



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ «ΧΗΜΕΙΑΣ»
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ «ΧΗΜΕΙΑ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Ρύπανση του Πηνειού ποταμού από βαρέα μέταλλα

**ΞΑΝΘΗ ΤΕΟΥ
ΧΗΜΙΚΟΣ**

ΑΘΗΝΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2014

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Ρύπανση του Πηνειού ποταμού από βαρέα μέταλλα

ΞΑΝΘΗ ΤΕΟΥ

A.M.: 91108

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Ε. Δασενάκης, Καθηγητής ΕΚΠΑ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΜΙΧΑΗΛ ΣΚΟΥΛΛΟΣ

Καθηγητής Τμήματος Χημείας, ΕΚΠΑ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ ΔΑΣΕΝΑΚΗΣ

Καθηγητής Τμήματος Χημείας, ΕΚΠΑ

ΣΕΡΑΦΕΙΜ ΠΟΥΛΟΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήματος Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΕΞΕΤΑΣΗΣ 24/01/2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η μελέτη της ρύπανσης του ποταμού Πηνειού. Μελετήθηκαν τόσο ο κατώτερος κύριος ρους του ποταμού όσο και οι εκβολές του. Για τον σκοπό αυτό, την περίοδο Ιουλίου 2012-Ιουνίου 2013 πραγματοποιήθηκε σε μηνιαία βάση συλλογή δειγμάτων επιφανειακών υδάτων σε ορισμένα σημεία κατά μήκος του κατώτερου κύριου ρου του ποταμού καθώς και στην περιοχή της εκβολής του. Παράλληλα, με την δειγματοληψία έγιναν και επιτόπιες μετρήσεις φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αγωγιμότητα, pH). Σε μια από τις περιόδους δειγματοληψίας, συλλέχθηκαν δείγματα υδάτων διαφορετικής αλατότητας σε διάφορα σημεία στην περιοχή της εκβολής για να εξεταστεί η επίδραση της αλατότητας στις συγκεντρώσεις των μετάλλων (Case Study). Τα βαρέα μέταλλα που μετρήθηκαν ήταν τα Al, Cd, Ni, Mn, Pb, Fe, Cu και Zn. Οι συγκεντρώσεις τους προσδιορίστηκαν με Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης. Οι συγκεντρώσεις των διαλυτών μετάλλων δεν παρουσίασαν υπερβάσεις από τα επιτρεπτά νομοθετικά και βιβλιογραφικά όρια. Ωστόσο, για την συγκέντρωση διαλυτού Cd καταγράφηκαν ορισμένες υψηλές τιμές τόσο στον κατώτερο κύριο ρου όσο και στην περιοχή της εκβολής του ποταμού και αποδόθηκαν στις εκταμένες γεωργικές δραστηριότητες καθώς και στην αστική και βιομηχανική δραστηριότητα. Επιπλέον, τόσο στον κατώτερο κύριο ρου όσο και στην περιοχή της εκβολής του ποταμού, η σωματιδιακή μορφή των μετάλλων υπερτερούσε έναντι της διαλυτής με εξαίρεση να αποτελεί ο Zn. Τέλος, σχετικά με τις φυσικοχημικές παραμέτρους, υψηλές τιμές για την αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη (SPM) καταγράφηκαν στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2013 και αποδόθηκαν σε έντονες βροχοπτώσεις, πλημμυρικά φαινόμενα και κατολισθήσεις στο ΥΔ Θεσσαλίας. Τα παραπάνω γεγονότα είχαν σαν αποτέλεσμα να εμπλουτιστούν τα νερά του ποταμού σε αιωρούμενο υλικό.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Ρύπανση του Πηνειού ποταμού από βαρέα μέταλλα

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Πηνειός ποταμός, ΥΔ Θεσσαλίας, Βαρέα μέταλλα

ABSTRACT

The aim of this thesis was to study the pollution of the Pinios river. The lower route and the estuary of the Pinios river were both studied. For this purpose, a collection of surface water samples was held in a monthly basis at certain sampling points along the lower route of the river and at the estuary, the period July 2012-June 2013. Along with the sampling procedure, the physicochemical parameters (temperature, conductivity, pH) were measured at the field. During one sampling period, water samples of different salinity were collected in various spots in the river mouth to examine the effect of salinity on the concentrations of metals (Case Study). The heavy metals measured were Al, Cd, Ni, Mn, Pb, Fe, Cu and Zn. The concentrations were determined by Atomic Absorption Spectrophotometry. The concentrations of soluble metals did not exceed the permitted legal and literature limits. However, for the concentration of soluble Cd some high values were recorded both in the lower route and the estuary of the river and were attributed to extended agricultural activities and to urban and industrial activity. Moreover, both in the lower route and the estuary of the river, the metals were found mainly in the particulate form with the exception of zinc. Finally, on the physicochemical parameters, high levels for Suspended Particulate Matter (SPM) were recorded in the lower route of the river during February and April 2013 and were attributed to heavy rains, floods and landslides in the Thessaly Water District. As a result, these events enriched the river water in suspended material.

SUBJECT AREA: Pollution of Pinios river by heavy metals

KEYWORDS: Pinios River, Thessaly Water District, Heavy metals

Η δουλειά αυτή είναι αφιερωμένη στην οικογένειά μου και στον Γιάννη.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου και ακούραστο δάσκαλο κ. Εμμανουήλ Δασενάκη αφενός για την επιστημονική καθοδήγηση, τις παρατηρήσεις και τα διαφωτιστικά σχόλια που συνέβαλαν στη δημιουργία του τελικού αποτελέσματος και αφετέρου για την στήριξή του σε όλες μου τις προσπάθειες.

Τον αναπληρωτή καθηγητή κ. Σεραφείμ Πούλο για την ευκαιρία που μου έδωσε να συμμετέχω στο πρόγραμμα "Θαλής" με αποτέλεσμα να εξοικειωθώ με τις έννοιες «εργασία πεδίου» και «δειγματοληψία» αποκτώντας εμπειρία και εμπλουτίζοντας τις γνώσεις μου.

Την διδάκτορα και φίλη Βίκη Παρασκευοπούλου με την οποία συνεργάστηκα για την διεκπεραίωση της ερευνητικής μου εργασίας και η οποία ήταν πάντα στο πλευρό μου για να με διδάσκει, να με καθοδηγεί, να με εμπυχώνει, να με βοηθά και να με συμβουλεύει σε όλη την πορεία μέχρι την υλοποίηση του στόχου.

Τους υποψήφιους διδάκτορες Κώστα Λαζογιάννη και Δάφνη Σιφνιώτη, την συμφοιτήτρια μου στο μεταπτυχιακό Μιμίκια Γιαννούλη και τους κυρίους Τσανάκα Κ., Ματιάτο Ι., Γκιώνη Γ. και Κωτσόπουλο Σ. για την βοήθεια τους στην συλλογή των μηνιαίων δειγμάτων νερού από τον Πηνειό ποταμό καθώς και για την βοήθειά τους στις εποχιακές δειγματοληψίες.

Τους διδάκτορες Φωτεινή Μπότσου, Κατερίνα Σακελλάρη και Σωτήρη Καραβόλτσο που η πόρτα τους ήταν πάντα ανοιχτή για βοήθεια και συμβουλές στην διεκπεραίωση της εργασίας μου.

Τις φίλες μου Ματίνα Καλλοντζή, Βάλια Μπουγά και Κατερίνα Σούμα που μετρίαζαν το άγχος μου και έκαναν τα κοινά μας χρόνια στο εργαστήριο λίγο πιο ανάλαφρα.

Τους γονείς μου και την αδερφή μου Χριστίνα που με στηρίζουν σε κάθε βήμα και είναι πάντα δίπλα μου.

Η παρούσα μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «ΘΑΛΗΣ-ΕΚΠΑ-Διερεύνηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα ποτάμια Δέλτα. Εφαρμογή στην περίπτωση του Δέλτα του ποταμού Πηνειού (Θεσσαλίας).»

Το πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ-DAPHNE (Κωδ.375908) συγχρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα "Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση, 2007-2013" του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΟΤΑΜΙΑ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	24
1.1 Περί ποταμών	24
1.1.2 Παρεμβάσεις του ανθρώπου στο ποτάμιο οικοσύστημα	27
1.1.3 Ρύπανση των ποτάμιων συστημάτων	27
1.1.4 Προστασία των ποταμών: Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ	28
1.1.5 Εκτίμηση της ποιότητας των ποταμών	29
1.1.6 Χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών	30
1.2 Εκβολικά συστήματα	30
1.2.1 Περί εκβολικών συστημάτων	30
1.2.2 Ορισμός	32
1.2.3 Φυσικές και χημικές δράσεις στα εκβολικά συστήματα	32
1.2.3.1 Συμπεριφορά των διαλυτών συστατικών κατά τις διαδικασίες ανάμιξης στα εκβολικά συστήματα	33
1.2.3.2 Συμπεριφορά της αιωρούμενης ύλης κατά την εκβολική ανάμιξη	35
1.2.3.3 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής ύλης στα εκβολικά συστήματα	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	38
2.1 Ορισμοί και χαρακτηριστικά των βαρέων μετάλλων	38
2.2 Η εξέλιξη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα	39
2.3 Πηγές των βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον	40
2.4 Βιογεωχημική συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον	42
2.4.1 Τα βαρέα μέταλλα στα ιζήματα	45
2.4.2 Η συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στα εκβολικά συστήματα	46
2.5 Βιοχημικές ιδιότητες των βαρέων μετάλλων-Βιοδιαθεσιμότητα-Τοξικότητα	49
2.6 Στοιχεία για τα διερευνώμενα μέταλλα	54
2.6.1 Αργίλιο (Al)	54
2.6.2 Κάδμιο (Cd)	55
2.6.3 Νικέλιο (Ni)	56
2.6.4 Μαγγάνιο (Mn)	56
2.6.5 Μόλυβδος (Pb)	57
2.6.6 Σίδηρος (Fe)	58
2.6.7 Χαλκός (Cu)	58
2.6.8 Ψευδάργυρος (Zn)	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ [ΥΔ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΠΗΝΕΙΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ]	63
3.1 Πηνειός ποταμός	63
3.2 Γενικά στοιχεία για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας	64

3.2.1 Γεωμορφολογία	64
3.2.2 Γεωλογική δομή	66
3.2.3 Εδαφολογία- Λιθολογία	67
3.2.4 Κλίμα	68
3.2.5 Πληθυσμός και ανάπτυξη	69
3.2.6 Διαχείριση υδάτων	69
3.2.7 Επιφανειακά νερά	70
3.2.8 Προστατευόμενες περιοχές	70
3.2.9 Κύριες χρήσεις νερού	71
3.2.10 Μορφολογικές αλλοιώσεις επιφανειακών υδάτινων σωμάτων	72
3.2.11 Ρύπανση επιφανειακών υδάτων	73
3.2.11.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης	73
3.2.11.2 Διάχυτες πηγές ρύπανσης	77
3.3 Προηγούμενη έρευνα για το περιβάλλον του Πηνειού ποταμού	78
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	85
4.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας	85
4.2 Εργασίες πεδίου	90
4.3 Εργασίες στο εργαστήριο	91
4.3.1 Προκατεργασία των δειγμάτων-Συντήρηση	91
4.3.2 Αναλύσεις	92
4.3.2.1 Προσδιορισμός σωματιδιακής αιωρούμενης ύλης (Suspended Particulate Matter-SPM)	92
4.3.2.2 Προσδιορισμός διαλυτών μετάλλων	93
4.3.2.3 Προσδιορισμός των σωματιδιακών μετάλλων	95
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ	97
5.1 Φυσικοχημικές παράμετροι στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού	97
5.1.1 Θερμοκρασία	97
5.1.2 Αλατότητα-Αγωγιμότητα	97
5.1.3 Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM)	99
5.1.4 pH	102
5.1.5 DOC (Dissolved Organic Carbon)	102
5.2 Φυσικοχημικές παράμετροι στις εκβολές του π. Πηνειού	104
5.2.1 Θερμοκρασία-Αλατότητα-Αγωγιμότητα	104
5.2.2 Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM)	107
5.2.3 pH	110
5.2.4 DOC (Dissolved Organic Carbon)	111
5.3 Αποτελέσματα μετάλλων	112
5.3.1 Σωματιδιακό Αργίλιο (Al)	112

5.3.2 Διαλυτός Fe	116
5.3.3 Σωματιδιακός Fe	118
5.3.3.1 Σωματιδιακός Fe (w/v)	118
5.3.3.2 Σωματιδιακός Fe (w/w)	120
5.3.4 Διαλυτό Mn	122
5.3.5 Σωματιδιακό Mn	123
5.3.5.1 Σωματιδιακό Mn (w/v)	123
5.3.5.2 Σωματιδιακό Mn (w/w)	125
5.3.6 Διαλυτός Pb	128
5.3.7 Σωματιδιακός Pb	129
5.3.7.1 Σωματιδιακός Pb (w/v)	129
5.3.7.2 Σωματιδιακός Pb (w/w)	132
5.3.8 Διαλυτό Ni	134
5.3.9 Σωματιδιακό Ni	135
5.3.9.1 Σωματιδιακό Ni (w/v)	135
5.3.9.2 Σωματιδιακό Ni (w/w)	137
5.3.10 Διαλυτός Cu	139
5.3.11 Σωματιδιακός Cu	141
5.3.11.1 Σωματιδιακός Cu (w/v)	141
5.3.11.2 Σωματιδιακός Cu (w/w)	143
5.3.12 Διαλυτός Zn	145
5.3.13 Σωματιδιακός Zn	146
5.3.13.1 Σωματιδιακός Zn (w/v)	146
5.3.13.2 Σωματιδιακός Zn (w/w)	148
5.3.14 Διαλυτό Cd	150
5.4 Ειδική μελέτη της συμπεριφοράς των μετάλλων στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού	152
5.4.1. Διαλυτά μέταλλα	153
5.4.2. Σωματιδιακά μέταλλα	154
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	158
ΑΝΑΦΟΡΕΣ	163
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	
Π1: Γεωλογικός Χάρτης: Φύλλο Ραψάνη	
Π2: ΦΕΚ Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος	
Π3: Στατιστική επεξεργασία με το SPSS	Π3-1
Π4: Πίνακες δεδομένων	Π4-1
Π5: Διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτών και σωματιδιακών μετάλλων τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο & Απρίλιο 2013.	Π5-1

Π6: Διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτών και Π6-1
σωματιδιακών μετάλλων (w/v & w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: Περιπτώσεις συντηρητικής και μη συντηρητικής συμπεριφοράς στοιχείων σε εκβολικά συστήματα.	34
Σχήμα 2: Πρόσφατες ιστορικές αλλαγές στην παραγωγή των ορυχείων και οι ανθρωπογενείς εκπομπές των ιχνοστοιχείων στην ατμόσφαιρα.	40
Σχήμα 3: Οι κυριότερες οδοί εισόδου των μετάλλων στα υδάτινα συστήματα και ειδικότερα στη θάλασσα.	43
Σχήμα 4: Γεωχημική συμπεριφορά των μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον.	46
Σχήμα 5: Συσχετίσεις μεταξύ ανθρώπου, μετάλλων και περιβάλλοντος.	51
Σχήμα 6: Θέση, όρια και κύριες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας.	64
Σχήμα 7: Πορεία προσδιορισμού διαλυτών μετάλλων σε δείγματα υδάτων.	93
Σχήμα 8: Διάταξη συστήματος προσυγκέντρωσης διαλυτών μετάλλων.	94
Σχήμα 9: Πορεία προσδιορισμού σωματιδιακών μετάλλων σε δείγματα υδάτων.	95

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Υδρολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του π. Πηνειού (Θεσσαλία).	85
Εικόνα 2: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας στα επιφανειακά νερά του π. Πηνειού (κατώτερος κύριος ρους του ποταμού).	87
Εικόνα 3: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού.	87
Εικόνα 4: Γέφυρα Λάρισας	88
Εικόνα 5: Γέφυρα Γόννων	88
Εικόνα 6: Γέφυρα Παλαιόπυργου	88
Εικόνα 7: Γέφυρα Αγ. Παρασκευής	88
Εικόνα 8: Πηγή Γέφυρας Πηνειού E75	89
Εικόνα 9: Γέφυρα Πηνειού E75	89
Εικόνα 10: Ρουφράκτης Γυρτώνης	89
Εικόνα 11: Εκβολές π. Πηνειού	89
Εικόνα 12: Φιάλη δειγματοληψίας νερού "WINDAUS" με ενσωματωμένο θερμόμετρο.	90
Εικόνα 13: pH-μετρο-σαλινόμετρο YSI63.	90
Εικόνα 14: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα (FAAS).	91
Εικόνα 15: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φούρνο Γραφίτη (GFAAS).	92
Εικόνα 16: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας υδάτων διαφορετικής αλατότητας στην περιοχή των εκβολών, στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού.	153

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Τα βαρέα μέταλλα στην κατάταξη επικίνδυνων ουσιών σύμφωνα με την ATSDR/CERCLA.	53
Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο θαλασσινό και το γλυκό νερό.	60
Πίνακας 3: Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα-Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).	60
Πίνακας 4: Λοιπά επιφανειακά ύδατα-Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).	60
Πίνακας 5: Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα-Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).	61
Πίνακας 6: Οι παραμετρικές τιμές για την συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.	61
Πίνακας 7: Κριτήρια ποιότητας ως προς τα βαρέα μέταλλα για το γλυκό νερό.	62
Πίνακας 8: Οι παραμετρικές τιμές για τα βαρέα μέταλλα στο γλυκό νερό για την εκτροφή ψαριών.	62
Πίνακας 9: Συγκεντρωτική κατάσταση των οικισμών προτεραιότητας που εξυπηρετούνται με ΕΕΛ και τα εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία.	74
Πίνακας 10: Συγκεντρωτική κατάσταση των οικισμών με δίκτυο αποχέτευσης (ΔΑ) που δεν είναι συνδεδεμένο με ΕΕΛ και τα εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία.	75
Πίνακας 11: Εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων.	76
Πίνακας 12: Κατάσταση εκτιμώμενων ρυπαντικών φορτίων ιχθυοκαλλιέργειας.	77
Πίνακας 13: Εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία από ΧΑΔΑ.	77
Πίνακας 14: Καταγραφή διαθέσιμων χημικών δεδομένων για τον π. Πηνειό.	79
Πίνακας 15: Σύνοψη διεθνούς βιβλιογραφίας για προηγούμενες μελέτες στον π. Πηνειό.	80
Πίνακας 16: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα νερά του π. Πηνειού από την βιβλιογραφία.	81
Πίνακας 17: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του π. Πηνειού από την βιβλιογραφία.	81
Πίνακας 18: Σταθμοί δειγματοληψίας υδάτων στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού.	86
Πίνακας 19: Σταθμοί δειγματοληψίας υδάτων στις εκβολές του π. Πηνειού.	86
Πίνακας 20: Το εύρος του DOC κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στο π. Έβρο.	104
Πίνακας 21: Το εύρος του DOC κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στο π. Σπερχειό.	104
Πίνακας 22: Οι τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	105
Πίνακας 23: Οι τιμές της αλατότητας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	105
Πίνακας 24: Οι τιμές της αγωγιμότητας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	107
Πίνακας 25: Οι τιμές της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	108
Πίνακας 26: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό ΑΙ (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ.	112

2012-Ιούν. 2013).

