוזק לצמח. ליגנין מהווה מחסום פיזי לנגישות חומרים ואנזימים (כצלולאזות) שנועדו לפרק הצלולוז לסוכרים ולפחות במקרה של האנזימים נמצא לאחרונה כי הם נקשרים ל- ומעוכבים ע"י נוכחות ליגנין. מצב זה יוצר צורך בטיפולים מקדימים מסובכים ויקרים (טיפולים בחומצה ו\או בסיס חזק, ו\או טיפולים בחום ולחץ גבוהים, אמוניה ועוד). טיפולים מקדימים אלו יקרים ולעיתים מכילים חומרים רעילים או יוצרים תוצרי לוואי רעילים, שמפריעים לאנזימים ו\או לשמרים בהם משתמשים להתססת הסוכרים הנוצרים, דבר שדורש ניקוי של הביומאסה המטופלת לפני התססתה ע"י שמרים. תוצאת סיבוכים טכניים אלו היא שהשימוש בפסולת חקלאית כביומאסה לייצור דלקים ביולוגיים ובמיוחד ביו-אתנול איננו כלכלי נכון להיום.

במסגרת פרויקט זה נבדוק את אפשרות השימוש בתהליכי חמצון מתקדמים (Advanced Oxidation Processes) לטיפול מקדים בביומאסה ליגנוצלוטית. תהליכים אלו יוצרים רדיקלי הידרוקסיד ($\bullet\text{OH}$). רדיקל זה מאופיין ביכולת חמצון מהגבוהות ביותר לפירוק של מזהמים אורגנים מחד ובאורך חיים קצר מאידך. התגובה הלא סלקטיבית של הרדיקלים מאפשרת את התאמת התהליך לטיפול במזהמים רבים ומגוונים בעוד אורך החיים הקצר מונע פגיעה בתהליכים המשכיים (למרות שתאיאורטית יתכן מצב של יצירת תוצרי לוואי רעילים ארוכי חיים כתוצאה מהתגובה ועניין זה ייבדק במחקר). נבדוק טיפולים שונים ושילובים שלהם שאמורים לשפר את יצירת הרדיקלים: אוזון, אור אולטרה סגול עם/בלי מי חמצן, אוזון עם או בלי מי חמצן ואור אולטרה סגול, פוטוקטליזה סולרית ושלילוב של גלי קול (אולטרה סאונד, סונוקטליזה) עם ראקצית פנטון.

⁶ צפוי להסתיים בסוף 2016

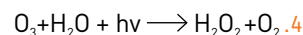
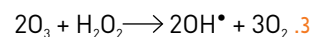
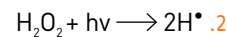
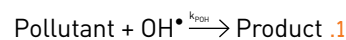


למשל, פרוק הביומאסה הליגנוליתית על ידי רדיקלי ההידרוקסיל (נוסחה 1) מתרחשים במספר מנגנונים עיקריים בתהליך ה- $O_3/UV/H_2O_2$:

א. פרוק מי החמצן על ידי קרינת ה-UV (נוסחה 2).

ב. תגובה של מי החמצן והאוזון (נוסחה 3).

ג. פרוק אוזון על ידי קרינת ה-UV בתגובת שרשרת, למי חמצן ובהמשך לרדיקלים (נוסחה 4).



נבדוק שיטות אלו במטרה להגיע ליעילות מרבית: נבדוק מידת פירוק של ליגנין וצלולוז, קישור\ עיכוב צלולאזות ע"י תוצר הטיפול, האם נוצרים תוצרי לוואי רעילים לאנזימים או לשמרים, ומידת המרת התוצר לאתנול אחרי טיפול באנזימים. כל התהליכים הנ"ל ילוו בבדיקות NMR לצורך מעקב אחר השינויים המבניים של ליגנין וצלולוז בעקבות הטיפולים. מאחר והתגובה של רדיקלי ההידרוקסיד עם ליגנין איננה מובנת היטב, למידת המנגנונים הכימיים של התהליך תאפשר לשפרו בעתיד.

תוצאות מחקר זה יוכלו להוביל להבנה טובה יותר של השימוש בתהליכי AOP לטיפול מקדים בפסולת חקלאית, איזה טיפול הוא המתאים ביותר, מהם השינויים הכימיים החלים במהלכו ולבסוף לשיפור משמעותי בכדאיות ייצור האתנול מפסולת חקלאית-ליגנוליתית.



גפת זיתים - טיפול מקדים, ושימוש בשמרים לייצור אתנול⁷

132-3-3

יורם גרשמן, חסן עזאזיה // אוניברסיטת חיפה

בשנים האחרונות יש זינוק בעניין בתחליפי דלק ממקורות מתחדשים, במיוחד בהקשר תחליפי דלק לתחבורה כביו-דיזל וביו-אתנול. דלק כזה יכול לא רק להחליף דלק מאובן אלא, אפילו במיהול נמוך, להפחית משמעותית את פליטת המזהמים ממנועי שריפה פנימית. נכון להיום אתנול מיוצר מגידולים חקלאיים מיוחדים לדבר - עמילן תירס (ארה"ב), סלק סוכר (אירופה) או קנה סוכר (ברזיל) - אולם דבר זה יוצר בעיות קשות של תחרות על הקרקע, מים ודשנים ובארץ בפשטות אין מספיק שטח פתוח לגידולים ייחודיים לצורך תעשיית הביואתנול.

ביומאסה ליגנולולוזית מורכבת בעיקר מדופן התא הצמחי ומכילה צלולוז ארוז ברובו במבנה גבישי, המוקף בליגנין אשר נקשר אליו באמצעות קשרי צילוב המכונים המיצלולוז. עקב מורכבות מבנה דופן התא הצמחי, יש צורך בטיפול קדם אשר יביא לביקוע קשרי הצילוב של ההמיצלולוז, הפרדת שכבת הליגנין והרחבת גבישי הצלולוז, ובכך לחשיפת סיבי הצלולוז להידרוליזה אנזימטית, תוך כדי צמצום היווצרות של תוצרי הלוואי הנוצרים עקב חמצון של חלק מהסוכרים המופרדים בתהליך, ומביאים לעיכוב תהליכי התסיסה של שמרים וחיידקים.

פתרון מבטיח הוא המרת פסולת חקלאית - פסולת שעשירה בצלולוז וליגנין. צלולוז הוא פולימר של גלוקוז (ובמקרה של המי-צלולוז סוכרים נוספים) ויכול עקרונית לעבור פירוק לסוכרים פשוטים ולשמש כמקור מזון לתסיסה ויצירת אתנול (או לחילופין ליצירת ביוגז וכיו"ב) אולם פירוק צלולוז למרכיביו מוגבל מאוד עקב נוכחות הליגנין. בהקשר זה שתיים מהפסולות המעניינות ביותר הן גפת זיתים מבתי בד וגפת של יקבים מסחיטת ענבים.

הגפת היא הפסולת המוצקה שנוצרת בזמן הפקת שמן הזית בבתי הבד. בישראל כמות הגפת מסחיטת זיתים נאמדת ביותר מ-6,000 טונה מדי שנה שלפעמים משמשת לשריפה והפקת אנרגיה או לדישון קרקע אבל בהרבה מקרים מושלכת כפסולת מוצקה ללא טיפול. הגפת עשירה בצלולוז, המי-צלולוז וליגנין כמו גם בחומרים פנוליים רבים אחרים ולכן נחשבת כפסולת רעילה ואיננה ניתנת להטמנה ישירה. במחקר זה בכוונתנו לחקור דרכים להמרת גפת זיתים, לבד או בשילוב עם פסולות חקלאיות נוספות, לאתנול.

גפת זיתים עשירה בצלולוז, המיצלולוז וליגנין. הצלולוז שהוא פולימר של גלוקוז, הוא מועמד טבעי לפירוק ויצירת אתנול, ההמיצלולוז פחות נוח שכן הוא מכיל גם כמויות משמעותיות של סוכרים קשי התססה (כארבינוז וקסילוז). בעיה מיוחדת מציג ריכוז הליגנין בגפת. ליגנין הוא פולימר פנולי מורכב שמהווה חלק משמעותי מתכולת החומר הצימחי. ליגנין משמש כחומר אטימה ומוסיף חוזק לצמח. ליגנין מהווה מחסום פיזי לנגישות חומרים ואנזימים (כצלולאזות)

⁷ צפוי להסתיים בסוף 2016



שנועדו לפרק את הצלולוז אל הסובסטרט ולפחות במקרה של האנזימים נמצא לאחרונה שהן נקשרות ל- ומעוכבות ע"י נוכחות ליגנין. מצב זה יוצר צורך בטיפולים מקדימים מסובכים ויקרים (טיפולים בחומצה ו\או בסיס חזק, ו\או טיפולים בחום ולחץ גבוהים, אמוניה ועוד). טיפולים מקדימים אלו יקרים ולעיתים מכילים חומרים רעילים או יוצרים תוצרי לוואי רעילים, שמפריעים לאנזימים ו\או לשמרים בהם משתמשים להתססת הסוכרים הנוצרים, דבר שדורש ניקוי של הביומאסה המטופלת לפני התססתה ע"י שמרים וגורם לכך שהשימוש בפסולת חקלאית כביומאסה לייצור דלקים ביולוגיים ובמיוחד ביו-אתנול איננו כלכלי, בין היתר בגלל הצורך בטיפולים מקדימים יקרים לסילוק הליגנין.

מניתוח ראשוני של תכולת חומרי הגלם נראה שגפת הינה בעלת פוטנציאל להוות חומר גלם להפקת ביואתנול, אולם נחות מקש חיטה, שכן תכולת הפחמימנים המבניים נמוכה יותר והיא מכיל יותר ליגנין. מאידך, גפת הינה פסולת חקלאית המהווה מטרד סביבתי ונחשבת כחומר גלם דור שני המועדף לייצור ביואתנול לעומת קש חיטה. תוספת של נייר משרדי ו/או קש חיטה העלתה את תכולת הסוכרים בחומר הגלם, ונטייתו לפירוק במהלך טיפול הקדם ולכן שיפרה את כדאיותו להפקת הסוכרים. יעילות טיפול הקדם נמצאה כתלויה בחומר הגלם, אולם מאחר וערבוב של מספר חומרי גלם לא היווה בעיה לטיפול הקדם או ההידרוליזה האנזימתית, ערבוב של גפת עם פסולות אחרות עתירות סוכר וכן שילוב של פסולות עונתיות חקלאיות אחרות כמו גפת ענבים יכולה להוות פיתרון למגבלות השימוש בגפת כחומר גלם ליצור ביואתנול.

במסגרת פרויקט זה נבדוק שיטות טיפול מקדים בשילוב חומצות אורגניות בריכוזים נמוכים ובטמפ' מתונות (170°C). לדבר זה חשיבות רבה כיוון שעלות חימום נפחים גדולים של פסולת חקלאית מאוד יקרה. השימוש בחומצות אורגניות אמור להפחית יצירת תוצרים רעילים ולהקל על תהליכי התסיסה בהמשך כיוון שחומצות אלו יכולות לשמש בעצמן כמקור פחמן.

פירוק תרכובות ליגנו-צלולוז יוצר תערובות שמכילות סוכרים עם חמשה ועם ששה פחמינים. כיום מקובל להתסיס תערובות אלו ע"י זנים תעשייתיים של שמרים - *Saccharomyces cerevisiae* ו\או זנים של החיידק *Zymomonas mobilis*, אולם אלו גם אלו אינם מסוגלים לנצל סוכרים עם חמשה פחמינים. לאחרונה פורסמו זנים מהונדסים של *S. cerevisiae*, *Z. mobilis* ו-*E. coli* אשר מנצלים סוכרים עם חמשה פחמינים אבל יעילותם בייצרנות ביואתנול מוגבלת. במסגרת הצעה זאת נחפש זנים יעילים יותר בניצול סוכרים - 5 פחמיניים.



פיתוח מערך להפקת ביו אתנול מעודפי ייבול, פסולת חקלאית צמחית ומצמחי מים⁸

132-3-2

מרינה ניסניץ, יעקב אנקר, סבטלנה לוגובסקי // אוניברסטית אריאל שבשומרון

הידלדלות מאגרי דלקי המאובנים, הופכים דלקים מבוססי ביומאסה, כגון ביואתנול, לתחליף מבטיח בהיקפים הולכים וגדלים. בעוד שמרבית המקורות הצמחיים המשמשים כיום לייצור ביואתנול מנצלים שטח ומשאבים החיוניים לגידולי מאכל, ביומאסה של עודפי יבול חקלאי, פסולת חקלאית צמחית וצמחי מים אינם דורשים שטחים חקלאיים נוספים. כיום משמשים עודפי יבול ופסולת חקלאית כדשן אורגני או נטמנים באתרי סילוק פסולת. אנו מציעים לנצל את סוכרים אשר נמצאים בהם להתססה לקבלת ביואתנול ורק לאחר מכן להשתמש בהם כדשן אורגני. צמחי מים פולשניים, כגון יקינתון מים (*Eichhornia crassipes*) וחסת המים (*Pistia stratiotes*), ידועים מחד כבעלי תכולת פוליסוכרים גבוהה. מאידך, צמחי מים אלו גורמים לפגיעה קשה בסובב הטבעי בגלל צמצום מגוון המינים בבתי הגידול אליהם הם פולשים וגם בשל חסימת נתיבי מים וצמצום שטחי מדגה.

השנה לדוגמא התרבתה והתפשטה חסת המים בהיקף חריג בימת הכינרת. במקרים כדוגמת הנ"ל הביומאסה מתקבלת כחומר גלם ללא השקעת תשומות בגידול. פיתוח שיטה לניצול עודפי יבול, פסולת צמחית וצמחי מים כמקור לביואתנול יכול למנוע את התחרות בין גידולי מאכל לגידולי אנרגיה ולסייע בבקרת התפשטות צמחי מים. המחקר המוצע נועד להכין תכנית פעולה ולפתח מתודולוגיה חדשנית להפיכת ביומאסה צמחית ממקורות שונים לביואתנול על ידי התססה מיקרוביאלית. במסגרת המחקר יפותח טיפול מכנוכימי מקדים ייחודי, אשר יחליף תהליך רב שלבי, מורכב ויקר של הידרוליזה, אשר מקובל כיום כתהליך קדם לשלב תהליך ההתססה. בנוסף, ישופר תהליך ההתססה לקבלת מערך מיטבי להפקת ביואתנול מביומאסה צמחית מעורבת. אופטימיזציה של תהליך ההתססה יעשה על ידי בחירת המיקרואורגניזמים המיטביים לייצור הביואתנול ואפיון תנאי הסביבה המיטביים לפעולתם. ביואתנול יכול לשמש כדלק לתחבורה ולהחליף לגמרי או לפחות באופן חלקי דלקי מאובנים.

⁸ צפוי להסתיים בסוף 2016



טיפול ביוכימי הידרותרמי משולב בזבלי עופות לייצור אנרגיה מחזור נוטריינטים וסילוק מזהמים סביבתיים⁹

132-2-1

עמית גרוס, ערן פרידלר, ג'ק גילרון, משה שיינטוך // אוניברסיטת בן גוריון שבנגב

תעשיית העופות היא אחד מענפי החקלאות הגדולים והמתפתחים בעולם המערבי. גידול מתועש של עופות מייצר כתוצר לוואי כמויות גדולות של פסולת עתירת חומר אורגני וחקן (בישראל "מיוצרים" כ-0.7 מיליון טון פסולת לולים בשנה). כיום הטיפול בפסולת לולים מתבצע במספר שיטות ביניהן במתקני קומפוסטציה, ייצור חשמל, טיפול אנארובי, וייצור ביוגז, אולם השימוש הנפוץ ביותר הינו פיזור בקרקע חקלאית. מגוון הטיפולים ובעיקר יישום קרקעי של פסולת לולים טומן בחובו בעיות סביבתיות לרבות זיהום אוויר, קרקע, מקורות מים, ריבוי חרקים מזיקים, פוטנציאל זיהום בחומרים פעילים אנדוקריניים ופיזור פוטנציאלי של פתוגנים וחומרים אנטיביוטיים. המחקר המוצע מתמקד בפיתוח ומחקר של ייצור אנרגיה מתחדשת מפסולת לולים בתהליך ביולוגי-כימי-הידרותרמי משולב וידידותי לסביבה. הגישה החדשנית תשלב מחזור אנרגיה ונוטריינטים עם הפחתה של מזהמים סביבתיים מפסולת לולים.

