

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ-ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΜΕΛΕΤΗ ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΩΝ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΤΩΝ  
ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ/ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕ  
ΥΔΑΤΙΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ-ΜΕΡΟΣ 1<sup>ο</sup>»**

**ΓΡΗΓΟΡΑΚΟΥ ΛΥΔΙΑ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ  
ΜΠΕΚΙΑΡΗ ΒΛΑΣΟΥΛΑ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2016**

[1]

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ - ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προπτυχιακού προγράμματος της Σχολής Τεχνολογίας, Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής. Δράττομαι της ευκαιρίας για να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που μου συμπαραστάθηκαν κατά τη διάρκειά της.

Καταρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Βλασούλα Μπεκιάρη, Επίκουρη Καθηγήτρια του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας, για την ευκαιρία που μου προσέφερε να πραγματοποιήσω την παρούσα εργασία υπό την εποπτεία και με την ουσιαστική στήριξή της, καθώς και για την καθοδήγηση στις πιο απαιτητικές πτυχές της, χάρη στην επιστημονική εμπειρία της στον τομέα. Ευχαριστώ επίσης τον κ. Κωνσταντίνο Πούλο, Καθηγητή Εφαρμογών του Τμήματός μου, για τη συμβολή του στο σχεδιασμό της, καθώς και τον Αλέξιο Ράμφο Επίκουρο Καθηγητή και μέλος της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής για τις σημαντικές παρατηρήσεις και διορθώσεις.

Στη συνέχεια, θα ήθελα να εκφράσω τη στήριξή μου στον φίλο και συνεργάτη Κώστα Παναγόπουλο, εκτιμώντας την παρουσία και τον διάλογό μας κατά τη διάρκεια των κοινών μας σπουδών. Δεν μπορώ επίσης παρά να ευχαριστήσω τους αγαπημένους μου: τη Μαρία, τη Δανάη, τον Ξενοφώντα, την Βίκη, τον Γιάννη και τον Κυριάκο, που μου συμπαραστάθηκαν σε καιρούς δύσκολους και αντιμετώπισαν με γέλιο τις στιγμές παροξυσμού/παραληρήματος. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στη μητέρα μου Ντίνα και στον αδερφό μου Γιώργο, χωρίς τους οποίους αυτοί οι μήνες θα ήταν πιο δύσκολοι.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ποιότητα του νερού έχει απασχολήσει πολλές φορές το χώρο της επιστημονικής κοινότητας τόσο σε ότι αφορά στην ανάπτυξη νέων τεχνικών απορρύπανσης, όσο και σε ότι αφορά στην ανάπτυξη νέων περιβαλλοντικά φιλικών υλικών. Στην επεξεργασία του νερού δοκιμάζονται συνεχώς νέες τεχνικές, έτσι ώστε να αντικαταστήσουν τις παλαιότερες, με σκοπό τη μικρότερη περιβαλλοντική και οικονομική επιβάρυνση καθώς και την ασφάλεια.

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας αρχικά μελετήθηκε η χρήση οργανικών χημικών υδροπηκτωμάτων (organic hydrogels) τα οποία έχουν την ικανότητα να προσροφούν οργανικό ή ανόργανο φορτίο, με απώτερο στόχο την εφαρμογή τους στην απορρύπανση υδάτινων συστημάτων από πολυατομικά ιόντα, οργανικούς ρύπους και μικροβιακό φορτίο. Συνεπώς, παρατηρήθηκε και καταγράφηκε η μείωση του οργανικού φορτίου (αζωτούχες χρωστικές ενώσεις), καθώς και των  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{NH}_4^+$  ιόντων μετά από την εφαρμογή των υλικών αυτών σε πρότυπα διαλύματα των παραπάνω υπό μελέτη ρύπων.

Στη συνέχεια ορισμένα από τα μελετούμενα υλικά χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτες απομάκρυνσης ρύπων από πραγματικά υδατικά απόβλητα (κυρίως από τον βιολογικό καθαρισμό Ναυπάκτου). Κατά τις μελέτες αυτές καταγράφηκε η μείωση του οργανικού και μικροβιακού φορτίου, καθώς και της συγκέντρωσης των νιτρικών, αμμωνιακών και φωσφορικών ιόντων.

Τέλος, μελετήθηκε η αποδέσμευση βιοστατικού υλικού που βρισκόταν εγκλωβισμένο σε πολυμερικές μήτρες. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι πολυμερικό υλικό με αντιμικροβιακή δράση το οποίο έχει εγκλωβιστεί σε μήτρα αδρανούς πολυμερικού υλικού. Εξετάστηκε η ταχύτητα αποδέσμευσης του βιοστατικού πολυμερικού υλικού στο νερό σε σχέση με το χρόνο μέσω μετρήσεων Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC) και Ολικού Αζώτου (TN).

Με βάση τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από την παρούσα πτυχιακή εργασία, τα οργανικά πολυμερικά που μελετήθηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία ως προσροφητικά υλικά για την αποκατάσταση επιρρυπασμένων υδάτων και υγρών αποβλήτων.

## **ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ**

Οργανικά υδροπηκτώματα, προσρόφιση, οργανικές χρωστικές, οργανικό φορτίο, ανόργανα ιόντα, βιολογικός καθαρισμός

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΚΕΦΑΛΑΙΟ: «ΕΙΣΑΓΩΓΗ» .....	
1.1	ΧΗΜΙΚΑ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΑ-ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ .....	
1.1.1	Χρωστικές .....	
1.1.2	Προσδιορισμός του βαθμού διόγκωσης .....	
1.1.3	Μελέτη προσρόφησης χρωστικών ουσιών σε P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel) .....	
1.2	ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΕΣ ΜΗΤΡΕΣ – ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ .....	
1.2.1	Εισαγωγή στους μικροοργανισμούς .....	
1.2.2	Αντιμικροβιακά πολυμερικά υλικά .....	
1.2.3	Ακίνητοποίηση πολυμερών με αντιμικροβιακή δράση σε επιφάνειες .....	
1.2.4	Υφαλοχρώματα με δράση κατά της βιοαπόθεσης (Antifouling Paints) .....	
1.2.5	Ελεγχόμενη αποδέσμευση ενεργών ουσιών από πολυμερικές μήτρες .....	
1.3	ΤΕΧΝΙΚΕΣ .....	
1.3.1	Φασμοτοφωτομετρία Απορρόφησης .....	
1.3.2	Ιοντική Χρωματογραφία .....	
1.3.3	Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon-TOC) .....	
1.3.4	Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen-TN) .....	
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΩΝ» .....	
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ .....	
2.2	ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ .....	

2.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ .....
2.4	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ.....
2.5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΙΟΝΤΩΝ.....
2.6	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ .....
2.7	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ .....
2.8	ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ.....
2.9	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ.....
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΒΙΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟ ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΕΣ ΜΗΤΡΕΣ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΟC-ΤΝ» .....
3.1	ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ .....
3.2	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ .....
3.3	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ .....
3.4	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ .....
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ» .....
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ .....
	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....
	ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ .....
	ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΑ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΑ .....

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ: «ΕΙΣΑΓΩΓΗ»**

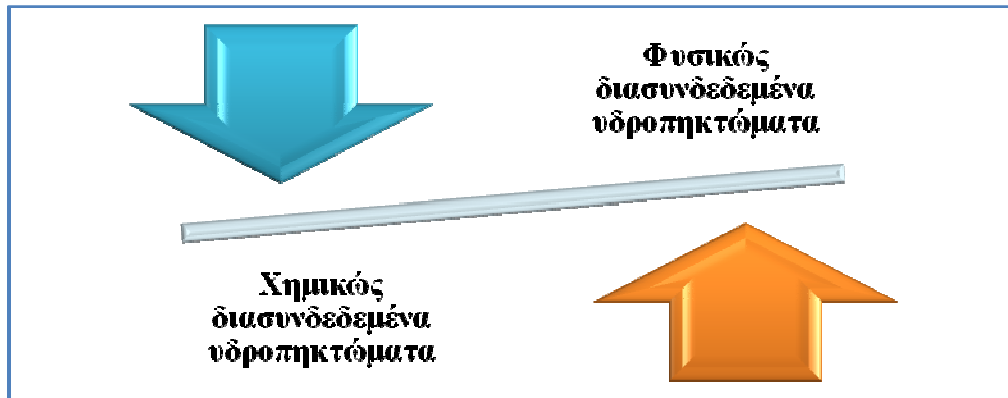
### **1.1 ΧΗΜΙΚΑ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΑ-ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ**

Ο όρος υδροπηκτώματα αναφέρεται στα διασταυρωμένα τρισδιάστατα δίκτυα υδρόφιλων πολυμερών. Η ελαστικότητα που έχουν σαν σύστημα καθώς απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού είναι το κύριο χαρακτηριστικό τους. Ουσιαστικά τα υδροπηκτώματα είναι μια κατάσταση της ύλης ανάμεσα στην υγρή και την στερεά κατάσταση. Ένα υδροπήκτωμα απορροφά τουλάχιστον το 20% του συνολικού του βάρους σε νερό. «Υπεραπορροφητικά» ονομάζονται τα υδροπηκτώματα αν η ποσότητα του νερού είναι μεγαλύτερη του 95% του συνολικού τους βάρους. Αυτά είναι υλικά ιοντικής φύσης και πρόκειται για τον μοναδικό τύπο πολυμορφικών πηκτωμάτων που παρασκευάζονται βιομηχανικώς σε μεγάλες ποσότητες. Εφαρμογές βρίσκουν κυρίως στην γεωργία και σαν προϊόντα προσωπικής φροντίδας.

Η ικανότητα να διογκώνονται παρουσία νερού και να συρρικνώνονται απουσία του είναι η πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των υδροπηκτωμάτων. Η φύση (κυρίως υδροφιλικότητα) των πολυμερικών αλυσίδων και η πυκνότητα των σταυροδεσμών η οποία καθορίζει την ελαστικότητα του δικτύου εξαρτούν την διόγκωση. Στην παρουσία ομάδων ικανών να αλληλεπιδρούν με το νερό, όπως υδροξυλομάδων και καρβοξυλομάδων και αμινομάδων οφείλεται η υδροφιλικότητα αυτών των υλικών. Επίσης βασικό είναι και το γεγονός πως κατά τη συρρίκνωση τα υδροπηκτώματα διατηρούν το σχήμα τους ανέπαφο(Θηβαίος, 2008).

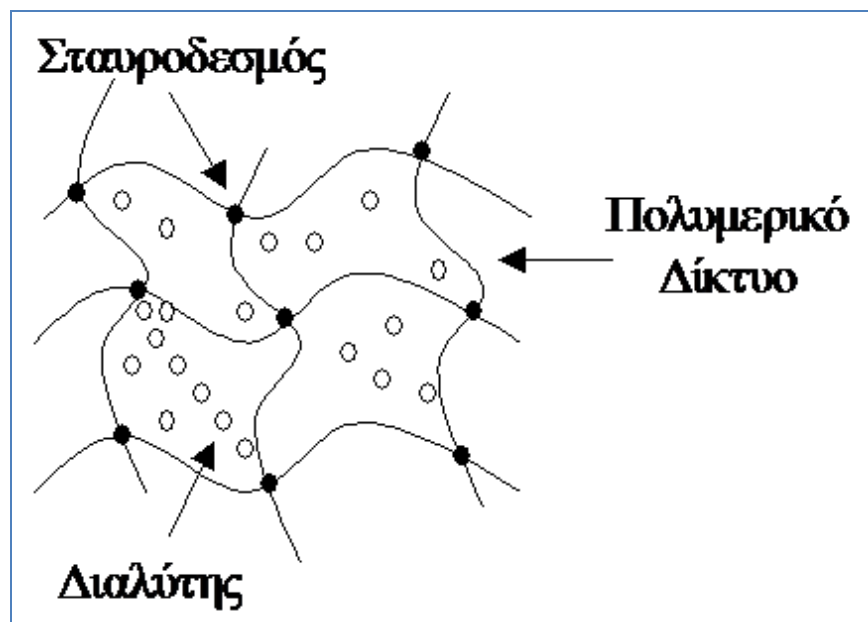
Τα υδροπηκτώματα μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω δυο κατηγορίες (Σχήμα 1.1):

- **Φυσικώς διασυνδεδεμένα υδροπηκτώματα**
- **Χημικώς διασυνδεδεμένα υδροπηκτώματα**



Σχήμα 2.1: Κατηγορίες ταξινόμησης υδροπηκτωμάτων.

Οι μακρομοριακές αλυσίδες στα χημικά υδροπηκτώματα συνδέονται μέσω ομοιοπολικών δεσμών. Η δομή τους δεν μπορεί να αναστραφεί με την έννοια ότι δεν καταστρέφονται μέχρι την πλήρη καταστροφή των ομοιοπολικών δεσμών και την αποσύνθεση του πολυμερούς. Παρασκευάζονται με τις ίδιες μεθόδους που χρησιμοποιούνται και για την παρασκευή των γραμμικών πολυμερών. Διαφέρουν μόνο στο ότι στο αντιδρόν μίγμα προστίθεται ο παράγοντας διασύνδεσης. Η χημική ένωση N,N-μεθυλενο-δις-ακρυλαμίδιο στις περισσότερες των περιπτώσεων παίζει το ρόλο του παράγοντα διασύνδεσης.



Σχήμα 2.2: Σχηματική αναπαράσταση χημικού υδροπηκτώματος.

Πηγή: (Θηβαίος, 2008).



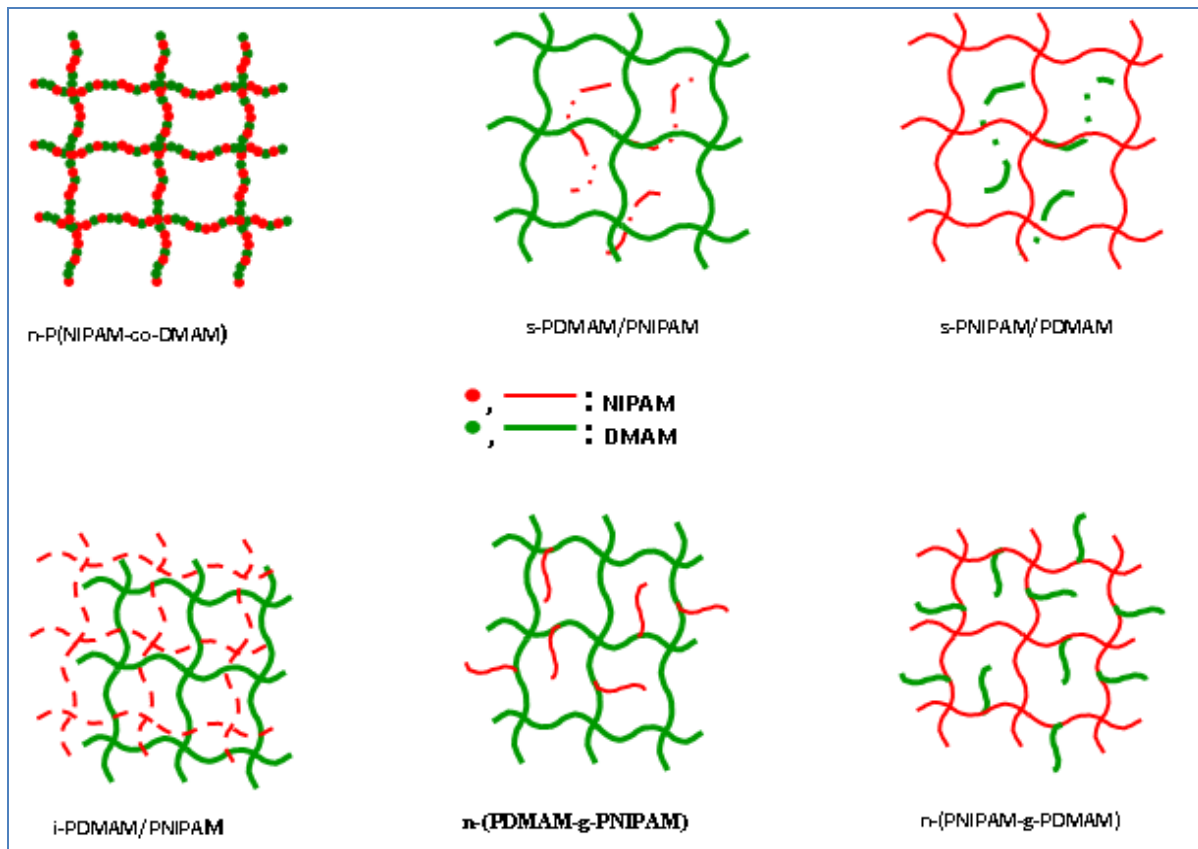
Επίσης, οι αλυσίδες των φυσικών υδροπηκτωμάτων συνδέονται μέσω μη ομοιοπολικών δεσμών, όπως μέσω αλληλεπιδράσεων Van der Waals δυνάμεων διασποράς, ιοντικών αλληλεπιδράσεων, δεσμών υδρογόνου και υδρόφοβων αλληλεπιδράσεων. Δηλαδή οι φυσικές διασυνδέσεις είναι προσωρινές και ο σχηματισμός τους ή η διάσπασή τους γίνεται υποβάλλοντας το υδροπήκτωμα σε μεταβολές εξωτερικών παραγόντων όπως η θερμοκρασία ή η πίεση ή η τάση ατμών.

Μία από τις συμφυείς ιδιότητες των υδροπηκτωμάτων είναι η ικανότητα τους να διογκώνονται παρουσία νερού και να συρρικνώνονται απουσία του. Επιπλέον υδροπηκτώματα μπορούν να παρασκευαστούν με επιπρόσθετες ιδιότητες όπως η ικανότητα να διογκώνονται και να συρρικνώνονται υπό την επίδραση εξωτερικών παραγόντων. Συχνά αυτά αναφέρονται ως «έξυπνα υδροπηκτώματα». Η ικανότητα τους να υφίστανται μια εκτεταμένη μεταβολή όγκου μεταξύ της διογκωμένης και της συρρικνωμένης κατάστασης όταν μεταβάλλονται ένας ή περισσότεροι περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το pH, η σύσταση του διαλύτη, η συγκέντρωση άλατος, η συγκέντρωση ηλεκτρολύτη, το ηλεκτρικό πεδίο, το μαγνητικό πεδίο και το φως είναι μία από τις μοναδικές ιδιότητες αυτών των υλικών. Όσον αφορά τη φύση της η μεταβολή του όγκου μεταξύ της διογκωμένης και της καταρρέουσας φάσης μπορεί να είναι συνεχής (υδροπήκτωμα PEO) ή ασυνεχής (υδροπηκτώματα PNIPAM ή πολυηλεκτρολυτών) και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον βαθμό ιοντισμού, τη δυσκαμψία των πολυμερικών αλυσίδων και την χημική δόση του μονομερούς από την όποια συντίθεται το υδροπήκτωμα.

Προκειμένου να διαλευκανθεί ο μηχανισμός που οδηγεί στην απότομη μεταβολή του όγκου του χημικού υδροπηκτώματος κυρίως λόγω μεταβολών της θερμοκρασίας έχουν γίνει διάφορες θεωρητικές προσεγγίσεις. Σχετικά με τον μηχανισμό στην περίπτωση μεταβολής της σύστασης του διαλύτη μία αρκετά ικανοποιητική θεωρητική προσέγγιση έγινε από τους Lele et al.

Για την σύνθεση χημικών υδροπηκτωμάτων τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται συμπολυμερή που συνδυάζουν τις ιδιότητες των κατάλληλα επιλεγμένων μονομερών. Σημαντικό ρόλο στις τελικές ιδιότητες σε αυτές τις περιπτώσεις, παίζει και η δομή των υδροπηκτωμάτων. Γι' αυτό γίνονται μελέτες σε ημιδιαπλεκόμενα ή αλληλοδιαπλεκόμενα δίκτυα. Με παράδειγμα τα συμπολυμερή του DMAM με το NIPAM στο Σχήμα 1.3, παρουσιάζονται διάφορες πιθανές δυνατότητες συνδυασμού των

μονομερών για την παρασκευή χημικών υδροπηκτωμάτων διαφόρων αρχιτεκτονικών. Εκτός, λοιπόν, από το υδροπήκτωμα του στατιστικού συμπολυμερούς, υπάρχουν και οι δύο πιθανές αρχιτεκτονικές ημιδιαπλεκόμενων υδροπηκτωμάτων, το αλληλεδιαπλεκόμενο δίκτυο, αλλά και πιο εξεζητημένες, που παρουσιάζουν αρχιτεκτονικές τύπου κτένας με χημική διασύνδεση.



Σχήμα 2.3: Περιπτώσεις αλληλοδιαπλεκόμενων υδροπηκτωμάτων.

Πηγή: (Θηβαίος, 2008).

### 1.1.1 Χρωστικές

Έναν ερευνητικό τομέα με σημαντικό περιβαλλοντικό ενδιαφέρον αποτελεί η δέσμευση χρωστικών ουσιών από χημικά πηκτώματα, οργανικής ή ανόργανης φύσης, καθώς πρόκειται για μία πολλά υποσχόμενη μέθοδο για την απομάκρυνση οργανικών ρύπων από το νερό.

Η διάθεση των χρωστικών στα υγρά απόβλητα αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τους εξής λόγους:

(α) αυξάνει το οργανικό φορτίο των αποβλήτων

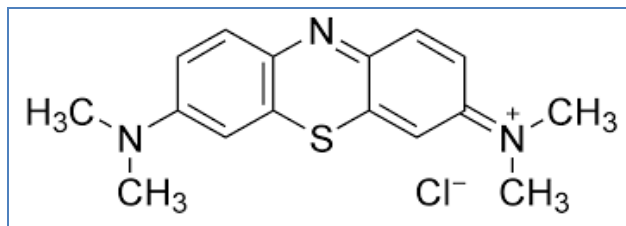
(β) υποβαθμίζει αισθητικά τον αποδέκτη καθώς τα χρώματα, από τη φύση τους, είναι ορατά σε υψηλό βαθμό. Αυτό σημαίνει ότι ακόμα και απορρίψεις χρωστικών σε μικρές ποσότητες (κάτω από 1 ppm) μπορούν να προκαλέσουν ασυνήθιστο χρωματισμό των επιφανειακών νερών

(γ) επηρεάζει τη διερχόμενη ακτινοβολία και, επομένως, εμποδίζει τη φωτοσύνθεση σε ένα φυσικό αποδέκτη διαταράσσοντας την τροφική αλυσίδα

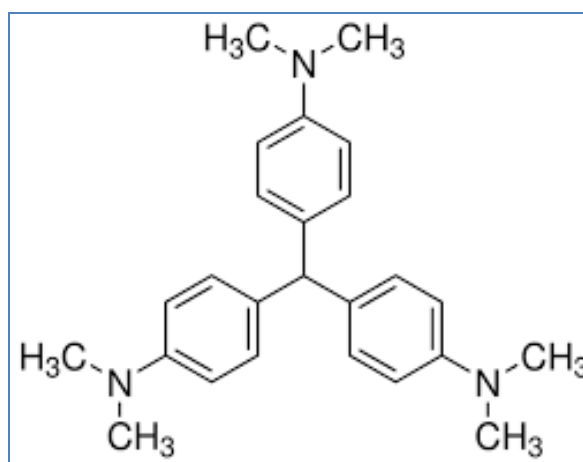
(δ) σε υψηλές συγκεντρώσεις οι χρωστικές μπορούν να προκαλέσουν έντονες και/ή μακροχρόνιες επιδράσεις στους εκτιθέμενους υδρόβιους οργανισμούς ακόμη και τοξικότητα στα ψάρια και στους μικροοργανισμούς.

