

## צפיר גרינהוט

אגף אגרואקולוגיה וגידולי שדה,  
שירות ההדרכה והמקצוע, משרד  
החקלאות ופיתוח הכפר

## אשר איזנקוט

אגף ענפי שירות, שירות ההדרכה  
והמקצוע, משרד החקלאות ופיתוח  
הכפר

## ענת לוינגרט

אגף אגרואקולוגיה וגידולי שדה,  
שירות ההדרכה והמקצוע, משרד  
החקלאות ופיתוח הכפר

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

## ציטוט מומלץ

גרינהוט צ, איזנקוט א ולוינגרט ע.  
2015. תוצרי לוואי חקלאיים  
כמשאב לאנרגיה – היתכנות  
ומדיניות. *אקולוגיה וסביבה* 6(3):  
246–241.



חממות בפתחת עזה. הפעילות החקלאית מייצרת פסולת מסוגים שונים, ויש ליצור מנגנון שיוכל לניצול מיטבי של משאבי הפסולת, בין השאר לטובת הפקת אנרגיה | צילום: אורלי דרובל, מאתר פיקיוויקי (CC BY 2.5)

## תוצרי לוואי חקלאיים כמשאב לאנרגיה – היתכנות ומדיניות

גיליון סתיו 2015 / כרך 6(3) / דלקים חלופיים ואנרגיה 20 באוקטובר, 2015

[חזית המחקר](#)

### על קצה המזלג

- במהלך הפעילות החקלאית נוצרים תוצרי לוואי – אורגניים ושאנים אורגניים – המוגדרים לעתים כפסולת.
- ניצול מיטבי של משאבי פסולת ייעשה תוך הפניית כל משאב לייעוד המתאים מבין מגוון שימושים אפשריים, כגון הפקת אנרגיה, טיוב הקרקע והזנת בעלי חיים.
- מנגנון ניהול משאבי הפסולת צריך להתבסס על ראייה לאומית שתתחשב במכלול שיקולים, כדוגמת יעילות, כדאיות כלכלית, פשטות תפעול, ישימות תכנונית ואיכות הסביבה.
- עיקר פוטנציאל השימוש בפסולת החקלאית לייצור אנרגיה טמון בגזם חקלאי (ובמיוחד מגזרי עקירות עצים) ובזבל בעלי חיים (כמקור למתקני ביוגז).

המערכת

## תקציר

לקיומה של חקלאות ישראלית רווחית וענפה יש חשיבות לאומית, סביבתית ואסטרטגית. במהלך הייצור החקלאי נוצרים תוצרי לוואי המוגדרים לעתים כפסולת. האתגר הגדול בנושא טיפול בתוצרי לוואי וניהולם הוא יצירת מנגנון שיוביל לניצול מיטבי של משאבים אלה, ויביא בחשבון שיקולים רבים כדוגמת יעילות וכלכליות, פשטות התפעול ושימויות תכנונית, כמו גם שיקולים סביבתיים. לאחרונה (2014) התבצעה עבודה בין-משרדית (משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמשרד להגנת הסביבה) בנושא תוצרי לוואי חקלאיים. אומדן תוצרי הלוואי החקלאיים לשנה מוערך בכ-5.67 מיליון טונות זבל בעלי חיים, כ-45,000 טונות פגרי בעלי חיים, כמיליון טונות שאריות צמחיות וכ-30,000 טונות של פלסטיק.

במאמר זה נדון בהיתכנות ובמדיניות של הפניית תוצרי הלוואי החקלאיים לאנרגיה לפי סוגיהם השונים: זבל בעלי חיים, תוצרי הלוואי מענפי הצומח ופלסטיק חקלאי. תוצרי הלוואי שיש בהם פוטנציאל להשבה לאנרגיה הם בעיקר תוצרי לוואי מענפי הצומח וזבל בעלי חיים. לשימוש בזבל בעלי חיים בשטחים החקלאיים בישראל יתרונות חקלאיים וסביבתיים רבים, ומשיקולים נוספים זהו הפתרון המועדף לזרם זה. עם זאת, פתרון זה טומן בחובו גם סיכונים סביבתיים ובריאותיים, ויש לצמצם למינימום בעזרת כלי ניהול וכללים מתאימים.

