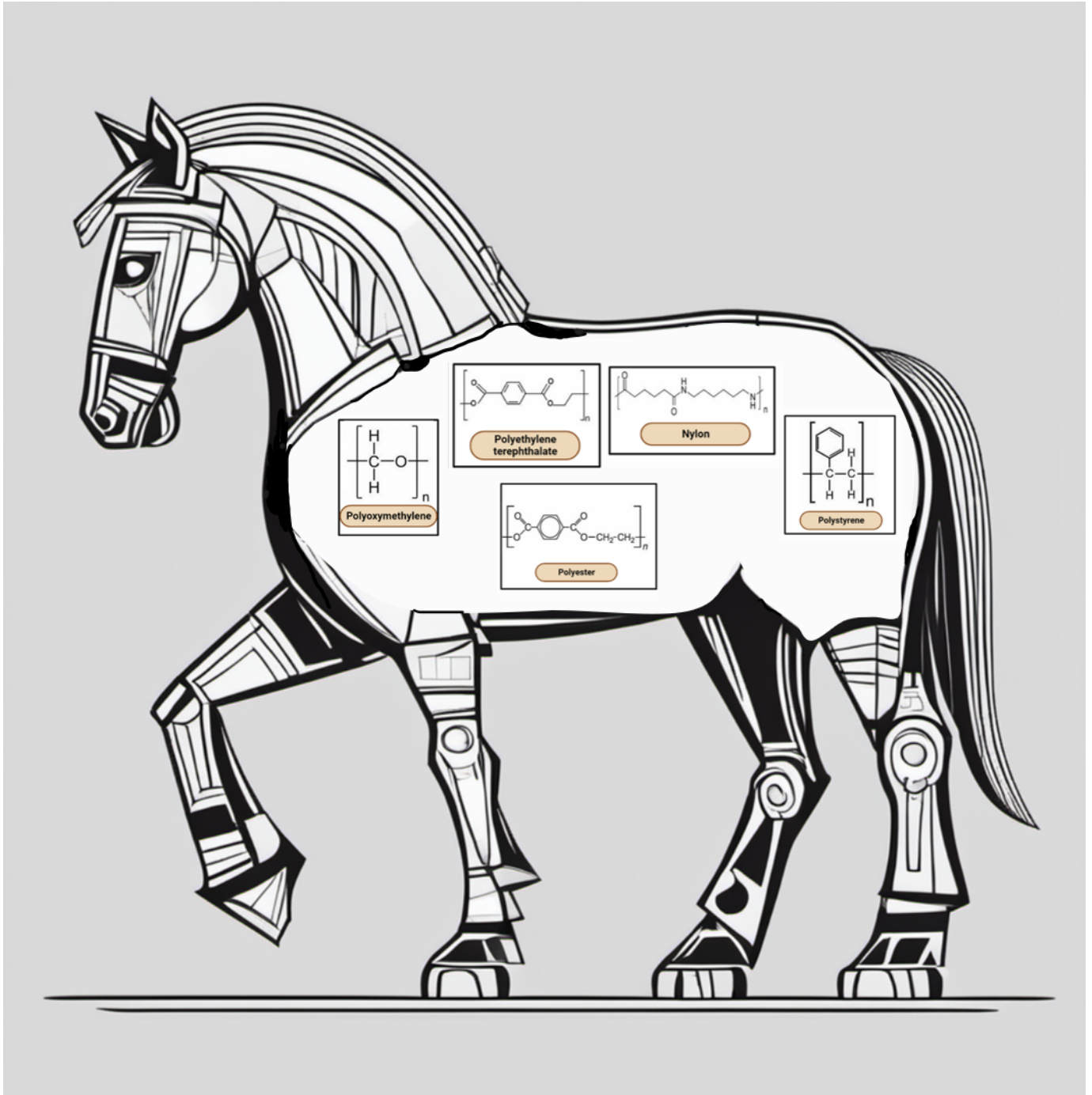


Μικροπλαστικά: ένας δούρειος ίππος για τη ρύπανση υδατικών συστημάτων του περιβάλλοντος



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα.....	1
1. Σκοπός της Έρευνας - Καθορισμός προβλήματος.....	2
2. Βιβλιογραφική Ανασκόπηση.....	3
2.1. Ορισμός MPs.....	3
2.2. Πρωτογενή και δευτερογενή MPs.....	3
2.3. Τύποι MPs.....	3
2.4. Πού συναντώνται τα MPs στο περιβάλλον.....	3
2.5. Η προσροφητική ικανότητα των MPs.....	4
2.6. Ουράνιο.....	4
2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν την προσροφητική ικανότητα του Ουρανίου.....	4
3. Αλληλεπίδραση ραδιοπυρήνων με μικροπλαστικά.....	5
3.1. Συνέντευξη από υποψήφιο διδάκτωρ Ιωάννη Ιωαννίδη.....	5
3.2. Μεθοδολογία.....	8
3.3. Πειραματική διαδικασία.....	9
3.4. Αποτελέσματα.....	10
3.5. Συμπεράσματα.....	12
4. Εισηγήσεις/Επόμενα βήματα.....	13
5. Δεξιότητες που αποκτήθηκαν.....	14
6. Παράρτημα.....	16
7. Βιβλιογραφία.....	18

1. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΈΡΕΥΝΑΣ - ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

Τα πλαστικά είναι πανταχού παρόντα στην καθημερινή μας ζωή και την διευκολύνουν σε διάφορους τομείς (γραφική ύλη, πλαστικές μπουκάλες κ.α.). Η υπερβολική και αλόγιστη χρήση των πλαστικών αντικειμένων έχει ως αποτέλεσμα τη συσσώρευση τους σε διάφορα υδατικά συστήματα του περιβάλλοντος (θάλασσες, λίμνες). Η παρατεταμένη έκθεση των πλαστικών αντικειμένων στις περιβαλλοντικές συνθήκες έχει ως αποτέλεσμα τη διάβρωση της επιφάνειας και τον κατακερματισμό των πλαστικών αντικειμένων σε μικρότερα πλαστικά σωματίδια, γνωστά και ως μικροπλαστικά (MPs).

Υψηλό επιστημονικό ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα MPs λόγω της πιθανότητας ακούσιας και εκούσιας κατάποσης από διάφορους οργανισμούς και της ικανότητας τους να προσροφούν και να μεταφέρουν οργανικούς και ανόργανους ρύπους (όπως βαρέα μέταλλα, συμπεριλαμβανομένων ραδιοπυρήνων) σε διάφορα περιβαλλοντικά συστήματα.