קרבוניזציה הידרותרמית - HTC (Hydrothermal Carbonization) - הוא טיפול הידרוכימי בטמפרטורה גבוהה בביומאסה רטובה, לצורך הפקה של ביו-פחם. בתהליך נוצר גם נוזל בעל תכולה גבוהה של נוטריינטים, היכול לשמש כדשן נוזלי ליישומים חקלאיים, וכן משתחרר גז בעת הקירור והורדת הלחץ. מאחר וזבל העופות עשיר יחסית בחנקן אורגני (~4% חנקן כללי) גז זה צפוי לשחרר אמוניה (NH_3) וחמצן דו-חנקני (N_2O), גז חממה שתורמתו להתחממות הגלובלית גבוהה פי 300 מזו של פחמן דו-חמצני. כאמור, התהליך חל בסביבה מימית אינרטי ללא חמצן בטמפרטורה של 180-275 °C ובלחץ של עד 5 מגה פסקל. בעל התנאים העונים, המים הופכים ריאקטיבים אנרגטית ויעילים ביותר כמדיום לתהליכי עיכול הביומאסה. תוצר התהליך - ביו-פחם, הוא מוצר עתיר פחמן, דחוס וסטירלי שיכול לשמש כדלק מוצק עבור יישומי אנרגיה חלופית. חישובים תיאורטיים וכן ניסוי מעבדה ראשוניים הראו כי האנרגיה האצורה בזבל עופות גבוהה באופן משמעותי מהאנרגיה הדרושה לטיפול ההידרותרמי אשר הופך אותו לחלופה אטרקטיבית. לדוגמא, כדי לחמם 3 ליטר מים (הנדרשים לטיפול ב-1 ק"ג של זבל עופות) מ-25 °C למים נוזליים ב-250 °C צריך 5-6 מגה פסקל נדרשת אנרגיה השקולה לפחות מ-2.5 מגה ג'אול לק"ג. זבל עופות גולמי מכיל כ-30% פחמן אורגני. לכן 1 ק"ג זבל עופות מכיל 300 גרם פחמן, או 0.8 ק"ג של צריכת חמצן כימי (COD), השקול ליותר מ-10 מגה ג'אול לק"ג. ערך זה הוא אופייני לחומרי גלם המשמשים כביומאסה עבור תהליכים הידרותרמיים. התוצאות הראשוניות שלנו מאשרות כי הזבל הגולמי אצורה אנרגיה פוטנציאלית דומה או אפילו מעט גבוהה יותר מבחינושבים התיאורטיים. בנוסף להשבת אנרגיה, הטיפול ההידרותרמי יעיל בהרחקת פתוגנים וצפוי אף לפרק מיקרו-מזהמים אורגניים לרבות חומרים פעילים אנדוקריניים ואנטיביוטיקה שאינם פריקים בטיפולים הסטנדרטים שהוזכרו מעלה לטיפול בפסולת עופות.

מאחר והעיכול ההידרותרמי מאד ריאקטיבי וזבל העופות עשיר בחנקן אורגני (~4% חנקן כללי) שמקורו בחומצה אורית הנוזל צפוי להכיל אמוניה וכך גם הפזה הגזית. בנוסף הפזה הגזית עלולה להכיל חמצן דו-חנקני (N_2O) - גז

⁹ צפוי להסתיים בסוף 2016



.....

חממה שתורמתו להתחממות הגלובלית גבוהה פי 300 מזו של פחמן דו-חמצני וכן גזים רעילים אחרים. על מנת להימנע מבעיה זו ולשם השבת חנקן בתהליך אנו מציעים שילוב של פילטר ביולוגי לטיפול בגזים הנפלטת. במחקר זה נתמקד בספיחה של אמוניה גזית הנוצרת בתהליך, המרתה לחנקה ושימוש בחנקה כדשן לחקלאות עשויים למקסם את ניצולת החנקן הכללית ולמנוע זיהום אוויר.

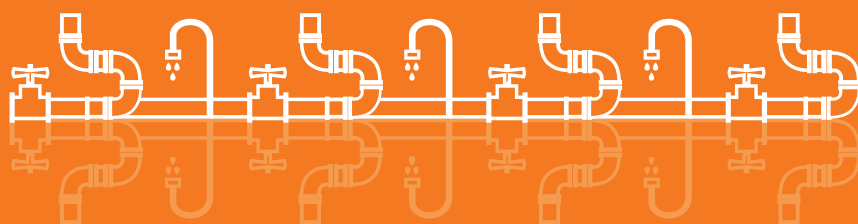
יעדי המחקר: כדי להתמודד עם המגבלות הקיימות בייצוב פסולת לולים, אנו מציעים טיפול חדשני משולב לייצור ביו-אנרגיה מזבל עופות. יתרה מכך, שילוב של עיכול הידרותרמי של זבל עופות עם ביופילטרציה יאפשר השבה יעילה של אנרגיה ונוטריינטים לצד מזעור מפגעים סביבתיים פוטנציאליים. קיים עניין הולך וגובר בתהליכים הידרותרמים כטיפול בפסולת. עם זאת, היישום שלהם טרם נבדק באופן יסודי עבור פסולת בעלי החיים וזבל עופות בפרט, במיוחד בשל תכולת החנקן הגבוהה. לכן, המחקר המוצע מתמקד בייצור ביו-אנרגיה מזבל עופות ובמזעור המפגעים הסביבתיים הקשורים לטיפולים הקיימים. בנוסף, המחקר המוצע ידון בשאלות מחקר בסיסיות ויישומיות שעולות משני התהליכים הנחקרים. במיוחד נתמקד במאזני אנרגיה וחנקן, הרחקת פתוגנים ומיקרו-מזהמים אורגניים (הורמונים ושיירי אנטיביוטיקה) והפחתת של פליטות גזי חממה וגזים רעילים נוספים.

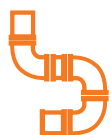
המטרות העיקריות של המחקר המוצע הן:

1. מחקר אודות הטיפול ההידרותרמי תחת מגוון של תנאים תרמיים לרווח אופטימלי של ביו-אנרגיה (ביו-פחם) ונוטריינטים (הן בנוזל והן מהגז - מטרה ג') מזבל עופות.
 2. הבנת גורלם של מיקרו-מזהמים אורגנים (הורמונים ושיירי אנטיביוטיקה) תחת תנאי הטיפול ההידרותרמי.
 3. שילוב ביופילטרציה של הגזים הנפלטת מהריאקטור ההידרותרמי בעיקר לטובת "תפיסה" של אמוניה גזית, ניטריפיקציה ביולוגית והשבה כחנקה למטרות חקלאיות נוספות.
- הפחתת פליטות גזים מסוכנים אחרים, לרבות תחמוצות חנקן (NO , N_2O), מתאן (CH_4) ומימן גופרי (H_2S).

בשלב ראשוני של המחקר המוצע, המחקר יתבסס על ניסויים מבוקרים במתקן מעבדתי שיוקם ויכלול ריאקטור HTC ופילטר ביולוגי. הממצאים מניסויים אלו ישמשו אותנו לתכנון של מתקן פיילוט שיוקם ובו ייבחן התהליך המשולב בקנה מידה חצי-חרושי. אנו סבורים שהטכנולוגיה המוצעת תאפשר הפקת אנרגיה מתחדשת לצד סילוק והרחקה של פתוגנים, חומרים פעילים אנדוקרינית ושיירי אנטיביוטיקה. בנוסף, אני צופים למיקסום השבה של נוטריינטים לשימוש חוזר בחקלאות לצד הפחתה משמעותית בפליטות של גזי חממה וגזים רעילים נוספים.

הפקת אנרגיה משפכים





הגברת תפוקת האנרגיה החלופית (ביוגז) משפכים תעשייתיים בעלי ריכוזים נמוכים יחסית של חומר אורגני ע"י שילוב תהליך אנזימאטי-אנאירובי חדשני

112-5-2

עיסאם סבאת, סארי עאסלה, נידאל מסאלחה, חיים שיינדורף // מ"פ אזורי אגודת הגליל

בעבודת מחקר זו נחקרת האפשרות להפקת אנרגיה חלופית מרבית ע"י עיכול אנאירובי לשפכים תעשייתיים קלים שונים (בתחום של צריכת חמצן כימית (צח"כ) בין 3000-10,000 מג"ל). ההצעה מתמקדת בבחינה של תהליך אנזימאטי חדשני כשלב טיפול קדם לזירוז ההידרוליזה של מוצקים אורגניים וחומרים קשי פריקות בזמן שהייה קצר יחסית. התהליך האנזימאטי ישולב עם תהליך אנאירובי מתקדם המתבסס על טכנולוגית קיבוע של חיידקים לשיפור היציבות של מערכת אנאירובית בקצב גבוה. ההיפופיזה היא כי שילוב זה יבטיח פירוק ביולוגי אנאירובי בטווח זמני שהיה קצרים יותר בהשוואה למערכות אנאירוביות קונבנציונליות, תוך כדי הפקת ביוגז מרבית.

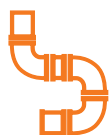
המחקר מתמקד בבחינת ההשפעה של הטיפול האנזימאטי על זירוז והגדלת הזמינות הביולוגית של מרכיבים קשי פירוק. נבדקה ההשפעה של העומס האורגני, זמני השהיה, pH, טמפרטורה, ריכוז המוצקים המרחפים וריכוז השמנים (FOG) על הכמות והאיכות של הביוגז הנוצר.

הממצאים הראו שיישום טיפול קדם אנזימאטי עם האנזימים של BG-max בשפכים עתירי שמנים, יכול לעכב את תהליך יצור המתאן, כתוצאה מפירוק מוגבר של השמנים ויצור חומצות שומן ארוכות (LCFA) הידועות ביכולתן לעכב אוכלוסיית המיתאנוגניים. על מנת לייעל ולהגביר את תפוקת הביוגז מסוג זה של שפכים, יש צורך באופטימיזציה של השימוש בתהליך הקדם לפני שמכנסים לטיפול אנאירובי, ולהתאים את קצב ההידרוליזה של השמנים והעומס האורגני על התהליך האנאירובי.

שימוש בטיפול הקדם אנזימאטי על שפכים בינוניים עם תכולת חומר אורגני קלי פירוק ביולוגי ללא נוכחות חומרים מעכבי פעילות יכול לתרום בהקטנת זמני השהייה הדרושים לטיפול האנאירוביים אך, לא צפויה עלייה משמעותית בתפוקת המתאן מהשפכים.

בנוסף, בוצעה סקירה רחבה של אנזימים ותערובות של אנזימים מסחריים שונים אשר משתמשים בהם למגוון רחב של שפכים.

בנוסף, בוצעה סקירה רחבה של אנזימים ותערובות של אנזימים מסחריים שונים אשר משתמשים בהם למגוון רחב של שפכים. הסקירה מובאת בנספח בסוף המסמך (טבלאות B ו-C).



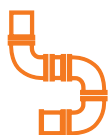
פיתוח שיטות להפקת דלקים ביולוגיים במערכות טיפול בשפכים כתחליפי נפט לתחבורה

114-3-1

מרינה ניסנביץ, יעקב אנקר // אונ' אריאל ומו"פ אזורי השומרון ובקעת הירדן

החל משנות השבעים של המאה הקודמת, התברר כי כמות הנפט המצויה במאגרים הקיימים הולכת ואוזלת. צירוף של מספר גורמים כגון, העלייה במחירי הנפט בשנים האחרונות, הגעה לשיא בהפקת הנפט ושינויי אקלים גלובליים המושפעים מהגדלת ריכוז ה- CO_2 באטמוספירה, גרמו לחיפוש מקורות אנרגיה חילופיים. אחת החלופות לנפט, היא דלק מביומאסה של גידולים חקלאיים שונים ובעיקר מתירס. הבעיה העיקרית הנוצרת מחלופה זו היא דלדול מקורות המזון העולמי. המחקר הנוכחי התמקד באפיון תנאי גידול מיטביים של מיקרו-אצות הגדלות על מצע שפכים וניצול הביומאסה כמקור ליפידים להפקת ביודיזל. שימוש במיקרו אצות נעשה בשל קצב הגידול המהיר ותכולת הליפידים הגבוהה בהן. אצות נחשבות לגידול עתיר יבול, בעל תכולת אנרגיה גדולה מאשר בגידולים יבשתיים. כמו כן ניתן לקצור את האצות במחזוריות קצרה יותר מאשר בגידולים היבשתיים. גידול האצות יכול להתבצע בשפכים, ולכן הן אינן מתחרות על שטחים חקלאיים בניגוד לביו דלקים המופקים מגידולים יבשתיים.

סיבה נוספת לגידול אצות בשפכים היא אפשרות לטהר שפכים תוך כדי גידול אצות, כלומר ניתן להשיג פתרון אחד לשתי בעיות – לבעיית זיהום סביבתי שמקורו בשפכים ברמת טיפול ירודה ולבעיה של מחסור בנפט פוסילי. במחקר הנוכחי נבחנה יכולת של מיקרו אצות להתרבות בשפכים ולהוריד את ריכוז העומס האורגני אשר כומת על ידי מדידת צריכת פחמן כימית (COD). בשלב הראשון של המחקר נבדקו תנאי גידול של מיקרו-אצות בשפכים מטופלים במשטר מנתי ורציף בריאקטור מסוג Airlift בעל נפח של 5.2L ונבחר מצע גידול אופטימלי לגידול אצות. נמצא כי הצטברות של הליפידים מתרחשת בשלב הלוגריתמי של גידול האצות. כמו כן בגידול אצות במצע המורכב משפכים גולמיים אחרי טיפול ראשוני ושפכים מטופלים בטיפול השניוני (COD=600-700), הצטברות הליפידים הייתה מרבית וגם קצב הגידול של האצות היה גבוה ביותר. כמו כן, לפי תוצאות בדיקת ה-COD נראה שכאשר האצות גדלו בתנאים אלו קצב הפחתת ה COD היה הגבוה ביותר. בשלב השני נבדקו ביוריקטורים מסוג פוטוביאוריאקטור צינורי וריאקטור חדשני מסוג חממה רשתות ונמצא כי הריאקטור האחרון הכי מתאים לגידול רציף של מיקרו-אצות. פותח תהליך שבו שלב של המיצוי משולב עם שלב של טרנס-אסטרפיקציה שבו מתקבל ביודיזל. השילוב הזה מאפשר לבנות סכמה פשוטה וזולה של הפקת ביודיזל מביומאסה בתהליך ללא פסולת.



טיפול בשפכי תעשייה באמצעות תא דלק חיידקיים 102-5-1

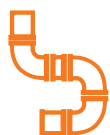
יהודית רשפון, מיכאל דנון, יפעת בצלאל, קלמנטי לבקוב // אוניברסיטת תל אביב

המחקר הנוכחי מתמקד בפיתוח תאי דלק חיידקיים לטיפול בשפכי תעשייה המכילים תרכובות רעילות של פנול. השימוש בטכנולוגיה ייחודית זו מאפשר חיסכון באנרגיה וטיפול יעיל במזהמים שבשפכים. במהלך שנות המחקר השגנו התקדמות רבה וחשובה. בשנת מחקר הראשונה התמודדנו עם משימות של הקמת המערכת הניסויית, בניית ביופילמים אקסואלקטרוגניים שניזונים מתמיסות מודל שונות ושפכים. הצטיידנו במכשור ובשיטות הנחוצות למדידת הפעילות בתאים וניטור ריכוזי המזהמים. במהלך המחקר התמודדנו עם משימות של אפיון אוכלוסיית החיידקים החיונית לא רק לפעילות הביולוגית (פירוק החומרים הפנולים) אלא גם לפעילות החשמלית של תא הדלק החיידקי (ע"י חיידקים אלקטרוגניים) וזאת באמצעות שיטות מתקדמות של ביולוגיה מולקולרית. בחנו את השימוש בזרז על פני האלקטרודות בכדי לשפר ביצועי המערכת, והתמודדנו עם שאלת השפעת הטיפול בתא הדלק על רעילות השפכים.

הראנו כי החיידקים בתא הדלק יכולים להשתמש בחומר הפנולי הרעיל טירוזול כסובסטרט יחיד לגידול והפקת אנרגיה חשמלית. כלומר, ע"י שימוש בתא דלק חיידקי, ניתן לקבל אנרגיה חשמלית, בצורה של סיגנל מתח יציב וחוזני, בהזנת תאי דלק עם שפכים רעילים, תוך סילוק החומר הרעיל. כמו כן, הראנו הפחתה ברעילות הדגימות הנבדקות כתוצאה מטיפול בתא הדלק החיידקי. כלומר, תאי דלק חיידקיים יכולים לשמש לטיפול בשפכי בתי בד להרחקת תרכובות הפוליפנולים הרעילות.

