

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ  
ΥΔΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ ΚΟΒΑΛΤΙΟΥ, ΧΡΩΜΙΟΥ ΚΑΙ ΝΙΚΕΛΙΟΥ ΣΤΗ  
CΥΜΟΔΟCΕΑ ΝΟΔΟSΑ (UCRΙΑ) (ASCHERSON, 1870) ΚΑΙ ΣΕ ΓΕΙΤΟΝΙΚΑ  
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΙΖΗΜΑΤΑ, ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΛΙΒΑΔΙΑ ΤΟΥ ΠΤΕΛΕΟΥ  
ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ ΚΑΙ ΓΛΥΦΑΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ. »**

**ΖΕΡΜΑ ΜΑΡΙΑ-ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

**ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΤΣΙΝΟΥΛΗΣ ΑΧΙΛΛΕΑΣ**

**Βόλος 2016**

**Εξεταστική Επιτροπή :**

- 1. Σκόρδας Κωνσταντίνος, Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και υδάτινου Περιβάλλοντος (Επιβλέπων)**
- 2. Εξαδάκτυλος Αθανάσιος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και υδάτινου Περιβάλλοντος (Μέλος)**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ειλικρινείς μας ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρουμε σε πέρας την παρούσα Πτυχιακή Εργασία. Ιδιαίτερα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής κ. Κωνσταντίνο Σκόρδα, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθειά του, τη διαρκή του καθοδήγηση και τη διαρκή υποστήριξή του, τόσο κατά τη διεξαγωγή του πειράματος όσο και κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

Ευχαριστούμε επίσης τον κ. Εξαδάκτυλο Αθανάσιο, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας μέλος της εξεταστικής επιτροπής μας, για τις χρήσιμες συμβουλές του και την καθοδήγησή του καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Τον Δρ. Λόλα Αλέξιο, Διδάκτορα/Πανεπιστημιακό υπότροφο του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τη συνεισφορά του στη συλλογή των δειγμάτων και γενικότερα για όλη τη διαδικασία σχετικά με τις καταδύσεις που πραγματοποιήθηκαν.

Εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προπάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μας.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Περίληψη-----	5
1.Εισαγωγή-----	6
2.1.Γενικά-----	6
2.2.Η προέλευση των μετάλλων και οι ρύποι του περιβάλλοντος-----	6
2.3. Βαρέα μέταλλα-----	7
2.3.1. Βιοχημικός ρόλος βαρέων μετάλλων-----	9
2.3.2.Χρήσεις του Χρώμιο (Cr) -----	10
2.3.3.Τοξικότητα Χρωμίου-----	11
2.3.4.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις χρωμίου-----	11
2.3.5.Χρήσεις του Νικέλιο (Ni) -----	13
2.3.6.Τοξικότητα Νικελίου-----	14
2.3.7.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις νικελίου-----	14
2.3.8.Χρήσεις του Κοβάλτιο (Co): -----	15
2.3.9.Τοξικότητα κοβαλτίου-----	16
2.3.10. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κοβαλτίου-----	17
2.4. Τρόποι πρόσληψης των μετάλλων-----	18
2.5. Ιζήματα-----	18
2.6.Ευτροφισμός-----	20
2.7.Τα θαλάσσια Φανερόγαμα-----	21
3.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ-----	24
4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ-----	25
4.1 Περιοχή έρευνας-----	25
4.2 Δειγματοληψία-----	25
4.3. Μέθοδοι προσδιορισμού βαρέων μετάλλων-----	27
4.3.1. Προσδιορισμός μετάλλων-----	27
4.3.1.2. Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης με φλόγα (FAAS) ---	29
4.3.1.3. Ατομική απορρόφηση σε φούρνο γραφίτη (Graphite Furnace AAS, GFAAS) -----	31
4.3.1.4.Επιλογή μεθόδου ανάλυσης-----	33
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-----	34
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-----	39
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-----	40

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή διπλωματική εργασία αποτελεί μια γεωχημική έρευνα στη *Cymodocea nodosa* (Ucria) (Ascherson, 1870) και σε γειτονικά επιφανειακά ιζήματα, σε θαλάσσια λιβάδια της περιοχής του Πτελέου Μαγνησίας και της Γλύφας Φθιώτιδας. Αντικείμενο της εργασίας ήταν ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση του περιεχόμενου των βαρέων μετάλλων στα επιφανειακά ιζήματα και στη *Cymodocea nodosa* αυτών των περιοχών προκειμένου να εξαχθούν πολύτιμα συμπεράσματα για την πιθανή ρύπανση της περιοχής καθώς και την πιθανή προέλευση των χημικών στοιχείων, φυσική ή ανθρωπογενής.

Οι αναλύσεις έγιναν με τη μέθοδο της φασματομετρίας μάζας με επαγωγική σύζευξη πλάσματος ως πηγή ιονισμού (ICP-MS). Η έρευνα επικεντρώθηκε σε 3 στοιχεία Co, Cr, Ni που μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα τοξικότητας σε θαλάσσιους οργανισμούς. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε από εννέα διάφορα σημεία τόσο για τα επιφανειακά ιζήματα όσο και για το *Cymodocea nodosa*.

Οι αναλύσεις των χημικών στοιχείων πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο του τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας με τη μέθοδο της Φασματοσκοπίας Ατομικής Απορρόφησης (AAS).

Συμπερασματικά το περιεχόμενο Cr, Co και Ni στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας και του Πτελέου είναι κατά πολύ αυξημένο από ότι στα φανερόγαμα στις ίδιες περιοχές.

Το περιεχόμενο Cr και Ni στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας είναι κατά πολύ αυξημένο από ότι στην περιοχή του Πτελέου. Ενώ και το περιεχόμενο Co στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας είναι ελάχιστα αυξημένο με τα αντίστοιχα στην περιοχή του Πτελέου.

Αντιθέτως ότι το περιεχόμενο Cr, Co και Ni στα φανερόγαμα στην Γλύφας είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τα αντίστοιχα στην περιοχή του Πτελέου.

## **1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

### **2.1. Γενικά**

Τις τελευταίες δεκαετίες, μεταξύ των σπουδαιότερων ανθρώπινων επεμβάσεων στα φυσικά οικοσυστήματα συγκαταλέγεται και η ρύπανση. Ως ρύπανση ορίζεται η εισαγωγή στο περιβάλλον ενέργειας ή ουσιών επικίνδυνων για την υγεία, τις διάφορες κατασκευές και γενικά ικανών να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του (Χατζημπίρος & Παναγιωτίδης, 1999). Παρόλα αυτά η ρύπανση μπορεί να προκληθεί και από φυσικές διεργασίες, όπως ηφαιστεια, αποσάθρωση πετρωμάτων, βιολογικές δραστηριότητες κ.ά. Η ρύπανση που οφείλεται σε ανθρωπογενείς δράσεις θεωρείται περισσότερο επικίνδυνη. Αυτό συμβαίνει γιατί η ίδια η φύση έχει καταφέρει από μόνη της να αναπτύξει διάφορους μηχανισμούς άμυνας απέναντι στα φυσικά γεγονότα, πράγμα που δεν ισχύει για τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες, επειδή συνήθως λαμβάνουν χώρα σε περιορισμένους χώρους, προκαλούν ρύπους σε υψηλές τιμές και δημιουργία μη αναστρέψιμων καταστάσεων (Φυτιανός & Σαμανίδου, 1988).

### **2.2 Η προέλευση των μετάλλων και οι ρύποι του περιβάλλοντος**

Μεταξύ όλων των ειδών ρύπανσης, η ρύπανση από βαρέα μέταλλα αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα όσον αφορά στην ισορροπία του περιβάλλοντος και το πως αυτό επηρεάζει την ανθρώπινη υγεία (Nieboer & Richardson, 1980). Τα βαρέα μέταλλα είναι φυσικά συστατικά του φλοιού της Γης και βρίσκονται σε όλα τα οικοσυστήματα. Κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών, υψηλά επίπεδα μετάλλων και ενώσεών τους, έχουν εισέλθει στο περιβάλλον ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Komarnicki, 2005).

## 2.3 Βαρέα μέταλλα

Ο όρος βαρέα μέταλλα αποδίδεται σε μία μεγάλη ομάδα ιχνοστοιχείων, τα οποία είναι σημαντικά τόσο από βιολογική όσο και από βιομηχανική άποψη και έχουν ατομική πυκνότητα μεγαλύτερη από  $6 \text{ g/cm}^3$  (Alloway, 1995). Τα μέταλλα βρίσκονται στα εδάφη συνήθως σε σχετικά χαμηλές συγκεντρώσεις με τη μορφή των ελεύθερων μεταλλικών ιόντων, των διαλυτών μεταλλικών ενώσεων, των αδιάλυτων ενώσεων, των ανταλλάξιμων μεταλλικών ιόντων, των οργανικά δεσμευμένων μετάλλων, όπως είναι τα οξείδια, τα υδροξείδια και τα ανθρακικά (Leyval, Turnau & Haselwandter, 1997). Τα βαρέα μέταλλα ανάλογα με την πηγή προέλευσης τους κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: 1) σε αυτά που έχουν άμεση προέλευση από το μητρικό πέτρωμα, 2) σε αυτά που προέρχονται από το μητρικό πέτρωμα, αλλά το περιεχόμενο και η κατανομή τους στα εδαφικά στρώματα και σωματίδια μεταβάλλεται λόγω της πεδογένεσης, και 3) τα χημικά στοιχεία, τα οποία βρίσκονται στο έδαφος ως άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα της δράσης του ανθρώπου (Kabata-Pendias & Pendias, 2001).

Τα πετρώματα είναι η βασικότερη πηγή ιχνοστοιχείων. Το περιεχόμενο των ιχνοστοιχείων στα πετρώματα εξαρτάται από τον τύπο του πετρώματος.

Οι περισσότερες ανθρωπογενείς πηγές μετάλλων είναι τα βιομηχανικά, οικιακά, γεωργικά απόβλητα, το πετρέλαιο κ.ά (Saeed & Shaker, 2008). Συγκεκριμένα τα λύματα των βιομηχανικών δραστηριοτήτων και οι απορροές, εκτός από αποχετευτικά λύματα, επιβαρύνουν το νερό και τα ιζήματα με τεράστιες ποσότητες ανόργανων ανιόντων και βαρέων μετάλλων. Συμπερασματικά τα βαρέα μέταλλα διέρχονται μέσω της τροφικής αλυσίδας από το θαλάσσιο περιβάλλον, στους θαλάσσιους οργανισμούς, όπου και συσσωρεύονται με έναν συντελεστή 1.000-10.000. Τελικά οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να αποθηκεύσουν τους ρύπους και να τους μεταφέρουν στον άνθρωπο (Φυτιάνος, 1996). Το Ελληνικό Ινστιτούτο Διατροφής (ΕΙΔ) ανέλυσε δείγματα ξιφία και σολομού για την ανίχνευση βαρέων μετάλλων

όπως μολύβδου, υδραργύρου και καδμίου στα τρία παραπάνω είδη ψαριών που κυκλοφορούν στην Ελληνική αγορά. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων του εργαστηρίου έδειξαν ότι όλα τα δείγματα που αναλύθηκαν ήταν εντός 'ορίων ασφαλείας' σε κάδμιο, υδράργυρο και μόλυβδο. Τα βαρέα μέταλλα όμως εκκρίνονται πάρα πολύ δύσκολα από τον ανθρώπινο οργανισμό, γεγονός που μπορεί να κάνει την τοξική τους δράση αθροιστική και έντονη. Πιο συγκεκριμένα η πρόσληψη των χημικών ουσιών από τους οργανισμούς σχετίζεται με τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τον τρόπο εισόδου των ουσιών αυτών. Η είσοδος μπορεί να γίνει είτε άμεσα από το περιβάλλον είτε μέσω της τροφής (Ανδρέου & Κρουσταλά, 2010). Σε βενθικούς οργανισμούς και συγκεκριμένα στη γαρίδα η γεωχημεία των ιζημάτων παίζει έναν πολύ σημαντικό ρόλο στη συσσώρευση μετάλλων στους ιστούς τους, λόγω των διατροφικών συνηθειών τους (Mitra, Barua, Zaman & Banerjee, 2012).

Η ακριβής γνώση της χημικής κατανομής των μετάλλων έχει αποδειχθεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτίμηση της περιβαλλοντικής τους συμπεριφοράς και της διαθεσιμότητας τους στους διάφορους οργανισμούς, αφού η περιβαλλοντική επίδραση ενός συγκεκριμένου χημικού είδους μπορεί να είναι πιο σημαντική από την ολική συγκέντρωσή του.

Τα μέταλλα στην διαλυτή φάση μπορεί να βρίσκονται στη μορφή ελεύθερων ενυδατωμένων ιοντικών ριζών, ιόντων, ανόργανων ιοντικών ζευγών και συμπλόκων, χημικών ενώσεων και οργανικών συμπλόκων, μικρών κολλοειδών, ενωμένα με οργανικές ενώσεις υψηλού μοριακού βάρους ή τέλος προσροφημένα σε διαλυτά κολλοειδή (Stumm & Morgan, 1981). Η τελική κατάληξη των αιωρούμενων σωματιδίων είναι η καταβύθιση με αποτέλεσμα των σχηματισμό ιζήματος στον πυθμένα.