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να μελετήσουμε το πρόβλημα των MPs στο περιβάλλον και ειδικότερα την αλληλεπίδραση τους με ραδιοπυρήνες, που τα καθιστά ακόμη πιο επικίνδυνα. Με αυτόν τον τρόπο, μπορούν να δράσουν σαν δευτερογενείς ρύποι και να επιτείνουν τόσο τη διασπορά άλλων τοξικών ρύπων στο περιβάλλον όσο και τη μεταφορά τους στους ζωντανούς οργανισμούς και στον άνθρωπο.

Η έρευνα αποτελείται από μια σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση για τα MPs και προσπαθεί να θίξει το στίγμα τους στο περιβάλλον, καθώς επίσης και τις αλληλεπιδράσεις τους με ραδιοπυρήνες. Ακολούθως, η έρευνα επικεντρώνεται σε πιο επισταμένη ανασκόπηση μελετών σχετικά με την αλληλεπίδραση διαφόρων MPs με ραδιοπυρήνες, εστιάζοντας στις αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται στην προσρόφηση ραδιοπυρήνων από το μικροπλαστικό νάιλον (polycaprolactam, PN6). Παρουσιάζεται, επίσης, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στη μελέτη αυτή, τα πειράματα που διεξήχθησαν, τα αποτελέσματα που λήφθηκαν και τα συμπεράσματα που εξάχθηκαν.

Λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που διεξήχθησαν από αυτή την εργασία και ότι το νάιλον είναι ένα ευρέως διαδεδομένο πλαστικό στην καθημερινότητα μας εισηγούμαστε τη συλλογή και χρήση παλιών απλών καθημερινών πλαστικών (νάιλον) αντικειμένων για την απομάκρυνση ραδιοπυρήνων.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1. Ορισμός MPs:

Τα MPs, όπως ορίζονται από το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP), είναι μη υδατοδιαλυτά μικρότερα των 5 mm, στερεά κομμάτια πλαστικού. Με τον όρο αυτό, τα μικρότερα πλαστικά αντικείμενα διαφοροποιούνται από τα μεγαλύτερα πλαστικά απόβλητα, όπως πλαστικά μπουκάλια, σακούλες, καλαμάκια κλπ. Τα MPs χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: τα πρωτογενή και τα δευτερογενή.

2.2. Πρωτογενή και δευτερογενή MPs:

Τα πρωτογενή περιλαμβάνουν ένα σύνολο πλαστικών θραυσμάτων ή σωματιδίων, με μέγιστο μέγεθος 5.0 mm, πριν ακόμα εισέλθουν στο περιβάλλον. Παραδείγματα αυτών συνιστούν μικροΐνες από ρούχα, μικροσφαιρίδια, πλαστικό γκλίτερ και πλαστικά σφαιρίδια (nurdles). Τα δευτερογενή MPs προέρχονται από την διάσπαση μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων μέσω φυσικών καιρικών διεργασιών αφότου εισέλθουν στο περιβάλλον. Ενδεικτικά αναφέρονται πηγές δευτερογενών MPs: μπουκάλια νερού και σόδας, δίχτυα αλιείας, πλαστικές σακούλες, δοχεία μικροκυμάτων, φακελάκια τσαγιού και φθορά ελαστικών.

2.3. Τύποι MPs:

Ανάλογα με τη δομή τους, τα MPs διακρίνονται σε διάφορους τύπους, όπως για παράδειγμα το πολυαιθυλένιο (PE), πολυστυρένιο (PS), πολυβινυλοχλωρίδιο (PVC), πολυπροπυλένιο (PP) και πολυαμίδιο (PA).

2.4. Πού συναντώνται τα MPs στο περιβάλλον:

Τα MPs συναντώνται σε χερσαία ή θαλάσσια οικοσυστήματα και οικοσυστήματα γλυκών υδάτων. Το 10% των πλαστικών προϊόντων καταλήγουν στους ωκεανούς συνιστώντας το 80-85% των θαλάσσιων απορριμμάτων. Εκτιμάται πως το 92% των 5.25 τρισεκατομμυρίων πλαστικών σωματιδίων στην επιφάνεια του ωκεανού είναι MPs. Επιπλέον, εκτιμάται ότι μέχρι το 2050, τα πλαστικά αντικείμενα που θα υπάρχουν στον ωκεανό θα ξεπερνούν τον αριθμό των ψαριών στη θάλασσα. Συνεπάγεται, έτσι, η ύπαρξη τους σε τρόφιμα, πόσιμο νερό και κάθε παράγωγο του νερού. Ως φυσικό επακόλουθο, ελλοχεύει ο κίνδυνος ακούσιας και εκούσιας κατάποσης τους τόσο από τη θαλάσσια πανίδα, όσο και έμμεσα, από τους ανθρώπους. Μάλιστα, η εβδομαδιαία κατανάλωση MPs, από τους ανθρώπους, υπολογίζεται στα 0.1-5 g κατά μέσο όρο. Συνεπώς, η ρύπανση των οικοσυστημάτων και κατ' επέκταση των τροφικών αλυσίδων οδηγεί σε τοξικές επιπτώσεις στους ζώντες οργανισμούς.

2.5. Η προσροφητική ικανότητα των MPs:

Λόγω της μεγάλης ειδικής επιφάνειας που διαθέτουν τα MPs έχουν την ικανότητα να προσροφούν διάφορες ουσίες από το περιβάλλον τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να λειτουργούν ως φορείς ρύπων σε υδάτινα περιβάλλοντα. Τα MPs έχουν την ικανότητα να προσροφούν τοξικές ουσίες, όπως είναι οι οργανικοί ρύποι, γνωστοί ως Persistent Organic Pollutants (POPs). Πρόκειται για μη διασπώμενες ουσίες αποτελούμενες, κυρίως από άνθρακα, οι οποίες προσκολλώνται στην επιφάνεια των πλαστικών μικροσωματιδίων. Επιπρόσθετα, δύνανται να δεσμεύουν ανόργανες ενώσεις, όπως βαρέα μέταλλα (Cu, Pb, Zn, Hg) και ραδιοπυρήνες αυξάνοντας ακόμα περισσότερο το ενδιαφέρον ως δευτερογενείς ρύποι.

2.6. Ουράνιο:

Η παρούσα μελέτη εξετάζει, ειδικά, την προσρόφηση του ραδιοπυρήνα ουρανίου (U(IV)) από διάφορους τύπους MPs υπό την επίδραση ποικίλων παραγόντων, όπως το pH, ο χρόνος και η θερμοκρασία.