Οι παραπάνω λόγοι επιβάλλουν την μείωση των συγκεντρώσεων των χρωστικών ουσιών στα υγρά απόβλητα, πριν αυτά διατεθούν στους υδάτινους αποδέκτες.

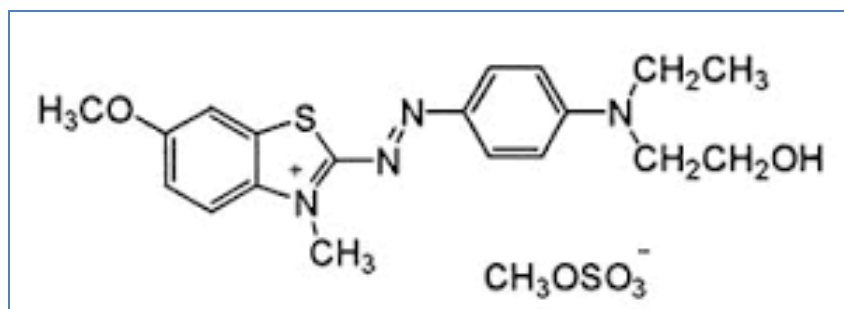
Συνήθως οι χρωστικές ουσίες είναι αρωματικές ενώσεις που απορροφούν στην ορατή περιοχή. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι χρωστικές Methylene Blue Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue 41 & Acridine Orange Base.



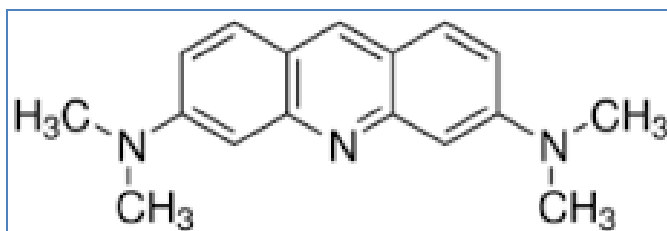
Εικόνα 2.1: Methylene Blue Hydrate.



Εικόνα 2.2: Crystal Violet.



Εικόνα 2.3: Basic Blue 41.



Εικόνα 2.4: Acridine Orange Base.

### 1.1.2 Προσδιορισμός του βαθμού διόγκωσης

Ο προσδιορισμός του βαθμού διόγκωσης  $S$ , χημικού υδροπηκτώματος δίνεται από τον τύπο:

$$S_d = (W_s - W_d) / W_d$$

Εξίσωση 2.1: Προσδιορισμός του βαθμού διόγκωσης  $S$ .

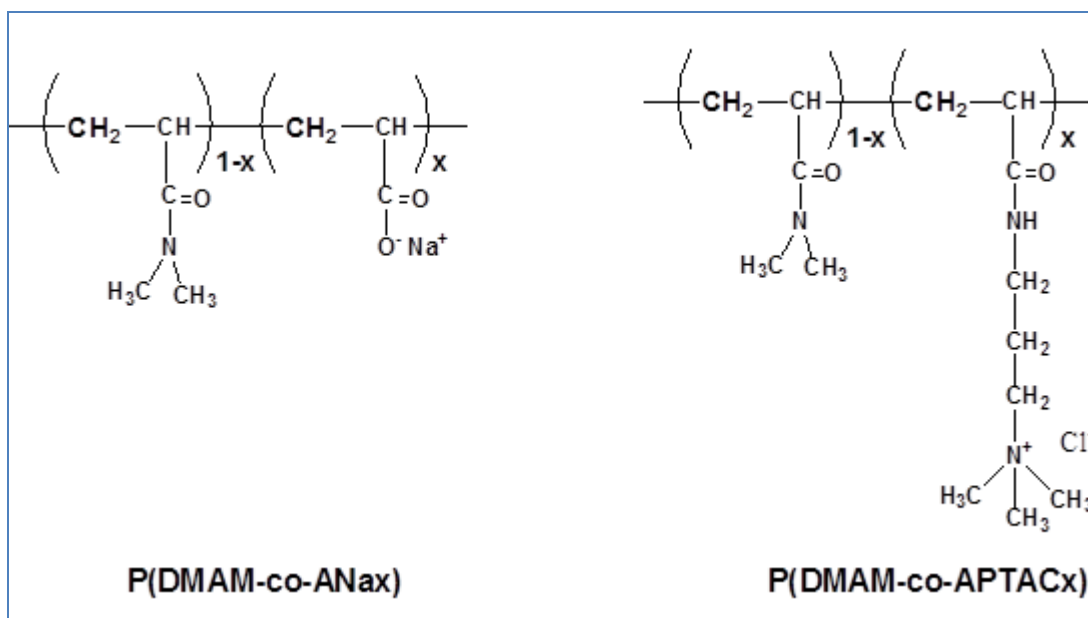
όπου  $W_s$  είναι το βάρος του διογκωμένου υδροπηκτώματος και  $W_d$  είναι το βάρος του ξηρού υδροπηκτώματος στην ίδια θερμοκρασία.

Συνήθως ο χρόνος παραμονής των χημικών υδροπηκτωμάτων εντός του διαλύτη ή του μίγματος διαλυτών ποικίλει από 24 ώρες μέχρι και μία βδομάδα. Όταν το βάρος του υδροπηκτώματος δε μεταβάλλεται σημαντικά μεταξύ διαδοχικών μετρήσεων τότε το υδροπήκτωμα θεωρείται ότι έχει ισορροπήσει.

### 1.1.3 Μελέτη προσρόφησης χρωστικών ουσιών σε P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel)

Προκειμένου να μελετηθεί η προσρόφηση χρωστικών ουσιών σε P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel) χρησιμοποιήθηκαν οι χρωστικές Methylene Blue Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue & Acridine Orange Base, και παρασκευάστηκαν διαλύματα με διαφορετικές συγκεντρώσεις. Κατόπιν, τοποθετήθηκαν στο κάθε διάλυμα προζυγισμένες ποσότητες ξηρού δείγματος P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel) τα οποία αφέθηκαν να ισορροπήσουν σε σταθερή θερμοκρασία. Μετά την αποκατάσταση ισορροπίας (2 μέρες περίπου) τα gel σκουπίζονταν καλά ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο σφάλματα κατά τη ζύγισή τους.

Μετά την απομάκρυνση των gel τα διαλύματα που προέκυπταν τοποθετούνταν σε φασματοφωτόμετρο υπεριώδους – ορατού προκειμένου να προσδιοριστεί ακριβώς η συγκέντρωσή τους. Για να γίνει αυτό, παρασκευάστηκαν πρότυπα διαλύματα και από τις δύο χρωστικές, μετρήθηκε η απορρόφησή τους και στη συνέχεια κατασκευάστηκαν πρότυπες καμπύλες βαθμονόμησης. Με βάση την εξίσωση της κάθε καμπύλης, μετρώντας την απορρόφηση των διαλυμάτων των χρωστικών μετά την απομάκρυνση των gel, μπορεί να υπολογιστεί η συγκέντρωση στο κάθε διάλυμα.



Εικόνα 2.5: Χρωστικές ουσίες σε P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel).

Προκειμένου να εξαχθούν σωστά συμπεράσματα, για κάθε συγκέντρωση χρωστικής, παρασκευάστηκε ένα διάλυμα με μόνο χρωστική χωρίς gel, διάλυμα της ίδιας χρωστικής και ίδιας συγκέντρωσης με gel P(DMAM-co-ANax) και διάλυμα της ίδιας χρωστικής και ίδιας συγκέντρωσης με gel P(DMAM-co-APTACx). Καμπύλη βαθμονόμησης κατασκευάστηκε για κάθε χρωστική βάσει της οποίας γίνονταν ο υπολογισμός της συγκέντρωσης της χρωστικής σε κάθε διάλυμα(διάλυμα που περιείχε μόνο χρωστική χωρίς gel, διάλυμα της ίδιας χρωστικής και ίδιας συγκέντρωσης με gel P(DMAM-co-ANax) και διάλυμα της ίδιας χρωστικής και ίδιας συγκέντρωσης με gel P(DMAM-co-APTACx). Πριν από αυτό όμως είχε γίνει μέτρηση της απορρόφησης του κάθε διαλύματος σε φασματοφωτόμετρο υπεριώδους – ορατού (Λόλης, 2006).

## **1.1 ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΕΣ ΜΗΤΡΕΣ – ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΗ**

### **1.1.1 Εισαγωγή στους μικροοργανισμούς**

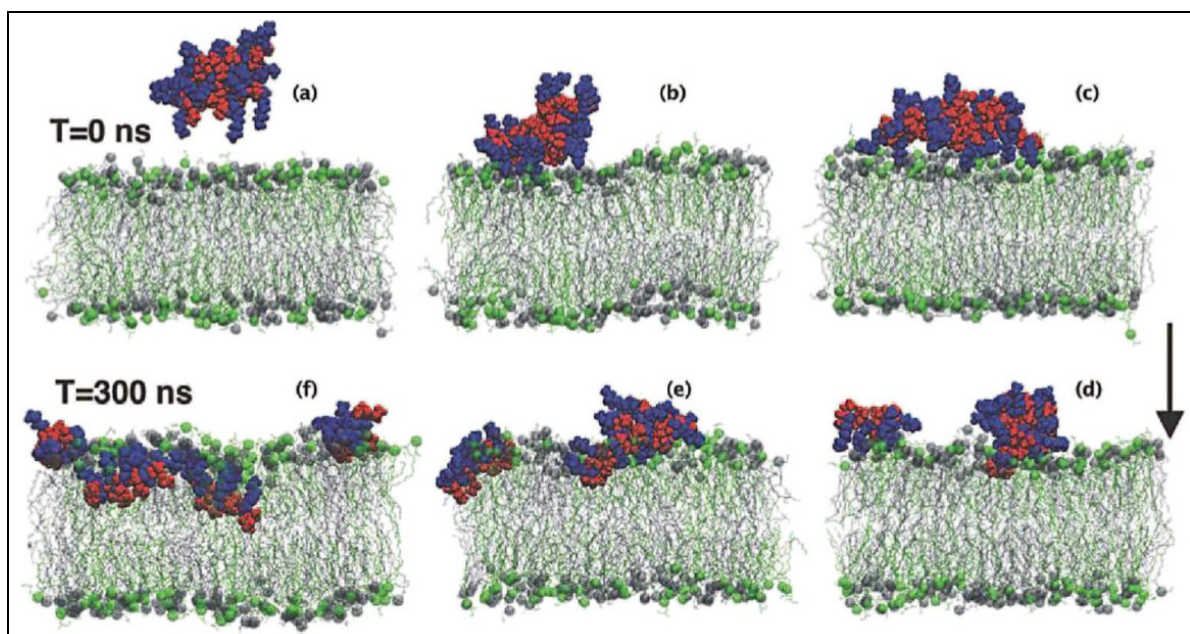
Αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής ενός ανθρώπου αποτελούν οι μικροοργανισμοί που έχουν την ικανότητα να επηρεάζουν το περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσονται. Πάντως, όπως συμβαίνει στα αντιβιοτικά, η επίδραση των μικροοργανισμών μπορεί να είναι ευεργετική σε πολλές περιπτώσεις. Παραδείγματος χάριν, βακτήρια και άλλα μικρόβια στο έντερο των ζώων και των εντόμων προκαλούν πέψη στα θρεπτικά συστατικά παράγοντας βιταμίνες και αυξητικούς παράγοντες. Επίσης, στην επεξεργασία της μύρας, του κρασιού ή του ψωμιού χρησιμοποιούνται ζυμομύκητες, ενώ στην παραγωγή του γιαουρτιού, του τυριού και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων χρησιμοποιούνται βακτήρια του γαλακτικού οξέος. Τέλος, αξιοσημείωτη είναι η χρήση τους σαν εμβόλια για τη θεραπεία και την πρόληψη των μολυσματικών ασθενειών (Κορομηλάς, 2016).

Ωστόσο, πέρα από αυτά τα οφέλη, οι μικροοργανισμοί στην πλειοψηφία τους έχουν αρνητικό αντίκτυπο. Ασθένειες σε ζώα και φυτά προκαλούνται από ορισμένα παθογόνα μικρόβια και είναι φορείς αλλοίωσης και αποσύνθεσης των τροφίμων, των υφασμάτων και γενικά των οικημάτων, καθώς η μικροβιακή αποσύνθεση οποιασδήποτε οργανικής ουσίας συμβαίνει με την πάροδο του χρόνου. Οι κύριοι μικροβιακοί παράγοντες αποσύνθεσης σε αερόβιο περιβάλλον είναι οι μύκητες και τα βακτήρια, ενώ μόνο τα βακτήρια μπορούν να δρουν σε αναερόβια μέσα. Στον ανθρώπινο πληθυσμό, οι μικροβιακές λοιμώξεις προκαλούν περίπου το ένα τέταρτο του συνόλου των θανάτων παγκοσμίως, ειδικά

στις υπανάπτυκτες χώρες όπου υπάρχουν προβλήματα σχετικά με τη μόλυνση του νερού και των τροφίμων, την ανθυγιεινή αποκομιδή των ανθρώπινων αποβλήτων, τις κάκιστες συνθήκες υγιεινής και την έλλειψη πρόσβασης σε ιατρική βοήθεια. Στις συγκεκριμένες χώρες η κρισιμότητα της κατάστασης είναι τεράστια, διότι οι μολυσματικές ασθένειες τείνουν να γίνουν η πρώτη αιτία θνησιμότητας. Αντίθετα, στις αναπτυγμένες χώρες το πρόβλημα αφορά στην αυξανόμενη συχνότητα των παθογόνων τα οποία είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά και στα αντιμικροβιακά μαζί με την ευκολία και τον ελιγμό στη μετανάστευση, επιτρέποντας νέους δρόμους στην εισαγωγή και τη δημιουργία μικροοργανισμών σε ανθρώπινους ξενιστές (Κορομηλάς, 2016).

### 1.1.2 Αντιμικροβιακά πολυμερικά υλικά

Στους συμβατικούς αντιμικροβιακούς παράγοντες χαμηλού μοριακού βάρους παρουσιάζονται αρκετά μειονεκτήματα, όπως η μόλυνση του περιβάλλοντος και η τοξικότητα στο ανθρώπινο σώμα, η ευαισθησία στην αντίσταση και ο μικρός χρόνος αντιμικροβιακής δράσης. Αντίθετα, τα περιβαλλοντικά προβλήματα ελαχιστοποιούνται από τη χρήση των βιοστατικών πολυμερών. Επίσης, είναι μη πτητικά, χημικά σταθερά και δεν διαπερνούν το δέρμα. Συνεπώς, για την καταπολέμηση των μικροβίων τα αντιμικροβιακά πολυμερή αποτελούν τα ιδανικά εργαλεία (Κορομηλάς, 2016).



Εικόνα 2.6: MDS των αλληλεπιδράσεων αμφιφίλου στατιστικού συμπολυμερούς-λιπιδικής μεμβράνης.

Πηγή: (Κορομηλάς, 2016).



### 1.1.3 Ακίνητοποίηση πολυμερών με αντιμικροβιακή δράση σε επιφάνειες

Δυστυχώς απέναντι στην ανάπτυξη των μικροβίων τα τεχνητά υλικά δεν έχουν αναπτύξει την απαραίτητη προστασία. Το αποτέλεσμα είναι τα μικροβιακά κύτταρα που συνδέονται με οποιαδήποτε τεχνητή επιφάνεια σε ένα υγρό περιβάλλον να μπορούν να επιβιώσουν και να πολλαπλασιαστούν. Όταν ο αριθμός των κυττάρων αυξάνει, συνήθως αρχίζει να δημιουργείται στην επιφάνεια ένα βιοϋμένιο, το οποίο αποτελείται από μία μήτρα πολυσακχαρίτη με ενσωματωμένα κύτταρα (Εικόνα 1.3). Τα μικροβιακά κύτταρα από το σχηματισμό τέτοιων βιοϋμενίων δύνανται να επιβιώσουν κάτω από σκληρές συνθήκες και τα ενσωματωμένα κύτταρα στα περισσότερα αντιβιοτικά και άλλα βιοκτόνα είναι μέχρι και 1000 φορές λιγότερο ανθεκτικά. Επιπλέον, η εξάπλωση λοιμώξεων προκαλούνται από τις πολλές τοξίνες που αποβάλλονται από το βιοϋμένιο. Τα αντιβιοτικά γονίδια μπορούν να ανταλλάσσονται μεταξύ των βακτηρίων εντός του βιοϋμενίου ενισχύοντας το σχηματισμό πολυ-ανθεκτικών βακτηριακών στελεχών. Η εντεροαιμορραγική επιδημία της *Escherichia coli* (EHEC) στην Ευρώπη είναι ένα πρόσφατο παράδειγμα. Συνεπώς, ένα από τα βασικά ζητήματα στην επιστήμη των υλικών, καθώς και την ιατρική είναι ο έλεγχος της μικροβιακής ανάπτυξης σε επιφάνειες (Κορομηλάς, 2016).



Εικόνα 2.7: (a) Εμφάνιση μούχλας σε σπίτι, (b) ανάπτυξη φυκιών στους υφάλους ενός πλοίου, (c) σχηματισμός βακτηριακού βιοϋμενίου πάνω σε έναν καθετήρα.

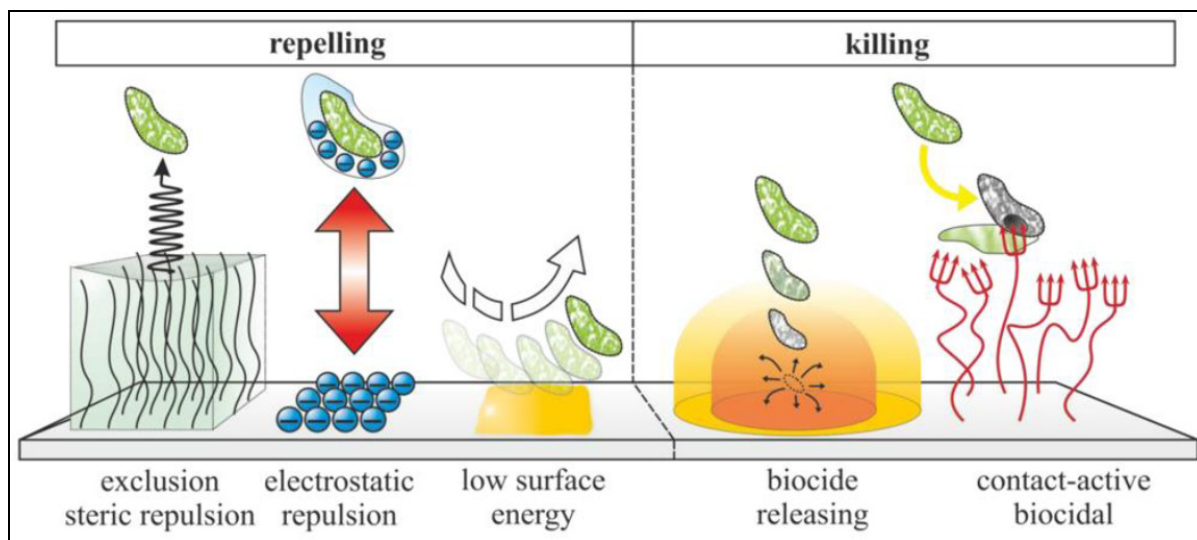
Πηγή: (Κορομηλάς, 2016).

Η αποστείρωση του περιβάλλοντος με τη χρήση απολυμαντικών, όπως υποχλωριώδη άλατα, υπεροξείδιο του υδρογόνου ή τρικλοζάνη, με άλατα αργύρου, ενώσεις τεταρτοταγούς αμμωνίου και αλκοόλες είναι ένας από τους πιο ενδεδειγμένους τρόπους για να αποτραπεί η μόλυνση της επιφάνειας. Όμως, η διάρκεια της αποστείρωσης είναι μικρή ενώ η συχνή χρήση τέτοιων απολυμαντικών δημιουργεί ένα μεγάλο περιβαλλοντικό



πρόβλημα, ιδιαίτερα στην περίπτωση της τρικλοζάνης, και μπορεί να οδηγήσει ακόμα και στο σχηματισμό ανθεκτικών βακτηριακών στελεχών (Κορομηλάς, 2016).

Έτσι, ο καλύτερος τρόπος για να αποφευχθεί η εξάπλωση των ασθενειών και η υποβάθμιση του υλικού είναι η πρόληψη του σχηματισμού των βιοϋμενίων από εναλλακτικές αντιμικροβιακές πολυμερικές επιφάνειες. Για την επιτυχία αυτού, πρέπει να αποφευχθεί η κύρια προσκόλληση των ζωντανών μικροβιακών κυττάρων του πλαγκτόν που προέρχονται από το περιβάλλον, είτε με θανάτωση ή με απώθηση των εισερχόμενων κυττάρων (Εικόνα 1.8).



Εικόνα 2.8: Γενικές αρχές του μηχανισμού δράσης των αντιμικροβιακών επιφανειών.

Πηγή: (Κορομηλάς, 2016).

#### 1.1.4 Υφαλοχρώματα με δράση κατά της βιοαπόθεσης (Antifouling Paints)

Τα θαλάσσια χρώματα καθιστά πολύ ενδιαφέροντα η ποικιλία που παρουσιάζουν τα προβλήματα προστασίας των υφάλων των πλοίων. Έτσι, μια μεγάλη κατηγορία χρωμάτων αποτελούν τα αντιδιαβρωτικά χρώματα, η οποία σε μεγάλο βαθμό εφαρμόζεται στα πλοία, καθώς και στα δίκτυα των υδατοκαλλιεργειών. Βέβαια, η καθαρή επιφάνεια από θαλάσσιες βιοαποθέσεις είναι απαραίτητη, εκτός από την αντιδιαβρωτική προστασία που θα πρέπει να έχει ένα πλοίο.

Παγκοσμίως η ανάπτυξη θαλάσσιων βιοαποθέσεων στην υποθαλάσσια επιφάνεια των πλοίων και γενικά των θαλασσιών σκαφών, αναγνωρίζεται ως κρίσιμης σημασίας εξαιτίας των αρνητικών συνεπειών που έχει στον τομέα της ναυσιπλοΐας αλλά και στο

θαλάσσιο περιβάλλον. Η ανεπιθύμητη συσσώρευση μικροοργανισμών, φυτών και ζώων στην επιφάνεια τεχνητών κατασκευών, εμβαπτισμένων στη θάλασσα (σχήμα 1.5) χαρακτηρίζεται με τον όρο «θαλάσσιες βιολογικές αποθέσεις», ή «θαλάσσιες βιοαποθέσεις» (marine biofouling) (Οικονόμου, 2009).