Πίνακας 27: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Al (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 114

Πίνακας 28: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Fe στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 116

Πίνακας 29: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Fe (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 118

Πίνακας 30: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Fe (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 120

Πίνακας 31: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Mn στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 122

Πίνακας 32: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Mn (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 124

Πίνακας 33: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Mn (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 125

Πίνακας 34: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Pb στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 128

Πίνακας 35: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Pb (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 130

Πίνακας 36: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Pb (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 132

Πίνακας 37: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Ni στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 134

Πίνακας 38: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Ni (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 136

Πίνακας 39: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Ni (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 138

Πίνακας 40: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Cu στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 139

Πίνακας 41: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Cu (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 141

Πίνακας 42: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Cu (w/w) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 143

Πίνακας 43: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Zn στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 145

Πίνακας 44: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Zn (w/v) στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 147

Πίνακας 45: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Zn (w/w) στον π. Πηγειό 148

(Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Πίνακας 46: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Cd στον π. Πηγειό (Ιούλ. 2012- 150
Ιούν. 2013).

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Η μεταβολή της θερμοκρασίας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	97
Διάγραμμα 2: Η μεταβολή της αγωγιμότητας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	98
Διάγραμμα 3: Η μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη Γεφ. Λάρισας κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	99
Διάγραμμα 4: Η μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.	100
Διάγραμμα 5: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.	100
Διάγραμμα 6: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού εποχιακά.	101
Διάγραμμα 7: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.	103
Διάγραμμα 8: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού εποχιακά.	103
Διάγραμμα 9: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.	109
Διάγραμμα 10: Η μεταβολή του SPM με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Οκτώβριο 2012.	110
Διάγραμμα 11: Η μεταβολή του SPM με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Ιούλιο 2013.	110
Διάγραμμα 12: Η μεταβολή του pH με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Ιούλιο 2013.	111
Διάγραμμα 13: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.	112
Διάγραμμα 14: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Al (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	113
Διάγραμμα 15: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Al (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	113
Διάγραμμα 16: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Al (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	114
Διάγραμμα 17: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Al (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	115
Διάγραμμα 18: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Al (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.	115

Διάγραμμα 19: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Al (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.	115
Διάγραμμα 20: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Fe κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	116
Διάγραμμα 21: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Fe τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.	117
Διάγραμμα 22: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Fe (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	117
Διάγραμμα 23: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	119
Διάγραμμα 24: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Fe (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	119
Διάγραμμα 25: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	120
Διάγραμμα 26: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Fe (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	121
Διάγραμμα 27: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) εποχιακά κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.	121
Διάγραμμα 28: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Mn κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	122
Διάγραμμα 29: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Mn (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	123
Διάγραμμα 30: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν.2013).	124
Διάγραμμα 31: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Mn (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	125
Διάγραμμα 32: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	126
Διάγραμμα 33: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Mn (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	126
Διάγραμμα 34: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/w) εποχιακά κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.	127
Διάγραμμα 35: Η μεταβολή του διαλυτού Mn με το σωματιδιακό Mn (w/v) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.	127
Διάγραμμα 36: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Pb κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν.2013).	128
Διάγραμμα 37: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Pb (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	129
Διάγραμμα 38: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).	130
Διάγραμμα 39: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/v) κατά μήκος του π.	131

Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Διάγραμμα 40: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Pb (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 132

Διάγραμμα 41: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/w) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 133

Διάγραμμα 42: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Pb (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 133

Διάγραμμα 43: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Ni κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 134

Διάγραμμα 44: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Ni (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 135

Διάγραμμα 45: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/v) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 136

Διάγραμμα 46: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Ni (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 137

Διάγραμμα 47: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/w) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 138

Διάγραμμα 48: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Ni (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 139

Διάγραμμα 49: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cu κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 140

Διάγραμμα 50: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Cu (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 140

Διάγραμμα 51: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/v) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 142

Διάγραμμα 52: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Cu (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 143

Διάγραμμα 53: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/w) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 144

Διάγραμμα 54: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Cu (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 144

Διάγραμμα 55: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Zn κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 145

Διάγραμμα 56: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Zn (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 146

Διάγραμμα 57: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/v) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 147

Διάγραμμα 58: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Zn (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας). 148

Διάγραμμα 59: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/w) κατά μήκος του π. Πηγείου (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013). 149

Διάγραμμα 60: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Zn (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	149
Διάγραμμα 61: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cd κατά μήκος του π. Πηνειού.	150
Διάγραμμα 62: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Cd (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).	151
Διάγραμμα 63: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cd εποχιακά κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012- Ιούν. 2013).	152
Διάγραμμα 64: Η συσχέτιση του διαλυτού Mn (μg/l) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	154
Διάγραμμα 65: Η συσχέτιση του διαλυτού Ni (μg/l) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	154
Διάγραμμα 66: Η συσχέτιση του SPM με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	155
Διάγραμμα 67: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	155
Διάγραμμα 68: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Cu (w/w) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	156
Διάγραμμα 69: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Zn (w/w) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.	156
Διάγραμμα 70: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Ni (w/v) με το SPM στο case study τον Απρίλιο 2013.	156
Διάγραμμα 71: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Mn (w/w) με το SPM στο case study τον Απρίλιο 2013.	157
Διάγραμμα 72: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με το σωματιδιακό Al (w/v) στο case study τον Απρίλιο 2013.	157

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή ερευνητική εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος «ΘΑΛΗΣ-ΕΚΠΑ-Διερεύνηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα ποτάμια Δέλτα. Εφαρμογή στην περίπτωση του Δέλτα του ποταμού Πηνειού (Θεσσαλίας).»

Το πρόγραμμα ΘΑΛΗΣ-DAPHNE (Κωδ.375908) συγχρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα "Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση, 2007-2013" του Υπουργείου Παιδείας και Θρησκευμάτων και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΟΤΑΜΙΑ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

1.1 Περί ποταμών

Η διαμόρφωση του τοπογραφικού ανάγλυφου της επιφάνειας της γης εξαρτάται σε μεγάλο ποσοστό από την επίδραση του νερού τόσο με την υγρή (βροχή, ποτάμια, χείμαρροι) όσο και με την στερεή μορφή του (π.χ. παγετώνες). Οι διεργασίες του νερού όπως η αποσάθρωση, η διάβρωση, η μεταφορά και η απόθεση του θρυμματισμένου ή διαλυμένου υλικού της επιφάνειας της γης είναι πολύ σημαντικές σε όλα τα γεωγραφικά πλάτη με αποτέλεσμα οι περισσότερες γεωμορφές να είναι αποτέλεσμα της δράσης του νερού.¹

Ένα μεγάλο ποσοστό του νερού, το 97,6% υπάρχει στους ωκεανούς, ενώ μόνο το 2,4% είναι το γλυκό νερό, σημαντικά αποθέματα του οποίου βρίσκονται παγιδευμένα στους πάγους (75%), οπότε ένα 25% μένει διαθέσιμο στον άνθρωπο, είτε ως υπόγειο είτε ως επιφανειακό. Από αυτό το ποσό, οι ποταμοί και οι λίμνες μαζί με όλους τους υγρότοπους καταλαμβάνουν ποσότητα μικρότερη του 0,02%.^{2,3}

Ως ποταμοί ορίζονται τα υδάτινα ρεύματα που έχουν μόνιμη ροή ενώ ως χείμαρροι εκείνα που παρουσιάζουν διακυμάνσεις στην ροή τους, λόγω του ότι δέχονται νερό μόνο από τις βροχοπτώσεις και συνεπώς χαρακτηρίζονται από μη μόνιμη ροή.^{2,3} Στις ξερές και ημί-ξερές περιοχές συναντώνται πολλοί ποταμοί με περιοδική ροή, η οποία συνήθως είναι ακανόνιστη, ιδίως όταν το υπόστρωμά τους αποτελείται από ασβεστολιθικά υλικά.^{2,3} Στα ποτάμια, κυρίαρχο στοιχείο είναι η ταχεία κίνηση του νερού. Η παροχή (όγκος του νερού στη μονάδα του χρόνου) και η ταχύτητα ροής (διάστημα στη μονάδα του χρόνου) αλληλεπιδρούν με το υπόστρωμα και καθορίζουν τη σύσταση της κοίτης (π.χ. βραχώδης, ιλυώδης).¹

Οι ποταμοί δέχονται νερά από τις βροχοπτώσεις, το λιώσιμο του χιονιού και από πηγές του υπόγειου αποθηκευμένου νερού. Οι βροχοπτώσεις αποτελούν έναν από τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν τη ροή και οι εποχιακές τους διακυμάνσεις καθορίζουν το υδρολογικό καθεστώς (υδρολογική δίαιτα) των ποταμών.¹

Οι ποταμοί αποτελούν τμήμα ενός υδρογραφικού δικτύου (drainage network), το οποίο συνορεύει με το διπλανό του με την ενδιάμεση κορυφογραμμή. Η περιοχή συλλογής και απομάκρυνσης (αποστράγγισης) του νερού ενός υδρογραφικού δικτύου λέγεται λεκάνη

απορροής (drainage basin). Μικρά υδάτινα ρεύματα ξεκινούν από τα βουνά (ανάντη περιοχές) και σταδιακά ενώνονται σε μεγαλύτερες κοίτες ποταμών (κατάντη περιοχές) σχηματίζοντας το υδρογραφικό δίκτυο μιας λεκάνης απορροής.¹

Κάθε υδρογραφικό δίκτυο αποτελείται από χείμαρρους και παραπόταμους που ενώνονται και σχηματίζουν τους ποταμούς.^{2,3} Κατά την πορεία του νερού προς τα ποτάμια, μεγάλες ποσότητες (περισσότερο του 70%) ξαναγυρνούν στην ατμόσφαιρα με την εξάτμιση από το έδαφος και τη διαπνοή από τα φυτά.^{2,3} Η μορφολογία της περιοχής (τοπογραφικές κλίσεις) καθώς και η δομή του υποκείμενου πετρώματος (λιθολογία και τεκτονική) καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την πορεία που θα ακολουθήσει ένας ποταμός. Έτσι, το σχήμα του υδρογραφικού δικτύου αντικατοπτρίζει σχεδόν πάντα τις γεωλογικές, τεκτονικές και κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή και το ανάγλυφο εξαρτάται κυρίως από τις διεργασίες του νερού.¹

Σε όλα τα ποτάμια διακρίνουμε τρεις γεωμορφολογικές ενότητες: τον άνω, τον μέσο και τον κάτω ρου.¹

- Ο άνω ρους αντιστοιχεί στο ορεινό τμήμα του ποταμού όπου τα νερά κυλούν με μεγάλη ταχύτητα διαβρώνοντας το έδαφος.
- Ο μέσος ρους αντιστοιχεί στο κέντρο των ποτάμιων κοιλάδων και χαρακτηρίζεται από ευθύγραμμες κοίτες όπου η διάβρωση και η απόθεση βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία.
- Ο κάτω ρους αντιστοιχεί στην έξοδο από την ποτάμια κοιλάδα. Εδώ η ροή επιβραδύνεται, τα φερτά υλικά του ποταμού συσσωρεύονται και συντελούν στην ανύψωση της κοίτης με αποτέλεσμα να διακλαδίζεται ο ποταμός σε άλλες κατευθύνσεις και να σχηματίζεται το Δέλτα.^{2,3} Ο κάτω ρους τελειώνει στις εκβολές όπου συχνά σχηματίζονται εκτεταμένοι υγρότοποι από εγκαταλειμμένες κοίτες και λιμνοθάλασσες που είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης θάλασσας-ποταμού.

Ο φυσικός αγωγός στον οποίο κινείται ο ποταμός αποτελεί την κοίτη του στην οποία συμπεριλαμβάνεται ο πυθμένας και τα πρανή, οι πλευρές δηλαδή της κοίτης.^{2,3} Η κοίτη είναι αποτέλεσμα της συνεχούς διαβρωτικής δράσης του νερού καθώς κινείται και ρέει προς τα κάτω.^{2,3} Ωστόσο, όταν αναφερόμαστε στο ποτάμιο σύστημα, εκτός από την κοίτη, αναπόσπαστο κομμάτι του αποτελούν οι παρόχθιες περιοχές και οι πλημμυρικές επιφάνειες.^{2,3} Η λωρίδα της γης που εφάπτεται στην κοίτη του ποταμού ονομάζεται

παρόχθια ζώνη στην οποία αναπτύσσεται η παρόχθια βλάστηση, σημαντικό στοιχείο για τη λειτουργικότητα ενός ποταμού. ⁴

Όσον αφορά στις ποτάμιες κοίτες, η διαμόρφωσή τους μπορεί να συνοψισθεί σε τρεις βασικούς τύπους: την ευθεία, τη διακλαδιζόμενη και την μαιανδρική μορφή. ¹

Κοίτη ευθείας μορφής: οι κοίτες των ποταμών σπάνια είναι ευθείες σε μεγάλη απόσταση και εκεί ακόμη όπου εμφανίζονται ευθύγραμμες συνήθως υπάρχει κάποιος παράγοντας εκτροπής. Έχει αποδειχθεί ότι η κοίτη των ποταμών σπάνια είναι ευθύγραμμη για αποστάσεις μεγαλύτερες από το δεκαπλάσιο του πλάτους της κοίτης. Ακόμη και κατά μήκος αυτών των ευθύγραμμων τμημάτων, το βαθύτερο τμήμα της κοίτης είναι ελικοειδές και μετακινείται από τη μία πλευρά της όχθης προς την άλλη αποθέτοντας αντίστοιχα το μεταφερόμενο υλικό. ¹

Κοίτη μαιανδρικής μορφής: Ο όρος μαιάνδρος χρησιμοποιείται όταν οι καμπύλες των ποτάμιων κοιτών παρουσιάζουν κάποια σχετική συμμετρία. Η διαφορά μεταξύ ενός διακλαδισμένου ποταμού και ενός ποταμού που σχηματίζει μαιάνδρους συνίσταται στο ότι ο πρώτος μεταφέρει ένα υπερβολικά μεγάλο όγκο στερεού υλικού και επομένως δεν μπορεί να διαβρώνει οριζόντια όπως συμβαίνει με έναν ποταμό που σχηματίζει μαιάνδρους. ¹

Κοίτη διακλαδιζόμενης μορφής: Αυτή διαχωρίζεται σε δυο ή περισσότερες κοίτες (αναστομώσεις). Αυτού του τύπου η κοίτη σχηματίζεται μετά τη δημιουργία επιμήκων νησίδων (αλλούβιων νησίδων) που αποτελούνται από αδρομερέστερο υλικό. Συχνά υποθέτουμε ότι η διακλαδιζόμενη κοίτη είναι ένδειξη υπερβολικής στερεοπαροχής και ότι έχουμε σχηματισμό μιας προσχωσιγενούς κοιλάδας. ¹

Οι περισσότεροι ποταμοί παρουσιάζουν σύνθετες μορφές κοίτης δηλαδή αποτελούνται από δύο ή τρεις μορφές κοιτών. ⁵

Η μεταφορά υλικού από τα ποτάμια γίνεται υπό τη μορφή διαλυμένων ουσιών (π.χ. ιόντα) και υπό την μορφή αιωρούμενου υλικού (π.χ. άργιλος, πηλός) ή παρασυρόμενου υλικού (π.χ. κροκάλες). Τα μεγαλύτερα υλικά μεταφέρονται με αναπήδηση και κύλιση. Οι ποσότητες που μπορεί να μεταφέρει ένα ποτάμι είναι ανάλογες της ταχύτητας και της παροχής του νερού, ενώ η ποσότητα των διαλυμένων ουσιών μέσα στο νερό εξαρτάται από το βαθμό και το είδος αποσάθρωσης των πετρωμάτων. ¹

1.1.2 Παρεμβάσεις του ανθρώπου στο ποτάμιο οικοσύστημα

Οι περισσότερες παρεμβάσεις ή διαχειριστικές δράσεις του ανθρώπου στον ποταμό αφορούν στις αμμοληψίες, την ευθυγράμμιση ή διευθέτηση της κοίτης του, την εκβάθυνση, τον έλεγχο της ροής του νερού και την άντληση του νερού. Οι παρεμβάσεις γίνονται με σκοπό την προστασία από τις πλημμύρες, τη δημιουργία υδροηλεκτρικών εγκαταστάσεων, τη μεταφορά εμπορικών φορτίων ή την άρδευση καλλιεργειών. Όμως, οι παρεμβάσεις αυτές υποβαθμίζουν τον ποταμό. Η κοίτη ενός διευθετημένου ποταμού για παράδειγμα βαθαίνει και μπορεί να επιφέρει αποσταθεροποίηση όλης της λεκάνης απορροής και να έχει σοβαρές επιπτώσεις σε όλο το οικοσύστημα. Η διαχείριση των ποταμών πρέπει να εξασφαλίζει δράσεις που να προστατεύουν την άγρια πανίδα και να βοηθούν στην ανάκαμψη των υποβαθμισμένων περιοχών.²

Στον Αξιό για παράδειγμα, η έκταση της παραποτάμιας ζώνης περιορίστηκε από τα διάφορα τεχνικά έργα (π.χ. αναχώματα, διευθετήσεις, ευθυγραμμίσεις) και συνεχίζεται ο περιορισμός της από πιέσεις για άλλες χρήσεις όπως οι καλλιέργειες, τα βοσκοτόπια και η αναψυχή. Επίσης, ένα δύσκολο ζήτημα που ζητά επίλυση είναι η ανεπάρκεια του νερού για τις αυξημένες σημερινές απαιτήσεις. Το πρόβλημα επιδεινώνεται επειδή το νερό γίνεται υφάλμυρο με την είσοδο του θαλασσινού νερού γεγονός που επιβαρύνει την περιοχή του Δέλτα, υγρότοπο διεθνούς σημασίας σύμφωνα με τη σύμβαση Ramsar.⁶

1.1.3 Ρύπανση των ποτάμιων συστημάτων

Όπως επισημάνθηκε και προηγουμένως, τα ποτάμια είναι δυναμικά συστήματα που μαζί με τους παραπόταμους αποτελούν ένα ενιαίο σύνολο. Μαζί με τις σημαντικές ποσότητες νερού τις οποίες μεταφέρουν οριζόντια και σταθερά, μεταφέρουν διαλυμένες ουσίες φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Η μετακινούμενη μάζα υπόκειται συνεχώς σε χημικές, βιολογικές και φυσικές αλλαγές που επηρεάζουν σημαντικά τα δεδομένα μιας περιοχής. Η σταθερότητα του ποτάμιου οικοσυστήματος και η κατάσταση των υδάτων του σε κάθε σημείο είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων, όπως είναι οι συνθήκες του περιβάλλοντος-εδαφολογικές, ατμοσφαιρικές, κλιματολογικές αλλά και οι ανθρώπινες επιδράσεις, οι οποίες συχνά προκαλούν ρύπανση.⁷

Ένας κύριος παράγοντας ρύπανσης και υποβάθμισης των ποτάμιων οικοσυστημάτων είναι η χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία. Αυτού του είδους η ρύπανση από τις γεωργικές χρήσεις αναγνωρίζεται παγκοσμίως ότι αποτελεί ένα

σημαντικό ποσοστό της ολικής ρύπανσης των φυσικών υδατορεμάτων. Η γεωργική ρύπανση χαρακτηρίζεται ως **διάχυτη ρύπανση** (δηλ. η ρύπανση που προκαλείται από μια διάχυτη και διάσπαρτη στο χώρο πηγή όπου δεν παρατηρούνται συγκεκριμένα σημεία εισόδου στα υδάτινα οικοσυστήματα) και οφείλεται κυρίως στις αζωτούχες και φωσφορικές ενώσεις που προέρχονται από τα λιπάσματα, στα διάφορα φυτοφάρμακα, στις οργανικές ουσίες από τις κοπριές αλλά και στα εντομοκτόνα που είναι ποικίλα και παρουσιάζουν αυξημένη τοξικότητα. Ένα παράδειγμα τέτοιας ρύπανσης συναντούμε στη Θεσσαλία και συγκεκριμένα στη λεκάνη απορροής του Πηνειού ποταμού στην οποία η γεωργική καλλιέργεια είναι εντατική και χρησιμοποιούνται μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Τα τελευταία χρόνια γίνεται λόγος ιδιαίτερα για τα νιτρικά λιπάσματα διότι χρησιμοποιούνται πολύ μεγαλύτερες ποσότητες από αυτές που μπορούν να απορροφήσουν οι γεωργικές καλλιέργειες. Η ρύπανση που δέχεται ο Πηνειός ποταμός καταλήγει στον Θερμαϊκό Κόλπο.⁸

Άλλες πηγές ρύπανσης αποτελούν οι διάφορες βιομηχανίες ή βιοτεχνίες. Αυτού του είδους η ρύπανση λέγεται **σημειακή ρύπανση** (δηλ. η ρύπανση που προκαλείται από μια μεμονωμένη πηγή ρύπανσης από την οποία διαχέονται οι ρύποι). Τα νερά του ποταμού Πηνειού ρυπαίνονται από τα λύματα των πόλεων Τρικάλων και Λάρισας, από τα σφαγεία, τα ελαιοπιεστήρια και τις βιομηχανίες όπως για παράδειγμα αυτές που παράγουν ζάχαρη.⁸

1.1.4 Προστασία των ποταμών: Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ⁹

Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων ή αλλιώς Οδηγία-Πλαίσιο για τα Νερά (Water Framework Directive, WFD), μετά από μια μακρόχρονη περίοδο συζητήσεων και διαπραγματεύσεων μεταξύ των Κρατών Μελών της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τέθηκε σε ισχύ στις 22 Δεκεμβρίου 2000. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ συνδυάζει ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία υδάτινων οικοσυστημάτων και την καλή κατάσταση όλων των υδατικών πόρων και θέτει ως κεντρική ιδέα την ολοκληρωμένη διαχείριση τους στη γεωγραφική κλίμακα των Λεκανών Απορροής Ποταμών. Επιπλέον, επαναπροσδιορίζει την έννοια της Λεκάνης Απορροής, η οποία περιλαμβάνει τα εσωτερικά επιφανειακά (ποταμοί, λίμνες), τα υπόγεια ύδατα, τα μεταβατικά (δέλτα, εκβολές ποταμών) και τα παράκτια οικοσυστήματα.