בעיית הטיפול בגזם חקלאי ובגדמי עצים שנעקרו היא בעיה לאומית המשותפת למגזר החקלאי, לקק"ל, לרשות הטבע והגנים, למועצות האזוריות ולעיריות, ולכן המדיניות לטיפול במשאב זה חייבת להתבצע בראייה לאומית. השבה לאנרגיה נמצאה כאפשרות טובה לחלק ממשאב זה, ובעיקר לגדמי העקירות.

## מבוא

לקיומה של חקלאות ישראלית רווחית משגשגת וענפה חשיבות לאומית סביבתית ואסטרטגית. מלבד השפע הרב של מוצרי החקלאות, יש לעיבוד השטחים, לשמירתם ולהתיישבות החקלאית תועלת ציבורית שמחייבת התייחסות. התועלת החיצונית של החקלאות כלולה בתחומי החברה, התרבות, התיירות, האקולוגיה והסביבה. תועלת זו כוללת אספקה זמינה וזולה של מזון טרי ובריא, שמירה על קרקעות המדינה ופיזור אוכלוסין; שימור שטחים פתוחים ליצירת מעטפות ירוקות לערים ולקיום מסדרונות אקולוגיים בין אזורים; תמיכה במגוון מינים של החי והצומח ובבתי הגידול שלהם; שמירה על מורשת תרבותית והיסטורית; צמצום שרפות; שימוש בקרקעות חקלאיות לסילוק ולמחזור פסולת אורגנית; שמירה על כושרה של הקרקע להחדיר גשמים למילוי חוזר למי התהום; עידוד תיירות באזורי הכפר. את התועלת המגוונת הזו ניתן להכיל במושג חקלאות רב-תפקודית.

תוצרי הלוואי (פסולת) הנוצרים בתהליך הייצור החקלאי הם בעיקר משאב אורגני, וכוללים זבל בעלי חיים, פגרים, גזם מטעים שנתי, גדמי עצים שנעקרים במטעים, שאריות צמחים מבתי צמיחה ושארייות פרי וירק מבתי האריזה ומהשטח החקלאי. תוצרי לוואי אלה יכולים לשמש בין היתר משאב לטיוב הקרקע, מזון לבעלי חיים, רפד (מצע לבעלי חיים), חיפוי קרקע וגם להפקת אנרגיה.

במהלך הפעילות החקלאית נוצרים גם תוצרי לוואי אי-אורגניים, והעיקריים שבהם הם יריעות ורשתות פלסטיק מבתי צמיחה, יריעות חיפוי קרקע, רשתות לחיפוי מטעים, אריזות חומרי הדברה וציוד השקיה, היכולים לשמש גם הם משאב למחזור ולהפקת אנרגיה.

כיום חלק מהמשאבים הללו אינם מנוצלים בצורה מיטבית, וחלק אינם מטופלים כראוי. אי-טיפול נאות עלול לגרום מפגעים סביבתיים ובריאותיים. בגלל תכונות החומרים, רובם יכולים לשמש גם משאב לאנרגיה. במאמר זה נדון בהיתכנות ובמדיניות להפניית תוצרי הלוואי מהחקלאות לאנרגיה לפי סוגיהם השונים.