**Εικόνα 2.9:** Πλοίο με πρόβλημα θαλάσσιων βιοαποθέσεων στην επιφάνεια.

**Πηγή:** (Οικονόμου, 2009).

Από τη στιγμή που το πλοίο βυθίζεται στη θάλασσα ξεκινά η προσβολή των υφάλων των πλοίων από βιοαποθέσεις. Πρόκειται αρχικά για πρωτεΐνες και πολυσακχαρίτες οι οποίοι προσροφούνται φυσικά στην επιφάνεια αμέσως μετά τη βύθιση αυτής στη θάλασσα και αποτελούν τη βάση για την ανάπτυξη βακτηρίων και φυκιών, στην πρώτη κιόλας ημέρα. Αυτά, θα αποτελέσουν την τροφή για την προσκόλληση μικροφυκών που με τη σειρά τους θα ευνοήσουν την προσκόλληση μακροοργανισμών. Το ίδιο συμβαίνει και στα δίχτυα των υδατοκαλλιεργειών, με αποτέλεσμα την ανεπιθύμητη συσσώρευση μικροοργανισμών που χαρακτηρίζεται με τον όρο «βιολογικές αποθέσεις» (biofouling).

#### **1.1.4.1 Βιοστατικά υφαλοχρωμάτων**

Ποικίλες βιοστατικές ουσίες έχουν χρησιμοποιηθεί στα βιοστατικά υφαλοχρώματα. Τα μεταλλικά άλατα πολυσθενών ιόντων έχουν πολύ ενδιαφέρουσα δράση ως βιοστατικά. Τέτοια είναι άλατα του χαλκού, του ψευδαργύρου και του pygithione. Αυτά τα άλατα παρουσιάζουν γρήγορη αποικοδόμηση στο φως του ήλιου σχηματίζοντας λιγότερο τοξικά φωτοαποικοδομήσιμα προϊόντα και παρουσιάζουν μικρότερη βιοσυσσώρευση. Οξειδία του ψευδαργύρου, του τιτανίου και του σιδήρου είναι άλλα είδη μεταλλικών βιοστατικών που έχουν χρησιμοποιηθεί. Ο χαλκός κατέχει μια από τις πρώτες θέσεις

ανάμεσα στα μεταλλικά ιόντα που έχουν χρησιμοποιηθεί σαν βιοστατικά, χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα, με κύρια εφαρμογή τα δίκτυα των υδατοκαλλιεργειών. Οι μικροοργανισμοί, τα είδη με κελύφη και τα μακρόφυτα είναι τα πιο ευαίσθητα στο χαλκό. Τα φύκια είναι το είδος που προσβάλλεται κυρίως από το χαλκό (Οικονόμου, 2009).

#### ***1.1.4.2 Χρώματα αδιάλυτων μητρών***

Σε αυτόν τον τύπο χρωμάτων χρησιμοποιούνται συνθετικές μήτρες υψηλού μοριακού βάρους. Τέτοιες είναι πολυακρυλικές, βινυλικές και χλωριωμένες μήτρες αδιάλυτες στο νερό. Παρουσιάζουν καλές μηχανικές ιδιότητες και μπορούν να ενσωματώσουν μεγάλες ποσότητες τοξικών ουσιών, τις οποίες αποδεσμεύουν σταδιακά. Αφού η μήτρα δεν είναι διαλυτή, όταν το βιοστατικό αποδεσμεύεται, το νερό εισβάλλει στους πόρους για να διαλύσει και το νέο βιοστατικό. Ωστόσο, από τη στιγμή που το δεσμευμένο ακόμα βιοστατικό είναι βαθύτερα στην αδιάλυτη μήτρα η αποδέσμευσή του μειώνεται με το χρόνο. Η μορφή «κυψέλης» που σχηματίζεται στην επιφάνεια του χρώματος με αυτόν τον τρόπο συμβάλλει στη συγκράτηση ουσιών που την προσβάλλουν, με συνέπεια να μειώνεται ο χρόνος χρήσης τους. Αυτά τα χρώματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν έως και για 1 χρόνο. Η αντοχή των πολυμερικών αυτών μητρών στην οξείδωση και τη φωτοοξείδωση βελτιώνει τις δυνατότητές τους. (Οικονόμου, 2009).

#### ***1.1.4.3 Σύγχρονες προσεγγίσεις***

Με σκοπό την αντικατάσταση των TBT-SPCs χρωμάτων με κάποιο εξίσου αποτελεσματικό χρώμα έχουν γίνει πολλές προσπάθειες. Πολλές από αυτές, έχουν ήδη ικανοποιητικά αποτελέσματα και η χρήση τους είναι γεγονός. Παρόλα αυτά, η έρευνα συνεχίζεται με αποτέλεσμα να εμφανίζονται συνεχώς νέες προσεγγίσεις στο πεδίο των βιοστατικών χρωμάτων.

Η χρήση μικρών ινιδίων είναι μια σύγχρονη προσέγγιση του προβλήματος. Οι ίνες μετά από την επικάλυψη της επιφάνειας με ένα εποξειδικό κολλητικό υλικό φορτίζονται ηλεκτροστατικά και εφαρμόζονται με ψεκασμό στην επιφάνεια για να προσαρμοστούν κάθετα στην επιφάνεια πριν στεγνώσει το κολλητικό υλικό. Ο προσανατολισμός αυτών των ινιδίων είναι ανάλογος με το ρεύμα της θάλασσας όταν το πλοίο κινείται με αποτέλεσμα την αποτροπή της προσκόλλησης μικροοργανισμών σε αυτό.

Η χρήση των προϊόντων μεταβολισμού θαλάσσιων μικροοργανισμών οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φυσικά βιοστατικά είναι μια ακόμα ενδιαφέρουσα προσέγγιση. Επίσης, έχουν προταθεί σιλικόνες που καλύπτονται από ένα πήκτωμα με πόρους σε νανοκλίμακα, μιμούμενοι τα δέρματα των φαλαινών δολοφόνων.

#### **1.1.4.4 Χαρακτηριστικά της θάλασσας**

Η υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι το οποίο βρίσκεται σε πολύπλοκο διάλυμα που φέρει την πλειοψηφία των γνωστών στοιχείων είναι το χαρακτηριστικό του θαλασσινού νερού. Η περιεκτικότητα του άλατος κατά μέσο όρο στις θάλασσες είναι 3.3–3.8 %.

Σύμφωνα με το γεωγραφικό πλάτος ποικίλει η θερμοκρασία και είναι από  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  στους πόλους έως  $28\text{ }^{\circ}\text{C}$  αν και μπορεί να φτάσει τοπικά μέχρι  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Το θαλασσινό νερό είναι κανονικά βασικό και το pH είναι ανάμεσα σε 8 και 8.3. Σα ρυθμιστικός παράγοντας επιδρά η παρουσία  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ . Στο ρυθμό διάβρωσης και στην ανάπτυξη βιοαποθέσεων μπορούν να επιδράσουν διαλυμένα αέρια. Μια βασική υπόθεση είναι ότι το νερό στην επιφάνεια είναι κορεσμένο σε αέρια όπως  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ , και  $\text{CO}_2$ . Τα χρώματα που έχουν οξειδία του χαλκού επηρεάζονται από την παρουσία οξυγόνου.

#### **1.1.5 Ελεγχόμενη αποδέσμευση ενεργών ουσιών από πολυμερικές μήτρες**

Με την ανάπτυξη πολυμερικών υλικών με αντιμικροβιακές ιδιότητες αντιμετωπίζονται επιτυχώς φαινόμενα ανάπτυξης μικροοργανισμών (φύκι, βακτήρια, μύκητες) σε πολυμερικές επιφάνειες που εκτίθενται σε συνθήκες υγρασίας ή μολυσματικές συνθήκες. Τα αντιμικροβιακά πλαστικά μπορούν να παρασκευαστούν είτε με ενσωμάτωση του ενεργού παράγοντα στην πολυμερική μήτρα, όπου η ενεργή ουσία μπορεί να αποδεσμευτεί από την πολυμερική μήτρα και να απορροφηθεί από τους μικροοργανισμούς (σύστημα ελεγχόμενης αποδέσμευσης), είτε με ακινητοποίηση αντιμικροβιακών ενώσεων στην πολυμερική επιφάνεια με ομοιοπολικό ή ιοντικό μη υδρολύσιμο δεσμό όπου η αλληλεπίδραση του πολυμερικού σκελετού με το κυτταρικό τοίχωμα του μικροοργανισμού οδηγεί στην εξόντωση του μικροοργανισμού.

Στην πρώτη κατηγορία η ενεργός ουσία μπορεί να πρόκειται για ένα μόριο μικρού μοριακού βάρους διεσπαρμένο στην πολυμερική μήτρα ή για ένα ιόν το οποίο είναι ενωμένο με ιοντικό υδρολύσιμο δεσμό στην πολυμερική αλυσίδα. Η διάχυση των ενεργών μορίων/ιόντων από την πολυμερική μήτρα προς την επιφάνεια που βρίσκεται ο

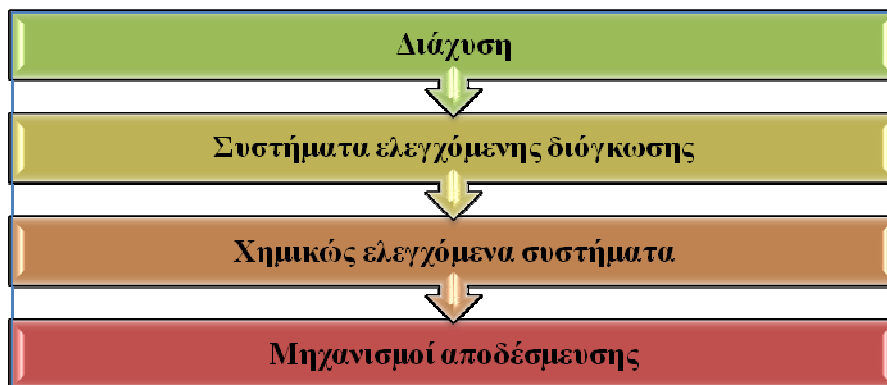
μικροοργανισμός προκαλώντας το θάνατό του συνιστά την αντιμικροβιακή δράση των συστημάτων αυτών. Από τους πιο σημαντικούς παράγοντες της επιτυχίας του συστήματος είναι ο ελεγχόμενος ρυθμός αποδέσμευσης του βιοστατικού από την πολυμερική μήτρα. Συνεπώς, η δραστική ουσία μπορεί να απελευθερώνεται σταδιακά σε μικρές συγκεντρώσεις αυξάνοντας το χρόνο δράσης του υλικού.

Στη δεύτερη κατηγορία, το πολυμερές φέρνει στην αλυσίδα του δραστικές ομάδες που του προσδίδουν αντιμικροβιακές ιδιότητες. Από την ικανότητα του βιοκτόνου να έρθει σε επαφή με το κυτταρικό τοίχωμα των μικροοργανισμών εξαρτάται η αντιμικροβιακή δράση των συστημάτων αυτών. Το πιο χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων πολυμερών αποτελούν τα πολυμερή που φέρουν ομάδες τεταρτοταγούς αμμωνίου και φωσφονίου.

Στόχος ενός συστήματος ελεγχόμενης αποδέσμευσης είναι η προβλέψιμη παροχή και η αναπαραγωγή της εκάστοτε βιοστατικής ουσίας στον χώρο με ελεγχόμενο ρυθμό για μεγάλο χρονικό διάστημα μεγιστοποιώντας τη δράση της. Η κινητική της αποδέσμευσης οφείλεται σε πολλούς παράγοντες οι οποίοι θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν.

Κάποιοι από αυτούς είναι ο χρόνος επαφής, η επιφάνεια επαφής, η συγκέντρωση της ουσίας στο πολυμερές, η θερμοκρασία, η δομή του πολυμερούς κ.ά. Στα συστήματα ελεγχόμενης αποδέσμευσης εμφανίζονται πολλά πλεονεκτήματα. Σημαντικό πλεονέκτημα εκτός από τη δυνατότητα ελέγχου της συγκέντρωσης που αποδεσμεύεται, είναι και η προστασία της ουσίας που φέρεται. Αυτό, βρίσκει εφαρμογή κυρίως στα φάρμακα (Οικονόμου, 2009).

Οι μηχανισμοί αποδέσμευσης χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες σύμφωνα με το παρακάτω Σχήμα 1.4:



Σχήμα 2.4: Κατηγορίες Μηχανισμού αποδέσμευσης.

### 1.1.5.1 Αντιμικροβιακά πολυμερή

Τα άλατα αμμωνίου (QAs) και φωσφονίου είναι τα αντιμικροβιακά πολυμερή που χρησιμοποιούνται εκτενέστερα. Τα άλατα αυτά υπάρχουν στα κατιοντικά βιοστατικά και αποτελούνται από μια μεγάλη μήκους αλειφατική αλυσίδα ενωμένη με το θετικά φορτισμένο άτομο.

#### 1. Άλατα αμμωνίου

Τα τεταρτοταγή άλατα αμμωνίου αποτελούνται από υδρόφιλη κεφαλή και μια αλειφατική αλυσίδα τουλάχιστον 8 ατόμων άνθρακα. Εδώ και πολλά χρόνια έχει γίνει γνωστή η αντιμικροβιακή τους δράση.

#### 2. Άλατα φωσφονίου

Μεγάλη αντιμικροβιακή δράση έχουν τα πολυμερικά άλατα φωσφονίου ειδικά συγκρινόμενη με τα αντίστοιχα μονομερή αλλά ακόμα και συγκρινόμενη με τα αντίστοιχα άλατα του αμμωνίου.

## 1.2 ΤΕΧΝΙΚΕΣ

### 1.2.1 Φασματοφωτομετρία Απορρόφησης

Στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή μήκους κύματος 160 ως 780 nm βασίζεται η φασματοφωτομετρία απορρόφησης Υπεριώδους – Ορατού. Ευρεία εφαρμογή βρίσκουν οι μετρήσεις απορρόφησης στον ποσοτικό προσδιορισμό μιας μεγάλης ποικιλίας ανόργανων και οργανικών ουσιών.

Στη μέτρηση της διαπερατότητας,  $T$ , ή της απορρόφησης,  $A$ , διαλυμάτων που τοποθετούνται σε διαφανείς κυψελίδες οπτικής διαδρομή  $b$  cm στηρίζεται η φασματοσκοπία. Συνήθως η συγκέντρωση,  $C$ , ενός διαλύματος που απορροφά συνδέεται γραμμικά με την απορρόφηση σύμφωνα με την εξίσωση:

$$A = -\log T = \log \frac{P_0}{P} = \epsilon b C$$

Εξίσωση 2.2: Γραμμική σύνδεση της συγκέντρωσης  $C$ , ενός διαλύματος με την απορρόφηση (νόμος του Beer).

όπου,

- A: η απορρόφηση  $\log P_0/P$
- T: η διαπερατότητα  $P_0/P$
- $P_0$ : η ακτινοβολούμενη ισχύς
- P: η ισχύς μετά της απορρόφηση
- ε: η γραμμομοριακή απορροφητικότητα
- β: το μήκος της διαδρομής ακτινοβολίας (μήκος κυψελίδας)
- C: η συγκέντρωση της ουσίας που απορροφά.

Ο νόμος του Beer περιγράφεται με την παραπάνω εξίσωση. Η ισχύς της σχέσης αυτής μπορεί να ερμηνευθεί ως εξής : μια δέσμη παράλληλης μονοχρωματικής ακτινοβολίας με ισχύ  $P_0$  πέφτει κάθετα σε μία επιφάνεια. Η ισχύς μειώνεται στην τιμή P ως αποτέλεσμα απορρόφησης μετά από διαδρομή μήκους b μέσα στο υλικό που περιέχει τα απορροφούντα άτομα ή μόρια.

Ο νόμος του Beer βρίσκει εφαρμογή και σε υλικά που περιέχουν περισσότερα από ένα απορροφούντα συστατικά. Η ολική απορρόφηση ενός τέτοιου συστήματος αν δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων συστατικών του μίγματος, παρέχεται από την σχέση:

$$A_{ολικη} = A_1 + A_2 + \dots + A_n = \epsilon b C_1 + \epsilon b C_2 + \dots + \epsilon b C_n$$

**Εξίσωση 2.3:** Η ολική απορρόφηση συστήματος όπου δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων συστατικών του μίγματος.

όπου οι δείκτες 1,2,3,...,n αναφέρονται στα επιμέρους συστατικά του μίγματος.

Με τον νόμο του Beer περιγράφεται με επιτυχία η απορρόφηση υλικών που περιέχουν σχετικά μικρές συγκεντρώσεις αναλύτη. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις (συνήθως > 0,01M) η μέση απόσταση μεταξύ των μορίων που απορροφούν μειώνεται με αποτέλεσμα κάθε μόριο να επηρεάζει την κατανομή φορτίου των γειτονικών του μορίων. Για το λόγο αυτό ο νόμος του Beer είναι ένας οριακός νόμος.

## 1.2.2 Ιοντική Χρωματογραφία

### 1.2.2.1 Χρωματογραφική ανάλυση

Η Χρωματογραφία ή χρωματογραφική ανάλυση αποτελεί μια σειρά μεθόδων διαχωρισμού μιγμάτων ουσιών στα συστατικά τους με βάση τη διαχωριστική κατανομή των συστατικών ανάμεσα σε δυο φάσεις, μια στατική (ακίνητη, stationary) και μια κινητή (mobile). Με την κινητή φάση μετακινούνται τα συστατικά ενός μίγματος επί της ακίνητης φάσης με διαφορετική ταχύτητα, προκαλώντας έτσι το διαχωρισμό τους.

Για πρώτη φορά η χρωματογραφία εφαρμόστηκε από το Ρώσο βοτανολόγο Tswett (1906) με σκοπό να απομονώσει τη χλωροφύλλη και άλλες χρωστικές από τα φύλλα. Σήμερα με τις διαφορετικές μορφές που έχει πάρει αποτελεί μια από τις καλύτερες μεθόδους διαχωρισμού μιγμάτων και απομόνωσης ευπαθών ουσιών. Τα συστατικά ενός μίγματος επάνω στην ακίνητη φάση τα μετακινεί η κινητή φάση με διαφορετική ταχύτητα. Μια ουσία που συγκρατείται ισχυρότερα από την ακίνητη φάση μετακινείται με μικρότερη ταχύτητα από κάποια άλλη, η οποία συγκρατείται λιγότερο ισχυρά. Συνεπώς τα συστατικά του μίγματος μετατοπίζονται σε διαφορετικές θέσεις πάνω στην ακίνητη φάση με τελικό αποτέλεσμα τον διαχωρισμό τους.

Συγχρόνως, και στις δυο φάσεις κατανέμονται τα μόρια του μίγματος με αποτέλεσμα την αποκατάσταση μιας δυναμικής ισορροπίας για κάθε κατηγορία μορίων. Άρα για κάθε περίπτωση δυναμικής ισορροπίας υπάρχει και ένας **συντελεστής κατανομής K** ο οποίος συνδέει τη συγκέντρωση κάθε ουσίας στην ακίνητη και στην κινητή φάση.

$$K = CA/CK$$

Όπου: CA= η συγκέντρωση της ουσίας στην ακίνητη φάση και

CK= η συγκέντρωση της ουσίας στην κινητή φάση

Ανάλογα με τη φυσική κατάσταση της κινητής και της ακίνητης φάσης οι χρωματογραφικές τεχνικές ταξινομούνται με διαφορετικούς τρόπους. Έτσι υπάρχει:

**1. Η αέρια χρωματογραφία:** (κινητή φάση αέριο), η οποία διακρίνεται σε δυο κατηγορίες:

- a. Χρωματογραφία αερίου-στερεού: (GSC).** Η κινητή φάση είναι αέριο και η ακίνητη φάση στερεό.



- b. **Χρωματογραφία αερίου-υγρού:** (GLC). Η κινητή φάση είναι αέριο και η ακίνητη φάση υγρό το οποίο έχει προσροφηθεί επάνω σε κατάλληλο αδρανές στερεό υλικό.

2. **Η υγρή χρωματογραφία:** (κινητή φάση υγρό), η οποία διακρίνεται σε δυο κατηγορίες:

- a. **Χρωματογραφία υγρού-στερεού:** (LSC). Η κινητή φάση είναι υγρό και η ακίνητη φάση στερεό.
- b. **Χρωματογραφία υγρού-υγρού:** (LLC). Η κινητή φάση είναι υγρό και η ακίνητη φάση κάποιο υγρό το οποίο έχει προσροφηθεί σε στερεό υλικό.

Ακόμη η χρωματογραφία διαιρείται ανάλογα με το μηχανισμό κατανομής, δηλαδή το φυσικοχημικό φαινόμενο που προκαλεί το διαχωρισμό των ουσιών του μίγματος μεταξύ των φάσεων στις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Χρωματογραφία προσρόφησης**
2. **Χρωματογραφία κατανομής**
3. **Χρωματογραφία ιονανταλλαγής**
4. **Χρωματογραφία Gel**

Επίσης, η χρωματογραφία διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο που εφαρμόζεται στην πράξη σε:

1. **Χρωματογραφία στήλης (C.C.)**
2. **Χρωματογραφία χαρτιού (P.C.)**
3. **Αέριο-χρωματογραφία (G.C.)**
4. **Υγρή χρωματογραφία (L.C.)**
5. **Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (T.L.C.)**

#### **1.2.2.2 Χρωματογραφία ιονταλλαγής**

Η μέθοδος αυτή ανήκει στη χρωματογραφία υγρού-στερεού. Βρίσκει εφαρμογή κυρίως στο διαχωρισμό ιονισμένων ουσιών είτε μεταξύ τους είτε από άλλες ουσίες οι οποίες δεν μπορούν να ιονιστούν.

Στην εκλεκτική επιβράδυνση των ιονισμένων σωματιδίων του μίγματος λόγω ανταλλαγής των με ιόντα από τη στατική φάση στηρίζεται η αρχή της μεθόδου. Ως στατική φάση χρησιμοποιούνται οι συνθετικές ρητίνες οι οποίες έχουν ιονανταλλακτικές ιδιότητες γι'

αυτό χρησιμοποιούνται σε δύσκολους διαχωρισμούς των μετάλλων των σπανίων γαιών και των αμινοξέων. Οι ισορροπίες που δημιουργούνται είναι:

- ρητίνη  $-SO^3H^+ + M^+ \leftrightarrow \rho\eta\tau\acute{\iota}\nu\eta - SO^3M^+ + H^+$  για κατιόντα
- ρητίνη  $-N^+R_3Cl + A^- \leftrightarrow \rho\eta\tau\acute{\iota}\nu\eta - N^+R_3A^- + Cl^-$  για ανιόντα

Η κινητή φάση που χρησιμοποιείται είναι το νερό ή τα υδατικά διαλύματα οξέος ή βάσης ή άλατος ή ένα ρυθμιστικό διάλυμα.

Η ακίνητη φάση που χρησιμοποιείται είναι είτε ένα πολυμερές (πολυστυρόλιο) με βασικούς ή όξινους υποκαταστάτες σε διακεκριμένες θέσεις, είτε μια ρητίνη η οποία έχει σουλφοομάδες ( $-SO^3H$ ), καρβοξυλομάδες ( $-COOH$ ) για την απαλλαγή των κατιόντων ή ακόμη αμινομάδες ( $-NH_2$ ,  $-N^+R_3$ ) για την ανταλλαγή των ανιόντων.

