

תקציר הפרויקט – השבה קטליטית וסלקטיבית של כסף מתמיסות מהולות ומתשטיפים של פסולת אלקטרונית ע"י אלקטרודות פרדאיות וקיבוליות.

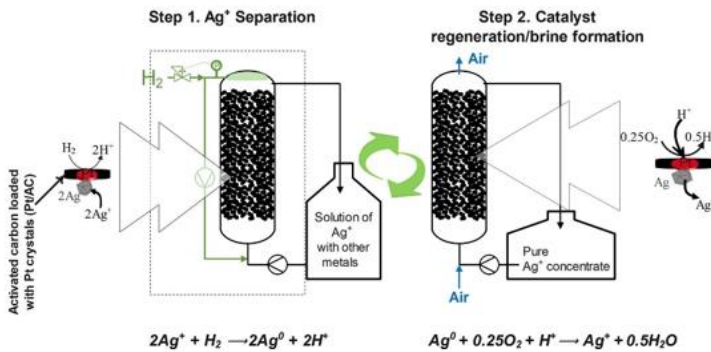
מחבר – ארז ראק

בהנחיית – פרופסור חבר יורי גנדל

הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון

מבוא

במסגרת הקורסים פרויקט בהנדסת סביבתית (014301) ופרויקט בהנדסת סביבתית 2 (014966), בהנחייתו של פרופסור חבר יורי גנדל, חקרנו השבה של כסף (Ag) מתשטיפים של פסולת אלקטרונית ומתמיסות מהולות בעזרת טכנולוגיה בשם Capacitive Faradaic Fuel Cells (CFFCs). – Faradaic Fuel Cells (CFFCs) הינה טכנולוגיה שפותחה במעבדה לאלקטרוכימיה סביבתית של דר יורי גנדל בשנת 2019 והיא כוללת גרנולות של פחם פעיל המצופות בחלקיקים ננומטרים של זרז פלטינום מתכתי ובעזרתו ניתן לבצע שתי חצאי ראקציות עיקריות – חימצון של מולקולות מימן, וחיזור של מולקולת חמצן. ע"י ציוות של כל אחת מחצאי הראקציות הנ"ל

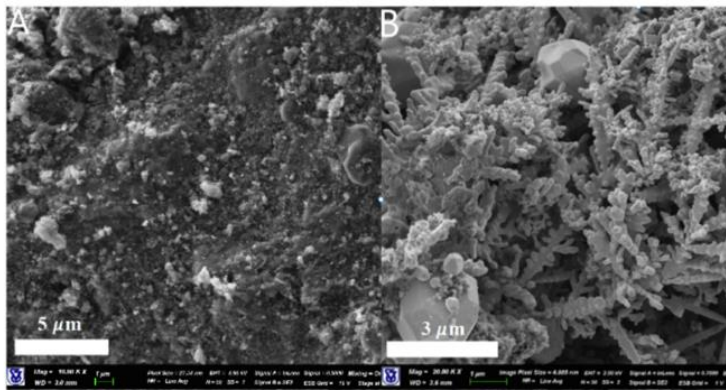


ליצירה של ריאקציה כוללת בעלת פוטנציאל תרמודינמי חיובי, הצלחנו להפריד בצורה סלקטיבית יונים של כסף מתמיסות סימולטיביות שיצרנו במעבדה, וגם מתשטיפים של פסולת אלקטרונית (בטריות כפתור) ע"י שיקוע על גבי גרנולות הפחם הפעיל. בנוסף, הצלחנו להשיב את הכסף לתמיסה מרוכזת וטהורה המאפשרת לבצע בו שימוש חוזר.

איור 1: סכימה של התהליך להשבה של כסף ע"י CFFCs.

