



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΠΡΩΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΦΑΙΡΕΣΗ ΙΟΝΤΩΝ ΑΜΜΩΝΙΟΥ ΑΠΟ ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΜΕΣΩ
ΙΟΝΤΟΑΝΤΑΛΛΑΓΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΑΛΥΓΟΡΣΚΙΤΗ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΤΡΙΓΑΖΗΣ Α.Μ.6838

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΠΑΝΑΓΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2020

Αφιερώνεται στους γονείς μου και σε
όσους βρίσκονται δίπλα μου.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία η οποία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Χημικής Τεχνολογίας του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου. Μέσω των πειραμάτων εξετάστηκε η επίδραση διάφορων φυσικοχημικών παραμέτρων όπως η αρχική συγκέντρωση ρύπου, το pH, η θερμοκρασία, ο λόγος μάζας υλικού προς όγκο διαλύματος και ανταγωνιστικά ιόντα, στο ποσοστό απομάκρυνσης των ιόντων αμμωνίου σε υγρά απόβλητα. Στόχος είναι ο προσδιορισμός των βέλτιστων συνθηκών που θα οδηγήσουν στο μέγιστο ποσοστό απομάκρυνσης του ρύπου. Η μέθοδος αυτή είναι καινοτόμος και μπορεί να εφαρμοστεί και σε βιομηχανικά κλίμακα για τον καθαρισμό των υγρών αποβλήτων και του πόσιμου νερού. Ευχαριστώ θερμά τον καθηγητή μου Γεώργιο Παναγόπουλο για την πολύτιμη καθοδήγηση του και για τη βοήθειά του.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

Παναγιώτης Τριγάζης

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μόλις ολοκληρώθηκε ο 20ος αιώνας η τεχνολογική έκρηξη που συντελέστηκε και τη μετάβαση στον 21ο ήρθαν στην επικαιρότητα προβλήματα τα οποία ενώ ήταν επισημασμένα από νωρίς στο τέλος μεγιστοποιήθηκαν. Ένα μεγάλο πρόβλημα είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος. Οι ειδικοί στην προσπάθειά τους να περιορίσουν το πρόβλημα έστρεψαν το ενδιαφέρον τους σε διάφορους τρόπους και υλικά τα οποία βρίσκονται παντού στη φύση είναι φιλικά στο περιβάλλον και μη τοξικά. Στην πτυχιακή εργασία το ορυκτό που χρησιμοποιήθηκε είναι ο παλυγορσκίτης και η ικανότητά του στην ιοντοανταλλαγή όταν βρεθεί μέσα σε ένα διάλυμα αμμωνίου.

Στην αρχή έγινε αναφορά στην ιοντοανταλλαγή και πως λειτουργεί. Έπειτα γίνεται αναφορά του παλυγορσκίτη και στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις ιδιότητες του παλυγορσκίτη. Τέλος αναφέρεται το κοίτασμα της λεκάνης των Βεντζίων στα Γρεβενά, με ποιον τρόπο σχηματίστηκε και ποια είναι η σύσταση του.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αρχίζουμε με την παρασκευή διαλύματος χλωριούχου νατρίου και τη διαδικασία εμπλουτισμού του παλυγορσκίτη. Επίσης περιγράφονται αναλυτικά τα πειράματα στα οποία χρησιμοποιήθηκε η άργιλος, τα οποία είναι: (α) πείραμα ανταγωνιστικότητας, (β) χρόνου, (γ) θερμοκρασίας, (δ) μάζας όγκου, (ε) pH και (στ) αρχικής συγκέντρωσης ρύπου.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τη διαδικασία των μετρήσεων με παρουσίαση της μεθόδου που εργαστήκαμε για την παρασκευή αντιδραστηρίων που χρησιμοποιήσαμε, τον εξοπλισμό που εκτελέσαμε τις μετρήσεις, έπειτα την πορεία των μετρήσεων και τέλος τον τρόπο υπολογισμού του αποτελέσματος.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων του κάθε πειράματος και εκθέτονται πίνακες και γραφήματα των αποτελεσμάτων.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύουμε τα αποτελέσματα με βάση τα πειράματα και τις μετρήσεις που έφεραν το μέγιστο αποτέλεσμα.

Περιεχόμενα	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1ΓΕΝΙΚΑ	5
1.1 Ιοντοαλλαγή	5
1.2 Δομή και ιδιότητες πολυγορσκήτη	5
1.3 Αμμώνιο	8
2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ	11
2.1 Εμπλουτισμός του Πολυγορσκήτη	11
2.2 Πείραμα θερμοκρασίας	12
2.3 Πείραμα pH	12
2.4 Πείραμα μάζας όγκου	12
2.5 Πείραμα χρόνου	13
2.6 Πείραμα αρχικής συγκέντρωσης	13
2.7 Πείραμα ανταγωνιστικών	13
3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	15
3.1 Περίληψη της μεθόδου	15
3.2 Εξόπλισμος εργαστηρίου	15
3.3 Πορεία μέτρησης	15
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	16
4.1 Αποτελέσματα πειράματος θερμοκρασίας	16
4.2 Αποτελέσματα πειράματος pH	17
4.3 Αποτελέσματα πειράματος μάζας όγκου	18
4.4 Αποτελέσματα πειράματος χρόνου	19
4.5 Αποτελέσματα πειράματος αρχικής συγκέντρωσης	20
4.6 Αποτελέσματα πειράματος ανταγωνιστικών	21
5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	22
6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	24

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

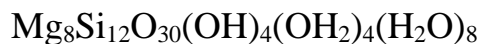
1. Γενικά

1.1 Ιοντοανταλλαγή

Γενικά, η ιοντοανταλλαγή είναι μια φυσικοχημική διεργασία κατά την οποία επιτυγχάνεται μεταφορά ιόντων από μια υγρή φάση σε ένα αδιάλυτο στερεό και αντίστροφα. Πολλοί φυσικοί άργιλοι μπορούν να δράσουν σαν ιοντοεναλλάκτες, επειδή είναι αδιάλυτα πολυμερή υλικά με χαλαρή δομή και με πολλά μεταλλικά ιόντα, που μπορούν να αντικατασταθούν από άλλα. Το αδιάλυτο στερεό διαθέτει ευκίνητα ανιόντα ή κατιόντα, ικανά για αντιστρεπτή και στοιχειομετρική ανταλλαγή με ιόντα ίδιου φορτίου από το διάλυμα ενός ηλεκτρολύτη, με το οποίο έρχεται σε επαφή (π.χ., το Ca^{+2} αντικαθιστά το Na^+ ή τα SO_4^{-2} αντικαθιστούν τα Cl^-). Επειδή τα εναλλασσόμενα ιόντα υφίστανται αλλαγή φάσης, καθώς μεταβαίνουν από το διάλυμα πάνω στην επιφάνεια του στερεού ή αντίστροφα, η ιοντοανταλλαγή τυπικά μπορεί να ταξινομηθεί ως μια διεργασία ρόφησης. Οι αρχές της ιοντοανταλλαγής μελετήθηκαν για πρώτη φορά στα μέσα του 1800 με την ανακάλυψη φυσικών υλικών, όπως είναι η πράσινη άμμος, η άργιλος, ο βωξίτης κ.ά., τα οποία παρουσίαζαν ιοντοεναλλακτικές ιδιότητες. Από τα ορυκτά της αργίλου, οι φυσικού ζεόλιθοι ήταν τα πρώτα υλικά ιοντοανταλλαγής, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία για την αποσκλήρυνση του νερού σε βιομηχανική κλίμακα. Οι ζεόλιθοι που χρησιμοποιήθηκαν για το σκοπό αυτό ήταν σύμπλοκα αργιλοπυριτικά ορυκτά έχοντας ως ευκίνητο ιόν το νάτριο. Τα συνθετικά αργιλοπυριτικά ορυκτά παρασκευάζονται, αλλά τα περισσότερα συνθετικά μέσα ιοντοανταλλαγής είναι ρητίνες ή πολυμερή φαινολών. Σήμερα, σχεδόν όλες οι εφαρμογές της ιοντοανταλλαγής βασίζονται αποκλειστικά στη χρήση των συνθετικών ρητινών, εξαιτίας των υψηλών αποδόσεων και των ελεγχόμενων ιδιοτήτων τους (Μήτρακας Μ., 2001).