Το ουράνιο (U) έχει το μεγαλύτερο ατομικό βάρος από όλα τα φυσικά στοιχεία και είναι ραδιενεργό στοιχείο με τρία κύρια ραδιενεργά ισότοπα (U-238, U-235 και U-234). Συνιστά ένα ραδιενεργό στοιχείο με θετική και αρνητική πλευρά. Από τη μια, αποτελεί θεμέλιο λίθο της πυρηνικής ενέργειας, καθώς τροφοδοτεί αντιδραστήρες που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια, με τα ισότοπά του να υφίστανται ελεγχόμενη σχάση για να απελευθερώσουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας. Αυτό καθιστά το ουράνιο έναν βασικό παράγοντα στο παγκόσμιο ενεργειακό τοπίο, προσφέροντας μια εναλλακτική λύση χαμηλών εκπομπών άνθρακα σε σχέση με τα ορυκτά καύσιμα. Από την άλλη, οι ραδιενεργές ιδιότητες του ουρανίου εγκυμονούν σημαντικούς κινδύνους για το περιβάλλον και την υγεία, ειδικά όταν χρησιμοποιείται με λάθος τρόπο ή αποθηκεύεται ακατάλληλα.

2.7. Παράγοντες που επηρεάζουν την προσροφητική ικανότητα του Ουρανίου:

Όσον αφορά την επίδραση του pH στην προσροφητική ικανότητα των MPs, πιο αποτελεσματική προσρόφηση παρατηρείται σε ουδέτερο pH, για τους τύπους PE, PVC και PN6. Όσο το διάλυμα έτεινε σε όξινο ή αλκαλικό περιβάλλον, παρατηρούνταν μείωση της απόδοσης της αντίδρασης.

Η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει την κινητική και τη θερμοδυναμική των διεργασιών προσρόφησης. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες οδηγούν σε αυξημένη μοριακή κίνηση, τόσο των ιόντων ουρανίου όσο και των MPs σε διάφορα διαλύματα, με αποτέλεσμα την ταχύτερη προσρόφηση των πρώτων, λόγω της συχνότερης επαφής τους με τα MPs.

Συνεπώς, με την αύξηση της θερμοκρασίας ευνοείται η προσρόφηση ραδιοπυρήνων, υποδεικνύοντας πως η δέσμευση των ραδιοπυρήνων από τα MPs είναι μια ενδόθερμη αντίδραση, καθοδηγούμενη από την εντροπία (entropy-driven).

3. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΡΑΔΙΟΠΥΡΗΝΩΝ ΜΕ ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΤΙΚΑ

3.1. Συνέντευξη από υποψήφιο διδάκτωρ Ιωάννη Ιωαννίδη:

Στο πλαίσιο της έρευνας πάνω στα MPs και τις αλληλεπιδράσεις τους με ραδιοπυρήνες, ήρθαμε σε επαφή με τον υποψήφιο διδάκτωρ Ιωάννη Ιωαννίδη, μέσω της πλατφόρμας research gate με απώτερο σκοπό την εμβάθυνση στο εν λόγω θέμα. Υποβλήθηκαν, λοιπόν, σε αυτόν ερωτήματα σχετικά με τις πτυχές που έχουν ήδη εξετασθεί στην βιβλιογραφική ανασκόπηση.

-Τι σας κίνησε, εσάς, το ενδιαφέρον να ασχοληθείτε με τα MPs;

Γενικά τα MPs, όπως γνωρίζετε είναι πανταχού παρόντα στη καθημερινή μας ζωή. Μάλιστα ακόμη και αν σταματήσουμε την απόρριψη πλαστικών αντικειμένων, ο κατακερματισμός των μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων που υπάρχουν στη φύση, θα συνεχιστεί για τις επόμενες δεκαετίες. Επομένως, υπάρχει αυξημένο επιστημονικό ενδιαφέρον γύρω από τα MPs και το τι μπορούν να προκαλέσουν. Αν κοιτάξετε και τα δεδομένα του Scopus για τα τελευταία 10 χρόνια, θα δείτε ότι υπάρχουν μερικές χιλιάδες δημοσιεύσεις για τα MPs οι οποίες αυξάνονται ραγδαία τα τελευταία 3-4 χρόνια. Παρόλα αυτά, γύρω στις 480 ασχολούνται με την προσρόφηση βαρέων μετάλλων από MPs και μόνο μια μελέτη ανέφερε (όταν ξεκινούσα την έρευνα μου) ότι σε MPs που συλλέχθηκαν από θαλάσσιες περιοχές εντοπίστηκαν ραδιοπυρήνες. Έτσι και εγώ, ξεκίνησα να ασχολούμαι με τα MPs και τις αλληλεπιδράσεις τους με τους ραδιοπυρήνες, λίγο πριν την έξαρση του Covid. Συγκεκριμένα εκείνη την περίοδο ασχολήθηκα με τις χειρουργικές μάσκες προσώπου μιας χρήσης (που περιέχουν ίνες PE), αφού χρησιμοποιούνταν από όλους, και καταλήγανε δυστυχώς ως σκουπίδια στο περιβάλλον.

Ποιες οι συνέπειες των MPs στα υδατικά συστήματα και τους ζωντανούς οργανισμούς;

Τα MPs αποτελούν ένα σοβαρό περιβαλλοντικό πρόβλημα και αναμένεται να επιφέρουν αρνητικές συνέπειες στα υδατικά συστήματα και τους ζωντανούς οργανισμούς. Αυτές οι συνέπειες είναι ένα μεγάλο κεφάλαιο που χρειάζονται ακόμη πολλές μελέτες. Για παράδειγμα, η ρύπανση του νερού, τα MPs ως πρωτογενείς ρύποι, εισέρχονται στα υδατικά συστήματα και παραμένουν εκεί για πολλά χρόνια, ρυπαίνοντας το νερό και διαταράσσοντας την ισορροπία του οικοσυστήματος. Αυτό, μπορεί να οδηγήσει σε απώλεια βιοποικιλότητας, καθώς επηρεάζει τον κύκλο ζωής και τη διαθεσιμότητα των τροφικών αλυσίδων. Από την άλλη πλευρά, εβδομαδιαία στον οργανισμό μας εισέρχονται γύρω στα 5 g MPs μέσω ποτού, φαγητού και του αέρα που αναπνέουμε. Ως δευτερογενείς ρύποι, τα MPs μπορούν να προσροφούν και διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες τις οποίες απελευθερώνουν όταν εισέρχονται σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Συνοπτικά, η παρουσία MPs στα υδατικά

συστήματα μπορεί να έχει ευρύτατες και αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του περιβάλλοντος και των οργανισμών που εξαρτώνται από αυτό.

Που βρίσκονται στην πλειονότητα τους τα MPs;

Αυτό είναι πολύ δύσκολο να απαντηθεί και ακόμη χρειάζονται αρκετές μελέτες. Γενικά, παράγονται ετησίως 450 εκατομμύρια τόνοι πλαστικών αντικειμένων, εκ των οποίων οι 350 εκατομμύρια τόνοι το χρόνο, καταλήγουν ως απόβλητα. Εκτιμάται ότι η πλειοψηφία των πλαστικών αντικείμενων που αποκρύπτονται, βρίσκονται στον ωκεανό. Όμως, τα MPs είναι πολύ μικρά πλαστικά που μεταφέρονται παντού, είναι στο νερό που πίνουμε, στα διάφορα φαγητά που τρώμε και μπορούν να ταξιδεύουν με τα σωματίδια σκόνης στον αέρα που αναπνέουμε. Είναι όπως είπαμε πανταχού παρόντα.

