

אור גולדפרב

אשכול כלכלה וטכנולוגיה, המשרד
להגנת הסביבה

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

גולדפרב א. 2015. היבטים כלכליים
של הפקת אנרגיה מפסולת עירונית
וחקלאית. *אקולוגיה וסביבה* 6(3):
224–230.



מתקן קצה לטיפול בפסולת אורגנית | באדיבות: PSNH (CC BY-ND 2.0)

היבטים כלכליים של הפקת אנרגיה מפסולת עירונית וחקלאית

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

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- בישראל מיוצרת מדי שנה כמות של כ-17.5 מיליון טונות פסולת מוצקה לסוגיה השונים, מהם כ-5 מיליון טונות פסולת עירונית וכ-6 מיליון טונות פסולת חקלאית.
- המאמר מתמקד בהיבטים כלכליים של הפקת אנרגיה מזרמים ספציפיים של פסולת עירונית ופסולת חקלאית בשתי טכנולוגיות: עיכול אנאירובי רטוב וגזיפיקציה.
- המאמר בוחן מה הם ההשקעות הנדרשות למתקנים, התשואה המשוקללת להון, עלויות התפעול ודמי הכניסה שיש לקבוע, כדי לכסות את עלות ההון והעלות השוטפת לטיפול בפסולת.
- קביעת דמי הכניסה לאתרי פסולת תוך התחשבות בסוג הפסולת (עירונית או חקלאית) ובאיכות ההפרדה היא כלי מדיניות שיש להשתמש בו לעידוד ייצור אנרגיה מפסולת.

המערכת

תקציר

מטרת המאמר היא להציג את הפוטנציאל הכמותי הכולל של ייצור חשמל מפסולת עירונית ומפסולת חקלאית, ואת אומדן דמי הכניסה (gate fee) למתקני הפקת אנרגיה. הניתוח הכלכלי כפוף להנחות ראשוניות ופשטניות, הן ביחס לפרמטרים הכלכליים הן ביחס להקמה נפרדת לכאורה של המתקנים, בהתאם לסוגי הפסולת שיטופלו במתקן (בפועל, כדאי יהיה לעתים לשלב בין סוגי פסולת שונים כדי להוזיל עלויות). הניתוח הכלכלי מבוסס על מידע שנאסף הן מגורמים מקצועיים במשרד להגנת הסביבה הן מיזמים בתחום הפקת אנרגיה מפסולת. מהניתוח עולה שדמי הכניסה הצפויים למתקני הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית, שמטבעה היא אחידה בהרכבה, נמוכים מאוד ביחס לדמי הכניסה למתקני קצה של פסולת עירונית. באופן ספציפי, לגורי עקירות של עצי מטע ערך גבוה יחסית מבחינת אנרגיה, ולכן החקלאים צפויים אף לקבל תשלום עבור פסולת זו.

בוצע ניתוח כלכלי לחלופות שונות של פסולת עירונית: פסולת המופרדת במקור מול פסולת מעורבת. מהניתוח עולה כי דמי הכניסה לחלופת "רטוב-יבש" הם הנמוכים ביותר, ולכן זו החלופה הזולה ביותר למשק, שמאפשרת לספק למתקני ייצור האנרגיה פסולת באיכות טובה ביותר. ממצא זה אינו מעיד על כך שזוהי חלופת ההפרדה בעלת התועלת הגדולה ביותר למשק, שכן במסגרת ניתוח עלויות כולל למשק יש להתחשב גם בעלות ההפרדה עצמה ובעלות האיסוף והמיון הנוסף בתחנות המעבר.