1.2 Δομή και ιδιότητες παλυγορσκίτη

Ο παλυγορσκίτης είναι φυσική άργιλος με κυψελωτή δομή που σχηματίζει σωματίδια με μορφολογία πεπλατυσμένης δοκίδας. Ο παλυγορσκίτης ανήκει, επίσης, στην κατηγορία των ένυδρων φυλλοπυριτικών ορυκτών τύπου 2:1 και ο θεωρητικός χημικός τύπος του είναι:



Οι όροι «παλυγορσκήτης» και «ατταπουλγίτης» είναι συνώνυμοι. Ο όρος «ατταπουλγίτης» που χρησιμοποιείται ευρύτατα για τον παλυγορσκήτη, δόθηκε από τον DELAPPARENT (1935) σε ένα αργιλικό ορυκτό που βρέθηκε στην περιοχή Attapulgis της Πολιτείας της Georgia των Η.Π.Α. Παρόλο που το όνομα «ατταπουλγίτης» είναι διαδομένο τόσο σε βιομηχανική όσο και σε εμπορική κλίμακα, σύμφωνα με τη Διεθνή Επιτροπή Ονοματολογίας, ο όρος παλυγορσκήτης πρέπει να προτιμάται (BAILEY ET AL. 1971). Στην παρούσα εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο όρος «παλυγορσκήτης». Η δομή του παλυγορσκήτη αποτελείται από εναλλασσόμενες δοκίδες και ενυδατωμένα κανάλια που εκτείνονται κατά τον άξονα c (SINGER 1989). Στον παλυγορσκήτη, ανά δυο τετραεδρικές αλυσίδες στον άξονα b, παρατηρείται μια αναστροφή του προσανατολισμού του οξυγόνου σύνδεσης στην τετραεδρική στοιβάδα. Αυτή η περιστροφή οδηγεί σε περιοδική διακοπή της οκταεδρικής στοιβάδας και έχει ως συνέπεια την παρεμβολή καναλιών ανάμεσα στις δοκίδες (CHISHOLM 1992, CHIARI ET AL. 2003, GIUSTETTO & CHIARI 2004). Η σύνδεση μεταξύ των δοκίδων γίνεται μέσω δεσμών Si-O-Si (FARMER 1974, BRIGATTI ET AL. 2006). Στο εσωτερικό των καναλιών του παλυγορσκήτη υπάρχουν δυο είδη νερού, το ζεολιθικό και το κρυσταλλικό. Σε συνθήκες περιβάλλοντος το ζεολιθικό νερό βρίσκεται ελεύθερο, ενώ το κρυσταλλικό νερό βρίσκεται συνδεδεμένο στο οκταεδρικό μέρος της δοκίδας (MURRAY 2007). Σε μελέτες, στα μέσα του προηγούμενου αιώνα, ο παλυγορσκήτης περιγραφόταν ως μαγνησιούχος με μονοκλινή δομή (BRANDLEY 1940, BRAUNER & PREISINGER 1956). Αργότερα, εντοπίστηκαν παλυγορσκήτες που θεωρήθηκαν μίγματα μονοκλινούς και ρομβικής φάσης (PREISINGER 1963, CHRIST ET AL. 1969, CHISHOLM 1992, ARTIOLI & GALLI 1994). Η παρατήρηση ισόμορφων υποκαταστάσεων των ιόντων Mg^{2+} με Al^{3+} ή Fe^{3+} στις οκταεδρικές θέσεις οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η δομή του παλυγορσκήτη παρουσιάζει διοκταεδρικό και όχι τριοκταεδρικό χαρακτήρα με θεωρητικό τύπο $Mg_2(Al,Fe)_2Si_8O_{20}(OH)_2$ (DRITS & SOKOLOVA 1971, SERNA ET AL. 1975), γεγονός που επιβεβαιώθηκε από πρόσφατες μελέτες (CHIARI ET AL. 2003, POST & HEANEY 2008). Ωστόσο, μετά από μελέτες (PAQUET ET AL. 1987, GALAN & CARRETERO 1999, CHAHI ET AL. 2002, CAI ET AL. 2007, GARCIA-ROMERO ET AL. 2007, CHRYSSIKOS ET AL. 2009, SUAREZ ET AL. 2007) αποδείχθηκε ότι η δομή του παλυγορσκήτη χαρακτηρίζεται από διοκταεδρικό και τριοκταεδρικό μέρος. Ο παλυγορσκήτης παρουσιάζει λευκό έως τεφρό χρώμα και εμφανίζεται