Ποια ιδιαίτερα φυσικά τους χαρακτηριστικά τα καθιστούν επικίνδυνα;

Τα MPs μπορούν να δράσουν ως δευτερογενείς ρύποι. Χάρη της μεγάλης ειδικής επιφάνειας που έχουν μπορούν να προσροφούν διάφορους ρύπους (οργανικούς και ανόργανους) από το περιβάλλον τους. Ακολούθως, μπορούν να απελευθερώσουν αυτούς τους ρύπους σε άλλα περιβαλλοντικά συστήματα αλλά και στους διάφορους οργανισμούς.

Ποια η αναγκαιότητα αντιμετώπισης του φαινομένου των MPs και ποιοι οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης τους;

Σίγουρα τα MPs αποτελούν μια σοβαρή περιβαλλοντική πρόκληση με πολλαπλές αναγκαιότητες για αντιμετώπιση. Δυστυχώς, δεν υπάρχει τρόπος απομάκρυνσης όλων των MPs αντικειμένων που υπάρχουν ήδη στο περιβάλλον. Σε αυτή την περίπτωση, πρώτο μέλημα είναι να μελετηθούν τα MPs ως πρωτογενείς ρύποι και ακολούθως ως δευτερογενείς π.χ. οι διάφορες αλληλεπιδράσεις των MPs με τους διάφορους ρύπους, ώστε να μπορούν να αντιμετωπιστούν διάφορες επιπτώσεις. Τώρα, σαν ένα μέτρο αντιμετώπισης, ώστε να αποφευχθεί η περαιτέρω ρύπανση, είναι η μείωση της παραγωγής μη φιλικών προς το περιβάλλον πλαστικών και ο περιορισμός της υπερβολικής και αλόγιστης χρήσης των πλαστικών αντικειμένων. Με δυο λόγια ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση για τη μείωση της χρήσης πλαστικών και τη διαχείρισή τους.

Πώς γίνεται η διαδικασία προσρόφησης των βαρέων μετάλλων από τα μικροπλαστικά;

Ο μηχανισμός προσρόφησης οφείλεται κυρίως σε μη ομοιοπολικές αλληλεπιδράσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διαφόρων λειτουργικών ομάδων που υπάρχουν στην επιφάνεια των

MPs με τα βαρέα μέταλλα. Αυτός ο μηχανισμός επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως το pH, η θερμοκρασία, η παρουσία ανταγωνιστικών ιόντων και συμπλοκοποιητών, η συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων, ο τύπος και η τροποποίηση της επιφάνειας των MPs.

Ποια η απειλή των βαρέων μετάλλων στην ανθρώπινη υγεία και ποια στα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα;

Τα βαρέα μέταλλα έχουν τη τάση να βιοσυσσωρεύονται στο περιβάλλον. Όταν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αποτελούν μια σημαντική απειλή για την ανθρώπινη υγεία και τα διάφορα οικοσυστήματα, είτε πρόκειται για χερσαία είτε θαλάσσια. Για παράδειγμα, για τη ανθρώπινη υγεία, ο υδράργυρος μπορεί να προκαλέσει νευρολογικές διαταραχές και βλάβες στα νεφρά, ενώ ο μόλυβδος μπορεί να οδηγήσει σε προβλήματα ανάπτυξης στα παιδιά και να επηρεάσει το νευρικό σύστημα. Επιπλέον, κάποια από τα βαρέα μέταλλα μπορεί να είναι καρκινογόνα. Από την άλλη πλευρά, στα χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα, η συσσώρευση του μόλυβδου στα εδάφη μπορεί να επηρεάσει την υγεία των φυτών και των διαφόρων (μικρο)οργανισμών που ζουν στο έδαφος, ενώ η υψηλή παρουσία του χρωμίου στα υδατικά συστήματα, μπορεί να επηρεάσει τα θαλάσσια είδη και την υδατοκαλλιέργεια.

Θεωρείτε πως μακροπρόθεσμα θα αποτελούν μεγαλύτερη απειλή;

Αν και θα θέλαμε να αντιμετωπιστεί άμεσα το πρόβλημα των MPs, υπάρχουν πολλοί λόγοι να πιστεύουμε ότι μακροπρόθεσμα τα MPs θα αποτελούν μεγαλύτερη απειλή για τα οικοσυστήματα και την υγεία του πλανήτη. Τέτοιοι λόγοι είναι για παράδειγμα, η αύξηση της παραγωγής πλαστικών, έχοντας υπόψιν μελέτες που στηρίζουν ότι η παραγωγή πλαστικών θα διπλασιαστεί μέχρι το 2040. Αυτό σημαίνει ότι περισσότερα πλαστικά θα καταλήγουν στο περιβάλλον και, κατά συνέπεια, περισσότερα MPs. Άλλες μελέτες υποστηρίζουν ότι τα MPs θα είναι περισσότερα από τα ψάρια στη θάλασσα μέχρι το 2050. Επίσης, ο κατακερματισμός των μεγαλύτερων πλαστικών αντικειμένων που υπάρχουν στη φύση, θα συνεχιστεί για πολλά ακόμη χρόνια και τα MPs συνεχίζουν να κατακερματίζονται σε ακόμη πιο μικρά σωματίδια, τα νανοπλαστικά (nanoplastics). Τέλος, ο τρόπος ζωής και οι καταναλωτικές συνήθειες συχνά ευνοούν τη χρήση μιας πληθώρας πλαστικών προϊόντων.

Τι μέτρα λαμβάνει η παγκόσμια κοινότητα για την αντιμετώπιση τους;

Η παγκόσμια κοινότητα έχει αναλάβει διάφορα μέτρα για την αντιμετώπιση των MPs, τα οποία αντιπροσωπεύουν την ανησυχία για τον αυξανόμενο όγκο από πλαστικά απόβλητα που καταλήγουν

στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, διάφορες διεθνείς οργανώσεις όπως ο ΟΗΕ και η UNESCO έχουν αναλάβει πρωτοβουλίες για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων από τα MPs, περιλαμβανομένων των Συμφωνιών της Βασιλείας και της Στοκχόλμης. Ο ΙΑΕΑ αναπτύσσει επίσης διάφορα προγράμματα για ταυτοποίηση και για λύσεις έναντι των MPs και δημοσιεύει στο διαδίκτυο ακόμη και βίντεο σχετικά με τα MPs, π.χ. μπορείτε να αναζητήσετε στη πλατφόρμα YouTube “Targeting Microplastics with Nuclear Techniques | IAEA” ή “NUTEC: A Nuclear Solution to Plastic Pollution | IAEA”. Επίσης, μπορείτε να αναζητήσετε στη πλατφόρμα INIS του ΙΑΕΑ τα διάφορα άρθρα σχετικά με τις αλληλεπιδράσεις MPs και ραδιοπυρήνων. Εκεί θα δείτε και δικά μας άρθρα.