Ο Nieboer και ο Richardson (1980), που στην κατάταξή τους περιλαμβάνουν και τα ιόντα των στοιχείων, διακρίνονται τρεις κατηγορίες ιόντων.

A. πολύ τοξικά :  $Au^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Tl^+$ ,  $Cu^+$ ,  $Pd^{+2}$ ,  $Pt^{+2}$ ,  $Hg^{+2}$ ,  $Pb^{+4}$ ,  $Bi^{+3}$

B. ενδιάμεσης τοξικότητας :  $Cd^{+2}$ ,  $Pb^{+2}$ ,  $Sn^{+2}$ ,  $Cu^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Fe^{+2}$ ,  $Ni^{+2}$ ,  $Cr^{+2}$ ,  $Ti^{+2}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $V^{+2}$ ,  $Sb$ ,  $As$ ,  $Sn^{+4}$ ,  $Fe^{+3}$ ,  $Mn^{+2}$ ,  $Ga^{+3}$



Γ. χαμηλής τοξικότητας :  $Ba^{+2}$ ,  $Sr^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $Sc^{+3}$ , σπάνιες γαίες.

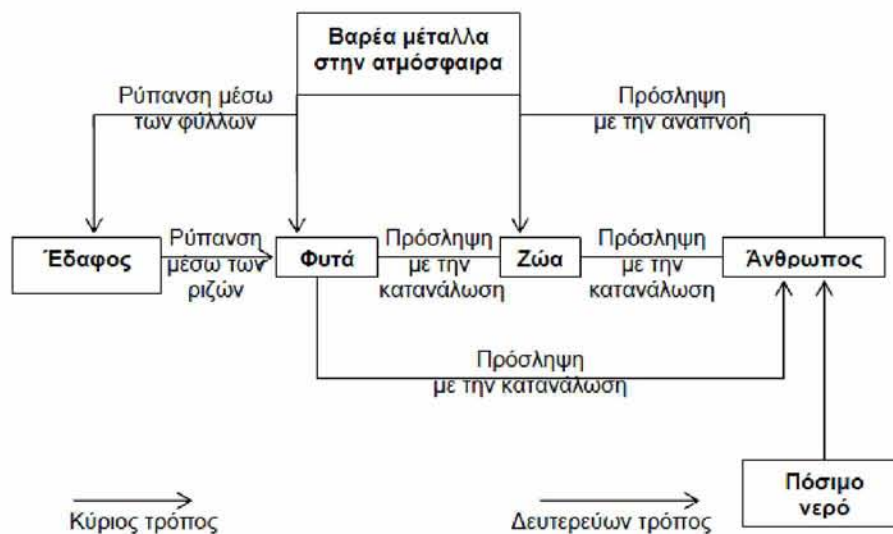
### **2.3.1. Βιοχημικός ρόλος βαρέων μετάλλων**

Τα βαρέα μέταλλα γενικά εμφανίζονται σε ιδιαίτερα χαμηλά περιεχόμενα, όμως έχουν πολύ μεγάλη σημασία για τη ζωή των οργανισμών, στους οποίους επιδρούν θετικά ή αρνητικά. Λαμβάνουν χώρα στις βιοχημικές τους λειτουργίες με ποικίλους τρόπους, συμμετέχοντας έτσι στις μεταβολικές διαδικασίες και επηρεάζοντας τη φυσιολογία των οργανισμών (Cotton & Wilkinson, 1980).

Ανάλογα με τη σημασία τους για την ανθρώπινη ζωή, τα βαρέα μέταλλα διακρίνονται σε απαραίτητα και μη απαραίτητα. Απαραίτητα ορίζονται τα βαρέα μέταλλα όταν ανιχνεύονται σε σταθερές συγκεντρώσεις στους υγιείς ιστούς. Ενώ σε περίπτωση στέρησής τους προκαλούνται διαταραχές, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε συγκεκριμένη βιοχημική διαδικασία και εξαφανίζονται μετά από την χορήγηση τους (Forstner & Wittmann, 1983). Αντίθετα τα βαρέα μέταλλα για τα οποία δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα κάποια θετική επίδραση στη ζωή θεωρούνται μη απαραίτητα.

Τα ιχνοστοιχεία στις διάφορες λειτουργίες του ανθρώπινου σώματος δρουν ως εξής:

1. Συμπαραγόντες (Co factors) σε βασικά ένζυμα
2. Δομικά στοιχεία
3. Σταθεροποιητές
4. Στοιχεία συνδεδεμένα με ορμονικές λειτουργίες.



**Εικόνα 2:** Τρόποι μεταφοράς βαρέων μετάλλων στον άνθρωπο (Ένωση Ελλήνων Χημικών, 2007).

### 2.3.2.Χρήσεις του Χρώμιο (Cr)

Είναι το 24ο χημικό στοιχείο του Περιοδικού Πίνακα. Είναι ένα σκληρό αργυρόλευκο γυαλιστερό μέταλλο. Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη «χρώμα», εξαιτίας των έγχρωμων ενώσεων που μπορεί να σχηματίσει. Είναι το έβδομο σε αφθονία στοιχείο στη γη αλλά η μεγαλύτερη ποσότητά του βρίσκεται στον πυρήνα και το μανδύα. Το χρώμιο βρίσκεται κυρίως σε βασικά και υπερβασικά πετρώματα όπου αντικαθιστά το μαγνήσιο και σε αποθέσεις του μικτού ορυκτού χρωμίτης (Cox, 1995). Το χρώμιο είναι απαραίτητο για τις βιολογικές λειτουργίες, αλλά σε υψηλό περιεχόμενο, μπορεί να γίνει πολύ τοξικό για τα ψάρια, αλλά θεωρείται συσσωρευτικό στοιχείο και πολύ γρήγορα αποβάλλεται. Το τρισθενές χρώμιο είναι βασικό ιχνοστοιχείο για τον μεταβολισμό των λιπών και των υδατανθράκων στα θηλαστικά. Επίσης το χρώμιο συσσωρεύεται στο δέρμα, στους πνεύμονες, στους μυς και στα λίπη.

Μεγάλες περιεκτικότητες χρωμίου-νικελίου βρίσκονται στα σερπεντινωμέα εδάφη, που προέρχονται από αποσάθρωση υπερβασικών πετρωμάτων. Σε αυτά τα εδάφη αναπτύσσονται πολύ λίγα φυτά (Cox, 1995). Τα σερπεντινωμέα εδάφη δεν θεωρούνται ρυσπασμένα αλλά γεωχημικά εμπλουτισμένα ή φυσικά (Skordas & Kelepertsis, 2005). Το χρώμιο στη φύση υπάρχει στην εξασθενή μορφή( χρωμικά άλατα) και τρισθενή μορφή (Alloway & Ayres, 1997).

Η παρουσία των δύο κύριων οξειδωτικών καταστάσεων του χρωμίου στα φυσικά ύδατα και η κατανομή τους σε επιμέρους μορφές ελέγχονται από χημικούς και φωτοχημικούς οξειδοαναγωγικούς μετασχηματισμούς, αντιδράσεις προσρόφησης / εκρόφησης και καταβύθισης / διαλυτοποίησης (Παρασκευοπούλου, 2005). Σημαντικό ρόλο στην επικράτηση της μιας ή της άλλης μορφής παίζουν οι οξειδοαναγωγικές συνθήκες.

### **2.3.3.Τοξικότητα Χρωμίου**

Η ρύπανση των εδαφών προκύπτει από την απόρριψη αποβλήτων με χρώμιο (από επιμεταλλωτήρια και βυρσοδεψεία ) καθώς και από την απόθεση ιλύος από επεξεργασία αποβλήτων.Το εξασθενές χρώμιο είναι περισσότερο φυτοτοξικό. Επίσης το εξασθενές χρώμιο έχει ενοχοποιηθεί για πρόκληση καρκίνου στο αναπνευστικό σύστημα, αφού εργάτες με χρόνια έκθεση σε σκόνες που περιέχουν χρωμικά ιόντα εμφάνισαν καρκίνο. (Alloway & Ayres, 1997)

### **2.3.4.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις χρωμίου**

Το χρώμιο και οι ενώσεις του βρίσκουν πολλές εφαρμογές, κυρίως στην μεταλλουργία, στην παραγωγή πυρίμαχων υλικών και στη χημική βιομηχανία. Το εξασθενές χρωμίου Cr(VI), στη χημική βιομηχανία συναντάται σε:

- Παραγωγή χρωμάτων και χρωστικών
- Επιμεταλλωτήρια
- Μαγνητοταινίες

- Βυρσοδεψεία (κατά κύριο λόγο ενώσεις του Cr(III))
- Κατασκευή υλικών ηλεκτροσυγκόλλησης
- Κλωστοϋφαντουργία
- Παρασκευή αντισκωριακών των μεταλλικών επιφανειών
- Παρασκευή βερνικιών για τη συντήρηση του ξύλου
- Παραγωγή μελανιού των φωτοτυπικών μηχανημάτων
- Ως καταλύτης
- Τσιμεντοβιομηχανία (Ένωση Ελλήνων Χημικών, 2007)

Οι διεργασίες των βιομηχανιών οι οποίες χρησιμοποιούν στην παραγωγική τους διαδικασία το χρώμιο είναι αυτές που καθορίζουν το ποιες χημικές μορφές του χρωμίου θα εμπεριέχονται στα υγρά απόβλητα τα οποία καταλήγουν στα νερά του αποδέκτη. Έτσι, μπορούν να εντοπιστούν αμφότερες οι σταθερές μορφές οξειδωσής του, το εξασθενές αλλά και το τρισθενές χρώμιο. Επειδή μεταβάλλονται οι φυσικοχημικές συνθήκες λόγω των αποβλήτων, οι διάφορες μορφές χρωμίου συμπεριφέρονται διαφορετικά στο φυσικό περιβάλλον από αυτές που βρίσκονται στα απόβλητα των βιομηχανιών (Kotas & Stasicka, 2000).

Το pH και τα διάφορα οργανικά και ανόργανα υποκατάστατα που υφίστανται στα βιομηχανικά απόβλητα επηρεάζουν τη προσρόφηση, τη διαλυτότητα και τις αντιδράσεις οξειδοαναγωγής παίζοντας καθοριστικό ρόλο στις μορφές χρωμίου που απαντώνται. Συμπερασματικά στα απόβλητα των βυρσοδεψείων η συνηθέστερη μορφή χρωμίου είναι η τρισθενής, εντούτοις η συντέλεση οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων στην ιλύ προκαλούν αύξηση του περιεχόμενου εξασθενούς χρωμίου (Kotas & Stasicka, 2000).

Στην ατμόσφαιρα, το χρώμιο βρίσκεται είτε σε υγρή ή σε στερεά μορφή. Από τη συνολική ποσότητα του χρωμίου περίπου το 1/3 αυτής προέρχεται από τη φύση ενώ τα 2/3 είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Παράγοντες όπως οι μετεωρολογικές συνθήκες ή η ένταση της βιομηχανικής

δραστηριότητας σε κάποιες περιοχές καθορίζουν, μεταξύ άλλων, τα επίπεδα περιεχόμενου του χρωμίου στην ατμόσφαιρα (Μελάς Δ. κ.ά, 2000).

Οι βιομηχανίες οι οποίες ευθύνονται για τα αυξημένα επίπεδα χρωμίου στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι κυρίως αυτές που δραστηριοποιούνται στους τομείς της παραγωγής πυρίμαχων τούβλων, της μεταλλουργίας, χρωμικών και διχρωμικών αλάτων, των χρωμάτων κτλ. Βιομηχανίες ήσσονος συμβολής στην αύξηση των επιπέδων χρωμίου είναι οι τσιμεντοβιομηχανίες αλλά και η καύση απορριμμάτων και ιλύος (Ψαρράς, 2011).



**Εικόνα 3:** Χρώμιο

**2.3.5.Χρήσεις του Νικέλιο (Ni):** Είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 28 και είναι το έβδομο πιο άφθονο στοιχείο στη Γη (αποτελεί 10% του πυρήνα). Είναι λιγότερο άφθονο στο φλοιό και είναι σιδηρόφιλο. Απαντάται σε οξειδία και θειούχα ορυκτά. Η αποσάθρωση των θειούχων ορυκτών ελευθερώνει  $Ni^{+2}$  που έχει παρόμοιο μέγεθος με το  $Mg^{+2}$  και το αντικαθιστά σε πυριτικά ορυκτά. Είναι σημαντικό σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα κράματα ενώ χρησιμοποιείται για επιμεταλλώσεις. Γενικά έχει χαμηλές φυσικές περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις αλλά μεγάλες περιεκτικότητες υπάρχουν σε σερπεντινιωμένα εδάφη και γύρω από περιοχές εξορύξεων. Είναι απαραίτητο στοιχείο και συμμετέχει μόνο σε ένα ένζυμο την ουρεάση που καταλύει την αποσύνθεση της ουρίας σε αμμωνία στα θηλαστικά. Είναι πιο σημαντικό στα αναερόβια βακτήρια που λαμβάνουν ενέργεια από το μεταβολισμό  $CH_4$  και  $H_2$ . Το συνένζυμο F430 περιέχει Ni σε δακτύλιο παρόμοιο με αυτό του Fe στην αίμη και καταλύει την αντίδραση σχηματισμού μεθανίου από υδρογόνο και διοξείδιο του

άνθρακα.

