



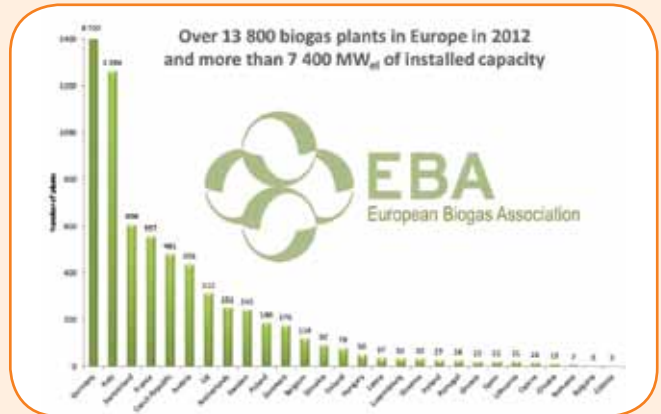
שגיא שני - חברת סולר פארם
sagi@solarfarm.co.il

טכנולוגיית עיכול אנאירובי (ביוגז) ברפת החלב בישראל

שוק הביוגז בעולם

בשנת 2012 נרשמו מעל 13,800 מתקני ביוגז פעילים באירופה, בהספק מותקן של מעל 7,400 מגה-וואט. מרבית המתקנים הוקמו בגרמניה.

איור 1. נתונים מאיגוד הביוגז האירופאי-EBA

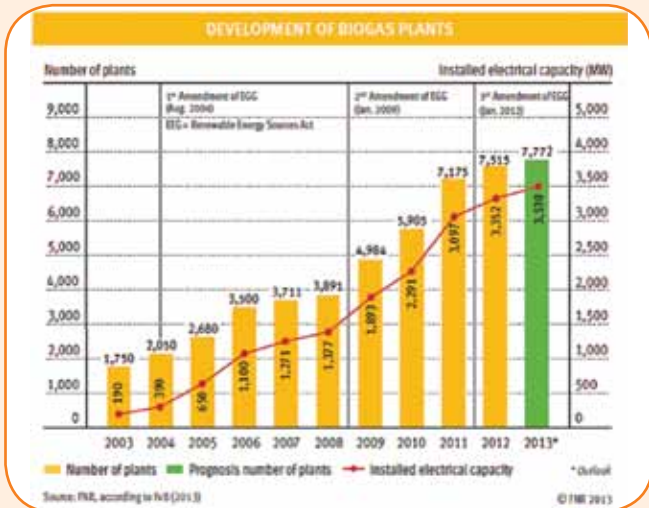


מקורן של 66% מכלל האנרגיות המתחדשות בגרמניה מיוצר בטכנולוגיית ביו-מאסה לסוגיה השונים.

בתרשים ניתן לראות את הדומיננטיות של טכנולוגיות הביו-מאסה בהשוואה לטכנולוגיות אחרות כגון סולרי, רוח והידרו - 11% מיוצר בטכנולוגיות סולריות (פוטו-ולטאית וטרמו-סולר), 14.7% מיוצר בטכנולוגיות רוח, 6.8% בטכנולוגיית הידרו.

בניגוד לטכנולוגיות סולריות ורוח אשר אפקטיביות, רק חלק קטן יחסית משעות השנה, טכנולוגיות סולריות כ-1,600 שעות ייצור אפקטיביות בשנה, טכנולוגיות רוח כ-3,000 שעות ייצור אפקטיביות בשנה, מתקנים בטכנולוגיות ביוגז פועלים בצורה אפקטיבית ורציפה מעל 93% מהזמן, כ-8,200 שעות לשנה, בדומה לתחנות כוח המבוססות אנרגיות שאינן מתחדשות.