σε επιμήκη μορφή. Τα κοιτάσματά του σχηματίζονται σε ποικίλα γεωλογικά περιβάλλοντα ενώ ο σχηματισμός του σε εδάφη λίμνες και ρηχές θάλασσες σχετίζεται με κλίματα μεσογειακού τύπου. Σχηματίζεται σε λίμνες ή περιορισμένες θάλασσες με χημική καταβύθιση, σε ωκεανούς με υδροθερμική εξαλλοίωση ηφαιστειακού γυαλιού ή ηφαιστειακών ιζημάτων, σε τουρβιδικά ιζήματα ή κατά τη διαγένεση αργιλικών ορυκτών. Τέλος, μπορεί να σχηματιστεί με απευθείας κρυστάλλωση σε ασβεστώδη εδάφη ή κατά την αποσάθρωση σερπεντινιτικών και άλλων μαγνησιούχων πετρωμάτων (ΤΣΙΡΑΜΠΙΔΗΣ 2005). Ο παλυγορσκίτης έχει μεγάλη ειδική επιφάνεια ($100400 \text{ m}^2/\text{g}$) με αποτέλεσμα να παρουσιάζει εξαιρετικές προσροφητικές και διηθητικές ιδιότητες. Σε πιο ευρεία χρήση (λόγω ότι υπάρχουν μεγαλύτερα αποθέματα) βρίσκονται συγγενή υλικά (ως προς τις ιδιότητες), όπως οι σμεκτίτες (π.χ. Na μοντμοριλλονίτης). Όμως η χρήση σμεκτιτών δεν ενδείκνυται σε περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας (όπως στις θαλάσσιες γεωτρήσεις) διότι αυτοί διαθέτουν φορτισμένο φύλλο και χάνουν τις θιξοτροπικές τους ιδιότητες, που εξασφαλίζουν τη στεγανότητα. Έτσι υλικά όπως ο παλυγορσκίτης έρχονται να πληρώσουν το κενό αυτό. Επίσης, οι ιδιότητες του παλυγορσκίτη βρίσκουν εφαρμογή σε πολλές εμπορικές χρήσεις, όπως για παράδειγμα στη φαρμακοβιομηχανία και στις βιομηχανίες γεωργικών λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων ως φορείς ελεγχόμενης αποδέσμευσης ουσιών (VANSCOYOC ET AL. 1979, JONES & GALAN 1988). Η χρήση του σε σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές ως υπόστρωμα καταλυτών (FROST ET AL. 1998), ή ως μοριακό φίλτρο (RUIZ-HITZKY 2001) ακόμα και ως ανόργανη μεμβράνη για υπέρδιήθηση (WANG ET AL. 2001) έχει ως αποτέλεσμα το ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τους ερευνητές, για την διεξοδικότερη μελέτη των ιδιοτήτων τους, οι οποίες κατά κύριο λόγο οφείλονται στη σύσταση και τη δομή τους. Μεγάλα αποθέματα παλυγορσκίτη υψηλής ποιότητας, οικονομικής, καθώς και γεωλογικής σημασίας, ανακαλύφθηκαν τα τελευταία χρόνια ΝΑ/λικά των Γρεβενών, στη λεκάνη του Βεντζίου (KASTRITIS ET AL. 2003, GIONIS ET AL. 2006, GIONIS ET AL. 2007). Η λεκάνη του Βεντζίου τοποθετείται ΝΑ/λικά των Γρεβενών με έκταση περί τα 70 km^2 , πλάτος 6 km και μήκος 22 km . Η λεκάνη αυτή αποτελεί ένα μικρό μέρος μιας μεγαλύτερης λεκάνης που εξελίχθηκε στην δυτική Μακεδονία κατά το τέλος του Πλειοκαίνου και αρχή του Πλειστοκαίνου. Το κρυσταλλικό υπόβαθρο της λεκάνης των Βεντζίων αποτελείται από υπερβασικά πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος του Βούρινου και μολασσικά ιζήματα της Μεσοελληνικής Αύλακας. Τα

αδροκλαστικά ιζήματα της λεκάνης συνδέονται άμεσα με το κρυσταλλικό υπόβαθρο και υπέρκεινται ασύμφωνα των μολασσοειδών σχηματισμών και των οφιολίθων, παρουσιάζοντας οριζόντια στρώση με μέγιστο πάχος 200m. Μια αντιπροσωπευτική λιθολογική στήλη της λεκάνης των Βεντζίων περιλαμβάνει: α) μία σειρά βάσης που αποτελείται από κροκάλες ή ελαφρώς συνεκτικά κροκαλοπαγή-λατυποπαγή και άμμους, β) μια κατώτερη σειρά μέγιστου πάχους 150m από σμεκτιτική άργιλο και αμμώδη άργιλο με παρεμβαλλόμενα στρώματα κροκάλων, γ) μια ανώτερη σειρά που περιλαμβάνει κυρίως στρώματα παλυγορσκήτη μέσου πάχους 2-6m και μέγιστου πάχους 18m και δ) ένα κάλυμμα από στρώματα που αποτελούνται από χαλίκια, κροκάλες, άμμους με πληθώρα φακών σμεκτιτικού και παλυγορσκιτικού υλικού. Ακανόνιστοι φακοί και δίκτυο φλεβών δολομιτικού υλικού παρατηρείται κυρίως μέσα στη σμεκτιτική άργιλο ενώ κοντά στα στρώματα του παλυγορσκήτη παρατηρούνται κροκάλες και δολομιτικό υλικό.

1.3 Αμμώνιο

Το αμμώνιο (NH_4^+) είναι το συζυγές κατιοντικό οξύ της αμμωνίας, είναι ιόν και δεν υφίσταται σε ελεύθερη κατάσταση. Η αμμωνία - αμμώνιο χρησιμοποιείται από την εποχή των αλχημιστών. Ο Geber (900 μ.Χ.) περιγράφει παρασκευή του "spiritus salis urinae" δηλ. του NH_4Cl με τη θέρμανση ούρων και χλωριούχου νατρίου. Η ονομασία αυτή προέρχεται από τον 'Αμμωνα Ρα στην περιοχή του ναού του οποίου όπου συγκέντρωναν μεγάλες ποσότητες από κόπρανα καμηλών με θέρμανση της οποίας έφτιαχναν αμμωνιακά άλατα.

Η τοξικότητα των αλάτων του αμμωνίου είναι πολύ μικρή (εκτός αν το ανιόν είναι τοξικό).

Ορυκτά αμμωνίου δεν υπάρχουν κανονικά στη φύση, εκτός μικρών ποσοτήτων αμμωνιακών αλάτων, όπως χλωριούχο αμμώνιο σε περιοχές ενεργών ηφαιστειών καθαρό (προϊόν εξάχνωσης) ή ως κρύσταλλοι πάνω σε άλλα γαιώδη υλικά.

Παγκοσμίως, παράγονται περίπου 100 εκατομ. τόνοι αμμωνίας με απευθείας ένωση αζώτου - υδρογόνου (μέθοδος Haber - Bosch).

Εφαρμογές: Μεγάλες ποσότητες αμμωνίας μετατρέπονται σε αμμωνιακά άλατα (θειικά, φωσφορικά, νιτρικά), τα οποία χρησιμοποιούνται ως αζωτούχα λιπάσματα αλλά και εκρηκτικά (NH_4NO_3). Η αμμωνία χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή νιτρικού οξέος,

πλήθους άλλων χημικών ενώσεων ως επίσης και σε ψυκτικές εγκαταστάσεις.

Γενικές χημικές ιδιότητες των ενώσεων του NH_4^+

Ειδικά χαρακτηριστικά

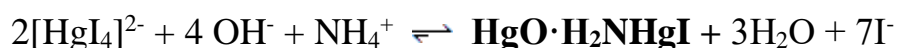
Απουσία οξειδωτικών αντιδραστηρίων, τα διαλύματα των αλάτων του NH_4^+ είναι σταθερά. Παρουσία οξειδωτικών αντιδραστηρίων είναι δυνατή η οξείδωσή τους, π.χ. με υποχλωριώδη ιόντα οξειδώνονται κυρίως προς N_2 :



Τα ιόντα NH_4^+ , αντιθέτως με τα άλλα κατιόντα της ομάδας V υδρολύονται σε σημαντικό βαθμό και τα διαλύματα των αλάτων του αμμωνίου με ισχυρά οξέα είναι ασθενώς όξινα:

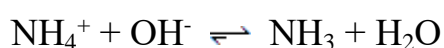


Από τις χαρακτηριστικότερες και πλέον ευαίσθητες αντιδράσεις των ιόντων NH_4^+ και της αμμωνίας είναι η αντίδραση με το κλασικό αντιδραστήριο Nessler (αλκαλικό διάλυμα $\text{K}_2[\text{HgI}_4]$), η οποία περιγράφηκε για πρώτη φορά από τον Julius Nessler το 1856 και κατά την οποία σχηματίζεται κίτρινο έως καστανόχρωμο ίζημα (ανάλογα με την συγκέντρωση NH_4^+ ή NH_3):



Η αντίδραση είναι εξαιρετικά ευαίσθητη και χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αλλά και τον ποσοτικό (χρωματομετρικό) προσδιορισμό NH_3 (ένδειξη μόλυνσης) στο πόσιμο νερό.