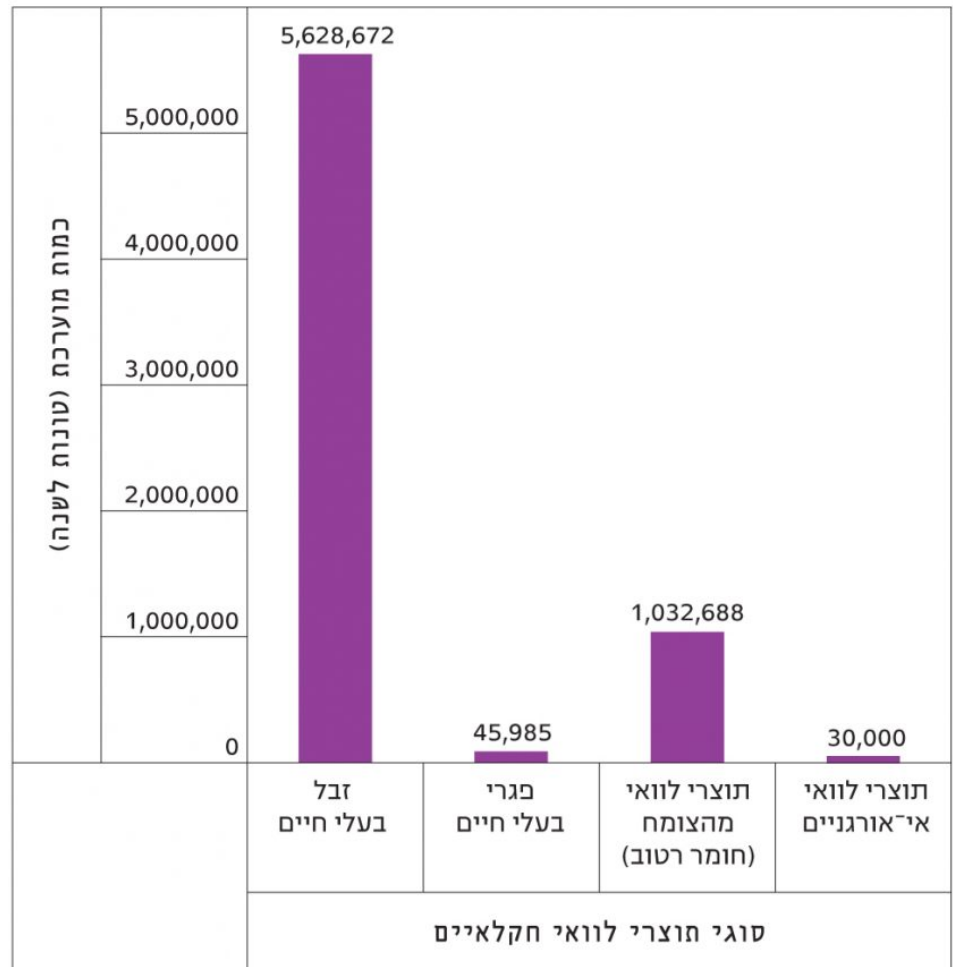
## גומדן שנתי לכמות תוצרי הלוואי מהחקלאות

לאחרונה (2014–2015) התבצעה עבודה בין-משרדית (משרד החקלאות ופיתוח הכפר והמשרד להגנת הסביבה בשיתוף מרכז המועצות האזוריות, התאחדות חקלאי ישראל והלמ"ס) מקיפה בנושא תוצרי לוואי חקלאיים<sup>[2]</sup>. כחלק מהעבודה בוצע אומדן

כולל של התפלגות כמויות תוצרי הלוואי החקלאיים. העבודה התבססה על הערכת כמותם של משקי בעלי חיים וענפי הצומח והעברת נתוני הכמויות של הייצור החקלאי בעזרת מקדמים מתאימים לכמויות של תוצרי לוואי חקלאיים. המקדמים פותחו על-ידי אנשי המקצוע בכל תחום. החלק הארי של תוצרי הלוואי החקלאיים מגיע מענפי בעלי חיים. הכמות השנתית של זבל בעלי חיים נאמדת בכ-5.6 מיליון טונות של זבל בעלי חיים רטוב, הכולל גם זבל הנוצר במרעה הבקר והצאן. עיקר הזבל מגיע מענף הבקר לחלב (כ-2.4 מיליון טונות) ומענף הלול (כ-900,000 טונות). מתוך כלל זבל בעלי החיים מוערכת הכמות הפוטנציאלית להפניה למתקני טיפול (מעבר למה שמטופל כיום) במעל ל-2 מיליון טונות זבל (משקל הזבל בהתאם לתכולת הרטיבות שלו), וכחצי מכמות זו עשויה לעבור למתקני הפקת אנרגיה כדוגמת ביוגז. כמות הפגרים השנתית מוערכת בכ-45,000 טונות שעיברה מגיע מענף הלול בכלל (כ-35,000 טונות) ומענף הפטם בפרט (כ-25,000 טונות). אומדן תוצרי הלוואי הצמחיים עומד על כמיליון טונות חומר רטוב, שמתפלג בעיקר בין גדמי עקירות (כ-300,000 טונות), גזם מטעים שנתי (כ-280,000 טונות) שאריות צמחיות מבתי צמיחה (כ-300,000 טונות על בסיס חומר רטוב) ושאריות פרי (כ-140,000 טונות). יש קושי להעריך נתון זה, והאומדן נמצא בחסר בגלל פחת נוסף לאורך שרשרת הגידול, האריזה והשיווק. אומדן תוצרי הלוואי האי-אורגניים כפי שנאסף בעבודה מוערך בכ-25,000 טונות, אולם הערכה זו היא ככל הנראה הערכת חסר והכמות האמתית גבוהה יותר (הערכה של כ-30,000 טונות). ניתן לראות את ההתפלגות השנתית של תוצרי הלוואי החקלאיים באיור 1.