רקע

המשרד להגנת הסביבה מקדם בתחום הפסולת העירונית את מהפכת ההפרדה במקור, שמעודדת את הרשויות המקומיות והאזרחים להפריד את הפסולת הביתית בשלוש חלופות אפשריות לבחירת הרשויות: רטוב-יבש; אריזות והיתר; אריזות, רטוב והיתר. החלופה האחרונה מביאה לזרמים הנקיים ביותר. היעד הוא שהזרם הרטוב יועבר למפעל לטיפול בפסולת אורגנית, והזרם היבש יועבר לתחנת מעבר לצורך מיון של מרכיבי פסולת למחזור. לפי מדיניות המשרד, חומר שאינו בר-מחזור יועבר למתקני טיפול תרמיים. מצד אחד, תהליך ההפרדה במקור מייקר לרשויות את עלויות הפינוי לתחנות המעבר והמיון בגלל ההשקעה הנוספת במתקני אצירה והגדלת תדירות הפינוי של המכלים. מצד שני, ברפורמה ובמעבר להפרדה במקור טמונה תועלת רבה: הקטנת היקף ההטמנה (וההשפעות החיצוניות השליליות שגלומות בה), והגדלת ההכנסה ממחזור ומהשבת אנרגיה. עד היום הקצה המשרד להגנת הסביבה מענקים בהיקף של כמיליארד ₪ לקידום הרפורמה ברשויות המקומיות ולהקמת מתקני קצה.

היקף הפסולת העירונית והחקלאית וסוגי הטיפול האפשריים

בישראל מיוצרת מדי שנה כמות של כ-17.5 מיליון טונות פסולת מוצקה לסוגיה השונים, מהם כ-5 מיליון טונות פסולת עירונית וכ-6 מיליון טונות פסולת חקלאית. הפסולת מחולקת באופן בסיסי לשני סוגים: זרם "רטוב" וזרם "יבש". בזרם הרטוב נכללת פסולת פריקה ביולוגית, כלומר חומרים אורגניים (בעיקר שאריות מזון). בזרם היבש, הכולל את כל יתר הפסולת, יש גם חומרים אורגניים כמו עץ ונייר, וגם פלסטיק – שאינם בני-מחזור בקומפוסט או בעיכול אנאירובי (בעברית – אל-אווירני). אפשר לחלק את הטיפול בפסולת לשלוש קטגוריות מרכזיות:

1. טיפול ביולוגי (מתאים לפסולת ביולוגית "רטובה") – עיכול אנאירובי רטוב, עיכול אנאירובי יבש.
2. טיפול תרמי (מתאים לפסולת "יבשה") – גזיפיקציה (gasification, בעברית: גיוז), פירוליזה, פלזמה, מבערה (mass-burn).
3. פסולת כחומר בעירה RDF – (Refuse Derived Fuel), מתאים לפסולת "יבשה".

המאמר הנוכחי מתמקד בהיבטים כלכליים של הפקת אנרגיה משני מקורות פסולת: פסולת עירונית ופסולת חקלאית, ובשתי טכנולוגיות בלבד: עיכול אנאירובי רטוב וגזיפיקציה. אמנם מתקנים להפקת אנרגיה יכולים לקבל פסולת משני מקורות הפסולת שצוינו (הקמה משולבת זו רצויה לצורך הוזלת עלויות), אולם לצורך הנוחות ועל בסיס מחקרים שנעשו במשרד להגנת הסביבה, נציג את הניתוח לשני מקורות הפסולת בנפרד, ולפני כן נציג את השאלות הכלכליות, את ההנחות העקרוניות וכן תיאור סכמטי של מבנה הניתוח הכלכלי שמתאים לשני מקורות פסולת אלה.

השאלות הכלכליות

השאלות הכלכליות שנבחנו במסגרת הניתוח הכלכלי ביחס למקורות הפסולת (העירונית והחקלאית) הן כדלקמן:

1. מהן ההשקעות הנדרשות למתקנים בגדלים שונים? שאלת גודל המתקן רלוונטית לצורך ניתוח כלל משקי לקביעת הגודל המיטבי של מתקנים שונים, וקיימת תחלופה בין מתקנים קטנים עם עלויות ייצור גבוהות ועלויות שינוע נמוכות ובין מתקנים גדולים עם יתרונות לגודל, עלויות ייצור נמוכות ועלויות שינוע גבוהות. הנתונים למתקן מייצג בפסולת עירונית במאמר זה מבוססים על מחקר שבוצע עבור המשרד להגנת הסביבה [4].
2. מהי התשואה המשוקללת להון? יש לקבוע את גובה התשואה להון (הון עצמי והון זר) בתחום הפקת אנרגיה מפסולת, על בסיס הסיכונים הספציפיים המתאימים לרמת הידע הטכנולוגי, סוג הפסולת ואי-הוודאות לגבי הרכבה, אי-הוודאות לגבי האסדרה העתידית בתחום ועוד.
3. מהן עלויות התפעול הנדרשות לכל מתקן, לרבות הטמנה של שאריות פסולת?
4. מהן ההכנסות העתידיות מהמתקן למעט דמי הכניסה (העלות לחקלאי או לרשות המקומית לצורך הפניית הפסולת למתקן הטיפול) לפסולת המגיעה למתקן, בדגש על תעריפי החשמל? על פי רשות החשמל, התעריף לייצור חשמל במתקני עיכול אנאירובי עומד כיום על כ-60 אג' לקוט"ש [2] ואילו בגזיפיקציה, התעריף עומד על 42 אג' לקוט"ש [3]. בעיקרון, תעריפי החשמל לאנרגיה מפסולת צריכים להיקבע על בסיס עלות הייצור והעלות הסביבתית של חשמל קונבנציונלי, ועל בסיס תועלת נוספת אם יש, ומזה יש לנכות את העלות הסביבתית בטכנולוגיה הספציפית (כפי שנקבע בוועדת קנדל לבחינת התועלת הכלכלית של אנרגיות מתחדשות).
5. איך להתחשב בעלות הסביבתית הנוצרת בתהליך הטיפול, ובראשה בעלות זיהום האוויר?
6. מהם דמי הכניסה שיש לקבוע כדי לכסות את עלות ההון והעלות השוטפת לטיפול בפסולת, אם ההכנסות ממכירת האנרגיה המופקת ותוצרי הלוואי בתהליך לא יכסו את העלויות?



מיון ידני של פסולת עירונית / צילום: Clgnácio Costa

שיטות

שלבי ביצוע הניתוח הכלכלי

הניתוח הכלכלי מבוסס על מידע שנאסף במסגרת העבודה השוטפת, הן מגורמים מקצועיים במשרד להגנת הסביבה הן מיזמים בתחום הפקת אנרגיה, ומחושב בהתאם לשלבים הבאים:

1. קביעת כמויות פסולת הרלוונטיות למתקן הפקת האנרגיה.

2. כימות העלויות השנתיות הרלוונטיות לכל חלופה בהתאם לסוג הפסולת המטופלת ולגודל המתקן להפקת האנרגיה.
3. חישוב סך ייצור האנרגיה בכל מתקן לפי כמות הפסולת הרלוונטית וכמות האנרגיה הניתנת להפקה לפי סוג הפסולת, ובהתאם לזה, כימות ההכנסות הנובעות מהפקת האנרגיה ותוצרי לוואי מהתהליך.
4. חישוב דמי כניסה משתמעים, כמספר מאזן. קרי, בהתאם למידה שהעלויות עולות בה על ההכנסות, דמי הכניסה הם ההפרש, ומביאים את התחשיב לאיזון.