הראינו כי הפעילות האקסואלקטרוגנית נוצרת רק על ידי חיידקי הביופילם שבאנודה. חיידקים אלו נאלצים להתחרות על מזון ומקום עם חיידקים אחרים שאינם יוצרים חשמל ותרומתם לפירוק המזהמים קטנה יותר. לאחר מכן, אפיון של אוכלוסיית החיידקים על גבי האנודה, הראה כי אוכלוסיית האנודה מורכבת בעיקרה מחיידקים אנאירובים מוחלטים השייכים למשפחות החיידקים הידועות בספרות, *Desulfuromonadaceae family* ו-*Deferribacteraceae family* כמחזרי מתכות וגופרית. השוואת התוצאות שלנו לרצפים דומים שהופקדו במאגרי מידע בינ"ל באמצעות שיטות ביו-אינפורמטיות ובחינה הספרות בנושא, הובילה לקבלת חיזוקים לממצאים אלו במחקרים נוספים, שהראו זיקה בין משפחות חיידקים אלו לפעילות החשמלית במערכת של תאי דלק חיידקיים.

בנוסף, הראנו כי ע"י שינוי פרמטרים שונים בין אם ביולוגיים (עיכוב מתנוגזה) ובין אם אלקטרוכימיים (כגון: התנגדות חיצונית, זרז ע"ג הקתודה) ניתן לשפר את היעילות החשמלית המתקבלת מהפעלת תא הדלק.



תאי דלק חיידקיים - טכנולוגיה רב-תכליתית להפקת אנרגיה משפכים עירוניים תוך כדי טיפולם וגילוי מוקדם של חומרים רעילים המצויים בהם¹⁰

132-4-2

יהודית רשפון, קרן גולוב, קלמנטי לבקוב, מיכל בוך // אוניברסיטת תל אביב

שפכים עירוניים מכילים מגוון של מזהמים שונים, חומר אורגני בריכוזים גבוהים, יחסית, ונוטריאנטיים כמו זרחן וחנקן. הטכנולוגיה המקובלת היום לטיפול במי-שפכים היא שיטת הבוצה המשופעלת אשר צורכת אנרגיה רבה תוך ייצור עודפי בוצה אשר בדרך-כלל נשפכים חזרה לסביבה. שיטת טיפול זו שמה דגש בעיקר על פרוק חומר אורגני ולרוב חסר בה תכנון הנדסי ראוי לסילוק הנוטריאנטיים (בעיקר זרחן) לפני שפיכת הקולחין לנחלים ולים. יתר על כן, בעשורים האחרונים התגלו תרכובות כימיות אשר ידועות כחומרים משבשי פעילות אנדוקרינית (Endocrine-disrupting compounds) בשפכים עירוניים, אך לא ידוע אם טכנולוגיית הטיפול הקונבנציונאלית מסוגלת לסלק תרכובות אלה בצורה יעילה. לכן, יש צורך מיידי בפיתוח שיטת טיפול אלטרנטיבית של מזהמים המצויים במי-שפכים אשר תהיה יעילה וחסכונית ותאפשר ניצול מרבי של האנרגיה הגלומה בביומאסה האורגנית של השפכים.

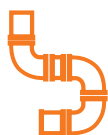
בעשור האחרון התפתח מאוד המחקר של טכנולוגיה אלטרנטיבית לטיפול במי-שפכים תוך כדי הפקת אנרגיה מהם באמצעות תאי דלק חיידקיים (Microbial Fuel Cells). מדובר בטכנולוגיה ייחודית המאפשרת חיסכון באנרגיה תוך כדי טיפול יעיל במזהמים שבשפכים הודות למיקרואורגניזמים הגדלים כ-biofilm על האלקטרודות. לאחרונה אף פותחו שיטות אלקטרו-כימיות המאפשרות להשתמש בתאים אלה כחיישנים ביולוגיים לגילוי בזמן אמת של תרכובות רעילות העלולות להימצא במי-שפכים. בדומה למתקני טיפול קונבנציונאליים, תאי דלק חיידקיים מאפשרים הרחקת נוטריאנטיים ממי-השפכים ומרבייתם התמקדו בחנקן. בנוסף, רוב המחקרים עסקו בהיבט ההנדסי של תאי הדלק למרות שהשחקנים העיקריים בהפקת באנרגיה מהריאקטורים אלו הם האוכלוסיות המיקרוביאליות, ולכן מעט מאוד ידוע היום אודות האקולוגיה של אוכלוסיות אלה.

אחד הגורמים החשובים ביותר המשפיעים על יעילות הטיפול הביולוגי במי-שפכים, באופן כללי, ובפרט הרחקת נוטריינטים (חנקן ופוספט) הוא ההרכב הכימי של מי השפכים (היחס הסטוכיומטרי COD:N:P). כאשר יחס זה אינו מאוזן במי השפכים המגיעים למתקן הטיפול (מחסור או עודף של אחד הנוטריינטים), יכולים להיווצר בעיות רבות בתהליך הטיפול הביולוגי. בעיות אלה בעיקרן קשורות לחוסר איזון באוכלוסייה המיקרוביאלית ודומיננטיות של חיידקיים אשר אינם תורמים ואף מזיקים לתהליך הטיפול.

במחקר המתקיים במעבדתנו וממומן על ידי המשרד להגנת הסביבה, הקמנו מתקן פיילוט המבוסס על תאי דלק חיידקיים לטיפול בשפכים המכילים תרכובות פנול רעילות. המתקן הוכיח את עצמו כיעיל לטיפול בשפכי תעשייה מבתי בד והראה שישנה ירידה ברמות הרעילות והייתה פעילות אלקטרו-כימית יעילה של הביופילם האלקטרוני.

כהמשך לפרויקט זה, נבחן את יכולתם של תאי דלק חיידקיים לטפל במי-שפכים עירוניים אשר תכונתם שונה מאוד ממי שפכים תעשייתיים. מאחר וכמות התרכובות הרעילות המצויות בשפכים עירוניים קטנה יותר, הביופילם

¹⁰ צפוי להסתיים בסוף 2016



האלקטרוגני פעיל יותר ונצפה להספקים אנרגטיים גבוהים יותר מאלה שהתקבלו עבור תאי הדלק אשר אולחו ממי-שפכים מבתי בד ופעלו על תרכובות פנול.

המחקר יעסוק בהבנת ההשפעה של ההרכב הכימי של מי שפכים עירוניים על האקולוגיה המיקרוביאלית של האוכלוסיות המתיישבות על האלקטרודות בתאי דלק חיידיים, פעילותם תחת תנאים שונים ואיכות הקולחין המתקבלת ב-outlet. יושם דגש מיוחד על ריכוזי זרחן משתנים יחסית לריכוזים קבועים של חנקן ו-COD בהרכב הכימי של המדיום שישמש להזנת תאי הדלק החיידקים. בנוסף, תא הדלק החיידקי עצמו יפותח כחיישן ביולוגי לגילוי תרכובות אורגניות ואנאורגניות רעילות שונות (כגון חומרים משבשי פעילות אנדוקרינית) אשר ידוע שנוכחות במי שפכים עירוניים.

מטרות המחקר הן:

1. שיפור ביצועי תא הדלק על-ידי הבנה מעמיקה יותר של האקולוגיה המיקרוביאלית של השחקנים הראשיים האחראיים על פירוק המסה האורגנית בשפכים (צריכת חמצן כימית : חנקן : פוספאט).
2. פיתוח שיטה שתאפשר לתא הדלק החיידקי לתפקד כחיישן אלקטרוכימי לבדיקת חומרים רעילים הנמצאים בשפכים.
3. לבחון קונפיגורציות הניתנות ליישום מודולרי בקנה מידה תעשייתי (scale-up). בנוסף, לייצר מתקן תעשייתי הפועל בתנאי שדה אשר מפעיל את עצמו על-ידי שימוש באנרגיה המתקבלת מתא הדלק החיידקי.

בניסויים פרלימינריים נלקחו דוגמאות ממתקן לטיפול בשפכים "קולחי השרון" מאגן האזור באזור נטול חמצן, אשר שימשו לאילוח שלוש תאי דלק חיידיים (תאי פלסטיק PVC, ללא מחיצות עם קתודות אוויר, נפח התא 60 מ"ל). שלושת התאים פעלו חצי שנה תחת תנאי הזנה שונים במטרה לבדוק את פעילותם האלקטרו-כימית, לזהות את האוכלוסיות המיקרוביאליות שהתפתחו על האנודה של כל תא תחת תנאים אלה ולבסוף לקשר בין הפעילות האלקטרו-כימית והאקולוגיה המיקרוביאלית של כל תא. אנליזה מולקולארית הראתה כי חל שינוי בהרכב אוכלוסיית החיידקים בתאי הדלק החיידקיים יחסית למקור האילוח, וכן נראו הבדלים בין מבנה אוכלוסיית החיידקים בתאי הדלק השונים תחת תנאי הזנה לאורך הניסוי.

ממצאים אלה מראים כי להרכב הכימי של מי השפכים יש השפעה רבה על הרכב האוכלוסייה המיקרוביאלית של האלקטרודות בתאי הדלק החיידקים, וללא הבנה עמוקה של המיקרוביולוגיה של מערכות אלה לא יהיה ניתן למצות את הפוטנציאל הגלום בהן להפקת אנרגיה מקסימאלית מהביומאסה המצויה בשפכים עירוניים.

הפקת אנרגיה בתאי דלק מיקרוביולוגים תוך שימוש בחיידקים מפרקי תרכובות ארומטיות רעילות¹¹

2-4-122

רבקה כהן, אלכס שכטר, ישעיהו ניצן // אוניברסיטת אריאל

מחקר זה מתמקד בפיתוח תא דלק מיקרוביולוגי חדשני, מבוסס על קתודה מצופה ב-Ru chalcogens, המייצר אנרגיה (זרם חשמל) תוך כדי ניצול ופרוק תרכובות ארומטיות רעילות המצויות בשפכי תעשייה כימית.

תא דלק מיקרוביולוגי טיפוסי מכיל שני תאים: תא אנודה המכיל חיידקים ותא קתודה שאליו מוזרם אוויר. בין שני התאים מפרידה ממברנה סלקטיבית המאפשרת מעבר של פרוטונים מתא האנודה לתא הקתודה. החיידקים מבצעים תהליך של חמצון תרכובות אורגניות, נוצרים אלקטרונים המועברים מהאנודה לקתודה, בקתודה חל חיזור החמצן. תהליכים אלו מובילים ליצירת זרם חשמלי.

מטרות המחקר:

1. בדיקת היכולת של תערובות חיידקים לייצר חשמל כשמקור הפחמן הינו תרכובות ארומטיות רעילות.
2. שימור החיידקים האופטימאליים ושימושם בעת קריסת תא הדלק המיקרוביולוגי.
3. הפעלת תא הדלק המיקרוביולוגי עם קתודה מצופה ב-Ru chalcogens.

החדשנות בתא הדלק המיקרוביולוגי המוצע במחקר זה:

1. ייצור חשמל תוך כדי פרוק תרכובות ארומטיות רעילות.
 2. תא הקתודה מכיל אלקטרודה חדשנית שפותחה במעבדתו של ד"ר שכטר. אלקטרודות אלו מצופות ב-Ru chalcogens ומסוגלות לחזר חמצן באופן יעיל יותר מאשר האלקטרודות היקרות המצופות בפלטינה הנפוצות כיום. קתודות מצופות ב-Ru chalcogens עמידות לתרכובות אורגניות שונות.
 3. מידה הזרם החשמלי שחיידקים אלו יכולים לייצר תיבדק בריכוזים שונים של תרכובות ארומטיות בנוכחות מלחים ומתכות.
 4. תערובת החיידקים האופטימאלית תוקפא ותישמר במנות. בכדי לתפעל תא דלק ביולוגי בזמן קריסתו.
- אנו צופים כי בעתיד, בסמוך לכל מפעל תעשייה כימית, ייבנה מתקן תא דלק מיקרוביולוגי, שייצר חשמל לצרכי המפעל תוך כדי פרוק השפכים התעשייתיים.

¹¹ צפוי להסתיים בסוף 2014

הפקת אנרגיה משמנים ושומנים





ייצור אנזימטי לביודיזל משמנים ממקור של מלכודות שומן

112-1-1

סובחי בשיר // טרנסביודיזל בע"מ

הצעת מחקר זו עסקה בפיתוח ויישום פתרון טכנולוגי כלכלי, לשמנים ממקור של מלכודות שומן וגם שמנים המצטברים במט"שים עירוניים, שעד היום נחשבים למטרד סביבתי מדרגה ראשונה עכב הקושי בפירוקם בשיטות ביולוגיות או פיזיקאליות. תוכנית זו התמקדה בפיתוח זרז ביולוגי מסוג ליפאז המקובע על חומר בלתי מסיס המסוגל לזרז ריאקציות מסוג אסטרופיקציה וטרנסאסטרופיקציה לחומצות שומן חופשיות ושמנים טריגליצרידיים, בהתאמה, אשר מרכיבים שמנים ממקורות אלו והפיכתם לביודיזל ביעילות של מעל ל-99%, לשימוש בתחבורה והסקה בתור תוסף או מחליף לדיזל הנגזר מנפט פוזילי.

תוכנית המחקר כללה בעיקר פיתוח שיטות הגנה מתאימות לאנזימים מסוג ליפאזות מפני חומרים מעכבים חזקים, כמו יונים של מתכות כבדות, חומרים פעילי שטחי ודטרגנטים השכיחים בשמנים ממקור של מלכודות שומן או שמנים שנאספים במט"שים, תוך כדי קבלת קונברזיות מעל ל-99% בתהליך ייצור ביודיזל. כמו כן, הזרז הביולוגי שנעשה בו שימוש מאופיין ב-1. עמידות גבוהה לריכוזים גבוהים של כוהלים קצרי-שרשרת. 2. ביטוי פעילות קטליטית מסוג אסטרופיקציה וטרנסאסטרופיקציה במדיום אורגני הידרופובי במטרה להגברת הקונברזיה של שמנים אלו למעל ל-99% לביודיזל.

הטכנולוגיה שפותחה התמקדה גם ביישום שיטות פיזיקאליות שונות על מנת להכשיר שמנים ממקורות של מלכודות שומן ומט"שים עירוניים לשימוש בתור חומר גלם לייצור ביודיזל. שיטות אלו התמקדו בעיקר בפיתוח תהליכים של הרחקת חלקיקים מרחפים, וגם הרחקת חלקית של יוני מתכות כבדות, חומרים פעילי שטח ודטרגנטים משמנים ממקור של מלכודות שומן ושל מט"שים.

תוכנית המחקר גם עסקה בתכנון ובניית מערך חצי-חרושתי לטיפול בשמנים ממקור של מלכודות שומן והפיכתם לביודיזל המתאים לשימוש בתחבורה ובהסקה. הפילוט נבנה בשיתוף פעולה עם חברת ביודיזל פרי בע"מ הנמצאת במט"ש חדרה שמקבלת שמנים ממלכודות שומן באיזור המרכז.



פיתוח תהליך ביוטכנולוגי לייצור ביודיזל מפסולת שומנית של בתי מטבחיים¹²

132-2-2

אילת פישמן // הטכניון למחקר ולפיתוח

מידי שנה נשחטים בבתי המטבחיים הגדולים בישראל כ-100,000 ראשי בקר ומתקבלים כ-25,000 טון תוצרי לואי מתהליך השחיטה הכוללים עורות, עצמות וחלקי בשר שאינם ראויים למאכל אדם. לתוצרי הלואי של השחיטה אין ערך כלכלי ולעיתים, בתי המטבחיים משלמים על פינויים. באמצעות מספר תהליכי עיבוד פשוטים ניתן להפיק מתוצרי הלואי הללו שומן שישמש כחומר גלם לתעשיית הביודיזל בארץ (לדוגמא, חברת גרין-סיטי מיחזור עירוני בע"מ). ביודיזל המופק משומן בעלי חיים מאופיין בהרכב חומצות שומן רוויות גבוה והיתרונות בכך הם יעילות מנוע גבוהה ויציבות בפני חימצון.