## איור 1. אומדן (טונות לשנה) של תוצרי הלוואי החקלאיים

משקל הזבל מתייחס לזבל גולמי רטוב.



### איור 1

אומדן (טונות לשנה) של תוצרי הלוואי החקלאיים

משקל הזבל מתייחס לזבל גולמי רטוב.

## טיפול וניהול של פסולת חקלאית

קיימות מספר מתודולוגיות לקביעת העדפות לטיפול בפסולת. ניתן להשתמש בפירמידת היררכיית הפסולת שמעניקה עדיפות לשימוש משולב בפסולת לפי הסדר הבא: הפחתה במקור, שימוש חוזר, מחזור, השבה לאנרגיה והטמנה. ניתן גם לקדם מדיניות והקצאת משאבים בעזרת סקר סיכונים הנובע מההשלכות של אי-טיפול בתוצרי הלוואי כמו גם מהתועלת הסביבתית הנובעת מיישום הפתרון. מתודולוגיה נוספת ומתפתחת היא שימוש בהערכת מחזור חיים (LCA - Life Cycle Assessment).

הבסיס ליישום מתודולוגיה זו או אחרת הוא בראש ובראשונה מסד נתונים מהימן הכולל כמויות מוחלטות של תוצרי לוואי, תפוסת אזורית של ייצור הפסולת וסקירה של הטכנולוגיות ועלותן למשק. במציאות צריך לקבל החלטות בזמן נתון, כאשר לא כל הידע נמצא ברשותנו. במצב זה, ומסיבות נוספות, אנו משתמשים בדרך כלל בהערכת סיכונים שתוביל לקבלת החלטות בתנאי אי-ודאות. זאת ועוד, הפתרון המוצע חייב להיות ישים כלכלית, מעשית וחברתית. פתרון מיטבי מבחינה מתודולוגית שאינו ישים, לא יוביל לתוצאה הרצויה. האתגר הגדול בנושא טיפול בתוצרי הלוואי וניהולם הוא יצירת מנגנון ניהול שיוביל לניצול מיטבי של משאבים אלה, תוך הבאה בחשבון של שיקולים כדוגמת יעילות וכלכליות, פשטות התפעול, ישימות תכנונית ושיקולים סביבתיים וחברתיים. פתרון קצה כשלעצמו רחוק מלתת מענה לבעיה, ויש לאמץ פתרון שיביא בחשבון את כלל ההיבטים, ויוביל להנעה עצמית של המערכת במינימום התערבות חיצונית.

## פסולת חקלאית לאנרגיה – אופי מתקני הקצה וקשיים בהקמתם

על פי רוב, כדי להקים מתקן לייצור אנרגיה מתוצרי הלוואי החקלאיים יש צורך בהשקעה גדולה יחסית. במקרים רבים המתקנים צריכים להיות אזורים ולקלוט כמות גדולה יחסית של תוצרי לוואי, בפרט כשמדובר בתוצרים שמקורם מענפי הצומח. המתקנים חייבים לעבוד לאורך כל השנה ולאורך עשרות שנים כדי להחזיר את ההשקעה. ענף החקלאות ובעיקר ענפי הצומח מתאפיינים בחוסר ודאות, הקשור לכמות ולהיקף של הגידולים כמו גם לפיזור גאוגרפי נרחב. כל אלה מהווים קושי מובנה העומד בפני כל יזם. קושי נוסף העומד בפני היזמים בהקמת מתקנים אלה נמצא בפן התכנוני. קשה למצוא אתרים מתאימים להקמת מתקני טיפול אזורים, וגם כאשר נמצאים האתרים, קבלת היתרים להקמתם עשויה לקחת מספר שנים ושלל כסף רב.