איור 3. התפתחות שוק הביוגז בגרמניה 2013

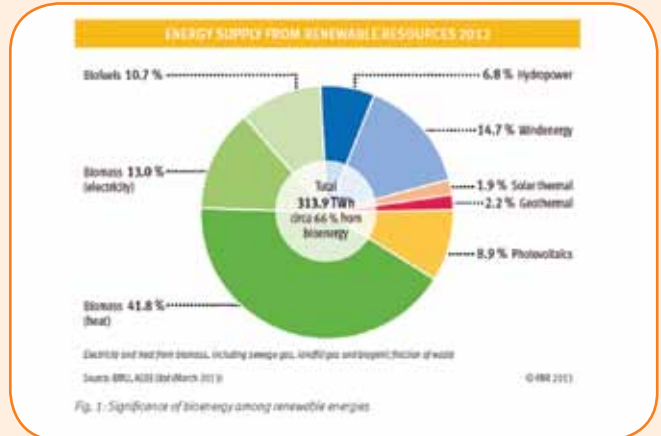


ניתן לראות כי מרבית המתקנים נבנו במהלך העשור האחרון. ממוצע ההספק של מתקני הביוגז בגרמניה נמוך מ-500 קילוואט, כלומר, מרבית המתקנים הם קטנים, מקומיים, ומשרתים את המגזר החקלאי בסביבתם. למודל המתקנים הקטנים והמקומיים יתרונות רבים, בהשוואה למתקנים גדולים ומרכזיים, אשר מרכזים אליהם כמויות גדולות של פסולת אורגנית, ממרחקים גדולים, במיוחד כאשר מדובר על פרש פרות המורכב בעיקרו מנוזלים.

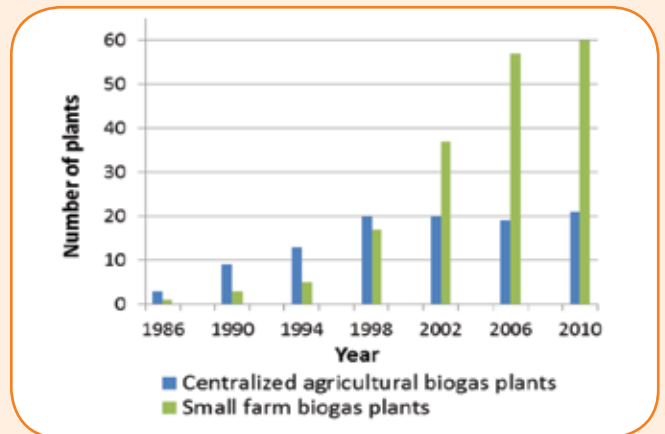
בישראל ישנם כשניים שלושה מתקני ביוגז מרכזיים, הפעילים במגזר החקלאי בלבד.

הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, בתאום עם המשרד להגנת הסביבה, פרסמה הסדרה בהיקף של 160 מגה-וואט, בתוקף עד שנת 2017, לייצור חשמל בטכנולוגיית עיכול אנאירובי (ביוגז). מכסה זו מאפשרת להקים עשרות מתקני ביוגז בהספקים שונים, במגזרים - החקלאי, פסולת עירונית, מתקני טיפול בשפכים וכדומה.

איור 2. התפלגות ייצור האנרגיות המתחדשות בלבד, בגרמניה, בשנת 2012



איור 4. מעבר ממתקנים גדולים לקטנים, דנמרק



מתקן ביוגז מקומי

- שבהם נוצר חומר הגלם שממנו הוכנו דשנים אלו.
- ייצור חשמל המוזן ישירות לרשת החשמל, בתמורה לתעריף קבוע של כ-64 אגורות לקילוואט לשעה, שמובטח ל-20 שנה, בהתאם להסדרה של הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, לייצור חשמל בטכנולוגיית עיכול אנאירובי (ביוגז). הרווחים הנובעים ממכירת החשמל, מגיעים ישירות לבעלי הקרקע והרפתות, במקום לממן עלויות הובלה וטיפול באתרים מרכזיים.
- שימוש בחום שיורי המתקבל בחינם ואשר מוקצה לצורכי טיפול בתוצרי הלוואי של מתקן הביוגז (Digested). למעשה, המתקן מטפל בכל פרש הפרות המיוצר ברפת ומיתר את הצורך של הרפתן להשקיע משאבים כלשהם המיועדים לטיפול בפרש הפרות. הטיפול המקומי במתקן הביוגז מבטל את ההשפעות השליליות של פרש הפרות על הסביבה החקלאית הקרובה.

