

ΑΝΑΓΩΓΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΣΕ ΦΩΤΟΚΑΤΑΛΥΤΙΚΟ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΑ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

Π.Ν. Πέτση, Β.Χ. Σαρασίδης*, Κ.Β. Πλάκας, Α.Ι. Καράμπελας

Εργαστήριο Φυσικών Πόρων & Εναλλακτικών Μορφών Ενέργειας, Ινστιτούτο Χημικών Διεργασιών & Ενεργειακών Πόρων, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, 57001, Θέρμη, Θεσσαλονίκη
(*sarasidis@cperi.certh.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ρύπανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα καθώς και επιφανειακών υδάτων από νιτρικά ιόντα (NO_3^-) είναι σοβαρό πρόβλημα διεθνώς, οφειλόμενο κυρίως στην αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και σε εντατικές γεωργικές δραστηριότητες^[1]. Τα νιτρικά στα επιφανειακά νερά προκαλούν προβλήματα ευτροφισμού, ενώ παράλληλα είναι γνωστή η ιδιαίτερα επιβλαβής επίδρασή τους στην ανθρώπινη υγεία^[2]. Για το λόγο αυτό, ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO) έχει ορίσει ως μέγιστο επιτρεπτό όριο νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό τα 50 mg- NO_3^- /L. Διάφορες προτεινόμενες μέθοδοι επεξεργασίας υδατικών διαλυμάτων με μεγάλες συγκεντρώσεις σε νιτρικά, βασίζονται σε διεργασίες φυσικές (διήθηση με μεμβράνες, ιοντοεναλλαγή κ.α.), χημικές (απονιτροποίηση παρουσία μετάλλων) και ηλεκτροχημικές (ηλεκτροκροκίδωση, ηλεκτροδιάλυση). Η αναγωγή των νιτρικών με τη μέθοδο της ετερογενούς φωτοκατάλυσης είναι μια σχετικά νέα προσέγγιση που δεν έχει μελετηθεί ευρέως.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα πειραματικά αποτελέσματα από τη λειτουργία ενός εργαστηριακού φωτοκαταλυτικού αντιδραστήρα μεμβρανών (Photocatalytic Membrane Reactor – PMR) με σκοπό την αναγωγή-απομάκρυνση των νιτρικών ιόντων από νερά επιφανειακά, γεωτρήσεων αλλά και ρεύματα υγρών αποβλήτων όταν συνυπάρχουν ή προστίθενται σε μικρή αναλογία και οργανικές ενώσεις. Η φωτοκαταλυτική αναγωγή των νιτρικών, τα οποία βρίσκονται σε μεγαλύτερες του επιτρεπτού ορίου συγκεντρώσεις, επιτυγχάνεται στο εργαστηριακό σύστημα PMR, χρησιμοποιώντας αιώρημα TiO_2 ως καταλύτη, λάμπες UV-A ακτινοβολίας, εμβαπτισμένο ειδικό στοιχείο μεμβρανών υπερδιήθησης και διαφορετικά οργανικά οξέα όπως μυρμηκικό οξύ, οξικό οξύ και χουμικά οξέα, ως θυσιαζόμενα/διασπώμενα αναγωγικά μέσα. Μελετάται η επίδραση του είδους του οργανικού οξέος, ο λόγος της μοριακής συγκέντρωσης των οργανικών ως προς τα νιτρικά ιόντα, η συγκέντρωση του καταλύτη και η ισχύς της UVA ακτινοβολίας ανά μονάδα όγκου, τόσο στο ρυθμό αναγωγής των νιτρικών όσο και στο ρυθμό οξειδωσης των οργανικών. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι το μυρμηκικό οξύ έχει την καλύτερη απόδοση ως προς το ποσοστό αναγωγής των νιτρικών, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 30% και 60% μετά από 5 ώρες επεξεργασίας. Το ποσοστό αναγωγής είναι σαφώς μικρότερο όταν είναι παρόν το οξικό οξύ (~23%) ή τα χουμικά οξέα (~18%). Αντίθετα, το ποσοστό απομάκρυνσης του ολικού οργανικού άνθρακα (TOC) όταν μυρμηκικό οξύ ή χουμικά οξέα δρουν ως υποκινητές της αναγωγής των νιτρικών, είναι σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις μεγαλύτερο από 90%. Το οξικό οξύ απαιτεί επιπλέον χρόνο επεξεργασίας για να επιτευχθούν τα προαναφερόμενα επίπεδα, υποδηλώνοντας την βραδεία κινητική της οξειδωσής του. Ειδικότερα, στα πειράματα με μυρμηκικό οξύ, ο λόγος των συγκεντρώσεων οργανικού οξέος/νιτρικά φαίνεται ότι έχει σημαντική θετική επίδραση στην απόδοση αναγωγής των νιτρικών. Ομοίως, η αύξηση της συγκέντρωσης του καταλύτη επιδρά γενικά θετικά μέχρι όμως τα 0.5 g/L, επειδή μεγαλύτερη συγκέντρωση δρα αρνητικά πιθανότατα λόγω φαινομένων σκέδασης της UV-A ακτινοβολίας. Επιπλέον, η ισχύς της ακτινοβολίας έχει σαφώς θετική επίδραση στην απομάκρυνση του TOC, όπως αναμένεται. Τέλος, το ποσοστό μετατροπής σε αέριο άζωτο κυμαίνεται μεταξύ 65 και 90%, ενώ μπορεί να υποστηριχθεί ότι η μεμβράνη υπερδιήθησης δρα συνεργιστικά στην ολική απόδοση του συστήματος, ενισχύοντας τα ποσοστά απομάκρυνσης, χωρίς μάλιστα να παρουσιάζει φαινόμενα ρύπανσης. Η ερευνητική δραστηριότητα συνεχίζεται για διερεύνηση της προοπτικής πρακτικής εφαρμογής της μεθόδου.

Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ – ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου:Τ1ΕΔΚ-04825).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Rupert MG. (2008). *J. Environ. Qual.*, 37: 240-248.

[2] Tugaoen OH, Garcia-Segura S, Hristovski K, Westerhoff P. (2017). *Sci. Tot. Environ.*, 599-600: 1524-1551.