ישנו יתרון סביבתי בהקמת מתקני קצה בקרבת מקור המשאב, אולם הם באים בדרך כלל על חשבון יתרון הגודל. קיימת אפשרות להקים מתקני אנרגיה קטנים יחסית שיהיו צמודים למקום שיעשה בו שימוש באנרגיה הנוצרת. לדוגמה, תנורים לשרפת עץ שיחממו חממות פרחים, או מתקני ביוגז שישימשו מקור אנרגיה למפעל הצמוד אליהם. במקרים אלה נחסך השינוע, ובדרך כלל התהליך גם מגדיל את נצילות האנרגיה של המשאב.

## סולת חקלאית לאנרגיה – מדיניות הטיפול לפי זרמים

### זבל בעלי חיים

זבחינה כמותית תוצר הלוואי העיקרי מהחקלאות הוא זבל בעלי חיים (איור 1). טיוב קרקעות בזבל אורגני הוא הפתרון המיטבי למשאב זה. אולם לפתרון זה עלולים להיות גם סיכונים כדוגמת אילוח הקרקע והתוצרת חקלאית בפתוגניים ובעשבייה, זיהום מקורות מים, מטרדי זבובים ומטרדי ריח. למרות הסיכונים וכפי שנעשה במדינות המפותחות בעולם, פיזור מושכל של זבל בעלי חיים ממזער למינימום את הסיכונים.

כאמור, לתוספת החומר האורגני לקרקעות ישראל יש תועלת אגרונומית וסביבתית רבה, כגון יצירת תלכדי קרקע יציבים ושיפור מבנה הקרקע, הספקת יסודות הזנה לצמח, תרומה למגוון הביולוגי, הגברת תאחיזת המים בקרקע, הקטנת ההתאדות, הגברת קצב לחחול המים, הקטנת הסחיפה, ובמקרים רבים גם מניעה או הפחתה של מחלות קרקע. חשוב לציין ולהדגיש גם את ההפחתה הצפויה בשימוש בחומרי דשן כימיים ובהקטנת ייצורם התעשייתי (ייצור בעל השלכות שליליות על הסביבה). בהינתן מחיר מתאים למשאב זה, פוטנציאל היישום (ביקוש מרבי) של חומר אורגני בשטחי החקלאות גבוה מההיצע<sup>[1]</sup>. בישראל מעובדים כמיליון וחצי דונם שטחי פלחה (בעל – ללא השקיה) שהם כ-40% מכלל השטח החקלאי המעובד בישראל. מתח הרווחים של הגידולים הללו נמוך מאוד, ותוספת עלות לתשומות השונות עלולה להשפיע מאוד על רווחיות הגידולים. לדוגמה, הפרש המחיר לדונם בין שימוש בזבל המגיע ישירות מהרפת לבין שימוש בקומפוסט עומד על כ-120 ₪ לדונם, כלומר כ-30% מסך עלות התשומות בגידול חיטה<sup>[1]</sup>. פיזור הזבל בשדה בגידולים אלה נעשה כל 3-5 שנים, ולכן בשנת הפיזור אין כדאיות כלכלית לפיזור קומפוסט בשדה החיטה. גידולים אלה נזרעים בדרך כלל בסתיו, ולכן בתחילת החורף הקרקעות הזרועות

חשופות לסיכון גבוה של סחיפת קרקע כתוצאה מנגר עילי. הסכנות אינן נשארות תאורתיות, ובכל שנה קרקעות חקלאיות רבות נסחפות לערוצי נחלים, סותמות מעברי מים, וגורמות לדלדול חמור של הקרקע החקלאית ולפגיעה משמעותית בסביבה. בשנים האחרונות משקיע משרד החקלאות מאמצים רבים בקידום ממשקים שימצאו את הסיכונים הללו. הממשקים כוללים גם פיזור של זבל בעלי חיים שיוביל בין היתר להגדלת יציבות התלכידים בקרקע ולהקטנה משמעותית של סכנת סחיפת הקרקע. שינוי האקלים הצפוי והתעצמותם של אירועי קיצון עלולים להחמיר את הבעיה. כאמור, בגלל מתח הרווחים הנמוך של גידולים אלה כל תוספת קטנה במחיר הזבל עלולה להבייל למצב שהזבל לא יגיע לשדות הפלחה, ויגרם גם להפסדים חקלאיים ועוד יותר מכך – להפסדים במורד כתוצאה מסחיפת קרקע כמו גם להפסדים סביבתיים נוספים שיש קושי בהערכתם הכלכלית. במחקר שנעשה בנושא נמצא שעלות הפעולות ההנדסיות למניעת סחיפת קרקע בשדה נאמדת בכ-180 ₪ לדונם. ממשק חקלאי נכון הכולל פיזור זבל בשדה יחסוך את העלויות הללו.<sup>[3]</sup>