מטרת המחקר היא לפתח תהליך ביוטכנולוגי לייצור ביודיזל מפסולת שומנית של תעשיית הבשר בארץ. תהליך ייצור ביודיזל כולל טרנסאסטרופיקציה של טריגליצרידים עם מתנול בנוכחות זרז. בעוד שזרזים כימיים רגילים לסוג השומן, לכמות המים, ופועלים בתנאים קיצוניים של טמפרטורה ולחץ, ליפאזות (זרזים ביולוגיים) פועלים בתנאים סביבתיים נוחים, מקבלים טווח רחב של שומנים, ויוצרים פחות תוצרי לואי סבונים אשר מקלים על הפרדת הגליצרול מהביודיזל (הגליצרול משמש לתעשייה הכימית או להזנת בע"ח). החיסרון של ליפאזות הוא רגישותם לריכוזים גבוהים של מתנול. במעבדתנו הצלחנו לשפר את העמידות של ליפאז מהחיידק *Geobacillus stearothermophilus* לריכוזים גבוהים של מתנול באמצעות שיטות של הנדסת חלבון. המוטנט הטוב ביותר, H86Y/A269T, הראה זמן מחצית חיים של 264 דקות ב-70% מתנול לעומת 2.3 דקות בלבד עבור זן הבר. פעילות הטרנסאסטרופיקציה של המוטנט היתה טובה פי 3 מן הבר בייצור ביודיזל משמן סויה. המחקר הנוכחי יתמקד במספר מטרות ספציפיות:

1. שיפור נוסף של היציבות האנזימטית במתנול ע"י הנדסת חלבון
2. קיבוע של האנזים על גבי נשא פולימרי לצורך מיחזור
3. בחינת השימוש בשומן מפסולת בע"ח ואופטימיזציה של תנאי התהליך
4. בחינת התהליך בקנה מידה גדול בראקטור ובחינת ההתכנות הכלכלית.

תהליך ביוטכנולוגי זה צפוי להיות ידידותי לסביבה תוך הפיכה של פסולת מתעשיית הבשר לדלק חליפי ממקור מתחדש.

¹² צפוי להסתיים בסוף 2016

the 1990s, the incidence of *S. flexneri* has increased in the United Kingdom [10]. In the United States, *S. flexneri* has been reported as the most common serotype in children with acute bacterial dysentery [11].

There is a paucity of data on the epidemiology of *S. flexneri* in the United Kingdom. In the 1980s, *S. flexneri* was the most commonly isolated serotype from patients with acute bacterial dysentery in the United Kingdom [12]. In the 1990s, *S. flexneri* was the most commonly isolated serotype from patients with acute bacterial dysentery in the United Kingdom [13].

The purpose of this study was to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

the 1990s, the incidence of *S. flexneri* has increased in the United Kingdom [10]. In the United States, *S. flexneri* has been reported as the most common serotype in children with acute bacterial dysentery [11].

There is a paucity of data on the epidemiology of *S. flexneri* in the United Kingdom. In the 1980s, *S. flexneri* was the most commonly isolated serotype from patients with acute bacterial dysentery in the United Kingdom [12]. In the 1990s, *S. flexneri* was the most commonly isolated serotype from patients with acute bacterial dysentery in the United Kingdom [13].

The aim of this study was to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.

The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom. The study was designed to determine the prevalence of *S. flexneri* in the United Kingdom.



The aim of this project is to develop a biotechnological process for the production of biodiesel from slaughterhouse lipid waste.

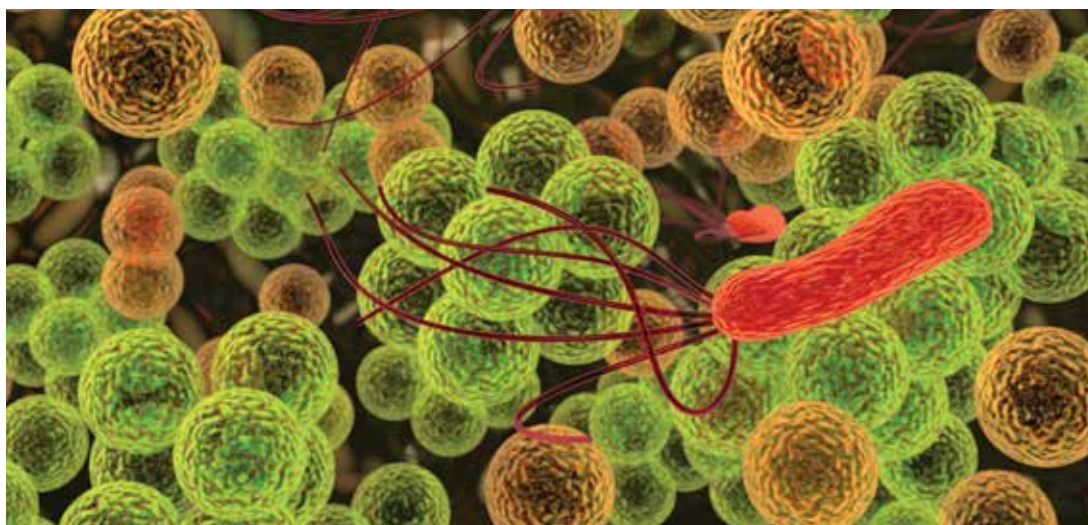
We have recently succeeded in improving the stability of lipase T6 from *Geobacillus stearothermophilus* to methanol using protein engineering techniques. These methods included random mutagenesis and structure-guided consensus. Variant H86Y/A269T displayed a half-life of 264 min in 70% methanol compared to only 2.3 min for the wild-type. The mutant also had improved thermostability as measured using differential scanning calorimetry. Most importantly, its activity in the transesterification of soy oil was 3-fold better than wild-type. However, this enzyme requires further improvement as well as immobilization in order to allow reuse in a commercial process.

The specific aims of the present proposal are:

1. Further improvement of the enzymatic stability in methanol - this will be accomplished by surface charge modifications and site specific mutagenesis using the double mutant as a template
2. Immobilization of the best mutant on a resin, preferably using covalent attachment to resins with epoxy-functional groups.
3. Evaluating the use of beef tallow for transesterification and optimizing process parameters (water content, enzyme/fat ratio, temperature, stirring mode and rate, fatty acid profile, etc.).
4. Evaluating the process on 20L scale in a bioreactor and analyzing the commercial feasibility.

This biotechnological process is expected to be environmentally friendly (enzyme catalyst, non-hazardous wastes, low energy consumption) while transforming a non-used and even costly by-product of the slaughterhouse industry into a renewable energy source, namely biodiesel. The process could be implemented here in Israel and benefit the local economy.

Biodiesel can be produced either chemically or enzymatically. Chemical production is achieved by alkaline catalyzed transesterification of the oil or fat. Some drawbacks of this method include high energy consumption, difficulty in glycerol recovery, and a high amount of alkaline waste water from the catalyst. Unlike the conventional chemical routes, biocatalytic routes employing lipases (triacylglycerol acylhydrolase, E.C. 3.1.1.3), permit one to use a wide variety of oil feedstocks in the presence of acidic impurities. Moreover, separation and purification of the biodiesel fuels produced enzymatically is easier because of the absence of soap by-products. However, lipase-catalyzed biodiesel production still suffers from some shortcomings such as the high cost of enzymes, and limited enzyme stability in organic solvents (methanol or ethanol) present in the reaction. Nevertheless, this process is currently used today in Israel by Green City Urban Recycling Ltd. With used cooking oil. Tallow derived from slaughterhouses in Israel could well fit into this process.



Development of a biotechnological process for the production of biodiesel from slaughterhouse lipid waste¹²



132-2-2

Ayelet Fishman // Technion - Israel Institute of Technology

Biodiesel, one of the most prominent renewable alternative fuels, is defined as the mono alkyl esters (methyl and ethyl esters) of long chain fatty acids and can be derived from a variety of sources including vegetable oils, animal fats and used cooking oils, as well as alternative sources such as algae.

Advantages of biodiesel include renewability, local or domestic origin, low or no sulfur content, no aromatic content, biodegradability, reduction of most regulated exhaust emissions, inherent lubricity, high flash point, and compatibility with the existing fuel distribution infrastructure. Biodiesel made from tallow (animal fat) contains more saturated fatty acids than that made from vegetable oil (up to 46%) allowing the fuel to have a higher cetane number which improves the ignition efficiency of the diesel engine. This results in an improved engine start-up, noise reduction and reduced exhaust emissions. Additionally, this fuel is more stable to oxidation.

In Israel, over 100,000 cattle heads are slaughtered every year. An average weight of each cow is 400-550 kg and the edible beef yield is 50-60%, resulting in 25,000 annual ton of waste products including skin, bones and non-edible parts. In the past, some of these by-products including the tallow were used as animal feed, but since the 1990's this has been banned due to high risks of TSE (Transmissible Spongiform Encephalopathies - mad cow disease). Subsequently, the slaughterhouse by-products are currently not used at all and their burial costs money. Using several simple steps, the by-products can be chopped under heat and pressure, and the tallow may be recovered for use as a source for biodiesel. Another by-product from this process, the bone meal, is used as fuel in the cement industry. From the slaughterhouse by-products, tallow accounts for 16% (w/w) and thus 0.16 ton of biodiesel can be produced from each ton of slaughterhouse waste. In Ireland for example, 10,000 t/a is currently used for biodiesel production (by means of chemical catalysis) and is projected to double by 2020. According to energy balance calculations by Thamsiriroj and Murphy, slaughterhouse by-product biodiesel efficiency (including tallow and bone meal) is 1160 MJ/GJ fuel, compared to 817 for rapeseed biodiesel.

Enzymatic Production of Biodiesel from Fat Trap



112-1-1

Sobhi Basheer // TransBioDiesel

This research work targeted the development of a new industrially feasible and cost-effective solution for reducing the environmental impact of fat trap and fat collected in municipal and industrial wastewater treatment plants. The proposed research work plan has been focused on the development of new immobilized enzymes capable of catalyzing esterification/ transesterification reactions of free fatty acids and glycerides, respectively, comprising oils and fats to yield biodiesel which meets the international specifications for transportation and heating.

The research study considered mainly the development of various methods for the protection of enzymes from strong enzyme inhibitors, typically present in fat traps, such as heavy metal ions, surface-active ingredients and detergents. Furthermore, the developed biocatalyst will be characterized with its 1. High resistance towards common enzyme inhibitors, such as methanol and hydrophobic organic environment, 2. High synthetic catalytic activity for biodiesel and reach conversions and yields of higher than 99%.

The proposed work has also been focus on the development of physical methods for refining oils and fats collected from fat traps. In this regard, industrially feasible methods will only be considered aiming at the removal of suspended particles, surface-active ingredients, detergents and heavy metal ions typically present in fat traps.

Based on the developed biocatalyst a demo pilot unit has been designed and built for pretreatment of fat trap and other equivalent oil feedstocks and their conversion to biodiesel complying with international specifications. The unit is operating at Biodiesel Free Ltd. Wastewater Treatment Plant in Hadera.

Energy Production From Oils and Fats



Energy Generation using Toxic Aromatic Compounds - Degrading Bacteria in Microbial fuel-Cell ¹¹



122-4-2

Rivka Cahan, Alex Schechter, Yeshayahu Nitzan // Ariel University of Samaria

We propose a novel microbial fuel cell (MFC) based on Ru chalcogens cathode, that produces electricity while decomposes chemical industry sewage including toxic aromatic hydrocarbons.

A typical two chamber MFC consists of a bacterial anode and air cathode compartments which are separated by a proton selective membrane. The bacterial cells oxidize the organic source and generate electrons which pass through the anode to the cathode. Followed by a reduction of the oxygen in the cathode. These processes lead to electricity production.

The main goals of this research are: 1 - Examination of the ability of mixed bacterial cells to produce electricity when the carbon sources are toxic aromatic hydrocarbons. 2 - Preservation the optimal mixed bacterial cells and their use when a collapse of MFC is occurs. 3 - Operating the MFC with a cathode covered with Ru chalcogens.

The novelty of this MFC:

1. Producing electricity while degrading toxic aromatic hydrocarbons.
2. The cathode compartment consists of a cathode covered with Ru chalcogens which is more effective in reducing oxygen and is stable in the presence of organic compounds compared to the common cathodes covered with the expensive platinum.
3. The electricity which will be produced with the optimal mixed bacterial cells will be examined in several concentrations of aromatic hydrocarbons in the presence of salts and metals.
4. Portions of the optimal mixed bacterial cells will be frozen and kept for utilization when a collapse of the MFC will occur.

We expect that in future, in each chemical factory a MFC will be developed for electricity production while utilizing and detoxification its sewage.

¹¹ Expected to be completed in 2014

Microbial Fuel Cells as a Technology for Simultaneous Municipal Wastewater Treatment, Electricity Generation and Detection of Toxic Organic Substances



132-4-2

Yehudit Rishpon, Keren Golob, Kalemanty Lavkov, Michal Boch // Tel Aviv University

Conventional biological wastewater treatments use an activated sludge system technology requiring substantial electric energy input and producing excess sludge that entails further treatment.

Therefore, an alternative cost-effective wastewater treatment technology with more efficient pollutant removal is essential. In the last decade, microbial fuel cells (MFCs) received much attention as a sustainable technology enabling the generation of electricity simultaneously with wastewater treatment and real-time toxic substances detection. MFC operation is based on the biocatalytic activity of electrochemically-active biofilm developed on the anode's or cathode's surface; therefore, an optimal nutrient ratio influent (COD:N:P) is crucial for efficient treatment processes and a balanced microbial biofilm community structure. However, previous studies focused mainly on the engineering aspects of the reactor with little understanding of the microbiology involved. The main objective of this novel research is to improve MFC performance by better understanding the microbial ecology of the key players in the reactor under different COD:N:P conditions. Since phosphate removal from wastewater is critical and hardly studied in MFC systems, different phosphate concentrations and their effects on MFC microbiology and performance will be examined.

A preliminary experiment was conducted to examine MFC performance under different media conditions using a single-chamber air-cathode MFC reactor. Molecular characterization showed a shift in community structure after establishment in the MFC relative to the microbial seed in addition to differences in the MFCs over the course of the experiment. These findings imply the existence of a significant effect of wastewater chemical composition on MFC microbial community structure and electrochemical performance.

¹⁰ Expected to be completed in 2016



Furthermore, in this research we showed that the bacterial community in our system can deplete the toxic phenolic compound tyrosol, and use it as a sole organic substrate, while generating electrical energy. Thus, this ability to remove the toxic organic substance, while generating repeatable voltage cycles, indicate on the system potential to treat the toxic compound in the olive oil mill wastewater using the MFC. In addition, we showed that the system power output efficacy can be improved by changing a few parameters, some biological (methanogenesis inhibition), and some electrochemical parameters such as external resistance and cathode catalyst.



Microbial Fuel Cells for Industrial Wastewater Treatment

102-5-1



Yehudit Rishpon, Michael Danon, Yifat Bezalel, Klimentiy Levkov // Tel Aviv University

The present research goal was to develop microbial fuel cells for the treatment of industrial wastewater containing toxic phenolic compounds. This unique technology combines low energy demanding technology with an efficient wastewater treatment. During the last three years of this project, an important progress has been made. In the first year, the challenge was setting up the experimental system, operating the MFC with different types of substrate and wastewater. We purchase the needed equipment and acquire the knowledge of the different methods required for the operating the MFCs and analyzing the different factors. During the second and third years, the task was to analyze the microbial community responsible for the electrochemical activity of the MFC and for the degradation of the phenolic compounds. The analysis was conducted by using molecular biology methods. Furthermore, we explored the use of catalyst on the cathode to improve the system electrical performance, and examined the treatment effect on the toxicity.

We showed that the microbial community in the MFC has the ability to use the phenolic compound tyrosol as a sole organic substrate for growth and activity, and to produce electrical energy. Thus, using the technology of MFC we achieved stable and repeatable electric signal, while removing the toxic compound. Moreover, after the treatment with the MFC, there was a decrease in toxicity, as a result from the removal and degradation of the toxic compound.

We showed that the exoelectrogenic activity is generated only by the biofilm on the anode. The microorganisms in the biofilm have to compete with nonelectrogenic bacteria for food (organic materials) and growth space. Then, the microbial community analysis of the anode, revealed that the anode community is mostly strictly anaerobes affiliated to the Desulfuromonadaceae family and Deferribacteraceae family. Bacteria affiliated to these families are known as metal reducing and sulfur reducing bacteria. After comparing our results to homologues sequences in international databases, using bioinformatics' methods, and searching the literature, we received confirmation to our results; other studies showed connection between these bacterial families to the electroactive properties of microbial fuel cell systems.

Development Of Wastewater Based Bio-fuel Production As an Oil for Transport Alternative



114-3-1

Yaakov Anker, Marina Nisnevitch // Ariel University of Samaria and Jordan rift R&D center

Since the early seventies of the last century, it became obvious that the amount of oil in existing resources dwindled noticeably. Combination of several factors such as the increase in oil prices in recent years, reaching a peak in oil production and global climate changes which were affected by an increase in the concentration of CO₂ in the atmosphere, caused a search for alternative energy sources. One of the alternatives to oil is biofuel from biomass of different crops especially corn. The main problem resulting from this alternative is the depletion of global food sources. This study focused on characterizing the optimal growing conditions for micro-algae growing in the medium based on wastewater and on using biomass as a source of lipids for the production of biodiesel. Micro-algae were chosen because of their rapid growth and high lipid content. Algae are considered as a high-yield crop, having energy potential greater than terrestrial crops. Algae can be harvested at periods which are shorter than those for terrestrial crops. Algae can be grown in wastewater, so they do not compete for agricultural land unlike bio-fuels derived from terrestrial crops. Another reason for the algae use is their ability to purify wastewater effluents in the growth process, which means that it is possible to find one solution for two problems - the problem of environmental pollution and the problem of shortage of fossil oil. In the present study examined the ability of micro-algae to grow in wastewater and to reduce the concentration of organic load which is characterized by the parameter of COD.