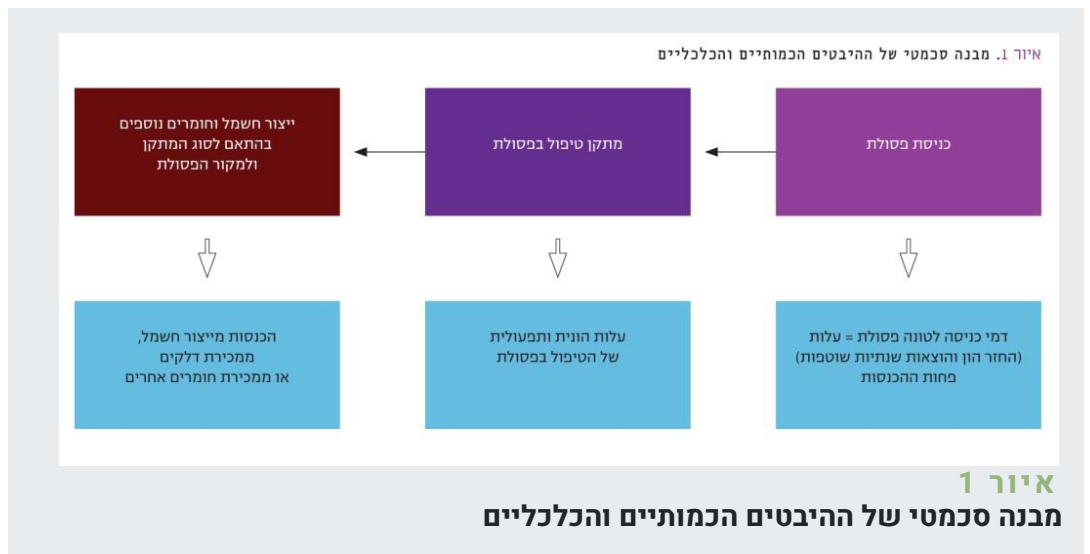
הנחות עקרוניות

ניתוח הכלכלי ביחס למקורות הפסולת (העירונית והחקלאית) בוצע תחת הנחות העבודה הבאות:

1. הפסולת העירונית אינה אחידה, ויוצרת לבעל המתקן סיכון גבוה יותר ביחס לפסולת החקלאית, ולכן נעשה ניתוח רגישות לתשואה להון של 10% לפסולת העירונית ביחס לתשואה של 8% שהונחה בבסיס החישוב.
2. לאור העובדה שעלויות זיהום האוויר צריכה להיות מגולמת בתעריפי החשמל, לא הובאה בחשבון העלות הסביבתית בתהליך הייצור בשלב הזה.

זבנה סכמטי של ההיבטים הכמותיים והכלכליים

המבנה הסכמטי של ההיבט הכמותי וההיבט הכלכלי מתואר ב**איור 1**. הפסולת נכנסת למתקן הטיפול ועוברת טיפול בהתאם לטכנולוגיה הספציפית במטרה לייצר חשמל, דלק או חומרים אחרים. ההכנסות ממכירת החומרים יהיו לפי מחירי השוק או מחירים מופקחים של חשמל, כמו במקרה של עיכול אנאירובי וגזיפיקציה, שרשות החשמל קובעת את תעריפיהם. דמי הכניסה לכל פסולת בכל תהליך טכנולוגי מחושבים כאילו היה מדובר במבנה שוק תחרותי, שהמחיר בו שווה לעלות ההון ולעלות השוטפת של המתקן, ומחיר זה מכסה בדיוק את עלות היצרן בניכוי ההכנסות האחרות.



ומדן כמותי של ייצור חשמל – פסולת עירונית וחקלאית

זילוח כמות הפסולת הרלוונטית לייצור אנרגיה לפסולת ביולוגית (רטובה) ולפסולת יבשה מתואר ב**טבלה 1**. כמו כן, מפורט ב**טבלה 1** פוטנציאל הפקת החשמל באופן כללי לפי יעדי המשרד להגנת הסביבה לטווח הארוך, ובאופן ספציפי לשנת 2020, על פי הערכות אגף פסולת ואשכול משאבי טבע במשרד להגנת הסביבה. מהטבלה עולה שיש כ-1.5 מיליון טונות פסולת עירונית ביולוגית רטובה וכמיליון טונות פסולת עירונית יבשה (פסולת שירית שאינה ניתנת למחזור) שרלוונטיות לייצור חשמל. הפסולת החקלאית הרלוונטית לייצור חשמל היא כ-1.1 מיליון טונות פרש בעלי חיים וכרבע מיליון טונות גזרי עקירות עצים (גזעים וענפים עבים של עצי מטע). מסוגי הפסולת הללו ניתן להפיק כ-149 מגה-ואט לפי הנחה של 6,700 שעות ייצור שנתיות. ההיתכנות לשנת 2020 היא 117 מגה-ואט. כמות זו כוללת כ-6 מגה-ואט המיוצרים כבר כיום מהפסולת החקלאית.

