

ייצור גז מזבל בקר

המטב"ח בעמק חפר ידע תקופות לא קלות מרגע הפעלתו לפני כשלוש שנים. העלויות הגבוהות וקשיי התפעול גרמו לחיכוכים רבים. כיום המתקן עובד יפה ובשטף. מייצר חשמל בעל ערך כלכלי ומעביר אותו לחברת החשמל. מנהליו צופים לשיטה עתיד גדול גם בישראל

בכמות של כ-600 טון פרש פרות מיישובי עמק חפר והסביבה. מספר הפרות לייצור חלב במשקים, אשר הפרש שלהם מטופל במתקן, עומד על כ-12,000 פרות. בעיות תפעול הקשו על קליטת הזבל בצורה שוטפת ויצרו צווארי בקבוק במשקים - דבר שגרם לנגירת הזבל לסביבה. גם קביעת מנגנון קנס על פי רמת הנוזלים שבזבל, יצרה אי ודאות אצל הרפתנים. כל אלו, כמו גם הניסיון לכפות עליהם שיטות צינון אחרות בחצרות המתנה ובמדרכים, הביא לכך שהתמרמות הרפתנים הלכה וגאתה, והיא מצאה לה ביטוי בכנס הבקר האחרון. מחיר העלות לפרה חולבת הלך והאמיר כתוצאה מכך שהחוליה האחרונה בשרשרת הטיפול בזבל - יצירת חשמל מגז המתאן, התעכבה כל השנים הללו בשל בעיות עם

בשיתוף פעולה עם חב' "טמבור טכנולוגיה-GES" והחל לקלוט זבל מדרכים ממשקי הבקר שבעמק חפר ובסביבתו.

מחיר העלות לפרה חולבת הלך והאמיר כתוצאה מכך שהחוליה האחרונה בשרשרת הטיפול בזבל - יצירת חשמל מגז המתאן, התעכבה כל השנים הללו בשל בעיות עם חברת החשמל. כתוצאה מכך, החובות לבנקים הלכו והאמירו במקביל להמשך שריפת גז המתאן

הפעלה, עלויות ושינוי ארגוני המתקן החל לפעול לפני כ-3 שנים ומטפל

הקדמה

כתבה זו משולבת עם כתבות אחרות אשר עוסקות בטיפולים שונים בזבל: פיזור זבל גולמי בשטחים, הפיכת הזבל לקומפוסט במתקנים



ויצירת חשמל ("ביוגז").

כאמור, אחד מאפיקי הטיפול בזבל הוא ייצור גז מתאן וניצולו ליצירת חשמל, שבה נדון במסגרת כתבה זו.

מתקן הביוגז הוקם בעיבורו של עמק חפר, בין קיבוצי עין החורש והמעפיל. היוזמה להקמתו באה מצד "אפיקי עמק חפר" - חברה כלכלית מיסודה של המועצה האזורית, ובראשה עמד עד לא מזמן אברהם סולימני. המתקן הוקם



המטבח בלב עמק חפר



מכלי הפיסטור

מהם לסיבה. כל בעיות התפעול הנ"ל הביאו את נציגי "אפיקי עמק חפר" להכרה, שעליהם לפנות לחברה מקצועית אשר תדע להתמודד עם כל המכשלות הנ"ל. לפני כשמונה חודשים הם חתמו עם חברת י.ת.ב על הסכם דומה ל-BOT למשך 24 שנים. בתום התקופה הנ"ל



מערכות המתקן לריכוז גז המתאן

המשרד להגנת הסביבה הציב אקדח מול רמת מנהלי המתקן - אם הטיפול ב"מי הנטל" לא יוסדר יוטלו קנסות כבדים. במקביל גם נוצרו קשיי תפעול של המתקן בשל כשלים בהפעלת המערכות השונות. תקלה באחת מחוליות השרשרת של הטיפול בזבל יצרה פקק בקבלה, נוצר מצב של מילוי הבורות במשקים ונגירה



המשאית הייעודית להובלת זבל המדרכים

חברת החשמל. כתוצאה מכך, החובות לבנקים הלכו והאמירו במקביל להמשך שריפת גז המתאן לאוויר העולם. במקביל, מי התסנין (יש הקוראים להם "מי נטל") הלכו והצטברו במאגרים עד למילויים. המתקן נדרש לפתרון במהלך כל השנים האלו. הוצגו מספר פתרונות, אך כולם נמצאו לא מתאימים.