Επιπλέον, πολλές χώρες έχουν πάρει μέτρα για τη διαχείριση και μείωση των πλαστικών αποβλήτων, όπως οι πλαστικές σακούλες ή τα πλαστικά καλαμάκια. Σε μερικές χώρες έχουν αναπτυχθεί προγράμματα εκπαίδευσης και ευαισθητοποίησης που πραγματοποιούνται σε σχολεία για να ενημερώσουν τα παιδιά για τις επιπτώσεις των πλαστικών και να προωθήσουν την ανακύκλωση και τη μείωση της χρήσης πλαστικών αντικειμένων.

Πιστεύετε υπάρχει κάποιος τρόπος αξιοποίησης της προσροφητικής ικανότητας των MPs προς γενικό όφελος;

Υπάρχουν διάφορες ιδέες γύρω από το συγκεκριμένο θέμα. Θα μπορούσαμε για παράδειγμα με κάποιο τρόπο να χρησιμοποιήσουμε ως πρώτη ύλη, κάποια πλαστικά αντικείμενα, που οι καταναλωτές θα πετούσαν, στα πλαίσια κυκλικής οικονομίας, σαν φίλτρα καθαρισμού υγρών αποβλήτων.

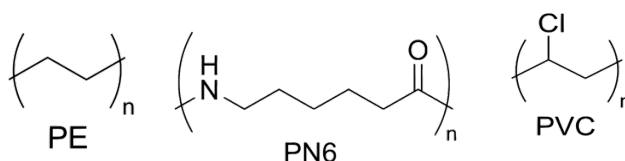
3.2. Μεθοδολογία

Με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα τα MPs μπορούν να προσροφήσουν ραδιοπυρήνες από το περιβάλλον τους και να δράσουν ως φορείς αυτών στο περιβάλλον. Καθώς, οι αλληλεπιδράσεις των ραδιενεργών στοιχείων και ειδικότερα ακτινίδων (και ομολόγων τους) με MPs δεν έχουν μελετηθεί πολύ και η αλληλεπίδραση των δυο ρύπων είναι σημαντική και πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν κυρίως όταν υπάρχουν βιομηχανικά απόβλητα, προβήκαμε σε μια έρευνα για να κατανοήσουμε μερικούς παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη προσροφητική ικανότητα των MPs.

Ερευνητική Δραστηριότητα: Θα μελετήσουμε την επίδραση του τύπου του MP, του pH και του μεγέθους των σωματιδίων στην προσρόφηση U-232 από διάφορα μικροπλαστικά. Επιπλέον, θα μελετήσουμε την προσρόφηση του U-232, από μικροπλαστικά και σε διάλυμα θαλασσινού νερού.

Όργανα: Για τη διεξαγωγή του πειράματος χρησιμοποιήθηκαν ζυγαριά, μικροπιπέτες, ηλεκτρόδιο υάλου (Hanna Instruments), γραμμικός αναδευτήρας, συσκευή ηλεκτροεναπόθεσης και για το ραδιομετρικό προσδιορισμό του U-232 ένα φασματόμετρο άλφα (Canberra).

Υλικά: Μικροπλαστικά (πολυαιθυλένιο (PE) σε σκόνη, χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC) σε σκόνη, νάιλον πολυαμιδίου (PN6) σε σκόνη και μικρά κομματάκια) (στο **Σχήμα 1** απεικονίζονται οι δομές των MPs που χρησιμοποιήθηκαν), ραδιοϊχνηθέτης U-232 και θαλασσινό νερό που συλλέχθηκε από μια παραθαλάσσια περιοχή της Κύπρου.



Σχήμα 1: Οι δομές των μικροπλαστικών που χρησιμοποιήθηκαν.

Η ερευνητική δραστηριότητα πραγματοποιήθηκε χρονικά μεταξύ των μηνών Δεκέμβριο 2023 - Μάρτη 2024 από τις τρεις διαγωνιζόμενες μαθήτριες υπό την επίβλεψη των καθηγητών και του υποψήφιου διδάκτορα.

3.3. Πειραματική διαδικασία

Όλα τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία δωματίου και σε δοχεία πολυαιθυλενίου 30 mL. Τα MPs που μελετήθηκαν για την προσρόφηση του U-232 ήταν τα PE, PN6 και PVC σε μορφή σκόνης και στην περίπτωση του PN6 έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης μικρά κομμάτια του MP για τη διερεύνηση της επίδρασης του μεγέθους των σωματιδίων. Τα πειράματα πραγματοποιήθηκαν σε τεχνητά διαλύματα χρησιμοποιώντας απιονισμένο νερό σε διαφορετικό εύρος pH (2, 4, 7 και 9) και σε θαλασσινό νερό που συλλέχθηκε από μια παραθαλάσσια περιοχή της Κύπρου.

Βήμα 1: Ζυγίστηκαν 0.5 g από κάθε MP (πολυαιθυλένιο (PE), χλωριούχο πολυβινύλιο (PVC), νάιλον πολυαμιδίου (PN6)). Ακολούθως, τα MPs προστέθηκαν σε διαλύματα U-232. Τα διαλύματα αναφοράς και δοκιμής μας δόθηκαν έτοιμα και για την παρασκευή τους χρησιμοποιήθηκαν πρότυπα διαλύματα ιχνηθέτη (tracer) U-232, συνολικής ενεργότητας 12.05 Bq/g και η αρχική συγκέντρωση ενεργότητας όλων των διαλυμάτων ήταν 0.5 Bq/mL. Η διαδικασία επαναλήφθηκε και για τα δείγματα θαλασσινού νερού.

Βήμα 2: Το pH ρυθμίστηκε σε κάθε περίπτωση με τη χρήση ηλεκτροδίου του υάλου (Hanna Instruments), στο οποίο γινόταν βαθμονόμηση πριν από κάθε μέτρηση, με ρυθμιστικά διαλύματα pH 2, 4, 7 και 10.

Βήμα 3: Τα δείγματα αφέθηκαν να έρθουν σε ισορροπία για 10 μέρες (χρόνος επαφής με το προσροφητικό υλικό) σε γραμμικό αναδευτήρα.

