



הלל מלכה - המחלקה לבקר, שה"מ משרד החקלאות  
hilmal@shaham.moag.gov.il



דני פלוזה - יועץ בתחום טיפול בפסולת

# ניזוף שפכי מכון החליבה

## באמצעות מתקן קומפוסטציה אינטנסיבי באורור מאולץ

קן המחקר של מועצת החלב פועלת לביצוע ניסויים מגוונים לבחינת הזרכים האפשריות לניזוף שפכי הרפת ולא להעבירם למתקני המט"ש ובכך להקל הרפתות והמט"שים לעמוד בדרישות הגבוהות לאיכות המים. דני פלוזה יחד עם הלל מלכה משה"מ, סיימו שנה ראשונה של ניסוי בניזוף שפכים ברפת גנוסר והתוצאות הראשונות מעודדות למדי - המחקר ימשך גם בשנתיים הקרובות

הוא בניית ערמת קומפוסט על מערכת אורור וביצוע התהליך ללא היפוכים. המתקן הוקם בתוך בור תחמיץ, בנוי בטון, באורך 21 מטר וברוחב 5.2 מטר. המערכת הניסיונית כוללת: מערכת אורור מאולץ, מערכת הזרמת שפכים ומערכת מדידת טמפרטורה. האוויר מזרם ע"י מפוח צנטריפוגלי (7.5 קו"ט) דרך שני צינורות פלסטיק, בקוטר 110 מ"מ, המונחים לאורך רצפת המתקן. הצנרת מחוררת בחורים בקוטר 8 מ"מ בצמדים כל 20 ס"מ. המפוח מופעל באמצעות טיימר.

שפכי הרפת בגינוסר כוללים את שפכי מכון החליבה וחצר ההמתנה ובנוסף, את המקטע הנוזלי המתקבל במפרדה המכנית שקולטת את זבל המדרכים. כל השפכים מנוקזים לבור תפעולי, שממנו נשאבים ומובלים בצינור ראשי לתחנת שאיבה וממנה השפכים נשאבים ל"מט"ש לבנים". לצורך הניסוי, הותקנה הסתעפות צדדית בקוטר 160 מ"מ על גבי הצינור הראשי, שממנה מתבצעת הזנת השפכים לניסוי.

### רקע

הטיפול בשפכי הרפתות קשה מאד, שפכים אלה גורמים לבעיות רבות במטש"ים ובמאגרי השקיה שאליהם הם מגיעים ולעתים, אף מונעים את השימוש בקולחים להשקיה. גם לאחר השלמת הרפורמה בענף החלב, נתקלות רוב הרפתות בארץ בקשיים למצוא פתרון סביר לטיפול בשפכיהן, וגם אם מדובר בפתרון קצה שאושר במסגרת הרפורמה. כיום, לא קיים פתרון ישים וכלכלי לטיפול קדם שיביא את שפכי הרפת לעמידה בתקן הנדרש להזרמה לרשת הביוב, ולא נמצאה היתכנות לאף שיטה, מבין אלו שנבחנו במהלך יישום הרפורמה. יישום החוקים והתקנות של כללי תאגידי מים וביוב (שפכי מפעלים) מחייב את הרפתות לעמידה בתקנים במוצא הרפת, ללא אפשרות למהילה בשפכי היישוב שבו היא ממוקמת.

**כיום, לא קיים פתרון ישים וכלכלי לטיפול קדם שיביא את שפכי הרפת לעמידה בתקן הנדרש להזרמה לרשת הביוב, ולא נמצאה היתכנות לאף שיטה, מבין אלו שנבחנו במהלך יישום הרפורמה**



מפוח וסעפת

כתוצאה מהחלת כללים אלו, ייאלצו בעלי הרפתות לשלם סכומים דמיוניים למט"שים בעבור הטיפול בשפכיהם.

במצב כזה, ברור שכל הפחתה בנפח השפכים היוצא ממערכת הרפת, תקטין במידה ניכרת, את הנזק הסביבתי ואת עלויות הטיפול בשפכים אלה.

### מתקן הניסוי

מתקן קומפוסט ניסיוני, המבוסס על שיטת הקומפוסטציה המכונה "ערמה סטטית מאווררת" (aerated static pile), הוצב ברפת גינוסר. עקרון השיטה



ראש מים להזרמת השפכים

השפעות:

1. אוויר טרי מחליף את האוויר בנקבוביות של התערובת. במהלך פרוק ביולוגי אינטנסיבי, רמת החמצן באוויר בנקבוביות יורדת וכתוצאה יורד קצב הפירוק. החלפה באוויר טרי, בריכוז חמצן גבוה, מאפשרת שמירה על קצב פירוק גבוה.



צינורות איורור

## שיטות וחומרים

נערכו שני מחזורי ניסוי: מחזור מס' 1 החל בחודש יולי ונמשך 4 שבועות, מחזור מס' 2 החל בחודש אוקטובר ונמשך 7 שבועות. בכל מחזור, המתקן מולא בתערובת של חומרי הגלם, ששהתה בו לכל אורך תקופת הניסוי. מערכת האוורור הופעלה לכל אורך תקופת הניסוי. מערכת הזרמת השפכים הופעלה לתקופה קצובה ברוב ימי הניסוי, על מנת לפזר על פני ערמת הקומפוסט את כמות השפכים הנדרשת. בתום מחזור הניסוי, הקומפוסט הוצא מתוך המתקן והוצב להבשלה על משטח אספלט בחצר הרפת. למדידת טמפרטורת הקומפוסט, הותקנה מערכת סנסורים ורישום אוטומטי, הכוללת 6 סנסורים נעוצים בצמידים, אחד בעומק 50 ס"מ ואחד בעומק 1 מטר, ובקר, המשדר לשרת מרכזי, כך שניתן לקבל נתונים באופן מקוון. רישום הנתונים בשרת מתבצע כממוצע שעיית לכל סנסור. המערכת הופעלה רק החל מאמצע מחזור ניסוי מס' 1, ולפני כן נמדדו הטמפרטורות ידנית ע"י מדחום עם דקר.