מתקן הביוגז יוצר אפשרות עתידית להרחבתו באמצעות ייצור ביוגז ומכירתו ישירות לרשת הגז הטבעי הארצית.

טיפול בכל תוצרי הלוואי ממתקן הביוגז באמצעות חום שיורי

אחד החסרונות העיקריים של מתקני העיכול האנאירובי הסטנדרטיים (ביוגז) הפועלים בפרמנטציה רטובה, כנהוג בדרך כלל במגזר החקלאי, הוא תוצר הלוואי המתקבל בסוף תהליך העיכול האנאירובי (Digested), אשר מתקבל בתצורה נוזלית, כלומר, בכ-10% מוצקים בלבד, ולכן השימוש בו כדשן מהווה אתגר טכני, כלכלי וסביבתי.

בדומה למצב בישראל, במקומות רבים בעולם קיימות מגבלות מחמירות בנוגע לשימוש בתוצרי לוואי אלו (Digested). בכדי להתמודד עם מגבלות אלו פותחו מספר פתרונות מסחריים לטיפול בשפכי מתקן הביוגז, ביניהם פתרונות המבוססים על שימוש בחום השיורי המתקבל מפעילות הגנרטור, בכדי לאדות או לייבש נוזלים אלו ולהפוך אותם לדשן מוצק המתאים לשימושים חקלאיים.

ישנן מספר אלטרנטיבות מסורתיות, ללא שימוש בחום, לטיפול בתוצרי הלוואי אשר כוללות פיזורו כדשן נוזלי בשדות חקלאיים, תחת מגבלות רבות, או שימוש במערכות סטנדרטיות לטיפול בשפכים (מטש"ם), כמקובל בטיפול בשפכי צורות הצינון ומכון החליבה כיום. במיזמים שאותם אנחנו מפתחים, בחרנו להשתמש בטכנולוגיה אשר מייבשת את כל מי הנטל (Digested), הופכת אותם לדשן מוצק ובכך להימנע

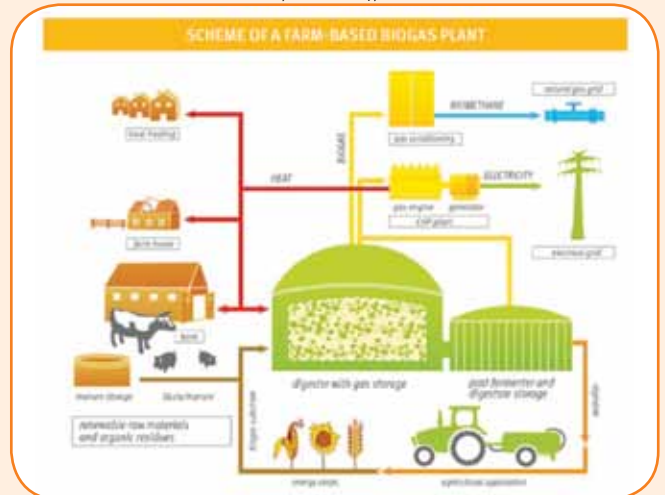
שינוי המגמה בדנמרק, ממודל של מתקני ביוגז גדולים ומרכזיים במגזר החקלאי, אשר היו מקובלים בשנות השמונים והתשעים במאה הקודמת, למודל של מתקני ביוגז מקומיים, קטנים וצמודי משק, במגזר החקלאי החל משנות האלפיים.

להערכתנו, שילוב של מתקני ביוגז מקומיים וקטנים, לצד מתקנים מרכזיים וגדולים, יסיעו לרפתות החלב בישראל להתמודד עם האתגרים הסביבתיים העומדים בפניהן בשנים הקרובות.

שילוב מתקני ביוגז קטנים ומקומיים ברפתות החלב בישראל

מתקני הביוגז משתלבים בצורה טבעית בפעילות החקלאית בסביבת הרפת ובשוק האנרגיה הארצי.