Συχνά υψηλές περιεκτικότητες Ni μπορεί να βρεθούν στο πετρέλαιο και θεωρείται ότι προέλευσή τους είναι το συνένζυμο F-430 από τα μεθανογενή βακτήρια. (Cox, 1995)

### **2.3.6.Τοξικότητα Νικελίου**

Έχει τοξικές επιδράσεις στο δέρμα, τη μύτη, τους οφθαλμούς, το αναπνευστικό, το ήπαρ και τους νεφρούς, ενώ στους εργαζόμενους στη βιομηχανία νικελίου, η έκθεση σε ενώσεις νικελίου χαμηλής διαλυτότητας μπορεί να προκαλέσει νεοπλασία στους πνεύμονες και στην κοιλότητα της μύτης (Σιχλετίδης, 1995). Επίσης, το νικέλιο χαρακτηρίζεται και ως το μέταλλο της κατάθλιψης και της αυτοκτονίας, καθώς συνδέεται με αυτά τα συμπτώματα και τα συναισθήματα. Πρόκειται για ένα ιδιαίτερα θανατηφόρο τοξικό μέταλλο (Sunderman & Oskarsson, 1991).



**Εικόνα 4:** Νικέλιο

### **2.3.7.Περιβαλλοντικές επιπτώσεις νικελίου**

Το νικέλιο απελευθερώνεται στον αέρα από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και τους αποτεφρωτήρες απορριμμάτων. Έτσι, μπορεί να παραμείνει στο έδαφος ή να πέσει στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας μετά από αντίδρασή του με τη βροχή. Συνήθως, απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα για να απομακρυνθεί το νικέλιο από τον αέρα. Επίσης μπορεί να καταλήξει στην επιφάνεια του νερού όταν αποτελεί μέρος των ρευμάτων αποβλήτων (Merian, 1984). Το μεγαλύτερο μέρος όλων των ενώσεων νικελίου που απελευθερώνονται στο περιβάλλον, προσροφάται στα ιζήματα ή στο έδαφος.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι οι υψηλό περιεχόμενο νικελίου στα αμμώδη εδάφη μπορούν να είναι επιβλαβή για τα φυτά. Ακόμη, το υψηλό περιεχόμενο νικελίου στα ύδατα μπορούν να ελαττώσουν τα ποσοστά αύξησης των αλγών. Επίσης η παρουσία του νικελίου μπορεί, να καθυστερήσει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, οι οποίοι, όμως, μπορούν να αναπτύξουν αντίσταση στο νικέλιο μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Το νικέλιο μπορεί να είναι επικίνδυνο ακόμα και για τα ζώα όταν ξεπεραστούν τα μέγιστα ανεκτά ποσά πρόσληψης. Συμπερασματικά μπορεί να προκαλέσει ποικίλα είδη καρκίνου στους ιστούς των ζώων, ειδικά στα ζώα που ζουν κοντά σε εγκαταστάσεις καθαρισμού. Οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις νικελίου στις βιομηχανικές περιοχές έχει εκτιμηθεί ότι είναι της τάξεως των 120 με 170 ng/m<sup>3</sup>, ενώ στις προαστιακές περιοχές, οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 6 έως 17 ng/m<sup>3</sup> (Merian, 1984).

**2.3.8.Χρήσεις του Κοβάλτιο (Co):** Το χημικό στοιχείο Κοβάλτιο είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 27. Η λέξη κοβάλτιο προέρχεται από τη γερμανική λέξη kobalt, από το goblin ή kobald, που εξηγείται ως "κακό πνεύμα". Η ονομασία αυτή δόθηκε από τους ανθρακωρύχους για τα μεταλλεύματα του κοβαλτίου, (30) γιατί είχαν την εντύπωση ότι δεν είχε καμιά αξία ενώ αντίθετα κατανοούσαν ότι ήταν δηλητηριώδες, καθόσον μόλυνε τα άλλα ορυκτά εξαιτίας της περιεκτικότητας του σε θείο και αρσενικό (Dillard, Scheck & Koppel, 1983). Ο Σουηδός χημικός Georg Brandt που απομόνωσε το κοβάλτιο απέδειξε ότι ήταν η πηγή για το μπλε χρώμα στο γυαλί (Joseph, Narayana & Nambiar, 2000). Το μεγαλύτερο ποσοστό κοβαλτίου βρίσκεται στον πυρήνα της γης (Hamilton & Gopper, 1987). Σε μικρές ποσότητες, όμως, εμφανίζεται στα φυσικά νερά με τη μορφή σουλφιδίου [Co(II)S]. Το κοβάλτιο υπάρχει σε πολλά ορυκτά όπως συμβαίνει με τα περισσότερα μεταβατικά μέταλλα. Τα κυριότερα ορυκτά, στα οποία συμμετέχει το κοβάλτιο, είναι ο κοβαλτίτης ο ερυθρίτης και ο σμαλτίτης αλλά συνδέεται συχνά και με άλλα μέταλλα, όπως ο χαλκός και το νικέλιο, για το σχηματισμό διαφόρων κραμάτων. Η παγκόσμια παραγωγή του κοβαλτίου είναι 17,000

τόνοι ετησίως. Στην πόλη του κοβαλτίου στο Οντάριο παράγεται και ως υποπροϊόν της μεταλλείας του αργύρου.

Λόγω του χαρακτηριστικού μπλε χρώματος που αποδίδει το κοβάλτιο σε γυάλινα σκεύη, σε κεραμικά και σε βερνίκια και στην παραγωγή μελανιών και χρωμάτων είναι πολύ διαδεδομένη η χρήση του. Ακόμη, το κοβάλτιο χρησιμοποιείται στην παρασκευή κραμάτων υψηλών θερμοκρασιών γνωστών ως υπεραγωγίμα κράματα (περιέχουν κοβάλτιο σε αναλογία 60 %). Εξαιτίας της ανθεκτικότητας των κραμάτων αυτών σε υψηλές θερμοκρασίες, γίνεται χρήση τους είναι μεγάλη στην κατασκευή κινητήρων ακόμα και στη βιομηχανία κατασκευής αεροπλάνων.

Το κοβάλτιο είναι ευεργετικό για τον άνθρωπο και μπορεί να προσληφθεί μέσω της τροφής κυρίως από τα στρείδια, το κόκκινο κρέας, τα πουλερικά, τα μύδια, το πλήρες γάλα καθώς και από διάφορα πράσινα λαχανικά και φρούτα (Hamilton & Gorper, 1987). Σημαντική βιολογική εφαρμογή του κοβαλτίου είναι η παρουσία του στη βιταμίνη B12 (Chndra, Brown, 2008). Η βιταμίνη B12 είναι υδατοδιαλυτή βιταμίνη που παίζει σημαντικό ρόλο στη φυσιολογική λειτουργία του νευρικού συστήματος, του εγκεφάλου, και στο σχηματισμό του αίματος (Santander, Kajiwara, Williams & Scott, 2006). Ενώσεις του κοβαλτίου είναι η υδροξυκοβαλαμίνη και η κυανοκοβαλαμίνη. Η υδροξυκοβαλαμίνη αποτελεί σήμερα το φάρμακο για τη θεραπεία της μεγαλοβλαστικής αναιμίας που παρουσιάζεται μετά από έλλειψη βιταμίνης B12 (Andres, Vidal-Alaball, Federici, Loukili, Zimmer & Kaltenbach, 2007).

### **2.3.9.Τοξικότητα κοβαλτίου**

Το κοβάλτιο είναι σημαντικό και ευεργετικό για την ανθρώπινη υγεία. Εντούτοις, το πολύ υψηλό περιεχόμενο του μπορεί να επιφέρει τα αντίθετα αποτελέσματα (Beyersmann & Hartwig, 1992). Καθώς τα φυτά αναπτύσσονται σε ρυπασμένο έδαφος, είναι πολύ πιθανό να συσσωρεύονται πολλές και ανεπιθύμητες ουσίες. Συγκεκριμένα το κοβάλτιο σε διάφορες μορφές, είναι δυνατό να συσσωρευτεί στα φυτά και ειδικά στα βρώσιμα μέρη των φυτών, όπως οι σπόροι και τα φρούτα. Στα εδάφη κοντά σε ορυχεία, είναι πολύ πιθανό να περιέχεται μεγάλο περιεχόμενο κοβαλτίου, με αποτέλεσμα η πρόσληψή του από ανθρώπους, φυτά και ζώα να μπορεί να προκαλέσει



προβλήματα στην υγεία (Collery, Bratter & Negetti, 1998). Τα προβλήματα που παρουσιάζονται από το μεγάλο περιεχόμενο κοβαλτίου είναι τα εξής: έμετος και ναυτία, καρδιακά προβλήματα, προβλήματα όρασης, αναπνευστικά προβλήματα και βλάβη του θυρεοειδούς.

Πέρα από την άμεση ή έμμεση πρόσληψη του κοβαλτίου από τις τροφές, αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία μπορούν να προκληθούν και από την ακτινοβολία των ραδιενεργών ισotόπων κοβαλτίου. Η έκθεση στην ακτινοβολία μπορεί να προκαλέσει τριχόπτωση, εμετό, στειρότητα, διάρροια, αιμορραγία, κώμα, ακόμη και θάνατο. Η έκθεση στη σκόνη κοβαλτίου μπορεί επίσης να προκαλέσει άσθμα και αναπνευστικά προβλήματα ακόμη και θάνατο (Helis, Meester & Hodgson, 1976).

### **2.3.10. Περιβαλλοντικές επιπτώσεις του κοβαλτίου**

Το κοβάλτιο ως χημικό στοιχείο εμφανίζεται στο περιβάλλον, στο νερό, στο χώμα, στον αέρα, στα πετρώματα, στα ζώα και στα φυτά. Τελικά μπορεί να εισέλθει στον αέρα και στο νερό και στο έδαφος λόγω της σκόνης που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και μέσω των υδάτων που έρχονται σε επαφή με πετρώματα που το περιέχουν (Ahmed & Evans, 1960). Η απελευθέρωση του κοβαλτίου στην ατμόσφαιρα γίνεται λόγω της καύσης και της εξόρυξης άνθρακα, της επεξεργασίας των μεταλλευμάτων που περιέχουν κοβάλτιο και της χρήσης χημικών ενώσεων αυτού (Lobinski & Fresenius, 2001). Τα ραδιενεργά ισotόπια του κοβαλτίου απελευθερώνονται μετά από διεργασίες πυρηνικής ενέργειας αλλά ευτυχώς, έχουν σχετικά σύντομο χρόνο ημιζωής και δεν είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα. Το κοβάλτιο δεν καταστρέφεται όταν βρεθεί στο περιβάλλον, αντιθέτως αντιδράει με άλλα μόρια ή προσροφάται σε εδαφολογικά υλικά ή σε ιζήματα που περιέχουν νερό. Παρατηρείται στην περίπτωση των ζώων, στα οποία παρουσιάζεται έλλειψη κοβαλτίου αν η διατροφή τους είναι φτωχή σε κοβάλτιο. Μάλιστα, σε εδάφη που περιέχουν πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις κοβαλτίου, τα φυτά που αναπτύσσονται παρουσιάζουν ανεπάρκεια σε κοβάλτιο.



**Εικόνα 5:** Κοβάλτιο

## **2.4. Τρόποι πρόσληψης των μετάλλων**

Είναι γνωστό ότι υπάρχουν δύο διαδικασίες για την πρόσληψη των μετάλλων από τους φυσικούς οργανισμούς: α) **Η παθητική πρόσληψη** εξαρτάται από τη διαφορά συγκέντρωσης, βασίζεται στη διαδικασία της διάχυσης και δεν χρειάζεται ειδικό μεταφορέα β) **Η ενεργή πρόσληψη** συχνά δείχνει υψηλό βαθμό εξειδίκευσης, χρειάζεται απευθείας μεσολάβηση της μεταβολικής διαδικασίας και γίνεται συχνά, με τη χρήση μορίου μεταφορέα (Lepp, 1981). Πιο συγκεκριμένα η πρόσληψη και η διαχείριση των μετάλλων από τα θαλάσσια μακροφύκη αποδίδεται, στην παθητική ή ενεργή διαδικασία μεταφοράς μέσω της πλασματικής μεμβράνης και των μεμβρανών που έχουν τα οργανίδια στην προσρόφηση από το μέσο στην επιφάνεια των κυττάρων, στην ανατρέψιμη ή μη ανατρέψιμη σύνδεση σε θέσεις σύνδεσης του κυττάρου αλλά και στην αποθήκευση τους στα χυμοτόπια και τους ενδο- και μέσο-κυτταρικούς χυμούς (Rice, Lapointe, 1981). Οι Fujiyama και Maeda, το 1977 ανέφεραν ότι είναι δύσκολο να διαχωριστεί η παθητική και η ενεργή διαδικασία πρόσληψης των μεταλλικών ιόντων από τα φυτά .