At the first stage of the study the growth conditions of the micro-algae in treated wastewater were examined for a batch and continuous regime type Airlift Reactor having a volume of 5.2 L. Optimal composition for growth medium for algae cultivation was selected. It was found that the accumulation of lipids occurs at the logarithmic phase of the algae growth. In a medium consisting of wastewater after primary treatment and after secondary treatment (COD = 600-700), lipid accumulation and growth rate of the algae were the highest. Also, the COD reduction rate was the highest when algae were grown under these conditions.

At the second stage two other types of bioreactors were tested: a tubular photobioreactor and an innovative reactor of the type "greenhouse with networks" and it was found to be the most suitable reactor for continuous growth of micro-algae. A process in which a stage of the extraction is combined with a trans-esterification stage was developed to obtain biodiesel. This combination allowed building a simple and inexpensive scheme for production of biodiesel from biomass in a waste-less process.

Increasing the Production of Alternative Energy Using Innovative-Hybrid Zymatic Pretreatment and Anaerobic Processes of Low-concentrated Industrial Wastewater.bic Digesters



112-5-2

.....

Isam Sabbah, Sari Asala, Nidal masalha, Haim Sheindorf // Regional R&D center Galilee Society

.....

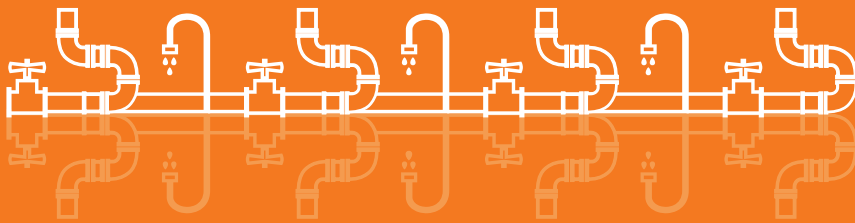
The proposed study aims to maximize the production of biogas using a hybrid process of enzymatic pretreatment and anaerobic fermentation of low-concentrated industrial wastewater. An enzymatic pretreatment step to enhance the hydrolysis of suspended solids and refractory organic compounds within short retention time will be examined. This step will be followed by an advanced high-rate anaerobic process using stable immobilized bacteria. The hypothesis is that this combination will increase the biodegradability of organic matter (soluble and particulates) towards maximal biogas production within short retention time compared to conventional anaerobic systems.

A laboratory and bench-scale experiments were conducted to examine the effect of enzymatic pretreatment on the enhancement and the increasing of the biodegradability of refractory organic compounds, and organic suspended solids. The effect of organic loading rate, hydraulic retention time, pH, temperature, suspended solids concentration, and FOG were tested on the quantity and quality of biogas. The application of pre-treatment with hydrolytic enzymes on oily wastewater could inhibit the methane production process, as a result of increased load of long chain fatty acids (LCFA) a byproduct of hydrolyzing fat and oils. The fact that LCFA have inhibitory effect on the methanogenic microorganisms should take care of using hydrolytic enzymes in the oily wastewater as a pre anaerobic treatment.

Using hydrolytic enzymes on medium wastewater with biodegradable organic continent may be unnecessary for increasing the methane potential, because most of the organic continent is easily biodegradable.

In addition to the tested BG-max and Lipase A, a comprehensive search was conducted to cover a huge spectrum of different enzymes used for pretreatment of different agro-industrial problematic wastewater (the outcome is summarized in Tables B and C of Appendix A).

Energy Production From Municipal Wastewater



Combined Biochemical-hydrothermal Treatment of Poultry Litter for Biofuel Production, Nutrient Recycling and Removal of Environmental Pollutants⁹



132-2-1

Amit Gross, Eran Friedler, Jack Gilron, Moshe Sheintuch // Ben Gurion University

The poultry industry produces significant amount of nitrogen-rich and organic content-rich waste. Current waste management practices still cause significant pollution such as the emission of greenhouse gases, eutrophication, spread of pathogens and release of endocrine disruptive compounds and antibiotics on agricultural lands.

The major focus of this research is the production of renewable energy from poultry manure in an integrated hydrothermal-biological process. Hydrothermal carbonization (HTC) is a thermochemical treatment of biomass to yield a higher carbon product (solid fuel).

Since poultry manure is relatively rich in organic nitrogen (~4% N), its carbonization might be a source for ammonia and nitrous oxide emissions. To reduce this risk and to allow better nutrient recovery, we suggest to biofilter the emitted gases, followed by ammonia conversion to nitrate for use in agriculture.

The primary goals of the proposed research are to: i) explore the HTC conditions under a range of thermal treatments for optimal gain of bioenergy; ii) study the fate of endocrine agents and antibiotics following HTC; iii) adopt the biofiltration process for treatment of HTC-gas for recovery of exhausted ammonia as nitrate together with the reduction of other hazardous gases. The knowledge gained from laboratory-scale HTC experiments will be applied in a pilot scale system where the combined process will be examined in a semi-industrial scale. We hypothesize that the combined process will enable to gain significant amounts of waste-based energy, most of the nutrients will be recovered and the overall pollution associated with current practices will be minimized.

⁹ Expected to be completed in 2016



Bio-ethanol is a source of renewable energy, which can partly or totally replace fossil fuels for vehicles. In the case of a total replacement, the vehicle should be supplied by a specially constructed engine, but when ethanol is blended with gasoline fuel, a vehicle engine needs no constructional changes.

World production of ethanol as transport fuel in 2011 reached 84.6 billion liters. Ethanol fuel is already used in Brazil and in the United States. Most cars in the U.S.A. can consume blends of gasoline fuel with up to 10% ethanol, and in Brazil the fuel blend consists from 25% ethanol and 75% gasoline. In Brazil there already were 14.8 million dual-fuel vehicles and 1.5 million dual-fuel motorcycles, which regularly were using 100% ethanol fuel. Raízen company, a joint venture between Shell (USA) and Brazilian firm Cosan, has already developed an industrial process of bio-ethanol production from Brazil sugar cane. Bio-ethanol is afforded for vehicles fueling instead of gasoline or blended with it.

In Israel initially the American model can be applied. Such solution will lead to a decrease of Israeli economy dependence on oil producing countries and at the same time, it will not demand radical changes in vehicle types. In parallel, the Brazil strategy can be adopted towards new vehicle models, which will gradually replace models with old gasoline engines.

Implementation of the proposed here project could impact to development of bio-ethanol production industry from biomass of agricultural wastes, surplus products and aquatic plants.

Expected results of the present study will enable to apply a simple and reliable process of bioconversion of pooled from various sources biomass to bio-ethanol. Such approach is expected to provide the cost efficiency allowing the technology implementation throughout the developed and developing countries.

Bioethanol production systems may be far more efficient, especially in countries where agriculture is decentralized and the biomass availability is distributed. Such systems will allow the use of regionally available types of biomass from various sources. The produced bioethanol can be used as a fuel for transportation and replace gradually fossil fuels.



Fermentation is a process of converting sugar to acids, gases and/or alcohol using metabolic schemes of yeast or bacteria. In the case of this research, the term of fermentation will relate to conversion of glucose and xylose into alcohol.

The proposal is targeted to develop a strategy for bio-ethanol production from pooled plant biomass, and is aimed specifically to:

1. Development of an efficient procedure for mechanochemical treatment of the plant biomass for hydrolysis of the cellulose and hemicellulose into monosugars and proteins into amino acids or short peptides;
2. Optimization of the fermentation process;
3. Development of a scheme for on-site treatment and hydrolysis of pooled plant biomass from various sourced into complete growth medium for microorganism for fermentation of sugars into bio-ethanol.

In the proposed research, fundamental technology will be developed for biomass pretreatment, which will lead to one-stage production of mono-sugars to be converted into bio-ethanol by fermentation.

While traditional fermenting yeast (*S. cerevisiae*) produce ethanol only from hexoses, other yeast strains, such as *Pichia stipites*, can use pentoses in addition to hexoses for ethanol production, and the latter yeast type seems to be appropriate for ethanol production from mixture of pentoses and hexoses obtained from plant biomass, containing cellulose and hemicellulose in high concentrations.

In order to show a principal possibility of bio-ethanol production by fermentation of biomass treated mechanochemically we performed preliminary studies. As a model, biomass of water plants was used. The biomass was dried and treated mechanochemically and measurement of free soluble xylose concentration before and after the procedure showed that even under non-optimized conditions the treatment increased the xylose concentration ca. 20 times, so it is possible to obtain at least 0.17g of xylose per 1 g of dry biomass. It was also shown that the yeast *Pichia stipites* can grown in a medium containing xylose as the only carbon source. The growth curve of the yeast showed, that *Pichia stipites* cells are capable to use xylose as organic substrate.

Development of Bioethanol Production Scheme From Surplus Crops, of Agricultural Vegetated Wastes and From Aquatic Plants ⁸



132-3-2

Marina Nisnevitch, Marina Nisnevitch, Svetlana Lugovskoy // Ariel University of Samaria

Depletion of fossil fuel reserves, making biomass-based fuels such as bioethanol, more and more promising substitute to the fossil fuel. While most plant sources currently used for bioethanol production utilize agricultural areas, surplus crops, agricultural wastes and water plants do not require additional farmland. Currently the two first sources are utilized as organic fertilizers or withdrawn to dumps. We propose to utilize the plants saccharides for conversion into bioethanol by fermentation and only after it utilize it as organic fertilizers. Invasive aquatic plants such as water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water lettuce (*Pistia stratiotes*) are known for their biomass high polysaccharide content. Nonetheless, these aquatic plants cause serious damage to natural surroundings by reducing habitats biodiversity and blocking waterways. Utilization of the proposed sources will prevent competition between food crops and crops for energy production and will not demand additional investments for biomass production.

The proposed study is assigned to develop innovative universal methodology for treatment of plant biomass pooled from various sources in order to produce bioethanol by fermentation. Unique mechanochemical biomass pre-treatment will be developed, in order to replace a currently used multistep and complex hydrolysis of polysaccharides as a pre-stage to fermentation. The mechanochemical treatment will replace 11 stages in the existing scheme of biomass treatment prior to fermentation.

The fermentation process will be optimized in order to achieve maximal bioethanol production from the plant biomass. This will be done by selection of optimal microorganisms and growth conditions for their functioning.

The mechanochemical process includes pressure based extraction and graining of the biomass, followed by an activation treatment, which converts the plant's polysaccharides into monosaccharides. Treatment of rigid structures of cellulose and hemicellulose by the mechanochemical process can increase their solubility and break them into monomers, making the biomass suitable for fermentation.

Mechanochemical treatment can also potentially hydrolyze proteins from plant biomass and especially, from water hyacinth biomass, gaining peptides and amino acids, which could comprise complete growth medium for yeast fermentation when supplemented by produced mono- and oligosaccharides and by minerals and vitamins available in the biomass.

⁵ Expected to be completed in 2016

Olive Mill Waste – Pretreatment, Use of Yeasts for Bioethanol Production ⁷



132-3-3

Yoram Gerchman, Hassan Azaizeh // University of Haifa

In the recent years there is re-emerging interest in bio-based fuels, especially in the context of oil replacements and additives to transportation fuel. To-date, most of the bio-ethanol is produced from especially grown biomass, raising issues of competition with food crops on land use, water and nutrients which causes food crisis. One solution to this problem is the utilization of various agriculture wastes as a feedstock for bio-ethanol production.

Agriculture waste is rich in lignocellulosic biomass, i.e. cellulose, hemi-cellulose and lignin. The cellulose is a glucose polymer and hence could in principle be converted to simple sugars and fermented to ethanol, nevertheless this is often hampered by the presence of the lignin.

The conversion of lignocellulosic biomass to fermentable sugars requires the removal of the lignin layer in order to expose the cellulose layer to treatment. Current pretreatments include acid/base wash, high temperature and pressure resulting high costs and the use of toxic substances that require the cleaning of the biomass prior to fermentation. These limitations render the use of agricultural waste not feasible. Our main objectives to establish better pretreatment conditions under lower temperatures using different organic acids, and to test novel yeasts with better capacity to utilize the products of saccharification of the pretreated of olive mill solid waste (OMSW) and generate high levels of ethanol.

The results of the proposed research could facilitate overcoming some of the major hurdles of using olive mill waste (OMW) as feedstock for biofuels making it more feasible. Furthermore, given that OMWs represent one of the toughest wastes to convert to ethanol, successful results in this research could teach us a lot on the conversion of other agricultural wastes.

⁷ Expected to be completed in 2016



as the effect on downstream saccharification and on fermentation process. Special emphasis will be placed on gaining better understanding of the chemical transformations and their products furnished by the AOP, so that the process can be improved in the future.

The results of the proposed research could facilitate overcoming some of the major hurdles of using agricultural waste as feedstock for biofuels making it more feasible and finding a higher value for this waste.



The Use of Advanced Oxidation Processes (AOP) for Pre-Treatment of Lignocellulosic Biomass for Bioethanol Production ⁶



132-3-4

Yoram Gerchman, Hadas Mamane, Nicka Chinkov // University of Haifa

In the recent years there is re-emerging interest in bio-based fuels, especially in the context of oil replacements and additives to transportation fuel. To-date, the majority of the bio-ethanol is produced from especially grown biomass, raising issues of competition with food crops on land use, water and nutrients. One solution to this problem is the utilization of agricultural waste as a feedstock for bio-ethanol production.

Agricultural waste is rich in lignocellulosic biomass, i.e. cellulose, hemi-cellulose and lignin. The cellulose is a glucose polymer and hence could in principle be converted to simple sugars and fermented to ethanol. However, this transformation is often hampered by the presence of the lignin.

Lignin is a complex heterogeneous phenolic organic chemical compound common in plant driven biomass. It is a major component of the plant secondary cell wall, and provides the plant with stiffness and water impermeability. The conversion of lignocellulosic biomass to fermentable sugars requires the removal of the lignin layer in order to expose the cellulose layer to treatment. Furthermore, in the recent years it was found that lignin harbor not only a physical barrier but also bind and inhibit cellulase enzymes, making their use for cellulose saccharification much less effective and raising the requirement for pre-treatment. Current pretreatments include acid/base wash, high temperature and pressure, and organic solvents extraction of lignin (to name a few) - resulting in high costs and the use of toxic substances that require the cleaning of the biomass prior to fermentation. These limitations render the use of agricultural waste not feasible.

In the proposed research we will look into the possible use of advanced oxidation processes (AOP) for pretreatment of lignocellulosic biomass. In AOPs, pollutants are chemically oxidized by free hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}$). The $\bullet\text{OH}$ is a short-lived, extremely powerful oxidizing agent, able to efficiently oxidize organic molecules. We will test different combinations of irradiation by UV (with or without H_2O_2), ozonation (with or without H_2O_2 and/or UV), solar photocatalysis and the combination of sonocatalytic-Fenton reaction for pre-treatment of biomass. We will test the affectivity as well

⁶ Expected to be completed in 2016



used for degrading agricultural waste for the economic production of bioethanol. The underlying logic of this research is that by using metagenomics combined with sophisticated screening methods we will be able to isolate novel enzymes and enzymatic systems geared for biomass degradation. The novelty of the proposed research is the sequence based screening build on a specific adjusted Neighborhood Genomics algorithm, combined with the use of functional screening and protein engineering to reveal novel GHs for biomass degradation.





Metagenomics allow the isolation of DNA directly from the environment without the necessity for growing specific organisms. Construction of metagenomic libraries comprises of isolating DNA from defined habitats, making DNA libraries and subjecting those to either functional or sequence-based analysis. Functional metagenomics involves screening metagenomic libraries for a particular phenotype such as enzyme activity, and then identifying the phylogenetic origin of the cloned DNA. Sequence-based analysis comprises screening of sequenced metagenomes for homologous genes based on sequence similarities. The advantage of the functional approach is that no previous knowledge of the genome is needed to perform the screening; it is based solely on the expressed enzymatic activity of the clone. However, functional screening methods require detectable levels of enzyme activity that cannot be always achieved. The sequence-based screening approach is simple to perform since it involves only the sequenced library and a database to align it against.

In the framework of this research proposal we will combine metagenomics and biochemical approaches to isolate and characterize enzymatic systems geared for lignocellulose hydrolysis and biofuel production.