### **1.2.3 Ολικός Οργανικός Άνθρακας (Total Organic Carbon-TOC)**

#### **1.2.3.1 Εισαγωγή**

Ο οργανικός άνθρακας στο νερό και στα απόβλητα συναντάται σε διάφορες οξειδωτικές καταστάσεις μέσα από μια ποικιλία οργανικών συμπλόκων που σχηματίζει. Μερικά από αυτά τα οργανικά σύμπλοκα μπορούν να οξειδωθούν περαιτέρω με βιολογικές ή χημικές διαδικασίες. Ο Ολικός Οργανικός άνθρακας (TOC) είναι μια πιο βολική και άμεση έκφραση του περιεχομένου του ολικού οργανικού άνθρακα από το BOD, AOC ή το COD, αν και δεν παρέχει το ίδιο είδος πληροφοριών. Σε αντίθεση με το BOD ή το COD, το TOC δεν έχει να κάνει με την οξειδωτική κατάσταση του οργανικού φορτίου και δεν μετρά άλλα οργανικώς δεσμευμένα στοιχεία, όπως άζωτο, υδρογόνο και ανόργανα συστατικά τα οποία μπορούν να συνεισφέρουν στο απαιτούμενο οξυγόνο μετρούμενα με BOD και COD.

Η μέτρηση του TOC είναι ζωτικής σημασίας κατά το χειρισμό και την επεξεργασία νερού και αποβλήτων. Όσον αφορά το πόσιμο νερό οι τιμές του TOC ποικίλλουν από λιγότερο από 100  $\mu\text{g/L}$  σε περισσότερο από 25.000  $\mu\text{g/L}$ . Τα απόβλητα μπορεί να περιέχουν πολύ υψηλά επίπεδα οργανικών συστατικών ( $\text{TOC} > 100 \text{ mg/L}$ ).

Για τον προσδιορισμό της ποσότητας του οργανικώς δεσμευμένου άνθρακα, τα οργανικά μόρια πρέπει να σπάσουν και να μετατραπούν σε ένα απλό μοριακό είδος το οποίο να μπορεί να προσδιορίζεται ποσοτικά. Οι μέθοδοι με το TOC χρησιμοποιούν υψηλή θερμοκρασία, καταλύτες και οξυγόνο ή χαμηλότερες θερμοκρασίες ( $< 100^\circ\text{C}$ ) με υπεριώδη

ακτινοβολία, χημικά οξειδωτικά μέσα ή προσμίξεις αυτών των οξειδωτικών για τη μετατροπή του οργανικού άνθρακα σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Το CO<sub>2</sub> μπορεί να διαχωριστεί από το δείγμα, να αποξηρανθεί και να μεταφερθεί μέσω ενός αερίου μεταφοράς σε έναν αναλυτή υπερύθρου ή σε κουλομετρική τιτλοδότηση. Εναλλακτικώς, μπορεί να διαχωριστεί από το δείγμα υγρής φάσης με μια μεμβράνη η οποία είναι εκλεκτική για το CO<sub>2</sub> με υψηλής καθαρότητας νερό στο οποίο η αντίστοιχη αύξηση της αγωγιμότητας θα σχετίζεται με τη δίοδο του CO<sub>2</sub> μέσω της μεμβράνης (Skoog, Holler, & Crouch, 2014), (Ξένος, 2002).

### **1.2.3.2 Μέθοδος υψηλής θερμοκρασίας με καύση**

Παρακάτω δίνονται τα αρκτικόλεξα/ορισμοί:

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

Το πεδίο εφαρμογής της δοκιμής είναι φυσικά υδάτινα δείγματα και η περιοχή εργασίας είναι 5-100 mg C/L (Skoog, Holler, & Crouch, 2014), (Ξένος, 2002).

### **1.2.3.3 Αρχή της μεθόδου**

#### **1. Αρχή Προσδιορισμού του Ολικού Άνθρακα**

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 ο οργανικός άνθρακας οξειδώνεται σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O. Το CO<sub>2</sub> από την οξείδωση του οργανικού και του ανόργανου άνθρακα μεταφέρεται μέσω ρεύματος αερίου (υπερκάθαρος αέρας) σε έναν αφυγραντή όπου απομακρύνεται η υγρασία ενώ ταυτόχρονα ψύχονται τα αέρια της καύσης. Ακολούθως, το φέρον αέριο διέρχεται μέσα από μία παγίδα αλογόνων (όπου κατακρατούνται τα αλογόνα που ίσως περιέχει) για να καταλήξει στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR (Non Dispersive Infra Red

gas analyzer), όπου ανιχνεύεται το διοξείδιο του άνθρακα. Καθώς αυτό που τελικά μετράται μέσω της παραπάνω διαδικασίας είναι ο ολικός άνθρακας, ο ανόργανος άνθρακας θα πρέπει να έχει απομακρυνθεί πριν με οξίνιση και θέρμανση με ατμό ή να μετράται ξεχωριστά και ο ολικός οργανικός άνθρακας να λαμβάνεται από τη διαφορά, κάτι που συμβαίνει στη δική μας περίπτωση και αναλύεται παρακάτω (Skoog, Holler, & Crouch, 2014), (Ξένος, 2002).

## **2. Αρχή Προσδιορισμού του Ανόργανου Άνθρακα**

Ο ανόργανος άνθρακας αναφέρεται στο διοξείδιο του άνθρακα και στα όποια ανθρακικά άλατα περιέχονται στο δείγμα. Οξινίζοντας το δείγμα με υδροχλωρικό οξύ (HCl) σε pH χαμηλότερο από 3, όλα τα ανθρακικά άλατα που περιέχονται στο δείγμα μετατρέπονται σε διοξείδιο του άνθρακα. Κατόπιν διαβιβάζεται από το δείγμα το φέρον αέριο (υπερκάθαρος αέρας), οπότε το διοξείδιο του άνθρακα που παράχθηκε και το διοξείδιο του άνθρακα που υπήρχε διαλυμένο, με τη διαδικασία που παραπάνω περιγράφηκε, οδηγούνται στην κυψελίδα του ανιχνευτή NDIR, όπου το συνολικό διοξείδιο του άνθρακα ανιχνεύεται.

## **3. Αρχή Προσδιορισμού του Ολικού Οργανικού Άνθρακα (TOC)**

Ο ολικός οργανικός άνθρακας προσδιορίζεται με τον παρακάτω τρόπο:

$$\text{TOC}=\text{TC}-\text{IC}$$

Στη μέθοδο αυτή ο TOC υπολογίζεται ως η διαφορά του IC από τον TC οι οποίοι προσδιορίζονται ξεχωριστά με τον τρόπο που παραπάνω αναφέρθηκε.

### **1.2.4 Ολικό Άζωτο (Total Nitrogen-TN)**

#### **1.2.4.1 Εισαγωγή**

Η παρακάτω περιγραφόμενη μέθοδος καλύπτει τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου σε υδατικά δείγματα στην περιοχή συγκεντρώσεων 0.5 έως 1000 mg/L. Υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορούν να προσδιοριστούν με κατάλληλες αραιώσεις. Η μέθοδος αυτή δεν προσδιορίζει το μοριακό άζωτο (N<sub>2</sub>) (Skoog, Holler, & Crouch, 2014), (Ξένος, 2002).

#### **1.2.4.2 Μέθοδος υψηλής θερμοκρασίας με καύση**

Παρακάτω δίνονται τα αρκτικόλεξα/ορισμοί:

TN= Total Nitrogen: Ολικό Άζωτο

Το πεδίο εφαρμογής της δοκιμής είναι φυσικά υδάτινα δείγματα και η περιοχή εργασίας είναι 1-100 mg N/L.

### **1.2.4.3 Αρχή της μεθόδου**

#### **1. Αρχή Προσδιορισμού του Ολικού Αζώτου**

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 αλουμίνιας. 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 στο δείγμα (Skoog, Holler, & Crouch, 2014), (Ξένος, 2002).

## **2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΡΟΦΗΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΩΝ»**

### **2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ**

Χρησιμοποιήθηκαν κατιοντικά και ανιονικά χημικά υδροπηκτώματα με διαφορετική προσροφητική σύσταση το καθένα, προκειμένου να ελέγξει η προσροφητική ικανότητα του καθενός σε ανόργανα ιόντα, οργανικές χρωστικές και συνολικά οργανικό και μικροβιακό φορτίο. Τα δείγματα προς μελέτη είτε παρασκευάστηκαν εργαστηριακά, με γνωστή συγκέντρωση, είτε ήταν δείγματα φυσικής προέλευσης ήδη επιβαρυμένα σε οργανικό φορτίο αζωτούχες ενώσεις (δείγματα από είσοδο και έξοδο βιολογικού καθαρισμού).

### **2.2 ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ**

Δυο διαλύματα παρασκευάστηκαν εργαστηριακά, το  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (27,43 mg/l) το οποίο έχει την ικανότητα να συγκρατείται από αρνητικά φορτισμένα υδροπηκτώματα και το  $\text{KNO}_3$  (20,21 mg/L) το οποίο έχει την ικανότητα να συγκρατείται από θετικά φορτισμένα υδροπηκτώματα. Τα υδροπηκτώματα που χρησιμοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1 που ακολουθεί.

Στο  $\text{NH}_4\text{Cl}$  εξετάστηκαν πέντε διαφορετικά υδροπηκτώματα, σε διαφορετικές συγκεντρώσεις το καθένα, για να εξεταστεί η συμπεριφορά σε σχέση με την συγκέντρωση των υδροπηκτωμάτων μέσα στο χρόνο. Στο  $\text{KNO}_3$  εξετάστηκαν τέσσερα διαφορετικά υδροπηκτώματα και αυτά στις ίδιες συγκεντρώσεις με το  $\text{NH}_4\text{Cl}$ . Ο όγκος του διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε για τη μελέτη ήταν και στις δύο περιπτώσεις 40mL.

Στη συνέχεια ζυγίστηκαν τα υδροπηκτώματα, σε αναλυτικό ζυγό, στις τρεις διαφορετικές ποσότητες (0,005 gr, 0,1 gr και 0,2gr περίπου) το καθένα και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε ποτήρια ζέσεως με το αντίστοιχο προς μελέτη διάλυμα. Τα ποτήρια

ζέσεως που χρησιμοποιήθηκαν ήταν για το  $\text{NH}_4\text{Cl}$  δεκαπέντε και για το  $\text{KNO}_3$  δώδεκα. Τα πειράματα κλείστηκαν με παραφίλι (για την αποφυγή εξάτμισης και επιμολύνσεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων.

Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN και μετρήσαμε τη συγκέντρωση των διαλυμάτων σε ολικό άζωτο (TN).

Τα οργανικά πηκτώματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ότι αφορά το ποσοστό του φορτίου τους παρουσιάζονται παρακάτω:

A1 (-)	A2 (-)	A4	A6 (-)	A7 (-)	A8 (+)	A9 (+)	A10 (+)	A11 (+)
X=1	X=0.75	X=0	X=0.25	X=0.5	X=1	X=0.75	X=0.5	X=0.25

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες και το χρόνο.

**Πίνακας 2.1: Στοιχεία υδροπηκτωμάτων για  $\text{NH}_4\text{Cl}$  με την μάζα (gr).**

Υδροπηκτώματα για $\text{NH}_4\text{Cl}$	Μάζα (gr)
A1	0,043
A1	0,124
A1	0,223
A2	0,061
A2	0,123
A2	0,240
A4	0,049
A4	0,114
A4	0,212
A6	0,068
A6	0,109
A6	0,201
A7	0,072
A7	0,128
A7	0,201

**Πίνακας 2.2: Στοιχεία υδροπηκτωμάτων για  $\text{KNO}_3$  με την μάζα (gr).**

Υδροπηκτώματα για $\text{KNO}_3$	Μάζα (gr)
A8	0,038
A8	0,092
A8	0,182
A9	0,083

A9	0,117
A9	0,269
A10	0,071
A10	0,103
A10	0,201
A11	0,062
A11	0,102
A11	0,211

Πίνακας 2.3: Στοιχεία Χρόνου μετρήσεων για  $\text{NH}_4\text{Cl}$  και  $\text{KNO}_3$  με την Συχνότητα μετρήσεων.

Χρόνος μετρήσεων για $\text{NH}_4\text{Cl}$	Συχνότητα μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά
Χρόνος μετρήσεων για $\text{KNO}_3$	Συχνότητα μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1h
1 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά
2 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά

## 2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΝΙΤΡΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Τα αποτελέσματα του πειράματος φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

### 1. Για το $\text{NH}_4\text{Cl}$ :

Πίνακας 2.4: Στοιχεία για το μάζα (g) και το TN (mg/L) μετά από 1 Εβδομάδα για το  $\text{NH}_4\text{Cl}$

Μετά από 1w	Βάρος (gr)	TN (mg/L)
A1	0,043	2,641
A1	0,124	2,99
A1	0,223	5,536
A2	0,061	3,328
A2	0,123	3,645
A2	0,24	5,414
A4	0,049	27,88
A4	0,114	27,13
A4	0,212	27,04
A6	0,068	12,08
A6	0,109	15,63
A6	0,204	18,51
A7	0,072	5,948
A7	0,128	7,144
A7	0,201	9,61



## 2. Για το $\text{KNO}_3$ :

Πίνακας 2.5: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/L) μετά από 1 ώρα για το  $\text{KNO}_3$ .

Μετά από 1 h	Βάρος (gr)	TN (mg/L)
A8	0,0387	18,69
A8	0,0921	18,57
A8	0,1822	18,57
A9	0,0835	18,59
A9	0,1178	18,67
A9	0,2691	20
A10	0,0718	15,86
A10	0,1039	17,25
A10	0,2011	17,26
A11	0,0621	18,18
A11	0,1025	16,4
A11	0,2112	18,44

## 3. Για το $\text{KNO}_3$ :

Πίνακας 2.6: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/L) μετά από 1 Εβδομάδα για το  $\text{KNO}_3$ .

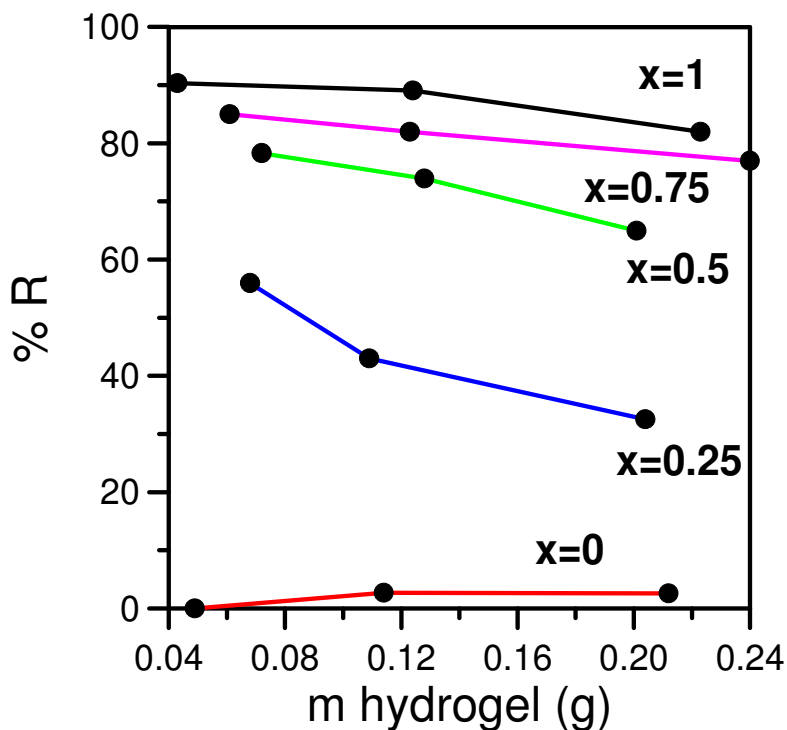
Μετά από 1 w	Βάρος (gr)	TN (mg/L)
A8	0,0387	12,01
A8	0,0921	8,273
A8	0,1822	7,846
A9	0,0835	10,44
A9	0,1178	9,914
A9	0,2691	10,83
A10	0,0718	6,408
A10	0,1039	6,277
A10	0,2011	7,904
A11	0,0621	7,209
A11	0,1025	7,104
A11	0,2112	11,81

#### 4. Για το $\text{KNO}_3$ :

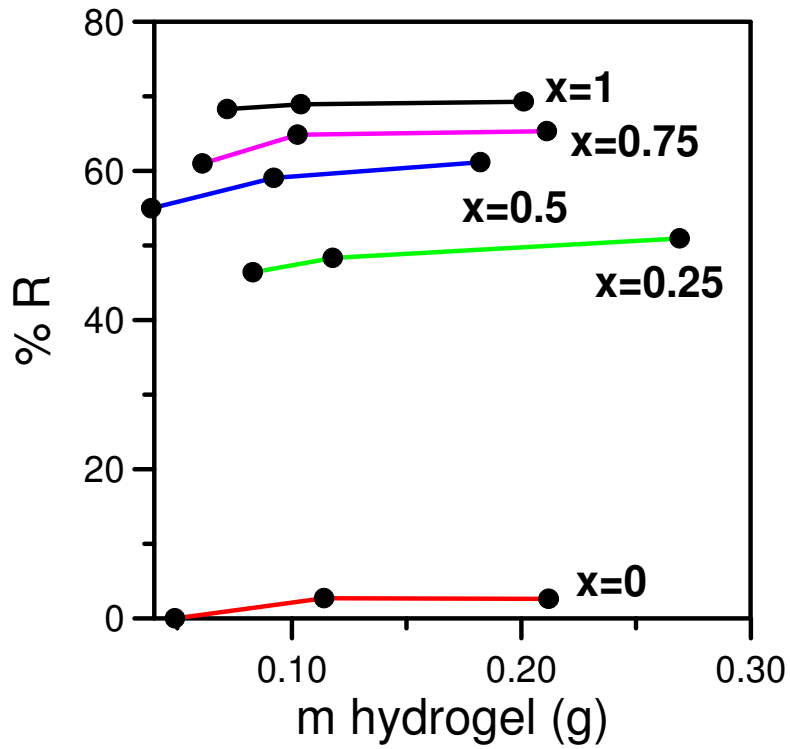
Πίνακας 2.7: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/L) μετά από 2 Εβδομάδες για το  $\text{KNO}_3$ .

Μετά από 2 w	Βάρος (gr)	TN (mg/L)
A8	0,0387	7,822
A8	0,0921	7,857
A8	0,1822	11,72
A9	0,0835	10,29
A9	0,1178	9,618
A9	0,2691	10,27
A10	0,0718	7,579
A10	0,1039	6,206
A10	0,2011	6,26
A11	0,0621	11,54
A11	0,1025	6,837
A11	0,2112	7,069

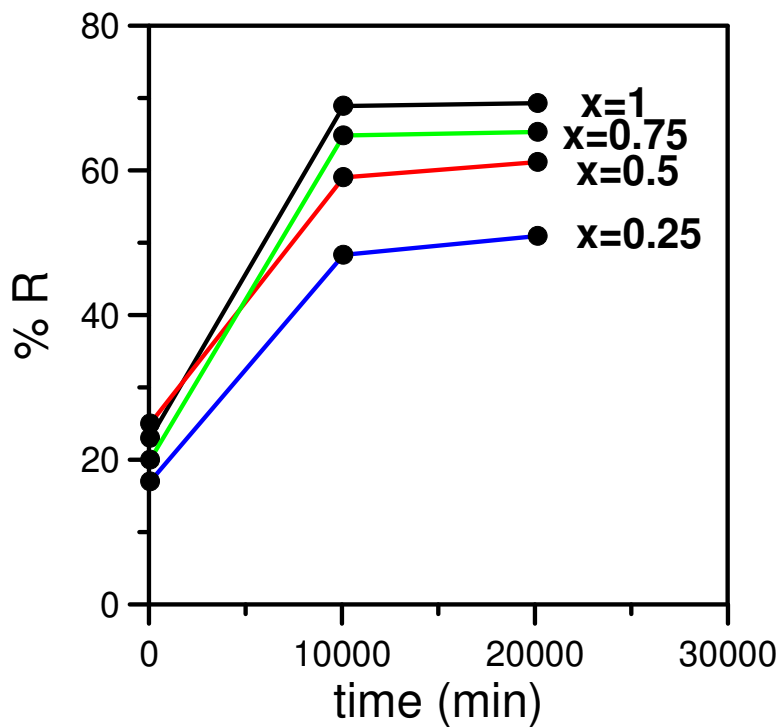
Τα σημαντικότερα αποτελέσματα συνοψίζονται στο παρακάτω Σχήμα όπου παρουσιάζεται το ποσοστό απομάκρυνσης (R) των αμμωνιακών ιόντων σε σχέση με τη μάζα του υδροπηκτώματος για αρνητικά φορτισμένα υδροπηκτώματα διαφορετικής σύστασης.



Αντίστοιχα αποτελέσματα για την προσρόφηση των αρνητικά φορτισμένων νιτρικών ιόντων από τα θετικά φορτισμένα υδροπηκτώματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο Σχήμα.



Η επίδραση του χρόνου προσρόφησης για την περίπτωση των νιτρικών ανιόντων παρουσιάζεται στο Σχήμα που ακολουθεί:



Σε όλους τους παραπάνω υπολογισμούς  $R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100$

## **2.4 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΙΟΝΤΩΝ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΟ ΔΕΙΓΜΑ ΠΡΟΕΡΧΟΜΕΝΟ ΑΠΟ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ**

Πραγματοποιήθηκαν τέσσερις δειγματοληψίες νερού από τον βιολογικό καθαρισμό της Ναυπάκτου και εξετάστηκε από διαφορετικά υδροπηκτώματα, με διάφορες συγκεντρώσεις και σε διαφορετική πειραματική χρονική διάρκεια, για να διαπιστωθεί η ικανότητα προσρόφησης αυτών σε αζωτούχες και ανθρακικές ενώσεις υπό συνθήκες με πολύ επιβαρυνμένο δείγμα (κάποιες φορές είχαμε δείγμα και από είσοδο και από έξοδο του βιολογικού καθαρισμού). Η δειγματοληψία γινόταν με την βοήθεια αποστειρωμένων δοχείων.

Ταυτόχρονα εξετάστηκε και η επίδραση των υδροπηκτωμάτων στο μικροβιακό φορτίο και κατά πόσο αυτά το μείωναν, για αυτό το λόγο παρασκευάστηκαν θρεπτικά υποστρώματα και πραγματοποιήθηκε επίστρωση αυτών πριν και μετά την προσθήκη των υδροπηκτωμάτων και παρατηρήσαμε μακροσκοπικά και ποιοτικά την αλλαγή.

