

כמה עולה טכנולוגיה מתקדמת?

קריטריונים לבחינת טכנולוגיות לטיפול בשפכים על בסיס כלכלי והשפעתן על השקעת ההון הראשונית ועל ההוצאות המשתנות

נדב י. דנקמפ, יאיר פולקמן*

ככל שכמות ה-MLSS גדולה יותר ניתן יהיה לטפל בעומס אורגני גדול יותר, אך כאן יש לבוצה המשופעלת מגבלה: ככל שריכוז ה-MLSS גדול יותר כך עומס המוצקים על המשקעים גדל, והבוצה עלולה לגלוש לקולחים. מסיבה זו אגני האיזור מתוכננים עבור ריכוז MLSS של 3,500 מג"ל.

כיום, כל מכוני הטיהור מחוייבים בהרחקת חנקן. הרחקת החנקן מתבצעת בתהליך דו שלבי: חמצון אארובי של אמוניה לניטרט (ניטריפיקציה), וחזרו של ניטרט לחנקן גזי בתנאים אנוקסיים ללא חמצן (דניטריפיקציה). החיידקים מחמצני האמוניה מאופיינים בקצב גידול נמוך, וכדי לשמור על נוכחות מספקת שלהם באגן האיזור יש לשמור על גיל בוצה גבוה יחסית, כ-6-5 ימים אם נדרשת איכות קולחים להשקיה ללא מגבלות (ריכוז אמוניה של 10 מג"ל כחנקן), ו-10-8 ימים אם נדרשת איכות קולחים להזרמה לנחל (ריכוז אמוניה של 1.5 מג"ל כחנקן) לעומת כ-3 ימים המספיקים לטיפול בחומר אורגני. גיל הבוצה הגבוה מכתוב בניית איזור גדולים יותר. בתהליך ביופילם מקובע משולב בבוצה משופעלת (IFAS) משולבים נשאים לקיבוע חיידקים בתוך הנוזל המעורב בבוצה

הקמת מכון חדש לטיהור שפכים עירוניים או שדרוג מכון קיים, מציבים את השאלה, באיזו טכנולוגיה כדאי לבחור: רוב מכוני הטיהור בישראל פועלים בשיטת הבוצה המשופעלת, שפותחה לפני עשרות שנים. אך כיום, קיימות בשוק שיטות מתקדמות לטיפול בשפכים, המבטיחות לצמצם את גודל המתקנים, ואף לייתר את חלקם. מבין הטכנולוגיות המוצעות היום לטיפול בשפכים, הבשלות ביותר הן ריאקטורים ביולוגים ממברנליים ותהליכים של ביומסה מקובעת (ביופילם), שפועלות במקומות רבים בעולם ובמקצת ממכוני הטיהור בישראל. בתהליך הבוצה המשופעלת הקונבנציונלית, הטיפול בשפכים מבוצע באגן מאוורר שבו מעורבלת בוצה, המכילה חיידקים ומוצקים מרחפים אחרים, בשפכים. תערובת הבוצה והשפכים נקראת נוזל מעורב. הבוצה מופרדת מהקולחים במשקע ומוחזרת ברובה לאגן האיזור על מנת לשמור על ריכוז קבוע של מוצקים מרחפים בנוזל המעורב (MLSS).



נדב י. דנקמפ



רוב סכוני הטיהור בישראל פועלים בשיטת הבוצה המשופעלת, שפותחה לפני עשרות שנים. אך כיום, קיימות בשוק שיטות מתקדמות לטיפול בשפכים

