

ΡΥΠΑΝΣΗ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΑΦΑΛΑΤΩΣΗΣ ΑΠΟ ΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΑΛΑΤΩΝ – Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΛΕΛΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Α.Χ. Καρανάσιου^{1*}, Σ.Θ. Μητρούλη¹, Δ.Χ. Σιουτόπουλος¹, Α.Ι. Καράμπελας¹

¹Εργαστήριο Φυσικών Πόρων και Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας (ΕΦΕΜ), Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών και Ενεργειακών Πόρων (ΙΔΕΠ) – Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης (ΕΚΕΤΑ), Θέρμη, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
(*akaranasiou@cperi.certh.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η αφαλάτωση θαλασσινού και υφάλμυρου νερού με μεμβράνες αντίστροφης ώσμωσης είναι πλέον απαραίτητη για εξασφάλιση πόσιμου νερού σε πολλά σημεία του πλανήτη μας. Ωστόσο, η τεχνολογία αυτή αντιμετωπίζει λειτουργικά προβλήματα, τα οποία έχουν αρνητική επίδραση στο περιβάλλον και στο τελικό κόστος επεξεργασίας. Ένα σοβαρό εγγενές πρόβλημα είναι οι επικαθίσεις, λόγω υπερκορεσμού, δυσδιάλυτων κρυσταλλικών αλάτων (π.χ. CaCO_3 , CaSO_4 , BaSO_4) τα οποία περιορίζουν τον βαθμό ανάκτησης του καθαρού νερού^[1] προκαλώντας ταυτόχρονα υποβάθμιση της απόδοσης των μεμβρανών^[2]. Συνήθεις μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος αυτού είναι η χρήση ειδικών χημικών/προσθέτων (αντικαθαλατωτικών), η προ-επεξεργασία της τροφοδοσίας (για την αφαίρεση συγκεκριμένων ιόντων ή την κατάλληλη ρύθμιση του pH), και ο περιοδικός χημικός καθαρισμός των μεμβρανών. Όλες αυτές οι μέθοδοι έχουν προφανή αρνητική επίπτωση στη βιωσιμότητα των εγκαταστάσεων αφαλάτωσης και επιβαρύνουν το περιβάλλον λόγω της χρήσης των χημικών^[3-4]. Το πρόβλημα των επικαθίσεων περιπλέκεται από τη συνήθη παρουσία και οργανικών συστατικών (κυρίως πολυσακχαριτών, πρωτεϊνών) στο θαλασσινό και υφάλμυρο νερό, η επίδραση των οποίων στη δημιουργία και ανάπτυξη των επικαθίσεων^[4] δεν είναι δυνατόν να προβλεφθεί σήμερα, κυρίως λόγω ανεπαρκούς μελέτης των διαφόρων φυσικο-χημικών αλληλεπιδράσεων. Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η επίδραση ενός τυπικού πολυσακχαρίτη (αλγινικού νατρίου, AN) στα πρώτα στάδια της κρυστάλλωσης θειικού ασβεστίου (γύψου, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) στη μεμβράνη, κατά την αφαλάτωση συνθετικών διαλυμάτων, με σύσταση προσομοιάζουσα με εκείνη συμπυκνούμενου υφάλμυρου νερού σε μονάδες αφαλάτωσης (με λόγο υπερκορεσμού S μεταξύ 1 και $\sim 1,6$). Χρησιμοποιήθηκαν μικρές συγκεντρώσεις πολυσακχαρίτη, δηλ. 2 – 10 mg/L. Οι δοκιμές πραγματοποιήθηκαν σε ειδικά κελιά, με κατά μέτωπο διήθηση, καθώς και σε κανάλι εγκάρσιας ροής με ένθετο, σε συνθήκες ροής όμοιες με εκείνες των στοιχείων μεμβρανών σπειροειδούς διαμόρφωσης (spiral wound membrane modules, SWM). Δείγματα μεμβρανών, μετά τα πειράματα αφαλάτωσης, μελετήθηκαν με τεχνικές ηλεκτρονικής μικροσκοπίας σάρωσης (SEM) και διαλυτοποίησης, και προσδιορίστηκε η μάζα και η μορφολογία των επικαθίσεων του θειικού ασβεστίου στην επιφάνειά τους, καθώς και ο ρυθμός δημιουργίας επικαθίσεων στα αρχικά στάδια. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι οι πολυσακχαρίτες (ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους στο νερό και τις συνθήκες του πεδίου ροής) είναι δυνατόν να ενισχύουν την ανόργανη ρύπανση των μεμβρανών, ενώ σε άλλες περιπτώσεις δρουν ανασταλτικά στον σχηματισμό των επικαθίσεων επιδρώντας ταυτόχρονα στην κρυσταλλική δομή του θειικού ασβεστίου^[4]. Για τα διερευνηθέντα χαμηλά επίπεδα υπερκορεσμού, ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η τάση ανάσχεσης των επικαθίσεων γύψου για μικρές συγκεντρώσεις AN (2 mg/L), η οποία αποδίδεται στη συμπλοκοποίηση καρβοξυλικών ομάδων του AN με ιόντα Ca. Αντίθετα για σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις AN (10 mg/L), που τείνουν να δημιουργήσουν συνεκτική οργανική στοιβάδα πάνω στη μεμβράνη, παρατηρείται σημαντική ενίσχυση των επικαθίσεων γύψου οι οποίες αναπτύσσονται κυρίως εντός της στοιβάδας η οποία είναι τύπου γέλης (gel type polysaccharide fouling layer). Με βάση τα πρόσφατα αποτελέσματα και συναφείς εργασίες, προτείνεται μεθοδολογία τόσο για την πρόβλεψη της ανόργανης-οργανικής ρύπανσης κατά το σχεδιασμό μονάδων αφαλάτωσης, όσο και για τη διάγνωσή της κατά τη λειτουργία τους. Παράλληλα, συνεχίζεται η πειραματική διερεύνηση των σχετικών φαινομένων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Greenberg G, Hasson D, Semiat R. (2005) *Desalination*, 183:273-88.
- [2] Karabelas AJ, Karanasiou A, Mitrouli S. (2014) *Desalination*, 345:146-57.
- [3] Antony A, Low JH, Gray S, Childress AE, Le-Clech P, Leslie G. (2011) *Journal of Membrane Science*, 383:1-16.
- [4] Karabelas AJ, Karanasiou A, Siuotopoulos DC. (2017) *Desalination*, 416:106-21.