טבלה 1. פירוט פוטנציאל ייצור החשמל מפסולת

סוג הפסולת	פוטנציאל הפקת אנרגיה (קוט"ש לטונה פסולת)	פוטנציאל לטווח הארוך		היחכנות לשנת 2020	
		כמות (מיליוני טונות)	פוטנציאל הפקת החשמל (מגה-ואט)	כמות (מיליוני טונות)	פוטנציאל הפקת החשמל (מגה-ואט)
פסולת עירונית	אורגנית	180 בממוצע*	1.5	1	27
	יבשה	510*	0.5	0.25	19
	מפעלי מחזור (פלסטיק וכד')		1	1	
	מתקנים תרמיים אחרים (לא אנרגיה מתחדשת)		0.5	0.25	
	הטמנה (% מהפסולת העירונית)		1.5 (30%)	2.5 (50%)	
	סך כל הפסולת העירונית		5	5	
פסולת חקלאית	פרש בקר, עופות, חזירים	90	1.1	1.1	15
	בזרי עצים	1,500	0.25	0.25	56
	סך הכול מגה-ואט מותקן לאנרגיה מפסולת		149		117

* על סמך מידע מאגף פסולת במשרד להגנת הסביבה. לגבי ההפקה מפסולת יבשה, ההנחה היא שחצי מהכמות היא אורגנית וניתן להפיק ממנה 180 קוט"ש לטונה בממוצע, וחצי מהכמות יבשה וניתן להפיק ממנה 850 קוט"ש לטונה, ובממוצע 510 קוט"ש לטונה.

טבלה 1

פירוט פוטנציאל ייצור החשמל מפסולת

עלויות הפקת אנרגיה מפסולת עירונית

כאמור, יש פוטנציאל של כמיליון וחצי טונות פסולת רטובה וכחצי מיליון טונות פסולת יבשה שניתן להפיק מהן אנרגיה, וזאת בהשוואה למצב כיום – רוב רובה של פסולת זו מועבר להטמנה.

מות האנרגיה שניתן להפיק מפסולת עירונית תלויה באופן ישיר באיכות ההפרדה במקור. בטבלה 2 מוצג ניתוח מפורט לדמי הכניסה הכלכליים לשלוש חלופות של הפרדה במקור (רטוב-יבש, רטוב-אריזות והיתר ואריזות והיתר) ולפסולת מעורבת, בטיפול ביולוגי ובטיפול תרמי. מהטבלה ניתן לראות שככל שאיכות ההפרדה עולה, היכולת שלנו להפיק אנרגיה עולה, ודמי הכניסה קטנים בהתאמה. פירוט לנתונים נמסר בטבלה 3 וטבלה 4.

טבלה 2. אומדן ראשוני לדמי כניסה לסוגי פסולת באיכויות שונות

הנחות	טיפול ביולוגי (עיכול אנאירובי)			טיפול תרמי (גזיפיקציה)		
	8% תשואה להון, 60 אג' לקוט"ש			8% תשואה להון, 42 אג' לקוט"ש		
חלופה	פסולת מופרדת			פסולת מופרדת		
	רטוב-יבש	רטוב-אריזות והיתר	אריזות והיתר	רטוב-יבש	רטוב-אריזות והיתר	אריזות והיתר
פוטנציאל הפקת אנרגיה (קוט"ש לטונה)	200	200	170	150	750	700
דמי כניסה (ש לטונה)	148*	148*	167	179	239	260
					197**	281

* ראו טבלה 3 ** ראו טבלה 4

טבלה 2

אומדן ראשוני לדמי כניסה לסוגי פסולת באיכויות שונות

טבלה 3. מרכיבי חישוב דמי כניסה למתקן עיכול אנאירובי, המוזן בפסולת באיכות טובה (ניתן להפיק ממנה 200 קוט"ש לטונה) ^[4]

חלופות	בסיס - חשואה 8%	רגישות - חשואה 10%
כמות (טונות)	60,000	60,000
עלות (מיליוני ₪)	88	88
השקעה	9	10.3
החזר הון, 20 שנים	6	6
תפעול	1.2	1.2
הטמנה	16.2	17.5
סך עלות	7.3	7.3
הכנסה (מיליוני ₪)	0	0
מהפקת חשמל (בהיתוך מחיר של 60 אג' לקוט"ש, 12 מיליון קוט"ש)	7.3	7.3
מקומפוסט (21,000 טונות, 0 ₪ לטונה)	8.9	10.3
סך הכנסה	148	171
עלות נקייה (מיליוני ₪)		
דמי כניסה (₪ לטונה)		