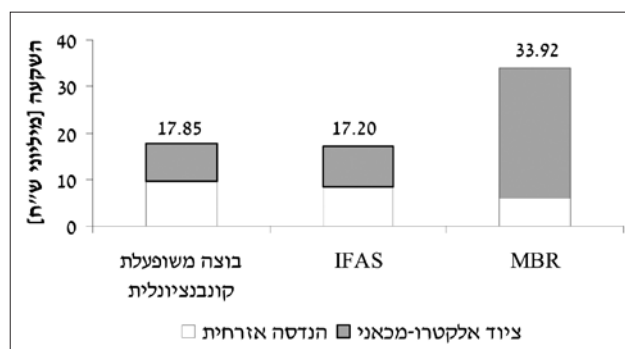
צילום אוויר מט"ש שמשון

* ח.ג.מ. מהנדסים יועצים ומתכננים

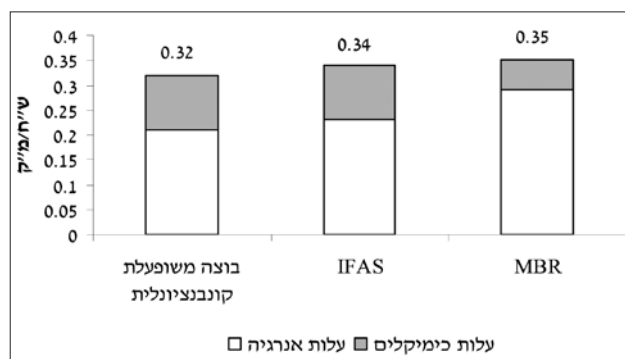
הגבוה של הממברנות. מחיר הממברנות גבוה עד כדי כך, שהחיסכון בבניית אגן איזור נוסף ומערכת סינון אינו מפצה עליו. מעניין לראות שההבדלים בין חלופות א' וב' קטנים למדי, בחלופה ב' ההשקעות בהנדסה אזרחית נמוכות יותר ב-1.16 מיליון ₪, וההשקעות בצידוד גבוהות יותר ב-700,000 ₪. בסיכומו של דבר ההשקעה הנמוכה ביותר היא בחלופה ב'.

השוואה בין ההוצאות המשתנות היא קשה יותר, וזאת בגלל הניסיון המועט הקיים בארץ בהפעלת מט"שים עירוניים העובדים בשיטה של IFAS או MBR ועלויות התפעול מוערכות על סמך חישובים תיאורטיים, ונתונים שהתקבלו מהספקים. עלויות התפעול המובאות כוללות רק את הטיפול בזרם הנוזלים. ניתן להניח שההבדל בכמויות הבוצה הנוצרות בין השיטות השונות אינו גבוה, מאחר שכ-60% מהבוצה הנוצרת היא ראשונית, ואינה מושפעת מהטיפול השניוני.

ההוצאות המשתנות כוללות את הוצאות האנרגיה ואת הוצאות הכלור לחיטוי. הוצאות האנרגיה עבור הבוצה המשופעלת הקונבנציונלית הן הנמוכות ביותר, כ-21 אג"מ/ק" (ראה איור 2). עבור חלופה ה-IFAS הוערכו הוצאות אנרגיה בכ-23 אג"מ/ק" בגלל הצורך להחדיר חמצן דרך הביופילם, ועקב הצורך להרחיף את הנשאים. הוצאות האנרגיה עבור חלופת



איור 1: השקעת הון חזויה לשדרוג מט"ש בית שמש בחלופות הנבחרות: בוצה משופעלת קונבנציונלית, בוצה מקובעת משולבת בבוצה ממשופעלת (IFAS) וריאקטור ביולוגי ממברנלי (MBR). המחירים כוללים הוצאות שדה בלבד, ללא העמסות



איור 2: ההוצאות המשתנות לטיפול במ"ק שפכים במט"ש בית שמש בטכנולוגיות השונות

המשופעלת, וכך מתאפשרת הגדלת כמות החיידקים ללא הגדלת נפח אגני האיזור. קיבוע החיידקים כביופילם יעיל במיוחד כאשר נדרשת הרחקה של חנקן. אגן האיזור מחולק לשני תאים מאזוריים: תא אחד ללא נשאים משמש להרחקת חומר אורגני והתא השני עם נשאים, משמש לניטרופיקציה, כאשר הנשאים משמשים בעיקר לקיבוע חיידקים ניטרופיקנטים. באופן זה ניתן להרחיק חנקן, ללא הגדלה של אגן האיזור.

