
זבל אורגני וקרקעות מזוהמות בישראל – אתגר ופתרונו

אוגוסט 2020

ד"ר גיל בן נתן

אקולוג

חברת איזיטופ פתרונות טכנולוגים לאיכות הסביבה בע"מ



פתיחה

אנו מציעים פתרון משולב של שני אתגרים העומדים כיום בפני גופי שמירת הטבע, רשויות האכיפה והמגזר החקלאי-תעשייתי. האתגר הראשון הינו פתרון קצה לכמויות הפסולת האורגנית המיוצרות בישראל מדי שנה בשנה. פסולת זו נוצרת ממקורות שונים ומגוונים, דוגמת פסולת ביתית שעברה הפרדה במקור, גזם, פסולת תעשייתית ממתקני טיהור, ופסולת חקלאית המורכבת ממסת צומח (יבשה ברובה), מזבל בקר, עופות, חזיריות וצאן. ללא טיפול מתאים מהווה פסולת אורגנית זו זיהום סביבתי כבד ונרחב.

האתגר השני העומד בפנינו, הינו כמויות של קרקע מזהמת שנדרשת להתפנות מסביבת האדם, בשל היותה סיכון בריאותי וסביבתי האסור על פי חוק. קרקעות מזהמות מגיעות גם הן ממגוון רחב של מקורות, חלקן תוצרי פעילות עבר, וחלקן תוצרי פעילות עכשווית. קרקעות מזהמות במרכיבי דלקים, שמנים, תוצרי תעשייה כבדה, תעשייה כימית ופטרוכימית, מתכות כבדות ואזורי אסונות סביבתיים (דוגמת נחל אשלים, נחל צין ומלחת עברונה).

פתרון משולב עבור שני אתגרים אלו, הינו טיפול ביולוגי, התומך ומאיץ את פעילותן של חברות חיידקים, ופטריות (Fungi). פעילות חברות מיקרואורגניזמים אלו, מתמירה את הרכב הקרקע והחומר האורגני המצוי בה. בתהליך זה הופכים חומרים אורגנים מזיקים, מסרטנים ומעכבי פעילות ביולוגית (דוגמת קוטלי עשבים), לחומרי גלם להתפתחות רקבובית (humus), ופעילות אוטוטרופית של צומח ומיקרואורגניזמים בקרקע.

קרקע מזהמת

מסקר שהוכן עבור משרדי האוצר והגנת הסביבה, עולה כי בישראל קיימים כ-3,200 אתרים בעלי פוטנציאל לקרקע מזהמת, ובהם כ-23,000 מוקדי זיהום [1]. על פי דוח החברה לשירותי איכות הסביבה, פונו עד סוף 2019 כ-43,496 טון קרקעות מזהמות בעלות מוערכת של כ-78,119,343 ש"ח [2]. המשרד להגנת הסביבה פרסם כי העלות הכוללת לניקוי הקרקעות המזהמות נאמדת בכ-9 מיליארד ש"ח. מתוך עלות זו נאמדת עלות ניקוי הקרקעות המזהמות בכ-250 אזורי תעשייה בכ-2.5 מיליארד ש"ח [1]. כמות הקרקעות המזהמות וההוצאה הנלווית אליה מהווה בביור אתגר משמעותי. מדיניות המשרד לאיכות הסביבה הינה להביא לכך שיותר קרקעות ישמשו כמשאב ויעברו לשימוש חוזר ולהשבה, לשם כך נקבעו ערכי סף לזיהום הקרקע כך שלא תביא לסיכון הסביבה או הציבור [3].

פתרון אפשרי, לבעיית הקרקעות המזהמות, הינו הטיפול הביולוגי [4]. בתהליך זה חברות מיקרואורגניזמים נרחבות מוצגות באופן יזום אל תוך הקרקע המזהמת, בתנאים המעודדים תהליכי התפתחות ושגשוג. במהלך פעילותם, מיקרואורגניזמים אלה מנצלים ומתמירים חלקים נרחבים של הרכב הקרקעות המזהמות. התוצר המתקבל במהלך הפעילות הביולוגית (מלבד גידול באוכלוסיות המיקרואורגניזמים) הינו קרקע נקיה יותר מזיהום, ותוצרי פירוק ביולוגי המסוגלים לשמש כמשאבי מזון

לאורגניזמים יצרניים דוגמת מיני צומח עילאי ומיני חיידקי קרקע. קיום התהליך הביולוגי, תוך מעקב אחר הרכב הקרקע המטופלת, ימשיך עד לקבלת קרקע נקיה מספיק לשימוש חוזר בטוח ולהשבה [5].

