

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Ζωικής Παραγωγής,  
Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών**

**Για το πρόγραμμα σπουδών  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**Θέμα πτυχιακής εργασίας:**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΒΙΟΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΑΠΟ  
ΔΙΧΤΥΑ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ ΣΕ ΥΔΑΤΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

**Σπουδαστές: Κωνσταντοπούλου Χριστίνα, Α.Μ. 12215**

**Λάρδης Γεώργιος, Α.Μ. 12219**

**Επιβλέπων καθηγητής: Μπεκιάρη Βλασούλα**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2021**

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ &amp; ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ</b> .....	
<b>ABSTRACT</b> .....	
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	
1.1 Βιοαπόθεση .....	
1.2 Οργανισμοί κατά την βιοαπόθεση.....	
1.3 Χρονικά στάδια βιοαπόθεσης.....	
1.4 Αρνητικές επιπτώσεις της βιοαπόθεσης.....	
1.5 Μέθοδοι πρόληψης της βιοαπόθεσης στην υδατοκαλλιέργεια .....	
<b>2. Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon – TOC)</b> .....	
2.1 Εισαγωγή.....	
2.2 Μέτρηση και Υπολογισμός TOC .....	
<b>3. Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen – TN)</b> .....	
3.1 Εισαγωγή.....	
3.2 Μέτρηση.....	
<b>4. Κατασκευή των καμπύλων βαθμονόμησης για τον προσδιορισμό TOC/TN.</b> .....	
4.1 Εισαγωγή.....	
4.2 Πρότυπα Διαλύματα TC.....	
4.3 Πρότυπα Διαλύματα IC.....	
<b>5. Πειραματική μελέτη ρυθμού αποδέσμευσης με μετρήσεις TOC/TN.</b> .....	
5.1 Υπερκαθαρό νερό.....	
5.2 Αντιδραστήρια-Σκεύη .....	
5.3 Μεθοδολογία πειράματος.....	
<b>6. Αποτελέσματα-Συζήτηση</b> .....	
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b> .....	

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ & ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα <<Μελέτη της αποδέσμευσης βιοστατικών υλικών από δίκτυα υδατοκαλλιέργειας σε υδατικό περιβάλλον>> πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας του τμήματος <<Ζωικής παραγωγής, αλιείας και υδατοκαλλιεργειών>>.

Για την ολοκλήρωση αυτής της πτυχιακής εργασίας υπήρξαν κάποιοι άνθρωποι που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στο να την φέρουμε εις πέρας. Αξίζει λοιπόν, μέσα από αυτή τη σελίδα που μας δίνεται να εκφράσουμε τις θερμές ευχαριστίες μας στα άτομα που μας βοήθησαν.

Έχουμε λοιπόν την ανάγκη να εκφράσουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας στους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωση της:

Πρώτα από όλα, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά την καθηγήτρια μας κα. Μπεκιάρη Βλασούλα κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, την απεριόριστη κατανόηση, τις ουσιώδεις συμβουλές καθώς επίσης και την αδιάκοπη συμπαράσταση και ενθάρρυνση που μας παρείχε σε όλο το χρονικό διάστημα. Χωρίς την δικής της βοήθεια δεν θα είχαμε αυτό το αποτέλεσμα.

Επίσης, ευχαριστούμε τους καθηγητές Χώτο Γεώργιο και Κατσέλη Γεώργιο για τη συμμετοχή τους στην τριμελή εξεταστική επιτροπή καθώς και για την βοήθεια και την καθοδήγηση που μας προσέφεραν σε όλη την διάρκεια των σποδών μας.

Τέλος, θα επιθυμούσαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας για την καθημερινή τους συμπαράσταση, την υπομονή και την θετική τους σκέψη που χωρίς την στήριξη τους όλο αυτό το διάστημα δεν θα τα είχαμε καταφέρει.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Αναμφίβολα, το νερό είναι ο σημαντικότερος φυσικός πόρος του πλανήτη μας, αφού καλύπτει το 70,9% της Γης και αποτελεί βασικό στοιχείο για την ύπαρξη ζωής. Η ποιότητα του νερού είναι βασικό θέμα μελέτης από πολλούς επιστήμονες εδώ και πολλά χρόνια, καθώς είναι σημαντική η ανάπτυξη νέων τεχνικών ώστε να παραμείνει όσο το δυνατόν πιο καθαρό τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τους οργανισμούς που ζουν σε αυτό. Στην επεξεργασία του νερού δοκιμάζονται συνεχώς νέες τεχνικές, με σκοπό τη μικρότερη περιβαλλοντική και οικονομική επιβάρυνση καθώς και την ασφάλεια.

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη της αποδέσμευσης νέων λιγότερο περιβαλλοντικά επιβαρυνμένων υλικών για την αποφυγή του φαινομένου της βιοαπόθεσης. Πιο συγκεκριμένα μελετήθηκε η αποδέσμευση των υλικών αυτών ώστε να εξεταστεί η δυνατότητα για πιθανή χρήση ως υφαλοχρώματα για την επικάλυψη διχτυών.

Για την πραγματοποίηση της μελέτης μας χρησιμοποιήθηκαν επικαλυμμένα δείγματα (δίχτυα) για τα οποία μελετήθηκε ο ρυθμός αποδέσμευσης σε καθαρό νερό και νερό υψηλής αλατότητας με μετρήσεις Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) και Ολικού Αζώτου (TN).

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Αποδέσμευση σε υδατικό περιβάλλον, βιοαπόθεση, ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), ολικό άζωτο (TN).

## **ABSTRACT**

Undoubtedly, water is the most important natural resource on our planet, as it covers 70.9% of the earth and is a key element for the existence of life. Water quality has been a key topic of study by many years, as it is important to develop new techniques to keep it as clean as possible for both humans and the organisms that live in it. In water treatment, new techniques are constantly tested, with the aim of reducing the environmental and economic burden as well as safety.

The aim of this study was to study the desorption of new environmentally friendly materials for preventing nets from bioaccumulation. More specifically, the desorption of these materials was studied in order to examine the possibility of possible use for coating nets. So, in our experimental study, coated samples (nets) were used and the release rate was monitored in pure water and in high salinity water with measurements of Total Organic Carbon (TOC) and Total Nitrogen (TN).

# 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## 1.1 Βιοαπόθεση



Εικόνα 1: Βιοαπόθεση σε δίκτυα (υδατοκαλλιέργειας)

Ως βιοαπόθεση ορίζεται η συσσώρευση μη επιθυμητών μικροοργανισμών, όπως φυτών, φυκών ή μικρών ζώων, πάνω σε βυθισμένες στο νερό επιφάνειες που έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος [1]. Αν και μπορεί να παρατηρηθεί σε όλες τις θάλασσες και τα βάθη, τα χαρακτηριστικά της μπορούν να διαφοροποιούνται ανάλογα με τους φυσικοχημικούς και βιολογικούς παράγοντες της κάθε περιοχής, δηλαδή την εποχή, την γεωγραφική τοποθεσία και τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Η ανάπτυξη των οργανισμών κατά την βιοαπόθεση είναι σταδιακή, όπου η κάθε στρώση οργανισμών αποτελεί βάση για το επόμενο στρώμα επικαθήμενων οργανισμών. Ειδικότερα ο εξοπλισμός των υδατοκαλλιεργειών, όπως πλωτές κατασκευές, δίκτυα ή άγκυρες, που βρίσκεται βυθισμένος στο νερό της θάλασσας, είναι αναμενόμενο να καλυφθούν από μικροοργανισμούς.

Στους κλωβούς η βιοαπόθεση μπορεί να φράξει το δίκτυο, με αποτέλεσμα τη μη ανανέωση του νερού και τη μείωση του οξυγόνου μέσα σε αυτό. Αυτό μπορεί να προκαλέσει στρες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς, καθώς και τη δημιουργία περιβάλλοντος κατάλληλου για την εμφάνιση ασθενειών. Για αυτό η βιοαπόθεση αποτελεί ένα τεράστιο πρόβλημα για τις υδατοκαλλιέργειες με πολλά συσχετιζόμενα προβλήματα.

## 1.2 Οργανισμοί κατά την βιοαπόθεση

Κατά την βιοαπόθεση έχουν καταγραφεί παγκοσμίως πάνω από 4000 είδη που συμμετέχουν στο φαινόμενο αυτό. Τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται κυρίως στα ρηχά νερά, όπου υπάρχουν άφθονα θρεπτικά συστατικά απαραίτητα για την επιβίωσή τους.



*Εικόνα 2: Πεταλίδες, φύκη και μύδια*

Οι οργανισμοί αυτοί χωρίζονται σε δυο κατηγορίες, της μικροεπίστρωσης (microfouling) και της μακροεπίστρωσης (macrofouling). Στην πρώτη ανήκουν τα βακτήρια και τα διάτομα, και στην δεύτερη μεγαλύτεροι οργανισμοί, όπως πεταλίδες, μύδια, πολύχαιτοι, φύκια και υδρόζωα [1].