Νερό από βιολογικό καθαρισμό συλλέχθηκε για βακτηριολογική εξέταση. Τα 100 ml των δειγμάτων που ελέγχθηκαν, διηθήθηκαν με μεμβράνη 0,45 μm (Millipore) χρησιμοποιώντας συσκευή διήθησης υπό θετική πίεση. Οι μεμβράνες, στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν ασηπτικά σε μικρούς δίσκους Petri dishes που ήταν πληρωμένοι με θρεπτικά εκλεκτικά υποστρώματα, για βακτηριολογική εξέταση και την ανάπτυξη καλλιέργειών. Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής θρεπτικά (Πούλος, 2016):

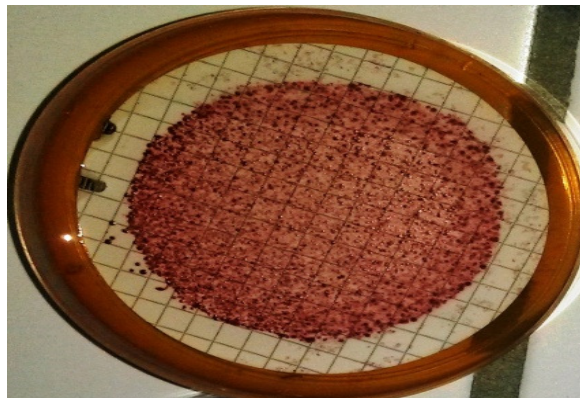
1. Slanetz & Bartley ( LAB- MMoss Hall Rd, Heywood , Bury, UK), για την ταυτοποίηση των εντερόκοκκων. Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τα Petri dishes τοποθετήθηκαν σε επωαστήρα στους 44°C για 48h.
2. Λακτόζη TTC άγαρ με Tergitol ( Merck ), για την ταυτοποίηση και καταμέτρηση κολοβακτηριοειδών και E.Coli. Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τα Petri dishes τοποθετήθηκαν σε επωαστήρα στους 37°C για 24h.

Επίσης για την αναγνώριση και καταμέτρηση των αποικιών στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, χρησιμοποιήθηκε η χρώση κατά Gram. Για την διάγνωση καθώς και την διαπίστωση της ύπαρξης Κολοβακτηριοειδών και Εντερόκοκκων, χρησιμοποιήθηκε το τεστ

της Οξειδάσης (Merck). Μέρος από τις καλλιέργειες ενοφθαλμίστηκαν σε αποστειρωμένο peptone water broth και εξετάστηκαν για την παρουσία E.coli όπου εφαρμόζεται μία σταγόνα διαλύματος αντιδραστηρίου Kovac του (FLUCA) για την περάτωση της διαδικασίας ανίχνευσης.

Για κάθε δειγματοληψία είχαμε διαφορετικές συνθήκες, αλλά πάντα πριν από κάθε διαδικασία μετριόταν το εκάστοτε νερό με TOC-TN και ιοντικό χρωματογράφο για να μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα πριν και μετά από την προσθήκη των υδροπηκτωμάτων:

**1. Δειγματοληψία 1<sup>η</sup>:** Τοποθετήθηκαν 40 mL του δείγματος πριν από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε δώδεκα ποτήρια ζέσεως των 50 mL. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, τα τέσσερα υδροπηκτώματα που είχαν επιλεγεί, στις τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις (0,005 gr, 0,1 gr και 0,2gr περίπου) το καθένα και στη συνέχεια τοποθετήθηκαν αντιστοίχως στα ποτήρια ζέσεως. Τα πειράματα κλείστηκαν με παραφίλμ (για την αποφυγή εξάτμισης και επιμολύνσεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN και με τη βοήθεια του ιοντικού χρωματογράφου.



**Εικόνα 2.1:** Κόκκοι πριν από την χρήση υδροπηκτώματος: 1<sup>η</sup> δειγματοληψία.

**2. Δειγματοληψία 2<sup>η</sup>:** Τοποθετήθηκαν 200 mL του δείγματος πριν από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε δυο ποτήρια ζέσεως των 250 mL. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, τα δυο υδροπηκτώματα που είχαν επιλεγεί. Κατά την διάρκεια του πειράματος μετριόταν και το νερό από το βιολογικό καθαρισμό, χωρίς υδροπηκτώματα για να διαπιστωθεί το κατά πόσο αλλάζει η εικόνα των μετρήσεων και

του φορτίου μόνο με την πάροδο του χρόνου. Τα πειράματα κλείστηκαν με παραφίλι (για την αποφυγή εξάτμισης και προσμίξεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτώματων, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN και με τη βοήθεια του ιοντικού χρωματογράφου.



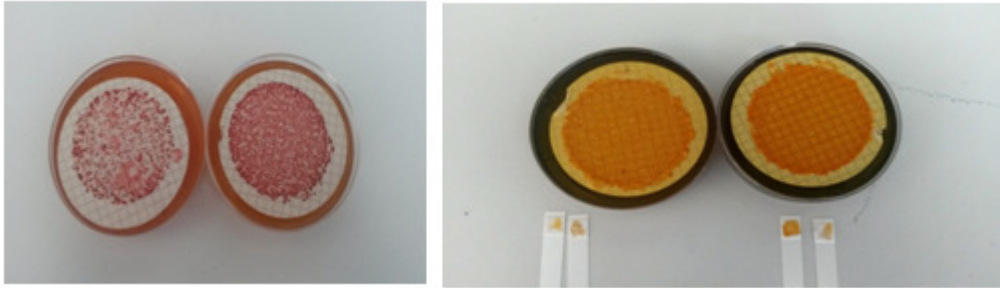
**Εικόνα 2.2:** Κόκκοι και *E.coli* πριν από την χρήση υδροπηκτώματος: 2<sup>η</sup> δειγματοληψία.



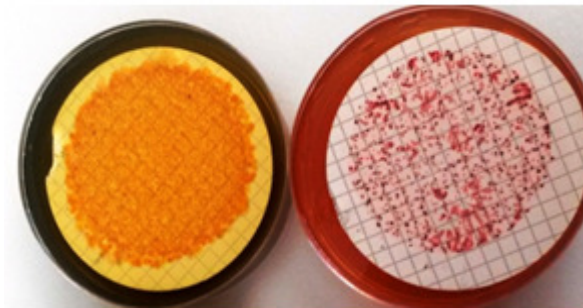
**Εικόνα 2.3:** Κόκκοι και *E.coli* μετά από την χρήση υδροπηκτώματος: 2<sup>η</sup> δειγματοληψία.

- 3. Δειγματοληψία 3<sup>η</sup>:** Τοποθετήθηκαν 200 mL του δείγματος πριν από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε δυο ποτήρια ζέσεως των 250 mL, καθώς και του δείγματος μετά από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε δυο ποτήρια ζέσεως των 250 mL. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, τα δυο υδροπηκτώματα που είχαν επιλεγεί. Λόγω ανάγκης διαπίστωσης για το αν οι τιμές ήταν λογικές (κάποιες ήταν αυξημένες) χρησιμοποιήθηκε σαν μάρτυρας 40 mL υπερκάρθαρο νερό σε δυο ποτήρια ζέσεως, με τα δυο υδροπηκτώματα αντιστοίχως, για να ελεγχθεί η απελευθέρωση αζωτούχων και ανθρακικών ενώσεων στο περιβάλλον, που έτσι μπορεί να επηρεαζόταν το πείραμά μας. Κατά την διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε και το νερό από το βιολογικό καθαρισμό χωρίς υδροπηκτώματα για να διαπιστωθεί κατά πόσο αλλάζει η εικόνα των μετρήσεων και του φορτίου μόνο με την πάροδο του χρόνου. Τα πειράματα κλείστηκαν με παραφίλι (για την αποφυγή εξάτμισης και επιμολύνσεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων. Μετρήσεις

πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτώματων, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN και με τη βοήθεια του ιοντικού χρωματογράφου.



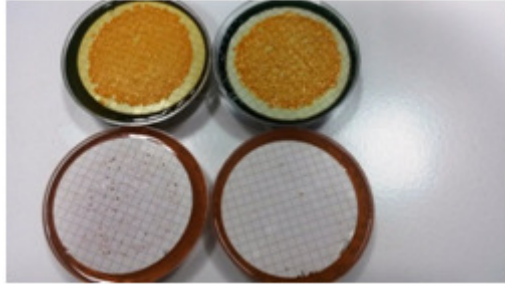
**Εικόνα 2.4:** Κόκκοι και E.coli πριν από την χρήση υδροπηκτώματος: 3<sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).



**Εικόνα 2.5:** E.coli και κόκκοι μετά από την χρήση υδροπηκτώματος: 3<sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).

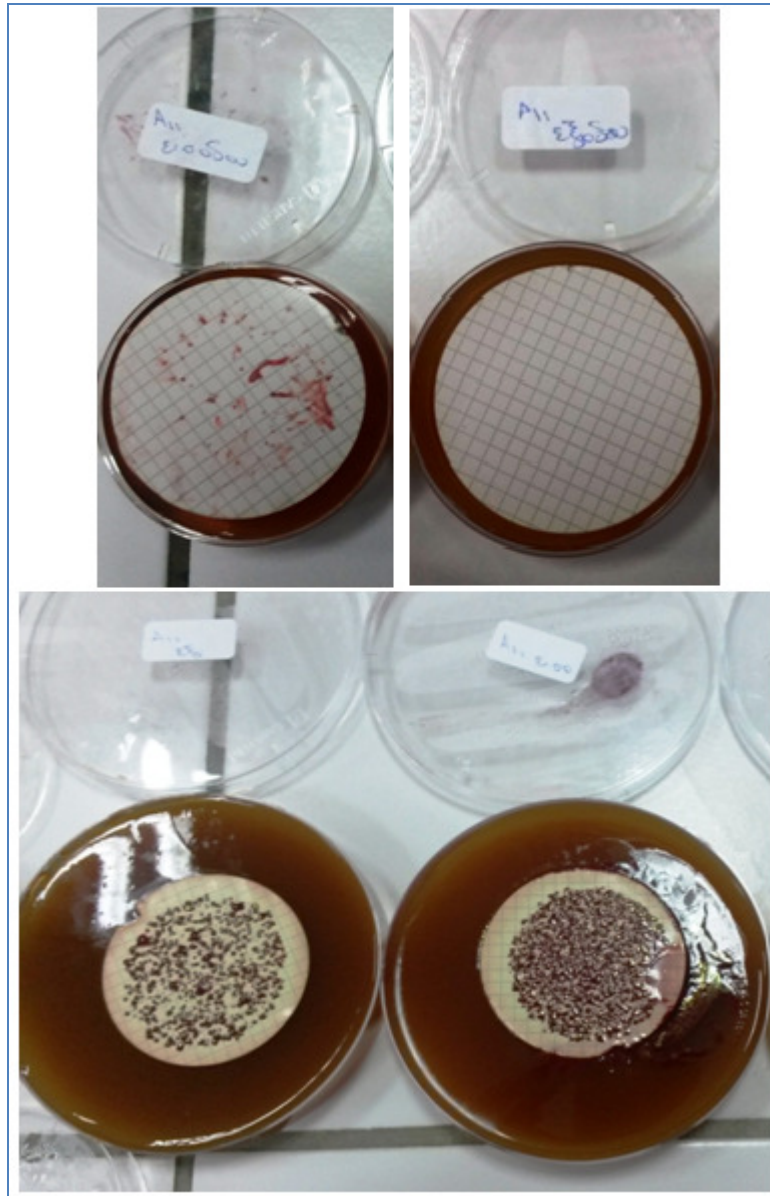
- 4. Δειγματοληψία 4<sup>η</sup>:** Τοποθετήθηκαν 200 mL του δείγματος, πριν από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε τρία ποτήρια ζέσεως των 250 mL και από 200 mL του δείγματος, μετά από την έξοδο του βιολογικού καθαρισμού, σε τρία ποτήρια ζέσεως των 250 mL. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, τα δυο υδροπηκτώματα που είχαν επιλεγεί. Λόγω ανάγκης διαπίστωσης για το αν οι τιμές ήταν λογικές (κάποιες ήταν αυξημένες) χρησιμοποιήθηκε σαν μάρτυρας 40 mL υπερκάθαρο νερό σε δυο ποτήρια ζέσεως, με τα δυο υδροπηκτώματα αντιστοίχως, για να ελεγχθεί η απελευθέρωση αζωτούχων και ανθρακικών ενώσεων στο περιβάλλον, που έτσι μπορεί να επηρεαζόταν το πείραμά μας. Ακόμα στο τρίτο ποτήρι ζέσεως τοποθετήθηκε ενεργός άνθρακας για να ελέγξουμε την προσροφητική του ικανότητα. Κατά την διάρκεια του πειράματος μετρήθηκε και το νερό από το βιολογικό καθαρισμό χωρίς υδροπηκτώματα ή ενεργό άνθρακα για να διαπιστωθεί κατά πόσο αλλάζει η εικόνα των μετρήσεων και του φορτίου μόνο με την πάροδο του χρόνου. Τα πειράματα κλείστηκαν με παραφίλμ (για

την αποφυγή εξάτμισης και προσμίξεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων. Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN, με τη βοήθεια του ιοντικού χρωματογράφου καθώς και με το φασματοφωτόμετρο HACH-LANGE.



**Εικόνα 2.6: E.coli και κόκκοι πριν από την χρήση υδροπηκτώματος: 4<sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).**





**Εικόνα 2.7:** Κόκκοι και E.coli μετά από την χρήση υδροπηκτώματος: 4η δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες, τους όγκους και το χρόνο.

**1. Δειγματοληψία 1<sup>η</sup> :**

**Πίνακας 2.8:** Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/40 mL νερού σε σχέση με την Μάζα(gr).

Υδροπηκτώματα /40 mL νερού	Μάζα (gr)
A6	0,2
A6	0,1
A6	0,05
A7	0,2
A7	0,1

A7	0,05
A9	0,2
A9	0,1
A9	0,05
A11	0,2
A11	0,1
A11	0,05

Πίνακας 2.9: Στοιχεία για τον Χρόνο Μετρήσεων σε σχέση με την Συχνότητα Μετρήσεων.

Χρόνος Μετρήσεων	Συχνότητα Μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά
1 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά

## 2. Δειγματοληψία 2<sup>η</sup> :

Πίνακας 2.10: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/ 200 mL νερού σε σχέση με την Μάζα(gr).

Υδροπηκτώματα / 200 mL νερού	Μάζα (gr)
A9	1,014
A11	1,095

Πίνακας 2.11: Στοιχεία για τον Χρόνο Μετρήσεων σε σχέση με την Συχνότητα Μετρήσεων.

Χρόνος Μετρήσεων	Συχνότητα Μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά

## 3. Δειγματοληψία 3<sup>η</sup> :

Πίνακας 2.12: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/ 200 mL νερού σε σχέση με την Μάζα(gr).

Υδροπηκτώματα / 200 mL νερού	Μάζα (gr)
A9	0,061
A11	0,052
BIOCH3EXITA9	1,080
BIOCH3EXITA11	1,002
BIOCH3ENTRA9	1,035
BIOCH3ENTRA11	1,052

Πίνακας 2.13: Στοιχεία για τον Χρόνο Μετρήσεων σε σχέση με την Συχνότητα Μετρήσεων.

Χρόνος Μετρήσεων	Συχνότητα Μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά

#### 4. Δειγματοληψία 4<sup>η</sup> :

Πίνακας 2.14: Στοιχεία για τα Υδροηλεκτρώματα/ 200 mL νερού σε σχέση με την Μάζα(gr).

Υδροηλεκτρώματα / 200 mL νερού	Μάζα (gr)
A9	0,070
A11	0,064
BIOCH3EXITA9	1,021
BIOCH3EXITA11	1,019
BIOCH3ENTRA9	0,991
BIOCH3ENTRA11	1,059
CENTR	1,009
CEXIT	1,062

Πίνακας 2.15: Στοιχεία για τον Χρόνο Μετρήσεων σε σχέση με την Συχνότητα Μετρήσεων.

Χρόνος Μετρήσεων	Συχνότητα Μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά

## 2.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ ΑΖΩΤΟΥΧΩΝ ΙΟΝΤΩΝ

Τα αποτελέσματα του 2<sup>ου</sup> πειράματος φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

#### ➤ Για το 1<sup>ο</sup> δείγμα:

Πίνακας 2.16: Οι τιμές του Biochemical Water για το 1<sup>ο</sup> δείγμα.

	Biochemical Water
TC(mg/L)	69,14
IC(mg/L)	57,05
TN(mg/L)	7,838
TOC(mg/L)	10,09

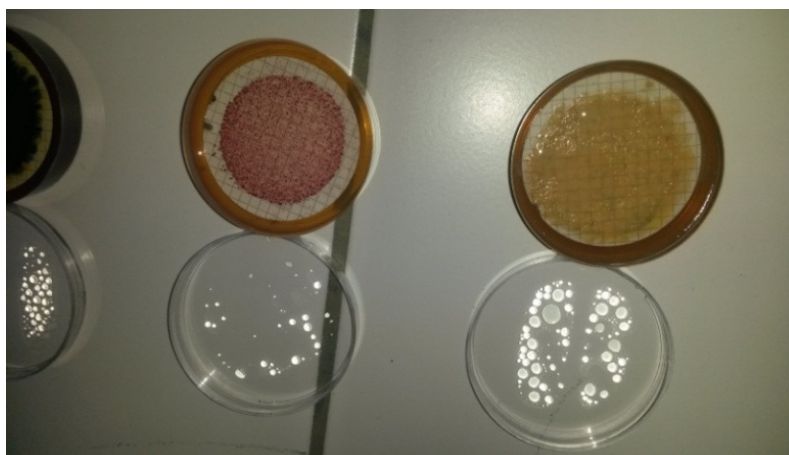
Πίνακας 2.17: Στοιχεία για το 1<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 1 ημέρα.

	A6	A6	A6	A7	A7	A7
TC(mg/L)	66,83	64,22	62,62	71,08	63,83	61,8

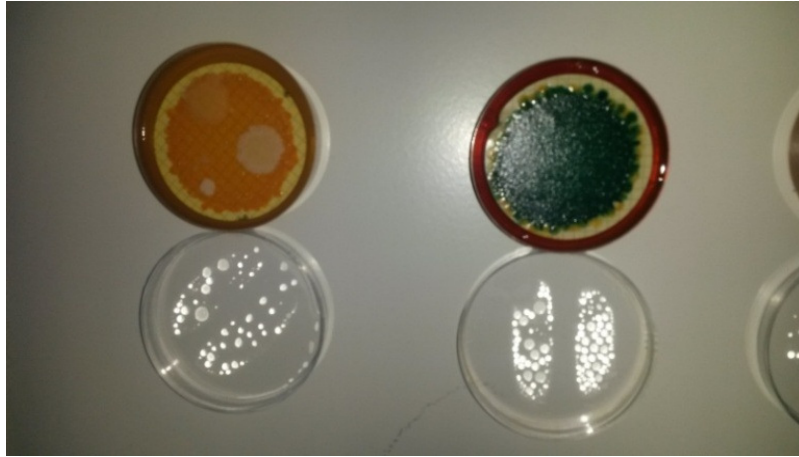
<b>IC(mg/L)</b>	54,66	55,71	55,42	59,68	55,08	55
<b>TN(mg/L)</b>	11,96	11,34	10,99	8,208	9,34	10,23
<b>TOC(mg/L)</b>	12,17	8,503	7,204	11,39	8,75	6,805
	<b>A9</b>	<b>A9</b>	<b>A9</b>	<b>A11</b>	<b>A11</b>	<b>A11</b>
<b>TC(mg/L)</b>	55,62	54,65	55,18	55,47	47,94	46,22
<b>IC(mg/L)</b>	32,58	41,45	43,93	19,99	24,3	34,54
<b>TN(mg/L)</b>	17,92	13,9	12,66	22,66	17,62	12,67
<b>TOC(mg/L)</b>	23,03	13,2	11,25	35,48	23,64	11,68

**Πίνακας 2.18: Στοιχεία για το 1<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 1 εβδομάδα.**

	<b>A6</b>	<b>A6</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>A7</b>	<b>A7</b>
<b>TC(mg/L)</b>	47,85	47,6	57,5	64,17	59,24	53,2
<b>IC(mg/L)</b>	38,12	44,9	45,45	54,28	51,4	48,36
<b>TN(mg/L)</b>	15,14	11,2	10,85	8,631	9,956	10,17
<b>TOC(mg/L)</b>	9,729	2,699	12,05	9,891	7,835	4,836
	<b>A9</b>	<b>A9</b>	<b>A9</b>	<b>A11</b>	<b>A11</b>	<b>A11</b>
<b>TC(mg/L)</b>	42,4	45,28	53,3	53,92	45,23	53,54
<b>IC(mg/L)</b>	34,18	39,1	41,95	19,43	22,32	29,28
<b>TN(mg/L)</b>	16,36	11,52	9,88	21,95	15,46	7,546
<b>TOC(mg/L)</b>	8,229	6,179	11,34	34,49	22,9	3,229



**Εικόνα 2.8: Πρώτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 1<sup>ου</sup> δείγματος.**



Εικόνα 2.9: Δεύτερη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 1<sup>ου</sup> δείγματος.



Εικόνα 2.10: Τρίτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 1<sup>ου</sup> δείγματος.

➤ Για το 2<sup>ο</sup> δείγμα :

Πίνακας 2.19: Οι τιμές του ΒΙΟCH2 για το 2<sup>ο</sup> δείγμα.

	<b>BIOCH2</b>
<b>TC(mg/L)</b>	64,36
<b>IC(mg/L)</b>	56,14
<b>TN(mg/L)</b>	10,73
<b>TOC(mg/L)</b>	8,226

Πίνακας 2.20: Στοιχεία για το 2<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 1 ημέρα.

