

ליאור מונט

המחלקה להתפלה וטיפול במים,
מכון המים ע"ש צוקרברג, המכונים
לחקר המדבר ע"ש יעקב בלאושטיין,
אוניברסיטת בן-גוריון בנגב

ציטוט מומלץ

מונט ל. 2022. שפכים תעשייתיים
חומציים – מפותנציאל לסכנה
למשאב כלכלי יקר ערך. אקולוגיה
וסביבה 13(4).



בריכות שיקוע גבס של חברת רותם אמפרט נגב בע"מ

שפכים תעשייתיים חומציים – מפותנציאל לסכנה למשאב כלכלי יקר ערך

בקצרה

גיליון חורף 2022 / כרך 13(4)
בשנת 2017 אירע אסון אקולוגי בנחל אשלים שבמדבר יהודה [2]. האסון אירע בשל זרימת שפכים חומציים לנחל עקב קריסת דופן בריכת אידוי של מפעל רותם אמפרט המייצר חומצה זרחתית. כשלים מבניים מסוג זה או נסיבות אחרות, כמו הצפה עקב אירוע גשם משמעותי (כפי שאירע למשל בפלורידה בשנת 2004 [4]), עלולים להוביל לתוצאה דומה של זיהום מאגרי מים.

חומצה זרחתית (H_3PO_4) היא מרכיב חשוב בתעשיית הדשנים שתורמת, בין השאר, לביטחון תזונתי עולמי כיום ובעתיד. בשנת 2021 יוצרו בעולם 48.9 מיליון טונות דשן מבוסס חומצה זרחתית [3]. תהליך הייצור של החומצה מלווה בהפקה של כמויות גדולות של שפכי תעשייה רעילים. עקב הרכבם הכימי של השפכים, החומציות הגבוהה, המליחות ופוטנציאל שיקוע המלחים הגבוה שלהם, קשה לטפל בהם, והם לרוב מאוחסנים בבריכות אידוי גדולות [1]. בשפכים החומציים יש אחוז גבוה של מים, וכמותם אדירה (כ-413,000 מ"ק שפכים מיוצרים במפעלי החומצה הזרחתית בישראל בכל שנה). כמו כן הם מכילים חומרי גלם נוספים כדוגמת חומצה גופרתית (H_2SO_4) וזרחן (P), שהם בעלי ערך רב, בפרט לייצור חומצה זרחתית. מכאן, שמציאת פתרון טיפול לשפכים החומציים נחוצה קודם כל לצמצום הסיכון לנזק סביבתי, אך יש בצידה תועלת כלכלית.

במחקר שהתבצע במכון המים ע"ש צוקרברג (אחד משלושת המכונים לחקר המדבר בקמפוס שדה בוקר של אוניברסיטת בן-גוריון), התמקדנו בפיתוח תהליך מעגלי המהווה פתרון לטיפול בשפכים החומציים ומאפשר השבה של מים ושל חומרי גלם נוספים למפעל. התהליך כולל שלושה שלבים:

- **הפרדה סלקטיבית באמצעות אלקטרודיאליזה** – טכניקה המבוססת על הפעלת מתח חשמלי על ממברנות כחיץ סלקטיבי ועל השונות במטען החשמלי של מלחים. בשלב זה מתקבלים שני זרמים: חומצה גופרתית ושפכים

לאחר טיפול ראשוני. החומצה הגופרתית היא מגיב חשוב בתהליך הייצור של חומצה זרחתית מסלע הפוספט, ולכן ניתן להשיבה חזרה לתהליך. שלב זה מאפשר נטרול חלקי של השפכים (כ-70%), ולאחר מכן מתאפשר טיפול המשך באוסמוזה הפוכה ללא סכנת שיקוע של מלחים קשי תמס.

- **אוסמוזה הפוכה** – סינון בלחץ של המים דרך ממברנות אוסמוזה הפוכה. בשלב זה מגיעים לכ-90% מים מותפלים ללא שיקוע מלחים הודות לטיפול המקדים באלקטרודיאליזה סלקטיבית. המים המסוננים הם באיכות גבוהה, ויכולים לשמש את המפעל בתהליכים השונים. לאחר הסינון הממברנלי נותרים כ-10% של תמיסת רכז המורכבת בעיקר מחומצה זרחתית וממלחים, וניתן להעביר אותה לטיפול נוסף.
- **נטרול החומציות שנוותרה** – הרכז שנוותר עובר נטרול נוסף על-ידי הוספת סלע פוספט טחון. התגובה בין הרכז לסלע מאפשרת שיקוע של זרחן מהתמיסה והעשרה של סלע הפוספט באמצעותו. במים המנוטרלים ניתן להשתמש כמי תהליך ולהשיבם לתהליכים שונים במפעל.

על אף הרכב המים הבעייתי בשפכים החומציים ניתן להפחית משמעותית את נפחם ואת הסיכונים הסביבתיים באמצעות שלושת השלבים הללו, ובכך להפחית את שטחי התפעול הנדרשים כיום ואת העלויות הכרוכות בטיפול בשפכים. יתר על כן, דרישת האנרגיה לתהליך נמוכה יותר מפתרונות מקבילים בתחום (למשל התפלת מים מליחים כמעט ללא ייצור רכז^[5]). התהליך מאפשר השבה של מים נקיים, חומצה גופרתית וזרחן כחומרי גלם חזרה לתהליכי המפעל השונים, ועל כן צפוי לפצות על עלויות החשמל ובכך לקדם חיסכון וכלכלה מעגלית ובת-קיימא.

במחקר זה הדגמנו בקנה מידה מעבדתי את ההיתכנות ואת הפוטנציאל הרב של התהליך החלופי שפיתחנו לטיפול בשפכים החומציים של תעשיית החומצה הזרחתית. אנו ממליצים לבדוק את ישימות תהליך זה במפעלי התעשייה, ואף לשקול את שילובו עם אנרגיה שמקורה בקרני השמש, כפתרון בעל יתרונות סביבתיים וכלכליים נרחבים.

מקורות

1. Albustami SF and Hilakosa SW. 2014. FSA neutralization with calcium compounds. *Procedia Engineering* **83**: 286–290.
2. Becker N, Gross Y, and Lavee D. 2020. Cost-benefit analysis of restoring an ephemeral desert stream after an ecological accident. *Water Policy* **22**(3): 328–347.
3. Cross L and Gruère A. 2022. Public summary – Medium-term fertilizer outlook 2022–2026. IFA (International Fertilizer Association).
4. IAEA. 2013. [Radiation protection and management of NORM residues in the phosphate industry](#). *Safety Reports Series* **78**.
5. Panagopoulos A. 2021. Energetic, economic and environmental assessment of zero liquid discharge (ZLD) brackish water and seawater desalination systems. *Energy Conversion and Management* **235**: 113957.