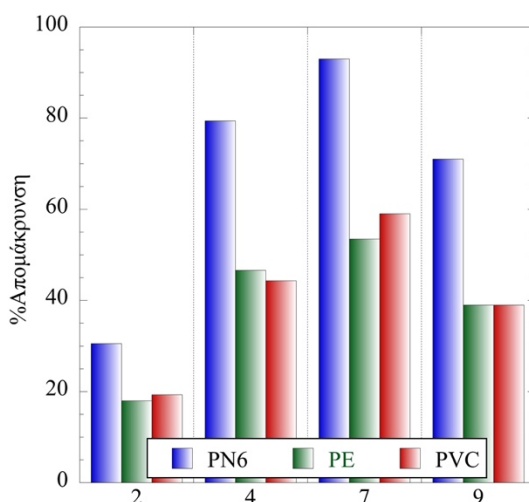
Βήμα 4: Με τη χρήση μικροπιπέτας μεταφέρονται 100 μl από το δείγμα, σε 20 ml ηλεκτρολύτη NH_4SO_4 . Η διαδικασία επαναλήφθηκε για κάθε δείγμα. Ακολούθησε ηλεκτροεναπόθεση των ραδιοπυρήνων, για το κάθε δείγμα, σε δίσκους από ανοξείδωτο χάλυβα.

Βήμα 5: Η ανάλυση του U-232 έχει διεξαχθεί χρησιμοποιώντας ένα φασματόμετρο άλφα (Canberra). Ο άλφα αναλυτής βαθμονομήθηκε πριν τη χρήση του, χρησιμοποιώντας ένα τυπικό διάλυμα αναφοράς και μια πηγή βαθμονόμησης (1.02 Bq/mL πρότυπο U-232 διάλυμα αναφοράς και μικτό πρότυπο 6.6 Bq (συνολικά) U-238/234, Pu-239 και Am-241, σε planchet από την Eckert & Ziegler).

3.4. Αποτελέσματα

3.4.1. Επίδραση του τύπου του MP και του pH στην προσρόφηση U-232

Γενικά, παρατηρείται η μέγιστη απόδοση προσρόφησης στην ουδέτερη περιοχή pH και μειώνεται σε χαμηλότερο και υψηλότερο pH, όπως φαίνεται στο **Σχήμα 2**. Η μείωση σε χαμηλότερο pH αποδίδεται στον προσροφητικό ανταγωνισμό των H^+ στην επιφάνεια των MPs. Σε αλκαλικό pH, στην οποία ευνοείται ο σχηματισμός ανθρακικών ανιόντων στο διάλυμα, σχηματίζεται το πολύ σταθερό σύμπλεγμα U(VI)- τριανθρακικού (π.χ. $\text{UO}_2(\text{CO})_n^{(2n-2)-}$), κάτι που σταθεροποιεί το U(VI) στο διάλυμα.

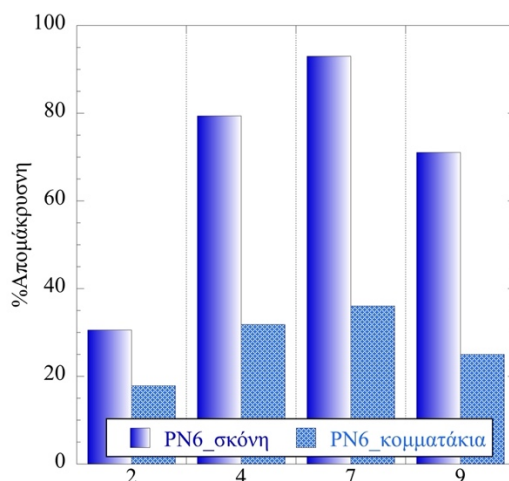


Σχήμα 2: %απομάκρυνση U(VI) από τρεις διαφορετικούς τύπους MPs ως συνάρτηση του pH.

Όσον αφορά τους διαφορετικούς τύπους των MPs το PN6 παρουσιάζει την υψηλότερη προσροφητική ικανότητα για το U-232, με ποσοστό απομάκρυνσης γύρω στο 90%. Από την άλλη πλευρά, το PE και το PVC παρουσιάζουν λίγο πολύ την ίδια προσροφητική ικανότητα. Οι διαφορές στην ικανότητα προσρόφησης μπορούν να αποδοθούν στις διάφορες λειτουργικές ομάδες στην επιφάνεια των μικροπλαστικών. Συγκεκριμένα, η σημαντικά υψηλότερη συγγένεια του PN6 για το είδος U(VI), μπορεί να αποδοθεί στην αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών ουρανυλίου και του τμήματος αμιδίου του PN6. Ο σχηματισμός σταθερών συμπλεγμάτων U(VI)-αμιδίου σε διάλυμα είναι πολύ γνωστός και μελετημένος εκτενώς.

3.4.2. Επίδραση του μεγέθους των σωματιδίων στην προσρόφηση U-232 από MPs

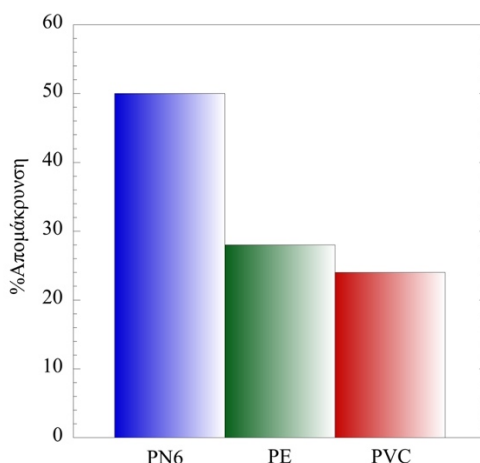
Καθώς το MP PN6 παρουσίασε μεγαλύτερη προσροφητική ικανότητα, μελετήθηκε περαιτέρω για την επίδραση του μεγέθους των σωματιδίων. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας δύο δείγματα PN6 με διαφορετικά μεγέθη σωματιδίων. Το δείγμα που υποδεικνύεται ως PN6_κομματάκια αποτελούνταν από παραλληλεπίπεδα σωματίδια με μέση διάσταση (2.5x2x2) mm³, ενώ το μέσο μέγεθος των σωματιδίων PN6_σκόνη ήταν 15–20 μm. Τα αποτελέσματα όπως φαίνονται και από το **Σχήμα 3**, δείχνουν ξεκάθαρα την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης του MP σε σκόνη. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια που παρουσιάζουν τα σωματίδια σκόνης. Δηλαδή, παρότι είναι μικρότερα σε μέγεθος υπάρχει περισσότερη διαθέσιμη επιφάνεια για να αλληλεπιδράσει με το ουράνιο.



Σχήμα 3: %απομάκρυνση U(VI) από MPs PN6 σε σκόνη και μικρά κομματάκια ως συνάρτηση του pH.