	<b>A11</b>	<b>A9</b>
<b>TC(mg/L)</b>	56,82	57,79

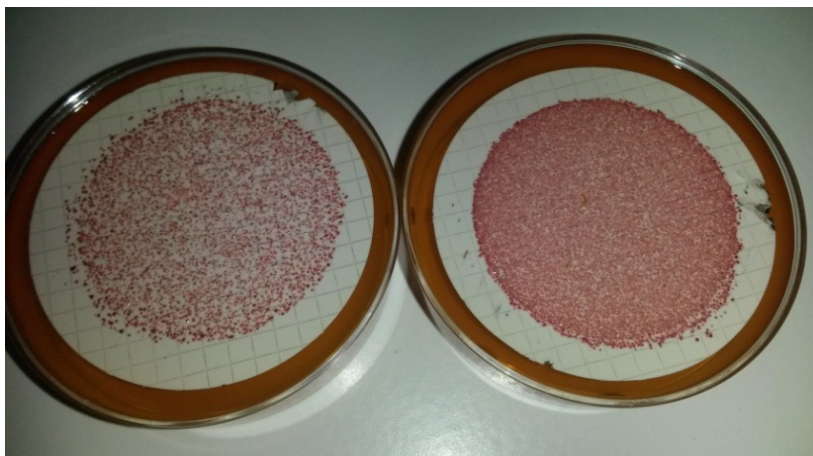
<b>IC(mg/L)</b>	25,77	35,52
<b>TN(mg/L)</b>	19,63	16,22
<b>TOC(mg/L)</b>	31,05	22,27

**Πίνακας 2.21: Στοιχεία για το 2<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 2 ημέρες.**

	<b>A11</b>	<b>A9</b>	<b>ΜΑΡΤΒΙΟΧ2</b>
<b>TC(mg/L)</b>	53,44	52,33	64,07
<b>IC(mg/L)</b>	20,16	32,87	56,6
<b>TN(mg/L)</b>	19,18	16	10,09
<b>TOC(mg/L)</b>	33,28	19,46	7,471

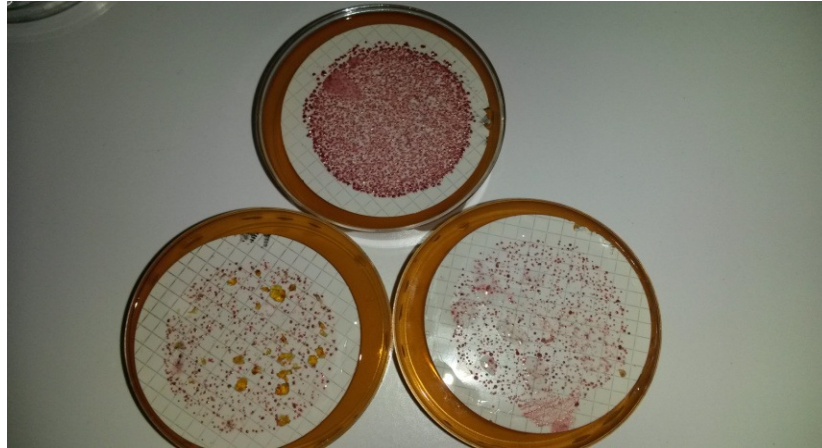


**Εικόνα 2.11: Πρώτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 2<sup>ου</sup> δείγματος για E.coli.**



**Εικόνα 2.12: Δεύτερη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 2<sup>ου</sup> δείγματος για Κόκκους.**





Εικόνα 2.13: Τρίτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 2<sup>ου</sup> δείγματος για Κόκκους.

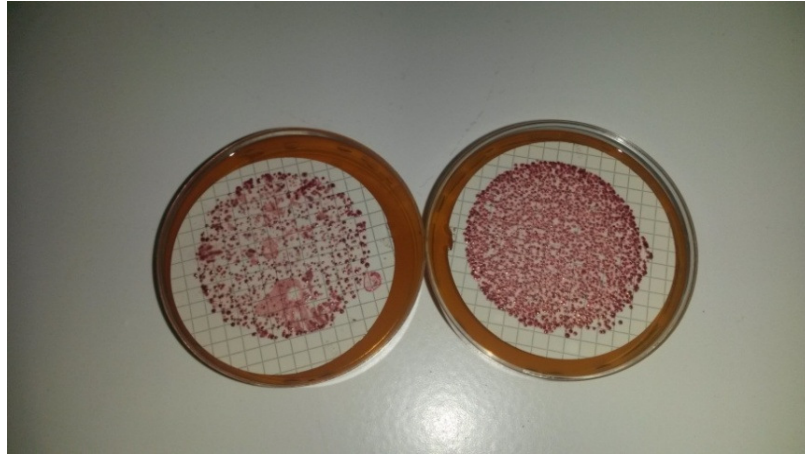
➤ Για το 3<sup>ο</sup> δείγμα:

Πίνακας 2.22: Στοιχεία για το 3<sup>ο</sup> δείγμα.

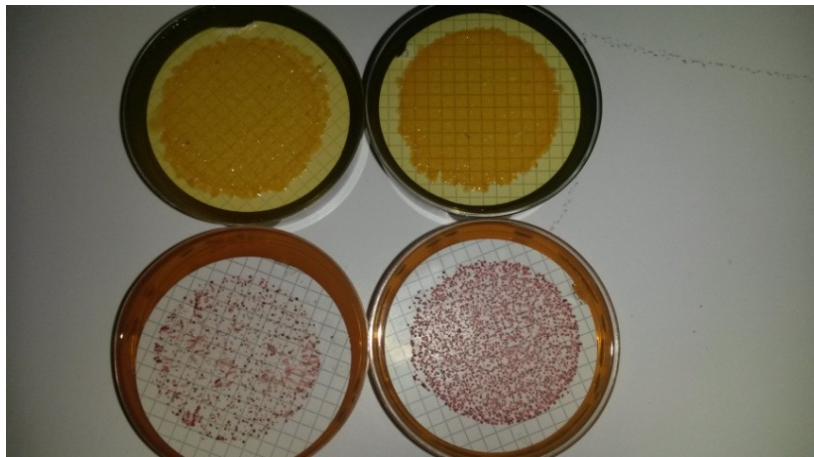
	BIOCH3EXIT	BIOCH3ENTR
TC(mg/L)	54,36	72
IC(mg/L)	46,93	58,16
TN(mg/L)	6,619	10,12
TOC(mg/L)	7,432	13,82

Πίνακας 2.23: Στοιχεία για το 3<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 1 ημέρα.

	ΜΑΡΤΒΙΟCH3EXIT	ΜΑΡΤΒΙΟCH3ENTR	A11	A9
TC(mg/L)	51,22	67,26	6,958	6,04
IC(mg/L)	47,31	57,95	0,267	0,293
TN(mg/L)	6,346	7,618	2,21	2,06
TOC(mg/L)	3,911	9,309	6,691	5,747
	BIOCH3EXITA11	BIOCH3ENTRA11	BIOCH3EXITA9	BIOCH3ENTRA9
TC(mg/L)	53,88	62,04	56,58	63,1
IC(mg/L)	24,63	29,94	33,28	37,75
TN(mg/L)	12,07	18,27	10,76	15,43
TOC(mg/L)	29,25	32,1	23,3	25,36



Εικόνα 2.14: Πρώτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 3<sup>ου</sup> δείγματος για Κόκκους.



Εικόνα 2.15: Δεύτερη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 3<sup>ου</sup> δείγματος για E.coli και για Κόκκους.

➤ Για το 4<sup>ο</sup> δείγμα:

Πίνακας 2.24: Στοιχεία για το 4<sup>ο</sup> δείγμα.

	BIOCH4EXIT	BIOCH4ENTR
TC(mg/L)	61,22	69,43
IC(mg/L)	55,21	60,19
TN(mg/L)	7,117	8,614
TOC(mg/L)	6,014	8,526

Πίνακας 2.25: Μετρήσεις HACH στις 15/3/2016.

	Νερό εισόδου	Νερό εξόδου
NO <sub>2</sub> (mg/L)	0,091	-
NO <sub>3</sub> (mg/L)	0,178	5,3
PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,56	0,484

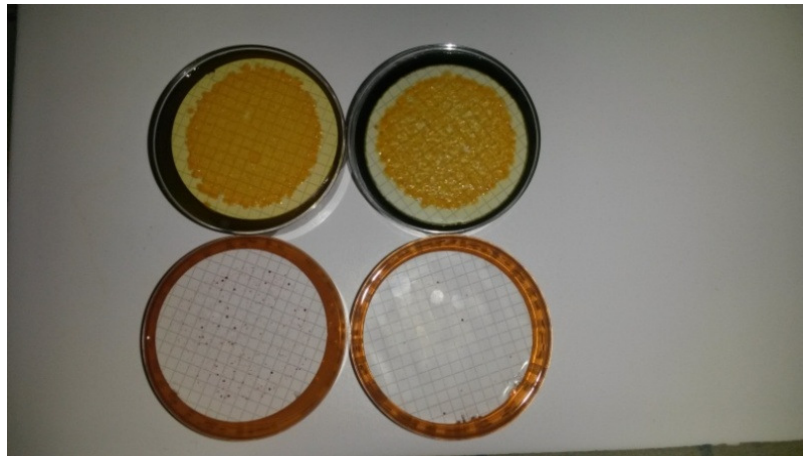


Πίνακας 2.26: Μετρήσεις HACH μετά από 1 ημέρα.

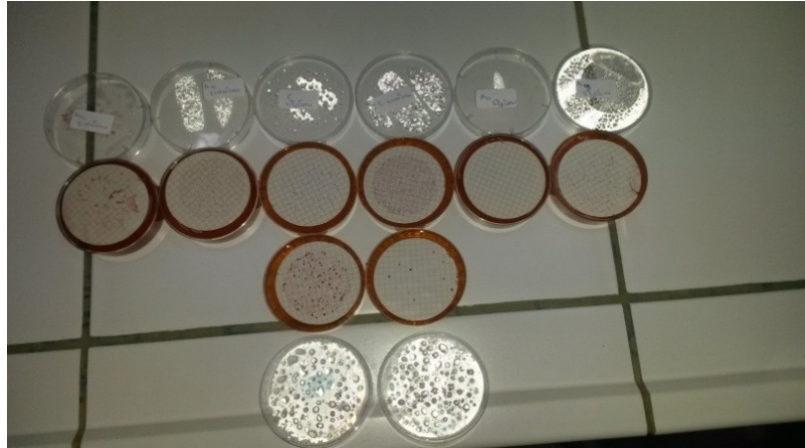
	CEXIT	CENTR	A11EXIT	A11ENTR	A9EXIT	A9ENTR
NO <sub>3</sub> (mg/L)	5,1	0,193	1,45	0,576	2,64	0,311
PO <sub>4</sub> (mg/L)	0,128	0,13	0,087	0,06	0,107	0,044

Πίνακας 2.27: Στοιχεία για το 4<sup>ο</sup> δείγμα μετά από 1 ημέρα.

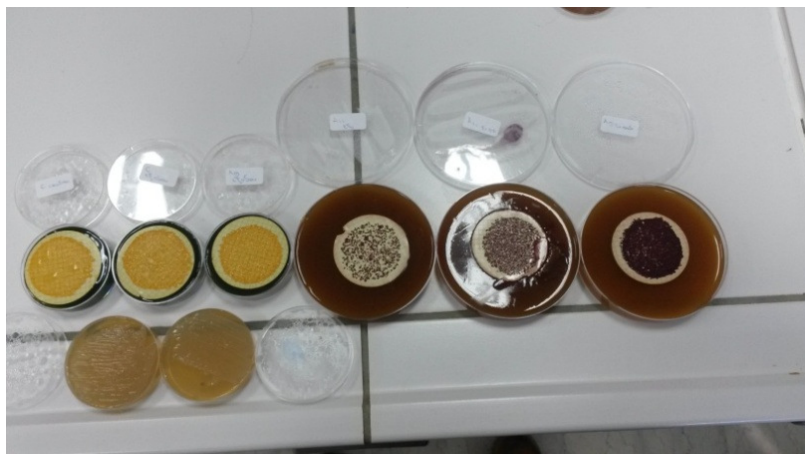
	ΜΑΡΤΒΙΟCH4EXIT	ΜΑΡΤΒΙΟCH4ENTR	A11	A9
TC(mg/L)	56,44	67,5	11,95	6,373
IC(mg/L)	51,45	58,59	0,381	0,324
TN(mg/L)	6,756	8,462	2,72	2,081
TOC(mg/L)	4,99	8,917	11,57	6,05
TC(mg/lt)	<b>BIOCH4EXITA11</b>	<b>BIOCH4ENTRA11</b>	<b>BIOCH4EXITA9</b>	
TC(mg/L)	53,1	60,79	54,75	
IC(mg/L)	22,86	25,22	32,83	
TN(mg/L)	11,42	18,73	9,669	
TC(mg/L)	<b>BIOCH4ENTRA9</b>	<b>CEXIT</b>	<b>CENTR</b>	
IC(mg/L)	62,81	55,76	67,6	
TN(mg/L)	37,19	51,4	58,97	
TOC(mg/L)	14,81	6,67	7,6	



Εικόνα 2.16: Πρώτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 4<sup>ου</sup> δείγματος για E.coli και για Κόκκους.



Εικόνα 2.17: Δεύτερη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 4<sup>ου</sup> δείγματος για Κόκκους.



Εικόνα 2.18: Τρίτη φωτογραφία του 2<sup>ου</sup> πειράματος του 4<sup>ου</sup> δείγματος για E.coli.

Συνοπτικά ενδεικτικά αποτελέσματα απομάκρυνσης οργανικού φορτίου και θρεπτικών από δύο αντιπροσωπευτικά οργανικά υδροπηκτώματα παρουσιάζονται στον ακόλουθο Πίνακα.

	A9	A11
R(%) TN	49	47
R(%) TOC	45	52
R (%) PO43-	77	82
R (%) NO3-	55	73

## 2.6 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ

Παρασκευάστηκαν τέσσερα διαλύματα χρωστικών εργαστηριακά, για να ελεγχθεί κατά πόσο τα υδροπηκτώματα έχουν την ικανότητα να προσροφάνε τις χρωστικές. Ζυγίστηκε, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, η απαιτούμενη ποσότητα χρωστικής και στη συνέχεια, αφού τοποθετήθηκε η εκάστοτε σκόνη χρωστικής, στην προβλεπόμενη ογκομετρική φιάλη των 1000 mL.

Τέλος συμπληρώθηκε μέχρι τη χαραγή υπερκάθαρο νερό (σε μια χρωστική χρειάστηκε να κάνουμε περαιτέρω αραιώση λόγω δυσκολίας διαλυτοποίησης αυτής), τιτλοδοτήθηκε και πωματίστηκε.

Οι χρωστικές κλείστηκαν με παραφίλμ (για την αποφυγή εξάτμισης και προσμίξεων) και παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των μετρήσεων. Στη συνέχεια ποσότητα χρωστικής τοποθετήθηκε σε εφτά ποτήρια ζέσεως των 50 mL (για την κάθε χρωστική, δηλαδή συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 28 ποτήρια ζέσεως), από 20 mL στο κάθε ποτήρι. Στη συνέχεια ζυγίστηκαν, με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού, τα εφτά υδροπηκτώματα (περίπου 0,2 gr) που είχαν επιλεχτεί, η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλες τις χρωστικές. Τέλος τοποθετήθηκαν τα υδροπηκτώματα στα ποτήρια ζέσεως.

Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, με τη βοήθεια του μηχανήματος φασματοσκοπίας σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Μετά τις πρώτες μετρήσεις παρατηρήθηκε πως τα δείγματα μας ήταν πολύ πυκνά, συνεπώς δεν είχαμε αποτελέσματα που να μπορούσαν να αξιολογηθούν, για αυτό πραγματοποιήθηκε αραιώση των δειγμάτων με 20 mL υπερκάθαρου νερού αντιστοίχως. Μετά την ολοκλήρωση του πειράματος μεταβλήθηκαν οι συγκεντρώσεις από τις χρωστικές, αλλά παρέμεινε σταθερή η ποσότητα των υδροπηκτωμάτων για να φτιάξουμε καμπύλη βαθμονόμησης. Υπήρξε επανάληψη του πειράματος με διαφορετικές συγκεντρώσεις των υδροπηκτωμάτων για να βρεθεί η βέλτιστη προσρόφηση από τα υδροπηκτώματα.

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες, τους όγκους και το χρόνο:

Πίνακας 2.28: Στοιχεία της σχέσης των Χρωστικών με τις Συγκεντρώσεις (M).

Χρωστικές	Συγκεντρώσεις (M)
Methylene blue Hydrate	$10^{-3}$ /1 L
Crystal Violet	$10^{-3}$ /1 L
Basic Blue 41	$10^{-3}$ /500 mL
Acridine Orange base	$5 \cdot 10^{-3}$ /1 L

Πίνακας 2.29: Στοιχεία της σχέσης της μάζας με τις Methylene Blye Hydrate και Crystal Violet.

m(g)	METHYLENE BLYE HYDRATE	CRYSTAL VIOLET
A4	0,019	0,034
A6	0,031	0,027
A7	0,029	0,023
A8	0,029	0,023
A9	0,028	0,028
A10	0,022	0,02
A11	0,023	0,022



Εικόνα 2.19: Παρασκευή χρωστικών διαλυμάτων εργαστηριακά Crystal Violet και Methylene Blye Hydrate για την πειραματική διαδικασία του 3<sup>ου</sup> πειράματος.

Πίνακας 2.30: Στοιχεία της σχέσης της Ξήρανσης με τις Methylene Blye Hydrate και Crystal Violet.

m(g) Ξήρανσης	Methylene blye hydrate	Crystal violet
A4	0,024	0,036
A6	0,036	0,035
A7	0,029	0,025
A8	0,032	0,025
A9	0,036	0,033
A10	0,024	0,023
A11	0,026	0,027

Πίνακας 2.31: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων.

Χρόνος μετρήσεων	Συχνότητα μετρήσεων
3 <sup>η</sup> ημέρα	1 φορά
5 <sup>η</sup> ημέρα	1 φορά

Επαναλήφθηκε το πείραμα με τα υδροπηκτώματα που είχαν τη καλύτερη προσρόφηση σε διάφορες συγκεντρώσεις, για να ελεγχθεί σε ποιες ποσότητες έχει τη βέλτιστη προσρόφηση. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε είναι η ίδια μόνο που πραγματοποιήθηκε από την αρχή αραίωση στα δείγματά μας.

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες, τους όγκους και το χρόνο:

Πίνακας 2.32: Στοιχεία της σχέσης των Χρωστικών με τις Συγκεντρώσεις (M).

Χρωστικές	Συγκεντρώσεις (M)
Methylene blue Hydrate	$10^{-3} / 1 \text{ L}$
Crystal Violet	$10^{-3} / 1 \text{ L}$
Basic Blue 41	$10^{-3} / 500 \text{ ml}$
Acridine Orange base	$5 \cdot 10^{-3} / 1 \text{ L}$

Πίνακας 2.33: Στοιχεία της σχέσης της μάζας με τις Methylene Blye Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue 41, και Acridine Orange base.

m(g)	Methylene blue Hydrate	Crystal Violet	Basic Blue 41	Acridine Orange base
A6	0,056	0,05	0,049	0,046
A6	0,100	0,113	0,104	0,101
A6	0,209	0,199	0,203	0,203
A7	0,051	0,054	0,050	0,052
A7	0,100	0,121	0,116	0,132
A7	0,208	0,212	0,239	0,208

Πίνακας 2.34: Στοιχεία της σχέσης της μάζας μετά την προσρόφηση και ξήρανση με τις Methylene Blye Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue 41, και Acridine Orange base.

m(gr) μετά την προσρόφηση και ξήρανση	Methylene blue Hydrate	Crystal Violet	Basic Blue 41	Acridine Orange base
A6	0,072	0,063	0,059	0,058
A6	0,121	0,141	0,198	0,115
A6	0,252	0,235	0,24	0,241
A7	0,062	0,07	0,059	0,059
A7	0,124	0,152	0,138	0,165
A7	0,257	0,346	0,278	0,253

Πίνακας 2.35: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων.

Χρόνος μετρήσεων	Συχνότητα μετρήσεων
3 <sup>η</sup> ημέρα	1 φορά
11 <sup>η</sup> ημέρα	1 φορά

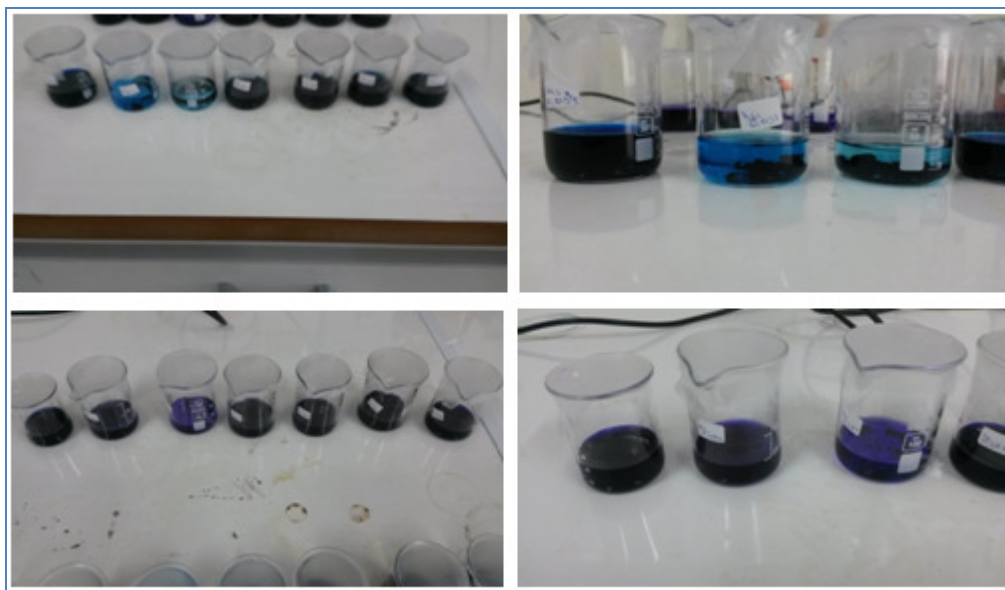
## 2.7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗΣ ΑΠΟ ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΧΡΩΣΤΙΚΩΝ

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων προσρόφησης από πρότυπα διαλύματα οργανικών χρωστικών παρουσιάζονται στους παρακάτω πίνακες:

### ➤ Μετρήσεις:

Πίνακας 2.36: Στοιχεία για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.

CV	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	575	2,915
A6	406	0,218
A6	355,5	0,564
A6	344	0,476
A7	590	1,746
A7	429	0,072
MBH	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	664,5	1,077
A6	624	0,638
A7	664	0,216

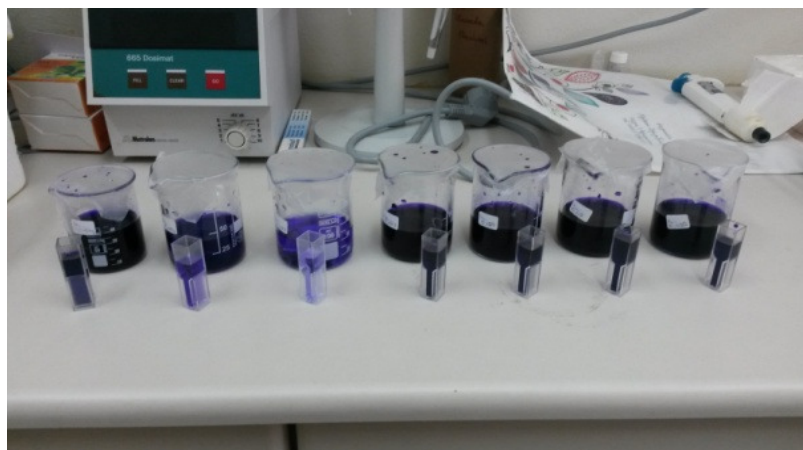


Εικόνα 2.20: Απεικόνιση των διαλυμάτων Methylene Blue Hydrate και Crystal Violet .

➤ **Μετρήσεις:**

**Πίνακας 2.37: Στοιχεία για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.**

CV	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A4	386	0,985
A4	400	0,244
A4	344	0,77
A6	303	1,704
A6	409,5	0,058
A6	343,5	0,142
A7	590,5	0,622
A7	433	-0,004
A7	340,5	0,018
A8	-	-
A9	-	-
A10	-	-
A11	-	-



**Εικόνα 2.21: Απεικόνιση των διαλυμάτων Crystal Violet.**

**Πίνακας 2.38: Εκ νέου στοιχεία για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.**

ΜΒΗ	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A4	396	0,46
A4	417,5	0,288
A4	373	0,343
A6	664,5	0,553
A7	663,5	0,089
A8	-	-
A9	-	-
A10	-	-
A11	-	-





Εικόνα 2.22: Εκ νέου απεικόνιση των διαλυμάτων Methylene Blue Hydrate.