## **2.5. Ιζήματα**

Τα ιζήματα αποτελούνται από αδιάλυτα προϊόντα της διάβρωσης των πετρωμάτων και εδαφών, καθώς και της βιολογικής δραστηριότητας, μαζί με όλα τα διαλυτά είδη που συνδέονται με τις στερεές φάσεις μέσω διεργασιών

που εξελίσσονται στη θαλάσσια μάζα κατά την καταβύθιση των αιωρούμενων σωματιδίων. Η σύσταση των ιζημάτων εξαρτάται από την προέλευση, τον τρόπο μεταφοράς και το περιβάλλον απόθεσης. Τα αδιάλυτα προϊόντα της διάβρωσης περιλαμβάνουν α) τα σταθερά μη διασπώμενα πρωτογενή ορυκτά και β) τα ορυκτά που σχηματίζονται στο περιβάλλον διάβρωσης – κυρίως αργίλους και οξειδία σιδήρου και αργιλίου καθώς και τα άμορφα πρόδρομά τους. Η βιολογική δραστηριότητα συνεισφέρει αδιάλυτα οργανικά και χουμικά υλικά, αλλά και ανόργανες ενώσεις, όπως πυριτικά, ανθρακικά, και φωσφορικά άλατα, σαν συστατικά των σκελετικών δομών. Μετά την απόθεση και τη συσσώρευση του ιζήματος, διαγενετικές διεργασίες, που συνεπάγονται από διάφορες φυσικές και χημικές βαθμίδες κάτω από τη μεσεπιφάνεια ιζήματος/νερού, τροποποιούν περαιτέρω την ορυκτολογία αλλά και τη χημεία του ιζήματος (Campbell, P.G.C., et al, 1988).

Τα επιφανειακά δείγματα του ιζήματος δίνουν πληροφορίες για τα στρώματα που έχουν εναποτεθεί πρόσφατα. Η κάθετη κατανομή των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα δείχνει την προέλευση της συσσώρευσης των μετάλλων (φυσικός εμπλουτισμός ή αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων). Τα βαρέα μέταλλα στα ιζήματα, κατανέμονται σε διάφορες φάσεις (Forstner & Wittman, 1983). Τα βαρέα μέταλλα φθάνουν στο ίζημα με τρεις κυρίως τρόπους:

1. Εντός ή επί των σωματιδίων που κατακάθονται στον πυθμένα.
2. Εντός ή επί των σωματιδίων που μεταφέρονται κατά μήκος του πυθμένα.
3. Με προσρόφηση των διαλυμένων μετάλλων του νερού κατά την επαφή με το ίζημα,

Μπορούν να συμμετέχουν σαν κύρια στοιχεία ή ιχνοστοιχεία στη δομή πυριτικών ή άλλων βαρέων ορυκτών. Γενικά, σε παράκτια ιζήματα είναι συνηθισμένη η παρουσία ανθεκτικών φάσεων και κρίνονται γεωχημικά αδρανή σε θέματα βιοσυσσώρευσης και ρύπανσης (Wedepohl, 1978). Μπορεί να βρίσκονται προσροφημένα σε ενεργές επιφάνειες, όπως υδροξειδία σιδήρου και μαγγανίου, αργιλικά ορυκτά, άμορφο πυριτικό οξύ και γενικότερα οργανική ύλη που έχουν τη δυνατότητα να προσροφούν κατιόντα μετάλλων

από το νερό, απελευθερώνοντας άλλα μέσω της ιοντοανταλλαγής (Forstner & Wittman, 1983), ενώ η σειρά προσρόφησης είναι η εξής:  $MnO_2$  > χουμικά οξέα > οξειδία σιδήρου > αργιλικά ορυκτά (Guy & Chakrabati, 1975). Σημαντικό μέσο καταβύθισης βαρέων μετάλλων αποτελούν τα υδροξείδια του σιδήρου και μαγγανίου κυρίως με μηχανισμούς συγκαθίζησης (Lee, 1975). Οι οργανικές ενώσεις, καθώς και οργανικές επικαλύψεις των αργιλικών ορυκτών είναι πολύ ενεργοί παράγοντες δέσμευσης βαρέων μετάλλων και συχνά υπερκαλύπτουν τη δράση άλλων παραγόντων, όπως τα οξειδία του Fe και Mn (Jonasson, 1977). Τελικά η αποδέσμευση των βαρέων μετάλλων από φάσεις του ιζήματος και κατ' επέκταση η είσοδός τους σε διαλυτή μορφή, έχει βλαπτικές συνέπειες για το θαλάσσιο οικοσύστημα. Η επαναδιαλυτοποίηση αυτή δημιουργεί σημαντικές χημικές αλλαγές στο νερό, όπως μείωση του pH, μεταβολή οξειδοαναγωγικών συνθηκών, αύξηση αλατότητας, αύξηση της συγκέντρωσης των φυσικών και συνθετικών οργανικών συμπλόκων. Οι αλλαγές αυτές εντείνονται ακόμα περισσότερο από τη δράση των κυμάτων, τα ρεύματα, τις παλίρροιες και τη βιοαναμόχλευση, που προκαλούν επαναιώρηση του ιζήματος και ανάμειξη του νερού των πόρων με την υπερκείμενη θαλάσσια μάζα (Burgess & Scott, 1992). Επιπλέον μικροοργανισμοί μέσω της βιοχημικής οξειδωσης, μεταβολίζουν οργανικά σύμπλοκα απελευθερώνοντας τα δεσμευμένα μέταλλα, και επιπρόσθετα σχηματίζουν κολλοειδή μικρού μοριακού βάρους, που όμως έχουν μεγάλη δεσμευτική ικανότητα μεταλλικών ιόντων και τελικά σχηματίζουν οργανικά σύμπλοκα των μετάλλων. Επίσης σημαντικό ρόλο παίζουν οι μεγαλύτεροι βενθικοί οργανισμοί, οι οποίοι μέσω της κίνησης και της διατροφής τους επιτυγχάνουν τον αερισμό, την επαναιώρηση και την αναμόχλευση του ιζήματος, διευκολύνοντας φυσικές διεργασίες (Campbell & Tessier, 1991).

## **2.6.Ευτροφισμός**

Ο ευτροφισμός (eutrophication) ορίζεται ως ο εμπλουτισμός των υδάτων με θρεπτικά συστατικά, όπου η περίσσεια των απαραίτητων για τη θρέψη υλικών προκαλεί υπέρμετρη ανάπτυξη των φυτικών κυρίως οργανισμών με διατάραξη της ισορροπίας. Φυσιολογικά ο ευτροφισμός θα έπρεπε να θεωρείται σαν ένα βραδύ φυσικό φαινόμενο και να μη θεωρείται ότι

προέρχεται μόνο από χημική ρύπανση των υδάτων. Όμως είναι το αποτέλεσμα ρύπανσης όταν η αύξηση των θρεπτικών συστατικών προέρχεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Σε παγκόσμια κλίμακα, οι πληθυσμοί των θαλάσσιων φανερόγαμων συρρικνώνονται, εξαιτίας ανθρωπογενών δραστηριοτήτων κυρίως, που προκαλούν ευτροφισμό. Στη θάλασσα, μια συνηθισμένη ένδειξη για τη ρύπανση από λύματα στις ακτές είναι η ανάπτυξη των πράσινων αλγών *Enteromorpha* και *Ulva* (Κώστας Φυτιανός, 1996).

### **2.7. Τα θαλάσσια Φανερόγαμα**

Τα θαλάσσια Φανερόγαμα είναι ανώτερα φυτά και διαθέτουν ριζικό σύστημα, παράγουν άνθη με στήμονες και ύπερο και σπέρματα. Υπάρχουν περίπου 65 είδη θαλάσσιων φανερόγαμων που ανήκουν σε 12 γένη και με τη σειρά τους κατατάσσονται σε 5 οικογένειες, τις *Potamogetonaceae*, *Posidoniaceae*, *Zosteraceae*(τάξη *Potamogetonales*), *Cymodoceaceae* και την *Hydrocharitaceae*(τάξη *Hydrocharitales*). Η οικογένεια *Hydrocharitaceae* περιλαμβάνει 3 γένη(*Thalassia*, *Enhalus*, *Halophila*), ενώ τα υπόλοιπα 9 γένη(*Zostera*, *Phyllospadix*, *Halodule*, *Thalassodendron*, *Lepilaena*, *Posidonia*, *Cymodocea*, *Syringodium*, *Amphibolis*) ανήκουν στις τέσσερις προαναφερθείσες οικογένειες της τάξης *Potamogetonales* (Hemminga, And & Duarte, 2000).



## Εικόνα 6: Φανερόγαμου *Cymodocea nodosa* (Ucria)

Τα φανερόγαμα και τα μακροφύκη που αναπτύσσονται κυρίως στην παράκτια ζώνη, αποταμιεύουν υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων και παίζουν σπουδαίο ρόλο στην ανακύκλωσή τους. Τα θαλάσσια φανερόγαμα, που αποτελούνται από βλαστό, ρίζα, φύλλα, και ριζίδια, προσλαμβάνουν μέταλλα κυρίως με τα φύλλα από το περιβάλλον νερό και με τις ρίζες και το ρίζωμα από το ίζημα ή το μεσοδιαστημαχικό νερό του ιζήματος. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι συμβαίνει μεταφορά μετάλλων από τα πάνω τμήματα (φύλλα) προς τα κάτω (ρίζωμα, ρίζα), αλλά και αντίστροφα, ανάλογα με το μέταλλο και το φυτικό είδος (Hartog, 1970).

Τα θαλάσσια φανερόγαμα βρίσκονται στα περισσότερα ρηχά παράκτια ύδατα σε ολόκληρο τον κόσμο και έχουν ουσιαστικό ρόλο στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Χαρακτηρίζονται ως σημαντικοί πρωτογενείς παραγωγοί, παρέχουν ενδιαιτήματα σε μια ποικιλία οργανισμών, σταθεροποιούν τα ιζήματα και επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό τη ροή των θρεπτικών συστατικών στα ύδατα (Malea & Kevrekidis, 2013). Ωστόσο, η υποβάθμιση των θαλάσσιων λιβαδιών φανερόγαμων είναι, πλέον, συχνό φαινόμενο (Malea & Kevrekidis, 2014), με τη βασικότερη αιτία την επιβάρυνση από βαρέα μέταλλα (Hemminga & Duarte, 2000).

Στον ελληνικό χώρο, οι έρευνες έχουν γίνει γύρω από τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων σε φανερόγαμα, που επικεντρώνονται στο νότιο Αιγαίο και το Ιόνιο στο βόρειο Αιγαίο το ερευνητικό ενδιαφέρον είναι εστιασμένο στον Θερμαϊκό κόλπο (Catsiki & Panayotidis, 1993).

Στα θαλάσσια οικοσυστήματα της Μεσογείου είναι πολύ σημαντικός ο ρόλος των θαλάσσιων βενθικών κοινωνιών των μακροφύτων, δηλ. των φανερογάμων και των μακροφυκών που αποτελούν τη βάση για τα σημαντικότερα τροφικά πλέγματα της παράκτιας ζώνης. Οι κοινωνίες των θαλασσιών φανερογάμων χαρακτηρίζονται από δομική σταθερότητα, υψηλή παραγωγικότητα και δυνατότητα ανακύκλωσης των ανόργανων θρεπτικών αλάτων. Με αυτό τον τρόπο προσφέρουν τροφή και καταφύγιο σε πολλούς θαλάσσιους οργανισμούς και είναι παράγοντας σταθερότητας των ακτογραμμών. Επιπλέον, προσφέρουν κατάλληλο περιβάλλον για τα πρώτα

στάδια της ανάπτυξης πολλών εμπορεύσιμων ψαριών (Μουσείο Ζωολογίας Τμήματος Βιολογίας ΕΚΠ Αθηνών, 1999). Ο αναπαραγωγικός κύκλος του *Cymodocea nodosa* διαρκεί 12 μήνες, δύο μήνες για την άνθηση (Απρίλιο) και 2 μήνες για την ωρίμανση του καρπού (Ιούλιο) και 8 μήνες με τον καρπό θαμμένο στο υπόστρωμα σαν σε λήθαργο. Έτσι τον Απρίλιο παρατηρούνται και άνθη αλλά και νεαρά φυτά. Η *Cymodocea nodosa* πραγματοποιεί φυλετική αναπαραγωγή, οι καρποί της δεν επιπλέουν και μόλις είναι έτοιμοι και ωριμάσουν πέφτουν σε ζεύγη στη βάση της δέσμης των φύλλων (Mazella, 1991).