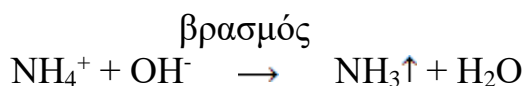
Με διαλύματα ισχυρών βάσεων παρέχουν αμμωνία. Η παραγόμενη αμμωνία ως πτητική ουσία, μπορεί να ανιχνευθεί είτε από τη χαρακτηριστική οσμή, είτε από τον χρωματισμό που προκαλεί σε υγρανθέν πεχαμετρικό χαρτί (βαθυκύανη χρώση του πεχαμετρικού χαρτιού) λόγω αύξησης του pH:



κίτρινος πεχαμετρικός χάρτης (ουδέτερο pH) + $\text{NH}_3 \rightarrow$ βαθυκύανος πεχαμετρικός χάρτης (αλκαλικό pH)

Η αμμωνία μπορεί να απομακρυνθεί στο σύνολό της από το διάλυμα με παρατεταμένο βρασμό. Στην ιδιότητα αυτή βασίζεται η μέθοδος

απομάκρυνσης των ιόντων αμμωνίου από τα διαλύματα, σε περιπτώσεις που τα ιόντα αυτά παρεμποδίζουν άλλες αντιδράσεις:



Τα δυσδιάλυτα άλατα των ιόντων NH_4^+ είναι ανάλογα με τα δυσδιάλυτα άλατα των ιόντων K^+ . Έτσι τα ιόντα NH_4^+ παρέχουν δυσδιάλυτα άλατα με: α) κοβαλτιεξανιτρώδη ιόντα, β) όξινα τρυγικά ιόντα, γ) χλωρολευκοχρυσικά ιόντα και δ) τετραφαινυλοβορικά ιόντα. Αντίθετα με τα ιόντα K^+ , δεν παρέχουν ίζημα με υπερχλωρικά ιόντα.

2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ

2.1 Εμπλουτισμός του παλγορσκήτη

Κατ' αρχήν, αρχίσαμε με εμπλουτισμό του παλυγορσκήτη μέσω διαλύματος χλωριούχου νατρίου NaCl 1M σύμφωνα με τον Panagopoulos et al. (2015).

Το χλωριούχο νάτριο είναι ιοντική ένωση σύμφωνα με τον χημικό τύπο NaCl που προσδιορίζει μια αναλογία 1:1 των ιόντων του νατρίου και χλωρίου. Το χλωριούχο νάτριο είναι το άλας με τη κύρια συμμετοχή στην αλμυρότητα του θαλασσινού νερού. Με τη μορφή του επιτραπέζιου αλατιού χρησιμοποιείται σαν καρύκευμα και συντηρητικό τροφίμων. Τεράστια μεγέθη χλωριούχου νατρίου εκμεταλλεύονται σε βιομηχανικές διεργασίες και είναι κύρια πηγή ενώσεων του νατρίου και χλωρίου που εφαρμόζονται ως πρώτες ύλες για χημικές συνθέσεις. Ένας δεύτερος μεγάλος καταναλωτής του χλωριούχου νατρίου είναι στα χιόνια στους δρόμους οι οποίοι βρίσκονται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Μέσω αυτής της διαδικασίας θα πραγματοποιήσουμε την εισχώρηση των ιόντων Na^+ σε ελεύθερους χώρους παλυγορσκήτη και με την κατάληψη των χώρων αυτών, μέσω πειραμάτων που θα εκτελέσουμε, τα ιόντα αυτά θα ελευθερωθούν και θα αλλάξουν με ιόντα Ca. Για να ετοιμαστεί το διάλυμα αυτό ζυγίσαμε στον εργαστηριακό ζυγό, με ακρίβεια δύο δεκαδικά ψηφία, 58,4 gr NaCl και τα βάλαμε αρχικά σε ποτήρι ζέσεως, χωρητικότητας ενός λίτρου, με 800 ml αποσταγμένου νερού και έπειτα το τοποθετήσαμε μαγνητικό αναδευτήρα και ανακινήθηκαν μέχρι να διαλυθούν εντελώς. Μετά την ολική διάλυση το διάλυμα τοποθετήθηκε σε ογκομετρική φιάλη χωρητικότητας ενός λίτρου και συμπληρώσαμε την υπόλοιπη ποσότητα αποσταγμένου νερού μέχρι την προκαθορισμένη χαραγή ενός λίτρου.

Ύστερα πραγματοποιήσαμε ανακίνηση 100 ml του διαλύματος με 8 gr παλυγορσκήτη σε ποτήρι ζέσεως, χωρητικότητας 250 ml, για 30 λεπτά. Μόλις πέρασαν τα 30 λεπτά ακολουθήσαμε φυγοκέντρηση για 15 λεπτά. Το ίζημα συλλέχθηκε και απορρίφθηκε το υπερκείμενο. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε μία ακόμα φορά. Μόλις τελειώσαμε με την φυγοκέντρηση, σειρά είχε το ξέπλυμα του ιζήματος. Επαναλάβαμε πάλι όσον αφορά τους χρόνους με διαφορά ότι αντί για διάλυμα χρησιμοποιήσαμε αποσταγμένο νερό και όταν τελειώσαμε με το ξέπλυμα το ίζημα μπήκε στον εργαστηριακό ξηραντήρα στους 55°C για 24 ώρες. Μόλις πέρασαν 24 ώρες ακολούθησε κονιορτοποίηση του νατριούχου πλέον παλυγορσκήτη ο οποίος με τη μορφή πούδρας ήταν έτοιμος για τα πειράματα.

2.2 Πείραμα θερμοκρασίας

Η θερμοκρασία είναι πολύ σημαντική σε κάθε μελέτη αφού επηρεάζει κάθε τι γύρω μας και έχει καθοριστικό ρόλο στα πειράματα λόγω του ότι μπορεί να αλλάξει σημαντικά τα αποτελέσματα. Στο συγκεκριμένο πείραμα θα δούμε το πώς επηρεάζει το πείραμα μέσω της ιοντοανταλλαγής.

Οι θερμοκρασίες οι οποίες εργαστήκαμε είναι οι εξής: 20,3°C, 32°C, 46 °C και 55°C. Το pH του διαλύματος ήταν ουδέτερο, δηλαδή περίπου 7. Έπειτα τοποθετήσαμε το διάλυμα σε ποτήρι ζέσεως και το βάλουμε πάνω στην πλάκα μαζί με το θερμόμετρο. Όταν η θερμοκρασία έφτασε την τιμή που θέλαμε, ρίξαμε τον νατριούχο παλυγορσκήτη, ανακατέψαμε για 5 λεπτά και στη συνέχεια κάναμε φυγοκέντριση πάλι για 5 λεπτά και τέλος προωθήσαμε τα υγρά για μετρήσεις.