➤ Μετρήσεις καμπύλης βαθμονόμησης:

Πίνακας 2.39: Μετρήσεις βαθμονόμησης για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.

CV	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
$10^{-3}$ M	-	-
$10^{-3}$ M	-	-
$10^{-3}$ M	590	0,789
$10^{-3}$ M	340,5	-0,035
$10^{-3}$ M	590	0,039
$5 \cdot 10^{-3}$ M	581,5	2,852
$5 \cdot 10^{-3}$ M	303	1,083
$5 \cdot 10^{-3}$ M	343,5	0,023
$5 \cdot 10^{-3}$ M	590,5	0,366
MBH	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
$10^{-3}$ M	-	-
$10^{-3}$ M	-	-
$10^{-3}$ M	664,5	0,571
$10^{-3}$ M	-	-
$5 \cdot 10^{-3}$ M	-	-
$5 \cdot 10^{-3}$ M	664,5	0,158

## 2.7.1 ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΟΣ

Πραγματοποιήθηκε επανάληψη πειράματος για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

Πίνακας 2.40: Επανάληψη μετρήσεων για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.

<b>CV</b>	<b>ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (<math>\lambda</math>)</b>	<b>ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ</b>
A6	590,5	0,847
A6	590,5	1,122
A6	580,5	2,899
A6	303,5	1,192
A7	590,5	0,505
A7	377,5	0,142
A7	590	1,82
A7	304	0,451
A7	588,5	2,795
A7	303,5	0,788
<b>MBH</b>	<b>ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (<math>\lambda</math>)</b>	<b>ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ</b>
A6	664,5	0,643
A6	664,5	0,485
A6	664,5	1,007
A7	663,5	0,168
A7	664	0,417
A7	664,5	0,652
<b>Aor</b>	<b>ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (<math>\lambda</math>)</b>	<b>ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ</b>
A6	-	-
A6	-	-
A6	489	0,147
A7	-	-
A7	470	0,106
A7	488	0,137
<b>Bb41</b>	<b>ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ(<math>\lambda</math>)</b>	<b>ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ</b>
A6	609	0,51
A6	609	0,588
A6	608	1
A7	607	0,252
A7	607	0,259
A7	608,5	0,467

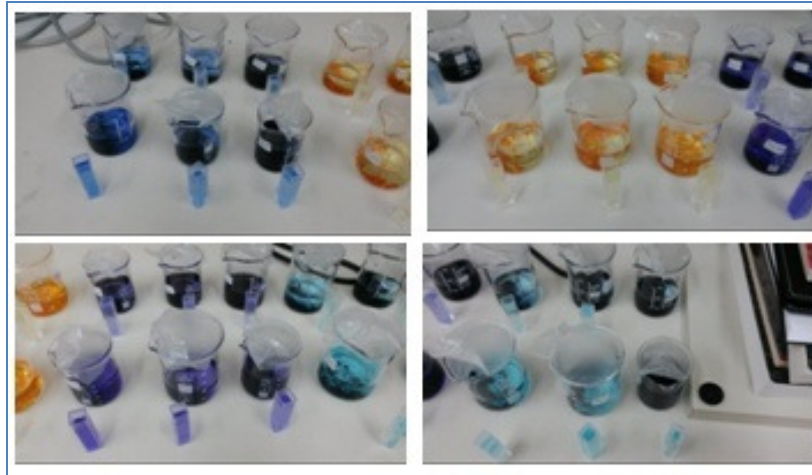


Εικόνα 2.23: Απεικόνιση των διαλυμάτων κατά την επανάληψη πειράματος.

Πραγματοποιήθηκε, πάλι, επανάληψη πειράματος για την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

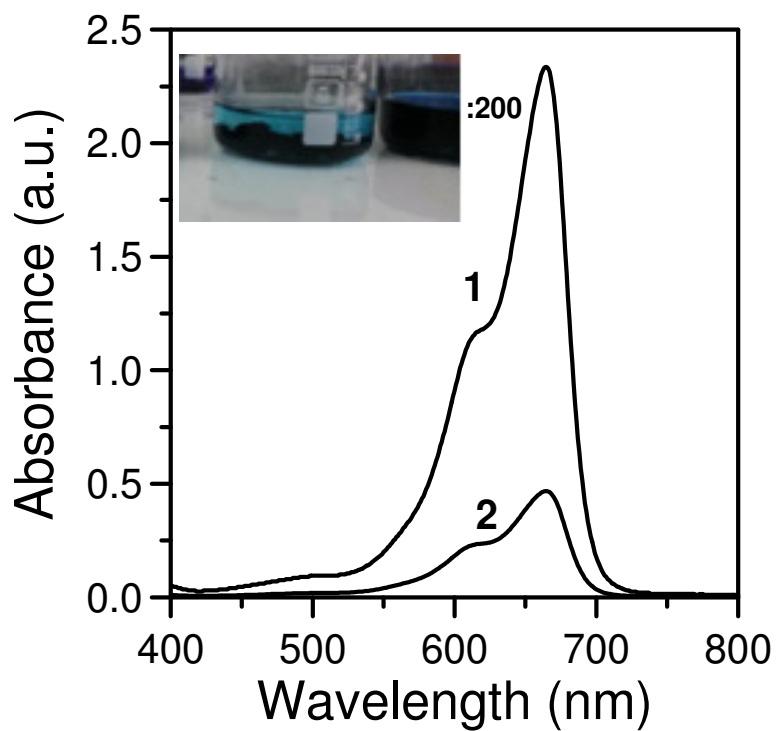
Πίνακας 2.41: Επανάληψη μετρήσεων για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση.

CV	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	590,5	0,374
A6	590	0,513
A6	590,5	0,971
A7	590,5	0,22
A7	590,5	0,179
A7	590,5	0,211
MBH	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	664,5	0,206
A6	664	0,27
A6	664	0,355
A7	663	0,128
A7	664	0,114
A7	329,5	0,134
A7	663,5	0,124
Aor	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	328,5	0,145
A6	-	-
A6	-	-
A7	-	-
A7	-	-
A7	-	-
Bb41	ΜΗΚΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ( $\lambda$ )	ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ
A6	608,5	0,216
A6	608,5	0,284
A6	609	0,372
A7	-	-
A7	-	-
A7	606	0,115



Εικόνα 2.24: Απεικόνιση των διαλυμάτων κατά την επανάληψη πειράματος.

Στο Σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται το σημαντικό ποσοστό μείωσης της απορρόφησης στην περιοχή UV-Vis για την θετικά φορτισμένη οργανική χρωστική Methylene Blue hydrate από ανιονικό υδροπλήκτωμα  $x=0.5$



## 2.8 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ

Στο σημείο αυτό, της εξακρίβωσης της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, θέλουμε να εξεταστεί πόσο ακριβώς το κάθε ένα μπορεί να συγκρατήσει ποσότητα υγρού. Αυτό επετεύχθη με τη βοήθεια του τύπου Swelling Ratio [(m αρχικό / m τελικό) \*100]. Τοποθετήθηκαν σε επτά ποτήρια ζέσεως των 100mL , 40mL υπερκάθαρο νερό και στη συνέχεια προστέθηκε για το καθένα, όχι συγκεκριμένη ποσότητα από τα gel μας, αλλά ένα καθαρό κομμάτι που θα μπορούσε να ανακτηθεί εύκολα. Ζυγίστηκαν με τη βοήθεια του αναλυτικού ζυγού και τέλος κλείστηκαν με παραφίλμ.

Μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της προσροφητικής ικανότητας των υδροπηκτωμάτων, με την επαναζύγιση αυτών.

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες, τους όγκους και το χρόνο:

Πίνακας 2.42: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων.

Χρόνος μετρήσεων	Συχνότητα μετρήσεων
1 h	1 φορά
24 h	1 φορά

Πίνακας 2.43: Τιμές αρχικής μάζας.

	m(gr)Αρχική
A4	0,21
A6	0,079
A7	0,365
A8	0,157
A9	0,158
A10	0,076
A11	0,073

## 2.9 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΔΙΟΓΚΩΣΗΣ

Τα αποτελέσματα του 4<sup>ου</sup> πειράματος συνοψίζονται στους παρακάτω πίνακες:

### ➤ Μετρήσεις:

**Πίνακας 2.44: Τιμές αρχικής μάζας, μετά από 1 ώρα και τελική.**

	<b>m(gr)Αρχική</b>	<b>1h</b>	<b>24hΤελική</b>
<b>A4</b>	0,21	1,347	2,069
<b>A6</b>	0,079	1,331	2,177
<b>A7</b>	0,365	5,842	7,999
<b>A8</b>	0,157	2,168	2,638
<b>A9</b>	0,158	1,998	2,771
<b>A10</b>	0,076	1,351	1,681
<b>A11</b>	0,073	1,462	1,723

➤ **Μετρήσεις:**

**Πίνακας 2.45: Τιμές Swelling ratio.**

	<b>Swelling ratio</b>
<b>A4</b>	185,9
<b>A6</b>	209,8
<b>A7</b>	763,4
<b>A8</b>	248,1
<b>A9</b>	261,3
<b>A10</b>	160,5
<b>A11</b>	165

### **3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΒΙΟΣΤΑΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΑΠΟ ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΕΣ ΜΗΤΡΕΣ ΜΕ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ TOC-TN»**

#### **3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ**

Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι το PS7/PMMA αδρανές πολυμερικό υλικό, στο οποίο στη μήτρα του είναι εγκλωβισμένο το πολυμερικό υλικό PS7 που έχει αντιμικροβιακή βάση. Το πείραμα θα διεξαχθεί με διαφορετικές συγκεντρώσεις (5%, 10%, 23% και 40%) και σε μεγάλη διάρκεια χρόνου, για να ελεγχθεί η ταχύτητα της αποδέσμευσης του υλικού στο νερό. Επαναλήφθηκε το πείραμα με διαφορετικό χρόνο ελέγχου.

#### **3.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ**

Ζυγίστηκαν τα δείγματά μας, με τη βοήθεια αναλυτικού ζυγού, πριν απομακρυνθεί η απαιτούμενη ποσότητα για το πείραμα. Με ένα ψαλίδι κόπηκε το κάθε δείγμα σε 5-6 ισοβαρή κομμάτια, ξανά ζυγίστηκαν και καταγράφηκαν τα νέα βάρη. Χρησιμοποιήθηκαν οχτώ φιάλες με πόμα των 250mL και προστέθηκαν σε όλα 100mL υπερκάθαρου νερού, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου. Τις τέσσερις από αυτές τις τοποθετήσαμε σε θερμοκρασία δωματίου υπό ανάδευση, με μαγνητικό αναδευτήρα. Στο καθένα τοποθετήθηκε ένα κομμάτι από το δείγμα μας (η κάθε φιάλη περιέχει κομμάτι δείγματος με διαφορετική συγκέντρωση).

Στις άλλες τέσσερις «δίδυμες» φιάλες πραγματοποιήθηκε η ίδια ακριβώς διαδικασία, μόνο που αυτές τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 45°C χωρίς ανάδευση. Τα πειράματα παρέμειναν έτσι καθ' όλη τη διάρκεια του ελέγχου και των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

Δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον προβλεπόμενο χρόνο, για τον έλεγχο της αποδέσμευσης του βιοστατικού υλικού, με τη βοήθεια του μηχανήματος TOC-TN.

### 3.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

Σε οχτώ δοκιμαστικούς σωλήνες προστέθηκε 9mL υπερκάθαρο νερό, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου. Στη συνέχεια προστέθηκε 1mL από το δείγμα μας που βρισκόταν στις φιάλες, με τη βοήθεια ηλεκτρονικής πιπέτας. Αναδεύθηκε, αφού πωματίστηκε, και τέλος μετρήθηκε με το μηχάνημα. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την επιστροφή του 1mL που απομακρύνθηκε με 1mL υπερκάθαρου, με τη βοήθεια ηλεκτρονικής πιπέτας. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται κάθε φορά που γίνεται δειγματοληψία για όλα τα δείγματα.

Στην επανάληψη του πειράματος με διαφορετικό χρόνο ελέγχου τροποποιήθηκε επίσης η ποσότητα του δείγματος και δεν τοποθετήθηκε κανένα δείγμα υπό θέρμανση μόνο θερμοκρασία δωματίου. Έτσι είχαμε:

Σε τέσσερις δοκιμαστικούς σωλήνες προστέθηκαν 8mL υπερκάθαρου νερού, με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου. Στη συνέχεια προστέθηκαν 2mL από το δείγμα μας που βρισκόταν στις φιάλες, με τη βοήθεια ηλεκτρονικής πιπέτας. Αναδεύτηκε, αφού πωματίστηκε, και τέλος μετρήθηκε με το μηχάνημα. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την επιστροφή του 2mL που απομακρύνθηκε, με 2mL υπερκάθαρου, με τη βοήθεια ηλεκτρονικής πιπέτας. Η διαδικασία επαναλαμβάνονταν κάθε φορά που γινόταν δειγματοληψία για όλα τα δείγματα.

Ακολουθούν πίνακες με τις μάζες, τους όγκους και το χρόνο:

**Πίνακας 3.1: Στοιχεία για συγκεντρώσεις του υλικού με την μάζα πριν το τεμαχισμό (gr)**

Συγκεντρώσεις του υλικού	Μάζα πριν το τεμαχισμό (gr)
PS7/pmmA 5%	0,7785
PS7/pmmA 10%	0,6595
PS7/pmmA 23%	0,5905
PS7/pmmA 40%	0,8783

**Πίνακας 3.2: Στοιχεία για συγκεντρώσεις του υλικού (100mL νερού) με την μάζα μετά το τεμαχισμό (gr)**

Συγκεντρώσεις του υλικού/100mL νερού	Μάζα μετά το τεμαχισμό(gr)
PS7/pmmA 5%(Θ δωματίου)	0,1824
PS7/pmmA 5%(Θ στους 45°C)	0,1234
PS7/pmmA 10%(Θ δωματίου)	0,1359
PS7/pmmA 10%(Θ στους 45°C)	0,1503
PS7/pmmA 23%(Θ δωματίου)	0,0984



PS7/pmmA 23%(Θ στους 45°C)	0,0917
PS7/pmmA 40%(Θ δωματίου)	0,1045
PS7/pmmA 40%(Θ στους 45°C)	0,1769

Πίνακας 3.3: Στοιχεία για τον Χρόνο μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων.

Χρόνος μετρήσεων	Συχνότητα μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	30min, 1h, 3h
2 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά
3 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά
2 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά
3 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά
4 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά
7 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά

#### Επανάληψη πειράματος:

Πίνακας 3.4: : Στοιχεία Συγκεντρώσεις υλικού (200mL νερού) με την Μάζα(gr).

Συγκεντρώσεις του υλικού / 200 mL νερού	Μάζα (gr)
PS7/pmmA 5%	0,291
PS7/pmmA 10%	0,248
PS7/pmmA 23%	0,253
PS7/pmmA 40%	0,501

Χρόνος Μετρήσεων	Συχνότητα Μετρήσεων
1 <sup>η</sup> Ημέρα	10 min, 20 min, 30 min, 40 min, 50 min, 70 min, 90 min, 110 min, 140 min, 170 min
2 <sup>η</sup> Ημέρα	1 Φορά
1 <sup>η</sup> Εβδομάδα	1 Φορά

### 3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα του πειράματος φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

#### 1. Μετά από 30 min:

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα μετά από 30 min.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	0,158	3,899	8,581	9,277
IC(mg/L)	0,225	0,974	0,902	1,078
TN(mg/L)	0	0,097	0,9	0,422
TOC(mg/L)	0,067	2,925	7,679	8,199
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	2,433	2,264	5,726	15,36
IC(mg/L)	0,16	0,8	0,678	0,749
TN(mg/L)	0	0	0,565	1,839
TOC(mg/L)	2,273	1,464	5,047	14,61

#### 2. Μετά από 1h:

Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα μετά από 1h.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	2,336	3,104	8,364	5,62
IC(mg/L)	0,613	1,358	0,624	0,589
TN(mg/L)	0	0	0,87	0,5
TOC(mg/L)	1,723	1,746	7,737	5,03
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,523	2,234	6,842	30,23
IC(mg/L)	0,329	0,66	0,847	1,271
TN(mg/L)	0	0	0,622	3,889
TOC(mg/L)	1,194	1,574	5,995	28,96

### 3. Μετά από 3 h:

Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα μετά από 3h.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	3,637	2,291	8,084	6,378
IC(mg/L)	0,887	0,893	0,898	1,037
TN(mg/L)	0,114	0,085	0,921	0,746
TOC(mg/L)	2,75	1,398	7,186	5,341
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	3,591	2,084	9,041	30,75
IC(mg/L)	0,817	0,84	2,242	0,868
TN(mg/L)	0,12	0,087	0,923	4,162
TOC(mg/L)	2,774	1,244	6,798	29,88

### 4. Μετά από 1d:

Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα μετά από 1d.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	2,16	2,887	9,243	5,537
IC(mg/L)	0,632	0,867	0,67	0,751
TN(mg/L)	0,252	0,367	1,326	0,544
TOC(mg/L)	1,528	2,019	8,573	4,786
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	2,303	2,922	5,62	30,05
IC(mg/L)	0,692	0,748	0,632	0,588
TN(mg/L)	0,294	0,44	0,566	4,059
TOC(mg/L)	1,611	2,174	4,987	29,47

### 5. Μετά από 2d:

Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα μετά από 2d.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	1,798	3,254	8,852	5,402
IC(mg/L)	0,693	0,909	0,728	0,412
TN(mg/L)	0,099	0,198	1,128	0,593
TOC(mg/L)	1,106	2,345	8,124	4,99
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,699	2,126	6,943	30,64

IC(mg/L)	0,709	0,661	0,697	0,549
TN(mg/L)	0,065	0,214	0,927	4,021
TOC(mg/L)	0,99	1,465	6,247	30,09

## 6. Μετά από 3d:

Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα μετά από 3d.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	2,899	1,854	8,983	5,702
IC(mg/L)	0,756	0,843	0,776	0,897
TN(mg/L)	0,166	0,102	1,002	0,632
TOC(mg/L)	2,142	1,011	8,207	4,805
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,768	1,884	5,706	29,78
IC(mg/L)	0,784	0,789	0,535	0,631
TN(mg/L)	0,098	0,112	0,662	4,616
TOC(mg/L)	0,984	1,095	5,172	29,15

## 7. Μετά από 2w:

Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα μετά από 2w.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	1,886	2,199	7,837	5,876
IC(mg/L)	0	1,229	0,753	0,895
TN(mg/L)	0,742	0	0,828	0,496
TOC(mg/L)	1,144	0,969	7,084	4,981
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,692	2,064	5,04	29,74
IC(mg/L)	0,898	1,271	0,463	0,708
TN(mg/L)	0	0	0,479	3,776
TOC(mg/L)	0,801	0,793	4,577	29,03

## 8. Μετά από 3w:

Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα μετά από 3w.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	3,59	1,351	7,407	5,66
IC(mg/L)	0,287	0,331	0,349	0,336
TN(mg/L)	0,151	0	0,887	0,534
TOC(mg/L)	3,303	1,02	7,058	5,231
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,222	1,19	5,03	29,94
IC(mg/L)	0,382	0,32	0,308	0,384
TN(mg/L)	0,102	0	0,519	3,813
TOC(mg/L)	0,89	0,869	4,722	29,56

## 9. Μετά από 4w:

Πίνακας 3.13: Αποτελέσματα μετά από 4w.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	1,468	1,648	6,818	5,093
IC(mg/L)	0,351	0,354	0,346	0,313
TN(mg/L)	0,151	0	0,773	0,479
TOC(mg/L)	1,118	1,294	6,471	4,78
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,148	1,07	4,837	28,16
IC(mg/L)	0,337	0,342	0,306	0,346
TN(mg/L)	0	0	0,5	3,607
TOC(mg/L)	0,81	0,728	4,531	27,81

## 10. Μετά από 7w:

Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα μετά από 7w.

	PS7/PMMA 5%	PS7/PMMA 10%	PS7/PMMA 23%	PS7/PMMA 40%
TC(mg/L)	2,544	1,345	7,026	5,112
IC(mg/L)	0,124	0,328	0,216	0,371
TN(mg/L)	0,109	0	0,823	0,501
TOC(mg/L)	2,42	1,018	6,81	4,741
	PS7/PMMA 5% Θ	PS7/PMMA 10% Θ	PS7/PMMA 23% Θ	PS7/PMMA 40% Θ
TC(mg/L)	1,074	0,868	4,638	28,74
IC(mg/L)	0,152	0,177	0,183	0,202
TN(mg/L)	0	0,049	0,542	3,603
TOC(mg/L)	0,922	0,692	4,455	28,53

## Επανάληψη πειράματος για διάφορους χρόνους:

Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος.

Μετά από 10 min	PS7/PMMA 5%	Μετά από 90 min	PS7/PMMA 5%
TC(mg/L)	1,25	TC(mg/lt)	0,896
IC(mg/L)	0,33	IC(mg/lt)	0,305
TN(mg/L)	0	TN(mg/lt)	0
TOC(mg/L)	0,92	TOC(mg/lt)	0,59
Μετά από 20 min	PS7/PMMA 5%	Μετά από 110 min	PS7/PMMA 5%
TC(mg/L)	1,092	TC(mg/lt)	0,891
IC(mg/L)	0,394	IC(mg/lt)	0,314
TN(mg/L)	0,127	TN(mg/lt)	0,092
TOC(mg/L)	0,698	TOC(mg/lt)	0,577
Μετά από 30 min	PS7/PMMA 5%	Μετά από 140 min	PS7/PMMA 5%
TC(mg/L)	0,899	TC(mg/lt)	0,873
IC(mg/L)	0,315	IC(mg/lt)	0,295
TN(mg/L)	0	TN(mg/lt)	0,102
TOC(mg/L)	0,584	TOC(mg/lt)	0,578
Μετά από 40 min	PS7/PMMA 5%	Μετά από 170 min	PS7/PMMA 5%
TC(mg/L)	0,822	TC(mg/lt)	1,011
IC(mg/L)	0,294	IC(mg/lt)	0,32
TN(mg/L)	0	TN(mg/lt)	0
TOC(mg/L)	0,529	TOC(mg/lt)	0,691
Μετά από 50 min	PS7/PMMA 5%	Μετά από 24h	PS7/PMMA 5%
TC(mg/L)	0,788	TC(mg/lt)	
IC(mg/L)	0,293	IC(mg/lt)	

TN(mg/L)	0	TN(mg/lt)	
TOC(mg/L)	0,494	TOC(mg/lt)	
<b>Μετά από 70 min</b>	<b>PS7/PMMA 5%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ 1w</b>	<b>PS7/PMMA 5%</b>
TC(mg/L)	0,96		
IC(mg/L)	0,316		
TN(mg/L)	0		
TOC(mg/L)	0,644		

Πίνακας 3.16: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος.