### 3.ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

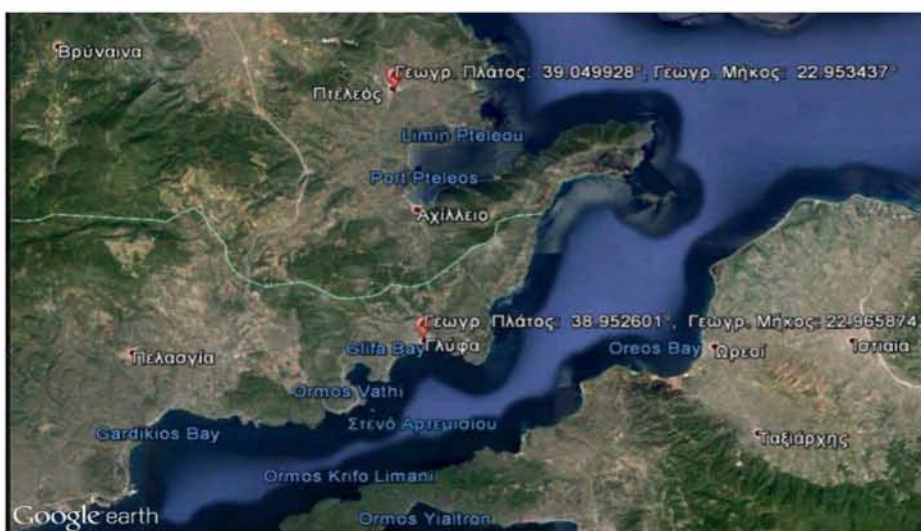
Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να εκτιμήσει το επίπεδο επιβάρυνσης από βαρέα μέταλλα σε θαλάσσια λιβάδια της περιοχής του Πελέου Μαγνησίας και της Γλύφας Φθιώτιδας και να εξετάσει αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του περιεχομένου των βαρέων μετάλλων, στα επιφανειακά ιζήματα και στη βιομάζα του φανερόγαμου *Cymodocea nodosa*.



## 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1 Περιοχή έρευνας

Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε γειτονικά επιφανειακά ιζήματα και σε θαλάσσια λιβάδια του Πετελέου Μαγνησίας και στην περιοχή της Γλύφας Φθιώτιδας. Ο Δήμος Πετελεού λειτούργησε ως δήμος του νομού Μαγνησίας από το 1999 έως το 2010. Συγκεκριμένα ανήκει σε μια από τις 4 δημοτικές ενότητες του Δήμου Αλμυρού που υπάγεται στην περιφέρεια της Θεσσαλίας με έδρα τον ομώνυμο Αλμυρό. Η έκταση του Δήμου είναι 909.79 τ.χλμ. Η δημοτική ενότητα Πετελεού που βρίσκεται στο νοτιότερο άκρο του νομού



καταλαμβάνει έκταση 118τ.χλμ.

**Εικ.7 Χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης και των επιμέρους τοποθεσιών δειγματοληψίας(Γεωγραφικό υπόβαθρο Google Earth) Στο ανατολικότερο σημείο του Νομού Φθιώτιδος βρίσκεται η Γλύφα.**

### 4.2 Δειγματοληψία

Έπειτα από προκαταρκτική επισκόπηση πυκνού δικτύου παράκτιων σταθμών στην ηπειρωτική ακτογραμμή, επιλέχθηκαν 2 τοποθεσίες, στο Πετελέο Μαγνησίας (Α) και στη Γλύφα Φθιώτιδας (Β) (Εικ. 7). Συγκεκριμένα από κάθε σταθμό συλλέχθηκαν 9 δείγματα επιφανειακού ιζήματος και 9 δείγματα από στελέχη του φανερόγαμου *Cymodocea nodosa* (Ucria, με αυτόνομη κατάδυση σε βάθος 3-10 m, κατά την περίοδο Μαΐου -Ιουλίου 2016.

Συλλέχτηκαν επίσης εννέα δείγματα ιζημάτων (PS1- PS9) σε διάφορα σημεία στο Πτέλεο Μαγνησίας και στη Γλύφα Φθιώτιδας (GS1- GS9), με κατάδυση (Εικόνα 8). Τα δείγματα *Cymodocea nodosa* συλλέχτηκαν επίσης από εννέα (PC1-PC9) διαφορετικά σημεία στο Πτέλεο Μαγνησίας και στη Γλύφα Φθιώτιδας (GC1- GC9) και αφού απομακρύνθηκαν τα επίφυτα, πλύθηκαν με απεσταγμένο νερό τρεις φορές στη συνέχεια ξηράνθηκαν, ομογενοποιήθηκαν και φυλάχθηκαν σε αεροστεγή βάζα (Issac & Kerber, 1971). Τα δείγματα ιζήματος τοποθετήθηκαν σε ειδικές πλαστικές αριθμημένες σακούλες και μετά την ξήρανση στους 35°C για δύο μέρες, αποσβολώθηκαν σε γουδί. Στη συνέχεια κοσκινίστηκαν σε κόσκινο των 2 mm και το κλάσμα < 2 mm ομογενοποιήθηκε και κονιοποιήθηκε στα <63μm. Η διαλυτοποίηση των δειγμάτων έγινε με χορήγηση μίγματος οξέων HClO<sub>4</sub> – HNO<sub>3</sub> – HCl – HF και αναλύθηκαν τα παρακάτω στοιχεία Co, Cr, Ni (Symposium on Oceanography & Fisheries, 2009). Η ανάλυση των δειγμάτων έγινε στα εργαστήρια ACME Analytical Laboratories LTD, στον Καναδά, για τον προσδιορισμό του περιεχόμενου 3 χημικών στοιχείων (Co, Cr, Ni) με τη μέθοδο της φασματομετρίας μαζών με επαγωγική σύζευξη πλάσματος (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, ICP-MS). Η ICP-MS προσδιορίζει τα χημικά στοιχεία πολύ χαμηλών περιεχομένων δηλαδή κάτω από ένα μέρος στο εκατομμύριο (ppm) (Αργυράκη Α., 2007). Στη συνέχεια η ποιότητα της αναλυτικής διαδικασίας εξασφαλίστηκε με τη χρήση εσωτερικών προτύπων (ISO 9001) καθώς και πρότυπα υλικά αναφοράς του περιεχόμενου αναλυτικού εργαστηρίου. Παράλληλα τα ίδια δείγματα(ιζήματος-φανερόγαμου) αναλύθηκαν με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης AAS και την τεχνική φλόγας FAAS, για τα ιζήματα και φούρνου γραφίτη GFAAS για την *Cymodocea nodosa* στο Εργαστήριο Γεωχημείας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν δεν διέφεραν περισσότερο από 10% οπότε και θεωρήθηκαν αξιόπιστα και έγιναν αποδεκτά.



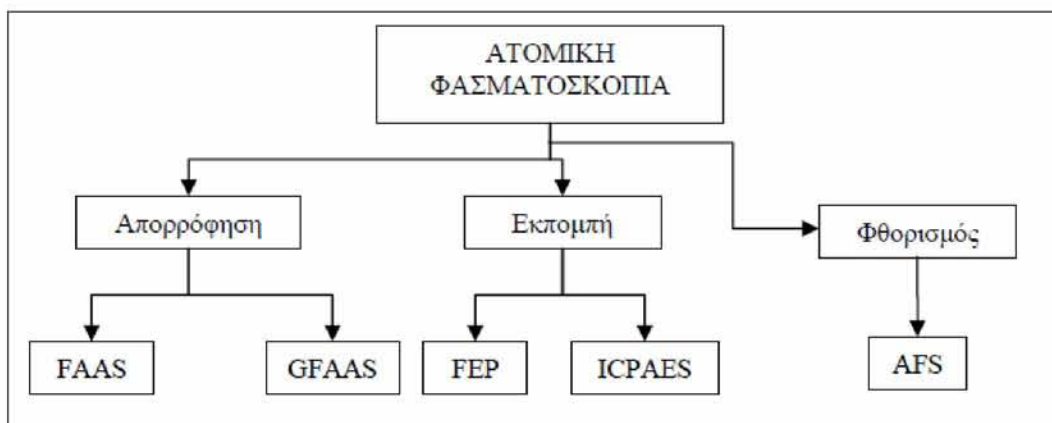
**Εικόνα 8:** Δειγματοληψία με κατάδυση

### **4.3. Μέθοδοι προσδιορισμού βαρέων μετάλλων**

#### **4.3.1. Προσδιορισμός μετάλλων**

Αρχικά η φασματομετρία μάζας (MS) εφαρμόστηκε στην ανάλυση στερεών δειγμάτων και έπειτα εξελίχθηκε σε φασματομετρία μάζας με επαγωγική σύζευξη πλάσματος ως πηγή ιονισμού (ICP-MS) με εφαρμογή στην ανάλυση διαλυμάτων. Σήμερα η μέθοδος αυτή καθώς έχει εξελιχθεί χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο για την ανάλυση περιβαλλοντικών δειγμάτων με χαμηλά περιεχόμενα χημικών στοιχείων. Οι πιο διαδεδομένες αναλυτικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη χημική ανάλυση διαλυμάτων είναι η ατομική φασματοσκοπία (AS) η φασματοσκοπία μάζας (MS)

Ανάλογα με τον τρόπο αλληλεπίδρασης των ατόμων με το φως, οι τεχνικές AS κατηγοριοποιούνται σε απορρόφησης, εκπομπής και φθορισμού (Εικόνα 9).



**Εικόνα 9.** Τεχνικές ατομικής φασματοσκοπίας

Η ατομική απορρόφηση σχετίζεται με το ποσό της προσπίπτουσας ακτινοβολίας που απορροφάται στο συγκεκριμένο μήκος κύματος, καθώς και αυτό που διαπερνά το νέφος των ατόμων. Όταν ο αριθμός των ατόμων που συμμετέχουν στο νέφος αυξάνει, αυξάνει και το ποσό της ακτινοβολίας που απορροφάται από αυτό. Με αυτό τον τρόπο μετρώντας την απορροφούμενη ακτινοβολία μπορεί να γίνει ποσοτικός προσδιορισμός του περιεχόμενου του στοιχείου που μελετάται. Η χρήση ειδικών πηγών ακτινοβολίας και η επιλογή του κατάλληλου μήκους κύματος στη δέσμη επιτρέπει ακόμα τον προσδιορισμό μετάλλων παρουσία και άλλων στοιχείων (Μαυρομάτης, 2003). Στο δείγμα διοχετεύεται θερμική ενέργεια, η οποία διασπά τις ενώσεις σε ελεύθερα άτομα και έτσι δημιουργείται το νέφος το οποίο απαιτείται για τις μετρήσεις της ατομικής απορρόφησης. Τα άτομα του στοιχείου που πρόκειται να μετρηθούν παραμένουν στη θεμελιώδη κατάσταση και έτσι έχουν την δυνατότητα να απορροφούν ακτινοβολία συγκεκριμένου μήκους κύματος προερχόμενο από μια πηγή.

Ένα φασματόμετρο ατομικής απορρόφησης αποτελείται από τα εξής: (Εικόνα 10,11)

**1) την πηγή** (εκπέμπει ατομικό φάσμα ενός ή περισσότερων συγκεκριμένων στοιχείων)

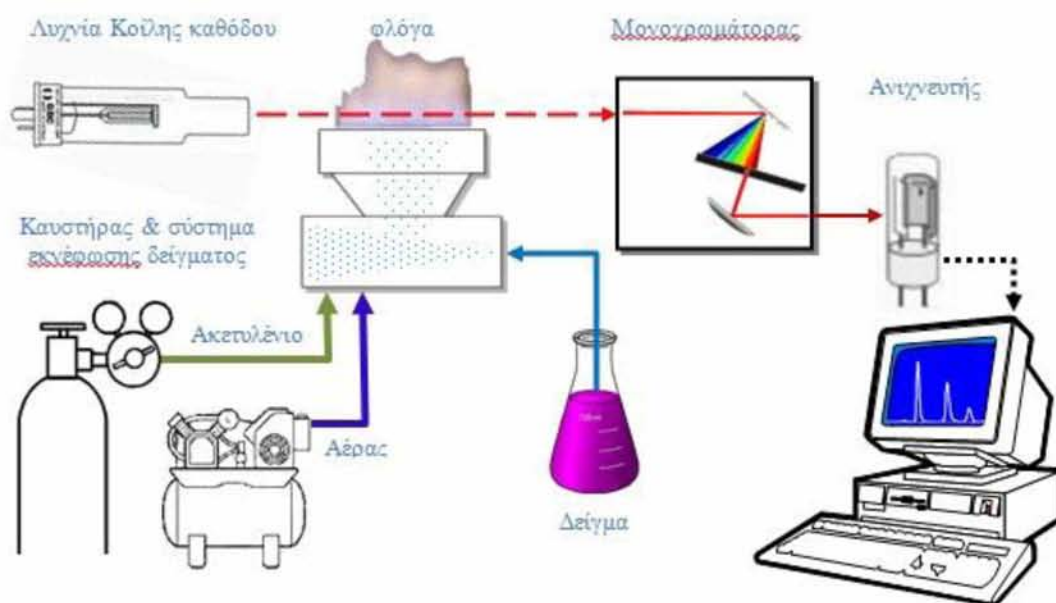
**2) τον ατομοποιητή** (φούρνος γραφίτη ή φλόγα) Η φλόγα είναι ένα μίγμα αερίων που δημιουργείται στον καυστήρα, μέσα της οποίας διοχετεύεται το

δείγμα μέσω συστήματος αναρρόφησης, εκνεφώνεται (ατομοποιείται) και απορροφά την διερχόμενη από αυτή δέσμη φωτός, είτε ο **φούρνος γραφίτη**, στον οποίο εισάγεται το δείγμα, αποτεφρώνεται και μετά ατομοποιείται υπο συγκεκριμένες για κάθε στοιχείο συνθήκες.