בשני הניסיונות הוכנסה למתקן הקומפוסט תערובת שהורכבה משלושה חומרי גלם, ביחסים נפחיים שווים: זבל רפת ממאצרות, זבל עופות מלולי פטם וגזם מרוסק. הכמות הכוללת הייתה כ-200 מ"ק תערובת בכל ניסוי. ערבוב החומרים, הכנת התערובת והכנסתה למתקן בוצעו באמצעות שופל. המתקן מולא לגובה ממוצע של כ-2 מטר. במחזור מס' 1 הוזרמו לתערובת בשעת המילוי שפכים, בכמות של כ-18 מ"ק.

הזרמת השפכים על פני הערמה התבצעה דרך ממטרות שהוצבו מעל הערמה, מהסוג המשמש לצינון בחצרות המטרה, בעלות פיזור קוני. בניסוי מס' 1 הוצבו 9 ממטרות, ובניסוי מס' 2 הותקנו 26 ממטרות. הצבת הממטרות מעל פני ערמת הקומפוסט הייתה בחלוקה אחידה, ככל הניתן. הזרמת השפכים התבצעה במהלך 2-4 שעות בכל יום, כאשר ביתרת הזמן, השפכים הוזרמו בקו הראשי למט"ש. בניסוי מס' 1 הוערכה כמות השפכים היומית שהוזרמה למתקן הקומפוסט על סמך מדידת המונה הראשי של מוצא השפכים. בניסוי מס' 2 הותקן מד ספיקה שמדד ישירות את הכמות המוזרמת למתקן הקומפוסט.

## הוצאות ומסקנות

בשיטת הקומפוסטציה שנבחנה, לאוויר המסופק באמצעות מערכת האוורור המאולץ, יש תפקיד מרכזי בתפקוד המערכת. האוויר מוזרם דרך הצנרת המחוררת, נע כלפי מעלה דרך הקומפוסט, ובמעברו גורם לשלוש

## בשיטת הקומפוסטציה שנבחנה, לאוויר המסופק באמצעות מערכת האוורור המאולץ, יש תפקיד מרכזי בתפקוד המערכת

2. במעבר דרך הקומפוסט, האוויר שהוא קר ויבש יחסית, מתחמם וסופג לחות עד לרוויה. התהליך גורם להסעת מים בצורת אדים מן הערמה והחוצה. כמות המים המסולקת בדרך זו היא משמעותית. לדוגמה, אוויר שנכנס בטמפרטורה של 25 מעלות ובלחות יחסית 40%, ויוצא מהקומפוסט בטמפרטורה של 65 מעלות ובלחות יחסית 99%, נושא בכל 1 מ"ק כמות של 0.23 ק"ג מים. ספיקת המפוח היא כ-2,300 מ"ק לשעה ומכאן, שבמהלך שעת עבודת מפוח, הערמה יכולה לנדף (תאורטית) כמות של כ-529 ק"ג מים.



חיישני טמפרטורה בערימת הקומפוסט



החזת שפכים על ערימת הקומפוסט

2. אטימה של נקבובית המלאות באוויר. שתי התופעות הללו מקשות על תהליך הנידוף. ככל שהטמפרטורה יורדת, כך יורדת כמות המים המסולקים בתנועת האוויר. אטימה של הנקבוביות עוצרת את מעבר האוויר ומונעת נידוף. לכן תוספת המים חייבת להיות במידה הנכונה כדי לאפשר את המשך התהליך. המטרה היא להגיע לאיזון נכון בין הפעלת המפוח במשטר הנכון מבחינת זמני הפעלה והפסקה, לבין כמות המים היומית המסופקת. במחזורי הניסוי הבאים יילמדו המנגנונים הנדרשים להגעה לאיזון הרצוי.

כמוכן, במחזורי הניסוי הבאים תיבחן ההשפעה של שינויים בהרכב התערובת על כושר הנידוף. ■



מילוי התא ובניית הערימה

3. האוויר הטרי קולט חום מתוך הקומפוסט, בעיקר ע"י אדי המים. התהליך גורם לירידת טמפרטורה.

חשוב, אם כן, לאזן בין שלושת התהליכים הללו כדי להגיע לאופטימיזציה של המערכת. על פי חישובים, הזמן הנדרש להחליף את האוויר בחללים של התערובת הוא כשתי דקות, ולכן הפעלת המפוח בוצעה לפרקי זמן כאלו. ההשהיה בין ההפעלות נועדה כדי למנוע קירור הערמה באוויר עודף, וגם לחסוך בחשמל.

הוספת מים לערמה גורמת להשפעות הבאות:

1. קירור הערמה - המים המוספים הם בטמפרטורה נמוכה יותר מהקומפוסט.