2.3 Πείραμα pH

Το pH παίζει μεγάλο ρόλο, δεν είναι παντού το ίδιο και έτσι σε αυτό το πείραμα θα δοκιμάσουμε διαφορετικές τιμές οι οποίες κυμαίνονται από 2 έως 12 και διάλυμα NH_4^+ 20ppm. Για να γίνει όξινο το διάλυμα χρησιμοποιήσαμε θειικό οξύ H_2SO_4 και για να γίνει βασικό καυστικό νάτριο NaOH . Ο όγκος δεν άλλαξε δηλαδή 25ml σε κάθε δείγμα και η θερμοκρασία έμεινε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε το διάλυμα σε ποτήρι ζέσεως 50ml και με το πεχάμετρο ρυθμίσαμε το pH ρίχνοντας σταγόνες από το αντίστοιχο διάλυμα ώσπου να πιάσουμε την τιμή που θέλουμε. Τέλος προσθέσαμε νατριούχο πολυγορσκήτη και αναδεύτηκε για 5 λεπτά και φυγοκεντρίθηκε για άλλα 5 λεπτά. Το διάλυμα που πήραμε από την φυγοκέντριση προωθήθηκε για μετρήσεις.

2.4 Πείραμα λόγου μάζας / όγκο

Σε αυτό το πείραμα εξετάζουμε την ικανότητα που έχει ο παλυγορσκήτης στο να απορροφά το αμμώνιο και βρίσκουμε την καλύτερη αναλογίας μάζας προς τον όγκο του διαλύματος. Έτσι θα μπορούμε να ξέρουμε το πόσο σημαντικό είναι το αμμώνιο και τι ικανότητα έχει στο να αλλάζει ιόντα. Στο πείραμα άλλαξε ο λόγος μάζας του παλυγορσκήτη προς τον όγκο του διαλύματος NH_4^+ 20ppm. Ο όγκος και η θερμοκρασία έμεινε ως έχει καθόλη τη διάρκεια και η μάζα πήρε διάφορες τιμές. Επίσης το pH ήταν

ουδέτερο περίπου 7. Έπειτα ζυγίσαμε στον ζυγό συγκεκριμένες ποσότητες παλυγορσκήτη αφού πρώτα τις τοποθετήσαμε σε κεραμικές κάψες. Έπειτα πήραμε την κάθε κάψα και την ρίξαμε μέσα σε ποτήρι ζέσεως των 50ml το οποίο ήταν τοποθετημένο πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα και περιείχε ποσότητα 25 ml διαλύματος. Έγινε ανάδευση για 5 λεπτά και στη συνέχεια φυγοκέντριση για άλλα 5 ενώ το διάλυμα που πήραμε από τη φυγοκέντριση προωθήθηκε για μετρήσεις.

2.5 Πείραμα χρόνου

Στο πείραμα αυτό είδαμε την ικανότητα του νατριούχου παλυγορσκήτη στην ανταλλαγή ιόντων του. Οι χρόνοι στους οποίους δουλέψαμε είναι οι εξής: 2min, 5min, 10min, 15min, 30min, 60min. Χρησιμοποιήσαμε διάλυμα NH_4^+ συγκέντρωσης 20ppm και το pH που εργαστήκαμε ήταν ουδέτερο περίπου 7. Έπειτα χρησιμοποιήσαμε πεχάμετρο το βάλουμε σε ποτήρι ζέσεως 50ml με νατριούχο παλυγορσκήτη και ανακατεύτηκε στους χρόνους που αναφέρονται παραπάνω. Μετά έγινε φυγοκέντριση για 5 λεπτά και το διάλυμα που πήραμε από τη φυγοκέντριση τα προωθήσαμε για μετρήσεις.

2.6 Πείραμα αρχικής συγκέντρωσης

Στα παραπάνω πειράματα εργαστήκαμε έχοντας συγκέντρωση NH_4^+ στα 20ppm. Στο συγκεκριμένο πείραμα θα αλλάξουμε τη συγκέντρωση ώστε να δούμε πως θα συμπεριφερθεί ο παλυγορσκήτης με διαφορετική συγκέντρωση. Χρησιμοποιήσαμε διαλύματα NH_4^+ των 100ppm, 50ppm, 10ppm, 5ppm και 1ppm. Το pH είχε ρυθμιστεί να είναι ουδέτερο δηλαδή περίπου 7. Στη συνέχεια έγινε ανάδευση του νατριούχου παλυγορσκήτη για 5 λεπτά και έπειτα φυγοκέντριση για 5 λεπτά. Το διάλυμα που πήραμε από τη φυγοκέντριση το προωθήσαμε για μετρήσεις.

2.7 Πείραμα ανταγωνιστικών ιόντων

Σε αυτό το πείραμα θα εξεταστεί η συμπεριφορά του νατριούχου παλυγορσκήτη στο να ανταλλάσει ιόντα όταν υπάρχουν και άλλα στοιχεία στο περιβάλλον του. Αυτό συμβαίνει γιατί υπάρχουν πολλά στοιχεία στο έδαφος και έτσι θα δούμε το πώς θα επηρεάσει το αμμώνιο την ανταλλαγή

ιόντων με την παρουσία και άλλων στοιχείων στο έδαφος. Στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα είναι τα εξής:

Ασβέστιο (Ca), μαγγάνιο (Mn), χαλκός (Cu), νάτριο (Na), σίδηρος (Fe), ψευδάργυρος (Zn), βάριο (Ba), κάλιο (K) και μαγνήσιο (Mg). Έτσι προέκυψαν τα εξής διαλύματα:

NH_4+Ca , NH_4+Mn , NH_4+Cu , NH_4+Na , NH_4+Fe , NH_4+Zn , NH_4+Ba , NH_4+K , NH_4+Mg . Στη συνέχεια έγινε ρύθμιση του pH για την ουδέτερη περιοχή περίπου 7 και τα βάλουμε σε ποτήρι ζέσεως των 50ml με νατριούχο παλυγορσκήτη. Έπειτα έγινε ανάδευση για 5 λεπτά και στη συνέχεια φυγοκέντριση για 5 λεπτά. Τέλος τα διαλύματα που πήραμε από την φυγοκέντριση προωθηθήκαν για μετρήσεις.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

3.1 Περίληψη της μεθόδου

Ο προσδιορισμός των ιόντων αμμωνίου έλαβε χώρο με την φασματοφωτομετρική μέθοδο, χρησιμοποιώντας φασματοφωτόμετρο Hach DR3900. Η μέτρηση βασίζεται στην αντίδραση, όπου το salicylate σχηματίζει μία ινδοφαινόμενη παρουσία του αμμωνίου και του sodium dichloroisocyanurate, κάτω από την καταλυτική δράση του sodium nitroprusside. Η ινδοφαινόλη που σχηματίζεται έτσι έχει ένα πράσινο-μπλε χρώμα, η απορρόφηση της οποίας μετρείται σε μήκος κύματος 660 nm.