3.4.3. Προσρόφηση U-232 από MPs σε διάλυμα θαλασσινού νερού

Προκειμένου να μελετηθεί η προσρόφηση του U-232 παρασκευάστηκαν διαλύματα με θαλασσινό νερό όπου προστέθηκε η κατάλληλη ποσότητα ιχνηθέτη (0.5 Bq/L U-232) από τον υποψήφιο διδάκτορα. Στο **Σχήμα 4**, συνοψίζονται γραφικά τα ποσοστά απομάκρυνσης του ουρανίου που λήφθηκαν από τα αντίστοιχα πειραματικά δεδομένα. Είναι προφανές ότι το PN6 παρουσιάζει πάλι την υψηλότερη ικανότητα προσρόφησης (50%), PE (28%) και PVC (24%). Τα χαμηλότερα ποσοστά απομάκρυνσης που προσδιορίζονται στο θαλασσινό νερό σε σύγκριση με το απιονισμένο νερό, ιδιαίτερα για το δείγμα PN6 μπορούν να αποδοθούν στην κυρίαρχη παρουσία ανταγωνιστικών κατιόντων (π.χ. Ca^{2+} και Fe^{3+}) που καταλαμβάνουν τις θέσεις δέσμευσης στην επιφάνεια PN6, καθώς και στην παρουσία ανθρακικών ανιόντων που σταθεροποιούν το U(VI) στην υδατική φάση με τη μορφή U(VI)-τριανθρακικού είδους ($\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3^{4-}$).



Σχήμα 4: %απομάκρυνση του U(VI) από τρεις διαφορετικούς τύπους MPs σε θαλασσινό νερό.

3.5. Συμπεράσματα

Τα κυριότερα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτή την εργασία συνοψίζονται ακολούθως:

- Τα MPs που μελετήθηκαν παρουσιάζουν αυξημένη ικανότητα να προσροφούν ραδιοπυρήνες (U-232) ακόμη και σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις (pmol).
- Η απόδοση της ρόφησης εξαρτάται από τις χημικές ιδιότητες κάθε MPs και το pH του διαλύματος, το οποίο παίζει καθοριστικό ρόλο στο σχηματισμό των διάφορων ειδών στο σύστημα (π.χ. $\text{UO}_3(\text{CO}_3)_n^{(2n-2)-}$) καθώς και από τη σύσταση του υδατικού διαλύματος.

- Στο θαλασσινό νερό, το οποίο έχει pH 8.3 και περιέχει κατιόντα (π.χ. Ca^{2+} , Fe^{3+}) που μπορούν να ανταγωνιστούν το U(VI) και να προσροφηθούν στην επιφάνεια των MPs και ανθρακικά ανιόντα (CO_2^{3-}) μπορούν να δράσουν ως συμπλοκοποιητές και να σταθεροποιήσουν το U(VI) στην υδατική φάση. Ως αποτέλεσμα, η απόδοση απομάκρυνσης του U-232 μειώνεται.
- Ανάμεσα στα μελετηθέντα MPs το PN6 έχει την υψηλότερη χημική συγγένεια για το U(VI).
- Αξίζει να σημειωθεί ότι τα MPs που μελετήθηκαν έχουν σημαντικά υψηλότερη συγγένεια προσρόφησης για το U-232 από τα θαλάσσια και ηπειρωτικά ιζήματα του θαλασσινού νερού, γεγονός που υποδηλώνει ότι μπορούν να λειτουργήσουν ως αποτελεσματικοί φορείς για το ουράνιο και άλλους ραδιοπυρήνες σε υδατικά περιβάλλοντα.

4. ΕΙΣΗΓΗΣΕΙΣ / ΕΠΟΜΕΝΑ ΒΗΜΑΤΑ

Συλλογή και χρήση παλιών/χρησιμοποιημένων καλτσόν για απορρύπανση υγρών αποβλήτων από κομμωτήρια για απομάκρυνση χρωστικών για βαφή μαλλιών, καθώς επίσης και για απομάκρυνση τοξικών και ραδιενεργών μετάλλων από υγρά απόβλητα βιομηχανιών κατεργασίας μετάλλων και επιμεταλλωτηρίων. Μια τέτοια εφαρμογή θα ήταν πολύ σημαντική και στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας, επειδή αφενός θα περιορίζε την απόρριψη καλτσόν στο περιβάλλον, όπου θα κατέληγαν σαν MPs και αφετέρου ένα απόβλητο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σαν πρώτη ύλη σε φίλτρα καθαρισμού υγρών αποβλήτων. Η μελέτη θα μπορούσε να συμπεριλάβει και σε ένα κατοπινό στάδιο και μελέτες απομάκρυνσης τοξικών και ραδιενεργών μετάλλων.

5. ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΚΤΗΘΗΚΑΝ

Κατά τη διάρκεια των εργασιών μάθαμε πως να εντοπίζουμε και να μελετούμε επιστημονικά άρθρα μέσα από διάφορες πηγές στο διαδίκτυο, στο πλαίσιο μιας βιβλιογραφικής ανασκόπησης.

Αποκτήσαμε την ικανότητα να συνεργαζόμαστε σε μία ομάδα για την ανταλλαγή απόψεων, γνώσεων, ανάληψης πρωτοβουλιών και επεξεργασίας πληροφοριών σχετικών του θέματος μας.

Μέσω της επιστημονικής σελίδας Research Gate ήρθαμε σε επαφή με ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Κύπρου. Έτσι, μας δόθηκε η ευκαιρία να επισκεφτούμε το τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Κύπρου. Εκεί, παρακολουθήσαμε μια σειρά διαλέξεων, στο πλαίσιο της επιμόρφωσης μας, από εμπειρογνώμονες για τις επιπτώσεις των μικροπλαστικών στο περιβάλλον και την αλληλεπίδραση τους με ραδιενεργά χημικά στοιχεία. Ακολούθως, επισκεφτήκαμε το εργαστήριο Ραδιοαναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας, του τμήματος Χημείας, όπου εκτελέσαμε τα βήματα μιας πειραματικής διαδικασίας και χρησιμοποιήσαμε νέα όργανα και συσκευές στο εργαστήριο. Στην πορεία του πειράματος κατανοήσαμε την επικινδυνότητα των ραδιενεργών ουσιών και την αλληλεπίδραση τους με τα μικροπλαστικά που συσσωρεύονται στα υδατικά και χερσαία συστήματα του φυσικού περιβάλλοντος.

Η εκπόνηση αυτής της εργασίας συμπεριέλαβε μεταξύ άλλων και τη διεκπεραίωση συνέντευξης από την επιστημονική ομάδα Ραδιοαναλυτικής και Περιβαλλοντικής Χημείας για την ανάπτυξη θεμάτων, όπως τη ρύπανση του περιβάλλοντος από τα μικροπλαστικά, τη πυρηνική ενέργεια, τα πυρηνικά απόβλητα, τι είναι πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι και τέλος τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνουμε για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τα μικροπλαστικά.