קבלת הסבר על ידי סולימני



יוסי לוי ועזרא במתקן

מהמדינות החברות ב-EC לצמצם את השימוש בדשנים כימיים, ככל האפשר, ולהגביר את השימוש בדשנים אורגניים (הקומפוסט הוא אחד הדרכים לכך - ע.ש.).

תאור מתקן הביוגז

- **תא קבלה** - נפתח הוא כ-600 קוב. משאיות שמגיעות מהמשקים שופכות את תכולתן אל תא הקבלה. שקבור ברובו מתחת לאדמה. הריח מהזבל באזור המתקן נובע, אך ורק, מאזור הקבלה. דלתות סגירה אוטומטיות אמורות למנוע מעבר הזבל אל מחוץ למתקן הקבלה.
- **מכל ערבול והימגון** - הזבל עובר ממתקן הקבלה אל מכל ערבול. שהיית הזבל במכל זה היא כיומיים.
- **מכל עיקור** - הזבל, שעובר דרך מחליף חום (חום הנוצר מתהליכי התסיסה) ממכל הערבול אל מכל העיקור, מתחמם בדרכו לכ-65 מ"צ. במכל העיקור שוהה הזבל כשעה, מגיע לטמפרטורה של 70 מ"צ, אוכלוסיית החיידקים שבו מופחתת בכ-4-5 סדרי גודל (בעיקר אשריכיה קולי).
- **מכל עיכול** - הזבל החם עובר ממכל העיקור אל מכל העיכול. הוא שוהה במתקן זה כ-21 ימים, שבהם הוא עובר תסיסה אנאירובית. במתקן יש שני מכלים כאלו בנפח של 7,000 קוב כ"א. הגזים הנוצרים בתהליכי הפירוק במכל זה עוברים להמשך עיבוד הגזים. הביומסה עוברת אל מכל עיכול נוסף.
- **מכל עכול** (מכונה קומבי דייג'סטור), הבני

את פיזורו בתצורתו הגולמית, צמצום עומס גז המתאן (ובכלל גזים רעילים) הפוגע בשכבת האוזון (יש מדינות שאף החלו לסחור בזכויות לצמצום עומס גז המתאן ואף בישראל ישנן חברות המנסות לקבל תגמול מתאים - ע.ש.).

הסיבה האחרונה היא העיקרית אשר דוחפת את מדינות אירופה להקמת מתקנים כאלו.

יש כיום תקנות באירופה הדורשות מהמדינות החברות ב-EC לצמצם את השימוש בדשנים כימיים, ככל האפשר, ולהגביר את השימוש בדשנים אורגניים

מה היו הסיבות להקמת המתקן בעמק חפר?

בעמק חפר יש ריכוז גבוה של פרות על שטח מצומצם. בנוסף, גובה מי התהום הוא במוצע כ-4 מטר מתחת לפני השטח ולכן יש רגישות גבוהה יותר לחדירת מזמהים הנובעים מפיזור זבל גולמי בשטח. הסיבה לכך היא שזמינות החנקן לצמח היא מוגבלת מאוד - על הזבל לשהות בקרקע תקופה של מספר חודשים בכדי לעבור תהליכי פרוק של החומר האורגני. כתוצאה מכך, עלולים להיווצר חנקות שתחדורנה למי התהום (ואכן בשנים האחרונות הולכות ונסגרות בארות שאיבה מקומיות במישור החוף, בגלל עלייה בריכוז החנקות שבהן - ע.ש.). אגב, שימוש לא מושכל בדשנים כימיים עלול ליצור אותה בעיה. לכן יש כיום תקנות באירופה הדורשות

יחזור המתקן בשלמותו לבעליו. האדם האמון על הפעלת המתקן מטעם החברה הוא **יוסי לוי**. יוסי מלול ואנוכי קבענו עימו פגישה במתקן עצמו לשמוע, להשמיע, לראות ולקלוט לאן פניו של מתקן זה.