3.2 Εξοπλισμός εργαστηρίου

Για την επίτευξη των πειραμάτων χρησιμοποιήσαμε τον κάτωθι εξοπλισμό

- A) Μαγνήτης ανάδευσης
- B) Πεχάμετρο
- Γ) Ποτήρι ζέσεως
- Δ) Μαγνητικός αναδευτήρας
- E) Κωνική φιάλη
- Z) Φασματοφωτόμετρο

3.3 Πορεία μέτρησης

Τοποθετούμε 500 μl δείγματος ή πρότυπου σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα 15 ml. Προσδθέτουμε 2,9 ml Sodium Salicylate solution (Reagent 1) και 2,9 ml Sodium Dichloroisocyanurate solution (Reagent 2) και αναδεύουμε για ανάμιξη. Αφήνουμε τους σωλήνες να ηρεμήσουν για 10 λεπτά σε θερμοκρασία δωματίου προκειμένου να συμβεί πλήρη ανάπτυξη του χρώματος (τελικό σημείο). Τέλος, μετρούμε την απορρόφηση στα 660 nm.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα πειράματος θερμοκρασίας

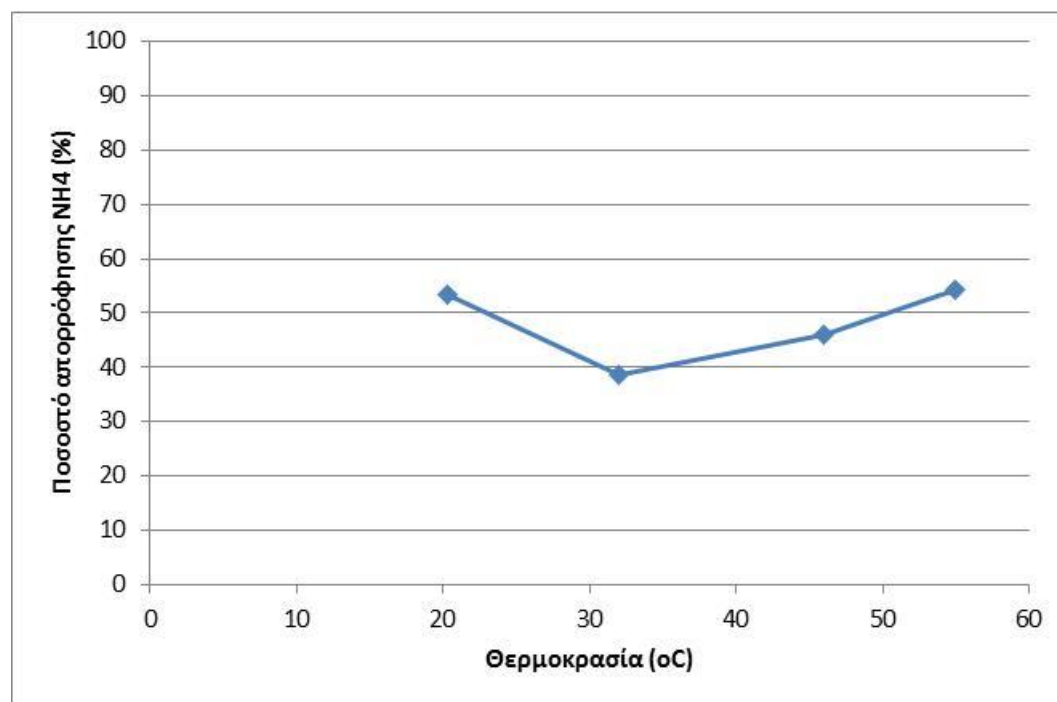
Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.1 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.1, προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση πέντε λεπτών σε διαφορετικές τιμές θερμοκρασίας ενώ οι αναλογίες μάζας παλυγορσκήτη προς όγκο διαλύματος αμμωνίου είναι 0,2 gr/25ml. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκήτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκήτη.

Πίνακας 4.1: Αποτελέσματα πειράματος θερμοκρασίας

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
20,3	53,4
32	38,6
46	46,0
55	54,2



Διάγραμμα 4.1: Αποτελέσματα πειράματος θερμοκρασίας

4.2 Αποτελέσματα πειράματος pH

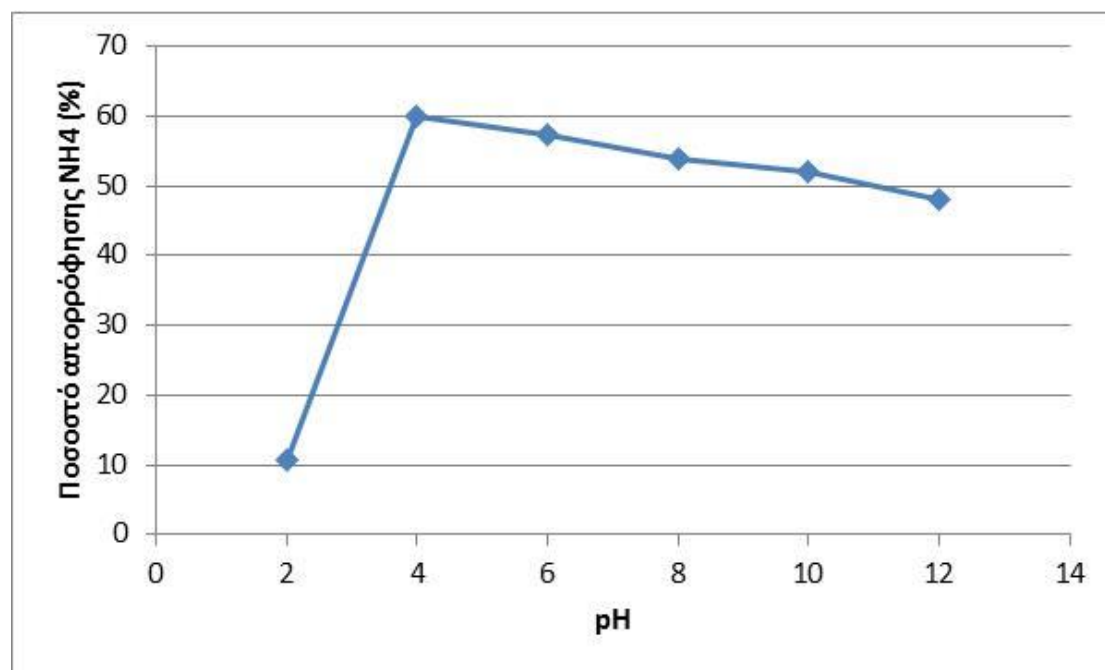
Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.2 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.2, προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση πέντε λεπτών σε διαφορετικές τιμές pH ενώ οι αναλογίες μάζας παλυγορσκίτη προς όγκο διαλύματος αμμωνίου είναι 0,2 gr/25ml. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκίτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκίτη.

Πίνακας 4.2: Αποτελέσματα πειράματος pH

pH	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
2	10,7
4	59,8
6	57,4
8	54,0
10	52,0
12	48,1



Διάγραμμα 4.2: Αποτελέσματα πειράματος pH

4.3 Αποτελέσματα πειράματος λόγου μάζας / όγκο

Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.3 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.3, προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση πέντε λεπτών σε διαφορετικές τιμές λόγου μάζας παλυγορσκήτη προς όγκο διαλύματος. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκήτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκήτη.