## ניצול זבל בעלי חיים לאנרגיה

אם כן, מבחינת המשק קיימת כדאיות כלכלית בטיוב הקרקע בזבל אורגני. אולם בעת ייצור אנרגיה במתקני ביוגז רק חלק מהחומר האורגני מתפרק, וישנם תוצרים נוספים מלבד גז: חומר אורגני מעוכל המשמש לרוב לטיוב קרקעות חקלאיות, ומי תסנין (אם התהליך רטוב ולא מתבצע טיפול בנוזל זה), המסולקים לרוב כ"דשן" נוזלי בעל ערכי נתרן ומליחות גבוהים, שעלולים לפגוע גם בקרקע ובגידול וגם להוביל לזיהום מי תהום.

קיימות שתי טכנולוגיות עיקריות לעיכול אל-אווירני:

1. תהליך רטוב (מיצר גם מי תסנין) – קיימת העדפה למתקנים המטפלים במי התסנין כחלק מהתהליך.
2. תהליך יבש (טיפול בחומר במצב צבירה מוצק בתאים אטומים).

כיום טכנולוגיית הביוגז היא טכנולוגיה שבשלה ליישום<sup>[4]</sup>. בגלל העלויות שנובעות מפיזור מי התסנין כמו גם לנוכח הסכנות לזיהום הקרקע ולפגיעה בגידולים החקלאיים, יש יתרון סביבתי וחקלאי להקמת מתקנים יבשים. ניתוח מפורט של היתרונות והחסרונות של שתי השיטות ביצעו שטיינבוים ומדר<sup>[4]</sup> (ראו [עוד בנושא זה](#) באותו הגיליון). חשוב לציין כי במהלך התהליך קיים גם איבוד חלקי של חומר אורגני ויסודות ההזנה, שמוביל לירידה בערכו החקלאי והסביבתי של משאב זה. מאידך גיסא אנו "מרוויחים" אנרגיה ירוקה ותוצר שעשוי לחזור כחומר אורגני לקרקע החקלאית.

בישראל קיימים כיום שלושה מתקנים גדולים לטיפול בזבל בעלי חיים, ובעיקר בזבל מרפת החלב. כיום כרבע מהזבל שמקורו ברפת החלב מופנה למתקנים אלה הנמצאים בגולן ובעמק חפר ולמתקן חדש באזור באר טוביה (תימורים). כאשר מתקן תימורים יעבוד בנצולת מלאה, יגיעו הכמויות עד לכדי שליש מכלל הזבל של רפת החלב. ראוי לציין כי בעקבות העבודה הבין-משרדית יאושר בקרוב סופית תיקון לתכנית המתאר הארצית לפסולת (תמ"א 16), שבין היתר יקל גם על הקמת מתקני ביוגז בצמידות למשקי בעלי חיים.

קיימות שיטות נוספות של ניצול המשאב לאנרגיה, הכוללות בעיקר תהליכי שרפה אווירניים, אך לאור היתרונות הרבים בפיזור זבל אורגני, לדעתנו אין לקדם פתרונות אלה.

ככלל, המדיניות שלנו היא להוביל לפיזור מיטבי של זבל בעלי חיים בקרקעות ישראל ובכך להפיק את מרב התועלת מהשימוש בו.



מתקן להפקת ביוגז מזבל בעלי חיים | באדיבות Som Energia Cooperativa

## תוצרי הלוואי מענפי המטעים

זם שנתי – הפתרון המועדף לזרם זה הוא ריסוק והצנעה בשדה, כל עוד הוא אינו מקור לפגעי הגנת הצומח במטע.