The research objectives are:

1. Obtaining novel biomass degrading enzymes from metagenomics libraries by functional and contextual approaches.
2. Elucidating the catalytic mechanism and binding specificity of selected glycoside hydrolases.
3. Revealing the three-dimensional structures of selected enzymes and identifying their structure function relationships.
4. Engineering enzymes via rational mutagenesis and directed evolution approaches.
5. Optimizing enzyme and design of glycoside hydrolases mixtures for optimized hydrolysis of pre-treated lignocellulose.

The results of this research will reveal novel glycoside hydrolases from marine environments and will allow the development of new screening tools for cellulolytic enzymes. These enzymes will be

Biomining Metagenomics Libraries for Unique Carbohydrate Active Enzymes Aimed for the Degradation of Agricultural Waste ⁵



132-3-5

Yuval Shoham // Technion - Israel Institute of Technology

Agricultural leftover is a natural byproduct of agricultural crops. As with any biomass this unused organic matter can be utilized as a renewable energy source for the production of biofuels. Biomass derived fuels generate smaller amounts of greenhouse gases compared to conventional fossil fuels and they can be produced from a variety of sources. Hence, bioethanol reduce the dependency on oil without changing existing transportation-technologies. To date, ethanol is commercially available as first generation biofuel in a limited number of countries in blends of ethanol in gasoline. Plant structural polysaccharides including agricultural and industrial by-products, can be obtained on a truly large scale from many potential crops. The dominant component found in all plant cell walls is cellulose which makes 35-50% of the total cell wall mass. Cellulose consists of β -1,4-linked glucan chains that interact with each other via inter- and intra- hydrogen bonds to form crystalline microfibrils. In addition to cellulose, plant cell walls contain several other matrix polysaccharides comprise mainly of the hemicellulosic polysaccharides (20-35% of the total cell wall mass) and lignin (10-25% of the total cell wall mass).

The key step in the production of second generation bioethanol is the hydrolysis of the reluctant lignocellulose into soluble sugars. This is achieved today by a combination of a pretreatment, usually dilute acid, and subsequently an enzymatic step. The hydrolysis of cellulose requires the synergistic actions of several Glycoside Hydrolases (GHs) including endoglucanase, exoglucanase or cellobiohydrolase, and β -glucosidase. Thus, there is growing needs for new enzymes that will reduce the hydrolysis costs.

Glycoside hydrolases (GHs) are enzymes that hydrolyze the glycosidic bond between two or more carbohydrates or between a carbohydrate and a non-carbohydrate moiety. GHs are produced by different organisms allowing them to utilize polysaccharides as carbon and energy sources. Currently, more than 160,000 sequences of glycoside hydrolases are known, and this number is rapidly growing due to the numerous genomic and metagenomic projects. Based on homology of their primary sequence, glycoside hydrolases have been classified into families (132 to date) in the Carbohydrate-Active EnZymes database (CAZy). Enzymes grouped within the same family exhibit the same identity and location of the catalytic residues and the same catalytic mechanism.

⁵ Expected to be completed in 2016

Co-processing of Biomass Wastes and By-products of Bio-fuel Production Into Synthetic Gas by Means of Supercritical Water Gasification ⁴



132-3-7

Efim Korytnyi // Ben Gurion University

Finite resources of the fossil fuel and greenhouse effect have drawn public attention to the use of biomass for the production of fuels and energy. Supercritical water gasification (SCWG) is the most suitable thermochemical conversion technology for raw biomass treatment. Existing SCWG technologies comprise external heating of the biomass-water mixture (slurry) in a heat exchanger and an additional external heating of the mixture in the reactor. However, when gasifying of complex organic matter such technology results in rapid fouling on the heating surfaces and clogging of heat exchanger tubes.

The technology is proposed for preventing above-mentioned problems. It provides a feedstock heating in SCWG-reactor by mixing with supercritical water, and by using as a feedstock a mixture of solid biomass and liquid organic waste such as crude glycerol. Crude glycerol is the main byproduct of biodiesel production. Development of sustainable processes for utilizing this organic raw material is imperative.

The proposed technology of syngas production joins together the benefits of using slurry and direct heating of the feedstock in the reactor and is the promising option for lowering the biodiesel production cost.

The goal of the proposal is to develop the technology for gasification of mixture of solid biomass and by-products of biodiesel production for syngas generation and to construct a laboratory rig for investigation of supercritical water gasification of crude glycerol-biomass mixture.

The proposed technology is environment friendly and its implementation could make green energy more commercially attractive.

⁴ Expected to be completed in 2015

Pretreatment of Agricultural Waste Lignocellulosic Biomass – Isolation and Characterization of Bacteria Producing Lignase and Cellulose and Advanced Oxidation Process³

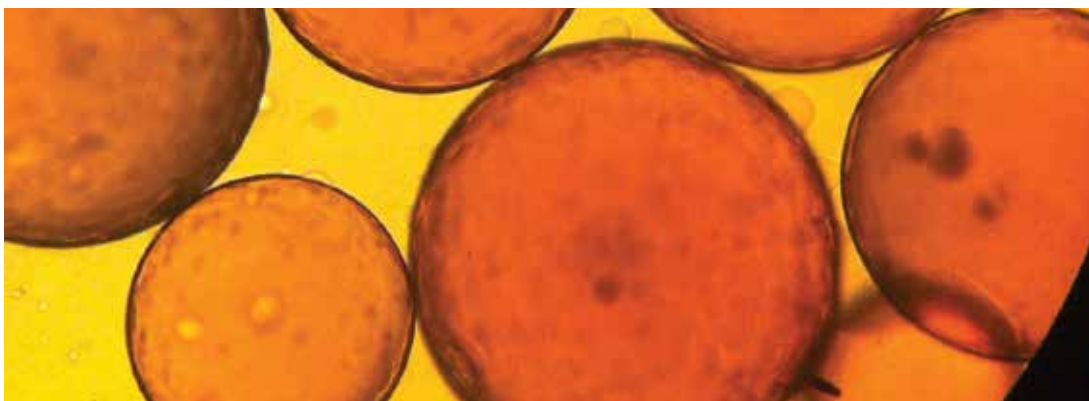
122-3-2



Yoram Gerchman // University of Haifa

In the recent years there is reemerging interest in bio-based fuels, especially in the context of oil replacements and additives for transportation, i.e. bio-diesel and bio-ethanol. To-date most of the bio-diesel and bio-ethanol is produced from especially grown biomass, raising issues of competition with food crops on land use and water. One solution to this problem is the use of agriculture waste as a feedstock for bio-ethanol production.

Agriculture waste is rich in cellulosic biomass, i.e. cellulose and hemi-cellulose. The cellulose is a polymer of glucose common in plant driven biomass. It is a major component of the plant cell wall. The conversion cellulosic biomass to fermentable sugars could be facilitated by appropriate enzymes, i.e. cellulases. Many efforts are made to find new and improved cellulases. In the proposed research we will look into enzymatic pretreatment of cellulosic biomass by bacterial and yeast cellulases - we will isolate novel cellulose degrading bacteria and yeasts from naturally rich cellulose environments; identify the enzymes and test their use for treatment of biomass. The results of the proposed research could facilitate overcoming some of the hurdles of using agriculture waste as feedstock for biofuels making it more feasible.



³ Expected to be completed in 2014

Development of energy generating system utilizing agricultural and municipal solid waste (MSW) using gasification reactor and small steam engine

112-2-1



Gad A. Pinhasi, Mike Sassoon // Ariel University of Samaria

The proposal concerns the utilization of agricultural/municipal waste in an integrated system to generate electricity for small communities (up to 30,000 people or 50 tons/day of waste). Additional revenue is created from the savings on waste disposal costs.

It is proposed to develop and license a novel technology that will turn a liability into an asset by converting, unsorted municipal solid waste (MSW), green municipal waste and agricultural residues into electricity by means of gasification and combustion of the producer gas in a Rankine (steam) cycle.

The developed system consists of Gasifier reactor, fluidized bed combustor, steam generator and a piston steam engine. The design is updraft for good efficiency and low emissions.

In the longer term the same technology can be extended to biogas (from cow/chicken manure) and solar energy in a Total Energy system. The byproducts are low volume ash (suitable for roadfill) and clean exhaust that meet international emission standards.



In our preliminary results 75 metagenomes from thermal springs were scanned with our designated search algorithm. 97 DNA scaffolds with 256 cellulolytic genes were isolated as well as 522 other cell wall degradation related genes. 2 cluster with probable cellulose degradation pathways were chosen for further evaluation. 3 putative novel GHs as well as 3 known GH and CBM genes were taken for biochemical analysis. The GN based search algorithm had managed to reduce the analyzed data and allowed to focus on several clusters

that yield gene clusters with higher potential for locating the desired novel GHs. data and allowed to focus on several clusters that yield gene clusters with higher potential for locating the desired novel GHs.

Based on the results of the galactan utilization by *G. stearothermophilus* it was found that the utilization of galactan involves several steps: extracellular galactanase, GanA, cleaves galactan into galacto-oligosaccharides, which enter the cell via a specific ABC transport system (GanEFG), where they are further degraded by the intracellular β -galactosidase GanB into galactose monomers. Galactose can then be metabolized into UDP-glucose via the Leloir pathway by the galKET gene products.

The expression of the ganEFGBA genes is induced in the presence of galacto-oligosaccharides, although not by galactose, and their transcription is most likely negatively regulated by GanR. The β -L-arabinopyranosidase Abp was characterized biochemically. Site directed mutagenesis allowed to change the specificity of the enzyme resulting in a 3-order of magnitude increase in activity towards α -D- galactopyranose.

Isolation and Characterization of Novel Cellulolytic Enzymes From Metagenomic Libraries for the Degradation of Agricultural Waste for the Production of Bioethanol



112-4-4

Yuval Shoham // Technion - Israel Institute of Technology

Agricultural waste is a natural byproduct of agricultural crops. As with any biomass this waste can be utilized as a renewable energy source for the production of biofuels. Oligosaccharides are the main structural components of plant cell walls and their natural degradation is carried out by selected microorganisms which secrete enzymes that hydrolyze the glycosidic bond, i.e., glycoside hydrolases. By utilizing metagenomics approaches it is possible to clone the genes of putative glycoside hydrolases and to obtain the gene products. In making bioethanol from second generation crops, the enzymatic treatment is the main economic constrain. Thus, there is true need for new enzymes that will reduce the hydrolysis costs.

In the framework of this research proposal we will combine metagenomics and biochemical approaches to isolate and characterize enzymatic systems geared for lignocellulose hydrolysis and biofuel production. The research objectives are:

1. Obtaining novel biomass degrading enzymes from metagenomics libraries by functional and contextual.
2. Developing sequence based screening methods for identifying novel biomass degrading enzymes
3. Elucidating the catalytic mechanism and binding specificity of selected glycoside hydrolases.
4. Revealing the three-dimensional structures of selected enzymes and identifying the structural function relationships.
5. Engineering enzymes via rational mutagenesis and directed evolution approaches.
6. Optimizing enzyme and designer of glycoside hydrolases mixtures for optimized hydrolysis of pre-treated lignocellulose.

The results of this research will reveal novel glycoside hydrolases and will allow the development of new screening tools for cellulolytic enzymes. These enzymes will be used for degrading agricultural waste for the economic production of bioethanol. The novelty of the proposed research is the sequence based screening based on a specific adjusted algorithm combined with the novel use of the NG method should yield with the revealing of novel GH sequences.

Production of Biohydrogen From Biomass Feedstock Using Bacterial Co-culture

112-4-3



Eli Morag, Alon Karpol, Shahar Yoav, Michael Yobloitz, Tal Barak // Designer Energy

Agricultural residues and municipal solid wastes are the most promising renewable feedstock sources for production of alternative bio-fuels such as bio-ethanol, bio-butanol and bio-hydrogen. In the last decade, bio-fuel solutions have gained massive momentum and are rapidly substituting the fossil fuel in countries such as Brazil and the USA. However, the bottleneck in achieving the green vision is the economical barrier of breaking down the biomass from the recalcitrated cellulose and hemicellulose into their constituent fermentable monomeric sugars. Designer Energy has developed a proprietary technology, coined Accelerated Bacterial Hydrolysis (ABH) that uses a whole-organism approach to hydrolysis biomass into fermentable sugars. Hydrogen, however, is one of the major by-product produced during the hydrolysis of biomass into fermentable sugars. This feature has been exploited for the development of a new approach which exploits the exceptional biomass hydrolysis capacity of the *Clostridium thermocellum* bacterium combined with the unique hydrogen production competence of the saccharolytic *Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum* bacterium.

The main objective of the present proposal is the development of a bioprocess for hydrogen production from biomass based on a co-culture methodology that leverages the Accelerated Bacterial Hydrolysis technology to increase the overall production of hydrogen from biomass. During the second period of the research, the production of bio-hydrogen by the co-culture approach combined with the ABH technology was optimized. After the establishment of efficient growth conditions and hydrogen production, the new approach was tested in pH controlled 1.3 liter fermentor under supplementation of cellulosic feedstocks such as switchgrass and office paper waste. To our knowledge these findings are unique and have been never published or tested before.



waste (plus or minus) and several restrictions that need to be fulfilled. Else more, the target function taking into account waste methane potential and bio-kinetics parameters, that predicted by modified Gompertz model. The tested wastes were from olive mill (OMW), meat industry (MIW), dairy (DW) and fat trap (FTW). Anaerobic digestions of the different organic wastes were investigated in batch reactor experiments at 37°C. The estimated potential parameters of FTW and MIW shows the highest methane yield 541 and 530 mL/g iVS respectively and the maximal rate of methane production of MIW was 63 mL/(g iVS*d) which is 2.4 times higher than FTW. In addition, the lag phase time needed for the anaerobic biomass to start producing methane from FTW was very long (14.3 day) compared to the other wastes. The estimated parameters for both OMW and DW show that the maximal potential of methane production was similar 430 mL/g iVS. While, maximal rate of methane production from OMW was 1.5 times higher than DW and the lag phase time needed for the biomass to start producing biogas from OMW was longer than DW



Optimization Methodology for Treatment of Agro-industrial Wastes and Enhancement of Biogas Production at Anaerobic Digesters



102-6-4

Isam Sabbah, Nidal masalha // Regional R&D center Galilee Society

Anaerobic digestions of different organic wastes were investigated in batch reactor experiments at 37°C. The tested organic wastes were olive mill waste water (OMW), solid chicken manure (SCM), solid turkey Manure (STM), organic home waste (OHW) and Cow blood waste from slaughterhouse. Different blends were made (2.5%, 5%, 12.5%, 25% and 50%) to test the effect of inhibition caused by organic and inorganic compounds present in the organic wastes. The biogas potential measured by batch assays for each waste. Dilution of the organic wastes had a positive effect on the specific biogas yield with the highest dilutions giving the best results. High concentrations of polyphenols, fats, portions and ammonia in the organic wastes were found to inhibit the biogas process at high concentrations. Co-digestion of 25% OMW mixed with CM at 37°C showed 2100 mL biogas per gr initial VS and inhibition was observed at higher percentage mixers of OMW. Co-digestion of 5% SCM mixed with CM at 37°C showed 641 mL biogas per gr initial VS and inhibition was observed at higher percentage mixers of SCM. Co-digestion of 12.5% STM mixed with CM at 37°C showed 314 mL biogas per gr initial VS and inhibition was observed at mixers with percentage of STM more than 5%. Co-digestion of 5% OHW mixed with CM at 37°C showed 853 mL biogas per gr initial VS and inhibition was observed at higher percentage mixers of OHW. Co-digestion of 12.5% BW mixed with CM at 37°C showed 639 mL biogas per gr initial VS and inhibition was observed at mixers with percentage of BW more than 5%.

In the second phase, an optimization model for anaerobic co-digestion of agro-industrial wastes including highly problematic wastes for increasing the production of biogas as a source of renewable energy was developed. The development consists of experimental procedure and software tool for choosing the optimal blends of different wastes under specific operating conditions to assure maximal economical profit from anaerobic digestion. The optimization tool considers different constraints, such as operational parameters, economic, structural and administrative of the anaerobic system. Excel solver was used to predict the optimal blends from different wastes. Where, the target function is to maximize the methane production from anaerobic degradation, taking into account the cost of the

The Effect of Ultrasonic Pre-Treatment on the Efficiency of Bio-Gas Production in Anaerobic Digestion



102-6-1

Tzachi Gertler, Evyatar Shaulsky, Idan Zarko, Yossi Levi, Shai Levi, Amnon Azulay, Henry Levi //
Hefer Energy Industries (T.A.H) LTD

Hydrolysis phase of organic material in the production of bio-gas through anaerobic digestion is considered the rate limiting step of the entire digestive process and therefore limits the rate of gas production. In this paper we have examined the effects of early exposure to acoustic treatments on the production efficiency of bio-gas anaerobic digestion process.