Για κάθε περιοχή Λεκάνης Απορροής Ποταμού καθορίζει μια σειρά από απαραίτητες ενέργειες που θα πρέπει να υλοποιηθούν εντός των καθορισμένων προθεσμιών, ώστε ο βασικός στόχος της Οδηγίας που είναι η αποτροπή της περαιτέρω υποβάθμισης

όλων των υδάτων και η επίτευξη της "καλής κατάστασης" να υλοποιηθεί μέχρι το 2015. Το έτος 2015 ολοκληρώνεται ο πρώτος διαχειριστικός κύκλος, δίνοντας τη δυνατότητα μέσω ειδικών διαδικασιών να επιμηκυνθεί ο χρόνος επίτευξης του στόχου της "καλής κατάστασης" μέχρι το 2021, οπότε ολοκληρώνεται ο δεύτερος διαχειριστικός κύκλος ή το αργότερο μέχρι το 2027, οπότε ολοκληρώνεται και ο τρίτος διαχειριστικός κύκλος. Η επίτευξη των περιβαλλοντικών στόχων της Οδηγίας στηρίζεται σε οικονομικές αρχές και εργαλεία καθώς και στην εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων-μέτρων.

Παράλληλα, αντιμετωπίζονται συνολικά όλες οι χρήσεις και υπηρεσίες νερού, συνυπολογίζοντας την αξία του νερού για το περιβάλλον, την υγεία, την ανθρώπινη κατανάλωση και την κατανάλωση σε παραγωγικούς τομείς. Η Οδηγία ενισχύει και διασφαλίζει τη συμμετοχή του κοινού με τη δημιουργία συστηματικών και ουσιαστικών διαδικασιών διαβούλευσης. Παράλληλα, προωθεί την αειφόρο και ολοκληρωμένη διαχείριση των διασυνοριακών λεκανών απορροής ποταμών. Στο ίδιο πλαίσιο, η Οδηγία 2000/60/EK δημιουργεί και εισάγει νέες προσεγγίσεις στην αντιμετώπιση κινδύνων από τις πλημμύρες και την ξηρασία.

Οι επιπτώσεις από την εφαρμογή της Οδηγίας στη χώρα μας αναμένεται να είναι ιδιαίτερα θετικές. Η αποτελεσματική εφαρμογή της Οδηγίας θα δημιουργήσει τις απαραίτητες συνθήκες για τη στήριξη μιας πολιτικής που θα οδηγήσει στην ικανοποιητική και αποτελεσματική προστασία καθώς και στην ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των πολύτιμων υδατικών μας πόρων.

1.1.5 Εκτίμηση της ποιότητας των ποταμών

Ιστορικά, οι βιολόγοι των ρεόντων υδάτων εκτιμούσαν την ποιότητα των ποταμών μετρώντας το βαθμό της διαταραχής που προκαλεί η ρύπανση στους ποτάμιους οργανισμούς. Πρόσφατα ένα ευρύ φάσμα θεμάτων όπως η βιωσιμότητα και η βιοποικιλότητα έχει συμπεριληφθεί στις τεχνικές εκτίμησης. Επομένως, η ποιότητα των ρεόντων υδάτων θεωρείται ως η ολότητα των γνωρισμάτων και των χαρακτηριστικών του νερού που φέρει την ικανότητα να διατηρεί την φυσική πανίδα και να υποστηρίζει δικαιολογημένες χρήσεις.^{6,10}

Σήμερα αν και οι χημικές μετρήσεις της ποιότητας χρησιμοποιούνται ευρέως, αυξάνεται η ανάγκη για αξιόπιστες και ακριβείς βιολογικές παρακολουθήσεις της ποιότητας του νερού.

1.1.6 Χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών

Η γεωγραφική θέση της Ελλάδας στη Μεσόγειο σε συνδυασμό με τη γεωμορφολογική της σύσταση και την ανομοιόμορφη κατανομή των βροχοπτώσεων την κατατάσσει στις άνυδρες χώρες αλλά με μεγαλύτερη επάρκεια νερού σε σύγκριση με άλλες μεσογειακές χώρες. Τα μεσογειακά ποτάμια είναι διαφορετικά από τα ποτάμια της υπόλοιπης Ευρώπης. Οι ποταμοί της Ελλάδας είναι επίσης διαφορετικοί ανάλογα με τη γεωγραφική τους θέση. Για παράδειγμα στη Δυτική Ελλάδα οι βροχοπτώσεις είναι περισσότερες με αποτέλεσμα το υδρολογικό καθεστώς των ποταμών σε αυτήν να είναι διαφορετικό από τα ποτάμια της υπόλοιπης χώρας. Επίσης, οι περισσότεροι από τους ποταμούς της Ελλάδας είναι χειμαρρώδεις, προκαλούν διαβρώσεις στα εδάφη και μεταφέρουν μεγάλες ποσότητες φερτού υλικού στις εκβολές.¹¹

Τα κύρια χαρακτηριστικά των ελληνικών ποταμών είναι ¹¹:

1. γεωγραφικός κατακερματισμός, ορεινό ανάγλυφο, πολλά αυτόνομα υδρογραφικά δίκτυα.
2. μεγάλος αριθμός ποταμών μικρού και μεσαίου μεγέθους.
3. πολλοί ποταμοί κατεβαίνουν απότομα στις ακτές μέσω στενών ορεινών φαραγγιών ή κοιλάδων, συχνά με μικρό πεδινό τμήμα.
4. πολλοί ποταμοί έχουν χειμαρρώδη και διαβρωτική συμπεριφορά.
5. θύλακες νερού με ημί-ξηρες συνθήκες στην ομβροσκιά της χώρας (παρατεταμένη θερινή ανομβρία, υψηλοί αριθμοί εξάτμισης).
6. σημαντικός ο ρόλος των υπόγειων νερών στη διατήρηση των επιφανειακών ροών.
7. η ύπαρξη καρστικών πηγών εξασφαλίζει σε πολλά μικρά ποτάμια τη δυνατότητα συνεχούς ροής.

1.2 Εκβολικά συστήματα

1.2.1 Περί εκβολικών συστημάτων¹²

Τα εκβολικά συστήματα "σχηματίζονται" στα στόμια των ποταμών, στην στενή ζώνη γειτνίασης μεταξύ της ξηράς και της θάλασσας και ο χρόνος ζωής τους είναι γενικά μικρός. Οι εκβολές παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία μορφών, κάθε μία από τις οποίες έχει εξελιχθεί σαν αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ποτάμιων και των θαλάσσιων διεργασιών.

Το σχήμα και η έκταση των εκβολών μεταβάλλεται διαρκώς από τις διαδικασίες διάβρωσης των πετρωμάτων και της απόθεσης των ιζημάτων ενώ δραστικές αλλαγές προκαλούνται από το επίπεδο της θάλασσας (δηλαδή από την ανύψωση ή την πτώση του). Οι εκβολές ενδέχεται να είναι συνηθέστερες κατά την διάρκεια των πλημμυρών και σπανιότερες κατά την υποχώρησή τους. Αυτές οι αλλαγές στο επίπεδο της θάλασσας μπορεί να είναι "ευστατικές", δηλαδή μεταβολές στον όγκο του νερού των ωκεανών, και "ισοστατικές", μεταβολές που αφορούν στο επίπεδο της ξηράς. Στα πρόσφατα γεωλογικά χρόνια υπήρξαν πολύ μεγάλες ευστατικές αλλαγές στο επίπεδο της θάλασσας. Τα τελευταία 18.000 χρόνια όμως, πρέπει να σημειωθεί ότι η στάθμη της θάλασσας έχει ανεβεί κατά 100m εξαιτίας του προοδευτικού λιώσιματος των πάγων.

Οι εκβολές συνεχώς εξελίσσονται, αλλάζουν μορφές, προσαρμόζονται στις αλλαγές που συμβαίνουν στην ροή των ποταμών και στις κλιματολογικές συνθήκες. Συνεπώς, υφίστανται μεταβολές τόσο από τις ημερήσιες μεταβολές του επιπέδου της θάλασσας (π.χ. παλίρροια-άμπωτη) όσο και από τις εποχιακές μεταβολές.

Στις περιοχές των εκβολών, οι εποχιακές μεταβολές είναι ιδιαίτερα εμφανείς στην αλατότητα και σχετίζονται με αλλαγές στην ροή του ποταμού. Τα καιρικά φαινόμενα έχουν χρονική διάρκεια από 2 ως 5 ημέρες και ο άνεμος μπορεί να επηρεάσει την κυκλοφορία στην εκβολή του ποταμού προκαλώντας κυματισμό και περαιτέρω ανάμιξη. Συνεπώς, οι φυσικές διεργασίες είναι πολύπλοκες και αλληλεπιδρούν αποτελώντας την κινητήρια δύναμη για πολλές από τις εδαφολογικές, βιολογικές και χημικές διεργασίες.

Τα εκβολικά συστήματα αποτελούν αποτελεσματικές παγίδες ιζημάτων στα αρχικά στάδια του σχηματισμού τους, αλλά σταδιακά πληρώνονται μέχρι να επιτευχθεί μια ισορροπία ανάμεσα στις εισροές ιζημάτων, την μορφή της εκβολής, το βάθος της και τις επιδράσεις των ρευμάτων. Τα ρεύματα δημιουργούν τυρβώδεις ροές και εσωτερικό κυματισμό, προκαλούν ανάμιξη, διάβρωση, μεταφορά και απόθεση του ιζήματος ενώ ταυτόχρονα διασπείρουν τους ρύπους.

Όσον αφορά στην κυκλοφορία του νερού και τις διαδικασίες ανάμιξης, αυτές προκαλούνται από τις διαφορές στην πυκνότητα και από την αλληλεπίδραση γλυκού και αλμυρού νερού. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει μια διαφορά στην πυκνότητα, της τάξης του 2%, μεταξύ γλυκού και θαλασσινού νερού, αυτό είναι αρκετό για να σχηματιστεί μια οριζόντια βαθμίδα πίεσης, η οποία με την σειρά της επηρεάζει την ροή. Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού εξαρτάται τόσο από την αλατότητα όσο και από την θερμοκρασία, αλλά στα εκβολικά συστήματα το εύρος της αλατότητας είναι υψηλό ενώ

το εύρος της θερμοκρασίας είναι γενικά χαμηλό. Έτσι, η θερμοκρασία έχει μια σχετικά μικρότερη επίδραση στην πυκνότητα.

Λόγω της γειννίαςης γλυκού-αλμυρού νερού, στα εκβολικά συστήματα οι συνθήκες μεταβάλλονται έντονα και σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα αυτά να εμφανίζουν μικρή βιοποικιλότητα, σε σχέση με άλλα υδάτινα περιβάλλοντα, αποτελούμενη από λίγα είδη-ανθεκτικά, ευρύθερμα και ευρύαλα- σε μεγάλους αριθμούς.

1.2.2 Ορισμός

Οι εκβολές μπορούν να ορισθούν με ποικίλους ορισμούς που εξαρτώνται από την οπτική γωνία αυτού που θα δώσει τον ορισμό. Αυτοί οι ορισμοί χρειάζεται να περιλαμβάνουν τόσο τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των εκβολών όσο και τις διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα σε αυτές. Σε ότι αφορά τους ωκεανογράφους, τους μηχανικούς και τους φυσικούς επιστήμονες, οι εκβολές είναι περιοχές αλληλεπίδρασης μεταξύ του γλυκού και του αλμυρού νερού, αλλά υπάρχουν πάνω από 40 διαφορετικοί ορισμοί για αυτές.¹³

Ο πιο ικανοποιητικός ορισμός είναι αυτός που διατυπώθηκε από τους Cameron και Prichard, με μια μικρή τροποποίηση ώστε να περιλαμβάνει και την επίδραση της παλίρροιας.

Έτσι:

" Εκβολή είναι ένα ημί-κλειστό παράκτιο σώμα νερού το οποίο έχει ελεύθερη επαφή με την ανοιχτή θάλασσα, επεκτείνεται δε μέσα στο ποτάμι μέχρι το όριο της παλιρροιακής επίδρασης, και εντός του οποίου το θαλασσινό νερό αραιώνεται με γλυκό νερό προερχόμενο από περιοχές αποστράγγισης".¹²

1.2.3 Φυσικές και χημικές δράσεις στα εκβολικά συστήματα

Από χημικής απόψεως, τα εκβολικά συστήματα ορίσθηκαν προηγουμένως ως ένα περιβάλλον στο οποίο το θαλασσινό νερό "αραιώνεται" με γλυκό νερό, το οποίο προέρχεται από περιοχές αποστράγγισης. Ο ορισμός κατά αυτόν τον τρόπο τονίζει ότι οι βασικές επιδράσεις στις χημικές διεργασίες εντός ενός εκβολικού συστήματος συνδέονται πρωτίστως με την διαβάθμιση της συγκέντρωσης που συμβαίνει λόγω αραιώσης. Οι φυσικές ιδιότητες καθώς και άλλα χαρακτηριστικά όπως η στρωμάτωση επηρεάζουν την συμπεριφορά των χημικών συστατικών.¹² Επιπλέον, οι φυσικοί παράγοντες είναι πολλές φορές υπεύθυνοι για την διαφοροποίηση στην χημική συμπεριφορά που παρατηρείται μεταξύ διαφορετικών εκβολικών συστημάτων. Το

περιβάλλον των εκβολικών συστημάτων αποτελεί μια σημαντική μεταβατική ζώνη μέσα στην οποία η διαλυτή και η αιωρούμενη φάση αλληλεπιδρούν κατά τον κύκλο της ιζηματοποίησης.¹⁴

Στις εκβολές λαμβάνει χώρα μια ανάμιξη δύο τύπων νερού, του γλυκού και του αλμυρού νερού, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες. Η αλατότητα του θαλασσινού νερού είναι υψηλότερη σε σχέση με την ολική περιεκτικότητα σε άλατα του γλυκού νερού των ποταμών. Για τα θρεπτικά συστατικά (N, P, Si) και πολλά από τα βαρέα μέταλλα, οι συγκεντρώσεις τους είναι εμφανώς υψηλότερες στο γλυκό νερό σε σύγκριση με τις αντίστοιχες στο θαλασσινό νερό. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η ιονική ισχύς (αλατότητα) διαφοροποιούνται κατά την μίξη των νερών στις εκβολές.¹⁵

Στα ποτάμια παρατηρείται μεγάλη διαφοροποίηση τόσο στη ολική συγκέντρωση των διαλυτών αλάτων όσο και στην σύσταση της διαλυτής ύλης τόσο στα κύρια όσο και στα δευτερεύοντα συστατικά. Τα παράκτια νερά, σε αντίθεση, επιδεικνύουν μια μεγαλύτερη ομοιογένεια.¹⁴

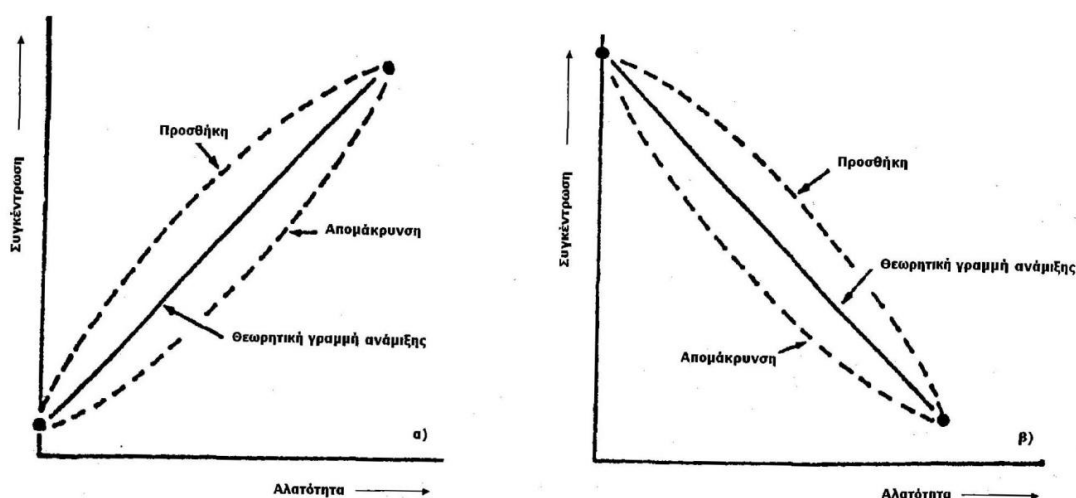
Τα ιδιαίτερα προβλήματα της χημείας των εκβολικών συστημάτων, πέρα εκείνων που ενυπάρχουν στην χημεία του οποιουδήποτε φυσικού συστήματος νερού, προκύπτουν από την διαβάθμιση της αλατότητας και των συγκεντρώσεων των μεμονωμένων χημικών στοιχείων, και από τις γενικά υψηλές συγκεντρώσεις της αιωρούμενης ύλης και την ποικιλία της σύστασής της. Τέλος, το μικρό βάθος των περισσοτέρων εκβολών, σε συνδυασμό με την πιθανότητα εκτεταμένης επαναιώρησης ιζημάτων, μαζί και με την συχνά μεγάλη βιολογική δραστηριότητα, μπορούν να προκαλέσουν επιπρόσθετες περιπλοκές.¹⁴

1.2.3.1 Συμπεριφορά των διαλυτών συστατικών κατά τις διαδικασίες ανάμιξης στα εκβολικά συστήματα