פסולת אורגנית

המקורות העיקריים של פסולת אורגנית הם: פסולת חקלאית המורכבת משלפים, גבעולים, ושאריות גידולים; זבל בעלי חיים המורכב בעיקר מזבל בקר, עופות, חזיריות וצאן; בוצת שפכים הנוצרת במכוני הטיפול בשפכים; גזם הנוצר בעבודות יעור, גינון ציבורי ופרטי; ופסולת ביתית [6]. משרד החקלאות ופיתוח הכפר אומד את כמויות פרש בע"ח בלבד ב-5.63 מיליון טון לשנה [7].

פסולת אורגנית מהווה בעיה משמעותית, שכן ללא טיפול היא מהווה מפגע סביבתי [8]. זבל בקר ועופות יכול להוות מקור למגוון בעיות סביבתיות ברמות שונות של עוצמה:

- בשימוש חקלאי ללא טיפול מקדים, צואת עופות ובקר יכולה להיות מוקד להתפרצות מחלות זואוונטיות. דוגמאות עליהן יש תימוכין בספרות הינן סלמונלה, זנים שונים של E. coli, ליסטריה וקמפילובקטר [9]. בישראל היתה בשנים האחרונות גלים של התפרצות מחלת העכברת בשל שימוש בזבל פרות לא מטופל בשדות הקרובים למקורות מים וערוצי נחלים [10].
- שימוש בזבל בקר ועופות בשדות פתוחים (במיוחד בשימוש חקלאי הכולל הפרעה של קרום הקרקע העליון), הינו גורם לעליה משמעותית באוכלוסיות חרקים המהוים מטרד (דוגמת מיני זבובים שונים), ולעיתים אף מפיצים מחלות, דוגמת זבוב החולות (המפיץ את מחלת הלשמניה העורית).
- פרש עופות ובקר מכיל תשטיפים של חומרים, אשר ללא טיפול מקדים ומונע יגרמו לזיהומים סביבתיים שונים, כגון: זיהום אויר (מפגעי ריח על פי חוק אויר נקי), זיהום מים במתכות כבדות (דוגמת ארסן, נחושת ואבץ), שאריות אנטיביוטיקה והורמונים (דוגמת אסטרדיול וטטוסטרון) [11] ומיקרואורגניזמים (דוגמת קריפטוספורידיום וגיארדיה) [9], וזיהום קרקע במתכות כבדות.

משרדי החקלאות ופיתוח הכפר והגנת הסביבה ממליצים כי תינתן עדיפות לטכנולוגיות ההופכות את הזבל לתוצר מדשן/מטייב קרקע, על פני טכנולוגיות המנצלות את הזבל להפקת אנרגיה [8]. המלצה זו משתלבת היטב בפתרון הטיפול הביולוגי המוצע על ידי חברת איזיטופ.

הפתרון המשולב – זבל אורגני וקרקות מזוהמות

הפתרון המוצע כאן הינו שימוש בזבל האורגני, על מגוון מקורותיו, כזרז לתהליך האורגני של הטיפול הביולוגי הנדרש בקרקעות מזוהמות. בתהליך זה (Bioremediation) [12] [4], נוסף באופן יזום חומר אורגני המשמש כמקור וכמצע גידול לחברות מיקרואורגניזמים המעורבות בפירוק המרכיבים האורגניים הן בקרקע המזוהמת והן בחומר האורגני. מיקרואורגניזמים אלה מבצעים תהליכים ביולוגיים המורידים את ריכוז הפחמימנים שמקורם מדלק ושמן (הסיבות העיקריות להגדרת קרקעות כמזוהמות בישראל [14] [13]), מורידים את ריכוז החנקות, הזרחן והאשלגן [12] בקרקע המזוהמת, ולאחר תקופת זמן מביאים אותה לרמה המאפשרת שימוש חוזר בקרקע למטרות השבה.