One of the serious challenger in carrying out laboratory-scale experiments is the low emission rate of bio-gas and the resulting difficulty in measuring the gas formation rates and the volume of gas produced. In this work we have developed an automatic optical gauge measurement of both rate and accumulated volume of bio-gas produced during experiments with laboratory scale 200 cc reactors. The sensitive measurement system is based on the principle of converting the continuous flow into discrete gas bubbles and a measurement of the bubbles passage by means of an optical detector.

The experimental results show that exposure to moderate ultrasonic radiation disables the process of anaerobic digestion completely. To overcome this we added an amount of non-irradiated material to start the anaerobic process after ultrasonic irradiation. Results of measurements of anaerobic digestion without pretreatment gave repeatable results of producing bio-gas with monotonically increasing behavior of the accumulated amount of gas produced in the process. Gas formation rates in these experiments showed a cyclic pattern with a cycle of about three days consistently across a large number of experiment on different dates. Ultrasonic radiation exposure experiments, some combined with continues stirring, presented a whole spectrum of results. In some experiments similar results to previous experiments (no exposure or stirring) were obtained i.e. the effects of ultrasonic exposure or stirring were minor if any. Some experiments have shown dispersion regardless of exposure or stirring conditions and others have shown some consistency depending on exposure and stirring when the expectation was of course effectively increase gas production due to ultrasonic radiation exposure and stirring.



to those of coal, specifically the calorific value and the volatile matter, which are the most important properties for coal. We also investigated the gas stream released during the torrefaction process and found that it contains compounds comprising hydrogen and carbon that can be readily burned to achieve complete combustion - CO_2 and H_2O . To avoid any release of undesired gases to the environment we constructed a 5-meter furnace that can burn the gas stream at 1000°C in 2 seconds as required by the Ministry of Environmental Protection. Detection showed no hazardous emissions. We also carried out a comprehensive economic analysis that showed economic viability even with expensive biomass; use of agricultural wastes makes biocoal production even more economically attractive.



Production of Bio-coal (Torrefaction) From Agricultural Waste

102-4-3



Ezra Bar-Ziv, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy

The project carried out here is in the area of renewable energy and significant energy efficiency, specifically on the production of clean renewable energy from agricultural wastes. Firing biomass to produce clean energy is becoming highly desirable as it decreases CO₂ and hazardous emissions. Using biomass for energy supply would reduce the unfavorable impact of CO₂ and to meeting the targets established in the Copenhagen Pact. It is expected that electricity production in entrained-flow pulverized-coal utility boilers will be almost 50% in the next 30-50 years, which corresponds to about one-third of the CO₂ emission in the world. Therefore, continuing to use coal will increase CO₂ emission. Firing/co-firing biomass in these boilers is the most viable solution for considerable reduction of CO₂ emission.

Large variability in the properties of untreated, mixed species or poor quality biomass, logistic issues and operational difficulties has severely limited the success of previous attempts to use raw-biomass for direct firing in combustors. Recently, biomass torrefaction, which is a mild thermal treatment of raw-biomass, has gained accelerated interest as it solves many of the obstacles encountered when using raw-biomass. The torrefaction process produces a torrefied-biomass, or biocoal, with properties similar to coal. Because the properties of biocoal can be controlled and reproduced it can be utilized as a "drop-in" fuel replacement for traditional coal processes. Biocoal offers many of the benefits of coal and also: (1) reduces emissions (NO_x, SO_x, mercury, CO₂) significantly, (2) requires less energy, (3) uses low-cost equipment, and (4) decreases cost and is competitive with coal.

We investigated and developed a technology, in the pilot scale, for the production biocoal from woody biomass. The objective of the present proposal is aimed at the examination of the production and properties of agricultural wastes that differ significantly from wood. For that we used our novel reactor for torrefaction of agricultural wastes. To achieve this objective we biocoal from agricultural wastes in our pilot scale system (0.5T/H), and carried out systematic temperature-and-residence-time study in order to control the biocoal properties. Biocoal produced from these feedstocks showed properties similar

Energy Production From Agricultural Waste





.....

The objectives of the proposal are: (1) To further develop EBC's technology for pyrolysis of biocoal. (2) To address the major hurdles of: (a) large variability in un-processed biomass of any types and (b) prevent acidic gases produced in the torrefaction to flow into the pyrolysis reactor. (3) To produce sufficient samples of the three biofuels produced in the pyrolysis stage - biogas, bio-oil, and biocoal to test for renewable energy applications.

From a simplified economic analysis for our suggested two-stage torrefaction-pyrolysis technology by assuming processing of 500,000 tons of biomass, with production cost of \$60/ton, and present market prices for the three fuels, without taking into account carbon benefits, yielding revenues of ~\$4.3 M, ~\$58 M, and ~\$11 M for gas-fuel, bio oil, and biochar respectively, or total of ~\$ 73.2. With an EBIDTA of ~\$43 M and capital cost of \$48 M, the ROI is ~1.1 year or 90%. Even if we made a mistake in 50% the return of investment will be less than 2 years.

.....

Production of Fuel From Municipal Solid Waste

102-2-3



Ezra Bar-Ziv, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy

The production of biofuels from biomass gained accelerated interest as these fuels are viable renewable carbon-neutral energy sources. E.B. Clean Energy, supported by Ministry of National Infrastructures (MNI), developed a novel and unique idea for a cost efficient conversion of low-quality biomass into biocoal for co-firing in coal boilers for electricity generation. EBC developed a pilot plant operating at a production rate of 1 ton/hour of biocoal that makes this technology ready to move immediately into the market. EBC is developing here its technology into a two-stage torrefaction-pyrolysis process that will enable producing efficiently and cost effectively three important biofuels: (1) biocoal for power production; (2) bio-oil as a replacement for imported oil; and (3) high quality biogas.

We carried out a feasibility project to further develop EBC's technology to the two-stage process by proving that the pyrolysis using biocoal is by far superior than when raw-biomass is used as a feedstock. This two-staged process is novel and has not been demonstrated before.

The main benefits of the two-stage process are: (1) turn any type of biomass into a feedstock that is reproducible in its characteristics, irrespective to the biomass source; (2) minimize the acids produced during the thermal degradation of biomass that cause severe corrosion and degrades the bio oil; (3) the bio oil produced contains much less water and acids (formic, acetic and lactic) and therefore extends the life-time of the bio oil.

In this proposal the feedstock to the torrefaction is municipal solid waste (MSW) that contains 80-85% organic material. The main hurdles when using MSW are potential emissions of hazardous gases, particularly dioxins and furans that originate mostly from chlorinated compounds (such as PVC). Our torrefaction process removed most of the chlorine. We also constructed a furnace at 1000-1200°C with residence time of 2 second that burned all products from the torrefaction process. An independent analysis by an approved laboratory measured our emitted flue gases and found no dioxins and furans in the gases emitted and other emissions are below the regulated values.

Comparative Study for the Use of Biogas for Energy Production Vs. Fuel for Transportation²



132-1-3

Itay Peri, Efrat Katz, Vardina Hibner, Pieter Tanja, Koop Klaas // DHV MED

In recent years, a recycling revolution is spearheaded by the Ministry of Environmental Protection, and its objectives are to turn waste from nuisance into resource as well as reduce the amount of waste transferred to landfill, also by producing energy from the waste. One applicable method to treat the organic stream is by anaerobic digestion generating biogas used primarily for the production of electricity and heat in cogeneration systems (CHP).

The trend to upgrade biogas to natural gas quality is growing in Europe, allowing the use of the product as fuel for transportation (the "CBG") or injecting it to the nationwide distribution network. Many anaerobic digestion facilities in the Netherlands, that used to produce electricity with biogas, moved to biogas in natural gas quality production, mainly due to economic and energetic considerations. Methane content in biogas ranges from 55%-60%, hence the efficiency of power generation and heat cogeneration process is limited. Raising methane content to 98% increases the energy efficiency of the fuel, in addition allows a clean and low cost substitute for fuels for transportation.

Direct emissions from bus motors powered by CBG are similar to emissions in CNG powered motors (TNO, 2008). The potential of the use of natural gas in transportation was examined and found economic and environmental advantages for urban bus fleets (DHVMED, 2012). The use of natural gas for garbage truck fleets was found significant environmental advantages although the economic advantages were found marginal (DHVMED, Pareto 2012).

This current proposed research will compare, by examination of a representative scenario, both economic and environmental profitability of biogas production in cogeneration systems (CHP) versus improvement for the use as CBG transportation fuel. The examined scenario will be one of the planned facilities included in the call for application grants, and accordingly two vehicle fleets intended for conversion to CBG will be analyzed (City bus and garbage trucks fleets). This examination will present and compare the environmental benefits in terms of pollution and greenhouse gases emission for the two alternatives, the economic feasibility of reclamation of biogas to CBG from two point of views - the facility operator and a vehicle fleet owner as well as the economic benefits in national level, based on external costs per ton of greenhouse gas and pollutants emissions.

² Expected to be completed in 2014

Production Fuel From Organic Municipal Waste - Survey Attitudes Among Arab Pupils ¹



132-1-2

Naim Najami // The Galilee Society

Typically, in Arab communities there is considerable amount of organic municipal waste that does not reach the collection and handling point, but is dumped or burned at the edge of the village where this behavior is very harmful to the environment and a waste of resource used as a source for producing energy. Therefore there is an urgent need to find out what the source of this behavior is due and if there is any awareness of the severity of the behavior and environmental implications.

Important to check whether the young Arab generation identifies potential source of cheap domestic garbage and properly utilized, can be derived from energy propelling a vehicle or operate a machine, which will encourage them to specialize in one of the future will lead, perhaps utilizing creative solution of organic municipal waste. In this survey will participate pupils from junior high school in the Arab sector (Arab, Bedouin and Druze) in the north.

In light of the survey results we can understand the need for intervention to increase awareness of domestic garbage treatment and inserting it into the curriculum of environmental education as an important and significant, and the need to deepen the knowledge around to changing environmental attitudes and behavior especially among young Arab population.

This survey has two main goals: (a) provide a current picture about the location of environmental issues in general and household waste utilization for energy production in particular on the agenda of the younger generation in the Arab sector. (b) Develop recommendations for implementing environmental issue in schools and local councils in the Arab sector.

¹ Expected to be completed in 2014



considered the direct and external costs of waste management, from collection through the treatment at end facilities and landfilling. LCA is currently considered as a powerful tool, which allows overall and methodical examination of the environmental effects along the entire life-cycle of waste.

The environmental impact of each treatment system was assessed by quantifying the amount of GWP, NOX, SOX and the Particulars released, as well as those prevented in the different stages of waste treatment. Then, each ton of pollution (emitted or released) was priced hence allowing a common ground for the evaluation of both external and direct costs, under each scenario.

The main hypothesis in the research is that managing the waste by mixed collection and landfilling, generates high environmental costs which are not fully reflected in the price system, thus creating market failure. Furthermore, even the maximum landfill-tax planned at 50 NIS per ton will not lead to the internalization of all external costs generated by the process. Hopefully, internalizing these costs, alternative management systems may be preferred in accordance with the nature of each municipality.

The results of the research clearly indicate that when considering externalities in the total pricing, the cheapest managing system across all the municipalities examined is received in the scenario where waste is separated at source into two streams, the "wet" stream used for processing compost and the "dry" stream is used to create Refuse Derived Fuel (RDF). Implementing this management system is estimate to result in the recycling of 80% of household waste, significantly reducing the environmental impact of the current waste management system. The environmental benefits of this scenario are priced at average of 222 NIS/ton. In addition, the current pricing and landfill taxes possibly fail to promote more optimal solutions towards the overall social welfare. One possibility for improving the effect of the landfill tax, encouraging the municipalities to implement the preferred scenario may be achieved by increase the taxes up to 125-175 NIS/ton, along with offering governmental incentives for the municipalities that will implement the preferred scenario.

Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management, Representative Municipalities in Israel



7-401

Ayalon Ofira, Kan Iddo, Segev Taly // Haifa University

Landfilling is the most commonly used approach towards waste treatment in Israel. This approach is associated with several ecological disadvantages including Green House Gases emissions (GHG), the occupation of vast territories and potential contamination of water sources and soil. Moreover, landfilling does not comply with the current, widely accepted, approaches that emphasize the need to wisely re-use products and materials out of foresight and concern for future generations. With efficient separation and treatment of waste, the majority of waste components can either be recycled or be used for generating energy.

To date, the worldwide market offers a range of more environmentally-friendly solutions towards waste disposal. Yet, in Israel, landfilling is the most commonly-used and cheapest treatment (even when considering the 30 nis/ton landfill tax charge, as of 2009). Worldwide, current approach encourages integrated solid waste management and aim at promoting different recycling solutions and Waste to Energy (WtE) over landfilling.

A more efficient recycling is mostly achieved through management system promoting separating the waste at source into two streams at least: a "wet" stream composed mainly of food remains and a "Dry" stream, which contains all other household waste components, such as plastic, paper, packaging and glass.

The pricing of each waste treatment management approach involves direct and indirect costs. Direct costs include the purchase of retention vessels, labor, fuel and maintenance. In direct, environmental costs, which are usually left out of the total pricing considerations, are termed Externalities. As or this study, Externalities refer to the damage generated by the emissions of various contaminants, land use, disamenities caused by noise and odor and more.

Here, we used Life Cycle analysis (LCA) in order to explore eight different waste management systems (scenarios) for domestic waste treatment in five representative municipalities. In each scenario we

Survey and Examination of Thermal Treatment of Municipal Solid Waste and Comparison of Alternatives for Thermal Treatment of Scrap Tires



8-300, 8-110

Ezra Bar-Ziv, Yafim Kuritini, Nadine Spitz, Roman Saveliev // E.B. Clean Energy

This report determines the viability of thermochemical conversion technologies for treatment of Municipal Solid Waste (MSW) and scrap tires in Israel by evaluating their technological, environmental and economic aspects.

Thermochemical conversion technologies have many advantages over other waste treatment options. These processes have higher energy efficiencies compared to conventional incineration plants. Less gaseous pollutants are formed compared to traditional incineration plants; therefore lower volumes of combustion gases need to be cleaned. Since waste, not virgin fuel, is combusted, and components of the products are reused, thermochemical processes have negative Green House Gas emissions. They meet existing local and international emissions limits. Their products are marketable (oil and char) or can be utilized for process heat. MSW and scrap tire thermochemical conversion is economically viable. We found 20 companies advancing thermochemical conversion of MSW, with a total of 74 commercially active plants; generally with the capacity of 100-500 tons MSW per day.

Many pilot and demonstration plants exist for scrap tires. Thermochemical conversion for post-recycled MSW and scrap tire is technologically, environmentally and economically viable. For Israel, with limited space for landfills and limited resources for fossil fuel, thermochemical conversion should be an integral part of the county's waste treatment plan. We recommend smaller treatment plants, located at landfill sites. The plants should comply with the Israeli environmental standards and recommendations and the European Commission's "Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration" (August, 2006). After these plants are established, Israel can consider investing in a larger treatment plant.

Determining the Optimal Technological Combinations for Producing Fuel From Organic Municipal Waste



102-2-2

Gadi Rabinovich, Gideon Oron, Asaf Yoshi // Ben-Gurion University

Air pollution, soil and water contamination are major issues in municipal waste treatment. We present variety of waste treatment methods that can be combined with energy recovery. The challenges are related to sustainable feasible solution for tackling diverse scenarios. These consist of selecting adequate technologies according to: the location of wastes sources, the wastes characteristics, the energy reclamation processes, the environmental considerations and the energetic-economic aspects. Energy reclamation from solid wastes, nowadays, is based on bio-chemical and thermo-chemical technologies for producing fuel from the organic fraction of municipal wastes. These include, anaerobic digestion processes for producing biogas that is utilized in Combined Heat and Power (CHP) plants; Plasma Gasification Melting (PGM) producing syngas that activates steam turbo generator systems; or Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) producing Ethanol. The work presents a new type of generic Web-based Dynamic Knowledge Base (WDKB) and a Decision Support System (DSS) for strengthening decision making efforts to optimally design, integrate, evaluate and operate solid waste treatment and energy reclamation sustainable systems.

The WDKB contains values of the energy production-chain stages, from collection (waste streams' quantity, moisture content, organic matter fraction, age and others) through process and facility (energetic input and output, cycle time, facility capacity, facility cost) up to energy consumption (availability, restore capability, caloric value, environmental footprint, timing, location). For each production stage, the DSS will include functions that refer to the above variables.

Verification of the proposed Knowledge Base is illustrated using a case study of facility, located in Hefer Valley - Israel, for anaerobic digestion of agriculture waste. Using this prototype we advise to treat the organic matter of municipal waste by co-digesting it with agriculture waste that is highly activated with mathanogenic bacteria. To illustrate the decision making capability of our work, we present an optimal control model for the process of anaerobic digestion. The model finds both the optimal dilution rate of the digestion tank and the influent organic concentration that maximize the biogas production rate across the Hydraulic Retention Time.