<b>Μετά από 10 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>Μετά από 90 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	2,276	TC(mg/lt)	1,763
IC(mg/L)	0,378	IC(mg/lt)	0,389
TN(mg/L)	0,239	TN(mg/lt)	0,245
TOC(mg/L)	1,898	TOC(mg/lt)	1,374
<b>Μετά από 20 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>Μετά από 110 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	2,126	TC(mg/lt)	1,824
IC(mg/L)	0,603	IC(mg/lt)	0,516
TN(mg/L)	0,205	TN(mg/lt)	0,221
TOC(mg/L)	1,523	TOC(mg/lt)	1,308
<b>Μετά από 30 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>Μετά από 140 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	1,869	TC(mg/lt)	1,707
IC(mg/L)	0,444	IC(mg/lt)	0,398
TN(mg/L)	0,211	TN(mg/lt)	0,226
TOC(mg/L)	1,425	TOC(mg/lt)	1,31
<b>Μετά από 40 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>Μετά από 170 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	1,873	TC(mg/lt)	2,436
IC(mg/L)	0,402	IC(mg/lt)	0,362
TN(mg/L)	0,243	TN(mg/lt)	0,38
TOC(mg/L)	1,472	TOC(mg/lt)	2,075
<b>Μετά από 50 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>Μετά από 24h</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	1,969	TC(mg/lt)	
IC(mg/L)	0,374	IC(mg/lt)	
TN(mg/L)	0,242	TN(mg/lt)	
TOC(mg/L)	1,595	TOC(mg/lt)	
<b>Μετά από 70 min</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ 1w</b>	<b>PS7/PMMA 10%</b>
TC(mg/L)	1,775	TC(mg/lt)	3,461
IC(mg/L)	0,447	IC(mg/lt)	0,251
TN(mg/L)	0,116	TN(mg/lt)	0,171
TOC(mg/L)	1,328	TOC(mg/lt)	3,21

Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος.

<b>Μετά από 10 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>Μετά από 90 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	12,7	TC(mg/lt)	14,02
IC(mg/L)	0,241	IC(mg/lt)	0,304
TN(mg/L)	1,967	TN(mg/lt)	2,625
TOC(mg/L)	12,46	TOC(mg/lt)	13,71
<b>Μετά από 20 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>Μετά από 110 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	16,65	TC(mg/lt)	14,67
IC(mg/L)	0,353	IC(mg/lt)	0,34
TN(mg/L)	2,857	TN(mg/lt)	2,579
TOC(mg/L)	16,29	TOC(mg/lt)	14,33
<b>Μετά από 30 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>Μετά από 140 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	16,46	TC(mg/lt)	11,6
IC(mg/L)	0,302	IC(mg/lt)	0,345
TN(mg/L)	2,832	TN(mg/lt)	2,897
TOC(mg/L)	16,16	TOC(mg/lt)	11,26
<b>Μετά από 40 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>Μετά από 170 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	16,47	TC(mg/lt)	17,37
IC(mg/L)	0,292	IC(mg/lt)	0,526
TN(mg/L)	2,791	TN(mg/lt)	2,677
TOC(mg/L)	16,18	TOC(mg/lt)	16,84
<b>Μετά από 50 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>Μετά από 24h</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	16,42	TC(mg/lt)	17,39
IC(mg/L)	0,288	IC(mg/lt)	0,449
TN(mg/L)	2,843	TN(mg/lt)	3,12
TOC(mg/L)	16,13	TOC(mg/lt)	16,95
<b>Μετά από 70 min</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ 1w</b>	<b>PS7/PMMA 23%</b>
TC(mg/L)	15,61	TC(mg/lt)	17,82
IC(mg/L)	0,321	IC(mg/lt)	2,901
TN(mg/L)	2,766	TN(mg/lt)	2,602
TOC(mg/L)	15,29	TOC(mg/lt)	14,92



Πίνακας 3.18: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος.

<b>Μετά από 10 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>Μετά από 90 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	45,53	TC(mg/lt)	52,81
IC(mg/L)	34,54	IC(mg/lt)	0,467
TN(mg/L)	12,67	TN(mg/lt)	9,466
TOC(mg/L)	44,62	TOC(mg/lt)	52,35
<b>Μετά από 20 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>Μετά από 110 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	53,22	TC(mg/lt)	53,34
IC(mg/L)	0,915	IC(mg/lt)	0,607
TN(mg/L)	8,209	TN(mg/lt)	9,601
TOC(mg/L)	53,13	TOC(mg/lt)	52,74
<b>Μετά από 30 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>Μετά από 140 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	54,65	TC(mg/lt)	50,11
IC(mg/L)	0,811	IC(mg/lt)	0,757
TN(mg/L)	9,703	TN(mg/lt)	9,239
TOC(mg/L)	53,84	TOC(mg/lt)	49,35
<b>Μετά από 40 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>Μετά από 170 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	54,7	TC(mg/lt)	53,44
IC(mg/L)	0,585	IC(mg/lt)	0,673
TN(mg/L)	9,601	TN(mg/lt)	0
TOC(mg/L)	54,11	TOC(mg/lt)	52,77
<b>Μετά από 50 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>Μετά από 24h</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	53,92	TC(mg/lt)	67,6
IC(mg/L)	0,522	IC(mg/lt)	2,411
TN(mg/L)	9,492	TN(mg/lt)	0
TOC(mg/L)	53,4	TOC(mg/lt)	65,13
<b>Μετά από 70 min</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>	<b>ΜΕΤΑ ΑΠΟ 1w</b>	<b>PS7/PMMA 40%</b>
TC(mg/L)	54,84	TC(mg/lt)	59,72
IC(mg/L)	0,436	IC(mg/lt)	1,398
TN(mg/L)	9,795	TN(mg/lt)	9,331
TOC(mg/L)	54,41	TOC(mg/lt)	58,32

## 4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ: «ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ»

Νερό από βιολογικό καθαρισμό συλλέχθηκε για βακτηριολογική εξέταση. Τα 100 ml των δειγμάτων που ελέγχθηκαν, διηθήθηκαν με μεμβράνη 0,45 μm (Millipore) χρησιμοποιώντας συσκευή διήθησης υπό θετική πίεση. Οι μεμβράνες, στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν ασηπτικά σε μικρούς δίσκους Petri dishes που ήταν πληρωμένοι με θρεπτικά εκλεκτικά υποστρώματα, για βακτηριολογική εξέταση και την ανάπτυξη καλλιέργειών. Χρησιμοποιήθηκαν τα εξής θρεπτικά (Πούλος, 2016):

3. Slanetz & Bartley ( LAB- MMoss Hall Rd, Heywood , Bury, UK), για την ταυτοποίηση των εντερόκοκκων. Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τα Petri dishes τοποθετήθηκαν σε επωαστήρα στους 44°C για 48h.
4. Λακτόζη TTC άγαρ με Tergitol ( Merck ), για την ταυτοποίηση και καταμέτρηση κολοβακτηριοειδών και E.Coli. Για την ανάπτυξη της καλλιέργειας, τα Petri dishes τοποθετήθηκαν σε επωαστήρα στους 37°C για 24h.

Επίσης για την αναγνώριση και καταμέτρηση των αποικιών στο ηλεκτρονικό μικροσκόπιο, χρησιμοποιήθηκε η χρώση κατά Gram. Για την διάγνωση καθώς και την διαπίστωση της ύπαρξης Κολοβακτηριδοειδών και Εντερόκοκκων, χρησιμοποιήθηκε το τεστ της Οξειδάσης (Merck). Μέρος από τις καλλιέργειες ενοφθαλμίστηκαν σε αποστειρωμένο reptone water broth και εξετάστηκαν για την παρουσία E.coli όπου εφαρμόζεται μία σταγόνα διαλύματος αντιδραστηρίου Kovac του (FLUCA) για την περάτωση της διαδικασίας ανίχνευσης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Skoog, D., Holler, J., & Crouch, S. (2014). *Αρχές Ενόργανης Ανάλυσης* (6th edition εκδ.). (Μ. Καραγιάννης, & Κ. Ευσταθίου, Μεταφρ.) Αθήνα: ΚΩΣΤΑΡΑΚΗ.
- Θηβαίος, Γ. (2008). ΜΕΛΕΤΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ Ν,N-ΔΙΜΕΘΥΛΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ ΚΑΙ Ν-ΙΣΟΠΡΟΠΥΛΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ ΣΕ ΜΙΓΜΑΤΑ ΝΕΡΟΥ - ΤΕΤΡΑΪΔΡΟΦΟΥΡΑΝΙΟΥ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ-ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ-ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ. ΠΑΤΡΑ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.
- Κορομηλάς, Ν. (2016). ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΜΕΛΕΤΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΣΥΜΠΟΛΥΜΕΡΩΝ ΠΟΥ ΦΕΡΟΥΝ ΒΙΟΣΤΑΤΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ-ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ-ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ-ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. ΠΑΤΡΑ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.
- Λόλης, Μ. (2006). ΜΕΛΕΤΗ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ (ΗΜΙ)ΔΙΑΠΛΕΚΟΜΕΝΩΝ ΧΗΜΙΚΩΝ ΥΔΡΟΠΗΚΤΩΜΑΤΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΩΝ ΣΕ Ν-ΙΣΟΠΡΟΠΥΛΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ Η/ΚΑΙ Ν,N-ΜΕΘΥΛΑΚΡΥΛΑΜΙΔΙΟ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ-ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ. ΠΑΤΡΑ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.
- Ξένος, Κ. (2002). *Αναλυτική χημεία*. Αθήνα: Μακεδονικές Εκδόσεις.
- Οικονόμου, Ε. (2009). ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΔΕΣΜΕΥΣΗΣ ΙΟΝΤΩΝ ΔΙΣΘΕΝΟΥΣ ΧΑΛΚΟΥ ΑΠΟ ΣΥΜΛΟΚΑ ΠΟΛΥΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ ΜΕ ΑΝΤΙΘΕΤΑ ΦΟΡΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΟΔΡΑΣΤΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ. ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΠΟΛΥΜΕΡΩΝ-ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ. ΠΑΤΡΑ: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.
- Πούλος, Κ. (2016). *Department of Aquaculture Laboratory of Fish Pathology*. Μεσολόγγι: ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 2.1: Στοιχεία υδροπηκτωμάτων για $\text{NH}_4\text{Cl}$ με την μάζα (gr).....	31
Πίνακας 2.2: Στοιχεία υδροπηκτωμάτων για $\text{KNO}_3$ με την μάζα (gr). ....	31
Πίνακας 2.3: Στοιχεία Χρόνου μετρήσεων για $\text{NH}_4\text{Cl}$ και $\text{KNO}_3$ με την Συχνότητα μετρήσεων. ....	32
Πίνακας 2.4: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/l) μετά από 1 Εβδομάδα για το $\text{NH}_4\text{Cl}$ στις 8/12/2015. ....	32
Πίνακας 2.5: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/l) μετά από 1 ώρα για το $\text{KNO}_3$ στις 25/11/2015.....	33
Πίνακας 2.6: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/l) μετά από 1 Εβδομάδα για το $\text{KNO}_3$ στις 30/11/2015.....	33
Πίνακας 2.7: Στοιχεία για το Βάρος (gr) και το TN (mg/l) μετά από 2Εβδομάδες για το $\text{KNO}_3$ στις 8/12/2015.....	34
Πίνακας 2.8: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/40 ml νερού σε σχέση με την Μάζα(gr).....	41
Πίνακας 2.9: Στοιχεία για τον ΧρόνοΜετρήσεων σε σχέση με την ΣυχνότηταΜετρήσεων..	42
Πίνακας 2.10: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/ 200 ml νερού σε σχέση με την Μάζα(gr)..	42
Πίνακας 2.11: Στοιχεία για τον ΧρόνοΜετρήσεων σε σχέση με την ΣυχνότηταΜετρήσεων.	42
Πίνακας 2.12: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/ 200 ml νερού σε σχέση με την Μάζα(gr)..	42
Πίνακας 2.13: Στοιχεία για τον ΧρόνοΜετρήσεων σε σχέση με την ΣυχνότηταΜετρήσεων.	42
Πίνακας 2.14: Στοιχεία για τα Υδροπηκτώματα/ 200 ml νερού σε σχέση με την Μάζα(gr)..	43
Πίνακας 2.15: Στοιχεία για τον ΧρόνοΜετρήσεων σε σχέση με την ΣυχνότηταΜετρήσεων.	43
Πίνακας 2.16: Οι τιμές του Biochemical Water για το 1 <sup>ο</sup> δείγμα στις 25/1/2016. ....	43
Πίνακας 2.17: Στοιχεία για το 1 <sup>ο</sup> δείγμα στις 26/1/2016 μετά από 1 ημέρα. ....	43
Πίνακας 2.18: Στοιχεία για το 1 <sup>ο</sup> δείγμα στις 10/2/2016 μετά από 1 Εβδομάδα. ....	44

Πίνακας 2.19: Οι τιμές του B <sub>10</sub> CH <sub>2</sub> για το 2 <sup>ο</sup> δείγμα στις 29/2/2016. ....	45
Πίνακας 2.20: Στοιχεία για το 2 <sup>ο</sup> δείγμα την 1/3/2016 μετά από 1 ημέρα. ....	45
Πίνακας 2.21: Στοιχεία για το 2 <sup>ο</sup> δείγμα στις 2/3/2016 μετά από 2 ημέρες. ....	46
Πίνακας 2.22: Στοιχεία για το 3 <sup>ο</sup> δείγμα στις 8/3/2016. ....	47
Πίνακας 2.23: Στοιχεία για το 3 <sup>ο</sup> δείγμα στις 9/3/2016 μετά από 1 ημέρα. ....	47
Πίνακας 2.24: Στοιχεία για το 4 <sup>ο</sup> δείγμα στις 15/3/2016. ....	48
Πίνακας 2.25: Μετρήσεις HACH στις 15/3/2016. ....	48
Πίνακας 2.26: Μετρήσεις HACH στις 16/3/2016 μετά από 1 ημέρα. ....	49
Πίνακας 2.27: Στοιχεία για το 4 <sup>ο</sup> δείγμα στις 16/3/2016 μετά από 1 ημέρα. ....	49
Πίνακας 2.28: Στοιχεία της σχέσης των Χρωστικών με τις Συγκεντρώσεις (M). ....	52
Πίνακας 2.29: Στοιχεία της σχέσης της μάζας με τις Methylene Blye Hydrate και ....	52
Πίνακας 2.30: Στοιχεία της σχέσης της Ξήρανσης με τις Methylene Blye Hydrate και. ....	53
Πίνακας 2.31: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων. ....	53
Πίνακας 2.32: Στοιχεία της σχέσης των Χρωστικών με τις Συγκεντρώσεις (M). ....	53
Πίνακας 2.33: Στοιχεία της σχέσης της μάζας με τις Methylene Blye Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue 41, και Acridine Orange base. ....	54
Πίνακας 2.34: Στοιχεία της σχέσης της μάζας μετά την προσρόφηση και ξήρανση με τις Methylene Blye Hydrate, Crystal Violet, Basic Blue 41, και Acridine Orange base. ....	54
Πίνακας 2.35: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων. ....	54
Πίνακας 2.36: Στοιχεία για το Μήκος Κύματος (λ) και την απορρόφηση στις 11/4/2016. ....	55
Πίνακας 2.37: Στοιχεία για το Μήκος Κύματος (λ) και την απορρόφηση στις 13/4/2016. ....	56
Πίνακας 2.38: Εκ νέου στοιχεία για το Μήκος Κύματος (λ) και την απορρόφηση στις 13/4/2016. ....	56
Πίνακας 2.39: Μετρήσεις βαθμονόμησης για το Μήκος Κύματος (λ) και την απορρόφηση στις 12/4/2016. ....	57

Πίνακας 2.40: Επανάληψη μετρήσεων για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση στις 26/5/2016.....	58
Πίνακας 2.41: Επανάληψη μετρήσεων για το Μήκος Κύματος ( $\lambda$ ) και την απορρόφηση στις 6/6/2016.....	59
Πίνακας 2.42: Στοιχεία της σχέσης του Χρόνου μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων..	61
Πίνακας 2.43: Τιμές αρχικής μάζας. ....	61
Πίνακας 2.44: Τιμές αρχικής μάζας, μετά από 1 ώρα και τελική. ....	62
Πίνακας 2.45: Τιμές Swelling ratio. ....	62
Πίνακας 3.1: Στοιχεία για συγκεντρώσεις του υλικού με την μάζα πριν το τεμαχισμό (gr)...	64
Πίνακας 3.2: Στοιχεία για συγκεντρώσεις του υλικού (100ml νερού) με την μάζα μετά το τεμαχισμό (gr) .....	64
Πίνακας 3.3: Στοιχεία για τον Χρόνο μετρήσεων με την Συχνότητα μετρήσεων.....	65
Πίνακας 3.4: : Στοιχεία Συγκεντρώσεις υλικού (200ml νερού) με την Μάζα(gr). ....	65
Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα στις 11/10/2015 μετά από 30 min. ....	66
Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα στις 11/10/2015 μετά από 1h. ....	66
Πίνακας 3.7: Αποτελέσματα στις 11/10/2015 μετά από 3h. ....	67
Πίνακας 3.8: Αποτελέσματα στις 11/11/2015 μετά από 1d. ....	67
Πίνακας 3.9: Αποτελέσματα στις 11/12/2015 μετά από 2d. ....	67
Πίνακας 3.10: Αποτελέσματα στις 11/11/2015 μετά από 3d. ....	68
Πίνακας 3.11: Αποτελέσματα στις 24/11/2015 μετά από 2w. ....	68
Πίνακας 3.12: Αποτελέσματα στις 12/2/2016 μετά από 3w. ....	69
Πίνακας 3.13: Αποτελέσματα στις 12/8/2016 μετά από 4w. ....	69
Πίνακας 3.14: Αποτελέσματα στις 1/12/2016 μετά από 7w. ....	70
Πίνακας 3.15: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος στις 8/2/2016.....	70
Πίνακας 3.16: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος στις 3/2/2016.....	71
Πίνακας 3.17: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος στις 3/2/2016.....	72

Πίνακας 3.18: Αποτελέσματα Επανάληψης πειράματος στις 27/1/2016.....	73
--	----

## **EIKONEΣ**

Εικόνα 1.1: Methylene Blue Hydrate.....	11
Εικόνα 1.2: Crystal Violet.....	11
Εικόνα 1.3: Basic Blue 41.....	12
Εικόνα 1.4: Acridine Orange Base.....	12
Εικόνα 1.5: Χρωστικές ουσίες σε P(DMAM-co-ANax) (gel) και P(DMAM-co-APTACx) (gel).....	13
Εικόνα 1.6: MDS των αλληλεπιδράσεων αμφίφιλου στατιστικού συμπολυμερούς-λιπιδικής μεμβράνης.....	15
Εικόνα 1.7: (a) Εμφάνιση μούχλας σε σπίτι, (b) ανάπτυξη φυκιών στους υφάλους ενός πλοίου, (c) σχηματισμός βακτηριακού βιοϋμενίου πάνω σε έναν καθετήρα.....	16
Εικόνα 1.8: Γενικές αρχές του μηχανισμού δράσης των αντιμικροβιακών επιφανειών.....	17
Εικόνα 1.9: Πλοίο με πρόβλημα θαλάσσιων βιοαποθέσεων στην επιφάνεια.....	18
Εικόνα 2.1: Πριν από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 1 <sup>η</sup> δειγματοληψία.....	37
Εικόνα 2.2: Πριν από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 2 <sup>η</sup> δειγματοληψία.....	38
Εικόνα 2.3: Μετά από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 2 <sup>η</sup> δειγματοληψία.....	38
Εικόνα 2.4: Πριν από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 3 <sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).....	39
Εικόνα 2.5: Μετά από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 3 <sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).....	39
Εικόνα 2.6: Πριν από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 4 <sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).....	40
Εικόνα 2.7: Μετά από την χρήση παράγοντα καθαρισμού: 4 <sup>η</sup> δειγματοληψία (αυτό με τις πιο αραιές αποικίες είναι νερό μετά την έξοδο από τον βιολογικό καθαρισμό).....	41

Εικόνα 2.8: Πρώτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 1 <sup>ου</sup> δείγματος.....	44
Εικόνα 2.9: Δεύτερη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 1 <sup>ου</sup> δείγματος. ....	45
Εικόνα 2.10: Τρίτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 1 <sup>ου</sup> δείγματος.....	45
Εικόνα 2.11: Πρώτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 2 <sup>ου</sup> δείγματος.....	46
Εικόνα 2.12: Δεύτερη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 2 <sup>ου</sup> δείγματος. ....	46
Εικόνα 2.13: Τρίτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 2 <sup>ου</sup> δείγματος.....	47
Εικόνα 2.14: Πρώτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 3 <sup>ου</sup> δείγματος.....	48
Εικόνα 2.15: Δεύτερη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 3 <sup>ου</sup> δείγματος. ....	48
Εικόνα 2.16: Πρώτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 4 <sup>ου</sup> δείγματος.....	49
Εικόνα 2.17: Δεύτερη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 4 <sup>ου</sup> δείγματος. ....	50
Εικόνα 2.18: Τρίτη φωτογραφία του 2 <sup>ου</sup> πειράματος του 4 <sup>ου</sup> δείγματος.....	50
Εικόνα 2.19: Παρασκευή χρωστικών διαλυμάτων εργαστηριακά για την πειραματική διαδικασία του 3 <sup>ου</sup> πειράματος. ....	52
Εικόνα 2.20: Απεικόνιση των διαλυμάτων στις 11/4/2016.....	55
Εικόνα 2.21: Απεικόνιση των διαλυμάτων στις 13/4/2016.....	56
Εικόνα 2.22: Εκ νέου απεικόνιση των διαλυμάτων στις 13/4/2016.....	57
Εικόνα 2.23: Απεικόνιση των διαλυμάτων κατά την επανάληψη πειράματος στις 26/5/2016. ....	59
Εικόνα 2.24: Απεικόνιση των διαλυμάτων κατά την επανάληψη πειράματος στις 6/6/2016.	60

## ΣΧΗΜΑΤΑ

Σχήμα 1.1: Κατηγορίες ταξινόμησης υδροπηκτωμάτων.....	8
Σχήμα 1.2: Σχηματική αναπαράσταση χημικού υδροπηκτώματος. ....	8
Σχήμα 1.3: Περιπτώσεις αλληλοδιαπλεκόμενων υδροπηκτωμάτων.....	10
Σχήμα 1.4: Κατηγορίες Μηχανισμού αποδέσμευσης.....	21



## **ΕΙΣΩΣΕΙΣ**

Εξίσωση 1.1: Προσδιορισμός του βαθμού διόγκωσης $S$ .....	12
Εξίσωση 1.2: Γραμμική σύνδεση της συγκέντρωσης $C$ , ενός διαλύματος.....	22
Εξίσωση 1.3: Η ολική απορρόφηση συστήματος όπου δεν υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων συστατικών του μίγματος.....	23

## **Πνευματικά δικαιώματα**

Copyright © ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.  
Allrightsreserved.

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1988 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον.

Γρηγοράκου Λυδία, [2016]