למה מתקן ביוגז?

יוסי לוי נימק את תשובתו בהרחבה. תחילה הוא הציג תמונה של הנעשה באירופה, שבה יש כיום מאות מתקנים כאלו. בדנמרק בלבד יש כ-20 מתקנים. במדינות מערב אירופה זה המתקן הדומיננטי לטיפול בשפכים. תקנות של האיחוד האירופאי דוחפות כיום את כל חברות הקהילה, כולל מדינות שזה עתה הצטרפו, לטיפול קצה בזבל באמצעות הקמת מתקנים כאלו.

הסיבות להקמת המתקנים ולעידוד הקמתם גם בהמשך הן:

- שוק הקומפוסט באירופה מוגבל, ויש המגדירים אותו כשוק מוכרים בלבד. היתרון בקומפוסט - מערכת פחות רגישה מזבל בקר גולמי.
- ריח זובובים - אתרי קומפוסט מאופיינים במפגעי ריח זובובים. מפגעים אלו יוצרים בעיה באזורים צפופי אוכלוסין. ישראל מוגדרת כאזור צפוף אוכלוסין ובפרט במישור החוף.
- עליית מחירי האנרגיה - "מכירת" חשמל תוריד את עלות הטיפול בזבל ותמצב את מתקני הביוגז במקום הראשון מבחינה כלכלית, לעומת החלופות האחרות.
- איכות הסביבה - מדיניות הקהילה האירופית (EC) היא לטפל בזבל ולמנוע

חתקני ביוגז בעולם

צחי גרטלר - חברת י.ת.ב בע"מ

הסתכלות על מה שקורה בעולם המערבי ובמיוחד באירופה, תביא אותנו לחסונה שמתקני ביוגז יכנסו גם אצלנו במערכות החקלאיות כמו גם, במערכות העירוניות והתעשייתיות. החקיקה בעולם ו"כלכלי המשחק" הבין-לאומיים, ייאצו אותנו לפעול בהוצאות לשמירה על הגנת הסביבה, על כל מכלוליה

השמת מחוללי מחלה

"עיכול אנאירובי משמיד מגוון רחב של פתוגנים (מיקרואורגניזם מחולל מחלה). על פי התקנות של האיחוד האירופאי, לתוצרי לוואי של בעלי חיים (1774/2002), מתקני ביוגז חייבים להתקין יחידות פסטור של מינימום 70 מעלות צלזיוס למשך שעה אחת. מערכות אלו הורגות את כל הפתוגנים והזרעים, ועל ידי כך מונעות את האפשרות של מעבר פתוגנים בין משקים."

הפחתת ריחות

"עיכול אנאירובי מפחית באופן ניכר, כדי 80%, ריחות אשר נגרמים ע"י פרש בעלי חיים. תרכובות המכילות את מרכיבי הריח, כגון חומצות שומן נדיפות ומולקולות מרקפטניות, מעוכלות למתאן ופחמן דו חמצני על ידי בקטריה אנאירובית."

הפחתת זיהום הסביבה

עיכול אנאירובי מפחית את פוטנציאל הזיהום של פרש בעלי חיים. "בדיקות של פרש בעלי חיים ממכלי עיכול במתקני ניסוי וכן בגודל מלא מראים הפחתה של 55% ב-BOD5 בפרש פרות, 75% בפרש חזירים ו-80% בפרש עופות."