Ιδιαίτερης σημασίας για την μελέτη της πορείας ενός διαλυτού συστατικού που εισέρχεται σε ένα εκβολικό σύστημα είναι η σύγκριση της παρατηρούμενης κατανομής του με αυτή που προβλέπεται για την απλή ανάμιξη υδάτινων μαζών, κατά την οποία το συστατικό διατηρείται. Εάν η συμπεριφορά της ένωσης ή του ιόντος είναι τέτοια ώστε να παρατηρείται γραμμική σχέση μεταξύ της συγκέντρωσης του και του βαθμού ανάμιξης των δυο υδάτινων μαζών, τότε η συμπεριφορά του χαρακτηρίζεται ως συντηρητική ή αδρανής. Αντίθετα, αν η συγκέντρωση του συστατικού διαφοροποιείται θετικά ή αρνητικά από την θεωρητική ευθεία αραιώσης, τότε η συμπεριφορά του χαρακτηρίζεται

ως μη-συντηρητική. Και οι δυο περιπτώσεις απόκλισης οφείλονται σε αλληλεπιδράσεις που μεταβάλλουν την κατανομή του συστατικού μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής φάσης, δηλαδή σε απομάκρυνση ή προσθήκη του στοιχείου κατά τις διεργασίες ανάμιξης.¹⁴

Οι περιπτώσεις συντηρητικής και μη-συντηρητικής συμπεριφοράς στοιχείων σε εκβολικά συστήματα παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα:



Σχήμα 1: Περιπτώσεις συντηρητικής και μη συντηρητικής συμπεριφοράς στοιχείων σε εκβολικά συστήματα.¹⁶

Στην συντηρητική ανάμιξη, τα σημεία θα βρίσκονται κοντά στην γραμμή της οποίας τα άκρα αντιπροσωπεύουν τις δυο "ακραίες" καταστάσεις ("καθαρό" γλυκό- "καθαρό" αλμυρό νερό). Αυτή η γραμμή ονομάζεται "θεωρητική γραμμή ανάμιξης" (ΘΓΑ). Εάν το διαλυμένο συστατικό συμπεριφέρεται μη-συντηρητικά τα πειραματικά σημεία δεν θα βρίσκονται επί της ΘΓΑ αλλά πάνω ή κάτω από αυτή δείχνοντας προσθήκη ή απομάκρυνση από τη διαλυτή φάση. Τα κύρια συστατικά του νερού, σύμφωνα με έρευνες, συμπεριφέρονται κατά κύριο λόγο συντηρητικά.¹⁶

Σημαντικές αποκλίσεις από την συντηρητική συμπεριφορά παρατηρούνται μέσω αλληλεπιδράσεων που εμπλέκουν την αφαίρεση του διαλυμένου συστατικού με καθίζηση, μέσω της πρόσληψης από τις ήδη υπάρχουσες σωματιδιακές φάσεις ή μέσω της προσθήκης με τη διάλυση των στερεών φάσεων ή με την ανταλλαγή με τις στερεές φάσεις.¹⁴

Πολλά χημικά στοιχεία, τα οποία συμμετέχουν σε διάφορα είδη αντιδράσεων εντός των εκβολικών συστημάτων μπορεί να παρουσιάζουν ψευδο-συντηρητική συμπεριφορά. Η συμπεριφορά αυτή παρουσιάζεται όταν ο *in situ* μεταβολισμός των στοιχείων είναι βραδύτερος σε σχέση με τον ρυθμό διέλευσης από τις εκβολές.¹⁷

Το κατά πόσο μπορεί να γίνει αντιληπτή η συντηρητική ή μη-συντηρητική συμπεριφορά ενός διαλυτού συστατικού σε ένα εκβολικό σύστημα εξαρτάται από ¹⁷:

1. Τη θερμοδυναμική απόσταση από την κατάσταση ισορροπίας και το ρυθμό προσέγγισης αυτής.
2. Τους ρυθμούς παροχής από όλες τις πηγές και τις διακυμάνσεις τους.
3. Τη μεταφορά μέσω διάχυσης ή προσρόφησης εντός του συστήματος και τη δυναμική των διαδικασιών ανάμιξης.
4. Το ρυθμό και την έκταση των ταυτόχρονων βιολογικών διαταραχών.
5. Το επίπεδο της συγκέντρωσης σε συνάρτηση με την ορθότητα και την ακρίβεια της ανάλυσης.

1.2.3.2 Συμπεριφορά της αιωρούμενης ύλης κατά την εκβολική ανάμιξη

Η γεωχημική συμπεριφορά της αιωρούμενης ύλης στα εκβολικά συστήματα είναι πολύπλοκη, ιδιαίτερα κατά την μεταφορά του υλικού από το ένα περιβάλλον στο άλλο και κρίνεται ασταθής σε σχέση με τις επικρατούσες συνθήκες αλατότητας.¹⁴ Οι διεργασίες διάβρωσης, αιώρησης και απόθεσης κατά την μεταφορά τόσο της διαλυτής όσο και της σωματιδιακής μορφής της ύλης μεταβάλλονται από την επίδραση των παλιρροϊκών κινήσεων.¹⁵ Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και της απόθεσης, η σωματιδιακή ύλη υφίστανται μεταβολές, σαν αποτέλεσμα χημικών και βιολογικών διεργασιών, ενώ μετά και την μόνιμη απόθεσή της δεν θα πρέπει να θεωρείται ανενεργή ως προς την υδάτινη μάζα.¹⁵ Επιπρόσθετα, τα αιωρούμενα σωματίδια και τα επιφανειακά υλικά των ιζημάτων, που υπάρχουν σε ένα εκβολικό σύστημα, συμμετέχουν σε πολλές διεργασίες, οι οποίες επηρεάζουν την χημεία του συστήματος.¹⁵

Βάση της προέλευσης της, η σωματιδιακή ύλη σε ένα εκβολικό σύστημα διακρίνεται σε τρεις βασικές κατηγορίες: λιθογενή, υδρογενή και βιογενή. Τα λιθογενή σωματίδια είναι ανόργανα και προέρχονται από την διάβρωση του υλικού του γήινου φλοιού. Τα σωματιδιακά υλικά που απαντώνται στις περιοχές των εκβολών υφίστανται ως διακριτοί ορυκτοί κόκκοι, συνήθως κρυσταλλικής φύσεως, και μεταφέρονται στις εκβολές μέσω της ροής του ποταμού αλλά και από την παρακείμενη παράκτια περιοχή, ενώ μερικές φορές σημαντική είναι και η ατμοσφαιρική συνεισφορά. Τα λιθογενή υλικά συχνά υποδιαιρούνται σε μια ανενεργή φάση, που περιλαμβάνει την κρυσταλλική δομή και μια ενεργή φάση που περιλαμβάνει τα προσροφημένα υλικά, τα οποία υπόκεινται σε ανταλλαγές και αλληλεπιδρούν με το ατμοσφαιρικό περιβάλλον. Τα υδρογενή σωματίδια

υπάρχουν εντός της διαλυτής φάσης και ενδέχεται να εμφανίζονται τόσο ως ξεχωριστή φάση όσο και σαν επιχρίσματα των λιθογενών σωματιδίων. Τα βιογενή σωματίδια δημιουργούνται μέσω βιολογικών διεργασιών που πραγματοποιούνται στις εκβολές.¹⁷

Ανεξάρτητα από την προέλευση τους, τα αιωρούμενα και σωματιδιακά υλικά απαντώνται στις εκβολές σε ποικίλα μεγέθη.¹⁷ Η διάκριση μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής ύλης γίνεται συνήθως μέσω του μεγέθους των πόρων των ηθμών που χρησιμοποιούνται για τον διαχωρισμό τους (συνήθως 0,45μm).¹⁸ Όσον αφορά σε ορισμένα στοιχεία, όπως είναι ο Fe, το Mn και το Al, τα όρια μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής φάσης δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις σαφώς καθορισμένα με αποτέλεσμα η διαλυτή φάση να περιλαμβάνει επίσης πολυμερή και λεπτότατα σωματίδια.¹⁵

Τα χονδρόκοκκα σωματίδια που εισέρχονται σε μια εκβολή διατηρούν το μέγεθος τους και η τάση τους για ιζηματοποίηση εξαρτάται από υδροδυναμικούς παράγοντες. Τα αιωρούμενα λεπτόκοκκα υλικά, κυρίως οι άργιλοι (clay) με διάμετρο <2μm και τα κολλοειδή συχνά συγχωνεύονται σχηματίζοντας μεγαλύτερα σωματίδια. Τα επιφανειακά φορτία στην σωματιδιακή ύλη φυσικής προέλευσης έχουν μετρηθεί από πολλούς επιστήμονες εφαρμόζοντας ηλεκτροκινητικές μετρήσεις. Τα αποτελέσματα των ερευνών τους έδειξαν ότι το "καθαρό" φορτίο είναι πάντα αρνητικό στην περίπτωση των σωματιδίων των γλυκών νερών και τα φορτία μειώνονται με αύξηση της ιονικής ισχύος. Εναλλαγή φορτίου συμβαίνει σε περιβάλλοντα με αλατότητα της τάξης του 2‰. Τα περισσότερα ιζήματα είχαν "καθαρό" θετικό φορτίο όταν η αλατότητα έφτανε το 6‰. Το μέγεθος των σωματιδίων δεν έδειχνε να επηρεάζει σημαντικά το ηλεκτρομαγνητικό δυναμικό ενώ η παρουσία οργανικών ενώσεων θα μπορούσε ενδεχομένως να τροποποιήσει την σχέση μεταξύ φορτίου και αλατότητας.¹⁴

1.2.3.3 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής ύλης στα εκβολικά συστήματα

Οι αλληλεπιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μεταξύ διαλυτής και σωματιδιακής ύλης κατά την διάρκεια της εκβολικής ανάμιξης μπορεί να περιλαμβάνουν τρία είδη διεργασιών¹⁴:

1. Την καθίζηση του διαλυτού υλικού με σχηματισμό νέων στερεών φάσεων.
2. Την προσρόφηση του διαλυτού υλικού από τις υπάρχουσες στερεές φάσεις. Αυτές οι φάσεις περιλαμβάνουν τα λιθογενή ορυκτά, τις αυθιγενείς φάσεις που σχηματίζονται από το (1) και το υπολειμματικό οργανικό υλικό που προέρχεται από τις διαδικασίες τόσο εντός όσο και εκτός εκβολών.

3. Την απελευθέρωση του υλικού σε διάλυμα από σωματιδιακές φάσεις, μέσω διάλυσης, εκρόφησης και αυτολυτικών διεργασιών.

Η ισορροπία των διεργασιών προσρόφησης στα εκβολικά συστήματα είναι ένα θέμα αβέβαιο και αμφιλεγόμενο οπότε και χρίζει περαιτέρω διευκρίνισης. Σωματίδια όπως οι άργιλοι και τα ένυδρα οξείδια, τα οποία εισάγονται στα εκβολικά συστήματα μέσω του ποταμού, είναι έτοιμα να προσροφήσουν πολλά είδη ουσιών από το υδατικό διάλυμα. Παρ' όλα αυτά, στις εκβολές, τα παραπάνω σωματίδια κατά την επαφή τους με το υψηλότερης αλατότητας θαλασσινό νερό μπορούν να απελευθερώσουν στο υδατικό διάλυμα υλικό, το οποίο είχαν προσροφήσει σε προηγούμενο στάδιο, κατά τις διαδικασίες διάβρωσης και μεταφοράς.¹⁵

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΒΑΡΕΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

2.1. Ορισμοί και χαρακτηριστικά των βαρέων μετάλλων

Ο όρος “βαρέα μέταλλα” είναι γενικός και χρησιμοποιείται για μια μεγάλη ομάδα στοιχείων, μετάλλων και μεταλλοειδών με πυκνότητα μεγαλύτερη από 6 g/cm^3 . Ειδικότερα εφαρμόζεται στα στοιχεία Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb και Zn που σχετίζονται με προβλήματα ρύπανσης και τοξικότητας.¹⁸

Τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται συνήθως σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις στα νερά, γι’ αυτό πολλές φορές απαντώνται στην βιβλιογραφία και ως “ιχνημέταλλα”.¹⁸ Ο όρος “ιχνημέταλλα” είναι ένας εναλλακτικός και περισσότερο αποδεκτός όρος για αυτά τα στοιχεία αλλά χρησιμοποιείται λιγότερο.¹⁸ Η συγκέντρωσή τους είναι της τάξης των ppb ($\mu\text{g/l}$) ή ppt (ng/l) στα νερά και ppm (mg/l) στα ιζήματα. Έτσι κατατάσσονται στην κατηγορία των ιχνοστοιχείων “trace elements”.¹⁹

Σαν ιχνοστοιχεία, μερικά βαρέα μέταλλα όπως ο Cu, ο Zn και το Mn σε ελάχιστες ποσότητες είναι απαραίτητα για την ζωή και η έλλειψη τους προκαλεί διάφορες παθήσεις στους οργανισμούς. Πολλά από αυτά όμως, όχι μόνο δεν είναι απαραίτητα για την ζωή, αντιθέτως δρουν βλαβερά και επικίνδυνα στον άνθρωπο, στα ζώα και στα φυτά όπως ο Hg, ο Pb, το Cd κ.ά.²⁰

Τα βαρέα μέταλλα κατατάσσονται μεταξύ των πιο σημαντικών και επικίνδυνων ρύπων του περιβάλλοντος. Τα βαρέα μέταλλα σε αντίθεση με τις περισσότερες οργανικές βλαβερές ουσίες, δεν αποικοδομούνται με φυσικές διεργασίες στα νερά και έτσι παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα προκαλώντας το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης (bioaccumulation).²⁰ Ο όρος βιοσυσσώρευση σημαίνει αύξηση στη συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας σε έναν οργανισμό με την πάροδο του χρόνου, σε σχέση με την συγκέντρωση της ίδιας χημικής ουσίας στο περιβάλλον.²¹ Γενικά, οι ενώσεις συσσωρεύονται στα έμβια όντα κάθε φορά που λαμβάνονται και αποθηκεύονται γρηγορότερα απ’ ότι διασπώνται (μεταβολίζονται) ή εκκρίνονται.²¹ Για παράδειγμα, αν C είναι η συγκέντρωση μιας χημικής ουσίας στο θαλασσινό νερό, η αντίστοιχη συγκέντρωση σε έναν θαλάσσιο οργανισμό μπορεί να φτάσει μέχρι και $10^6 \cdot C$.²² Η τελική συγκέντρωση εξαρτάται σημαντικά από τη θέση που καταλαμβάνει ο οργανισμός αυτός στην τροφική αλυσίδα.²²

2.2 Η εξέλιξη της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα

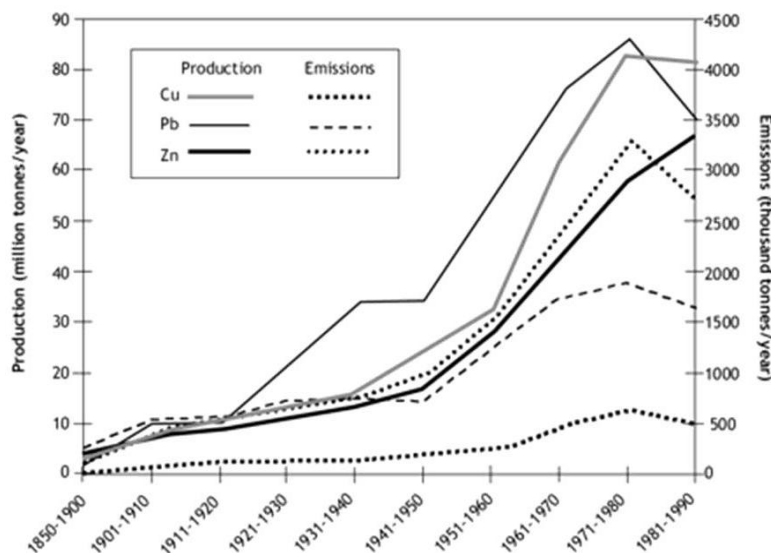
Στην πραγματικότητα, η αφετηρία της περιβαλλοντικής ρύπανσης που προκαλείται από τα βαρέα μέταλλα βρίσκεται στην ανακάλυψη και χρησιμοποίηση της φωτιάς από τον άνθρωπο. Η εναπόθεση μικρών ποσοτήτων ιχνοστοιχείων, που απελευθερώνονταν κατά την καύση του ξύλου, άλλαξε τα επίπεδα των μετάλλων στο περιβάλλον των σπηλαίων. Κατά τα αρχαία χρόνια με την ανακάλυψη των τεχνικών εξόρυξης και επεξεργασίας των μετάλλων ξεκίνησε η στενή σχέση ανάμεσα στα μέταλλα, τη ρύπανση από μέταλλα και την ανθρώπινη ιστορία. Κατά τη διάρκεια της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας, παράγονταν μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων, κυρίως Pb (80.000 έως 100.000 τόνοι ετησίως), Cu (15.000 τόνοι / έτος), Zn (10.000 τόνοι / έτος) και Hg (> 2 τόνους / έτος) με σκοπό να διατηρηθεί το υψηλό βιοτικό επίπεδο.^{23,24,25,26,27} Η εξόρυξη και η παραγωγή των μετάλλων αυξήθηκε σημαντικά κατά την βιομηχανική επανάσταση αφού η ζήτηση υπήρξε πρωτοφανής.²⁸

Ο ανθρώπινος πολιτισμός βασίζεται ολοένα και περισσότερο στη χρήση διαφόρων μορφών μετάλλων, συμπεριλαμβανομένων των βαρέων μετάλλων. Αρχικά, τα βαρέα μέταλλα βρίσκονταν απομονωμένα μέσα στη γη ως κοιτάσματα. Με την εκβιομηχάνιση όμως, μεγάλες ποσότητες αυτών έχουν ανασκαφεί και απελευθερωθεί στην επιφάνεια της γης.²⁹

Η απελευθέρωση των βαρέων μετάλλων στο περιβάλλον αυξάνει όλο και περισσότερο. Τα βαρέα μέταλλα τα οποία προκαλούν τη μεγαλύτερη περιβαλλοντική ανησυχία είναι το Cd, ο Cu, το Cr, ο Hg, ο Pb, το Ni και ο Zn. Από αυτά, ο Cu και ο Pb είναι γνωστό ότι είναι τα πρώτα μέταλλα που χρησιμοποιήθηκαν από τον άνθρωπο. Όσον αφορά στα παγκόσμια εδάφη, αυτά έχουν ρυπανθεί σοβαρά από Pb και Cd και λιγότερο από Zn.²⁹

Η παγκόσμια παραγωγή μετάλλων, εκτός του Hg και του Pb, αυξήθηκε στις αρχές του 20ου αιώνα ενώ κατακόρυφη αύξηση της παραγωγής αυτών παρατηρήθηκε την περίοδο 1960-1990. Η ταχεία αύξηση της παραγωγής του Cr την περίοδο 1975-1990 οφείλεται σε εκτεταμένη στρατιωτική χρήση. Η ετήσια παγκόσμια παραγωγή Cd σταθεροποιήθηκε μετά τα μέσα της δεκαετίας του 1970. Επιπλέον, το Cr είχε την πιο ταχεία αύξηση ετήσιας παραγωγής από τις αρχές του 20ου αιώνα, ενώ το Cd είχε την πιο αργή αύξηση. Μετά τη δεκαετία του 1970, η παραγωγή του Pb σταθεροποιήθηκε ενώ η παραγωγή του Hg μειώθηκε. Στα τέλη του 20ου αιώνα, το ποσοστό παραγωγής Pb μειώθηκε σημαντικά, αφού καθιερώθηκε η χρήση της αμόλυβδης βενζίνης. Έτσι, η σειρά ετήσιας παραγωγής μετάλλων παγκοσμίως τον 20ο αιώνα, ήταν η εξής: Cr > Cu > Zn > Pb > Ni > Cd > Hg.²⁹

Η απόρριψη των βαρέων μετάλλων από τις βιομηχανίες στο περιβάλλον είναι πράγματι τεράστια και διάχυτη και έχει κυριεύσει τους φυσικούς βιογεωχημικούς κύκλους των μετάλλων σε πολλά οικοσυστήματα καθιστώντας τα βαρέα μέταλλα ως έναν από τους κυριότερους περιβαλλοντικούς ρύπους.^{30,31}



Σχήμα 2: Πρόσφατες ιστορικές αλλαγές στην παραγωγή των ορυχείων και οι ανθρωπογενείς εκπομπές των ιχνοστοιχείων στην ατμόσφαιρα.²⁸

2.3 Πηγές των βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον

Τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς διεργασίες.