### 1.3 Χρονικά στάδια βιοαπόθεσης

Το φαινόμενο της βιοαπόθεσης αποτελείται από τρία στάδια:

- A. Αρχικά, σε σύντομο χρονικό διάστημα, στις επιφάνειες δημιουργείται ένα υπόστρωμα πρωτεϊνών και πολυσακχαρίτων μέσω μίας φυσικής αντίδρασης. Αυτό το υπόστρωμα (μεμβράνη) αποτελεί μία βάση προσκόλλησης για τους διάφορους οργανισμούς.
- B. Στη συνέχεια, πάνω σε αυτή τη μεμβράνη αναπτύσσονται βακτήρια και μικροφύκη. Σε συγκεκριμένους τύπους υφαλοχρωμάτων, αναπτύσσονται διάτομα αφού υπερισχύουν πάνω στη βιολογική μεμβράνη.
- Γ. Τέλος, αφού σχηματιστεί και αναπτυχθεί η βιολογική μεμβράνη, προσκολλούνται πάνω της οι προνύμφες των οργανισμών της μακροεπίστρωσης, οι οποίες μετά από δύο ή τρεις εβδομάδες θα εξελιχθούν και θα αποτελούν μία βιολογική κοινότητα.

Αυτά είναι τα συνήθη στάδια της διαδικασίας της βιοαπόθεσης. Ωστόσο, δεν ακολουθείται πάντα αυτή η διαδικασία, καθώς ορισμένα είδη της βιοαπόθεσης μπορούν να προσκολληθούν πριν από το σχηματισμό της βιολογικής μεμβράνης [1].

Η ταχύτητα ανάπτυξης και οι οργανισμοί της βιοαπόθεσης πάνω στις επιφάνειες είναι αποτέλεσμα φυσικοχημικών και βιολογικών παραμέτρων, όπως η θερμοκρασία, η αγωγιμότητα, η οξύτητα του νερού (pH), το διαλυμένο οξυγόνο, η περιεκτικότητα σε οργανική ύλη, οι υδροδυναμικές συνθήκες, η τοποθεσία, η εποχή, το φως και το βάθος που βρίσκεται ο εξοπλισμός.



#### 1.4 Αρνητικές επιπτώσεις της βιοαπόθεσης



Εικόνα 3: Διαφορά καθαρού και ακάρθρατου δίχτυου (υδατοκαλλιέργειας)

Η βιοαπόθεση στις υδατοκαλλιέργειες επηρεάζει τόσο τον εξοπλισμό και τις υποδομές, όσο και τους ίδιους τους εκτρεφόμενους οργανισμούς.

Οι επιφάνειες που επηρεάζονται πιο συχνά μπορεί να είναι κινητές, όπως βάρκες και δίχτυα, ή στάσιμες όπως άγκυρες και ιχθυοκλωβοί. Αυτή η διαφοροποίηση σε υλικά επιφανειών παρέχει μεγάλη ποικιλία φυσικών περιβαλλόντων η οποία ικανοποιεί τις διαφορετικές απαιτήσεις των διαφόρων οργανισμών, με αποτέλεσμα τη ύπαρξη διαφόρων συγκεντρώσεων και ειδών βιοαπόθεσης με σε μία μονάδα. Η βιοαπόθεση προσθέτει ακόμα ένα πρόβλημα στις υδατοκαλλιέργειες αφού βαραίνει τις κατασκευές που βρίσκονται στο νερό με αποτέλεσμα τον δύσκολο χειρισμό του εξοπλισμού, όπως η αφαίρεση των δικτύων για καθαρισμό από τους κλωβούς [1].

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που προκαλεί η βιοαπόθεση στη βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών είναι στους εκτρεφόμενους οργανισμούς, καθώς φράσσει τα δίχτυα των κλωβών με αποτέλεσμα τη μείωση της ανταλλαγής νερού μεταξύ κλωβού και περιβάλλοντος, και κατά συνέπεια την πτώση των επιπέδων του διαλυμένου οξυγόνου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα ψάρια να μην τρέφονται σωστά, με αρνητικό επακόλουθο την αύξηση της θνησιμότητας.

Οι επικαθήμενοι οργανισμοί και οι μικροβιολογικές κοινωνίες που αναπτύσσονται πάνω στα δίχτυα των κλωβών αποτελούν κίνδυνο για τα εκτρεφόμενα ψάρια διότι γίνονται βάση για την ανάπτυξη παθογόνων οργανισμών και παρασίτων.

Είναι ευρέως γνωστό ότι το πρόβλημα της βιοαπόθεσης προκαλεί και μεγάλο οικονομικό πρόβλημα στον χώρο των υδατοκαλλιεργειών. Συνεχώς ξοδεύονται σημαντικά ποσά χρόνου και χρήματος για την καταπολέμηση της μέσω της χρήσης υφαλοχρωμάτων. Η χρήση υφαλοχρωμάτων σε ένα δίκτυο μπορεί να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα δαπανηρή. Ωστόσο, δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία που να μας δείχνουν τη συνολική οικονομική επίπτωση της βιοαπόθεσης στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών [1].

### 1.5 Μέθοδοι πρόληψης της βιοαπόθεσης στην υδατοκαλλιέργεια

Υπάρχουν διάφορες πρακτικές για την καταπολέμηση της βιοαπόθεσης στη βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών.

Για την καταπολέμηση της βιοαπόθεσης στις υδατοκαλλιέργειες, πραγματοποιούνται αλλαγές δικτύων, πλύσιμο και εμπότισμα με ειδικά χημικά σκευάσματα με βάση κυρίως το χαλκό.

- Αλλαγή και πλύσιμο δικτύων

Στις υδατοκαλλιέργειες ο ένας τρόπος αποφυγής της βιοαπόθεσης είναι η αλλαγή και το πλύσιμο των δικτύων. Η συχνότητα της αλλαγής εξαρτάται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως την θερμοκρασία, την περιοχή και το μάτι του δικτυού.



Εικόνα 4: Πλυντήριο δικτύων

Σε περίπτωση που η βιοαπόθεση περιορίζεται στα πάνω μέτρα του διχτυού δηλαδή κατά κύριο λόγο στην επιφάνεια του τότε μπορούμε να σηκώσουμε έξω από το νερό μερικά μέτρα του διχτυού έτσι ώστε να ξεραθεί και να πεθάνουν όλοι οι οργανισμοί που ζουν εκεί.

Μόλις γίνει η αλλαγή του διχτυού το μεταφέρουν στην ακτή όπου αφήνεται περίπου 1-2 εβδομάδες για να ξεραθεί και στη συνέχεια πλένεται με τη χρήση πιεστικού μηχανήματος ή σε ειδικό πλυντήριο για δίχτυα.

Όπως μπορούμε να καταλάβουμε, για να πραγματοποιηθεί μια αλλαγή ενός διχτυού χρειάζονται τα κατάλληλα μέσα δηλαδή ανθρώπινο δυναμικό, πλωτά μέσα με γερανό και εγκαταστάσεις στη στεριά για το πλύσιμο, τη συντήρηση και την αποθήκευση τους μέχρι την επαναχρησιμοποίησή τους. Επιπλέον, ας μην ξεχνάμε ότι αυτή η διαδικασία είναι αρκετά χρονοβόρα.

Με την αλλαγή των διχτυών υπάρχουν διάφοροι κίνδυνοι. Αρχικά, τα ψάρια στρεσάρονται πολύ κατά τη διάρκεια της αλλαγής με αποτέλεσμα να μην τρέφονται σωστά. Επίσης, μια λάθος κίνηση μπορεί εύκολα να οδηγήσει στη διαφυγή των εκτρεφόμενων ψαριών στο περιβάλλον ή ακόμα και να τραυματιστούν τα ψάρια με αποτέλεσμα να υπάρξει αύξηση στις θνησιμότητες ή ακόμα χειρότερα να υπάρξει κάποιος τραυματισμός σε εργαζόμενο.

Μια άλλη μέθοδος για την αποφυγή αλλαγής των διχτυών είναι ο επί τόπου καθαρισμός κυρίως με τη χρήση δίσκων καθαρισμού τοποθετημένων πάνω σε τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια μέσα. Βέβαια, μερικά είδη οργανισμών παραμένουν στο δίχτυ και αναπτύσσονται με γρήγορους ρυθμούς. Επιπλέον, το βούρτσισμα γδέρνει το δίχτυ, αλλοιώνοντας έτσι τη μορφολογία της επιφάνειας του δημιουργώντας κοιλότητες οι οποίες διευκολύνουν την εγκατάσταση ορισμένων ειδών όπως μύδια και υδρόζωα.

- Χημικά σκευάσματα (υφαλοχρώματα) κατά της βιοαπόθεσης

Η χρήση υφαλοχρωμάτων είναι η πιο δημοφιλής λύση για να αποφευχθεί η βιοαπόθεση στα πλοία και στα δίχτυα. Στο χώρο των υδατοκαλλιεργειών χρησιμοποιούνται τα υφαλοχρώματα έναντι του χειρωνακτικού καθαρισμού επειδή η χρήση τους είναι οικονομικότερη. Τα μέρη του εξοπλισμού που βρίσκονται στο νερό, βάζονται με υφαλοχρώματα, τα οποία περιέχουν στοιχεία που είναι αντιμικροβιακά με αποτέλεσμα να καθίσταται η επιφάνεια ακατάλληλη για την προσκόλληση των οργανισμών της βιοσυσσώρευσης. Αυτές οι βαφές έχουν σαν βάση τους το χαλκό συνήθως με τη μορφή του οξειδίου ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) και τον ψευδάργυρο με τη μορφή της

πυριθειόνης του ψευδαργύρου ( $C_{10}H_8N_2O_2S_2Zn$ ). Τα περισσότερα όμως από αυτά τα στοιχεία έχουν αρνητικές επιδράσεις και στους εκτρεφόμενους οργανισμούς διότι, υπάρχουν πολλές μελέτες που αποδεικνύουν ότι ο χαλκός και ο ψευδάργυρος βιοσυσσωρεύονται στο ίζημα που υπάρχει στο περιβάλλον των υδατοκαλλιιεργειών αλλά και στους ιστούς των οργανισμών που ζουν εκεί καθώς και στα ίδια τα εκτρεφόμενα ψάρια. Υπάρχει όμως μεγάλη ανησυχία για τις επιπτώσεις της χρήσης των υφαλοχρωμάτων στις υδατοκαλλιέργειες γιατί μπορεί να γίνουν επικίνδυνες ακόμα και για τον άνθρωπο. Γι' αυτό η χρήση τους ελέγχεται από την νομοθεσία.