**3) τον μονοχρωμάτορα**( παίζει το ρόλο του διαχωριστή του χαρακτηριστικού μήκους του στοιχείου που μελετάται από τα υπόλοιπα μήκη κύματος)

**4) έναν ανιχνευτή** (που παράγει ρεύμα ανάλογο της έντασης της ακτινοβολίας που δέχεται

**5) και τέλος την συσκευή** που ενισχύει και επεξεργάζεται το σήμα και στέλνει τα αποτελέσματα σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή (Παπαδογιάννης & Σαμανίδου, 1996)



Εικόνα 10: Διάταξη ατομικής απορρόφησης (Atomic absorption spectroscopy - AAS) (Μαυρομάτης, 2003).

#### 4.3.1.2. Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης με φλόγα (FAAS)

Η φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης με φλόγα αναπτύχθηκε από τον Αυστραλό επιστήμονα Alan Walsh στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Συγκεκριμένα τα περισσότερα φασματόμετρα φλόγας χρησιμοποιούν έναν καυστήρα προανάμειξης, μέσα στον οποίο το καύσιμο, το δείγμα και το

οξειδωτικό αναμιγνύονται πριν την εισαγωγή τους στη φλόγα. Το διάλυμα του δείγματος εισέρχεται στον πνευματικό εκνεφωτή μέσω της γρήγορης ροής οξειδωτικού (συνήθως αέρα) από το ένα άκρο του τριχοειδούς δείγματος. Στη συνέχεια το υγρό διασπάται σε πολύ λεπτά σταγονίδια καθώς εξέρχεται από τον τριχοειδή. Τα σταγονίδια κατευθύνονται σε ένα γυάλινο σφαιρίδιο, πάνω στο οποίο διασπώνται σε ακόμη μικρότερα σωματίδια. Ο σχηματισμός μικρών σταγόνων ονομάζεται **εκνέφωση**. Το λεπτόκοκκο αιώρημα υγρού (ή στερεού) σε ένα αέριο ονομάζεται **αερόλυμα**. Ο εκνεφωτής δημιουργεί ένα αερόλυμα από το υγρό δείγμα. Οι σταγόνες, το καύσιμο και το οξειδωτικό ρέουν μέσω διαφραγμάτων που επιταχύνουν τη μείξη και εμποδίζουν τη διέλευση στις μεγάλες σταγόνες υγρού. Η περίσσεια του υγρού συλλέγεται στο κάτω μέρος του θαλάμου εκνέφωσης και ρέει εκτός του οργάνου. Τελικά το αερόλυμα που φτάνει στη φλόγα περιέχει μόνο το 5% περίπου του αρχικού δείγματος.



Εικόνα 11: Ατομική Απορρόφηση με φλόγα (FAAS)

Συνηθέστερος συνδυασμός καυσίμου-οξειδωτικού είναι το ακετυλένιο με αέρα, συνδυασμός που παράγει φλόγα με θερμοκρασία 2400-2700K. Το πόσο θερμή φλόγα χρειάζεται εξαρτάται από το σημείο ζέσης του στοιχείου έτσι ώστε να επιτευχθεί η ατομοποίηση. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται ο συνδυασμός ακετυλένιου-υποξειδίου του αζώτου. Τα σταγονίδια εξατμίζονται καθώς εισέρχονται στη φλόγα και στη συνέχεια εξατμίζεται και το στερεό υπόλειμμα, και διασπάται σε άτομα (Harris, 2011). Με αυτή την τεχνική αναλύονται περιεχόμενα της τάξεως (>1ppm).

#### 4.3.1.3. Ατομική απορρόφηση σε φούρνο γραφίτη (Graphite Furnace AAS, GFAAS)

Η τεχνική ατομική απορρόφηση σε φούρνο γραφίτη άρχισε να εφαρμόζεται στις αρχές της δεκαετίας 1970, αποτελεί δηλαδή εξέλιξη της FAAS αυξάνοντας την ευαισθησία της χημικής ανάλυσης. Η ανάγκη όμως για ανάλυση ιχνοστοιχείων σε περιεχόμενα της τάξης των  $\mu\text{g/l}$ , απαιτεί μια τεχνική πιο ευαίσθητη από αυτή της φλόγας, όπως είναι η παραλλαγή της τεχνικής με φούρνο γραφίτη ( Εικόνα 12). Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε και η συγκεκριμένη τεχνική για την ανάλυση των βαρέων μετάλλων στα φυτά και συγκεκριμένα στη *Cymodocea nodosa*. Το δείγμα τοποθετείται στο χώρο του φούρνου με τη βοήθεια ενός αυτόματου δειγματολήπτη. Η θέρμανση του φούρνου ξεχωρίζει το προς ανάλυση στοιχείο από τα υπόλοιπα και η δέσμη της ακτινοβολίας που διαπερνά μέσα από τον φούρνο εξασφαλίζει τον προσδιορισμό του περιεχομένου του (Van Loon, 1985).



Εικόνα 12 : Ατομική απορρόφηση με φούρνο γραφίτη (Graphite Furnace AAS, GFAAS)

Η χρήση του φούρνου γραφίτη γίνεται ως εξής:

1. **Στάδιο ξήρανσης:** Το δείγμα τοποθετείται στο φούρνο του γραφίτη ώστε να απομακρυνθεί ο διαλύτης. Η ξήρανσης είναι μια διαδικασία αργή και ομοιόμορφη ώστε να μην εκτιναχθεί το δείγμα εκτός του χώρου του φούρνου. Οι θερμοκρασίες μέσα στο φούρνο κυμαίνονται από 100 – 120 °C.
2. **Στάδιο πυρόλυσης:** Σε αυτό το στάδιο εξαερώνονται ανόργανα και οργανικά συστατικά και γίνεται ο διαχωρισμός του προσδιοριζόμενου στοιχείου από τα υπόλοιπα συστατικά του διαλύματος. Η θερμοκρασία που εφαρμόζεται εξαρτάται από την πτητικότητα του στοιχείου που μελετάται (80). Η πυρόλυση δεν γίνεται σε μεγάλες θερμοκρασίες και εκτεταμένο χρόνο για να μην απομακρυνθούν τα προσδιοριζόμενα στοιχεία.
3. **Στάδιο ατομοποίησης:** Στο στάδιο αυτό παράγονται άτομα του στοιχείου που προσδιορίζεται υπό την μορφή ατμού, ώστε να επιτευχθεί ατομική απορρόφηση. Η θερμοκρασία αυξάνει μέχρι που τα εξαερούμενα μοριακά στοιχεία να διασπαστούν. Η θερμοκρασία δεν πρέπει να ξεπερνά κάποια όρια, γιατί μπορεί να υπάρξει απώλεια ατόμων λόγω διάχυσης και διαστολής του αερίου (Welz, 1985).
4. **Στάδιο καθαρισμού:** Στο τελευταίο αυτό στάδιο η θερμοκρασία στον φούρνο αυξάνει μέχρι το μέγιστο και ταυτόχρονα υπάρχει ροή του προστατευτικού αερίου ώστε να απομακρυνθούν όσα σωματίδια έχουν απομείνει. Συνήθως ακολουθείται ένα στάδιο ψύξης σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν την εισαγωγή νέου δείγματος.



Στον Πίνακα 1, που ακολουθεί φαίνεται η συνοπτική σύγκριση των φασματοσκοπικών αναλυτικών μεθόδων.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	FAAS	GAAS
Αριθμός προσδιοριζόμενων στοιχείων	60+ (μέταλλα)	50+ (μέταλλα)
Πολυστοιχειακή	Όχι	Όχι
Ταχύτητα ανάλυσης	Ταχεία (για <5 στοιχεία το δείγμα)	Βραδεία (3-5 min το στοιχείο)
Ημι-ποσοτική ανάλυση	Όχι	Όχι
Ισοτοπική ανάλυση	Όχι	Όχι
Όρια ανίχνευσης	Καλά	Άριστα
Εύρος προσδιοριζόμενης συγκέντρωσης	10 <sup>3</sup>	10 <sup>2</sup>
Επαναληψιμότητα	<1%	<5%
Αναλύμενος όγκος	Μεγάλος	Μικρός
Φασματικές παρεμποδίσεις	Πολύ λίγες	Πολύ λίγες
Χημικές παρεμποδίσεις	Πολλές	Πολλές
Ανάπτυξη μεθοδολογίας	Εύκολη	Δύσκολη
Ευρησιότητα	Πολύ εύκολη	Μετρίως εύκολη
Κόστος	Χαμηλό	Μέσο

Πίνακας 1: Συνοπτική σύγκριση των φασματοσκοπικών αναλυτικών τεχνικών για την ανάλυση διαλυμάτων (Σημειώσεις Αναλυτικής Γεωχημείας, 2007).

#### 4.3.1.4.Επιλογή μεθόδου ανάλυσης

Στην παρούσα μελέτη αναλύθηκαν τα μεν φυτά του φανερόγαμου *Cymodocea nodosa* με την τεχνική της ατομικής απορρόφησης με φούρνο γραφίτη, ενώ τα δείγματα επιφανειακού ιζήματος αναλύθηκαν με τη μέθοδο της ατομικής απορρόφησης με φλόγα.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους Πίνακες 2,3 φαίνονται το περιεχόμενο των αναλυθέντων χημικών στοιχείων (Co, Cr, Ni) τόσο στα ιζήματα όσο και στην *Cymodocea nodosa*, σε ppm.

Στον Πίνακα 2 και όσον αφορά το κοβάλτιο Co το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 2,9ppm έως τα 3,3ppm με μέσω όρο 3,1ppm για τα ιζήματα.

					ΔΕΙΓΜΑΤΑ			
Analyte	ΔΕΙΓ. ΙΖΗΜΑΤΟΣ	Co	Cr	Ni	C. NODOSA	Co	Cr	Ni
Unit	ΠΤΕΛΕΟΣ	ppm	ppm	ppm	ΠΤΕΛΕΟΣ	ppm	Ppm	ppm
MDL	ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝ.	0.2	1	0.1	ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝ	0.01	0.1	0.1
CS1	PS1	3.3	14	8.9	PC1	0.64	3.5	2.0
	PS2	3.2	14	8.7	PC2	0.48	3.6	4.4
	PS3	3.2	15	8.4	PC3	0.33	4.1	1.9
	PS4	3.1	15	8.9	PC4	0.44	4.0	2.3
	PS5	2.9	15	8.8	PC5	0.41	3.8	3.1
	PS6	3.0	15	8.6	PC6	0.34	3.6	3.8
	PS7	3.1	14	8.3	PC7	0.56	3.6	2.8
	PS8	3.2	14	8.2	PC8	0.61	3.8	2.2
CS2	PS9	2.9	15	8.2	PC9	0.51	3.6	2.4
	<b>M.O</b>	<b>3.1</b>	<b>14.5</b>	<b>8.55</b>	<b>MO</b>	<b>0.48</b>	<b>3.73</b>	<b>2.76</b>

**Πίνακας 2.** Περιεχόμενα βαρέων μετάλλων σε ιζήματα και φυτά στην περιοχή Πτελέου.

Όσον αφορά το κοβάλτιο Co το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 0,33ppm έως τα 0,64ppm με μέσω όρο 0,48ppm για τα φυτά.

Όσον αφορά το χρώμιο Cr το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 14ppm έως τα 15ppm με μέσω όρο 14,5ppm για τα ιζήματα.

Όσον αφορά το χρώμιο Cr το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 3,5ppm έως τα 4,1ppm με μέσω όρο 3,73 ppm για τα φυτά.

Όσον αφορά το νικέλιο Ni το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 8,2ppm έως τα 8,9ppm με μέσω όρο 8,55ppm για τα ιζήματα.

Όσον αφορά το νικέλιο Ni το περιεχόμενο στην περιοχή του Πτελεού κυμαίνεται από τα 1,9ppm έως τα 4,4ppm με μέσω όρο 2,76ppm για τα φυτά.

Στον Πίνακα 3 και όσον αφορά το κοβάλτιο Co το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 4,6ppm έως τα 5,6ppm με μέσω όρο 5,1ppm για τα ιζήματα.

					ΔΕΙΓΜΑΤΑ			
Analyte	ΔΕΙΓ. ΙΖΗΜΑΤΟΣ	Co	Cr	Ni	C. NODOSA	Co	Cr	Ni
Unit	ΠΤΕΛΕΟΣ	ppm	ppm	Ppm	ΠΤΕΛΕΟΣ	ppm	ppm	Ppm
MDL	ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝ.	0.2	1	0.1	ΟΡΙΟ ΑΝΙΧΝ	0.01	0.1	0.1
	ΓΛΥΦΑ				ΓΛΥΦΑ			
DS2	GS1	4.6	53	40.2	GC1	0.56	2.7	3.1
	GS2	4.8	54	42.5	GC2	0.88	5.3	5.3
	GS3	5.3	59	44.6	GC3	0.31	2.4	2.0
	GS4	5.1	53	53.9	GC4	0.42	3.2	4.1
	GS5	4.9	55	48.6	GC5	0.45	4.1	3.3
	GS6	5.0	57	51.9	GC6	0.78	4.8	3.8
	GS7	5.2	60	51.3	GC7	0.62	3.4	5.1
	GS8	5.4	61	45.7	GC8	0.46	2.8	2.2
DS3	GS9	5.6	61	56.5	GC9	0.74	2.5	2.3
	<b>M.O</b>	<b>5.1</b>	<b>57</b>	<b>48.35</b>	<b>MO</b>	<b>0.58</b>	<b>3.46</b>	<b>3.46</b>

Πίνακας 3. Περιεχόμενα βαρέων μετάλλων σε ιζήματα και φυτά στην περιοχή της Γλύφας.