מניעת פגיעה במי התהום

"הגיאולוגיה של המדינה (אירלנד) מורכבת מאבן גיר, דבר הגורם להגישות יתר של מי התהום לזיהום. פוטנציאל הזיהום הנמוך של פסולות העוברות עיכול אנאירובי יספק הגנה נוספת למי התהום." "עיכול אנאירובי מגדיל את כמות החומרים המזינים אשר זמינים מידי להיספג ע"י צמחים. במהלך העיכול חומרים מזינים הופכים למינרלים, דבר המאפשר ספיגה משופרת ע"י צמחים. לשם המחשה, חומר מעוכל מכיל 25% יותר חנקן אנאורגני (NH4-N) וערכי ה-pH שלו גבוהים יותר מאשר פרש נוזלי לא מעוכל. מספר מחקרים מצביעים על כך שלמעלה מ-80% מהחנקן בחומר המעוכל יהיה זמין לצמחים....."

צמצום השימוש בדשן כימי

"בהתאם לתערובת של הפרש (פרות, חזירים, עופות וכד'), מאזן חומרי הזנה של החומר המעוכל יכול להיות יותר מאוזן לשימוש חקלאי. עיכול אנאירובי הופך חומרי הזנה אורגניים לתצורה המינרלית שלהם אשר היא זמינה לצמחים. בעזרת מאזן חומרי הזנה טוב יותר וזמין יותר לצמח, הדרישות לחומרי דישון מלאכותיים יחלשו".

- התכנית Ag STAR הינה תכנית פדראלית שכוללת מענקים, הלוואות הדרכות וכו' תוך שהיא מפרטת יתרונות סביבתיים של מתקני הביוגז, בין השאר:
 - הפחתה דרסטית במפגעי ריח
 - מניעת פליטה של גזי חממה
 - שמירה על איכות מי השתייה, ציטוט "...בנוסף עיכול אנאירובי מסייע בשמירה על מי התהום"

עתיד מתקני טיפול אנאירוביים בישראל

נושאי איכות סביבה אשר מקבלים מקום רחב יותר בדיון בציבורי, מחד, ודרישה למתן פתרונות ברי קיימא לבעיות סביבתיות, מאידך, גורמים לכך שקיים מקום להקמה של מתקני טיפול אנאירוביים נוספים בישראל. כפי שניתן להבין מהנתונים לעיל, מתקני טיפול אנאירוביים קיימים כבר שנים רבות במדינות האיחוד האירופאי ובארה"ב. אימוץ חוקים ותקנות סביבתיים בישראל, בעיקר כאלה העוסקים בהיטלי הטמנה, טיפול בפסולות אורגניות, עידוד מתקני אנרגיה מתחדשת ועוד, עשוי להאיץ את הקמתם של מתקני טיפול נוספים בישראל, אשר יטפלו בפרש בעלי חיים ואף בפסולות אורגניות ממקורות אחרים.

מתקני ביוגז באיחוד האירופאי

מתקני טיפול אנאירוביים קיימים כבר שנים רבות במדינות האיחוד האירופאי והם לרוב מתקנים אזוריים וגדולים, אשר מטפלים בפסולות ממקורות שונים. במהלך השנים, נבנו באירופה אלפי מתקנים בעידוד מסיבי של משרדי איכות הסביבה האירופאים, אשר רואים בהקמת מתקני טיפול אנאירוביים פתרון אולטימטיבי לטיפול בפסולות אורגניות, אמצעי להפחתת פליטות גזי חממה, מקור להפקת אנרגיה מתחדשת ותרומה משמעותית להפחתת ריכוז החנקות במי התהום. דוגמה לכך, ניתן לראות במסמך המדיניות של המשרד לאיכות הסביבה של אירלנד, אשר מאמץ את התחיות לחקיקה של האיחוד האירופאי, ובו נכתב בין היתר: "עיכול אנאירובי, אשר גם מפחית את פוטנציאל הזיהום של פסולת אורגנית וגם יכול לסייע בניהול נוטרינטיים, ישלים את האמצעים הננקטים (למניעת זיהום ממקורות נוספים) כדי לספק איכות גבוהה של אספקת מי שתייה..." עידוד הקמת מתקני טיפול אנאירוביים באיחוד האירופאי נעשה באמצעות שתי דירקטיבות - אחת עוסקת בעידוד הקמת מתקנים המביאים להפחתת פליטות גזי חממה והשנייה עוסקת בהפחתת ריכוז החנקות ממקורות חקלאיים בקרקע ומניעת זיהום מי השתייה