איור 5. סכמת העבודה של מתקן ביוגז מקומי



- יתרונות מודל מתקני הביוגז המקומיים והקטנים, צמודי הרפת
- טיפול מקומי ומידי בפסולת בעלי החיים. ללא צורך בשינוע למתקני טיפול מרכזיים ותשלום בעבור הטיפול, הנגזר מעלויות הובלה גבוהות אל המתקן המרכזי ועלויות הקשורות בהתמודדות עם ריכוז פסולת בעלי חיים, שמגיע משטחים נרחבים לאתר מרכזי אחד.
- ייצור דשנים לשימושים חקלאיים מקומיים, ללא צורך בקניית ובהובלת הדשנים ממפעלי דשנים מרכזיים, בחזרה אל המשקים החקלאיים,



הדשן המוצק אשר מתקבל ממתקן ייבוש הבוצה - יבש וכמעט ללא ריחות

מעלה את צריכת החשמל העצמית של מתקן הביוגז. חשוב לציין, שמתקן הייבוש צורך חשמל, בכמות קטנה מאד, ביחס לצריכת החום שלו. במקרה של מתקן ייבוש צמוד מתקן ביוגז, צריכת חשמל זו, מחושבת כחלק מהצריכה העצמית של כל מתקן הביוגז, הכולל את כל רכיבי מתקן הביוגז השונים וביניהם משאבות, מערבלים, מפרדת מוצקים, מפוחים, מערכות בקרה וכדומה. צריכת החשמל של מתקן הייבוש ממומנת על ידי ההכנסות ממכירת החשמל ממתקן הביוגז, כך שעלויות הטיפול בתוצרי הלוואי אינן ממונות על ידי הרפתן.

אפשרויות טיפול בשפכים נוספים כגון מי צינון ומי מחלוב

כמות אנרגיית החום הזמינה ממתקני הביוגז מאפשרת למתקן הייבוש הנ"ל להתמודד עם ייבוש כל תוצרי הלוואי של מתקן הביוגז עצמו, ללא תוספת נזולים נוספים כגון מי צינון ומי מכון, אולם קיימות אפשרויות להוסיף מקורות אנרגיה חיצוניים, מעבר לפרש הפרות, אשר יאפשרו למתקן הייבוש להתמודד עם נזולים אלו.

אחת מאפשרויות אלו היא טיפול במי חצרות הצינון ומי המחלוב, באמצעות שימוש בתוספת פסולת אורגנית יבשה ועשירה באנרגיה, דוגמת זבל עופות.

במקרה של תהליך עיכול אנאירובי בפרמנטציה רטובה, התהליך האופטימלי מתרחש באחוז חומר יבש של 8% עד 12%. לכן, ככל שהפסולת האורגנית בכניסה למתקן הביוגז יבשה יותר, כך ניתן למחזר יותר נזולים המתקבלים בסוף תהליך העיכול האנאירובי (Digested), לצורך דילול החומר האורגני היבש הנכנס לתחילת התהליך, במגבלות של הצטברות חנקנים וחומרים אחרים בתהליך, אשר עשויים להשפיע לרעה על תהליך העיכול האנאירובי עצמו.

אחת מהפסולות האורגניות העונה על דרישות אחוזי החומר היבש ופוטנציאל האנרגיה, אשר נפוצה מאד במגזר החקלאי בארץ, היא זבל עופות. ניתן ואף רצוי להוסיף זבל עופות למתקן ביוגז צמוד רפת, המבוסס בעיקרו על פרש פרות, במגבלות מסוימות, הקשורות בין השאר בכמויות



מתקן ייבוש ואיזו מי התסנין (מי הנטל) הצמוד למתקן הביוגז

מהצורך לטפל בשפכים נזולים כלשהם. למתקן הייבוש מספר יתרונות על פתרונות סטנדרטיים לטיפול בשפכים, הוא אינו צורך כמעט שטח (מבנה יביל בגודל של מכולה), הוא אינו צורך תוספות של חומרים כימיים כלשהם ומרבית האנרגיה שהוא צורך מגיעה בתצורת חום שיורי מיחידת הגנרטור, אשר בדרך כלל, במיוחד בישראל החמה, אין לו שימוש אטרקטיבי אחר ואלמלא שימוש זה, החום היה משתחרר לסביבה דרך מערכות הקירור של הגנרטור, אשר הפעלתם הייתה