The work that was done here indicated very clearly the advantages of using biocoal over biomass in fast pyrolysis, achieving all objectives but far beyond. The present project was very limited in scope because of the small budget. It allowed to prove the superiority of biocoal and shows its economic advantages but not initiate any technological development which is needed to prove the viability of this novel approach. The present project proved only the scientific feasibility. What is needed now is another project that will: (1) a comprehensive torrefaction-followed-by pyrolysis in a large variety of pyrolysis parameters (temperature and time), and (2) prove the technological feasibility of using biocoal in fast pyrolysis.



Enhanced Bio-Oil, Produced from Municipal Solid Waste, as an Environmental and Economical Alternative to Crude Oil

122-1-1



Ezra Bar-Ziv, Nadine Spitz, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy

The production of biofuels from biomass gained accelerated interest as these fuels are viable renewable carbon-neutral energy sources. E.B. Clean Energy (EBC), supported by Ministry of National Infrastructures (or Energy and Water) and Ministry of Environmental Protection, developed a novel and unique idea for a cost effective conversion of low-quality biomass, including municipal solid waste (MSW), into biocoal for co-firing in coal boilers for electricity generation. EBC further developed its technology into a two-stage torrefaction-pyrolysis technology that produces bio-oil as a replacement for imported crude oil. This two-staged process is novel and has not been demonstrated before. The main benefits of the two-stage process are: (i) turn any type of biomass into a feedstock that is reproducible in its characteristics, irrespective to the biomass source; (ii) the bio-oil produced contains much less oxygen, water and acids (formic, acetic and lactic) and therefore extends the life-time of the bio-oil and enhances its combustive qualities.

The main objective of the present project was to further the development EBC's concept for pyrolysis of biocoal to bio-oil and show that bio-oil biocoal is by far superior over pyrolysis from biomass. The specific objectives were successfully achieved:

1. Produced a large variety of biocoal at different conditions and determined the kinetic parameters of the torrefaction process. Accordingly, we are able to set operational parameters to get any type of biocoal required. We have also shown that using biocoal that was produced at 300oC with 20 minutes residence time we received enhanced bio-oil – less oxygenated compounds.
2. Carrying out fast pyrolysis at the desired temperature range with particles in required size range. It was found that while temperature had a strong effect, the particle size has very little effect on pyrolysis product distribution.
3. Carrying out simplified economic analysis that the great advantages of using biocoal and short return on capital.

Energy Production From Municipal Solid Waste





Energy Production From Oils and Fats **50-54**

- | | | |
|---------|---|-------|
| 122-1-1 | Enzymatic Production of Biodiesel from Fat Trap | 51 |
| | Sobhi Basheer // TransBioDiesel | |
| 132-2-2 | Development of a biotechnological process for the production of biodiesel from slaughterhouse lipid waste | 52-54 |
| | Ayelet Fishman // Technion – Israel Institute of Technology | |



Energy Production From Municipal Wastewater 43-49

- | | | |
|---------|---|-------|
| 112-5-2 | Increasing the Production of Alternative Energy Using Innovative-Hybrid Zymatic Pretreatment and Anaerobic Processes of Low-concentrated Industrial Wastewater. bic Digesters
Isam Sabbah, Sari Asala // Regional R&D center Galilee Society | 44 |
| 114-3-1 | Development Of Wastewater Based Bio-fuel Production As an Oil for Transport Alternative
Yaakov Anker, Marina Nisnevitch // Ariel University of Samaria and Jordan rift R&D center | 45 |
| 102-5-1 | Microbial Fuel Cells for Industrial Wastewater Treatment
Yehudit Rishpon, Michael Danon, Yifat Bezalel, Klimentiy Levkov // Tel Aviv University | 46-47 |
| 132-4-2 | Microbial Fuel Cells as a Technology for Simultaneous Municipal Wastewater Treatment, Electricity Generation and Detection of Toxic Organic Substances
Yehudit Rishpon, Keren Golob, Kalemanty Lavkov, Michal Boch // Tel Aviv University | 48 |
| 122-4-2 | Energy Generation using Toxic Aromatic Compounds – Degrading Bacteria in Microbial fuel-Cell
Rivka Cahan, Alex Schechter, Yeshayahu Nitzan // Ariel University of Samaria | 49 |

102-6-4	Optimization Methodology for Treatment of Agro-industrial Wastes and Enhancement of Biogas Production at Anaerobic Digesters Isam Sabbah, Nidal masalha // Regional R&D center Galilee Society	25-26
112-4-3	Production of Biohydrogen From Biomass Feedstock Using Bacterial Co-culture Eli Morag, Alon Karpol, Shahar Yoav, Michael Yolobitz, Tal Barak // Designer Energy	27
112-4-4	Isolation and Characterization of Novel Cellulolytic Enzymes From Metagenomic Libraries for the Degradation of Agricultural Waste for the Production of Bioethanol Yuval Shoham // Technion – Israel Institute of Technology	28-29
112-2-1	Development of energy generating system utilizing agricultural and municipal solid waste (MSW) using gasification reactor and small steam engine Gad A. Pinhasi , Mike Sassoon // Ariel University of Samaria	30
122-3-2	Pretreatment of Agricultural Waste Lignocellulosic Biomass – Isolation and Characterization of Bacteria Producing Lignase and Cellulose and Advanced Oxidation Process Yoram Gerchman // University of Haifa	31
132-3-7	Co-processing of Biomass Wastes and By-products of Bio-fuel Production Into Synthetic Gas by Means of Supercritical Water Gasification Efim Korytnyi // Ben Gurion University	32
132-3-5	Biomining Metagenomics Libraries for Unique Carbohydrate Active Enzymes Aimed for the Degradation of Agricultural Waste Yuval Shoham // Technion – Israel Institute of Technology	33-35
132-3-4	The Use of Advanced Oxidation Processes (AOP) for Pre-Treatment of Lignocellulosic Biomass for Bioethanol Production Yoram Gerchman, Hadas Mamane, Nicka Chinkov // University of Haifa	36-37
132-3-3	Olive Mill Waste – Pretreatment, Use of Yeasts for Bioethanol Production Yoram Gerchman, Hassan Azaizah // University of Haifa	38
132-3-2	Development of Bioethanol Production Scheme From Surplus Crops, of Agricultural Vegetated Wastes and From Aquatic Plants Marina Nisnevitch, Marina Nisnevitch, Svetlana Lugovskoy // Ariel University of Samaria	39-41
132-2-1	Combined Biochemical-hydrothermal Treatment of Poultry Litter for Biofuel Production, Nutrient Recycling and Removal of Environmental Pollutants Amit Gross, . Eran Friedler, Jack Gilron, Moshe Sheintuch // Ben Gurion University	42

Research Abstracts



Energy Production From Municipal Solid Waste 10-20

- | | | |
|-----------------|---|-------|
| 122-1-1 | Enhanced Bio-Oil, Produced from Municipal Solid Waste, as an Environmental and Economical Alternative to Crude Oil
Ezra Bar-Ziv, Nadine Spitz, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy | 11-12 |
| 102-2-2 | Determining the Optimal Technological Combinations for Producing Fuel From Organic Municipal Waste
Gadi Rabinovich, Gideon Oron, Asaf Yoshi // Ben-Gurion University | 13 |
| 8-110,
8-300 | Survey and Examination of Thermal Treatment of Municipal Solid Waste and Comparison of Alternatives for Thermal Treatment of Scrap Tires
Ezra Bar-Ziv, Yafim Kuritini, Nadine Spitz, Roman Saveliev // Ben-Gurion University | 14 |
| 7-401 | Life Cycle Assessment of Municipal Solid Waste Management, Representative Municipalities in Israel
Ayalon Ofira, Kan Iddo, Segev Taly //University of Haifay | 15-16 |
| 132-1-2 | Production Fuel From Organic Municipal Waste - Survey Attitudes Among Arab Pupils
Naim Najami // The Galilee Society | 17 |
| 132-1-3 | Comparative Study for the Use of Biogas for Energy Production Vs. Fuel for Transportation
Itay Peri, Efrat Katz, Vardina Hibner, Pieter Tanja, Koop Klaas // DHV MED | 18 |
| 102-2-3 | Production of Fuel From Municipal Solid Waste
Ezra Bar-Ziv, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy | 19 |



Energy Production From Agricultural Waste 21-42

- | | | |
|---------|--|-------|
| 102-4-3 | Production of Bio-coal (Torrefaction) From Agricultural Waste
Ezra Bar-Ziv, Roman Saveliev, Miron Perelman // E.B. Clean Energy | 22-23 |
| 102-6-1 | The Effect of Ultrasonic Pre-Treatment on the Efficiency of Bio-Gas Production in Anaerobic Digestion
Tzachi Gertler, Evyatar Shaulsky // Hefer Energy Industries (T.a.h) Ltd | 24 |

-
8. In order to advance the government targets for renewable energies production until 2015 and to reach the 2020 goals, it is recommended to consider designating a few thousand tons of organic waste per day for energy recovery by gasification, to transfer electricity quotas from biomass to other renewable energy technology (such as solar energy), or to promote a combination of these two options.
 9. In order to ensure optimal national organic waste management, it is recommended that one governmental entity will coordinate the field in all sectors (municipal, agricultural, industrial, KKL\ JNF- Jewish National Fund, etc.), will calculate the amount and dispersion of organic waste in Israel, and plan for the optimization of the use of this resource. A national master plan is needed that will take into account the entire supply and demand for all different feedstocks and products (organic waste, energy, organic fertilizer, etc.) and given various technologist.
 10. It is advised that the Ministry will accumulate professional knowledge on energy recovery plants, and will educate residence about them. This is in order to minimize residence opposition to energy recovery plants building due to lack of knowledge regarding technologies and their environmental impact.
-



Energy Recovery from Biomass Waste Research Assessment- Executive Summary

Dr. Daniel Madar, Mimshak Fellow,
Advisor to the Chief Scientist

.....

Government decisions in the last few years have instructed the Ministry of Environmental Protection to promote research in the field of **energy recovery from organic matter (biomass)**. Moreover, a quota for electricity production from biomass was allocated. Since 2010, four Calls for Proposals were published in the field of energy production from biomass waste. They financed 24 studies in the sum of about 9 million NIS. Prior to the announcement of the fifth and last Call for Proposals in the field, it was decided to summarize the financed studies thus far, to compare the research in Israel to the research abroad, to evaluate the studies' success and applicability, to relate them to the Ministry's policy, and to recommend future research directions.

The main goal of the program is economic recovery of energy from biomass waste in order to prevent waste landfilling, while reducing unwanted byproducts. According to this goal, following are the main recommendations which emerged from the studies:

1. It is recommended to promote studies with a double environmental benefit, such as energy recovery and pollutant reduction by microbial fuel cells.
2. Given our limited budget, studies on energy recovery from waste cooking oil/fats and from wastewater should be the last priority. This is due to the relatively low amount of waste cooking oil/fats, the low energy content in wastewater, and the availability of satisfactory solutions for these wastes.
3. It is recommended to promote studies that give solutions to a wide range of bio- wastes, or to large quantities of waste (over 50,000 tons per year).
4. If anaerobic digestion is used for energy recovery from municipal solid organic given the scientific evidence we have, it is recommended to use "dry" anaerobic digestion over "wet" anaerobic digestion.
5. It is recommended to investigate pro-and con- of local waste solutions. This is due to the high economic and environmental costs of waste transportation.
6. If biomass waste is re-used in a legal, economic and successful (such as animal feeding with biomass waste)- it is recommended not to divert this waste to energy recovery.
7. It is advised to focus on studies that relate to the recovery of available energy, such as electricity, biogas or syngas. It is not advised to promote studies that involve energy or fuel conversions, which cause energetic losses.

Introduction

In accordance with Government Resolution Number 3954, dated August 21, 2008 on "Research, Technology Development and Electricity Production in the Field of Renewable Energy," the government called on the Ministry of Environmental Protection to promote infrastructure research and to commission academic research with a potential for commercial applicability. Accordingly, the Ministry has taken steps to advance research studies on this subject.

In the years 2010 to 2014, the Chief Scientist's Office in the Ministry of Environmental Protection has issued annual calls for research proposals on energy production from biomass. The identified subjects included:

- Energy production from municipal solid waste
- Energy production from municipal wastewater
- Energy production from agricultural waste
- Energy production from oils and fats

The development of research and science leads to the advancement of innovative solutions in the field of waste and energy as well as to the growth of science in Israel. This accumulated knowledge serves the Ministry in formulating tools for the promotion of renewable energies and for the development of environmental policy in order to assure the continuation of significant and effective action on behalf of the environment.

The production of energy from biomass has many advantages. As this field continues to develop and as this technology continues to improve, this energy source will occupy an important place on the global energy map as an effective solution to waste management and treatment.

After four years in which we have supported the research in the field, we decided to conduct integration of decisions and knowledge resulted from governmental decisions in renewable energy, Ministry policy in waste management, national and international research results, and of biomass waste quantities and dispersion. This, in order to direct the research to subject where we identified scientific gaps, and also to recommend to the Ministry on roads of action. In what follows are the main recommendations from this work:

It is recommended that the governmental activity in the field of biomass waste, will be coordinated by one entity which will promote a master plan that will assess supply, demand and dispersion, and will plan suitable treatments to the waste. It is recommended to support researches that give solutions to large amounts of biomass waste, above 50 thousand tons per year. It is recommended to compare economic and environmental aspects of small scale vs. large scale energy from biomass waste facilities. It is recommended to assess the feasibility of thermal biomass to energy facilities in addition to anaerobic digesters. Lastly, we recommend on concentrating on researches that recover available energy, as electricity, biogas and syngas.

We hope that this survey which includes insights mapping composed by Dr. Daniel Madar, a Mimshak fellow of the Israeli Association of Environmental Sciences, and the collocation of the research abstracts funded by the Ministry of Environmental protection will shade light on the research conducted in the field of energy recovery from biomass waste.

Enjoyable reading,
Dr. Sinaia Netanyahu
Chief Scientist, Ministry of Environmental Protection

Message from the Director General

Waste management is one of the core areas of activity of the Ministry of Environmental Protection. In the wake of major economic and technological developments, the waste which was once viewed as an environmental nuisance may now be transformed into a vital resource in the production of energy. I am convinced that the advancement of these technologies is of special importance, especially in light of government decisions on renewable energies and the reduction of waste landfilling.

Environmental technologies support economic activity and are integrated in many areas of our lives for the purpose of reducing, optimizing and upgrading manufacturing processes that may potentially pollute the environment and harm human health and quality of life. Environmental technologies also include energy production and storage technologies that contribute to economic activities that rely on cleaner energy sources.

Non-renewable resources are largely used for the production of energy today. At the same time, the waste quantities generated by different sectors (agricultural, industrial and municipal) are increasing along with the growth in population and living standards. This reality reinforces the importance of energy production from biomass since these technologies will enable us to preserve our resources while reducing waste.

The Ministry of Environmental Protection would like to promote a discourse on environmental technologies in general and on biomass in particular, and we hope that the following research studies will be of interest to the readers of this report.

Sincerely,

David Leffler

Director General, Ministry of Environmental Protection

Message from the Minister

The world's population is rapidly growing, and with it the global consumption and use of natural resources as sources of energy. The global depletion of natural resources has increased the need to develop alternative energy sources that are renewable and that emit fewer greenhouse gases into the atmosphere. Waste is one such source. It has emerged as one of the most important raw materials of the new era.

Israel generates about 5 million tons of municipal and commercial waste each year, of which about 1.8 million tons are municipal organic waste. The quantity of waste in Israel increases by some 3% to 5% annually, and about 5.5 million tons of organic waste are expected to be generated in 2025. The production of energy from this amount of waste can constitute up to 4% of Israel's electricity generation. Along with other renewables, it would be possible to reach at least 10% of the country's electricity generation by renewable energy sources by 2025.

Waste and its constituents, which are generally considered nuisances, can provide us with electricity, heat, fuel and fertilizer. Energy production from biomass, alongside other renewable energies, can allow us to transform waste from a nuisance to a resource while reducing landfill volumes, minimizing pollutants, saving valuable land areas, saving money, saving resources, and strengthening Israel's energy security.

In my worldview, this is the right integration of social justice and environmental justice.

Sincerely,

MK Amir Peretz

Minister of Environmental Protection

המשרד להגנת הסביבה



الوزارة لحماية البيئة
Israel Ministry of Environmental Protection

office of the chief scientist



Energy Recovery from Biomass Waste:

Research Abstracts and Insights

August 2014 // www.sviva.gov.il