אולם אותם אורגניזמים, פועלים גם על מסת הפסולת האורגנית, ובתחילת התהליך פועלים בעיקר על מסה זו. בתהליך הביולוגי, חברות המיקרואורגניזמים מתמירות חומר אורגני גולמי לחומרי דשן זמינים לבניית ביומסה יצרנית (צמחים). התהליך מוריד משמעותית את רעילות הקרקע לצומח (הנובעת בעיקר מחומציות קרקע, ספיחת חמצן מהקרקע בידי הביומסה האורגנית, ושחרור חנקות לסביבה [16] [15]), מוריד משמעותית את ריכוז החומרים הנדיפים (המקור למפגעי הריח החמורים הנלווים לפסולת האורגנית), את ריכוז ההורמונים וחומרי ההדברה המצויים במסה האורגנית [11], ומוריד את ריכוז המתכות הכבדות דוגמת אבץ, נחושת, עופרת, ניקל וקדמיום [17] [16].

בנוסף, התהליך הביולוגי המתרחש בקרקע המזוהמת המעורבת בחומר אורגני גולמי, הינו תהליך המשנה בצורה קיצונית את החומציות והטמפרטורה [18], וממית גורמי מחלות דוגמת תולעים, זחלים, וחיידקים [19].

כאמור, התהליך הביולוגי מנצל חומרים בקרקע המזוהמת, ובמסה האורגנית הגולמית, על מנת לייצר קרקע נקיה יותר ומסה אורגנית שימושית יותר ובטוחה יותר לציבור ולסביבה. אולם יש להבין כי בתהליך זה, החומר האורגני אינו "נעלם" אלא עובר התמרה כתוצאה מתהליכי החיים והגידול של חברות המיקרואורגניזמים. המסה המקורית מותמרת בתהליך ליצירת עוד מיקרואורגניזמים (ביומסה), וליצירת רקבובית (humus).

הרקבובית היא התוצר הרצוי של התהליך. מאפייני הרקבובית הם המיטיבים הרצויים עבור האדם והסביבה, וביניהם יצירת תלכידי קרקע יציבים ושיפור מבנה הקרקע, הוספת יסודות הזנה לצומח עילאי, הגברת תאחיזת המים בקרקע, הקטנת ההתאדות, הגברת קצב חלחול המים, הקטנת אובדן קרקע לסחף, וככתוב לעיל, מניעה או הפחתה של גורמי מחלות [7].

את איכות הרקבובית ניתן למדוד במגוון משתנים: יחס פחמן\חנקן בביומסה, או יחס זה במימיו המימי של הביומסה; יחס יוני אמוניום (NH_4^+) ליוני החנקן (NO_3^-) במימיו המימי; פעילות חיידקית; רב-סוכרים במימיו המימי, ועוד [15]. בישראל, מוגדרת איכות הרקבובית כ"בשלות" ומאופיינת על ידי שהות

הביומסה לאחר שלב ההתחממות [20], עד לקבלת ביומסה בטמפרטורת הסביבה, בצבע חום כהה, בריח אדמה לאחר הגשם (ללא ריח רע) פריכה, לחה ולא רטובה [21].

סיכום

הטיפול הביולוגי שחברת איזיטופ מציעה במאמר זה הינו בסיס לפעולה המיועדת לטפל בשתי בעיות בו זמנית: קרקעות מזוהמות, ופסולת אורגנית גולמית. את תוצרי הטיפול ניתן יהיה להפנות להשבה ולשימוש חוזר (אדמה למילוי באזורי תעשייה, תשתיות ובעיקר לשכבות כיסוי במטמנות – מה שיחליף שימוש בקרקע נקיה לשכבות אלו).

פתרון זה יגדיל את עתודות הקרקע הנקייה בישראל, יפחית את נזקי הקרקע המזוהמת ואת נזקי הסביבה הנגרמים מפסולת אורגנית גולמית.