חברת סולארפארם בע"מ

- החברה עוסקת בייזום, פיתוח, הקמה ומימון מתקנים לייצור אנרגיות מתחדשות.
- בשנים 2008 עד 2013 החברה יזמה ופיתחה, עד למעמד רישיון ייצור וסגירה פיננסית, מספר רב של פרויקטים סולאריים קרקעיים בישראל, יחד עם חברת EDF-EN, במסגרת ההסדרה של הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, לייצור חשמל בטכנולוגיה פוטוולטאית.
- בשנת 2013 החברה החלה ביזום ופיתוח של מספר פרויקטים במגזר החקלאי בארץ, במסגרת ההסדרה לייצור חשמל בטכנולוגיית עיכול אנאירובי (ביוגז).
- רו"ח BDO זיו האפט.
- עו"ד שיבולת, צוות איכות הסביבה, קלינטק ושינוי אקלים.
- בעלת הון עצמי המיועד להשקעה במיזמי ביוגז בישראל ומגובה משקיעים פרטיים. ■

יישום הפרויקט בשטח

הפנינו מספר שאלות לשגיא על היבטים שונים בתפוקות ובכלכליות של הפרויקט

מהו גודל השטח הנחוץ לבנייה הכוללת של המתקן?

מתקן צמוד רפת ממוצע, ידרוש דונם אחד עד שניים בנוי ועוד מספר דונמים לשטחי תפעול ואחסון. סה"כ בין 3 ל-6 דונם, תלוי בממשק אספקת הזבל אל האתר ובמטטר פינוי הדשן מהאתר.

האם אפשר לדבר על עלויות, כלכליות הפרויקט, ואופן התקשרות?

מצורף קובץ המציג את עיקרי תכנית עסקית, להמחשה בלבד, למתקן צמוד רפת בהספק של כ-400 קילוואט (BP400KW).

עלות הקמה מתקן kw 400	
תזרים שנתי	9200
הכנסה שנה 0.65 * 8200 * 400	2116
הוצאות תחזוקה ותפעול	865
החזר הלוגנה והוצאות מימון (15.6% שנה, 80% מינוף)	816
רווח לפני מס	435
הון עצמי	1840
תשואה על ההון לפני מס	24%

אנחנו, בד"כ, מעדיפים לעבוד במודל של שותפות עם בעלי הקרקע והרפת, בעיקר מפני שמדובר על מתקן המצריך עבודות תפעול יומיות, הקשורות בקשר הדוק למערך הטיפול בזבל המתבצעת ברפת ולכן רצוי שלרפתנים יהיה עניין בהכנסות וברווחים הנובעים מהצלחת המתקן. להערכתנו, תעריף של 64 אגורות לקילוואט/שעה, אשר פורסם על ידי הרשות לשירותים ציבוריים חשמל, מאפשר הקמת מתקנים לכללים החל מהספק של כ-400 קילוואט. מתקן בהספק כזה יצרוך כמויות פסולת אורגנית המיוצרות, למשל, על ידי רפתות עם מכסת חלב כוללת של כעשרה מיליון ליטר ועוד חוות לולי פטם של כעשרה דונם.

אנחנו העברנו בעבר את המלצותינו לרשויות השונות בארץ, המבוססות על הניסיון במדינות מערב אירופה, לקביעת תעריפים מדורגים בגובה שונה למתקנים קטנים אשר יאפשרו הקמת מתקנים צמודי רפת המיועדים לטפל בפרש הרפתות, גם ברפתות בינוניות בעלות מכסת חלב של כ-3 מיליון ליטר.

איזה דרישות יש לרשויות בנושא ?

בכדי להקים את המתקן יש להמציא רישיון ייצור חשמל מהרשות לשירותים ציבוריים חשמל והיתר בנייה מוועדות התכנון הרלבנטיות אשר בד"כ ידרשו אישורים מרשויות רבות, הכוללות בין השאר את משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה, משרד הבריאות, כיבוי אש, רשות המים, רמ"י ועוד.

מה עושים עם המוצקים שיוצאים - מה הערכים שלהם?