Πίνακας 4.3: Αποτελέσματα πειράματος λόγου μάζας παλυγορσκήτη/όγκο διαλύματος

ΛΟΓΟΣ ΜΑΖΑΣ ΠΡΟΣ ΟΓΚΟ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
0,1 g/25ml	34,6
0,2 g/25ml	53,6
0,5 g/25ml	78,9
1,0 g/25ml	85,7



Διάγραμμα 4.3: Αποτελέσματα πειράματος λόγου μάζας παλυγορσκήτη / όγκο διαλύματος

4.4 Αποτελέσματα πειράματος χρόνου

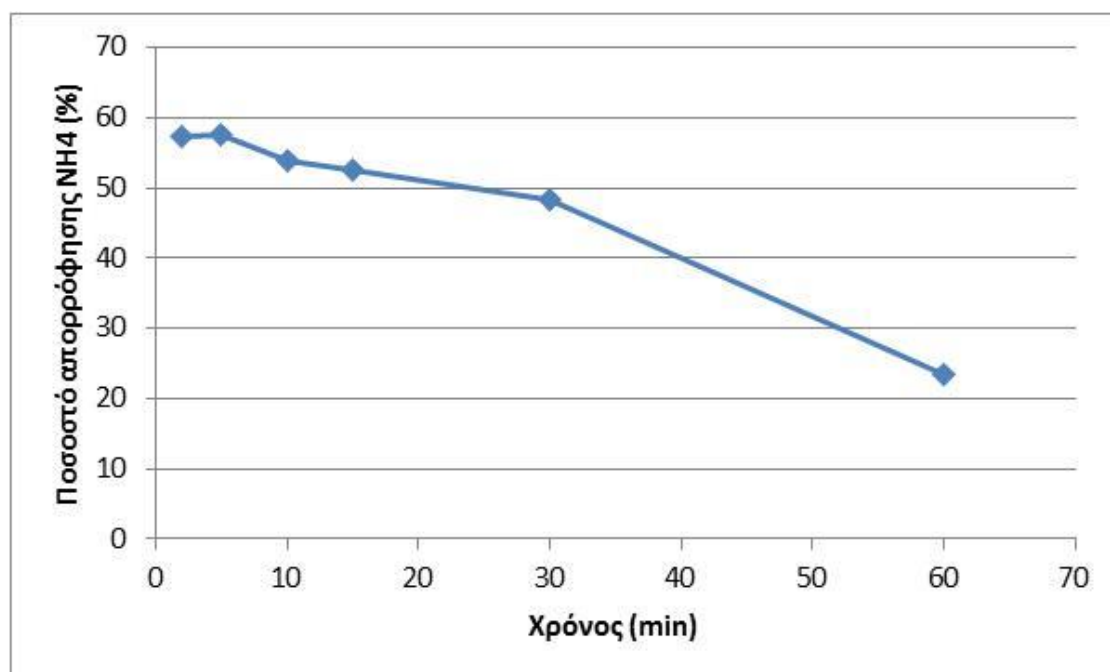
Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.4 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.4, προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση σε διαφορετικούς χρόνους. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκήτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκήτη.

Πίνακας 4.4: Αποτελέσματα πειράματος χρόνου

Χρόνος (min)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
2	57,4
5	57,5
10	53,9
15	52,4
30	48,2
60	23,4



Διάγραμμα 4.4: Αποτελέσματα πειράματος χρόνου

4.5 Αποτελέσματα αρχικής συγκέντρωσης

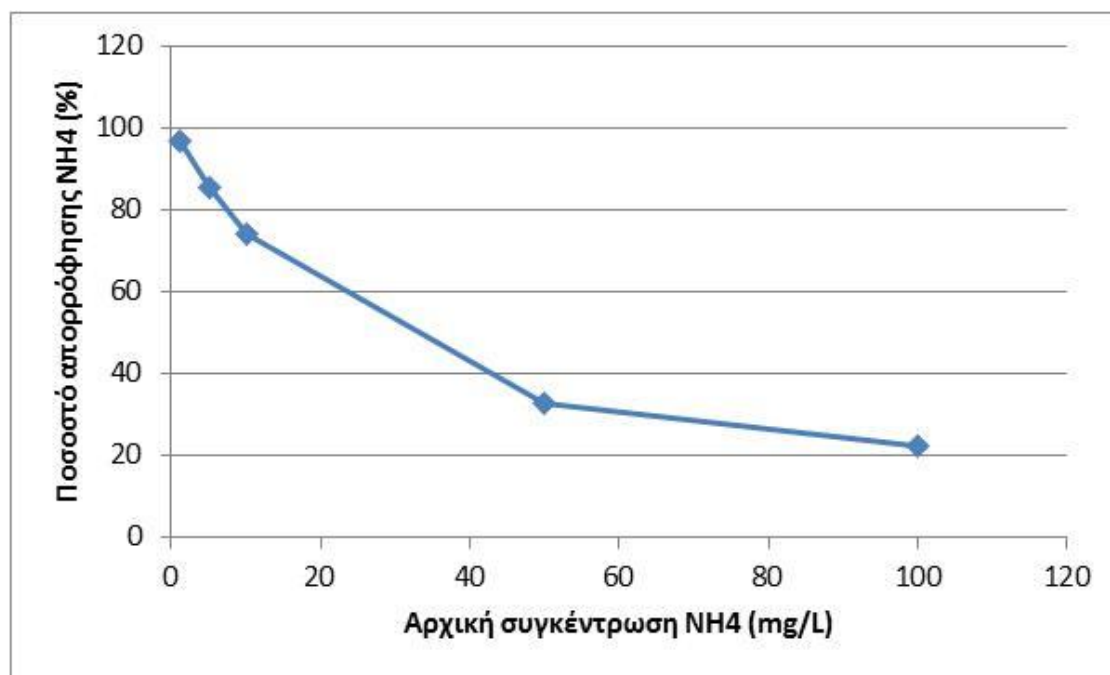
Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.5 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.5, προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση 5 λεπτών σε διαλύματα με διαφορετική αρχική συγκέντρωση αμμωνίου. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκίτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκίτη.

Πίνακας 4.5: Αποτελέσματα πειράματος αρχικής συγκέντρωσης

Αρχική συγκέντρωση (mg/L)	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
100	22,2
50	32,7
10	74,0
5	85,3
1	97,0



Διάγραμμα 4.6: Αποτελέσματα πειράματος αρχικής συγκέντρωσης

4.6 Αποτελέσματα πειράματος ανταγωνιστικών ιόντων

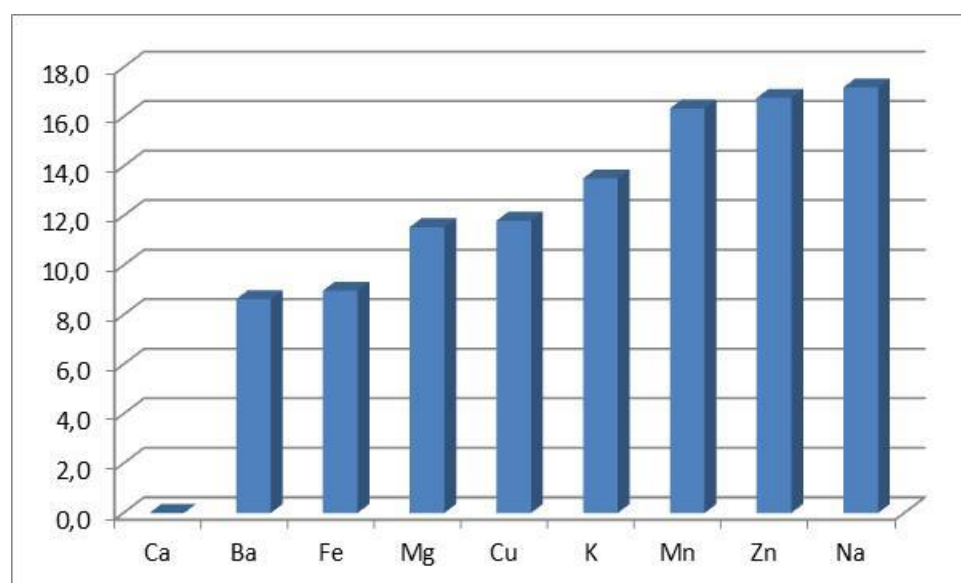
Τα αποτελέσματα που αναγράφονται στον πίνακα 4.7 και αποτυπώνονται στο διάγραμμα 4.7 προέκυψαν ύστερα από ανακίνηση πέντε λεπτών σε διάλυμα το οποίο περιείχε εκτός από το αμμώνιο ακόμα ένα στοιχείο. Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μείωσης του αμμωνίου που απορροφήθηκε από τον παλυγορσκήτη έγινε σύμφωνα με την σχέση 1.