- Βιολογικός έλεγχος

Για την αποφυγή της βιοσυσσώρευσης μπορεί να γίνει και η χρήση φυτοφάγων ψαριών και ασπόνδυλων. Αυτή η λύση είναι φιλική προς το περιβάλλον αλλά και πιο οικονομική, λιγότερο όμως αποτελεσματική [8].

## 2. Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon – TOC)

### 2.1 Εισαγωγή

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon – TOC) προσδιορίζει την ποσότητα του οργανικού φορτίου που βρίσκεται διαλυμένο σε ένα υδάτινο δείγμα, ανεξάρτητα τη μορφή των ενώσεων στις οποίες βρίσκεται. Παρέχει δεδομένα για την ποιότητα και τα επίπεδα ρύπανσης των υδάτων ως προς την ύπαρξη οργανικών συστατικών. Δηλαδή, χρησιμοποιείται συνήθως ως μέτρο των ρυπογόνων συστατικών που περιέχονται σε ένα δείγμα αποβλήτων. Το TOC είναι μία πιο εύκολη και άμεση μέθοδος έκφρασης του ολικού οργανικού άνθρακα. Ο υπολογισμός του TOC είναι ζωτικής σημασίας όσον αφορά το χειρισμό και την επεξεργασία των υδάτων και των αποβλήτων. Ενδεικτικά, οι τιμές του TOC στο νερό ποικίλλουν από λιγότερο από 100  $\mu\text{g/L}$  έως και περισσότερο από 25.000  $\mu\text{g/L}$ , ενώ τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν πολύ υψηλά επίπεδα, δηλαδή πάνω από 100  $\text{mg/L}$ . Στην περίπτωσή μας η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποδέσμευσης οργανικών επικαλύψεων με βιοστατική δράση από δίχτυα υδατοκαλλιιεργειών [2].

### 2.2 Μέτρηση και Υπολογισμός TOC

Ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας (TOC) υπολογίζεται με την αφαίρεση του Ανόργανου Άνθρακα (Inorganic Carbon, IC) από τον Ολικό Άνθρακα (Total Carbon, TC), δηλαδή  $\text{TOC} = \text{TC} - \text{IC}$ . Η διαδικασία μέτρησης έχει ως εξής: Το δείγμα εισάγεται απευθείας στο σωλήνα καύσης που περιέχει τον καταλύτη. Ο συνολικός άνθρακας του δείγματος (TC) οξειδώνεται (καίγεται) στο σωλήνα καύσης και σχηματίζεται  $\text{CO}_2$ . Το φέρον αέριο (υπερκαθαρός αέρας) ρέει μέσα από το σωλήνα καύσης και παραλαμβάνει το  $\text{CO}_2$  και τα υπόλοιπα προϊόντα της καύσης τα οποία μεταφέρει σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται τα αέρια της καύσης. Ακολούθως το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μία παγίδα αλογόνων για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή υπερύθρου (NDIR) όπου το  $\text{CO}_2$  ανιχνεύεται. Ο ανόργανος άνθρακας (IC) αναφέρεται στο  $\text{CO}_2$  που υπάρχει διαλυμένο στο δείγμα καθώς και στα όποια ανθρακικά άλατα που επίσης περιέχονται στο δείγμα και με κατάλληλη οξίνιση μετατρέπονται σε  $\text{CO}_2$  [9,10].

Παρακάτω δίνονται τα αρκτικόλεξα/ορισμοί:

- TC= Total Carbon: Ολικός Άνθρακας
- TOC= Total Organic Carbon: Ολικός Οργανικός Άνθρακας
- IC= Inorganic Carbon: Ανόργανος Άνθρακας

Μετά τον προσδιορισμό TC και IC. Το TOC υπολογίζεται αυτόματα από τη σχέση:

$$TOC=TC-IC$$

### **3. Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen – TN)**

#### **3.1 Εισαγωγή**

Με την ίδια οργανολογία που περιγράφηκε παραπάνω προσδιορίζεται ταυτόχρονα και το Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen, TN) του δείγματος. Καθώς τα μελετούμενα οργανικά υλικά περιείχαν και άζωτο η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε επικουρικά για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποδέσμευσης των οργανικών επικαλύψεων με βιοστατική δράση από τα δίχτυα των υδατοκαλλιεργειών.

#### **3.2 Μέτρηση**

Κατάλληλη μικροποσότητα του δείγματος διοχετεύεται σε ένα θάλαμο αντίδρασης υπό θέρμανση, παρουσία ενός οξειδωτικού καταλύτη όπως το οξείδιο του κοβαλτίου, τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου ή το χρωμικό άλας του βαρίου. Στην προκειμένη περίπτωση ο οξειδωτικός καταλύτης που χρησιμοποιείται είναι λευκόχρυσος σε υπόστρωμα αλουμίνας. Το νερό εξατμίζεται και το χημικά διασυνδεδεμένο άζωτο οξειδώνεται σε NO. Το NO από την οξείδωση του οργανικού και του ανόργανου αζώτου μεταφέρεται μέσω ρεύματος αερίου (υπερκάθαρος αέρας) σε ένα αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται τα αέρια της καύσης. Ακολούθως, το φέρον αέριο φέρει σε επαφή το παραγόμενο NO με όζον (O<sub>3</sub>) με αποτέλεσμα την παραγωγή μετασταθούς διοξειδίου του αζώτου (NO<sub>2</sub>\*). Καθώς το NO<sub>2</sub>\* αποδιεγείρεται εκπέμπει φως το οποίο καταγράφεται από έναν φωτοπολλαπλασιαστή. Το παραγόμενο σήμα εκπομπής φωτός αποτελεί μέτρο του ολικά χημικά διασυνδεδεμένου αζώτου (TN) στο δείγμα [9,10].

## 4. Κατασκευή των καμπύλων βαθμονόμησης για τον προσδιορισμό TOC/TN.

### 4.1 Εισαγωγή

Η συσκευή για τον προσδιορισμό TOC/TN που χρησιμοποιήθηκε παρουσιάζεται στην Εικόνα 5. Πριν από την έναρξη των μετρήσεων απαιτείται η κατασκευή καμπύλων βαθμονόμησης με τη χρήση προτύπων διαλυμάτων ολικού άνθρακα (TC), ανόργανου άνθρακα (IC) και ολικού αζώτου (TN).



Εικόνα 5: Συσκευή TOC-VCH Shimadzu coupled with TN-unit

### 4.2 Πρότυπα Διαλύματα TC

Διαλυτοποιούνται 2,2154gr πρότυπου άνυδρου διφθαιλικού καλίου  $C_8H_5KO_4$  (καθαρότητας 99.99%) σε 1000 mL υπερκάθαρου νερού ( $1,00\text{mL} = 1.00 \text{ mg}$  άνθρακας). Από το διάλυμα αυτό με κατάλληλες αραιώσεις παρασκευάζονται τα εργαστηριακά πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των καμπύλων βαθμονόμησης TC στην κάθε φορά επιθυμητή περιοχή συγκεντρώσεων. Μετρήσεις ελέγχου σταθερότητας των παραπάνω διαλυμάτων έδειξαν ότι τα διαλύματα αυτά μπορούν να διατηρηθούν για τέσσερις μήνες στους  $4^\circ\text{C}$ .

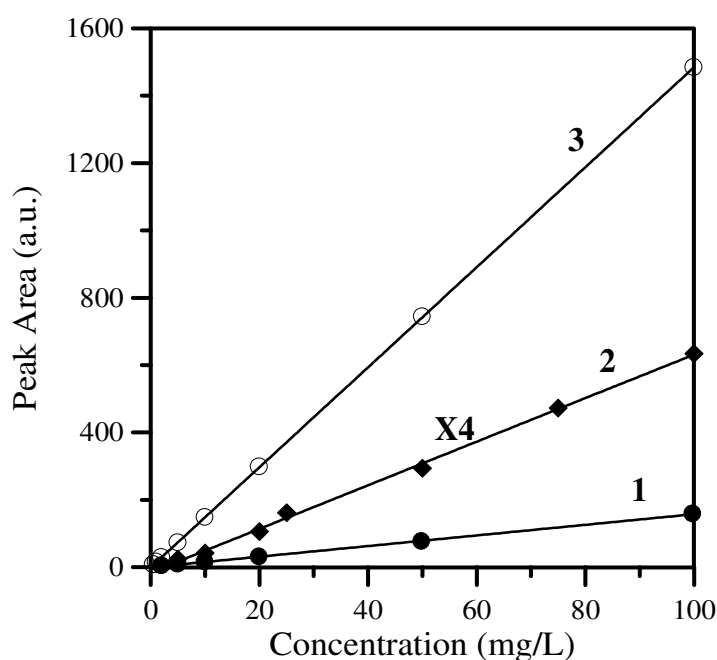
### 4.3 Πρότυπα Διαλύματα IC

Διαλυτοποιούνται 4,04122g άνυδρου ανθρακικού νατρίου  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , σε υπερκαθαρό νερό και στη συνέχεια προστίθενται 3,497g άνυδρου όξινου ανθρακικού νατρίου  $\text{NaHCO}_3$ , σε 1000ml (1.00mL = 1.00 mg). Το διάλυμα αυτό διατηρείται ερμητικά κλειστό και δεν οξινίζεται. Από το διάλυμα αυτό με κατάλληλες αραιώσεις παρασκευάζονται τα εργαστηριακά πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των καμπύλων βαθμονόμησης IC στην κάθε φορά επιθυμητή περιοχή συγκεντρώσεων [3].