בריאקטור ביולוגי ממברנלי (MBR) הפרדת המוצקים מן הקולחים מתבצעת בממברנות במקום שיקוע שניוני. לשיטה זו מספר יתרונות: בעוד שהשיקוע השניוני מגביל את ריכוז ה-MLSS באגן האיזור, הסינון הממברנלי מאפשר ריכוז MLSS גבוה פי 2-3 וכך ניתן להקטין את נפח אגן האיזור; קולחי ה-MBR הם באיכות מעולה ואין צורך בסינון נוסף, מעבר הקולחים דרך הממברנה מוריד בצורה משמעותית את כמות החיידקים בקולחים ומפחית את מנת החיטוי הנדרשת. כל אלה הופכים את ה-MBR לחלופה הקומפקטית ביותר.

תוכנית לשדרוג מט"ש בית שמש

בשנה האחרונה נבחנו שלוש החלופות במסגרת הכנת תוכנית מוקדמת לשדרוג מט"ש בית שמש. החלופות נבחנו על בסיס כלכלי ונבדקה השפעתן על השקעת ההון הראשונית, ועל ההוצאות המשתנות: אנרגיה וכימיקלים.

התוכנית המוקדמת לשדרוג והרחבת מט"ש בית שמש נועדה להגדיל את כושר הקיבול של המט"ש לספיקה של 25,500 מ"ק ליממה ולהפיק קולחים המיועדים להשקיה ללא מגבלות. כיום, התהליך במט"ש כולל טיפול קדם, שני משקעים ראשוניים, שני אגני איזור, שני משקעים שניוניים ומערך לטיפול בבוצה בשיטת N-Viro.

בתוכנית נבחנו חלופות לטיפול בזרם הנוזלים. החלופה הקונבנציונלית (חלופה א') כללה הוספת משקע ראשוני נוסף, אגן איזור נוסף, מערכת סינון חול גרוויטציוני ומערכת לחיטוי בכלור. נוסף על כך, השדרוג כולל שינויים באגני האיזור הקיימים כך שיתאימו להרחקה של חנקן וזרחן.

בשימוש בטכנולוגיית IFAS (חלופה ב') נחסכת הקמת אגן איזור נוסף, אך ההשקעות במשקע ראשוני ובטיפול השלישוני עומדות בעין.

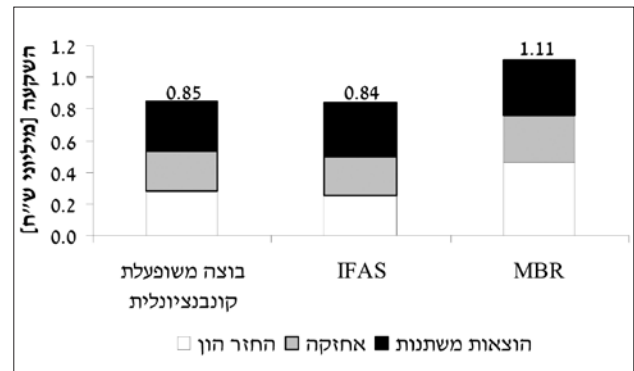
הסבת הריאקטורים הקיימים ל-MBR (חלופה ג') חוסכת הקמת אגן איזור נוסף וכן את מתקני הטיפול השלישוני.

סך ההשקעות לשדרוג המט"ש מובאות באיור 1 (המחירים כוללים הוצאות שדה בלבד). ההשקעה הגבוהה ביותר בהנדסה אזרחית היא בחלופה א' (9.6 מיליון ₪) והנמוכה ביותר היא עבור חלופה ג' (5.9 מיליון ₪). יחד עם זאת ההשקעה בצידוד אלקטרו-מכאני עבור חלופה א' היא הנמוכה ביותר (6.25 מיליון ₪) ועבור חלופה ג' הגבוה ביותר (24.7 מיליון ₪), עקב המחיר



ה-MBR הן הגבוהות ביותר, כ-29 אג'/'מ"ק משתי סיבות עיקריות: קצב מעבר החמצן בריכוז MLSS גבוה נמוך יותר ולכן יש צורך בהעלאת קצב האיזור ובנוסף יש צורך במשאבת לחץ גבוה לשאיבת הקולחים דרך הממברנות. ראוי לציין, שישנם סוגים של ממברנות שבהן אין צורך בשאיבה של הקולחים. מן הצד השני הוצאות על כימיקלים בטיפול הממברנלי הן הנמוכות ביותר, בעיקר בגלל שדרישת הכלור לקולחי MBR נמוכה ביחס לבוצה משופעלת.