Όσον αφορά το κοβάλτιο Co το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 0,31ppm έως τα 0,88ppm με μέσω όρο 0,58ppm για τα φυτά.

Όσον αφορά το χρώμιο Cr το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 53ppm έως τα 61ppm με μέσω όρο 57ppm για τα ιζήματα.

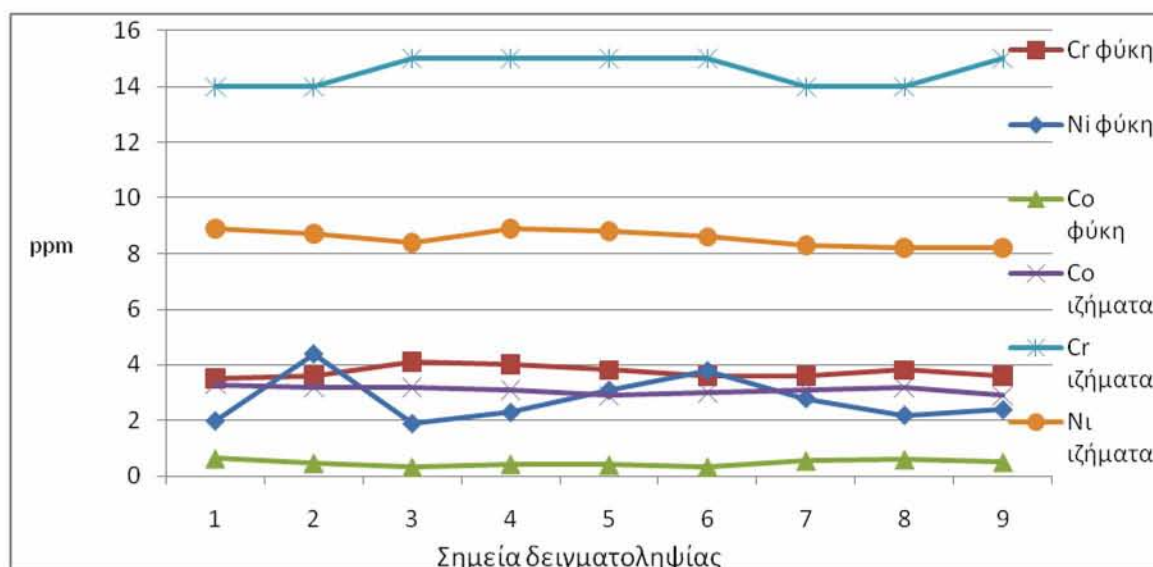
Όσον αφορά το χρώμιο Cr το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 2,4ppm έως τα 5,3ppm με μέσω όρο 3,46 ppm για τα φυτά.

Όσον αφορά το νικέλιο Ni το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 40,2ppm έως τα 56,5ppm με μέσω όρο 48,35ppm για τα ιζήματα.

Όσον αφορά το νικέλιο Ni το περιεχόμενο στην περιοχή της Γλύφας κυμαίνεται από τα 2,0ppm έως τα 5,3ppm με μέσω όρο 3,46ppm για τα φυτά.

Από τρία στοιχεία που ερευνήθηκαν Co, Cr, Ni παρατηρήθηκε ότι εμφάνιζαν σχετικά υψηλά περιεχόμενα στα ιζήματα.

Με βάση τα περιεχόμενα των βαρέων μετάλλων που προσδιορίστηκαν στα δείγματα των ιζημάτων και στα φανερογάματα των περιοχών έρευνας κατασκευάστηκαν τα παρακάτω διαγράμματα.



**Διάγραμμα 1.** Περιεχόμενα βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στα φυτά σε διάφορα σημεία στην περιοχή του Πελέου.

Με βάση το διάγραμμα 1 το περιεχόμενο Cr στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 14-15ppm για τα ιζήματα στην περιοχή του Πελέου.

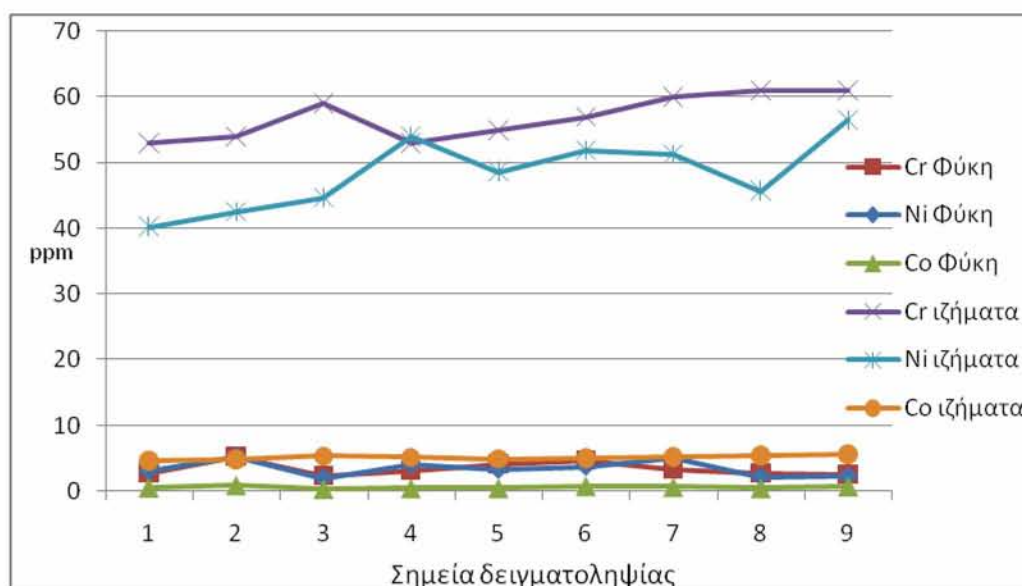
Επίσης με βάση το περιεχόμενο Ni στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 8,20-8,90ppm στα ιζήματα στην περιοχή του Πελέου.

Αντίστοιχα οι συγκεντρώσεις Co στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 2,9-3,30ppm στα ιζήματα στην περιοχή του Πελέου

Με βάση τα περιεχόμενα Cr στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 3,5-4,1ppm στα φανερογάματα στην περιοχή του Πελέου.

Επίσης τα περιεχόμενα Ni στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας εμφάνιζαν συγκριτικά σχετικά μεγάλες διακυμάνσεις, ενώ η υψηλότερη τιμή είναι στην δειγματοληψία PC2 και είναι 4,4ppm και η χαμηλότερη τιμή είναι στην δειγματοληψία PC1 και είναι 2ppm στα φανερογάματα στην περιοχή του Πελέου.

Αντίστοιχα τα περιεχόμενα Co στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα και κυμαίνονταν μεταξύ 0,33-0,64ppm στα φανερογάματα στην περιοχή του Πελέου.



**Διάγραμμα 2.** Περιεχόμενα βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και φυτά σε διάφορα σημεία στην περιοχή της Γλύφας.

Με βάση το διάγραμμα 2 τα περιεχόμενα Cr στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας κυμαίνονταν μεταξύ 53-61ppm στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας.

Επίσης με βάση τα περιεχόμενα Ni στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας κυμαίνονταν μεταξύ 40,2-56,5ppm στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας.

Αντίστοιχα τα περιεχόμενα Co στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 4,6-5,6ppm στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας.

Παρατηρούμαι ότι τα περιεχόμενα Ni και Cr στην περιοχή της Γλύφας είναι πολύ αυξημένη σε σχέση με τα περιεχόμενα Ni και Cr στην περιοχή του Πτελέου.

Επίσης τα περιεχόμενα Cr στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας κυμαίνονταν μεταξύ 2,4-5,3ppm στα φανερογάματα στην περιοχή της Γλύφας. Οι διάφορες δειγματοληψίες εμφάνιζαν μεγάλη διακύμανση.

Επίσης τα περιεχόμενα Ni στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας κυμαίνονταν μεταξύ 2-5,3ppm στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας. Οι διάφορες δειγματοληψίες εμφάνιζαν μεγάλη διακύμανση.

Αντίστοιχα τα περιεχόμενα Co στα διάφορα σημεία δειγματοληψίας ήταν σχεδόν ίδιες και κυμαίνονταν μεταξύ 0,31-0,88ppm στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας.

Παρατηρούμαι ότι τα περιεχόμενα Ni, Co και Cr στην περιοχή της Γλύφας είναι ίδιες σε σχέση με τα περιεχόμενα Ni, Co και Cr στην περιοχή του Πτελέου.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την ερμηνεία και αξιολόγηση των αναλυθέντων υπό μελέτη χημικών στοιχείων είναι τα ακόλουθα:

- Το περιεχόμενο Co,Cr και Ni στα ιζήματα στις περιοχές Γλύφας και Πτελεού είναι κατά πολύ αυξημένο σε σχέση με το περιεχόμενο στα φανερόγαμα στις ίδιες περιοχές.
- Στα φυτά και των δυο περιοχών οι μέσοι όροι δε διαφέρουν σημαντικά και αυτό γιατί φαίνεται ότι υπάρχει “ελεγχόμενη” άμεση απορρόφηση των χημικών στοιχείων από τα ιζήματα των περιοχών αυτών.
- Φαίνεται επίσης ότι το περιεχόμενο Cr και Ni στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας είναι κατά πολύ αυξημένο από ότι στην περιοχή του Πτελέου. Ενώ το περιεχόμενο Co στα ιζήματα στην περιοχή της Γλύφας είναι ελάχιστα αυξημένο με τα αντίστοιχα στην περιοχή του Πτελέου.
- Το περιεχόμενο Co,Cr και Ni στα φανερόγαμα στην περιοχή της Γλύφας είναι σχεδόν στα ίδια επίπεδα με τα αντίστοιχα στην περιοχή του Πτελέου.
- Το περιεχόμενο Co,Cr,Ni σε φθίνουσα σειρά στα ιζήματα στην περιοχή του Πτελεού αλλά κα της Γλύφας είναι  $Cr > Ni > Co$ .
- Το περιεχόμενο Co,Cr,Ni σε φθίνουσα σειρά στα φανερόγαμα στην περιοχή του Πτελεού αλλά κα της Γλύφας είναι  $Cr > Ni > Co$ .

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ξενόγλωσση

- Alloway, B.J. 1995. Heavy metals in soils. Blackie Press. London.
- Campbell, P.G.C. & Tessier, A., 1991. Biological availability of metals in sediments: analytical approaches, Chap.5, in Heavy Metals in the Environment, J.P. Vernet Ed., Elsevier Science Publishers, N. York
- Alloway B.J., Ayres D.C., 1997. "Chemical Principles of Environmental Pollution", p. 190-217, Blackie Academic & Professional: an imprint of Chapman and Hall.
- Beal, J.L., Schmit, B.S. 2000. The effects of dock height on light irradiance (PAR) and seagrass (*Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*) cover p. 49-63. In: Seagrasses: Monitoring, Ecology, Physiology, and Management. Bortone, S.A. (Ed.). CRC Press, Bota Raton
- Burgess, M.R., & Scott, K.J., 1992. The significance of in-place contaminated sediments on the water column: processes and effects. Chap. 7 in Sediment Toxicity Assessment, G.A. Burton, Jr.Ed., Lewis Publishers Inc, Michigan
- Campbell P G C., Lewis A G, Chapman P M, Crowder A A., Flether W K., Imber B., Luoma S N., Stokes P M., Winfrey M., Biologically Available Metals in Sediments National Research Council of Canada, Publ., No NRCC 27694, Ottawa, 1988
- Catsiki V.A., and Panayotidis, P. 1993. Copper, chromium and nickel in tissues of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* & *Cymodocea nodosa* (Potamogetonaceae) from Greek coastal areas. Chemosphere, 26, 963-978., Nicolaidou, A., and Nott, J.A. 1998. Metals in sediment, seagrass and gastropods near a nickel smelter in Greece: possible interactions. Marine Pollution Bulletin, 36, 360-365.