### 4.4 Πρότυπα Διαλύματα TN

Διαλυτοποιούνται 7,219 πρότυπο άνυδρου νιτρικού καλίου  $\text{KNO}_3$  (καθαρότητας 99.99%) σε 1000 mL υπερκαθαρού νερού (1,00mL = 1.00 mg άζωτο). Από το διάλυμα αυτό με κατάλληλες αραιώσεις παρασκευάζονται τα εργαστηριακά πρότυπα διαλύματα που χρησιμοποιούνται στην κατασκευή των καμπύλων βαθμονόμησης TN στην κάθε φορά επιθυμητή περιοχή συγκεντρώσεων. Μετρήσεις ελέγχου σταθερότητας των παραπάνω διαλυμάτων έδειξαν ότι τα διαλύματα αυτά μπορούν να διατηρηθούν για τέσσερις μήνες στους 4°C [9,10].

Στο Σχήμα 1 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι καμπύλες βαθμονόμησης που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη.



Σχήμα 1: Καμπύλες βαθμονόμησης (1)TC,(2)IC,(3)TN.



## 5. Πειραματική μελέτη ρυθμού αποδέσμευσης με μετρήσεις TOC/TN

### 5.1 Υπερκαθαρό νερό

Στο εργαστήριο υπήρχε συσκευή παραγωγής υπερκαθαρού νερού: TKA smart2Pure. Το υπερκαθαρό νερό χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή όλων των πρότυπων διαλυμάτων, καθώς και των διαλυμάτων στα οποία πραγματοποιήθηκε η μελέτη του ρυθμού αποδέσμευσης των οργανικών βιοστατικών από τα δίχτυα.

### 5.2 Αντιδραστήρια-Σκεύη

- Χλωριούχο νάτριο, NaCl
- Υπερκαθαρό νερό
- Ποτήρια ζέσεως
- Ογκομετρικοί σωλήνες
- Δοκιμαστικοί σωλήνες
- Μηχανική πιπέτα
- Ζυγός ακριβείας
- Μαγνητικός αναδευτήρας και μαγνήτες

### 5.3 Μεθοδολογία πειράματος

Ο ρυθμός αποδέσμευσης των οργανικών επικαλύψεων από τα δίχτυα μελετήθηκε τόσο σε υπερκαθαρό νερό όσο και διάλυμα NaCl 3.5% w/v. Για κάθε δείγμα τοποθετούνταν σε δυο ποτήρια ζέσεως των 200 mL, στο ένα υπερκαθαρό νερό και στο άλλο το διάλυμα αλατόνευρου καθώς και 1 γραμμάριο από το δίχτυ αντιστοίχως. Τα δείγματα βρίσκονταν υπό συνεχή μαγνητική ανάδευση. Ανά συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα πραγματοποιούνταν μετρήσεις TOC και TN για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποδέσμευσης. Τα υλικά επικάλυψης συντέθηκαν στο Εργαστήριο Πολυμερών του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών και εκεί πραγματοποιήθηκε και η επικάλυψη των δικτυών με τα υλικά αυτά.

## 6. Αποτελέσματα-Συζήτηση

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιασθούν τα υλικά που μελετήθηκαν καθώς και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την κινητική μελέτη της αποδέσμευσής τους από τα δίκτυα μέσω των μετρήσεων TOC και TN με το χρόνο.

### 1<sup>η</sup> ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η πρώτη κατηγορία υλικών που μελετήθηκε με διαφορετικό ποσοστό σύστασης και διαφορετικό ποσοστό επικάλυψης για το κάθε δίκτυο.

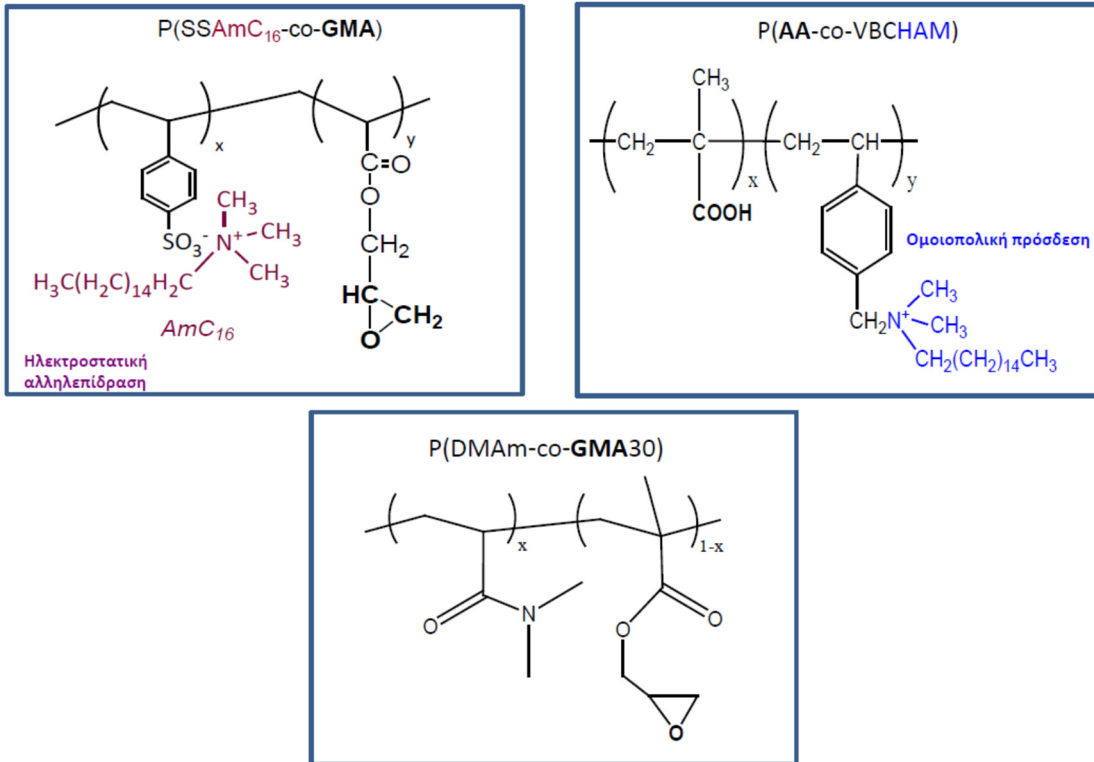
#### ΔΙΚΤΥΑ ΓΙΑ TOC, TN

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (%)
LG-BN-15b	P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)/P(VBC-co-AA20)	70/30	19
LG-BN-16a	P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)/P(VBC-co-AA20)	30/70	24
LG-BN-17b	P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)/P(VBCHAM-co-AA20)	70/30	10
LG-BN-20b	P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)/P(VBCHAM-co-AA20)	30/70	16
DD-BN-2b	P(DMAM-co-GMA20)/P(VBCHAM-co-AA20)	30/70	15

Οι χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές παρουσιάζονται στην Εικόνα που ακολουθεί:

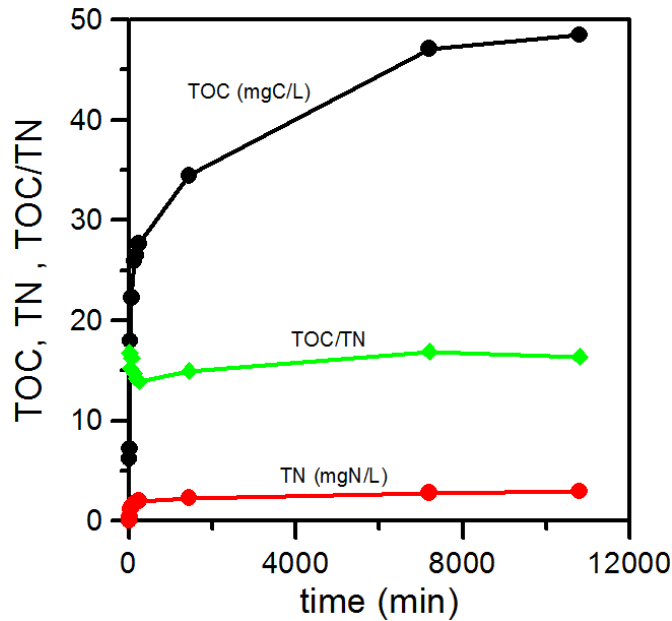
## Χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές

Συνδυασμός ακινητοποιημένων και ηλεκτροστατικά προσδεμένων βιοστατικών ομάδων



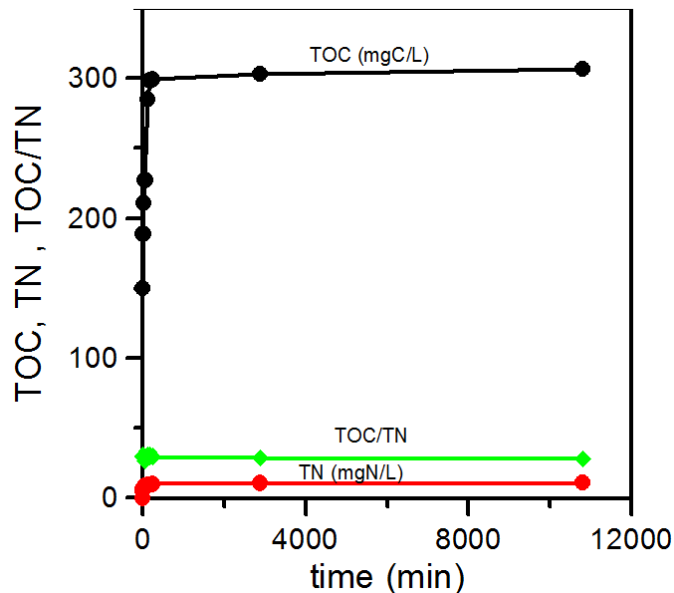
Εικόνα 6: Χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές της πρώτης κατηγορίας υλικών

Στα Σχήματα που ακολουθούν παρουσιάζονται οι μελέτες αποδέσμευσης για την πρώτη κατηγορία πολυμερικών υλικών.