Φυσικές πηγές

Τα βαρέα μέταλλα αποτελούν φυσικά χαρακτηριστικά του φλοιού της και βασικό συστατικό των πετρωμάτων. Δεν μπορούν να αποκοδομηθούν ή να καταστραφούν με αποτέλεσμα να χαρακτηρίζονται ως ανθεκτικοί περιβαλλοντικοί ρύποι.²¹

Τα βαρέα μέταλλα ή ιχνοστοιχεία αποτελούν το 1% του φλοιού της γης, ενώ τα μακροστοιχεία (O, Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, Ti, H, P, S) αποτελούν το 99%. Συνήθως τα ιχνοστοιχεία συναντώνται σαν "προσμίξεις" στα ορυκτά έχοντας αντικαταστήσει διάφορα μακροστοιχεία στο κρυσταλλικό πλέγμα.³²

Οι φυσικές πηγές εισόδου των βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον είναι η γεωλογική αποσάθρωση και η διάβρωση των ακτών από τις θάλασσες και τα ποτάμια.²⁰

Τα ιζήματα μέσω χημικών διεργασιών που υφίστανται όπως είναι η επαναιώρηση και η διαλυτοποίηση, που προκαλούνται από αλλαγές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά

(π.χ. αλλαγές στο pH και τις οξειδοαναγωγικές συνθήκες), απελευθερώνουν βαρέα μέταλλα στο υδάτινο περιβάλλον.³³

Η σκόνη που μεταφέρεται μέσω του ανέμου από τις ακτές περιέχει πλήθος βαρέων μετάλλων σε σωματιδιακή μορφή.²⁰ Τα βαρέα μέταλλα απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα και από εκρήξεις ηφαιστείων, θερμοπηγές, πυρκαγιές δασών καθώς και από μετατροπή πτητικών μετάλλων, όπως ο Hg και το Se, από την στερεή στην αέρια φάση στα ορυκτά.³³

Τεχνητές-Ανθρωπογενείς πηγές

Οι ανθρωπογενείς πηγές μετάλλων και η ρύπανση που προκαλείται από αυτά συνδέονται συνήθως με τις βιομηχανικές διαδικασίες.³⁴

Τα βαρέα μέταλλα και οι ενώσεις τους χρησιμοποιούνται κυρίως από τη βιομηχανία κατά πολλαπλούς τρόπους (διυλιστήρια πετρελαίου, χαλυβουργία, πετροχημικά εργοστάσια, παραγωγή λιπασμάτων, κ.ά.) και καταλήγουν στο υδάτινο περιβάλλον με τα υγρά απόβλητα, με τα αερολύματα με τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, από εργοστάσια παραγωγής ενέργειας, από εγκαταστάσεις οικιακής θέρμανσης, από εγκαταστάσεις καύσης απορριμμάτων, καθώς και από ατυχήματα που σχετίζονται με τα πετρελαιοειδή.²⁰

Οι βιομηχανίες μπαταριών συνεισφέρουν κυρίως σε Cd, Mn και Pb, τα εργοστάσια κατεργασίας δερμάτων, τα υαλουργεία και τα κεραμουργεία σε Cr, οι βιομηχανίες φωτογραφικού υλικού σε Cr και Pb και οι βιομηχανίες σπέρτων σε Pb.¹⁸ Ακόμη, 10.000 τόνοι Zn αποβάλλονται ετησίως από βιομηχανίες ραιγιόν και βισκόζης.¹⁸ Η πιο μεγάλη προσθήκη Pb στο περιβάλλον γίνεται από την καύση της βενζίνης των αυτοκινήτων λόγω των αντικροτικών ενώσεων τετρααιθυλίουχου μόλυβδου που περιέχει.³⁵ Πριν την εμφάνιση και την διάθεση της αμόλυβδης βενζίνης στο εμπόριο, ο μόλυβδος κατέληγε στο υδάτινο περιβάλλον μέσω του ατμοσφαιρικού αερολύματος των πόλεων.³⁵

Η εξόρυξη και η επεξεργασία μεταλλευμάτων θεωρείται η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων στο περιβάλλον που συμπληρώνεται από τις βιομηχανίες παραγωγής, επεξεργασίας και μορφοποίησης μετάλλων, όπως χαλυβουργίες, βιομηχανίες αυτοκινήτων, χημικές βιομηχανίες κ.λ.π.^{36,37} Σε ορισμένες περιπτώσεις και αφού οι δραστηριότητες εξόρυξης έχουν παύσει, τα εκπεμπόμενα μέταλλα συνεχίζουν να παραμένουν στο περιβάλλον.³⁸ Τα ορυχεία λειτουργούν από 5-15 χρόνια έως ότου εξαντληθούν τα ορυκτά, αλλά η ρύπανση από μέταλλα που προκύπτει ως αποτέλεσμα

της εξόρυξης αυτών επιμένει για εκατοντάδες χρόνια μετά το πέρας των εργασιών εξόρυξης.³⁸

Οι εκτεταμένες γεωργικές δραστηριότητες συμβάλουν με την σειρά τους στην ρύπανση από βαρέα μέταλλα, αφού τα βαρέα μέταλλα αποτελούν συστατικά των γεωργικών υλικών (π.χ. φυτοφάρμακα, λιπάσματα, κ.ά). Μέσω της απόπλυσης του εδάφους, της μεταφοράς σωματιδίων με το ατμοσφαιρικό αερόλυμα και μέσω των υπόγειων υδάτων, τα γεωργικά υλικά καταλήγουν τελικά στο υδάτινο περιβάλλον. Μεγάλος είναι ο αριθμός των γεωργικών υλικών και των φυτοπροστατευτικών που περιέχει βαρέα μέταλλα. Μάλιστα, στο εμπόριο υπάρχουν λιπάσματα που περιέχουν Cr, Pb, Mo, Cd κ.ά.^{39,40}

Σημαντική πηγή βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον και ιδιαίτερα στο θαλάσσιο αποτελούν τα διάφορα χρώματα και ιδίως τα υφαλοχρώματα. Τα υφαλοχρώματα χρησιμοποιούνται για την προστασία των πλοίων από την βιολογική επικάλυψη και περιέχουν βαρέα μέταλλα (Cu, Sn, Pb) τα οποία λόγω της διάβρωσης του υλικού καταλήγουν με το πέρασμα του χρόνου στην θάλασσα.⁴¹

Τα αστικά απόβλητα (κατεργασμένα ή ακατέργαστα) αποτελούν μια πολύ σημαντική πηγή βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον κοντά στα αστικά κέντρα. Σε αυτά, όλα τα μέταλλα βρίσκονται σε σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις.⁴² Επιπρόσθετα, η ύπαρξη απορρυπαντικών, τα οποία περιέχουν βαρέα μέταλλα όπως Cd, Zn και Cu, στα αστικά λύματα προκαλεί αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων σε αυτά.^{20,43}

Στα ποτάμια, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων είναι γενικά υψηλότερες σε σχέση με τις αντίστοιχες στις θάλασσες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι σε αυτά καταλήγουν συνήθως τα απόβλητα. Ακόμη, οι συγκεντρώσεις τους είναι δυνατόν να εμφανίζουν εποχιακές διακυμάνσεις.⁴⁴

Όσον αφορά στα ιζήματα, η γεωγραφική θέση επηρεάζει τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων σε αυτά, με τις υψηλότερες συγκεντρώσεις να εντοπίζονται στα παράκτια ιζήματα εξαιτίας της γειννίας τους με τις πηγές ρύπανσης.⁴⁵

2.4 Βιογεωχημική συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον

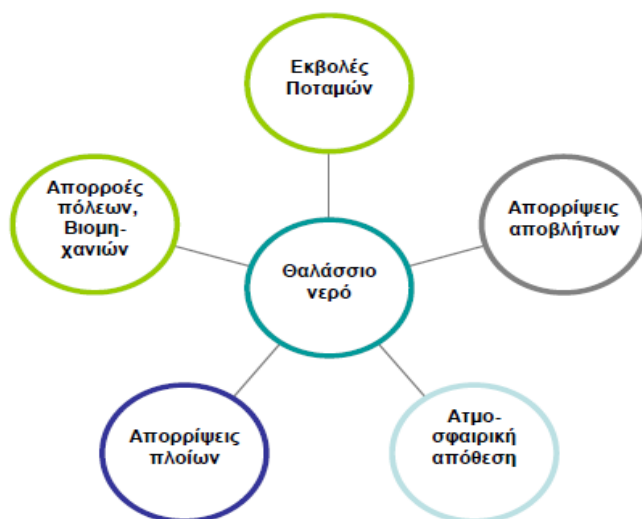
Τα μέταλλα δεν παραμένουν σ' ένα περιβαλλοντικό μέσο αλλά κινούνται μεταξύ ατμόσφαιρας-νερού-ιζημάτων-οργανισμών.³³

Στο υδάτινο περιβάλλον τα μέταλλα κινούνται ανάμεσα στην υδάτινη στήλη, το σωματιδιακό υλικό, το νερό των πόρων και τα ιζήματα. Η σωματιδιακή ύλη αλληλεπιδρά με το νερό και έτσι τα μέταλλα συμμετέχουν σε διαδικασίες προσρόφησης/εκρόφησης

και συγκαταβύθισης. Η αποσάθρωση ιζηματογενών και άλλων πετρωμάτων παράγει σωματιδιακό υλικό, το οποίο καταβυθίζεται και συμμετέχει στην διεργασία της ιζηματογένεσης. Τα ιζήματα αλληλεπιδρούν με το νερό των πόρων κατά τη διαγένεση (διεργασίες στα ιζήματα μετά την απόθεση) και αυτό συνεπάγεται την αύξηση των συγκεντρώσεων των μετάλλων. Τέλος, τα ιζήματα και το νερό των πόρων επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις των μετάλλων στα βαθιά και επιφανειακά νερά αφού ελευθερώνονται μέταλλα λόγω των διεργασιών διάχυσης ή βιοανάδευσης/βιοαναμόχλευσης.³²

Τα μέταλλα φτάνουν μέσω ποικίλων οδών στο υδάτινο περιβάλλον. Εκεί υπόκεινται σε αλλαγές (φυσικές ή χημικές) με αποτέλεσμα να εμφανίζονται με διάφορες μορφές. Στο νερό, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, τα μέταλλα βρίσκονται με την μορφή ελεύθερων ιόντων (Cu^{2+} , Zn^{2+} , Hg^{2+}) ή ιονικών ενώσεων (HgCl_4^{2-} , H_2AsO_3^- , H_2AsO_4^-) ενώ συχνά ενσωματώνονται σε ανόργανα σωματίδια ή οργανική ύλη και καταβυθίζονται μαζί με αυτά. Ορισμένα μεταλλικά ιόντα απορροφώνται ή καταβυθίζονται με ένυδρα οξείδια Fe, Mn και Al σε εδάφη και ιζήματα. Παραδείγματος χάριν, τα οξείδια του Fe συγκαταβυθίζονται με V, Mn, Ni, Cu, Mo, Zn ενώ τα οξείδια του Mn συγκαταβυθίζονται με Fe, Co, Ni, Zn και Pb.¹⁸

Πολλές φορές, η επίδραση των υδρόβιων οργανισμών στα μέταλλα συμβάλλει στην μετατροπή τους από τη μια μορφή στην άλλη. Παράλληλα, η απορρόφηση μετάλλων από τα υδρόβια φυτά και ζώα μπορεί να προκαλέσει τοξικά φαινόμενα αν η συγκέντρωση των μετάλλων είναι υψηλή.¹⁸



Σχήμα 3: Οι κυριότερες οδοί εισόδου των μετάλλων στα υδάτινα συστήματα και ειδικότερα στη θάλασσα.⁴⁶

Παράγοντες όπως είναι το pH, το δυναμικό οξειδοαναγωγής και η θερμοκρασία, ο καθένας ξεχωριστά αλλά, κυρίως σε συνδυασμό, καθορίζουν τις χημικές μορφές με τις

οποίες τα μέταλλα εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον. Οι παραπάνω παράγοντες, σε συνδυασμό ή όχι και συχνά υποκινούμενοι από βακτηριακές διεργασίες, επηρεάζουν ακόμη την διαλυτότητα, την κινητικότητα και την καθίζηση/απόθεση των πιθανά τοξικών μετάλλων.³³

Έτσι, όταν το pH του υδατικού διαλύματος είναι ουδέτερο, η διαλυτότητα των στοιχείων σε αυτό εξαρτάται από την θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση της διαλυτότητας. Παρ' όλα αυτά, δεν παρουσιάζουν όλα τα στοιχεία την ίδια συμπεριφορά στις διάφορες τιμές pH. Για παράδειγμα, ο Zn και ο Cu είναι αδρανή σε ουδέτερο pH σε αντίθεση με το Mo. Σύμφωνα με μελέτες για την επίδραση του pH στην κινητικότητα του Zn και του Cd διαπιστώθηκε ότι για $\text{pH} < 5$ αυξάνεται η κινητικότητα του Zn ενώ για $\text{pH} < 6$ αυξάνεται η κινητικότητα του Cd.⁴⁷

Στα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα, τα βαρέα μέταλλα απαντώνται με την μορφή αδιάλυτων θειούχων αλάτων ή προσροφημένα σε οργανικά ή ανόργανα στερεά σωματίδια. Σπάνια απαντώνται με τη διαλυτή τους μορφή. Όταν τα μέταλλα καταλήξουν στο υδάτινο περιβάλλον, ένα μικρό ποσοστό αυτών διαλυτοποιείται, ενώ το μεγαλύτερο ποσοστό καθιζάνει μαζί με τα οργανικά και ανόργανα σωματίδια και εν τέλει εναποτίθεται στο ίζημα. Μέσω του φαινομένου της διάχυσης και των υδάτινων ρευμάτων, τόσο τα σωματιδιακά όσο και τα διαλυτά μέταλλα μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις από το σημείο εισόδου τους.¹⁸

Στο θαλάσσιο περιβάλλον, ορισμένα μέταλλα είναι δυνατόν να υποστούν μεθυλίωση. Η μεθυλίωση λαμβάνει χώρα είτε μέσω της ικανότητας των οργανισμών να μεθυλιώνουν μέταλλα και μεταλλοειδή με την δράση συγκεκριμένων ενζύμων, είτε μέσω χημικών αντιδράσεων με την επίδραση αβιοτικών παραγόντων του περιβάλλοντος. Ο σχηματισμός δεσμών μεταξύ των ομάδων μεθυλίου και των βαρέων στοιχείων (μέταλλα ή μεταλλοειδή) μεταβάλλει διάφορες φυσικές ιδιότητες, όπως η διαλυτότητα ή η πτητικότητα. Αυτή η αλλαγή όμως αυξάνει την κινητικότητα των βαρέων μετάλλων και μπορεί να παίξει σημαντικό ρόλο στους περιβαλλοντικούς κύκλους αυτών, επηρεάζοντας την κινητικότητα τους μέσω του νερού, μέσω του αέρα ή / και μέσω των ζωντανών οργανισμών. Η περιβαλλοντική μεθυλίωση θεωρείται ως ένας σημαντικός παράγοντας της περιβαλλοντικής κίνησης του υδραργύρου και του αρσενικού, και πολύ πιθανόν να επηρεάζει και άλλα στοιχεία με παρόμοιο τρόπο.⁴⁸

Τέλος, η μεθυλίωση μπορεί επίσης να αυξήσει την τοξικότητα των μετάλλων και των μεταλλοειδών.⁴⁹ Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή Μιναμάτα στην Ιαπωνία, όπου ο Hg μετατράπηκε σε CH_3Hg^+ (η πιο τοξική μορφή Hg) και εντοπίστηκε

στα απόβλητα βιομηχανίας παραγωγής πλαστικών (PVC), τα οποία εισέρχονταν στον Κόλπο της Μιναμάτα από παρακείμενο ποταμό.²⁰ Ο τοξικός CH_3Hg^+ έχει την ικανότητα να συλλέγεται στους λιπαρούς ιστούς των έμβιων όντων και εν συνεχεία να βιομεγενθύνεται μέσω της τροφικής αλυσίδας.⁵⁰

2.4.1 Τα βαρέα μέταλλα στα ιζήματα

Η ιστορία της ρύπανσης μιας περιοχής από μέταλλα βρίσκεται συνήθως γραμμένη στα ιζήματά της. Τα ιζήματα αποτελούν χαρακτηριστικό δείκτη του βαθμού ρύπανσης μιας περιοχής επειδή αποτελούν τον τελικό αποδέκτη και παρέχουν αποδείξεις για την ιστορική εξέλιξη υδρολογικών και χημικών παραμέτρων, άρα και των μετάλλων. Ο κύριος τρόπος με τον οποίο τα μέταλλα φτάνουν στα ιζήματα είναι η καταβύθιση σωματιδίων.^{20,32}

Η ανάλυση μετάλλων στα ιζήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική κυρίως στις περιπτώσεις που η ρύπανση είναι είτε βραχυπρόθεσμη, είτε έχει συμβεί στο παρελθόν και συνεπώς δεν μπορεί να ανιχνευτεί από την ανάλυση του νερού. Ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες τα ιζήματα δρουν είτε σαν πηγές είτε σαν αποθήκες μετάλλων. Οι μεταβολές στις περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να προκαλέσουν επανακινητοποίηση των συσσωρευμένων μετάλλων στα ιζήματα.³²

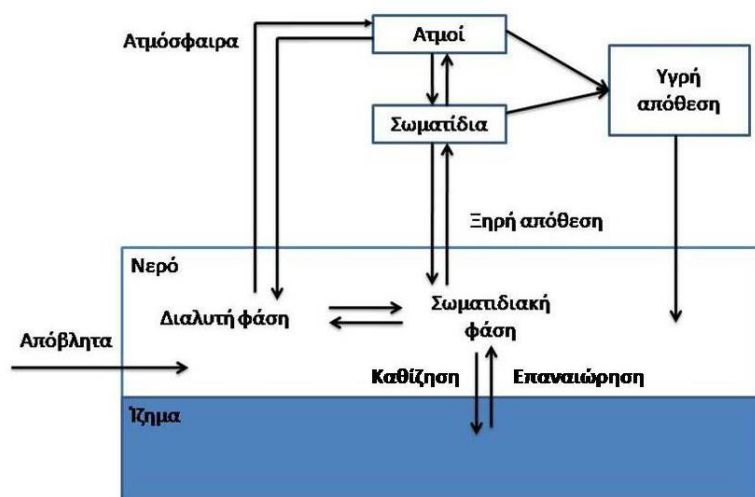
Τα ιζήματα αποτελούνται από τα αδιάλυτα προϊόντα της διάβρωσης των εδαφών και της βιολογικής δραστηριότητας, μαζί με όλα τα διαλυτά είδη που συνδέονται με τις στερεές φάσεις μέσω των διεργασιών που εξελίσσονται στην θαλάσσια μάζα κατά την καταβύθιση των αιωρούμενων σωματιδίων. Η σύσταση των ιζημάτων εξαρτάται από την προέλευση, τον τρόπο μεταφοράς και το περιβάλλον απόθεσης. Τα αδιάλυτα προϊόντα της διάβρωσης περιλαμβάνουν τα σταθερά μη διασπώμενα πρωτογενή ορυκτά και τα ορυκτά που σχηματίζονται στο περιβάλλον της διάβρωσης, κυρίως αργίλους και οξειδία σιδήρου και αργιλίου καθώς και τα άμορφα πρόδρομα τους. Η βιολογική δραστηριότητα συνεισφέρει χουμικά και άλλα αδιάλυτα οργανικά υλικά, αλλά και ανόργανες ενώσεις, όπως ανθρακικά, πυριτικά και φωσφορικά άλατα, σαν συστατικά των σκελετικών δομών. Μετά την απόθεση και τη συσσώρευση του ιζήματος, διαγενετικές διεργασίες, που συνεπάγονται από τις φυσικές και χημικές βαθμίδες κάτω από την μεσεπιφάνεια ιζήματος/νερού, τροποποιούν περαιτέρω την ορυκτολογία και τη χημεία του ιζήματος.⁵¹

Σε κάθε περίπτωση, οι συγκεντρώσεις των μετάλλων, που οφείλονται στην απελευθέρωση τους από τα ιζήματα, είναι υψηλότερες στις παράκτιες περιοχές.³³

Παρ' όλα αυτά, τα μέταλλα στα ιζήματα δεν προέρχονται πάντα από τα ορυκτά που απαρτίζουν το ίζημα. Τα ιζήματα γενικά αποτελούν έναν σημαντικό δείκτη του βαθμού ρύπανσης μιας περιοχής αφού λειτουργούν ως τελικοί αποδέκτες των ρύπων. Εξαιτίας της ρύπανσης, τα μέταλλα που καταλήγουν στο θαλάσσιο περιβάλλον πιθανότατα καταβυθίζονται και καταλήγουν στο ίζημα. Όταν τα σωματίδια φτάσουν στο βυθό, με την πάροδο του χρόνου, υφίστανται ανάμιξη ή επαναιώρηση από τα ρεύματα και τους βενθικούς οργανισμούς, μερική αποικοδόμηση από τη δράση μικροοργανισμών, ανακύκλωση μέσω των βενθικών οργανισμών και τέλος διάλυση και επανακαθίζηση, λόγω διαφοροποίησης των φυσικοχημικών συνθηκών του περιβάλλοντος.²⁰

Οι χημικές μορφές με τις οποίες τα βαρέα μέταλλα βρίσκονται στα ιζήματα διακρίνονται σε 4 κατηγορίες²⁰ :

- α) Προσροφημένα στην επιφάνεια σωματιδίων.
- β) Ενωμένα με οξείδια σιδήρου και μαγγανίου, λόγω συγκαταβύθισης.
- γ) Ενωμένα με οργανική ύλη και θειούχες ενώσεις λόγω συμπλοκοποίησης και εγκλωβισμού.
- δ) Ενωμένα με το κρυσταλλικό πλέγμα των ορυκτών που αποτελούν τον πυρήνα των σωματιδίων και προέρχονται από την αποσάθρωση των εδαφών.