- Cotton F A., Wilkinson G., Advanced Inorganic Chemistry, 4th ed. J Wiley & Sons, New York, 1980.
- Cox P.A., 1995. "The Elements on Earth. Inorganic Chemistry in the Environment", p. 26-29, 64-70, 78-80, 105-106, 114-115, 154, 155-157, 177-183, 186-190, 192-193, 196, 277, 278-280, Oxford University Press.
- D. Beyersmann, A. Hartwig, Toxicology and Applied Pharmacology 115 (1992) 137-145
- DEN HARTOG, C, 1970 The sea-grasses of the World VerL· K Ned Akad
- E. Andrès, J. Vidal-Alaball, L. Federici, N. H. Loukili, J. Zimmer, G. Kaltenbach, Eur. J. Inter. Med. 18 (2007) 456–462
- E. I. Hamilton, The Science of Total Environment 150 (1994) 7-39.
- E. M. N. Hamilton, S. A. S. Gopper, "In The Biochemistry of Human Nutrition" West Pub. Co. New York (1987) 298-301.
- E. Merian, Toxicol Environ. Chem. 8 (1984) 9–38.
- F. A. Cotton, G. Wilkinson, C. A. Murillo, Advanced Inorganic Chemistry, (6th edition, New York (1999)
- Förstner U., Wittmann G T W., Metal pollution in the aquatic environment, Springer-Verlag, Berlin, 1983.
- Forstner, U. & Wittman, G.T.W., 1983. Metal Pollution in the Aquatic Environment, 2nd Edition, Springer-Verlag, Berlin.
- FUJIYAMA, T & M. MAEDA, 1977 Content and uptake of trace metals in benthic algae Enteromorpha and Porphyra. I Measurement and variation of trace Metal content of Porphyra growth in natural environment J Fac Fisk Anim Hush, 16 23-32
- Guy, R.D. & Chakrabati, C.L., 1975. Distribution of metal ions between soluble and particulate forms. Int. Conf. Heavy Met. Environ. Toronto, Ont., Canada 1975, pp D-29-30.
- H. M. Helis, P. Meester, D. J. Hodgson, J. Am. Chem. Soc. 99 (1976) 3309-3312.

- Harris Daniel C. (2011) Ατομική φασματοσκοπία. Στο: Ποσοτική Χημική Ανάλυση. Τόμος Β'. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης σελ 515-538.).
- Hemminga, M.A. and Duarte, C.M. (eds) 2000. Seagrass Ecology. Cambridge University Press, 298pp
- Issac R.A., and Kerber J.D., 1971. p 27 In: Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue. Walsh, L.M. (ed). Soil Society of America, Madison, Wisconsin, USA
- J. G. Dillard, C. V. Scheck, M. H. Koppel man, Clays and clay minerals 31 (1983) 69-72
- Jonasson, I.R., 1977. Geochemistry of sediment/water interaction of metals, including observations on availability. The fluvial transport of sediment-associated nutrients and contaminants. IJC/PLUARG. Shear. H., Watson A.E.P (Editors). Windsor/Ont., pp. 255-271.
- Joseph, B. Narayana, C. H. R. Nambiar, Analytical sciences 16 (2000) 985-986
- Kabata-Pendias A. and Pendias H. 2001. Trace elements in soils and plants. 3rd ed., CRC Press LLC, USA, pp.331., Leyval, C., K. Turnau and K. Haselwandter, 1997. Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects. Mycorrhiza 7: 139-153.
- Kersten M. and Smedes F, 2002. Normalization procedures for sediment contaminants in spatial and temporal trend monitoring. Journal of Environmental Monitoring, 4, 109-115
- Komarnicki G.J.K. (2005) Lead and cadmium in indoor air and the urban environment. Environmental Pollution, 136 : 47– 61.
- Kotas J. and Z. Stasicka (2000). Chromium Occurrence in the Environment and methods of its speciation, Environmental Pollution, 107, Issue 3, 263–283.
- Lee, G.F., 1975. Role of hydroxous metal oxides in the transport of heavy metals in the Environment. In: Heavy Metals in the

Aquatic Environment. Krenkel, P.A. (ed.). Oxford: Pergamon Press 1075, pp. 137-147.

- LEPP, NW, 1981 Effect of heavy metal pollution on plants Volume 1 Effects of trace metals on plant function Applied Science Publishers London and New Jersey,
- Leyval C., Turnau K., and Haselwandter K. (1997), *Ecology, Archaeology, Mineral Exploration and Effect of heavy metal pollution on mycorrhizal colonization and function: physiological, ecological and applied aspects*. Mycorrhiza 7, 139-153.
- Malea, P. and Kevrekidis, T. 2013. Trace element (Al, As, B, Ba, Cr, Mo, Ni, Se, Sr, Ti, U and V) distribution and seasonality in compartments of the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Science of the Total Environment*, 463/464, 611–623.
- Malea, P. and Kevrekidis, T. 2014 Trace element patterns in marine macroalgae. *Science of the Total Environment*, 494/495, 144-157.
- Mitra A., Barua P., Zaman S., Banerjee K. (2012) Analysis of Trace Metals in Commercially Important Crustaceans Collected from UNESCO Protected World Heritage Site of Indian Sundarbans. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 12: 53-66
- Nieboer and Richardson D H S., The replacement of the nondescript term “heavy metals” by a biologically and chemically significant classification of metal ions, *Environ. Pollut. Ser B*, 1: 3-10, 1980.
- P. Collery, P. Bratter, V. Negetti, *Metal ions in Biology and Medicine* 5 (1998) 172-178
- P. J. Santander, Y. Kajiwara, H. J. Williams, A. I. Scott, *Bioorganic and Medicinal Chemistry* 14 (2006) 724-731
- Panayotidis, P., and Florou, H. 1994. Copper, cadmium and iron in marine organisms in a eutrophic estuarine area (Amvrakikos

Gulf, Ionian Sea, Greece). *Toxicological & Environmental Chemistry*, 45, 211-219

- R. Lobinski, *Fresenius J. Anal. Chem.* 369 (2001) 113-114.
- Ralph, P.J., Tomasko, D., Moore, K., Seddon, S. and Macinnis-Ng C. 2006. Human impacts on seagrasses: eutrophication, sedimentation, and contamination. p 567–593. In: *Seagrasses: Biology, Ecology, and Conservation*. Larkum, A.W., Orth, R.J., Duarte, C.M., (eds). Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- RICE, DL & BE LAPOINTE, 1981 Experimental outdoor studies with *Ulva fasciata* II Trace metal chemistry *J exp mar biol ecol*, 54 1-11
- S. Ahmed, H. J. Evans, *Soil Science* 90 (1960) 205-210
- Saeed S.M. and Shaker I.M. (2008) Assessment of heavy metals pollution in water and sediments and their effect on *Oreochromis niloticus* in the northern Delta Lakes. 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Egypt.
- Salem H. M Eweid, A. and Farag A.. / ICEHM2000, Cairo University, Egypt, September, 2000, page 542- 556
- *Seagrass ecology*. Cambridge University Press. xi+298 p. US\$80. ISBN 0-521-66184-6.
- Skordas K, Kelepertsis A.,2005. Soil contamination by toxic metals in the cultivated region of Agia,Thessaly,Greece. Identification of sources of contamination, *Environ.Geol*, 48:615-624.
- Stumm W., Morgan J., *Aquatic Chemistry*, Wiley, New York pp. 323,613, 636, 1981.
- Sunderman F and Oskarsson WA (1991) *Metals and their compounds in the environment*. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim 25: 1101- 1126).
- *Symposium on Oceanography & Fisheries, 2009 - Proceedings, Volume I*
- T. Norseth, M. Piscator, L. Friberg, G. F. Nordberg, V. B. Vouk, Elsevier/North-Holland Biomedical Press (1979).

- T. T. Chandra, K. T. Brown, Tetrahedron 64 (2008) 9–38
- Tessier, A., Campbell, P.G.C. & Bisson, M., 1979. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Analytical chemistry, vol.51, No. 7, pp. 844-851
- Van Loon J.C. (1985) Selected Methods of Trace Metal Analysis – Biological and Environmental Samples, J. Wiley & Sons, New York.
- Wedepohl, K.H., 1978. Handbook of Geochemistry. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
- Welz B. and Melcher Anal. Chem 57,427-431 1985
- Wood 1974, Science. 1974 Mar 15;183(4129):1049-52, Biological cycles for toxic elements in the environment

#### Ελληνική

- Ανδρέου Σ. και Κρουσταλα Α. (2010) Προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων χαλκού (Cu) και ψευδαργύρου (Zn) σε νωπά και κονσερβοποιημένα καλαμάρια, Πτυχιακή εργασία, Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης
- Κ.Κ Φυτιανός -Β.Φ Σαμανίδου, Η ρύπανση των θαλασσών, University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1988
- Κώστα Φυτιανός, Η ρύπανση των θαλασσών, University Studio Press , Β' Έκδοση, Θεσσαλονίκη, 1996
- Μαυρομάτης Β. (2003) Παρακολούθηση της συγκέντρωσης βαρών μετάλλων στο θαλασσινό νερό και σε εμπορεύσιμα είδη οστράκων των κόλπων Καλλονής και Μούδρου του νομού Λέσβου, Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Μυτιλήνη.
- Μελάς Δ., Αλεξανδροπούλου Α., Αμοιρίδης Β., Κακαρίδου Μ. και Ν. Σουλακέλλης (2000). Ατμοσφαιρική ρύπανση, ΥΠ.Ε.Π.Θ., Αθήνα.
- Παπαδογιάννης Ι., Σαμανίδου Β.Φ. (1996) Ενόργανη Χημική Ανάλυση, Α' έκδοση, Εκδόσεις: Α. Σιμώνη –Σ. Χατζηπάνου Ο.Ε., Θεσσαλονίκη
- Παρασκευοπούλου Β., 2005. “Ανάπτυξη μεθοδολογίας προσδιορισμού μορφών χρωμίου σε υδατικά δείγματα”, Μεταπτυχιακή εργασία Χημικής Ωκεανογραφίας, Π.Μ.Σ. Ωκεανογραφίας, ΕΚΠΑ.
- Αργυράκη Α., 2007. Σημειώσεις Αναλυτικής Γεωχημείας, ΕΚΠΑ, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Οικονομικής Γεωλογίας και Γεωχημείας

- Σιχλετίδης Λ.Θ. (1995) Επαγγελματικές παθήσεις από χημικές ουσίες. Εκδόσεις Ζήτη. Θεσσαλονίκη
- ΤΣΕΚΟΣ, Σ ΧΑΡΙΤΩΝΙΔΗΣ, Ν ΜΑΡΓΑΡΗΣ & κ ΤΖΑΒΕΑΑΣ, 1982 Συμβολή στην έρευνα των πληθυσμών των βενθικών μακροφυκών (χλωροφυκών, φαιοφυκών και ροδοφυκών) των Ελληνικών θαλασσών Θαλασσογραφικά 5 61-153
- Φυτιάνος Κ. (1996) Η ρύπανση των θαλασσών. 2η Έκδοση, University studio press. Θεσσαλονίκη.
- Χατζημπίρος Κ. & Παναγιωτίδης Π., 1999, Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης – Αξιολόγηση της εφαρμογής του Ευρωπαϊκού Θεσμικού Πλαισίου, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών.
- Ψαρράς Κ. (2011). Απομάκρυνση χρωμικών ανιόντων από υδατικά διαλύματα με χρήση τροποποιημένων με οργανικές ουσίες φυσικών ορυκτών, Διπλωματική εργασία, Σχολή χημικών μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Ελλάδα.

#### Ηλεκτρονική

- <http://www.deyat.gr/nero-kai-fysi>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CE%BB%CE%B9%CE%BF>
- (<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9A%CE%BF%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CF%84%CE%B9%CE%BF>)
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A7%CF%81%CF%8E%CE%BC%CE%B9%CE%BF>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%98%CE%B1%CE%BB%CE%AC%CF%83%CF%83%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%81%CF%8C%CE%B3%CE%B1%CE%BC%CE%B1>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82%CE%A0%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CF%8D>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%AE%CE%BC%CE%BF%CF%82%CE%A0%CE%B5%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82>)

<http://www.algaebase.org>

## ABSTRACT

<<Cobalt, chrome and nickel content, in *cymodocea nodosa* (ucria) (ascherson, 1870) in neighboring surface sediments in the seagrass in Pteleos Magnesia and Glyfa Fthiotis.>>

This thesis is a geochemical survey in *Cymodocea nodosa* (Ucria) (ascherson, 1870) and adjacent surface sediments in seagrass beds in the region of Magnesia and Pteleou Glyfa Fthiotis. The object of this study was to identify and evaluate the content of heavy metals in surface sediments and *Cymodocea nodosa* regions in order to draw valuable conclusions on the possible pollution of the area and the possible origin of the chemical elements, natural or anthropogenic.

Analyses were made by the Inductively coupled plasma mass spectrometry as an ionization source (ICP-MS). The research focused on three elements Co, Cr, Ni that can cause toxicity problems in marine organisms. The samples were collected from nine different points both for surface sediments and *Cymodocea nodosa* (Ucria).

The analyzes of the chemical elements were performed in the laboratory of the Department of Ichthyology and Aquatic Environment, University of Thessaly School of Agricultural Sciences with the method of Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

In conclusion, the content of Cr, Co and Ni in the sediments in the region of Glyfas and Pteleou is much higher than in the same area phanerogams

The Cr and Ni content in sediments in Glyfa region is much higher than in Pteleos region. While the Co content in the sediments in Glyfa region is slightly increased by the corresponding region in Pteleos.

On the contrary the content of Cr, Co and Ni in the phanerogams in Glyfa is almost the same as the corresponding region in Pteleos.