Σχήμα 2: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-15b σε υπερκαθαρό νερό.

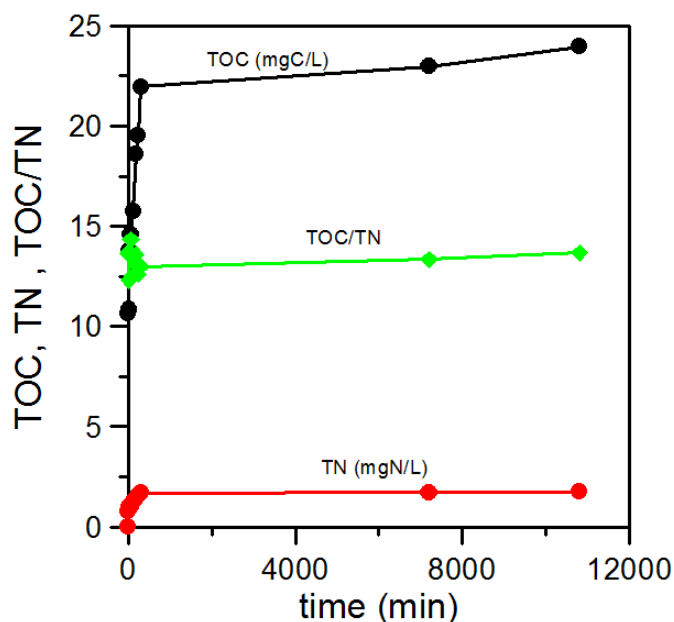
Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-15b σε υπερκαθαρό νερό. Από τα αποτελέσματα αυτά διαπιστώνουμε ότι η υδατοδιαλυτή βιοστατική ομάδα του τεταρτοταγούς αμμωνίου AmC<sub>16</sub> αποδεσμεύεται γρήγορα μέσα στις πρώτες ώρες του πειράματος και στη συνέχεια ακολουθεί με αργότερο ρυθμό η αποδέσμευση μέρους του υπόλοιπης πολυμερικής επικάλυψης που αντιστοιχεί σε TOC≅ 50mgC/L και TN≅2mgN/L.



Σχήμα 3: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-15b σε NaCl 3.5%w/v.

Στο Σχήμα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για το ίδιο υλικό σε διάλυμα υψηλής αλατότητας ανάλογης με αυτή του θαλάσσιου περιβάλλοντος που τα υλικά αυτά θα

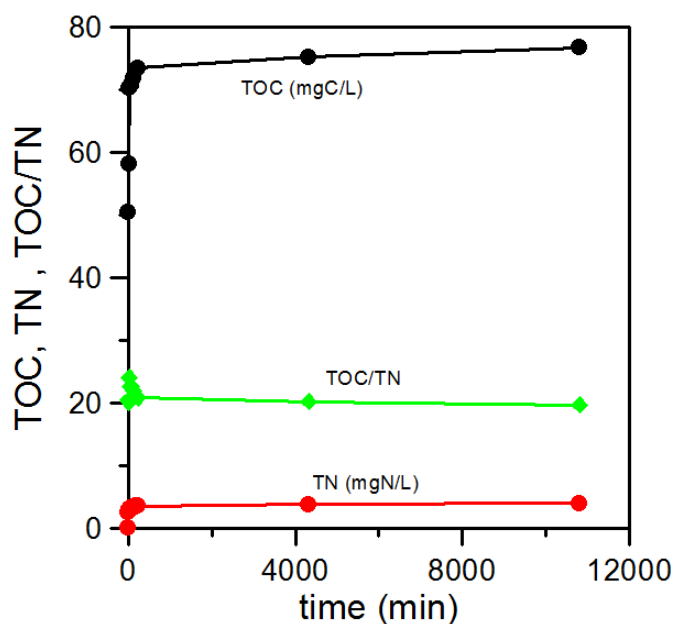
εφαρμοσθούν. Εδώ παρατηρούμε ότι η αποδέσμευση πραγματοποιείται πολύ πιο γρήγορα και έχει ολοκληρωθεί για πολύ μεγαλύτερο ποσοστό της πολυμερικής επικάλυψης ( $\text{TOC} \cong 300 \text{mgC/L}$ ,  $\text{TN} \cong 12 \text{mgN/L}$ ) μέσα στις πρώτες ώρες του πειράματος.



Σχήμα 4: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-16a σε υπερκαθαρό νερό

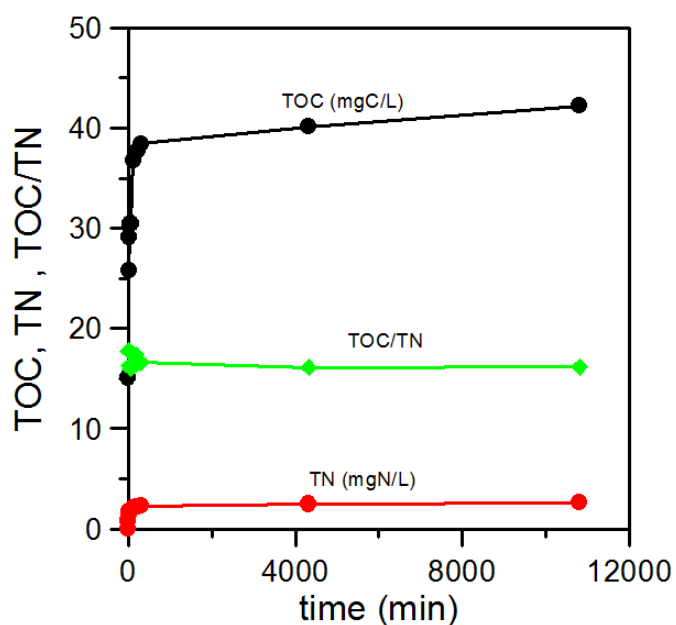
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-16a σε υπερκαθαρό νερό. Από τα αποτελέσματα αυτά διαπιστώνουμε ότι η ποσότητα του πολυμερικού υλικού που αποδεσμεύεται αντιστοιχεί σε  $\text{TOC} \cong 23 \text{mgC/L}$  και  $\text{TN} \cong 2,5 \text{mgN/L}$ . Η ποσότητα αυτή αποδεσμεύεται μέσα στις πρώτες ώρες της πειραματικής διαδικασίας.

Ίδια είναι η συμπεριφορά και στην περίπτωση που το πείραμα πραγματοποιείται σε διάλυμα  $\text{NaCl}$  3,5%w/v, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5 με σημαντικά υψηλότερη όμως την ποσότητα του υλικού που αποδεσμεύεται και που αντιστοιχεί σε  $\text{TOC} \cong 75 \text{mgC/L}$  και  $\text{TN} \cong 5 \text{mgN/L}$ .

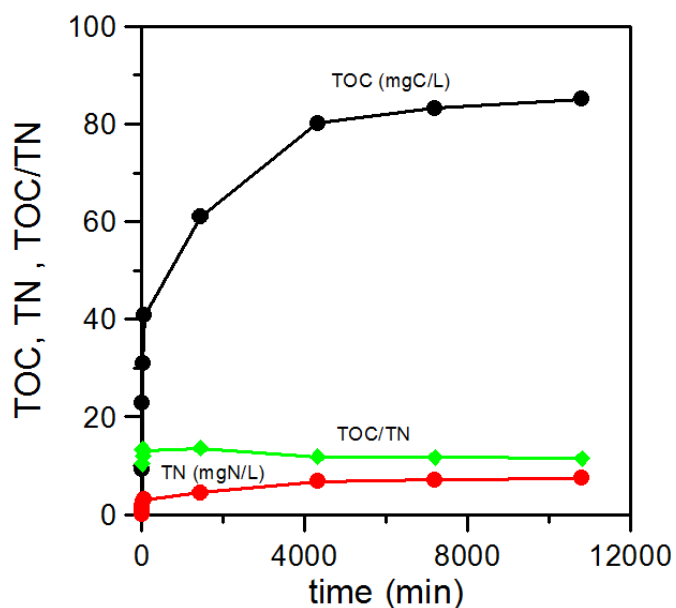


Σχήμα 5: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-16a σε NaCl 3.5%w/v.

Στο Σχήμα 6 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-17b σε υπερκαθαρό νερό, ενώ στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η ίδια μελέτη σε διάλυμα διάλυμα NaCl 3,5%w/v. Εδώ τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η συνολικά αποδεσμευόμενη ποσότητα διαφέρει σημαντικά λιγότερο ανάμεσα στο υπερκαθαρό νερό ( $TOC \cong 40 \text{mgC/L}$ ,  $TN \cong 2,5 \text{mgN/L}$ ) και στο διάλυμα NaCl ( $TOC \cong 80 \text{mgC/L}$ ,  $TN \cong 7 \text{mgN/L}$ ), ενώ η κινητική είναι πιο αργή στην περίπτωση της υψηλής αλατότητας.