מקורות

- [1] י. מייסון וד"ר ג. פלצור, "סקירת מנגנוני המימון בהצעת החוק לשיקום קרקעות מזוהמות בישראל", *אקולוגיה וסביבה*, vol 2, no 4, עמ 304–305, 2011.
- [2] ע. לייבוויץ, "דוח סיכום פעילות זרוע לשיקום קרקעות לתקופה ינואר 2018 עד דצמבר 2018". החברה לשירותי איכות הסביבה, 2019.
- [3] אגף שפכי תעשייה דלקים וקרקעות מזוהמות, "מדיניות המשרד בנושא קרקעות מזוהמות". המשרד להגנת הסביבה, 2017.
- [4] P. Agamuthu, Y. S. Tan and S. H. Fauziah, "Bioremediation of Hydrocarbon Contaminated Soil Using Selected Organic Wastes", *Procedia Environ. Sci.*, vol 18, ' עמ 702–694, Jan 2013.
- [5] א. מנירום וד"ר ע. פרץ, "שימוש בפסולת אורגנית בטיפול ביולוגי ex-situ בקרקע מזוהמת בתוצרי דלקים". איזיטופ פתרונות טכנולוגיים בע"מ, 2016.
- [6] ג. אוסטרובסקי, "פסולת אורגנית רקבובית - מסמך מדיניות". אדם טבע ודין, 2011.
- [7] צ. גרינהוט, א. איזנקוט וע. לוינגרט, "תוצרי לוואי חקלאיים כמשאב לאנרגיה – היתכנות ומדיניות", *אקולוגיה וסביבה*, vol 6, no 3, עמ 246–241, 2015.
- [8] צ. גרינהוט ואחרים, "תוצרי הלוואי בחקלאות ישראל מסמך לקביעת מדיניות והערכת עלויות". המשרד להגנת הסביבה, מרכז המועצות האזוריות ומשרד החקלאות ופיתוח הכפר, 2015.
- [9] M. Kyakuwaire, G. Olupot, A. Amoding, P. Nkedi-Kizza and T. Ateenyi Basamba, "How Safe is Chicken Litter for Land Application as an Organic Fertilizer?: A Review", *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol 16, no 19, Oct 2019.
- [10] משרד הבריאות, "עכברת (לפטוספירוזיס)", *אתר משרד הבריאות*, 2020. <https://www.health.gov.il/Subjects/disease/Pages/Leptospirosis.aspx>.
- [11] H. Hakk, P. Millner and G. Larsen, "Decrease in Water-Soluble 17β-Estradiol and Testosterone in Composted Poultry Manure with Time", *J. Environ. Qual.*, vol 34, no 3, ' עמ 950–943, 2005.
- [12] T. P. Nwogu, C. C. Azubuike and C. J. Ogugbue, "Enhanced Bioremediation of Soil Artificially Contaminated with Petroleum Hydrocarbons after Amendment with Capra aegagrus hircus (Goat) Manure", *Biotechnol. Res. Int.*, vol 2015, no Article ID 657349, ' עמ e657349, Dec 2015.

- [13] אגף שפכי תעשייה דלקים וקרקעות מזוהמות, "זיהום קרקעות בישראל. רשימת האתרים החשודים בזיהומי הקרקעות החמורים ביותר ממקורות תעשייתיים". המשרד להגנת הסביבה, 2009.
- [14] י. רונן, "זיהום קרקע בישראל - התופעה ודרכי הטיפול בה". הכנסת, מרכז המחקר והמידע, 2009.
- [15] S. P. Mathur, G. Owen, H. Dinel and M. Schnitzer, "Determination of Compost Biomaturity. I. Literature Review", *Biol. Agric. Hortic.*, vol 10, '1993, 85–65 עמ.
- [16] M. T. Barral and R. Paradelo, "A Review on the Use of Phytotoxicity as a Compost Quality Indicator", *Dyn. Soil Dyn. Plant*, vol 5, no S12, '2011, 44–36 עמ.
- [17] K. K. A. Alate, G. Mawussi, K. D. Ayisah and K. Sanda, "Agronomic potential value of household urban solid wastes by composting and composts quality assessment.", 2020.
- [18] M. K. Meghvansi and A. Varma, Eds, *Biology of Composts*. Springer International Publishing, 2020.
- [19] P. W. Mashela, K. M. Pofu and E. Shokoohi, "Biological Sterilisation, Detoxification and Stimulation of Cucurbitacin-Containing Manure", בתוך *Biology of Composts*, M. K. Meghvansi A. Varma, Eds Cham: Springer International Publishing, 2020, '47–31 עמ.
- [20] א. ארדון וא. עמיחי, "הנחיות להקמה ותפעול מתקני קומפוסטציה". המשרד לאיכות הסביבה, 2000.
- [21] א. אדלר, א. איזנקוט, א. יצחקי, א. ציפליץ ומ. זאבי, "יישום קומפוסט בגידול ירקות". משרד החקלאות ופיתוח הכפר, שירות ההדרכה והמקצוע, 2017.