**ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΙΟΝΤΩΝ ΜΟΛΥΒΔΟΥ ΚΑΙ ΘΕΙΙΚΩΝ ΑΠΟ ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΠΙΔΥΣΗ**

**Α. Βουτετάκη1,3 Κ. Πλάκας1, Α. Παπαδόπουλος\*1, Δ. Μπόλλας2, Σ. Παρχαρίδης2, Π. Σεφερλής3**

1Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ), Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Θέρμη, Θεσσαλονίκη

2Sunlight Group Energy Storage Systems, Ξάνθη

3Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη

\**spapadopoulos@certh.gr*

Η ρύπανση των υδατικών πόρων από βαρέα μέταλλα είναι ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα το οποίο εντείνεται τα τελευταία χρόνια λόγω της ραγδαίας αύξησης των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών. Ο μόλυβδος (Pb) εντοπίζεται στα υγρά απόβλητα διαφόρων βιομηχανικών διεργασιών, όπως εκείνα της παραγωγής μπαταριών, χρωστικών, πλαστικών και ηλεκτρονικών ειδών, ενώ η αποτελεσματική απομάκρυνσή του απασχολεί τους επιστήμονες μέχρι και σήμερα. Στην περίπτωση της παραγωγής μπαταριών τύπου μολύβδου-οξέος τα υγρά απόβλητα χαρακτηρίζονται από όξινο pH, ως αποτέλεσμα της συγκέντρωσης εκπλυμάτων οξέων σε αυτά (H2SO4), υψηλή θολερότητα και μικρές συγκεντρώσεις Pb και άλλων μετάλλων [1]. Οι συμβατικές χημικές τεχνολογίες επεξεργασίας των εν λόγω αποβλήτων (π.χ. Walhalla) είναι δαπανηρές, χρονοβόρες, δημιουργούν δευτερογενή απόβλητα (π.χ. γύψος) και δεν ικανοποιούν τη σύγχρονη απαίτηση για ανάκτηση και αξιοποίηση χρήσιμων συστατικών στο πλαίσιο των αρχών της κυκλικής οικονομίας. Η ηλεκτροδιαπίδυση (*electrodialysis-ED*) είναι μια πολλά υποσχόμενη ηλεκτροχημική διεργασία απομάκρυνσης ιόντων από υδατικά διαλύματα, καθώς επιτρέπει την υψηλή ανάκτηση νερού και τον σχεδόν πλήρη διαχωρισμό των ιόντων, έχει σχετικά μικρές απαιτήσεις ενέργειας ενώ τα δύο παραγόμενα ρεύματα υγρού (καθαρό νερό και συμπύκνωμα ιόντων) μπορούν να αξιοποιηθούν στην ίδια τη βιομηχανία ή αλλού σύμφωνα με τις προδιαγραφές επαναχρησιμοποίησης. Στη δημοσιευμένη βιβλιογραφία, υπάρχουν διαθέσιμα αποτελέσματα σχετικά με το διαχωρισμό ιόντων μολύβδου από υδατικά διαλύματαμε χρήση ED, αλλά σε συστήματα μικρής κλίμακας, με χαμηλή ενεργό επιφάνεια ιοντοεναλλακτικών μεμβρανών, μικρούς όγκους επεξεργασμένου υγρού και για μη ρεαλιστικές συστάσεις υγρών αποβλήτων [2],[3],[4].

Στην παρούσα έρευνα μελετήθηκε συστηματικά η συνδυασμένη απομάκρυνση ιόντων μολύβδου και θειικών ιόντων από υδατικά διαλύματα που προσομοιάζουν εκείνα των υγρών αποβλήτων μπαταριών μολύβδου-οξέος, με τη βοήθεια μονάδας ED πιλοτικής κλίμακας του ΙΔΕΠ/ΕΚΕΤΑ. Αρχικά η μελέτη εστιάστηκε στη βελτιστοποίηση της διεργασίας ED ως προς το διαχωρισμό των θειικών ιόντων μέσω κατάλληλης μεθοδολογίας σχεδιασμού πειραμάτων. Για την αξιολόγηση των πειραμάτων λήφθηκαν υπόψη τρία κριτήρια βελτιστοποίησης: μεγιστοποίηση του διαχωρισμού των θειικών ιόντων (SP%), ελαχιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας (EC) και μεγιστοποίηση της απόδοσης ρεύματος (CE%), η οποία ορίζεται ως ο λόγος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται για το διαχωρισμό και της συνολικής ηλεκτρικής ενέργειας που παρέχεται στο σύστημα.

Με βάση το σχεδιασμό πειραμάτων, διεξήχθησαν συνολικά δεκαεπτά πιλοτικές δοκιμές με τη βοήθεια των οποίων προσδιορίστηκαν οι βέλτιστες τιμές των τριών ανεξάρτητων μεταβλητών (εφαρμοζόμενη τάση, λόγος των όγκων του αραιού έναντι του συμπυκνωμένου διαλύματος, αρχική συγκέντρωση των θειικών ιόντων). Τα αποτελέσματα έδειξαν απομάκρυνση θειικών ιόντων αρχικής συγκέντρωσης 2000 mg/L σε ποσοστό 68% σε διάρκεια 30 min, κατά την εφαρμογή 15 V και κατανάλωση ενέργειας 0.5 kWh/m3. Στη συνέχεια, μελετήθηκε η συνδυασμένη απομάκρυνση μολύβδου και θειικών ιόντων με βάση τις βέλτιστες συνθήκες λειτουργίας της μονάδας ED. Επιτεύχθη απομάκρυνση θειικών ιόντων σε ποσοστό 91% και ιόντων μολύβδου (αρχικής συγκέντρωσης 5 mg/L) σε ποσοστό 75%, σε 4 ώρες, με εφαρμογή 40 V και κατανάλωση ενέργειας 7 kWh/m3.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**: περιβάλλον, ηλεκτροχημεία, χημικές διεργασίες, διεργασίες μεμβρανών

**ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

[1] Gu, S., Fu, B., Ahn, J. (2020). *Sustainability* 12, 1263.

[2] Amor, Z., Malki, S., Taky, M., Beriou, B., Mameri, N., Elmidaoui, A. (1998). *Desalination* 120: 263-271.

[3] Gherasim, C., Krivcik, J., Mikulasek, P. (2014). *Chem. Eng. J.* 256: 324-334.

[4] Mohammadi, T., Razmi, A., Sadezadeh, M. (2004). *Desalination* 167: 379-385.