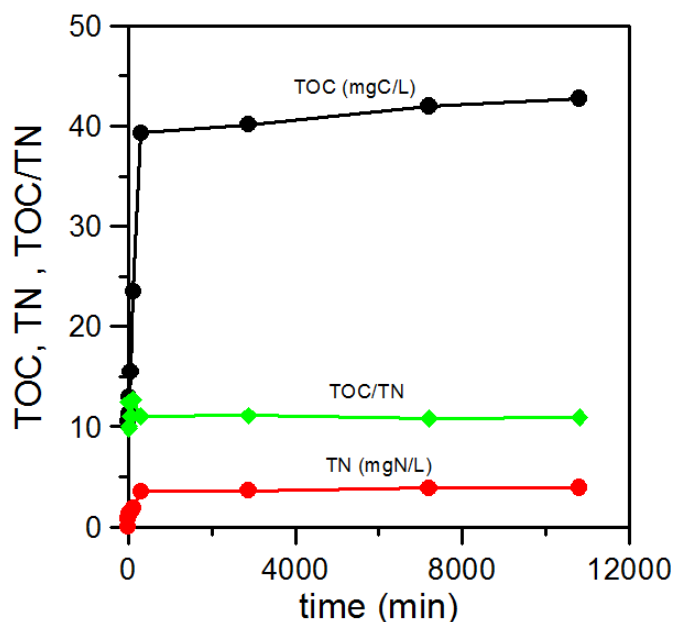


Σχήμα 6: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-17b σε υπερκαθαρό νερό.



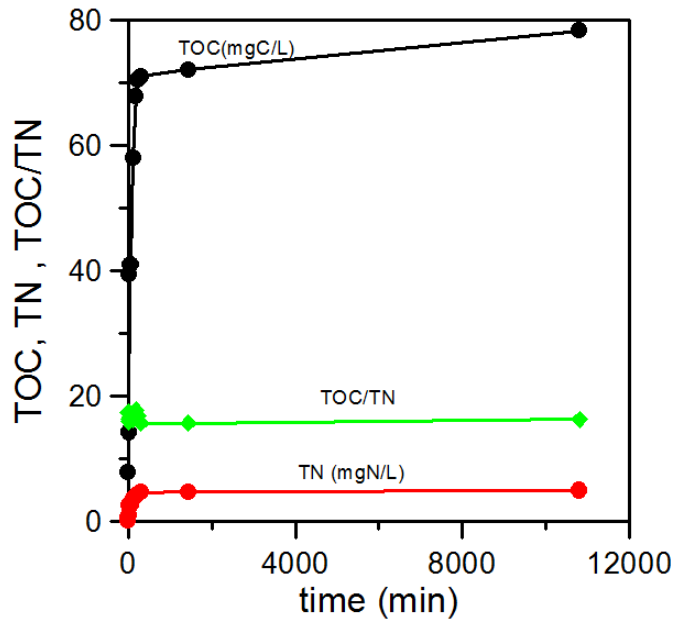
Σχήμα 7: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-17b σε NaCl 3.5% w/v.

Στο Σχήμα 8 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-20b σε υπερκαθαρό νερό. Από τα αποτελέσματα αυτά διαπιστώνουμε ότι η υδατοδιαλυτή βιοστατική ομάδα του τεταρτοταγούς αμμωνίου AmC<sub>16</sub> αποδεσμεύεται γρήγορα μέσα στις πρώτες ώρες του πειράματος και με μετρούμενες τιμές TOC≅40mgC/L και TN≅5mgN/L.



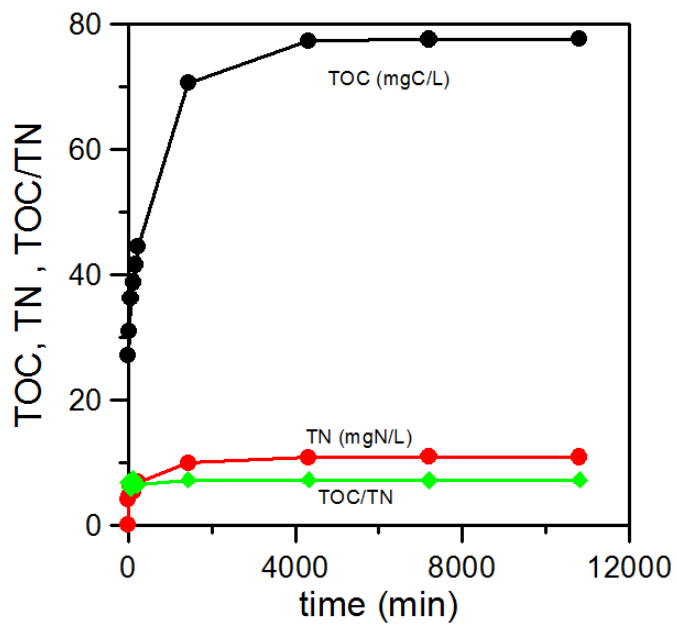
Σχήμα 8: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LB-BN-20b σε υπερκαθαρό νερό.

Ίδιος είναι ο ρυθμός αποδέσμευσης και στην περίπτωση του διαλύματος NaCl 3,5%w/v με την αποδεσμευόμενη ποσότητα να είναι διπλάσια (TOC≅80mgC/L και TN≅10mgN/L).



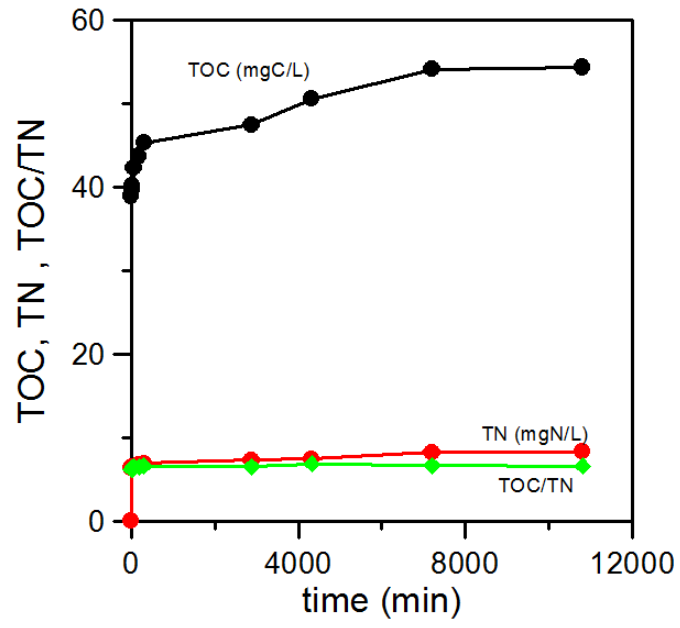
Σχήμα 9: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-20b σε NaCl 3.5% w/v.

Στο Σχήμα 10 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το DD-BN-2b σε υπερκαθαρό νερό, ενώ στο Σχήμα 11 τα αποτελέσματα για το ίδιο υλικό σε διάλυμα NaCl 3,5%w/v. Η σύγκριση των δύο πειραμάτων αποτυπώνει το ίδιο ποσό και την ίδια κινητική αποδέσμευσης. Οι μετρούμενες τιμές είναι  $TOC \cong 80 \text{mgC/L}$  και  $TN \cong 10 \text{mgN/L}$  στην περίπτωση του υπερκαθαρού νερού, ενώ είναι  $TOC \cong 50 \text{mgC/L}$  και  $TN \cong 7 \text{mgN/L}$  στην περίπτωση του διαλύματος NaCl 3,5%w/v . Η κινητική της αποδέσμευσης είναι όμοια.



Σχήμα 10: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό DD-BN-2b σε υπερκαθαρό νερό.





Σχήμα 11: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό DD-BN-2b σε NaCl 3.5% w/v.

## 2<sup>η</sup> ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΩΝ

Στον παρακάτω Πίνακα παρουσιάζεται η δεύτερη κατηγορία υλικών που μελετήθηκε με διαφορετικό ποσοστό σύστασης και διαφορετικό ποσοστό επικάλυψης για το κάθε δίχτυ.

### ΔΙΧΤΥΑ ΓΙΑ ΤΟΣ, ΤΝ

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΥΛΙΚΑ	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙΚΑΛΥΨΗΣ ΔΙΧΤΥΟΥ (%)
LG-BN-26v	P(VBC-co-AA20)/P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)	30/70	17
LG-BN-27v	P(VBC-co-AA20)/P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)	70/30	18
DD-BN-12v	P(VBCTEAM-co-AA20)/P(SSAmC <sub>16</sub> -co-GMA20)	70/30	9
AT-BN-89v	P(VBCTMAM-co-AA20)/P(SSNa-co-GMA20)+AmC <sub>16</sub>	70/30	20