מדינה	ייצור חשמל מביוגז באלפי מגאוואט לשנה 2002	גידול שנתי בייצור ביוגז	הערות
דנמרק	233	20%	כ-25 מתקני טיפול בפרש חקלאי
אנגליה	3,076	18%	
גרמניה	2,913	31%	ב-2005 היו בגרמניה 2,700 מתקנים שייצרו 650 מגאוואט כל שעה
יוון	197		ב-1997 לא היו מתקני ביוגז
ספרד	418	25%	

מתקני ביוגז בארה"ב

- המשרד להגנת הסביבה האמריקאי ה-EPA הקים תכנית מיוחדת, רחבת היקף, שכל מטרתה עידוד והקמה של מתקני ביוגז לטיפול בזבל בעלי חיים.

יתרונות של מתקני טיפול אנאירוביים

למתקני טיפול אנאירוביים יתרונות רבים. לשם המחשתם, צירפנו נתונים הלקוחים מתוך מסמך של משרד איכות הסביבה האירי.

מסוים. מנגנון זה דרש בדיקה מתמדת של החומר היבש בזבל, עימותים בלתי פוסקים עם המשקים (אולי בצדק - כיוון שלרפתן אין דרך לוודא מה רמת המוצקים אצלו בזבל, וההתעסקות התמידית והאי-ודאית גולה זמן ולא מעט אי שקט - ע.ש.). לאחרונה הוחלט שהמחיר לזבל מותנה בכמות הזבל המגיעה למתקן.

יש מחשבות להיערך לקליטת זבל המרבץ לשם ייצור המתאן. קליטתו תאפשר הפחתה משמעותית של כמות מי התסנין (ביחס לייצור 1

מגה ואט חשמל).

על סמך הרישומים משנים שעברו, ניתן להעריך שכמות הזבל מהמדרכים לפרה ברפת עם סככות כוללות, היא כ-18 קוב לשנה. ברפת תאי רביצה - כ-30 קוב לשנה לפרה. העלות למשק היא כ-15 ש"ל ל-1 קוב זבל ולדעתו של יוסי לוי זה המחיר הנמוך ביותר, לעומת חלופות טיפול אחרות בזבל.

מה בעתיד?

יוסי לוי חוזה הקמת מתקנים נוספים ברחבי הארץ. התגברות על התקלות, ותחשיב אמיתי שייעשה לגבי כל חלופה של טיפול בזבל, כמו גם, דרישות מחמירות של המשרד להגנת הסביבה, לא יותירו אפשרויות אחרות. פיזור זבל גולמי ידרוש אגירה בתוך כל משק, אמצעים לפיזור ולהצנעתו, והוא לא יתאים באזורים רגילים מבחינה הידרולוגית. פיזור קומפוסט - הוא אמנם אפשרי, אך לדעתו יש לו עלות גבוהה מזו של מתקן הביוגז. ניהול נכון של מתקן הביוגז יצדיק את בנייתו גם באזורים אחרים.

סיכום

השיחה עם יוסי לוי לימדה אותנו מה הם הכשלים שיש להתמודד איתם במתקן של ביוגז. הסבריו המלומדים הצביעו על רמת מקצועיות גבוהה שלא ניתן לבטלם במחיר יד. ניצול גז המתאן לייצור חשמל, ושימוש מושכל של מי התסנין כ"דשן" יהיו, ללא ספק, אבני בוחן שעיימן נתמודד בשנה הקרובה, ואלו יפעלו לחסד או לשבט. אנו תקווה שההתמרמרות בקרב רפתני האזור תשכך, עד לכדי ברכה מפיחה. ■



גנרטור לייצור חשמל מגז המתאן

מי התסנין מפוזרים, בשלב זה, באמצעות טרקטור (ייתכן שבעתיד באמצעות מערכת ההשקיה) לשטחי גידול של סורגום דו-קצירי, והתוצאות מעודדות