המוצקים שיוצאים ממתקן הייבוש הם דשן מטופל המתאים לשימושים חקלאיים שונים. איכות הדשנים תלויה במשתנים רבים הכוללים, בין השאר, את סוגי החומרים האורגניים המוזנים למתקן, סוג תהליך העיכול האנאירובי, זמן השהייה במכלי העיכול, שיטות הפרדת וייבוש המוצקים בסוף התהליך.

האם המתקן יכול להשתמש רק בזבל רפת, כולל רביצה וגם מאצרות?

כן, המתקן יכול לעבוד על בסיס זבל רפתות בלבד, ללא כל תוספות של חומרים אחרים.

אם ננסה לפרט, המתקן יכול לקלוט זבל מכל סוגי ממשק הטיפול בזבל הקיימים ברפתות בארץ והמצריכות פינוי, הכוללים בין השאר, מאצרות, תאי רביצה, חצרות ופלינג. ככל שהזבל המוזן למתקן יהיה טרי יותר, כך ניתן יהיה להפיק ממנו יותר ביוגז.

לשם המחשה, פרש אשר מוזן למתקן הביוגז בשאיבה אוטומטית, ישירות מבורות איסוף בקצה חצר, בתצורת תאי רביצה, ייצר הרבה יותר ביוגז מאשר זבל אשר נאסף אחת למספר חודשים ממרכז חצר רגילה אשר קולטרה במהלך החודשים האלו. ■

של נזלים ביום, שאותם לא צריך לשלוח לצורך טיפול במט"ש מרכזי או מקומי. במקרה הצורך, זבל העופות נרכש על ידי מתקן הביוגז במחירי השוק ומחושב כחלק מההוצאות התפעול והתחזוקה השנתיות של מתקן הביוגז. צריכת אנרגיית החום של מתקני יבוש הבוצה המסחריים כיום, מאפשרים להם לטפל רק בתוצרי הלוואי של מתקן הביוגז עצמו ובמגבלות שפורטו לעיל. בימים אלו אנחנו בוחנים מספר טכנולוגיות טיפול בנוזלים מבוססות חום, שבהן צריכת אנרגיית החום והחשמל נמוכות בהרבה מאלו של מתקן הייבוש הנ"ל. טכנולוגיות מנצלות את אנרגיית החום בצורה יעילה בהרבה, תוך ביצוע אידוי נוזלים המבוסס על הפרשי חום והפרשי לחץ מדורגים במספר מחזורי אידוי ועיבוי.

בעתיד הקרוב אנו מקווים שניתן יהיה ליישם פתרונות מסחריים המבוססים על טכנולוגיות אלו, אשר יאפשרו טיפול בכל תוצרי הלוואי ממתקני הביוגז בתוספת שפכים ממכון החליבה וחרצות הצינון, ללא צורך בהוספת פסולות אורגניות יבשות ממקורות חיצוניים. ■

האמוניה המצויות בזבל העופות, ובכך, למעשה, לאפשר הזרמת שפכים נוספים מחצרות הצינון וממכון החליבה אל מתקן הביוגז, לצורך דילול זבל העופות, וזאת מבלי לפגוע ביכולתו של מתקן הייבוש לייבש את כל תוצרי הלוואי הנזלים ממתקן הביוגז לתצורת דשן מוצק.

רמות החומר היבש בזבל העופות מגיעות לכ-60% וכמות הביוגז הניתן להפיק מכל טון זבל עופות, גבוהה עד פי חמש מכמות הביוגז שאותה ניתן להפיק מכל טון של פרש פרות, בהתאם לרמות החומר היבש שבהן מתקבל פרש הפרות, לכן על כל טון תוספת של זבל עופות, ניתן יהיה להוסיף עד כשלושה מטרים מעוקבים של נוזלים מחצרות צינון וממכון חליבה, לצורך דילול זבל העופות.

לשם המחשה, במקרה שבו נוסף למתקן מבוסס פרש פרות כ-2,000 טון לשנה של זבל עוף, כמות המיוצרת למשל בחוות לולי פטם קיבוצית גדולה בשטח של כעשרה דונמים, נוכל להוסיף עד כ-6,000 מטרים מעוקבים של שפכים מחצרות הצינון ומכון החליבה, שהם עד כ-16 מטרים מעוקבים