Σχήμα 4: Γεωχημική συμπεριφορά των μετάλλων στο υδάτινο περιβάλλον.⁵²

2.4.2 Η συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στα εκβολικά συστήματα

Η συγκέντρωση του διαλυτού Al βρίσκεται σε πολύ χαμηλά επίπεδα στο νερό των ποταμών και των θαλασσών γεγονός που αποδίδεται στα μικρά ποσά που εισάγονται στην υδατική φάση κατά την αποσάθρωση των αργιλοπηριτικών ορυκτών, σε

συνδυασμό με την ευκολία μετατροπής του Al σε κολλοειδείς και σωματιδιακές μορφές στο διάλυμα. Οι δ/τες μορφές του Al περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ιόντων και ενώσεων, όπως τα Al^{3+} , AlF^{2+} και πιθανώς οργανικά σύμπλοκα καθώς και τα πολυμερή των υδροξειδίων του (σε διάφορα μεγέθη). Φαίνεται λοιπόν ότι ο χαρακτηρισμός "διαλυτός" δεν είναι και τόσο συγκεκριμένος.¹⁴

Οι μετρήσεις που έγιναν από τον Hydes για το δ/το Al σε ποτάμια νερά έδειξαν μιας ευρείας κλίμακας συγκέντρωση 5-800μg/l με ενδείξεις για μια αντιστρόφως ανάλογη σχέση ανάμεσα στο pH και την συγκέντρωση.⁵³ Το θαλάσσιο νερό γενικά περιέχει πολύ λιγότερο δ/το Al σε σχέση με το ποτάμιο νερό, με τις συγκεντρώσεις να κυμαίνονται κάτω από 1-10μg/l.^{53,54}

Ο πολύ μικρός χρόνος παραμονής του Al στη θάλασσα (100 χρόνια) δείχνει την υψηλή τάση αντίδρασης και σε συνδυασμό με τα υψηλά επίπεδα δ/του Al στο ποτάμιο νερό δημιουργεί υποψίες σχετικά με την απομάκρυνση του Al από το διάλυμα κατά την ανάμιξη γλυκού-θαλασσινού νερού στις εκβολές.⁵⁶ Ακόμη, σύμφωνα με άλλες έρευνες, υπάρχουν ενδείξεις ότι το ποσοστό του απομακρυνόμενου Al οφείλεται στην συμπύκνωση των σωματιδίων με κλίμακα μεγέθους 0,1-0,45μm σε σωματίδια με διάμετρο >0,45μm σαν αποτέλεσμα των αλλαγών στην ιονική ισχύ και το pH στα πρώτα στάδια της ανάμιξης.⁵³

Η υδατική γεωχημεία του Fe εμπεριέχει το πρόβλημα του διαχωρισμού των μορφών του όπως συμβαίνει και με το αργίλιο. Επιπρόσθετα, ο Fe έχει μια ικανότητα σχηματισμού διαλυτών συμπλόκων με φυσικά απαντώμενες οργανικές ενώσεις.¹⁴

Ο Fe απαντάται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα ποτάμια παρά στην θάλασσα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την τάση του διαλυτού Fe να σχηματίζει αδιάλυτα πολυμερή των υδροξειδίων του οδήγησε στην πρόταση ότι αλλαγές στο pH, το pE και την ιονική ισχύ στην περιοχή των εκβολών μπορεί να οδηγήσουν στην απομάκρυνση του δ/του Fe.⁵⁶

Τα αποτελέσματα των ερευνητικών διεργασιών σχετικά με την συντηρητική ή μη-συμπεριφορά των μετάλλων είναι αντιφατικά. Σε μερικές έρευνες, κάποια ιχνημέταλλα (Mn, Zn, Cu, Ni) παρουσιάζουν στα φυσικά νερά συμπεριφορά ανάλογη του Fe (π.χ. το Mn σχηματίζει πολυμερή των υδροξειδίων του) και επειδή είναι γνωστό ότι τα ένυδρα οξείδια Fe και Mn παγιδεύουν πολλά άλλα βαρέα μέταλλα στα ιζήματα, εκεί στηρίζεται και η αιτιολογία της μη-συντηρητικής συμπεριφοράς τους.⁵⁷

Οι Aston και Chester έφτασαν στο συμπέρασμα ότι απουσία αιωρούμενων σωματιδίων ο ρυθμός απομάκρυνσης του Fe μειώνεται δραματικά ενώ είναι πιο γρήγορος σε υψηλότερες αλατότητες.⁵⁶

Το Mn παρουσιάζει μη-συντηρητική συμπεριφορά στις περισσότερες εκβολές με θετικές αποκλίσεις από την θεωρητική καμπύλη ανάμιξης σε χαμηλές αλατότητες και αρνητικές αποκλίσεις σε υψηλές αλατότητες. Σε λίγες περιπτώσεις, έχει παρατηρηθεί συντηρητική συμπεριφορά του Mn.^{58,59}

Τα εναποτιθέμενα ιζήματα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον βιογεωχημικό κύκλο του Mn στις εκβολές.^{60,61,62,63,64} Μετά την εναπόθεση του ιζήματος και μιας σειράς διεργασιών που υφίσταται, η απελευθέρωση του Mn στα επιφανειακά νερά από τα σωματίδια είναι πολύ γρήγορη. Το Mn που απελευθερώνεται από τις αποθέσεις του πυθμένα μεταφέρεται μέσω των ρευμάτων στο "μέτωπο" της εκβολής. Κατά την μεταφορά, ένα μέρος του μετατρέπεται σε σωματιδιακό Mn ενώ σε αυτό μπορεί να συμβάλλει και η διάβρωση των αποθέσεων του πυθμένα.⁶⁵

Σύμφωνα με μελέτη των Mook και Koene η μείωση του pH προκαλεί απελευθέρωση του Mn από τη σωματιδιακή ύλη γεγονός που συνεπάγεται αύξηση στο διαλυτό κλάσμα σε χαμηλές αλατότητες.⁶⁶ Βέβαια, μελέτες στον ποταμό Ρήνο έδειξαν ότι αυτή η εκρόφηση δεν είναι αρκετή για να εξηγήσει τις υψηλές συγκεντρώσεις που παρατηρούνται.³²

Όσον αφορά στο Cu και το Ni απαντώνται σε χαμηλές συγκεντρώσεις τόσο στα θαλάσσια όσο και στα γλυκά νερά και ενώ παλαιότερα οι επιστήμονες υποστήριζαν ότι επιδεικνύουν συντηρητική συμπεριφορά¹⁴, νεότερες μελέτες καταλήγουν σε διαφορετικά συμπεράσματα. Σύμφωνα με έρευνα που έλαβε χώρα στο South San Francisco Bay και μελετούσε την συμπεριφορά των μετάλλων Cu, Zn και Cd, η σχέση ανάμεσα στις συγκεντρώσεις των Cu και Zn και την αλατότητα ήταν αντιστρόφως ανάλογη.⁶⁷ Σε έρευνα που έγινε την περίοδο 1993-1995 εξετάστηκαν οι μορφές στις οποίες βρίσκονταν τα διάφορα μέταλλα (Cu, Cd, Fe, Ni, Pb, Zn) στα νερά των εκβολών του ποταμού Trinity στο Galveston Bay του Τέξας και τα αποτελέσματα της έδειξαν τόσο συντηρητικά όσο και μη-συντηρητικά προφίλ για όλα τα μέταλλα κατά την εκβολική ανάμιξη.⁶⁸ Ακόμη, η έρευνα των Camusso et al. στον Πάδο ποταμό στην Ιταλία έδειξε ότι τόσο το διαλυτό όσο και το σωματιδιακό Ni μειωνόταν γραμμικά με την αλατότητα.⁶⁹

Άλλα μέταλλα όπως είναι το Cd έχουν την τάση να μετακινούνται από τα ιζήματα στο διαλυτό κλάσμα ενώ στα ανοξικά ιζήματα έχουν την τάση να σχηματίζουν αδιάλυτα σουλφίδια.¹⁵ Σύμφωνα με τη μελέτη των Ferrari και Ferragio σχετικά με την

συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων (Cd, Cu και Pb) στη περιοχή του δέλτα του ποταμού Πο στην Βόρεια Αδριατική θάλασσα διαπιστώθηκε ότι το Cd παρουσιάζει μια σταθερή τάση στη δελταϊκή περιοχή αλλά η συγκέντρωση του αυξάνει στην πελαγική ζώνη. Η συμπεριφορά του δ/του Cd και Pb στη διαλυτή φάση σχετίζεται με την απελευθέρωση τους από το θαλάσσιο ίζημα του πυθμένα όπου οι συγκεντρώσεις τους βρέθηκαν υψηλότερες από τις αντίστοιχες στα ποτάμια ιζήματα του πυθμένα.⁷⁰ Άλλη μελέτη των Panutrakul et al. με σκοπό να μελετηθεί η συμπεριφορά των βαρέων μετάλλων στις εκβολές του ποταμού Bangrakong κατά την υγρή και ξηρή περίοδο του έτους 2000 κατέληξε στο συμπέρασμα ότι όλα τα μέταλλα παρουσίαζαν μη-συντηρητική συμπεριφορά και στις δυο εποχές. Παρ' όλα αυτά, οι βιολογικές διεργασίες έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην συμπεριφορά του Cd. Πάνω από το 70% των εξεταζόμενων μετάλλων βρίσκονταν σε σωματιδιακή μορφή με εξαίρεση το Cd (40% σε σωματιδιακή μορφή). Έτσι, το μεγαλύτερο μέρος των μετάλλων μεταφερόταν από το ποτάμι Bangrakong στον Κόλπο της Ταϊλάνδης σε σωματιδιακή μορφή.⁷¹

Τέλος, όσον αφορά στο Pb, η συγκέντρωση του μειώνεται συνεχώς με αύξηση της αλατότητας, χαρακτηριστικό της μη-συντηρητικής συμπεριφοράς των ιχνημετάλλων κατά τη διάρκεια της ανάμιξης στα εκβολικά συστήματα. Η απομάκρυνση του Pb είναι σχετικά έντονη σε χαμηλές αλατότητες εν συγκρίσει με μέσες και υψηλές τιμές αλατότητας. Η ρόφηση στην αιωρούμενη ύλη αποτελεί κύριο μηχανισμό για τη κατανομή του διαλυμένου Pb στα εκβολικά συστήματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα εκβολής όπου παρατηρούνται οι παραπάνω διεργασίες αποτελεί η εκβολή Changjiang στην ανατολική Κίνα.⁷² Επιπρόσθετα, σύμφωνα με τους Waeles et al., παρατηρείται ισχυρή συσχέτιση του Pb με τα κολλοειδή σωματίδια στις εκβολές όταν το διαλυτό κλάσμα παρουσιάζει χαμηλή τιμή.⁷³

2.5 Βιοχημικές ιδιότητες των βαρέων μετάλλων- Βιοδιαθεσιμότητα - Τοξικότητα

Βιοδιαθεσιμότητα

Η βιοδιαθεσιμότητα (bioavailability) ορίζεται ως το ποσοστό του συνόλου των μετάλλων που είναι διαθέσιμα για ενσωμάτωση σε οργανισμούς. Οι συνολικές συγκεντρώσεις των μετάλλων δεν εκφράζουν κατ' ανάγκη την βιοδιαθεσιμότητα αυτών. Για παράδειγμα, τα θειούχα ορυκτά μπορεί να είναι έγκλειστα στο χαλαζία ή σε άλλα χημικώς αδρανή ορυκτά και παρά τις υψηλές συνολικές συγκεντρώσεις των μετάλλων στα ιζήματα και το έδαφος, που περιέχουν αυτά τα ορυκτά, τα μέταλλα δεν είναι άμεσα διαθέσιμα για ενσωμάτωση στους οργανισμούς με αποτέλεσμα οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις να είναι μικρές.⁷⁴

Τα μέταλλα μείζονος ενδιαφέροντος για τις μελέτες βιοδιαθεσιμότητας, σύμφωνα με την Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος (EPA), είναι τα εξής: Al, As, Be, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, και Sb.⁷⁵ Άλλα μέταλλα ελάσσονος ενδιαφέροντος σύμφωνα πάλι με την EPA είναι τα Ag, Ba, Co, Mn, Mo, Na, Tl, V και Zn.⁷⁶

Τα βαρέα μέταλλα παρουσιάζουν αυξημένη ικανότητα βιοσυσσώρευσης στους οργανισμούς, όμως λίγα από αυτά έχουν την τάση να βιομεγεθυνθούν.⁷⁷ Συνεπώς, ο άνθρωπος δύναται να εκτεθεί στα βαρέα μέταλλα με τον κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία να είναι αυξημένο.⁷⁶

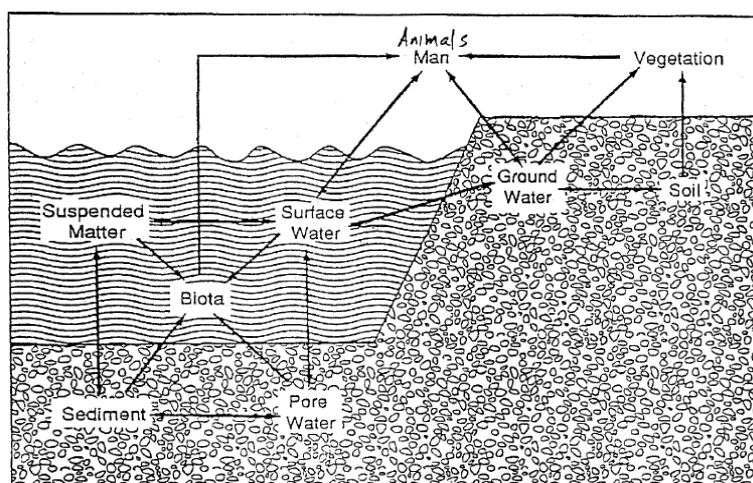
Οι έννοιες της βιοσυσσώρευσης και της βιομεγέθυνσης είναι απαραίτητες για την καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών που επηρεάζουν τη διάθεση των οργανικών ρύπων στη διεπιφάνεια "περιβάλλοντος-νερού". Έτσι:

Βιοσυσσώρευση (bioaccumulation) είναι ένας γενικός όρος που περιγράφει το καθαρό ποσό πρόσληψης των χημικών ουσιών από το περιβάλλον μέσω μίας ή όλων των δυνατών διαδρομών (π.χ. αναπνοή, τροφή, δέρμα) από οποιαδήποτε πηγή στο υδατικό περιβάλλον όπου οι χημικές ουσίες είναι παρούσες.⁷⁸

Βιομεγέθυνση (biomagnification) ορίζεται ως η αύξηση της συγκέντρωσης των χημικών υπολειμμάτων στον ιστό ενός οργανισμού κυρίως ως αποτέλεσμα της διατροφικής συσσώρευσης. Εάν λάβει χώρα η βιομεγέθυνση, η πτητικότητα των χημικών ουσιών αυξάνει στα διάφορα τροφικά επίπεδα και είναι υψηλότερη από αυτή των χημικών ουσιών στο νερό.⁷⁸

Τα μέταλλα κατανέμονται στο έδαφος, το νερό και τον αέρα. Οι γεω-επιστήμονες ενδιαφέρονται κυρίως για τα μέταλλα που κατανέμονται στο έδαφος και τα ιζήματα, για τα μέταλλα σε διαλυτή μορφή στα υπόγεια και επιφανειακά ύδατα, για τα μέταλλα ως αιωρούμενα σωματίδια στα επιφανειακά ύδατα και για τα μέταλλα στο νερό των πόρων στα ιζήματα (όπως το Cd, το Co, ο Cu, το Ni και ο Zn).^{76,79}

Τα μέταλλα καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, από φυσικούς γεωχημικούς κύκλους, από διάφορες ανθρωπογενείς διεργασίες καθώς και από μικροβιακές δραστηριότητες και έτσι στο σύνολό τους αυτές οι ροές μετάλλων μπορούν να θεωρηθούν μελέτες της βιοδιαθεσιμότητας αυτών. Στην επιστημονική βιβλιογραφία, πολλές μελέτες περιγράφουν τις ανθρωπογενείς συνεισφορές (βιομηχανικές ή μεταλλευτικές) στην αφθονία των στοιχείων και τους ελέγχους της βιοδιαθεσιμότητας αυτών στο περιβάλλον.^{80,81,82,83}