הבוצה וכו', כך שכיום כמעט ואין עציירה בקליטת זבל מהמשקים. לדעת יוסי לוי, כל המשקים ידווחו כעת ששאיבת הזבל מהבורות נעשית כיום ללא דופי. כמו כן, ייצור החשמל התחיל ואמור להביא הכנסות כלכליות חיוניות. השימוש במי התסנין כדשן לכל דבר, נבחן כעת והתוצאות מאוד מעודדות, וכל שנותר הוא להחזיר את אמון הרפתנים באזור במתקן זה (הקרב על לבבות הרפתנים, כדברי יוסי לוי, הוא אף יותר קשה וחשוב מהפעלה תקינה של המתקן על כל מערכותיו). המחיר לחולבת ימשיך להיות גבוה, בשל חובות שצבר המתקן במשך שלוש השנים שחלפו מתחילת עבודתו, אולם העלות תלך ותורד לערכים שנקבעו, לאחר מספר שנים של הפקת חשמל.

עלות טיפול בזבל לחולבת

ההסכם בין המשקים למטב"ח נחתם לשלוש שנים. המחיר לחולבת נקבע בזמנו ע"י ועדה בין-משרדית. העלות לפרה לקחה בחשבון ניצול הגז לחשמל. לכן נקבע מחיר של 240 ש"ל לחולבת ממשקים המסופחים למועצה המקומית עמק-חפר, עם מנגנון לעדכון המחיר בגין עליית המדד. כיום המחיר הוא כ-350 ש"ל לחולבת. בעבר נבנה מנגנון של קנס, אם כמות המוצקים בזבל הייתה נמוכה מערך

משתי דיאפרגמות. במתקן זה נמשך תהליך העיכול של הביומסה העוברת ממתקן העיכול הראשי. הגז מצטבר בין שתי הדיאפרגמות ועובר, אף הוא, להמשך עיבוד הגזים. הביומסה שוהה במתקן זה כ-24-48 שעות, לשם צמצום ה-COD (פרוק הליגנין).

● **מכל סינון והפרדת גזים** - הגזים משני מכלי העיקור עוברים אל מכל גדול, שבו מופרד המתאן מגזים אחרים. הגז העיקרי שמופרד מהמתאן הוא חומצה גופריתית H_2S .

בהמשך התהליך, עוברת חומצה זו לתצורה של H_2SO_4 , ממוצקת ומוצאת מחוץ לגז המתאן.

● **גנרטורים** - גז המתאן עובר אל הגנרטורים לשם ייצור חשמל. מ-12,000 חולבות יופקו כ-2 מגה ואט בכל שעה, שהם כ-17,520 בשנה. ערכם הכלכלי הוא כ-2 מיליון ש"ח בשנה (כ-114 ש"ל ל-1 מגה ואט).

● **הפרדה** - ה"בוצה" לאחר העיכול עוברת למתקן הפרדה - המוצקים לערימה אחת (אלו נצרכים ע"י המשקים לשם ריפוד המרבץ), והנוזלים (מי תסנין או "מי נטל") נאגרים במכלים.

מי התסנין

כמות מי התסנין היא כ-50% מהזבל הנקלט במתקן. הם מכילים ריכוז גבוה של חנקן, אשלגן, זרחן (מעט), אך אם ייקלט זבל עופות ריכוזו יהיה גבוה יותר), מלח (בעיקר כלור - כ-1,800 חל"מ). לאחרונה נערך ניסוי עם גז"ש אחד המשקים. מי התסנין מפוזרים, בשלב זה, באמצעות טרקטור (ייתכן שבעתיד באמצעות מערכת ההשקיה) לשטחי גידול של סורגום דו-קצירי, והתוצאות מעודדות. כלומר, ייתכן שמי הנטל יהפכו מאבן רחיים לאבן שואבת.

כיצד העברת האחריות לתפעול המתקן לידי חברת י.ת.ב.

פותרת את בעיות התפעול שלו? לאחר חתימת ההסכם, נערך "בדק-בית" יסודי ובוצע שדרוג, כמעט, בכל חוליה במהלך הטיפול בזבל. כמעט בכל אתר ואתר, נבנו מערכות מקבילות לשינוע הזבל, הגז,