גדמי עקירות ממתעים – כפי שנכתב, בממוצע שנתי עומד אומדן גדמי העצים שנעקרים במטעים על כ-300,000 טונות, אולם כמויות אלה משתנות כתוצאה ממגמות שוק ועוד. הפיזור הגאוגרפי של זרם זה נמצא לאורכה ולרוחבה של הארץ, והוא כולל חומרים שכמות האנרגיה האצורה בהם שונה. מקור החומר מגיע מפרדסים, ממטעי עצים תת-טרופיים (מנגו, אבוקדו ועוד), ממטעי עצים נשירים, מכרמי זיתים וענבים וממטעי תמרים. כל אחד ממקורות אלה שונה באופיו ובפוטנציאל האנרגיה שלו. כיום זולג חלק מזרם זה שלא כחוק לרשות הפלסטינית, שם הוא משמש לייצור פחמים. תהליך זה נמצא כתהליך המזהם את האוויר, ולכן עלול לגרום למפגעים בריאותיים. משרד החקלאות פועל להפסקת המעבר של משאב זה לשטחי הרשות הפלסטינית. ראוי לציין כי בעולם קיימים מתקנים להפקת פחמים שאינם מזהמים, וגם בארץ מנסים לפתח מתקנים דומים.

**בעיית הגזם והגדמים אינה בעיה רק של המשק החקלאי – היא בעיה המשותפת לקק"ל, לרשות הטבע והגנים, למועצות האזוריות ולעיריות (גזם עירוני). לכן, אנו חושבים שהמדיניות בטיפול במשאב זה חייבת להתבצע בראייה לאומית שתוביל לפתרון מיטבי.**

במחקר הכלכלי שנעשתה בהובלתן של ד"ר אור גולדפרב וד"ר אפרת הדס נמצא כי הפתרון היעיל ביותר למשאב זה הוא השבה לאנרגיה, בהנחה שניתן להפיק ממנו 1,500 קוט"ש לטונות<sup>[2]</sup> (ראו [עוד בנושא זה](#) באותו הגיליון). במחקר שנעשה בקרואטיה נמצא שפוטנציאל האנרגיה האצורה בגזם מטעים משתנה מאוד בהתאם למטע, ונע בין 1–10 מגה ג'אול לדונם מטע<sup>[5]</sup>.

קיימות מספר טכנולוגיות לניצול המשאב כמקור אנרגיה: הסקה ביתית; שרפה ישירה לאנרגיה במתקנים מקומיים או במתקנים אזוריים, כגון תחנות הכוח של חברת החשמל או אחרים; מתקני גזיפיקציה; ריסוק גדמי העצים והכנת כופתאות לאנרגיה (ליצוא או כחומר גלם להפקת אנרגיה מקומית). פתרונות טכנולוגיים נוספים, כגון הפקת ביו-אתנול ומימן, נמצאים עדיין בשלבי היתכנות נמוכים<sup>[4]</sup> (ראו [עוד בנושא זה](#) באותו הגיליון).

חשוב לציין שקיימים פתרונות קצה נוספים שיכולים להוות פתרונות מצוינים, כדוגמת שילוב המשאב בתהליכי קומפוסטציה, כחיפוי צמחי, כרפד לבעלי חיים, כמזון לבעלי חיים ועוד. בדרך כלל פתרונות אלה מצריכים השקעה קטנה יותר, ולכן הם גם

זמינים יותר ופשוטים יותר ליישום.

## גזם ירוק מבתי צמיחה

כמות הגזם הירוק מבתי צמיחה (חממות, בתי רשת, מנהרות עבירות) מוערכת בכ-300,000 טונות חומר רטוב. לחומר זה תכולת רטיבות גבוהה ורק כ-15% מהמשקל מקורו בחומר היבש. כיום אין פתרון משביע רצון עבור תוצר זה. חלקו מוצנע בקרקע בחלק מהחלקות, אולם הוא עלול ליצור בעיה בהיבט של הגנת הצומח לגידול העוקב. יש פוטנציאל לשימוש במשאב זה כמזון להזנת בעלי חיים, אולם כדי שהפוטנציאל יתממש צריך לייצר מערך טיפול שלם, הכולל הפרדה של חומר אי-אורגני, קציר ממוכן ומחקר שיוביל לשיפור אופן שימור איכותו של החומר כמקור להאבסת בעלי חיים. כיום מתבצעים ניסויים שונים בשימוש בצמחי פלפל כמקור להזנת בקר וצאן במסגרת מיזם של המדען הראשי של משרד החקלאות ופיתוח הכפר. המיזם מתקיים בערבה בהובלתו של ד"ר חורחה טרצ'יצקי ושותפים רבים. באופן עקרוני, השבה לאנרגיה של משאב זה אפשרית לאחר גריסה וייבוש, אך בגלל אופי החומר יש צורך לבחון את הכדאיות הכלכלית של הפתרון. בדומה לגזם המטעים, גם לגזם הירוק קיימים פתרונות קצה נוספים, כגון קומפוסטציה.