טבלה 3

מרכיבי חישוב דמי כניסה למתקן עיכול אנאירובי, המוזן בפסולת באיכות טובה (ניתן להפיק ממנה 200 קוט"ש לטונה) ^[4]

טבלה 4. מרכיבי חישוב דמי כניסה למתקן גזיפיקציה, המוזן בפסולת באיכות טובה (ניתן להפיק ממנה 850 קוט"ש לטונה) ^[4]

חלופות	בסיס - חשואה 8%	רגישות - חשואה 10%
כמות (טונות)	200,000	200,000
עלות (מיליוני ₪)	616	616
השקעה	63	72
החזר הון, 20 שנים	46	46
תפעול	4	4
הטמנה	113	122
סך עלות	71.4	71.4
הכנסה (מיליוני ₪)	2	2
מהפקת חשמל (בהיתוך מחיר של 42 אג' לקוט"ש, 170 מיליון קוט"ש)	73.4	73.4
ממחזור	39	49
סך הכנסה	197	245
עלות נקייה (מיליוני ₪)		
דמי כניסה (₪ לטונה)		

טבלה 4

מרכיבי חישוב דמי כניסה למתקן גזיפיקציה, המוזן בפסולת באיכות טובה (ניתן להפיק ממנה 850 קוט"ש לטונה) ^[4]

זפקת אנרגיה מפסולת אורגנית במתקני עיכול אנאירובי

דמי הכניסה של מתקני עיכול אנאירובי נעים בין 148 ₪ לטונה לחומר באיכות טובה (200 קוט"ש לטונה) ל-179 ₪ לטונה לחומר באיכות פחות טובה (150 קוט"ש לטונה). בטבלה 3 מוצג להדגמה פירוט העלויות למתקן עיכול אנאירובי בחלופת הפרדה במקור של רטוב-יבש. להדגמה ולנוכח הסיכונים הגבוהים במתקן עיכול אנאירובי לפסולת עירונית, נעשה ניתוח רגישות לתשואה להון של 10%. לפי הממצאים העלות לטונה תעלה בכ-16%, מ-148 ₪ לטונה ל-171 ₪ לטונה. הניתוח הכלכלי נעשה על בסיס מחקר שנעשה עבור המשרד להגנת הסביבה ^[1]. מאז חלו שיפורים טכנולוגיים, וייתכנו שינויים ביכולת ההפקה של אנרגיה מפסולת.

זפקת אנרגיה מפסולת יבשה במתקנים לטיפול תרמי

דמי הכניסה של מתקנים תרמיים (RDF – Refuse Derived Fuel) נעים בין 197 ₪ לטונה לחומר באיכות טובה (850 קוט"ש לטונה) ל-281 ₪ לטונה לחומר באיכות פחות טובה (650 קוט"ש לטונה). בטבלה 4 נמסר להדגמה פירוט של טיפול בפסולת יבשה הנוצרת בתהליך הפרדה לחלופת "רטוב-יבש".

עלויות הפקת אנרגיה מפסולת חקלאית

זפקת אנרגיה מפרש בעלי חיים במתקני ביוגז

כיום קיימים בארץ שלושה מפעלי ביוגז, שפועלים בעמק חפר, ברמת הגולן ובבאר טוביה מטעם אותו יזם. הרכב הפרש בעמק חפר שונה מהרכב הפרש ברמת הגולן ובבאר טוביה (בעמק חפר יותר נזילים), ולכן העלות לטונה פרש שמחולץ לטובת המפעל בעמק חפר גבוהה יותר מבאזורים אחרים בארץ ואינה מייצגת. הנתונים בטבלה 5 מייצגים את עלויות הטיפול בפרש ברמת הגולן (2 מגה-ואט מותקן) ובבאר טוביה, ולפיהם העלות לטונה ללא תמיכה ממשלתית היא 32 ₪ לטונה ו-19 ₪ לטונה לאחר התמיכה שנתנה הממשלה להשקעה הראשונית. יש לציין כי הוצאות אלה לא מביאות בחשבון את יכולת המתקנים למכור את המוצקים המעוכלים שנוצרים ממתקני הביוגז, בגלל היעדר נתונים. נוסף על כך, ורק לצורך הצגה ראשונית של יתרונות לגודל, מוצגים בטבלה 5 נתונים נוספים, שלפיהם עלות המתקנים הקטנים תהיה גבוהה משמעותית ותעמוד על 57 ₪ לטונה [1].