$$\text{NH}_4^+ \text{ reduction \%} = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100 \quad (1)$$

Όπου C_i είναι η αρχική συγκέντρωση NH_4^+ στο διάλυμα και C_f είναι η συγκέντρωση του αμμωνίου μετά την ανακίνηση με τον παλυγορσκήτη.

Πίνακας 4.7: Αποτελέσματα πειράματος ανταγωνιστικών ιόντων

ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟ ΙΟΝ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ ΑΜΜΩΝΙΟΥ (%)
Ca	0,0
Ba	8,6
Fe	9,0
Mg	11,5
Cu	11,8
K	13,5
Mn	16,3
Zn	16,8
Na	17,2



Διάγραμμα 4.6: Αποτελέσματα πειράματος ανταγωνιστικών ιόντων

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μόλις τελειώσαμε με τα πειράματα και τις μετρήσεις και είχαμε την εικόνα από τους πίνακες και τις καμπύλες παρατηρήσαμε τα εξής: Στο πείραμα της θερμοκρασίας παρατηρούμε πως το ποσοστό απορρόφησης για την μέγιστη και την ελάχιστη θερμοκρασία έχει παρόμοια τιμή (53,4% και 54,2%) ενώ οι ενδιάμεσες τιμές θερμοκρασίας έχουν μικρότερο ποσοστό έτσι η καμπύλη παρουσιάζει μορφή κοίλης πιν(4.1).

Στο πείραμα pH το μεγαλύτερο ποσοστό απορρόφησης αμμωνίου είναι στην τιμή 4 (59,8%) η καμπύλη ξεκινά με μια απότομη αύξηση εφόσον από τη μικρότερη τιμή φθάνει στην μεγαλύτερη και στη συνέχεια μειώνεται με σταθερό ρυθμό περίπου (3%) πιν(4.2).

Στο πείραμα του μάζας όγκου παρατηρούμε ότι όσο ο λόγος μάζας προς όγκο είναι μικρός είναι μικρή και η απορρόφηση ενώ όσο αυξάνεται ο λόγος η απορρόφηση μεγαλώνει η καμπύλη έχει ανοδική πορεία μέχρι το τέλος του πειράματος πιν(4.3).

Στο πείραμα του χρόνου βλέπουμε πως όσο μικρός είναι ο χρόνος η απορρόφηση είναι μεγάλη ενώ όσο αυξάνεται η απορρόφηση μειώνεται η πορεία της καμπύλης είναι φθίνουσα επίσης παρατηρούμε ότι η απορρόφηση στο διάστημα (2-5min) είναι σχεδόν το ίδιο πιν(4.4).

Στο πείραμα της αρχικής συγκέντρωσης παρατηρούμε πως όσο μεγαλύτερη αρχική συγκέντρωση έχουμε τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό απορρόφησης ενώ όσο μικραίνει η αρχική συγκέντρωση η απορρόφηση αυξάνεται. Επίσης η απορρόφηση αγγίζει μέγιστες τιμές (97%) για συγκέντρωση (1mg/L) πιν(4.5).

Στο πείραμα των ανταγωνιστικών παρατηρούμε ότι η απορρόφηση κυμαίνεται μεταξύ 8-18% με τη μεγαλύτερη απορρόφηση να είναι (Na 17,2%) ενώ το ασβέστιο δεν έχει καθόλου απορρόφηση πιν(4.6).

Τέλος για θερμοκρασία την πιο χαμηλή αλλά και πιο υψηλή η απορρόφηση ήταν πάνω από 50%. Η απορρόφηση για τις περισσότερες τιμές pH ήταν ανώτερη του 50% και άνω. Επίσης βάση των αποτελεσμάτων μπορούμε να πούμε το αμμώνιο συμπεριφέρεται έξοχα για υψηλές αναλογίες μάζας προς όγκο. Στο χρόνο η συμπεριφορά του ήταν άψογη χρειάστηκαν μόλις δύο λεπτά για απορρόφηση 57,4%. Στην αρχική συγκέντρωση τα αποτελέσματα ήταν εξαιρετικά αφού η απορρόφηση άγγιξε το 97% για συγκέντρωση 1mg/L. Στα ανταγωνιστικά υπήρξε απορρόφηση κάτω από 18% για όλα τα στοιχεία.

6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<http://ikee.lib.auth.gr/record/133495/files/GRI-2013-11545.pdf>

Patsioura_Anna_MSc_2004.pdf

www.aua.gr/plnu/Tutorial/plnu_ammonium.pdf

geohellas.com/el

<https://www.wikipedia.org>

Άννα Μπουρλίβα Γεωλόγος docplayer.gr/37047535-Hrisi-fysikon-argilon-stin-apomakrynsi-vareon-metallon-apo-ydatika-dialymata-kai-astika-kai-viomihanika-lymata.html

Bish D.L. and Guthrie G.D., 1993. Ορυκτολογία σκόνης από πηλό και ζεόλιθο (εκτός από πυριτικά στρώματα 1: 1). In: Guthrie, G.D. Jr & Mossman, B.T. (Eds), Κριτικές σε Mineralogy Vol. 28, Realth Effects of Mineral Dusts, Chelsea

Αριστόδημος Μαυρίκος: Σύνθεση, χαρακτηρισμός και φωτοκαταλυτική δράση τροποποιημένων νανοσύνθετων Παλυγορσκήτη-TiO₂

Johnston W.A., 1959 «Προσρόφηση και Κατάλυση» μη δημοσιευμένα δεδομένα, Minerals &

Chemicals Philipp Corp., Menlo Park N.J. In: Haden W. and Schwint I. 1967: Attapulgate: Ιδιότητες και εφαρμογές του Βιομηχανική και Μηχανική Χημεία

Παπαθεοδώρου Γ., Καμπεζίδης Χ. Ρεμουντάκη Ε., Ζιώμας Ι. Σκορδίλης Α., Γεωργιάδης Γ., Καλλέργης Κ., Ιγνατιάδου Λ., Κομνίτσας Κ. Θ., Φερεντίνος, (2004): Διάθεση αποβλήτων και οι επιπτώσεις τους στο Περιβάλλον, Εκδόσεις Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο Πάτρα

Θεοφίλου(2014), Ορυκτός ατταπουλγίτης-πλεονεκτήματα έναντι ζεόλιθου Εκ Γης βελτιώσεις εδάφους