Σχήμα 5: Συσχετίσεις μεταξύ ανθρώπου, μετάλλων, και περιβάλλοντος.⁸⁴

Η βιοσυσσώρευση των μετάλλων στους οργανισμούς στα επιφανειακά ύδατα και αντίστοιχα στα φυτά και τα ζώα στο χερσαίο περιβάλλον μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τους ανθρώπους. Στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα, στα ιζήματα και την ατμόσφαιρα, η βιοδιαθεσιμότητα είναι μια πολύπλοκη συνάρτηση πολλών παραγόντων, συμπεριλαμβανομένων της συνολικής συγκέντρωσης των μετάλλων^{85,86} της ορυκτολογίας, του pH, του δυναμικού οξειδοαναγωγής, της θερμοκρασίας, της συνολικής περιεκτικότητας σε οργανική ύλη (σωματιδιακά και διαλυτά κλάσματα), των περιεχομένων αιωρούμενων σωματιδίων καθώς και του όγκου του νερού, της ταχύτητας του και της διαθεσιμότητας του σε σχέση με το χρόνο ιδίως σε άνυδρα και ημι-άνυδρα περιβάλλοντα. Το κλίμα φαίνεται να επηρεάζει την μορφή του εδάφους, παράγοντας που με τη σειρά του επηρεάζει σημαντικά την κινητικότητα και την βιοδιαθεσιμότητα των στοιχείων και κυρίως των μετάλλων και των μεταλλοειδών. Η μεταφορά των μετάλλων μέσω του αέρα και η απομάκρυνση τους από την ατμόσφαιρα μέσω των βροχοπτώσεων (εδώ η συχνότητα είναι πιο σημαντική απ' ό,τι η ποσότητα) πρέπει να ληφθούν υπόψη. Πολλοί από τους παραπάνω παράγοντες ποικίλουν εποχιακά και χρονικά ενώ οι περισσότεροι παράγοντες είναι αλληλένδετοι. Κατά συνέπεια, αλλάζοντας έναν από αυτούς επηρεάζονται πολλοί άλλοι.⁷⁶

Όσον αφορά στο κάδμιο και τον χαλκό, η ιοντική τους μορφή είναι η πιο διαθέσιμη σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα.^{87,88} Επιπλέον, η μεγάλη ποσότητα οργανικής ύλης οδηγεί σε μείωση της βιοδιαθεσιμότητας των μετάλλων. Η τοξικότητα του Cu, για παράδειγμα, μειώνεται σε περιβάλλον με μεγάλη περιεκτικότητα σε χουμικά οξέα.⁸⁹

Η βιοδιαθεσιμότητα μπορεί να σχετίζεται ακόμη με πολύ-στοιχειακές ποσότητες ή αναλογίες. Σύμφωνα με πολλές γεωργικές μελέτες^{90,91}, η τοξικότητα του χαλκού σχετίζεται με χαμηλή αφθονία σε Zn, Fe, Mo και/ή θειικά.⁹²

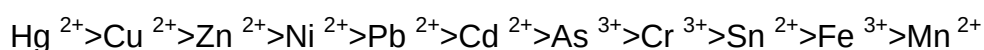
Επιπρόσθετα, οι βιολογικοί παράγοντες φαίνεται να επηρεάζουν έντονα το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης των μετάλλων και να εμποδίζουν σε σημαντικό βαθμό την πρόβλεψη της βιοδιαθεσιμότητας τους.⁸⁷ Τέτοιοι είναι το είδος του οργανισμού, το φύλο, η ηλικία, το μέγεθος, ο ρυθμός ανάπτυξης του οργανισμού, οι διατροφικές συνήθειες, το περιεχόμενο στον οργανισμό λίπος και η φυσική του κατάσταση.⁹³

Για παράδειγμα, οι οργανικές ενώσεις που έχουν μειωμένη διαλυτότητα στο νερό συσσωρεύονται στους λιπαρούς ιστούς των οργανισμών.⁹⁴ Το ποσό της οργανικής ένωσης που συσσωρεύεται σε κάποιο οργανισμό εξαρτάται από το περιεχόμενο στον οργανισμό λίπος.⁹⁴ Όσο πιο πολύ είναι, τόσο μεγαλύτερη είναι η συσσωρευση που παρατηρείται.⁹⁴ Ακόμη, οι οργανομεταλλικές ενώσεις θεωρούνται πιο τοξικές από τις ανόργανες και εξαιτίας του λιποφιλικού χαρακτήρα που τις χαρακτηρίζει, εισέρχονται με μεγαλύτερη ευκολία στις κυτταρικές μεμβράνες, όπου και τείνουν να βιομεγενθύνονται σε μεγαλύτερο βαθμό.⁹⁵

Τοξικότητα

Τα βαρέα μέταλλα επιδρούν με διάφορους τρόπους στους ζωντανούς οργανισμούς. Έχει διαπιστωθεί μάλιστα ότι κάποια από αυτά είναι απαραίτητα για τα έμβια όντα σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν διάφορες τοξικές επιδράσεις.⁹⁶

Η τοξική επίδραση, που θα έχει ένα μέταλλο, εξαρτάται από την ολική του συγκέντρωση, αλλά κυρίως από την βιοδιαθεσιμότητα του, δηλαδή από τις μορφές με τις οποίες εντοπίζεται στο περιβάλλον. Αυτό σημαίνει ότι δεν προσλαμβάνονται όλες οι μορφές των μετάλλων με την ίδια ευκολία από τους οργανισμούς. Η τοξικότητα των μετάλλων σχετίζεται ακόμη με το φαινόμενο της βιοσυσσώρευσης τους, η οποία ποικίλει από μέταλλο σε μέταλλο και από οργανισμό σε οργανισμό. Η σειρά τοξικότητας για τα μέταλλα ξεκινώντας από το πιο τοξικό και καταλήγοντας στο λιγότερο τοξικό είναι η εξής⁹⁶:



Η συνδυασμένη δράση πολλών μετάλλων σε έναν οργανισμό μπορεί να δημιουργήσει συνεργικά φαινόμενα. Έτσι, για τους συνδυασμούς μετάλλων (Ni-Zn, Cu-Zn, Cu-Cd) μπορεί να παρατηρηθεί αύξηση της τοξικής δράσης μέχρι και σε πενταπλάσια τιμή από εκείνη που προκύπτει από το άθροισμα των επιμέρους δράσεων αλλά μπορεί να παρατηρηθεί και μείωση όπως συμβαίνει για το συνδυασμό Mn-Cu.⁹⁶

Άρα, η τοξικότητα, λαμβάνοντας υπόψη και τα όσα ειπώθηκαν παραπάνω για την βιοδιαθεσιμότητα, φαίνεται να επηρεάζεται από το είδος του ρύπου, τους αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος (pH, θερμοκρασία, μορφές μετάλλων, κ.ά) και τους βιολογικούς παράγοντες (είδος οργανισμού, ηλικία, κ.ά).⁹⁷

Μερικά από τα αποτελέσματα της τοξικότητας των βαρέων μετάλλων στους υδρόβιους οργανισμούς είναι οι νευροφυσιολογικές διαταραχές, οι αλλοιώσεις των κυττάρων που μπορεί να οδηγήσουν σε μεταλλάξεις, η τερατογένεση και η καρκινογένεση, οι επιδράσεις στην ενζυμική και ορμονική δραστηριότητα, στην ενεργητικότητα του οργανισμού και τελικά στην αναπαραγωγή.²⁰

Ωστόσο, σύμφωνα με την λίστα της EPA/ATSDR⁹⁸ για τις πλέον επικίνδυνες χημικές ουσίες (Πίνακας 1), τα επικίνδυνα χημικά στοιχεία δεν είναι κατ' ανάγκη βαρέα μέταλλα (π.χ. τα Be, Tl αν και δεν είναι με την τυπική έννοια βαρέα μέταλλα θεωρούνται επικίνδυνα αφού είναι τοξικά) ενώ μπορεί να είναι και μεταλλοειδή (π.χ. το επικίνδυνο Sb). Ραδιενεργά στοιχεία όπως τα U, Ra, Th και Pu καθώς και ευγενή μέταλλα όπως τα Pd και Ag συγκαταλέγονται επίσης στις επικίνδυνες ουσίες της EPA. Υπάρχουν όμως και ορισμένα ευγενή μέταλλα όπως ο Au και το Ir που δεν θεωρούνται επικίνδυνα. Στις επικίνδυνες χημικές ουσίες συμπεριλαμβάνονται ακόμη ορισμένα στοιχεία μετάπτωσης όπως τα Cr, Ni, Co καθώς και δραστικά στοιχεία όπως το Ba και το Al.

Έτσι, όσον αφορά στο μη βαρύ μέταλλο (μεταλλοειδές) As, που έρχεται πρώτο στην λίστα της EPA/ATSDR, σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EK (Παράρτημα I, Μέρος Β), στο πόσιμο νερό σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 10 µg/l θεωρείται τοξικό, ενώ σε χαμηλότερες συγκεντρώσεις δεν προκαλεί προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), κατατάσσει το αρσενικό στις ενώσεις που είναι σημαντικές για την υγεία και ορίζει σαν προσωρινή οδηγό τιμή τα 10 µg/l για να περιοριστεί ο κίνδυνος πρόκλησης καρκίνου του δέρματος στον άνθρωπο. Στις ΗΠΑ, ο νόμος για το Ασφαλές Πόσιμο Νερό (SDWA) ορίζει σαν Μέγιστο Επιτρεπτό Όριο για το αρσενικό την τιμή 50µg/l.⁹⁹

Πίνακας 1: Τα βαρέα μέταλλα στην κατάταξη επικίνδυνων ουσιών σύμφωνα με την ATSDR/CERCLA.⁹⁸

ΚΑΤΑΤΑΞΗ 2011	ΟΝΟΜΑ ΟΥΣΙΑΣ	ΣΥΝΟΛΟ ΒΑΘΜΩΝ	ΚΑΤΑΤΑΞΗ 2007	CAS RN
1	ΑΡΣΕΝΙΚΟ	1665,5	1	007440-38-2
2	ΜΟΛΥΒΔΟΣ	1529,1	2	007439-92-1

3	ΥΔΡΑΡΓΥΡΟΣ	1460,9	3	007439-97-6
7	ΚΑΔΜΙΟ	1318,7	7	007440-43-9
17	ΧΡΩΜΙΟ(VI)	1146,6	18	018540-29-9
43	ΒΗΡΥΛΛΙΟ	1032,7	42	007440-41-7
52	ΚΟΒΑΛΤΙΟ	1010,9	49	007440-48-4
57	ΝΙΚΕΛΙΟ	998,7	53	007440-02-0
75	ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟΣ	919,7	74	007440-66-6
78	ΧΡΩΜΙΟ	897,5	77	007440-47-3
97	ΟΥΡΑΝΙΟ	831,8	98	007440-61-1
100	ΡΑΔΙΟ	827,7	100	007440-14-4
102	ΘΟΡΙΟ	823,4	101	007440-29-1
125	ΧΑΛΚΟΣ	804,7	128	007440-50-8
126	ΒΑΡΙΟ	804,7	109	007440-39-3
127	ΠΛΟΥΤΩΝΙΟ	804,3	126	007440-07-5
140	ΜΑΓΓΑΝΙΟ	799,4	117	007439-96-5
146	ΣΕΛΗΝΙΟ	778,3	147	007782-49-2
171	ΠΑΛΛΑΔΙΟ	705,4	180	007440-05-3
181	ΑΡΓΙΛΙΟ	684,7	187	007429-90-5
197	ΒΑΝΑΔΙΟ	649,9	198	007440-62-2
217	ΑΡΓΥΡΟΣ	608,1	214	007440-22-4
232	ΑΝΤΙΜΟΝΙΟ	602,2	219	007440-36-0

2.6 Στοιχεία για τα διερευνώμενα μέταλλα

2.6.1 Αργίλιο (Al)

Το αργίλιο είναι το μεταλλικό στοιχείο με τη μεγαλύτερη αφθονία στο φλοιό της Γης (8,2 %).^{18,100} Είναι πολύ ηλεκτροθετικό και λιθόφιλο και συναντάται αποκλειστικά με την μορφή Al^{3+} σε ενώσεις με το οξυγόνο. Οι αργιλοπυριτικοί σχιστόλιθοι είναι τα πιο άφθονα ορυκτά καθώς αποτελούν κύρια συστατικά πυρογενών ορυκτών όπως ο γρανίτης. Τις περισσότερες φορές το Al καταλήγει στο υδάτινο περιβάλλον από τη διάβρωση των πετρωμάτων από το νερό. Ακόμη, είναι ένα στοιχείο που χρησιμοποιείται ευρέως από τον άνθρωπο και έτσι δύναται να καταλήξει στο περιβάλλον και μέσω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.¹⁰⁰

Το Al χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή σκευών μαγειρικής, σε κατασκευές πορτών κ.τ.λ. Η διαδικασία εξόρυξής του είναι πολύ απαιτητική σε ενέργεια ενώ ταυτόχρονα απελευθερώνονται συστατικά φθορίου.¹⁰⁰

Τα υδροξείδια του Al είναι ελάχιστα διαλυτά στο νερό σε ουδέτερο pH, ενώ σε αλκαλικό και όξινο pH η διαλυτότητα τους αυξάνει. Οι συγκεντρώσεις του Al^{3+} στα φυσικά νερά είναι πολύ χαμηλές παρά την αφθονία του στοιχείου στο φλοιό της Γης. Στο θαλασσινό νερό, η συγκέντρωση του μειώνεται ελαφρώς όσο προχωράμε σε μεγαλύτερα βάθη. Συνέπεια της αύξησης του Al στα νερά είναι η μείωση της συγκέντρωσης φωσφόρου λόγω του σχηματισμού αδιάλυτου φωσφορικού αργιλίου.¹⁰⁰

2.6.2 Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο ανήκει στη δεύτερη δευτερεύουσα ομάδα του Περιοδικού Πίνακα και αποτελεί σπάνιο στοιχείο του φλοιού της Γης με την μέση συγκέντρωση του να είναι περίπου 0,1 mg/kg. Το Cd απαντάται σε σχιστολιθικά και πυριγενή πετρώματα, σε λιθάνθρακες, σε ψαμμίτες, σε λιμναία και θαλάσσια ιζήματα κ.τ.λ. Τοπικά υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να ανιχνευθούν σε ορυκτά ψευδαργύρου ή μικτά ορυκτά χαλκού-μολύβδου-ψευδαργύρου, όπως π.χ. ο σφαλερίτης. Απαντάται ακόμη σε φωσφορίτες ενώ τα ορυκτά του είναι σπάνια. Το Cd συνεπώς παραλαμβάνεται ως παραπροϊόν των παραπάνω ορυκτών και όχι σαν το κύριο προϊόν κάποιας εξόρυξης.¹⁰¹

Οι ανθρωπογενείς προσθήκες Cd περιλαμβάνουν την χρήση του στις μπαταρίες νικελίου-καδμίου, σε χρωστικές και σταθεροποιητικά για τα πλαστικά, σε επιμεταλλώσεις, σε συγκολλήσεις και κράματα, στην παραγωγή και χρήση ψευδαργύρου, χάλυβα, λιπασμάτων, τσιμέντου, κάρβουνου και πετρελαίου για την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές καθώς και σε προσθήκες από την αποτέφρωση αποβλήτων και την επεξεργασία υγρών αποβλήτων.¹⁰²

Στο θαλάσσιο περιβάλλον, το Cd έχει την τάση να δεσμεύεται αρκετά ισχυρά με οργανικούς υποκαταστάτες.¹⁰³ Οι κύριες μορφές του βρίσκονται υπό την μορφή ιόντων ή συμπλόκων στη διαλυτή φάση, με κύρια τα χλωρισύμπλοκα.¹⁰² Υψηλές συγκεντρώσεις Cd μπορεί να εντοπιστούν ακόμη σε ποτάμια και εκβολές κοντά σε δραστηριότητες εξορύξεων.¹⁰⁰ Στα ιζήματα, το κάδμιο είτε συσσωρεύεται στα καταβυθιζόμενα οξείδια του σιδήρου μέσω προσρόφησης είτε απαντάται ως αδιάλυτο CdS.¹⁰⁴

2.6.3 Μαγγάνιο (Mn)

Το μαγγάνιο είναι ένα μέταλλο σχετικά άφθονο και λιθόφιλο που απαντάται σε πολλά πυριτικά ορυκτά. Οι συγκεντρώσεις του στα φυσικά νερά είναι γενικά μικρές αλλά είναι δυνατό να παρουσιάσουν αύξηση όταν επικρατούν ανοξικές συνθήκες. Η σταδιακή διάβρωση των ορυκτών απελευθερώνει Mn με την μορφή Mn^{+2} , το οποίο σχηματίζει $MnCO_3$, αλλά κατά κύριο λόγο οξειδώνεται από τον αέρα στις καταστάσεις +3 και +4 σχηματίζοντας τις αδιάλυτες ενώσεις μαγγανίτη $MnO(OH)$ και πυρολουσίτη MnO_2 . Αυτές οι δύο ενώσεις είναι σημαντικά συστατικά των εδαφών και προσροφούν και άλλα μέταλλα (τυπική συμπεριφορά οξειδίων). Παρά το γεγονός ότι τα ορυκτά του Mn είναι μερικώς διαλυτά στο νερό, η σταδιακή διάβρωση τους και η μετατροπή τους σε διαλυτά άλατα συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης του μετάλλου στα ποτάμια και στις θάλασσες.¹⁰⁰

Περισσότερο από το 90% του παραγόμενου Mn προέρχεται από την επεξεργασία σιδήρου. Το Mn χρησιμοποιείται ακόμη σε κράματα χαλκού αλλά και σε μη σιδηρούχα κράματα ή και στα δύο, στην βιομηχανία ηλεκτρικών, σε μπαταρίες, σε λιπάσματα, σε βαφές, σε καταλύτες αλλά και στην κατασκευή κεραμικών και γυαλιού.¹⁰⁵

Η συγκέντρωση του διαλυτού Mn στο θαλάσσιο περιβάλλον παρουσιάζει στις περισσότερες περιπτώσεις μέγιστο στα επιφανειακά ύδατα σαν αποτέλεσμα της έμμεσης φωτοχημικής αναγωγικής διαλυτοποίησης των οξειδίων του.¹⁰⁰ Από βιολογικής πλευράς, μια από τις πιο σημαντικές παραμέτρους της θαλάσσιας γεωχημείας του μαγγανίου είναι η βακτηριακή του οξείδωση.¹⁰⁰ Παρά το γεγονός ότι η οξείδωση του Mn^{2+} προς Mn^{4+} από το οξυγόνο ευνοείται θερμοδυναμικά, στο σύνηθες pH των θαλασσών είναι εξαιρετικά αργή με αποτέλεσμα η διεργασία να αποτελεί κυρίως αποτέλεσμα βιολογικής δράσης.¹⁰⁰ Η φωτοαναστολή της βακτηριακής αυτής οξείδωσης αυξάνει την συγκέντρωση και το χρόνο παραμονής του Mn^{2+} στα θαλάσσια επιφανειακά νερά.¹⁰⁶ Στον θαλάσσιο πυθμένα σχηματίζονται επιπλέον αποθέσεις κονδύλων Mn που περιέχουν και άλλα στοιχεία.¹⁰⁰ Το Mn σε αυτές τις αποθέσεις προέρχεται από υδροθερμικές αναβλύσεις.¹⁰⁰

2.6.4 Μόλυβδος (Pb)

Ο μόλυβδος ανήκει στην τέταρτη ομάδα (IVa) του Περιοδικού Συστήματος με αριθμούς οξείδωσης +2 και +4 και είναι το πιο κοινό από τα τοξικά βαρέα μέταλλα. Είναι χαλκόφιλο και βρίσκεται κυρίως στα θειούχα ορυκτά. Σχηματίζει το πιο γνωστό ορυκτό τον γαληνίτη PbS το οποίο περιέχει και άλλα χαλκόφιλα στοιχεία (όπως Ag, As, Hg). Η

οξειδωση των θειούχων ορυκτών δίνει Pb με την μορφή Pb^{+2} που έχει κάποιες ομοιότητες με το Ca^{+2} και σχηματίζει αδιάλυτα θειικά και ανθρακικά ορυκτά.¹⁰⁰

Οι μοναδικές ιδιότητες αυτού του μετάλλου όπως είναι η μικρή σκληρότητα, το χαμηλό σημείο τήξης και η αντίσταση στην διάβρωση, έχουν οδηγήσει με τη σειρά τους στις ποικίλες βιομηχανικές εφαρμογές του με κυριότερη αυτή της χρήσης του στην κατασκευή των συσσωρευτών Pb των αυτοκινήτων.^{102,107}