## פלסטיק חקלאי

כיום משאב זה משמש בעיקר למחזור. מעל לכמות מסוימת חברות מסחריות אוספות את הפלסטיק ומעבירות אותו למחזור. הרוב החקלאי אינו משלם עבור ההובלה. לא כל הפסולת מטופלת כיום, ויש צורך להגדיל את היקף הטיפול במשאב. באופן עקרוני ניתן להשתמש במשאב זה לאנרגיה, אך לפחות על פי עיקרון היררכיית הטיפול בפסולת, יש יתרון למחזור וקיימים מפעלים בארץ שעושים זאת.

## שאריות פרי וירק

ככלל, עדיף שתוצר זה יגיע למאכל אדם במידת האפשר, ישמש מזון לבעלי חיים, ורק לאחר מכן ישמש משאב לאנרגיה או לתהליכי קומפוסטציה. חלק ממשאב זה נשאר בחלקות החקלאים ויש קושי לנצלו. חלק אחר נמצא בבתי אריזה, במרכזי מזון לוגיסטיים, בשווקים הסיטונאיים ובמרכזים הגדולים. בניהול נכון ניתן לנצל את השאריות שבמקורות אלה.

## סיכום

עיקר הפוטנציאל של שימוש בתוצרי הלוואי החקלאיים לאנרגיה מגיע משני כיוונים עיקריים: גזם חקלאי ובעיקר גדמי עקירות, וזבל בעלי חיים. לטיוב הקרקע החקלאית בזבל בעלי חיים יתרון חקלאי וסביבתי גדול, ולכן כדאי שמשאב זה ישמש לכך. באשר לגדמי העקירות, כדאי לקדם פתרונות קצה ומנגנוני ניהול שיובילו לניצול משאב זה לאנרגיה כחלק מראייה כלל-מגזרית. האתגר הגדול בנושא הטיפול בפסולת וניהולה הוא ליצור מנגנון ניהול שיוביל לניצול מיטבי של משאבי הפסולת, ושיביא בחשבון את ההיבטים הסביבתיים כחלק מההיבטים הנוספים, הכוללים גם היבטים תכנוניים, היבטים תפעוליים, היבטי אסדרה ואכיפה, היבטים חקלאיים, היבטים של בעלי העניין במרחב והיבטים כלכליים. פתרון מיטבי יהיה פתרון ניהול שיוביל לפתרון ישים ומקיים. כל פתרון צריך להתחשב גם בעובדה שלקיום של חקלאות ישראלית רב-תפקודית, רווחית ומשגשגת יש חשיבות לאומית, סביבתית ואסטרטגית.

## מקורות

1. גל ב ואיזנקוט א. 2015. השוואת חלופות כלכלית בין יישום קומפוסט ליישום של זבל גולמי בשטחי פלחה. מסמך פנימי, משרד החקלאות.
2. גרינהוט צ, צדיקוב א, גולדפרב א ואחרים. 2015. תוצרי הלוואי בחקלאות ישראל – מסמך מסכם לקביעת מדיניות והערכת עלויות. משרד החקלאות ופיתוח הכפר (בהכנה).
3. הדס א, טור ציון י, איזנקוט א וזידנברג ר. 2009. מניעת סחף קרקע – ניתוח עלות מול תועלת. *ערות* 13: 17-27.

4. שטיינבוים ה ומדר ד. 2014. הפקת אנרגיה מפסולת ביומסה – תקצירי מחקרים ותובנות.

5. Bilandzija N, Voca N, Kricka T, et al. 2012. Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. *Spanish Journal of Agricultural Research* **10**: 292-298.