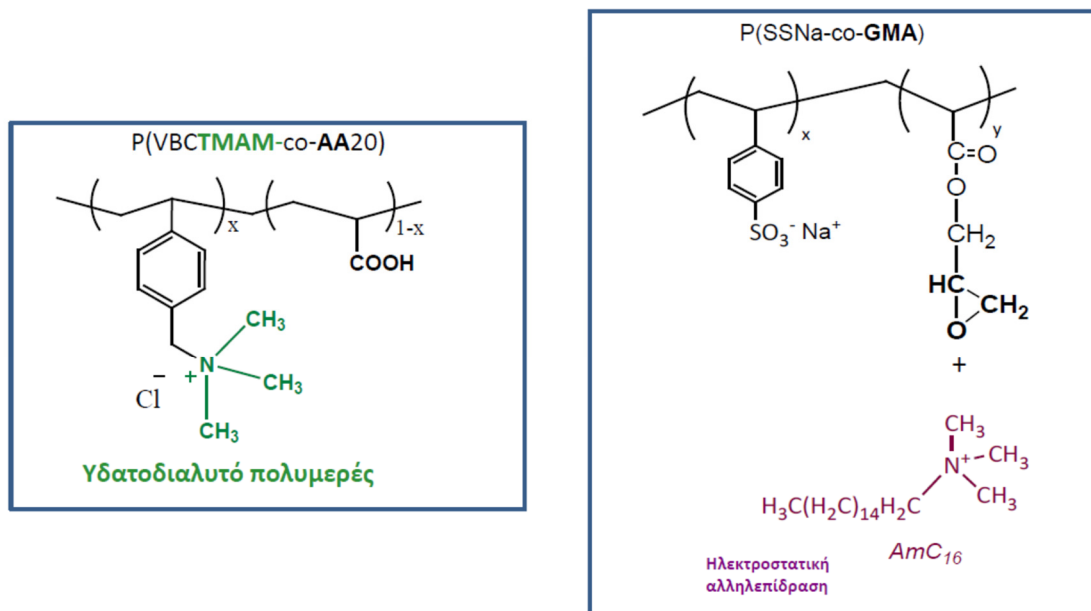
Οι χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές παρουσιάζονται στην Εικόνα που ακολουθεί:

### Χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές

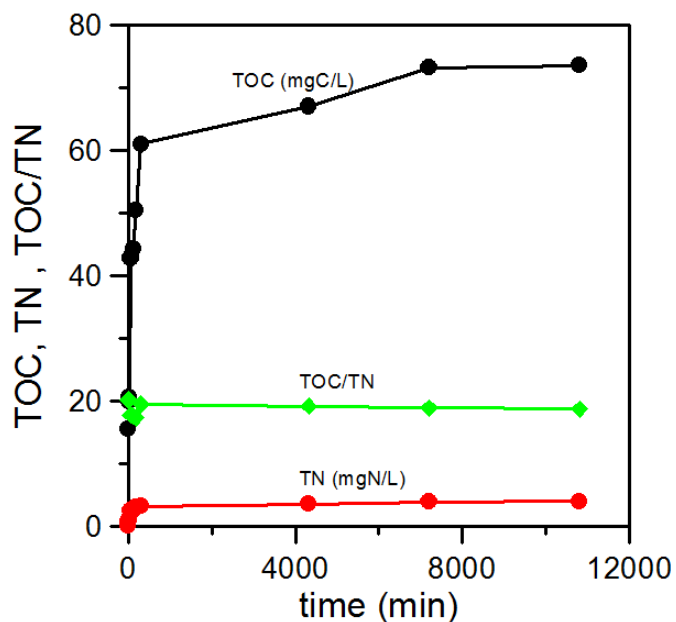
AT-BN-89v

Συνδυασμός ακινητοποιημένων και ηλεκτροστατικά προσδεμένων βιοστατικών ομάδων

ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

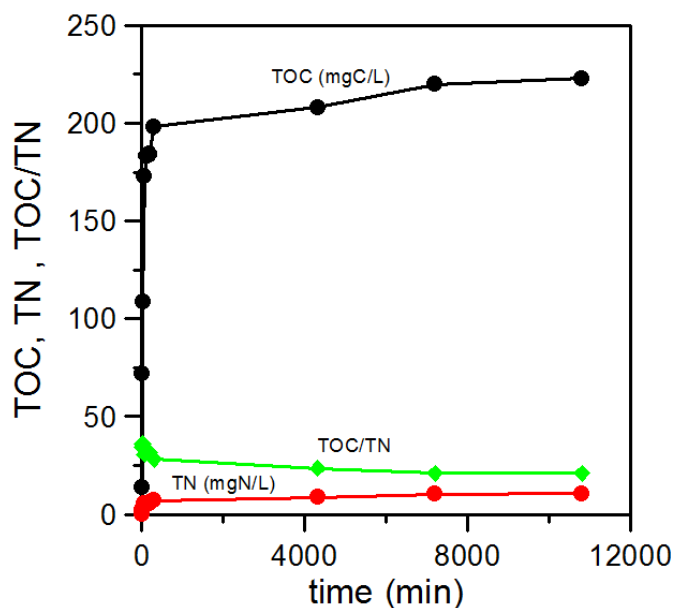


Εικόνα 7: Χαρακτηριστικές πολυμερικές δομές της δεύτερης κατηγορίας υλικών.



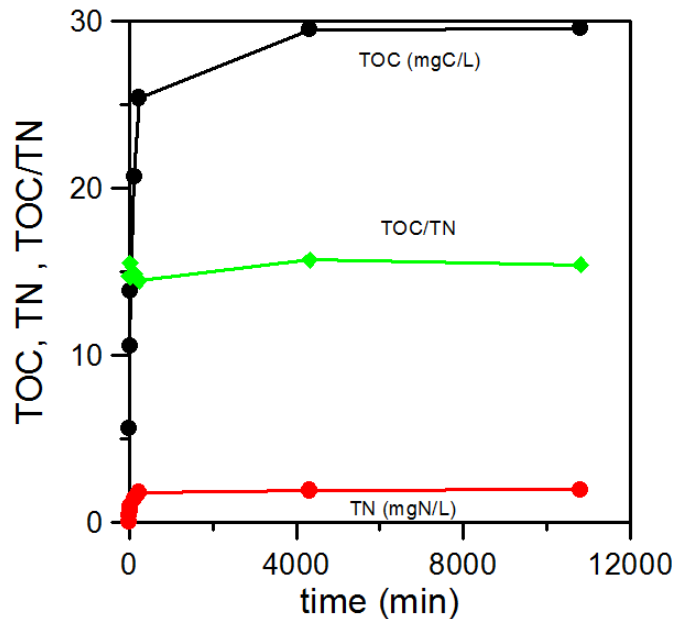
Σχήμα 12: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-26ν σε υπερκαθαρό νερό.

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-26ν σε υπερκαθαρό νερό. Στο Σχήμα 13 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα για διάλυμα NaCl 3,5%w/v. Από τα αποτελέσματα αυτά διαπιστώνουμε ότι η κινητική της αποδέσμευσης είναι ίδια και στα δύο υδατικά συστήματα με την ποσότητα της αποδεσμευόμενης πολυμερικής φάσης να είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση του διαλύματος NaCl 3,5%w/v. Οι μετρούμενες τιμές είναι  $TOC \cong 70 \text{mgC/L}$  και  $TN \cong 5 \text{mgN/L}$ , έναντι των τιμών  $TOC \cong 200 \text{mgC/L}$  και  $TN \cong 12 \text{mgN/L}$ , αντίστοιχα.

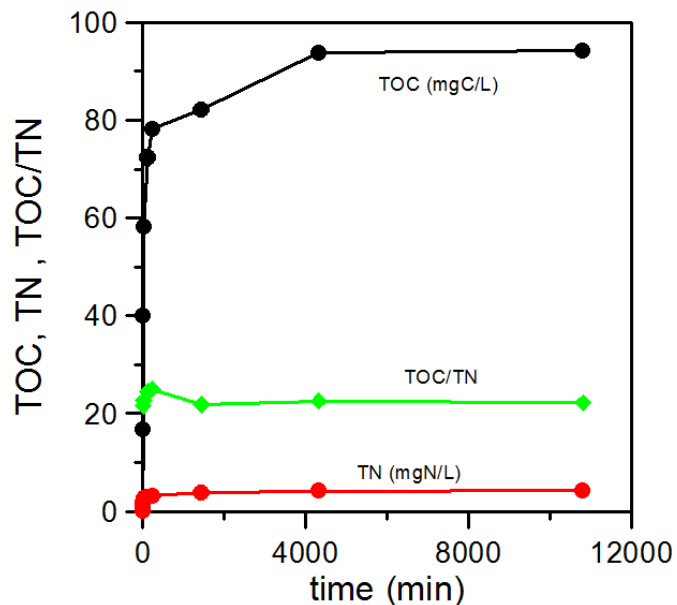


Σχήμα 13: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-26ν σε NaCl 3.5% w/v.

Στα Σχήματα 14 και 15 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-27ν σε υπερκαθαρό νερό και διάλυμα NaCl 3,5%w/v, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι η κινητική της αποδέσμευσης είναι ίδια, ενώ η αποδεσμευόμενη ποσότητα του βιοστατικού υλικού παραμένει υψηλότερη στην περίπτωση του διαλύματος NaCl 3,5%w/v ( $TOC \cong 90\text{mgC/L}$  και  $TN \cong 5\text{mgN/L}$ ) συγκριτικά με το υπερκαθαρό νερό ( $TOC \cong 30\text{mgC/L}$  και  $TN \cong 2\text{mgN/L}$ ).

