

## ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΕΣ ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΕΣ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟ ΥΓΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

**Δ. Βρούλιας<sup>1,2</sup>, Α. Μανούσου<sup>1</sup>, Κ. Ανδρικόπουλος<sup>2</sup>, Α. Soto Beobide<sup>2</sup>, Χ. Ντεϊμεντέ<sup>1</sup>, Γ. Βογιατζής<sup>2</sup>,  
Θ. Ιωαννίδης<sup>2,\*</sup>**

<sup>1</sup>Τμήμα Χημείας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Ελλάδα

<sup>2</sup>Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Επιστημών Χημικής Μηχανικής (ΙΤΕ/ΙΕΧΜΗ), Πάτρα, Ελλάδα  
(\*[theo@iceht.forth.gr](mailto:theo@iceht.forth.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο διαχωρισμός μιγμάτων με μεμβράνες αποτελεί μία σύγχρονη τεχνολογία με πλειάδα εφαρμογών στην χημική βιομηχανία. Οι υβριδικές μεμβράνες είναι σύνθετα υλικά αποτελούμενα από μια ανόργανη φάση καλά διασπαρμένη σε μία πολυμερική μήτρα και εμφανίζουν πλεονεκτήματα όπως υψηλή διαχωριστική ικανότητα και μηχανική αντοχή. Παρόλο που μεμβράνες τροποποιημένες με υλικά βασισμένα στον άνθρακα έχουν διερευνηθεί εκτενώς ως προς την διαπερατότητα αερίων, οι μελέτες αναφορικά με την διέλευση υδρατμών είναι περιορισμένες.

Ειδικότερα, έχει αναφερθεί ότι η διαπερατότητα και η εκλεκτικότητα μεμβρανών οξειδίου του γραφενίου (GO) ως προς τους υδρατμούς είναι εξαιρετικά μεγάλη σε σχέση με άλλα αέρια<sup>[1,2]</sup>. Οι Nair et al. πρότειναν ότι ένα μονόστρωμα νερού καλύπτει την επιφάνεια του GO εμποδίζοντας την διάχυση των υπόλοιπων αερίων ενώ η μορφολογία του GO μπορεί να παίζει, επίσης, ρόλο<sup>[2]</sup>. Σύμφωνα με θεωρητικές μελέτες, η κυλινδρική δομή των νανοσωλήνων άνθρακα μπορεί να παρέχει τέλεια κανάλια μέσα από τα οποία τα μόρια του νερού μπορούν να διαχέονται, αλληλεπιδρώντας με τα τοιχώματα των νανοσωλήνων<sup>[3]</sup>. Σύμφωνα με τους Bounos et al. η διασπορά κατάλληλα τροποποιημένων νανοσωλήνων σε ισοτακτικό πολυπροπυλένιο μπορεί να βελτιώσει την διαπερατότητα υδρατμών έως και 35 φορές στους 37°C<sup>[4]</sup>.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης πρόσθετου άνθρακα σε μεμβράνες πολυμερικών ιοντικών υγρών για τον διαχωρισμό υγρασίας και άλλων αερίων. Οι μεμβράνες παρασκευάστηκαν με τη μέθοδο της έκχυσης (casting). Το πολυμερικό ιοντικό υγρό, PIL, που χρησιμοποιήθηκε, συντέθηκε σε δύο στάδια: α) αντίδραση τεταρτοταγοποίησης των ομάδων πυριδίνης του πολυμερούς Py-APE, χρησιμοποιώντας θειικό διμεθύλιο ως μεθυλιωτικό μέσο και β) αντίδραση ιονανταλλαγής με δις(τριφθορομεθυσουλφονυλο)ιμίδιο του λιθίου<sup>[5]</sup>. Κάθε φορά, διάλυμα του PIL σε διμεθυλακεταμίδιο με συγκεκριμένη ποσότητα άνθρακα, απλωνόταν σε μια επίπεδη γυάλινη επιφάνεια και ο διαλύτης απομακρυνόταν σε θερμοκρασία 80°C για 24h κάτω από ξηρές συνθήκες. Η περιεκτικότητα του άνθρακα στις τελικές μεμβράνες ήταν 1-10 κβ% και το πάχος των μεμβρανών ήταν ~50 μm. Ο χαρακτηρισμός των μεμβρανών έγινε με φασματοσκοπία Raman. Η διαπερατότητα των μεμβρανών σε υγρασία μετρήθηκε με τη μέθοδο του “υγρού δοχείου” όπως περιγράφεται από το ASTM E96/E96M-10, σε θερμοκρασία 30°C. Τέλος, πειράματα διαπερατότητας CO<sub>2</sub> και άλλων αερίων πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου και ατμοσφαιρική πίεση με τη μέθοδο Wicke-Kallenbach.

Ο Δ. Βρούλιας αναγνωρίζει την οικονομική υποστήριξη του Ιδρύματος Σταύρος Νιάρχος στο πλαίσιο του έργου ARCHERS (“Advancing Young Researchers’ Human Capital in Cutting Edge Technologies in the Preservation of Cultural Heritage and the Tackling of Societal Challenges”).

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Nair RR, Wu HA, Jayaram PN, Grigorieva IV, Geim AK. (2012). *Science*, 335:442-444
- [2] Shin Y, Liu W, Schwenzer B, Manandhar S, Woods DC, Engelhard MH, Devanathan R, Fifield LS, Bennett WD, Ginovska B, Gotthold DW. (2016). *Carbon*, 106:164-170
- [3] Konduri S, Tong HM, Chempath S, Nair S. (2008). *J. Phys. Chem. C*, 112, 15367–15374
- [4] Andrikopoulos K, Bounos G, Tasis D, Sygellou L, Drakopoulos V, Voyiatzis G. (2014). *Adv. Mater. Interfaces*, 1, 1400250:1-8
- [5] Vollas A, Chouliaras T, Deimede V, Ioannides T, Kallitsis J. (2018). *Polymers*, 10(8), 912:1-19