טבלה 5. עלות טיפול בפרש פרות במתקני ביוגז לפי רמת הגולן [1]

מחקן גדול	מחקן קטן	מחקן קטן
ללא תמיכה	עם תמיכה	ללא תמיכה
מספר פרות	8,000	850
כמות פרש (טונות)	120,000	12,750
כמות חשמל (מגה-ואט שעה)	10.8	1.1
כמות דשן לקרקע, בהינתן מחיר 0	48,000	-
השקעה (מיליוני ₪)	40	8
החזר הון, בהינתן 8%, 20 שנה (מיליוני ₪)	4.1	0.8
עלות תפעול (מיליוני ₪)	4.4	0.6
הכנסה מחשמל, בהינתן מחיר של 60 אג' לקוט"ש (מיליוני ₪)	6.5	0.7
עלות נקייה (מיליוני ₪)	1.9	0.7
דמי כניסה (₪ לטונה פרש)	16	57
שינוע, בהינתן 20 ק"מ, 0.8 לטונה לק"מ (₪ לטונה)	16	-
עלות לחקלאי (₪ לטונה)	32	57

טבלה 5

עלות טיפול בפרש פרות במתקני ביוגז לפי רמת הגולן [1]

הממצאים לגבי דמי הכניסה מצביעים על עלויות נמוכות יותר לטיפול במתקן המיועד לטיפול בפרש בעלי חיים, 32 ₪ לטונה פסולת חקלאית לעומת 148–179 ₪ לטונה פסולת עירונית, וזאת למרות הערך הגבוה של פסולת עירונית ביחס לפסולת חקלאית מבחינת אנרגיה. הסיבה לכך היא ההשקעות הגבוהות ועלויות התפעול הגבוהות הנדרשות לטיפול בפסולת העירונית, שהיא בעלת הרכב מגוון ולא אחיד כמו פרש בעלי חיים.

זפקת אנרגיה מגזרי עצים במתקני גזיפיקציה

כרבע מיליון טונות גזרי העצים נוצרים כיום במטעים, ורובם ככולם עוברים למפחמות או לקמינים ביתיים או נשרפים במטע. פתרונות אלה גורמים נזקים סביבתיים וזיהום אוויר רב. ההנחה היא שגזם ההדרים, שהוא כמחצית מגזרי העצים, מפיק כיום הכנסה של כ-80 ₪ לטונה לחקלאי (מכירת הגזם בניכוי עלויות העקירה והפינוי), ואילו גזם המטעים הנשירים האחרים, שאיכותו טובה פחות, גורר כיום עלות של כ-50 ₪ לטונה לחקלאי. האומדן של דמי הכניסה למפעל גזיפיקציה נעשה לפי נתוני רשות החשמל, ובהנחה שניתן להפיק 1,500 קוט"ש לטונה מגזם מטעים. בהנחה של 100 ק"מ שינוע, המשמעות היא שבעלי מתקן הגזיפיקציה ישלמו לחקלאים 61 ₪ לטונה. בטבלה 6 מוצג ניתוח של מתקן גזיפיקציה שעולה ממנו כי החקלאי זכאי לקבלת תשלום במקרה של גזרי העצים.

גם במקרה של פסולת יבשה, הממצאים לגבי דמי הכניסה מצביעים על עלויות נמוכות יותר לטיפול במתקן המיועד לטיפול בפרש בעלי חיים, 197–281 ₪ לטונה פסולת עירונית לעומת (61-) ₪ לטונה פסולת חקלאית (זהו תשלום לחקלאים). במקרה הזה הסיבה המרכזית היא הערך הגבוה של גזרי העצים מבחינת האנרגיה שניתן להפיק מהם.