הערך הסביבתי והכלכלי של הטכנולוגיה

לפיתוח זה ישנו ערך כלכלי וסביבתי גדול. כיום, עקב גידול האוכלוסייה והדרישה ההולכת וגוברת למכשור חשמלי ואלקטרוני, ספיקות הפסולת האלקטרונית גם הולכות וגדלות. ב2016, 2018 וב2019 משקל זרמי הפסולת האלקטרונית העולמית עמדו על 40, 50 ו53 מיליון טון. האחוז המשקלי של מתכות בפסולת אלקטרונית עומד על 40% מתוך כלל משקל הפסולת. מסיבה זו היום נהוג להגדיר את זרמי הפסולת האלקטרונית כ"מכרה עירוני" ועולה הביקוש לטכנולוגיות המסוגלות להשיב את אותן מתכות

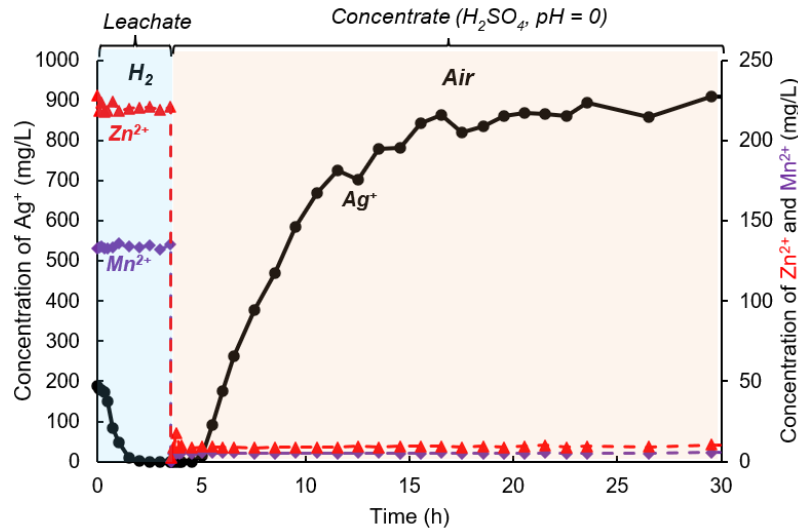


וחומרים גולמיים לצורך שימוש חוזר בתעשייה. ב2019 העריכו כי השווי של אותם חומריים גולמיים בפסולת האלקטרונית הינו 57 מיליארד דולר.

השיטה המרכזית שבה משתמשים כיום למחזור של מתכות מפסולת אלקטרונית היא המסה של אותן מתכות בטמפרטורה גבוהה ולאחר מכן ביצוע ההפרדה. לשיטה זו יש חותמת סביבתית רחבת היקף, שכן שריפת הפסולת האלקטרונית יוצרת

איור 2: צילומי מיקרוסקופ אלקטרוני של CFFCs (A) לפני שיקוע הכסף, (B) אחרי שיקוע הכסף.

גזים מזהמים ורעילים. בשיטה שפותחה על ידינו אין שימוש בטמפרטורות גבוהות ולכן אותם גזים מזהמים לא נוצרים מה שמקטין



איור 3: השבה סלקטיבית של כסף מתשטיפים של בטריות כפתור.

מספר דרכים למוסס כסף מתכתי מתוך בטריות כפתור משומשות לתמיסה מימית וע"י שימוש ב-CFFCs ביצענו הפרדה מלאה בין הכסף לבין יוני המתכות הנוספים שהתמוססו מהבטריות (תוצאות מופיעות באיור 3). לאחר ההפרדה, ביצענו הרכזה והשבה של הכסף לתמיסה טהורה. לבסוף, הצלחנו להראות כי ניתן להפריד בזמן בין שתי מתכות (כסף ונחושת) שעלולות להגיב לצורך הפרדה ע"י CFFCs ובכך, באופן תאורטי, ניתן להפריד יותר ממתכת אחת מזרם פסולת מעורב ולבצע בהם שימוש חוזר. בתום ביצוע הניסויים, כתבנו מאמר שהתפרסם ב-*Separation and Purification Technology*.

Ruck, E. B., Amikam, G., Darom, Y., Manor-Korin, N., & Gendel, Y. (2022). Catalytic selective recovery of silver from dilute aqueous solutions and e-waste leachates. *Separation and Purification Technology*, 285, 120303.

את החותמת הסביבתית של CFFCs. בנוסף, יעילות ההפרדה ע"י CFFCs גבוהה יותר משימוש בטכנולוגיות קונבנציונאליות מה שמקטין את יצור הפסולת ומגדיל את הערך הסביבתי של הטכנולוגיה.

סיכום המחקר

במהלך המחקר ביצענו מספר ניסויים הבודקים את יציבות המערכת שלנו להפעלה ממושכת, חקרנו את השפעת אחוז הזרז שעל הפחם על קצב התגובה ובדקנו את השפעת ערך ההגבה על קצב התגובה. בנוסף, חקרנו