נוסף להוצאות המשתנות נלקחות בחשבון גם הוצאות אחזקה. בדרך כלל הוצאות האחזקה השנתיות נלקחות כ-2% מערך הציוד האלקטרו-מכני ו-0.5% מערך עבודות ההנדסה האזרחית. במקרה של MBR יש לקחת בחשבון גם את עלות החלפת הממברנות. קצב החלפת הממברנות נע בטווח של פעם ב-10-5 שנים, תלוי בסוג הממברנות וביצורן. סך עלות הטיפול בזרם הנוזלים (החזר הון + הוצאות משתנות) מובא באיור 3. כמעט שאין הבדל בין עלות הטיפול באמצעות בוצה משופעלת קונבנציונלית ל-IFAS, כאשר עלות הטיפול באמצעות MBR יקרה יותר באופן משמעותי.



איור 3: סך כל הוצאות הטיפול במ"ק שפכים

סבין הטכנולוגיות הסוצעות היום לטיפול בשפכים, הבשלות ביותר הן ריאקטורים ביולוגיים מסברנליים ותהליכים של ביומסה מקובעת

סיכום

- במט"ש בית שמש, המיועד להפיק קולחים להשקיה ללא מגבלות, לא נמצא הבדל משמעותי בעלות הטיפול בין הבוצה המשופעלת הקונבנציונלית ל-IFAS. יש לציין שעבור קולחים המיועדים להזרמה לנחל, בהם הדרישה להורדת אמוניה מחמירה יותר, היתרון של ה-IFAS היה מובהק יותר.
- טכנולוגיית ה-MBR עדיין יקרה מאד. במקרה של מט"ש בית שמש הכדאיות של MBR נמוכה במיוחד, מאחר שבמט"ש כבר מותקנים שני משקעים שניוניים, ואין מגבלות של שטח. כל השטח הדרוש לשרדוג נמצא גבולות המט"ש, ולכן לא חושב עבורו ערך כלכלי. ייתכן, שניתן להתחשב בערך השטח הפנוי בגבולות המט"ש, אם ידוע על ניצול אפשרי של השטח, למשל, התקנת פאנלים סולאריים.
- במט"ש בית שמש רוב הבוצה היא בוצה ראשונית שאינה מושפעת מהתהליך הביולוגי. במכוני טיהור שבהם אין שיקוע ראשוני, יש משמעות רבה להשפעת הטכנולוגיה הנבחרת על כמות הבוצה, ושיטת הטיפול בה. אם צריך לפנות את הבוצה למכון קומפוסטציה, עלות פינוי הבוצה מהווה חלק גדול מהוצאות התפעול, ולכן יש משמעות כלכלית גדולה אפילו לשינויים קטנים בקצב ייצור הבוצה. במצב זה הכדאיות של MBR הייתה עולה, ואילו הכדאיות של ה-IFAS הייתה יורדת.



תשלובת מפעלים לטיפול בשפכים תעשייתיים, שפכי שמנים מינראליים, צמחיים ומים מזוהמים

אקו אויל הינו מפעל מורשה לטיפול בשפכים תעשייתיים באמצעות טכנולוגיות מתקדמות המותאמות למגוון רחב של פסולות ובניהם:



- שפכי ציפוי מתכות וחומרים מסוכנים
- שפכים אורגניים מתעשיית המזון
- שפכי שמנים ממקורות מינראליים וצמחיים
- מפרידי תחנות דלק ומוסכים
- אמולסיות
- טיפול בשאריות מים עם מזוט, דלקים וסולר

ת.ד. 25555 צ'ק פוסט, חיפה 31254, טל. 04-8494996
פקס. 04-8494995, מייל: Yiftach@eco-oil.co.il