טבלה 6. עלות גזיפיקציה לפי נתוני רשות החשמל עם התאמה של קוט"ש לטונה גזרי עצים

מרכיבי החישוב של דמי כניסה למתקן גזיפיקציה	הערכה כמותית
כמות גזרי העצים	33,000 טונות
כמות חשמל	1,500 קוט"ש לטונה
השקעה	80 מיליון ₪
החזר הון (20,8% שנים)	8.1 מיליון ₪
עלות תפעול	8.0 מיליון ₪
הכנסה מחשמל (בהיתן 42 אג' לקוט"ש)	20.8 מיליון ₪
עלות נקייה	(-5) מיליון ₪
דמי כניסה	(-141) ש"ח לטונה גזם
שינוע (בהיתן 100 ק"מ, 0.8 לטונה לק"מ)	80 ש"ח לטונה
תשלום לחקלאי	(-61) ש"ח לטונה

טבלה 6

עלות גזיפיקציה לפי נתוני רשות החשמל עם התאמה של קוט"ש לטונה גזרי עצים

סיכום

במאמר זה הוצג פוטנציאל הייצור השנתי של אנרגיה מכ-2 מיליון טונות פסולת עירונית ומכ-1.4 מיליון טונות פסולת חקלאית, שעומד בטווח הארוך על כ-150 מגה-ואט. כמו כן, הוצגו במאמר דמי הכניסה הצפויים למתקני הטיפול בפסולת כתלות באיכות החומר, בהשקעות במתקנים ובסיכונים הצפויים למשקיעים.

שתי המסקנות העיקריות מהמאמר הן:

- דמי הכניסה למתקנים שיקבלו פסולת חקלאית נמוכים משמעותית מאלה שיקבלו פסולת עירונית:

- עיכול אנאירובי – דמי כניסה מינימליים למתקן המקבל פסולת עירונית עומדים על כ-150 ₪ לטונה, ואילו דמי כניסה למתקן המקבל פסולת חקלאית עומדים על כ-30 ₪ לטונה (ללא תמיכה ממשלתית).
- גזיפקציה – דמי כניסה מינימליים למתקן המקבל פסולת עירונית עומדים על כ-200 ₪ לטונה, ואלו מתקן המקבל פסולת חקלאית יוכל לשלם לחקלאי כ-60 ₪ לטונה.
- ההשלכות הכלכליות של איכות ההפרדה של הפסולת – ככל שהפסולת מופרדת לאיכויות טובות יותר, דמי הכניסה למתקן יורדים (טבלה 2 לעיל):
 - עיכול אנאירובי – דמי הכניסה לפסולת אורגנית בחלופת "רטוב-יבש" עומדים על כ-150 ₪ לטונה לעומת כ-180 ₪ לטונה לפסולת מעורבת.
 - גזיפקציה – דמי הכניסה לפסולת יבשה בחלופת "רטוב-יבש" עומדים על כ-200 ₪ לטונה לעומת כ-280 ₪ לטונה לפסולת מעורבת.

ממצאים אלה אינם מעידים על כך שחלופת "רטוב-יבש" היא החלופה בעלת התועלת הגדולה למשק, שכן יש להתחשב גם בעלות ההפרדה וגם בעלות האיסוף והמיון הנוסף בתחנות המעבר במסגרת ניתוח עלויות כולל למשק.

מקורות

1. משרד החקלאות, המשרד להגנת הסביבה, התאחדות חקלאי ישראל, מרכז המועצות האזוריות, הלמ"ס. תוצרי הלוואי בחקלאות בישראל – מסמך מסכם לקביעת מדיניות. 2015.
2. רשות לשירותים ציבוריים – חשמל. 2007. תעריפי רשות החשמל – פרק 6 – עסקאות חשמל פרטי, לוח 6.7-8: תעריף באגורות לקוט"ש ליצור חשמל מביו-גז במתקני עיכול אנאירובי.
3. רשות לשירותים ציבוריים – חשמל. [הצעת החלטה לשימוע: קביעת הסדרה לייצור חשמל מביו-גז מביומאסה ומפסולת](#).
4. שמואלי, ל, בס י, באסל ד וישראלי א. 2012. סקירת טכנולוגיות להפקת אנרגיה מפסולת וחישוב דמי כניסה צפויים. המשרד להגנת הסביבה.