Μέσω αυτού του project ανοίξαμε τους ορίζοντες των γνώσεων μας και κατανοήσαμε τις συνέπειες της ρύπανσης του φυσικού περιβάλλοντος από μικροπλαστικά και τις προσπάθειες του ανθρώπινου παράγοντα στην αντιμετώπιση αυτού του περιβαλλοντικού προβλήματος που ενέχει κινδύνους για την υγεία του περιβάλλοντος και τους ζωντανούς οργανισμούς.

Τέλος, υπό την σκιά της κρίσης των τεράστιων μαζών συσσωρευμένων μικροπλαστικών και της χρήσης της πυρηνικής ενέργειας για πολεμικούς και πολιτισμικούς λόγους, αντιληφθήκαμε τη

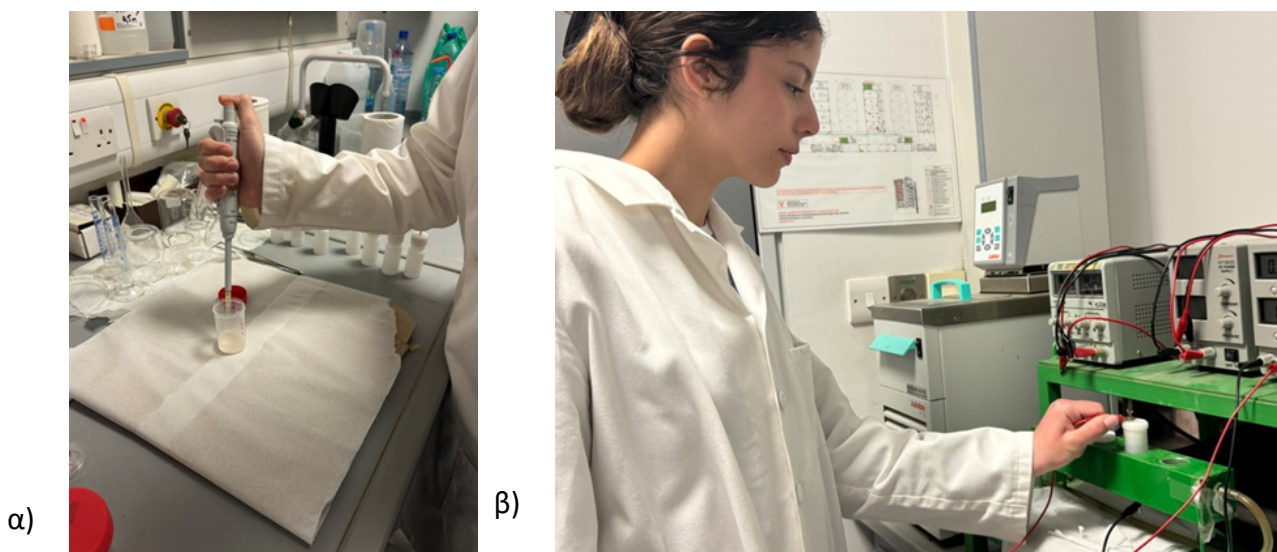
Μικροπλαστικά: ένας δούρειος ίππος για τη ρύπανση υδατικών συστημάτων του περιβάλλοντος

σημασία της Χημείας στη μελέτη των μικροπλαστικών ως δούρειος ίππος στη ρύπανση του φυσικού περιβάλλοντος.

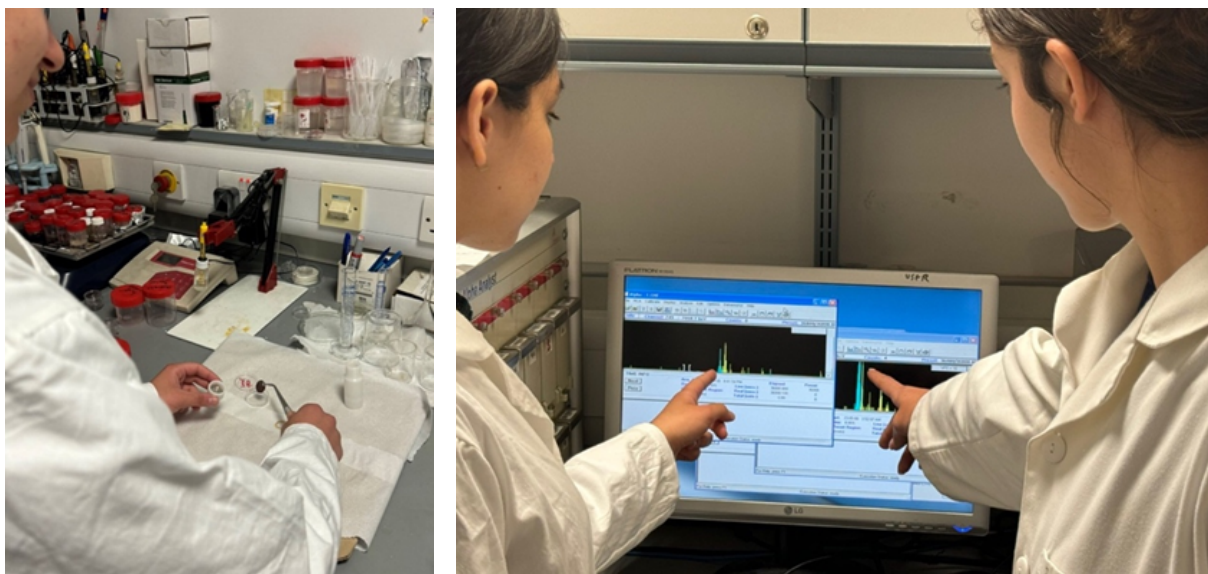
6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Εικόνα 1: Ζύγιση MPs (Βήμα 1)



Εικόνα 2: α) Μεταφορά μικρής ποσότητας από το διάλυμα σε ηλεκτρολύτη και β) ηλεκτροεναπόθεση των ραδιοπυρήνων σε δίσκους από ανοξείδωτο χάλυβα (Βήμα 4)



Εικόνα 3: α) Ξέπλυμα και στέγνωμα του δίσκου από ανοξείδωτο χάλυβα β) ανάλυση του U-232 χρησιμοποιώντας ένα φασματόμετρο άλφα (Canberra) (Βήμα 5)

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9914693/>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016420300086>

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949839223000056?ref=pdf_download&fr=RR-7&rr=869eb1a489801532

[The effect of temperature on the U-232 and Am-241 adsorption by PN6 microplastics in aqueous solutions. | Global NEST Journal \(gnest.org\)](#)

<https://www.mdpi.com/2079-6412/12/10/1452>