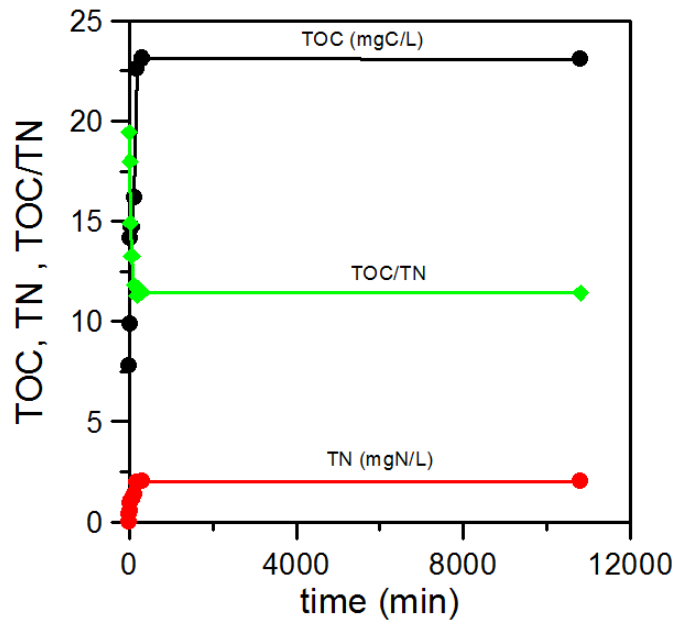


Σχήμα 14: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-27ν σε υπερκαθαρό νερό.

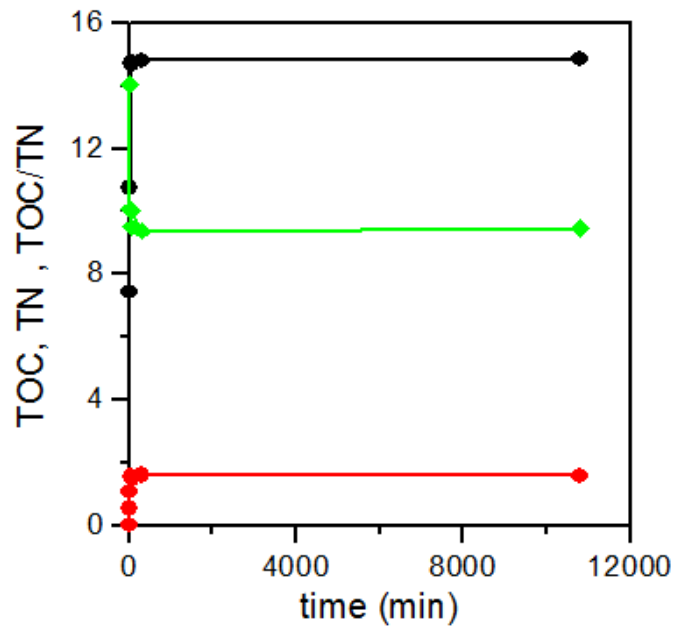


Σχήμα 15: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό LG-BN-27ν σε NaCl 3.5% w/v.

Στα Σχήματα 16 και 17 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό DD-BN-12ν σε υπερκαθαρό νερό και διάλυμα NaCl 3,5%w/v, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι η κινητική της αποδέσμευσης είναι ίδια, ενώ η αποδεσμευόμενη ποσότητα του βιοστατικού υλικού στην περίπτωση αυτή είναι υψηλότερη για το υπερκαθαρό νερό ( $TOC \cong 23\text{mgC/L}$  και  $TN \cong 2,5\text{mgN/L}$ ) συγκριτικά με το διάλυμα NaCl 3,5%w/v ( $TOC \cong 15\text{mgC/L}$  και  $TN \cong 2\text{mgN/L}$ ).

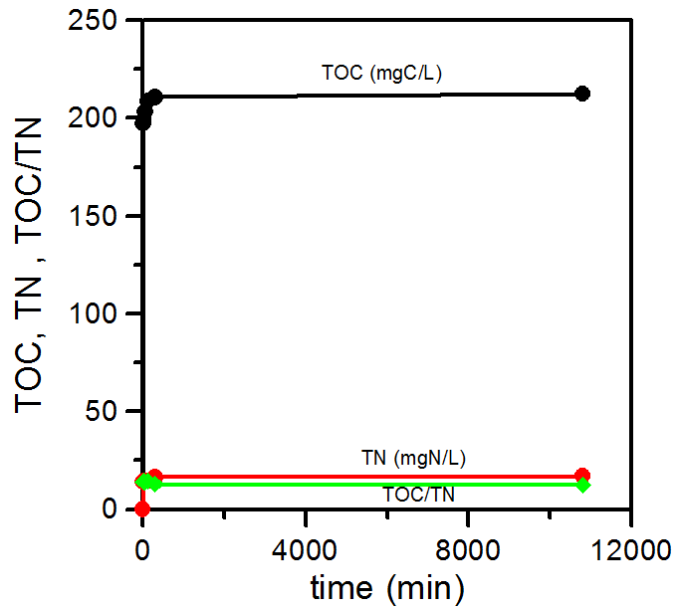


Σχήμα 16: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό DD-BN-12ν σε υπερκαθαρό νερό.

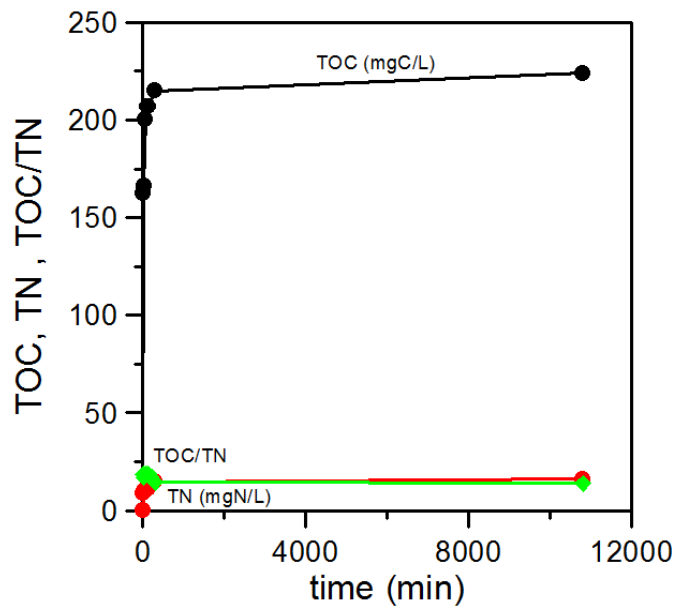


Σχήμα 17: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό DD-BN-12ν σε NaCl 3.5% w/v.

Στα Σχήματα 18 και 19 που ακολουθούν παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αποδέσμευσης για το υλικό AT-BN-89ν σε υπερκαθαρό νερό και διάλυμα NaCl 3,5%w/v, αντίστοιχα. Παρατηρούμε ότι τόσο η κινητική της αποδέσμευσης όσο και η ποσότητα του αποδεσμευόμενου υλικού είναι περίπου ίδια και στα δύο συστήματα ( $TOC \cong 230 \text{mgC/L}$  και  $TN \cong 20 \text{mgN/L}$ ).



Σχήμα 18: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό AT-BN-89ν σε υπερκαθαρό νερό.



Σχήμα 19: Μελέτη αποδέσμευσης για το υλικό AT-BN-89ν σε NaCl 3.5% w/v.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Νικολάου Μαρίνα, (2013). Συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε εκτρεφόμενα είδη ψαριών από τη χρήση χημικών για τον έλεγχο της βιοεπίστρωσης. *Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.* ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ - ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ - ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ, ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ. ΒΟΛΟΣ.
2. Γρηγοράκου Λύδια, (2016). Μελέτη πολυμερικών και σύνθετων οργανικών/ανόργανων υλικών για περιβαλλοντικές εφαρμογές σε υδάτινα συστήματα – Μέρος 1<sup>ο</sup>. *Πτυχιακή Εργασία.* Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ – ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ.
3. Μουστακαριά Αδαμαντία, (2017). Μελέτη χημικών οργανικών υδροπηκτωμάτων και υμενίων διοξειδίου του τιτανίου για περιβαλλοντικές εφαρμογές σε υδάτινα συστήματα. *Πτυχιακή Εργασία.* Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ – ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ – ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ.
4. Στρατιδάκης Αντώνιος, (2016). Ανάπτυξη πολυμερικών υλικών με πιθανή βιοστατική δράση. *Μεταπτυχιακή Εργασία.* ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ. ΠΑΤΡΑ.
5. Μιττάκος Ιωάννης, (2010). Δεδομένα εκτροφής και μυϊκή κυτταρότητα του κρانيού *Argyrosomus regius* (Asso, 1801), σε συνθήκες εντατικής εκτροφής σε κλωβούς θαλάσσης στην Ελλάδα. *Διπλωματική Εργασία.* Τ.Ε.Ι. ΗΠΕΙΡΟΥ – ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ – ΑΛΙΕΙΑΣ. ΗΓΟΥΜΕΝΙΤΣΑ.
6. Μορφόπουλος Βασίλειος, (2013). Δυνατότητες εφαρμογής της τεχνολογίας της φωτοκαταλυτικής οξειδωσης ως προχωρημένη μέθοδο επεξεργασίας αστικών υγρών αποβλήτων. *Πτυχιακή Εργασία.* Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε. ΚΡΗΤΗ.
7. Ξένος, Κ. (2002). Αναλυτική χημεία. Αθήνα: Μακεδονικές Εκδόσεις.

8. Σαμαρά Αθηνά, (2011). Μέθοδοι πρόληψης και αντιμετώπισης της βιολογικής εναπόθεσης (biofouling) στην υδατοκαλλιέργεια.
9. V. Bekiari and P. Avramidis (2014). Data quality in water analysis: validation of combustion-infrared and combustion-chemiluminescence methods for the simultaneous determination of Total Organic Carbon (TOC) and Total Nitrogen (TN)., International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 94, 65-76.
10. P. Avramidis and V. Bekiari (2021). Application of a catalytic oxidation method for the simultaneous determination of total organic carbon and total nitrogen in marine sediments and soils., PlosOne, 16(6): e0252308.

### Διαδικτυακές Πηγές

- Wikipedia the free encyclopedia.
- Google images.