Η συγκέντρωση του Pb στα φυσικά νερά όταν δεν παρατηρείται ρύπανση είναι χαμηλή. Παρ' όλα αυτά, ενώ τα φυσικά επίπεδα του Pb θα έπρεπε να είναι πολύ χαμηλά δεν είναι. Η ρύπανση από Pb είναι πολύ εκτεταμένη με συνέπεια να παρατηρείται μεγάλη διακύμανση στις συγκεντρώσεις του στο περιβάλλον. Η μεταφορά του ατμοσφαιρικού αερολύματος, οι δραστηριότητες επεξεργασίας των μετάλλων, η αποτέφρωση των αποβλήτων και οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων συνεισφέρουν στην ρύπανση από Pb ακόμα και σε περιοχές πολύ απομακρυσμένες από ρυπαντικές δραστηριότητες.¹⁰⁰

Οι ανθρωπογενείς προσθήκες του Pb στην θάλασσα είναι πολλαπλάσιες αυτών που προέρχονται από την φυσική διάβρωση των πετρωμάτων.¹⁰⁰ Το συντριπτικό ποσοστό των μορφών με τις οποίες απαντάται στο θαλάσσιο περιβάλλον καταβυθίζεται με σωματιδιακές φάσεις στα παράκτια ύδατα και μόνο ένα μικρό ποσοστό του διαλυτού Pb φτάνει εν τέλει στην ανοιχτή θάλασσα.⁴² Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο Pb να απομακρύνεται από την υδάτινη στήλη πολύ γρήγορα προσκολλούμενος σε σωματίδια αποσάθρωσης βιολογικής προέλευσης.⁴²

Οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Pb εντοπίζονται κυρίως στους οργανισμούς των χαμηλότερων τροφικών επιπέδων με το Pb να περνά από τα χαμηλότερα στα υψηλότερα τροφικά επίπεδα, χωρίς όμως να βιομεγενθύνεται. Συγκριτικά με άλλα μέταλλα ο Pb είναι λιγότερο τοξικός και λιγότερο βιοδιαθέσιμος.¹⁰⁰

2.6.5 Νικέλιο (Ni)

Το νικέλιο είναι το έβδομο σε αφθονία στοιχείο και αποτελεί περίπου το 10% του πυρήνα της Γης. Είναι σιδηρόφιλο και βρίσκεται σε μικρότερες ποσότητες στο γήινο φλοιό. Απαντάται σε οξείδια και θειούχα ορυκτά. Η αποσάθρωση των θειούχων ορυκτών ελευθερώνει Ni με την μορφή Ni^{+2} που έχει παρόμοιο μέγεθος με το Mg^{+2} και το αντικαθιστά στα πυριτικά ορυκτά. Οι επιστήμονες το εντοπίζουν ακόμη σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα κράματα ενώ χρησιμοποιείται και στις επιμεταλλώσεις. Οι φυσικές περιβαλλοντικές συγκεντρώσεις του είναι γενικά χαμηλές με εξαίρεση τις περιοχές που βρίσκονται κοντά σε ορυχεία και μονάδες επεξεργασίας Ni.¹⁰⁰

Το Ni θεωρείται απαραίτητο στοιχείο παρόλο που ο ρόλος του στα θηλαστικά είναι περιορισμένος. Συχνά υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να εντοπισθούν στο πετρέλαιο ενώ η ανάπτυξη φυτών παρεμποδίζεται σημαντικά σε εδάφη πλούσια σε Ni.¹⁰⁰

2.6.6 Σίδηρος (Fe)

Ο σίδηρος είναι το στοιχείο με την μεγαλύτερη αφθονία στη Γη αποτελώντας το 30% της συνολικής της μάζας και το 80% του πυρήνα της. Αποτελεί ακόμη το τέταρτο σε αφθονία στοιχείο του γήινου φλοιού. Εμφανίζει ενδιάμεσες λιθοφιλικές και χαλκοφιλικές ιδιότητες ενώ απαντάται συχνά σε θειούχα ορυκτά όπως είναι ο πυρίτης καθώς και σε πολλά πυριτικά ορυκτά σε σημαντικές ποσότητες. Δεν αποτελεί σημαντικό ρύπο των θαλασσών. Οι διεργασίες εξαγωγής αλούμινας από το βωξίτη και παραγωγής οξειδίων του τιτανίου δημιουργούν όμως κατά καιρούς προβλήματα.²⁰ Στο φλοιό της Γης, το μεγαλύτερο ποσοστό του απαντάται με την μορφή δισθενών ιόντων τα οποία οξειδώνονται γρήγορα προς τρισθενή στην επιφάνεια. Ο Fe^{2+} απελευθερώνεται κυρίως από την διάβρωση των πετρωμάτων. Όσον αφορά στα οξείδια του Fe^{3+} , η μικρή τους διαλυτότητα έχει ως αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις του Fe στα νερά να είναι εξίσου μικρές.¹⁰⁰

Λόγω της μικρής διαλυτότητας των οξειδίων του Fe^{+3} , οι συγκεντρώσεις του Fe στα φυσικά ύδατα είναι πολύ χαμηλές. Ο χρόνος παραμονής του στον ωκεανό είναι μικρός (100 χρόνια) ενώ οι χαμηλές συγκεντρώσεις του στα επιφανειακά νερά δείχνουν ότι η πρόσληψη του από τους υδρόβιους οργανισμούς κρίνεται ικανοποιητική. Στις παράκτιες περιοχές, οι συγκεντρώσεις του είναι μεγαλύτερες λόγω των ιζημάτων ενώ στον ανοικτό ωκεανό η αερομεταφερόμενη σκόνη αποτελεί την κυριότερη πηγή του.¹⁰⁰

Στο θαλάσσιο νερό, ο Fe απαντάται κυρίως με την μορφή λεπτών κolloειδών αιωρημάτων του τύπου $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ή άλλων υδροξυσυμπλόκων, τα οποία διαδραματίζουν ιδιαίτερα σημαντικό βιολογικό και γεωλογικό ρόλο.^{108,109,110} Οι συγκεντρώσεις του στα ιζήματα είναι πολύ χαμηλές και εξαρτώνται κυρίως από τις επικρατούσες οξειδοαναγωγικές συνθήκες.¹¹¹ Κατά τις διαδικασίες ανάμιξης των υδάτινων μαζών στις εκβολές των ποταμών, ο Fe απομακρύνεται σε σημαντικό ποσοστό στο χαμηλής αλατότητας μέρος της εκβολής (0-5‰), ενώ η απομάκρυνση του πραγματοποιείται σχεδόν εξ ολοκλήρου μέχρι η αλατότητα να φτάσει στο 15‰.^{15,112,113}

2.6.7 Χαλκός (Cu)

Ο χαλκός αποτελεί στοιχείο της πρώτης δευτερεύουσας ομάδας του Περιοδικού Συστήματος, εμφανίζει αριθμούς οξείδωσης +1 και +2 και αποτελεί στοιχείο

μετάπτωσης. Είναι σιδηρόφιλο στοιχείο και απαντάται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στον πυρήνα της γης ενώ εμφανίζει μέση αφθονία στον γήινο φλοιό. Στο φυσικό περιβάλλον συναντάται και ως αυτοφυής, αλλά κυρίως ενσωματωμένος σε ορυκτά όπως ο κυπρίτης Cu_2O , ο χαλκοπυρίτης CuFeS_2 , ο πράσινος μελαχίτης $\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$ και ο κυανούς αζουρίτης $2\text{CuCO}_3\text{Cu}(\text{OH})_2$. Η επιφανειακή οξείδωση των θειούχων ορυκτών οδηγεί στην απελευθέρωση Cu^{2+} ο οποίος ενώνεται με ανθρακικά ή άλλα οξείδια. Έτσι, οι φυσικές αυτές πηγές τροφοδοτούν το θαλάσσιο περιβάλλον με Cu μέσω απόπλυσης των εδαφών, των ποταμών και της ατμοσφαιρικής απόθεσης. Ένα μέρος του Cu εντοπίζεται επίσης σε καθαρή μεταλλική μορφή αποτελώντας έτσι το πρώτο στοιχείο που επεξεργάστηκε ο πρωτόγονος άνθρωπος.¹⁰⁰

Η εξόρυξη και η μεταλλουργία του Cu συνεχίζουν να αποτελούν τις σπουδαιότερες ανθρωπογενείς πηγές του στο περιβάλλον.^{42,114} Πλήθος άλλων βιομηχανικών διεργασιών συμβάλλουν στην ρύπανση των θαλασσών από Cu όπως οι διάφορες επιμεταλλώσεις, οι γαλβανοποιήσεις, η εκτεταμένη χρήση γεωργικών φαρμάκων και τα απόβλητα διυλιστηρίων πετρελαίου και βιομηχανιών χημικών προϊόντων. Οι σωληνώσεις ύδρευσης κατασκευάζονται επίσης από Cu, αλλά σε φυσιολογικές τιμές pH (6,5-8,5) δεν υπάρχει κίνδυνος αύξησης της συγκέντρωσης χαλκού στο πόσιμο νερό.¹⁸

Κατά την φυσική του μεταφορά μέσω των ποταμών, η προσθήκη του στο θαλάσσιο περιβάλλον γίνεται κυρίως με τη σωματιδιακή του μορφή μέσα από τα κρυσταλλικά πλέγματα των ορυκτών. Στους κλειστούς κόλπους και στα παραλιακά νερά, καταβυθίζεται με την σωματιδιακή του μορφή σχετικά κοντά στο σημείο εισόδου του στη θάλασσα. Στα ιζήματα απαντάται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό του εκτός του κρυσταλλικού πλέγματος ενωμένος με οργανικούς υποκαταστάτες και αυθιγενή σουλφίδια.⁴⁴

2.6.8 Ψευδάργυρος (Zn)

Ο ψευδάργυρος ανήκει στη δεύτερη δευτερεύουσα ομάδα του Περιοδικού Πίνακα και δεν αποτελεί στοιχείο μετάπτωσης. Έχει αριθμό οξείδωσης +2 και εμφανίζει ανάλογες ιδιότητες με το Cd ενώ και τα δυο σχηματίζουν ιοντικές ενώσεις.¹¹⁵ Παρουσιάζει μέτρια αφθονία στο γήινο φλοιό, είναι χαλκόφιλο και τα θειούχα ορυκτά, όπως ο σφαλερίτης ZnS , συνιστούν τις κυριότερες γεωλογικές πηγές του. Έτσι, με την αποσάθρωση και την διάβρωση του γήινου φλοιού μεταφέρεται στο θαλάσσιο περιβάλλον μέσω της απόπλυσης των εδαφών, των ποταμών και της ατμοσφαιρικής απόθεσης. Στο νερό, ο Zn βρίσκεται συνήθως με την μορφή του Zn^{2+} και η συγκέντρωσή του είναι χαμηλή.¹⁰⁰

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως είναι η εξόρυξη και η επεξεργασία μεταλλευμάτων σε συνδυασμό με τη μετέπειτα χρήση και διάθεση των μετάλλων συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης του Zn στα θαλάσσια οικοσυστήματα.^{42,114}

Ο Zn εισέρχεται στο θαλάσσιο περιβάλλον τόσο σε διαλυτή όσο και σε σωματιδιακή μορφή. Σε κλειστούς ρυπασμένους κόλπους απαντάται συνδεδεμένος με ανόργανους και οργανικούς υποκαταστάτες μέσω μηχανισμών συμπλοκοποίησης, συγκαταβύθισης και απλής προσρόφησης^{116,117,118,119} ενώ στο θαλάσσιο περιβάλλον σε αερόβιες συνθήκες, εμφανίζει την τάση για απελευθέρωση από την σωματιδιακή ύλη.¹⁰¹

Στους τέσσερις παρακάτω πίνακες παρατίθενται τα επιτρεπτά όρια για τις συγκεντρώσεις των μετάλλων σύμφωνα με την βιβλιογραφία και τα πρότυπα ποιότητας ΦΕΚ (Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως) αντίστοιχα.

Πίνακας 2: Συγκεντρώσεις των μετάλλων στο θαλασσινό και το γλυκό νερό.¹⁰⁰

Μέταλλα	Al	Cd	Ni	Mn	Pb	Fe	Cu	Zn
Θαλασσινό νερό (μg/l)	0,2-0,5	0,001-0,1	0,1-0,5	0,06-0,17	0,002-0,02	10-400	0,008-0,02	0,05-0,5
Γλυκό νερό (μg/l)	1	<1-700	1	5,2-10	Φυσικό 1-10 Ρυπασμένο 20-200	100-1000	1-10	10

Πίνακας 3: Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα -Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).¹²⁰

Cd	Σκληρότητα <40mg/l CaCO ₃ ⁻ ≤0,08 Σκληρότητα 40- <50mg/l CaCO ₃ ⁻ 0,08 Σκληρότητα 50 - <100mg/l CaCO ₃ ⁻ 0,09 Σκληρότητα 100 - <200mg/l CaCO ₃ ⁻ 0,15 Σκληρότητα >200mg/l CaCO ₃ ⁻ 0,25
Pb	7,2
Ni	20

Πίνακας 4: Λοιπά επιφανειακά ύδατα-Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).¹²⁰

Cd	0,2
Pb	7,2
Ni	20

Πίνακας 5: Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα -Ετήσια Μέση Συγκέντρωση (μg/l).¹²⁰

Cu	Σκληρότητα <40mg/l CaCO ₃ ⁻	≤ 3
	Σκληρότητα 40- <50mg/l CaCO ₃ ⁻	6
	Σκληρότητα 50 - <100mg/l CaCO ₃ ⁻	9
	Σκληρότητα 100 - <200mg/l CaCO ₃ ⁻	17
	Σκληρότητα >200mg/l CaCO ₃ ⁻	26
Zn	Σκληρότητα <50mg/l CaCO ₃ ⁻	8
	Σκληρότητα 50-100 mg/l CaCO ₃ ⁻	50
	Σκληρότητα 100-200mg/l CaCO ₃ ⁻	75
	Σκληρότητα >200mg/l CaCO ₃ ⁻	125

Cd: μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση 1,5 μg/l για νερό υψηλής σκληρότητας.

Στον επόμενο πίνακα παρατίθενται οι παραμετρικές τιμές για τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.¹²¹

Πίνακας 6: Οι παραμετρικές τιμές για την συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο πόσιμο νερό σύμφωνα με την οδηγία 98/83/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου.¹²¹

Μέταλλο	Παραμετρική τιμή (μg/l)
Al	200
Cd	5
Cu	2000
Fe	200
Mn	50
Ni	20
Pb	10
Zn	-

Επιπλέον, στις ΗΠΑ έχουν θεσπιστεί από την USEPA αριθμητικά κριτήρια ποιότητας των υδάτων με σκοπό την προστασία των υδρόβιων οργανισμών. Τα παραπάνω αριθμητικά κριτήρια χρησιμεύουν σαν οδηγός για την νομοθέτηση ορίων από τις μεμονωμένες πολιτείες. Ο τρόπος υπολογισμού των αριθμητικών κριτηρίων βασίζεται σε 4 είδη δυσμενών επιπτώσεων: οξεία τοξικότητα σε ζώα, χρόνια τοξικότητα σε ζώα, τοξικότητα σε φυτά και βιοσυσσώρευση.¹²²

Έτσι, έχουν προκύψει τα όρια CMC (Criterion Maximum Concentration) και CCC (Criterion Continuous Concentration). Η συγκέντρωση CMC έχει σαν σκοπό να προστατέψει τους οργανισμούς από βραχεία έκθεση σε ρύπους και η CCC από μακρόχρονη έκθεση. Ο πλήρης πίνακας με τις συγκεντρώσεις αυτές για διάφορους ρύπους βρίσκεται στην ιστοσελίδα της USEPA.¹²²

Εδώ παρατίθεται τμήμα του πίνακα αυτού με τα κριτήρια ποιότητας για ορισμένα βαρέα μέταλλα στο γλυκό νερό.

Πίνακας 7: Κριτήρια ποιότητας ως προς τα βαρέα μέταλλα για το γλυκό νερό.¹²²

Μέταλλο	CMC (acute) (μg/l)	CCC (chronic) (μg/l)
Cd	2,0	0,25
Cu	2,3	1,5
Fe	-	1000
Ni	470	52
Pb	65	2,5
Zn	120	120

Τέλος, στον πίνακα 8 που ακολουθεί καταγράφονται οι παραμετρικές τιμές για τα βαρέα μέταλλα στο γλυκό νερό για την εκτροφή ψαριών.¹²³

Πίνακας 8: Οι παραμετρικές τιμές για τα βαρέα μέταλλα στο γλυκό νερό για την εκτροφή ψαριών.¹²³

Γλυκό νερό για την εκτροφή ψαριών		
	Salmonid	
	Ολικός Zn	30-500μg/l (για σκληρότητα 10-500mg/l CaCO ₃)
	Διαλυτός Cu	5-112 μg/l (για σκληρότητα 10-300mg/l CaCO ₃)
Cuprinid	Ολικός Zn	300-2000μg/l (για σκληρότητα 10-500mg/l CaCO ₃)
	Διαλυτός Cu	5-112 μg/l (για σκληρότητα 10-300mg/l CaCO ₃)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ-ΠΗΝΕΙΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ

3.1 Πηνειός ποταμός

Ο Πηνειός ποταμός αναφέρεται για πρώτη φορά από τον Όμηρο ως *αργυροδίνης ή δινήης* από τις πολλές δίνες που σχηματίζουν τα καθαρά σαν ασημένια νερά του στη πορεία του. Έλαβε την σημερινή του μορφή μετά την απομάκρυνση των υδάτων της άλλοτε μεγάλης Θεσσαλικής λίμνης, από ρήγμα που δημιουργήθηκε στην κοιλάδα των Τεμπών. Σύμφωνα με τη μυθολογία ήταν γιος του Ωκεανού και της Τιθύος και πατέρας της νύμφης Δάφνης, ιέρειας της Μητέρας Γης. Τη Δάφνη την κυνήγησε ο Απόλλων και όταν την έφθασε αυτή επεκαλέσθη τη Μητέρα Γη, η οποία την εξαφάνισε και στη θέση της άφησε το φυτό δάφνη. Ο Πηνειός ήταν επίσης ο πατέρας του Υψέα, βασιλιά των Λαπιθών.¹²⁴

Ο Πηνειός σχηματίζεται από τη συμβολή του Μαλακασιώτικου ρέματος που πηγάζει από το βουνό Λάκμος και του ρέματος Μουργκάνι που πηγάζει από τα Αντιχάσια Όρη. Το μήκος του φτάνει τα 205km και είναι ο 3ος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας. Η λεκάνη απορροής του καλύπτει έκταση 11.062km², το ύψος της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης είναι 678mm και η μέση ετήσια απορροή του εκτιμάται στα 3,325*10⁹ m³.¹²⁵ Διαρρέει τη Θεσσαλική πεδιάδα και τροφοδοτείται από τα νερά των παραποτάμων: Ληθαίου, Πορταϊκού, Παμίσου, Σοφαδίτικου, Ενιπέα, Τιταρησίου, Καλέντζη και από τα νερά από την εκτροπή του Ταυρωπού στην περιοχή της Καρδίτσας. Μετά τη Λάρισα, δημιουργεί έντονους μαιανδρισμούς, διέρχεται στην κοιλάδα των Τεμπών και εκβάλλει στο Αιγαίο σχηματίζοντας μικρό Δέλτα. Παρουσιάζει ήρεμη ροή, η οποία δημιουργεί προσχώσεις και συχνά προκαλεί πλημμύρες στις περιοχές Ζάρκου και Γόννων κυρίως. Παλαιότερα με τα πλημμυρικά νερά του τροφοδοτείτο η λίμνη Κάρλα, της οποίας η έκταση έφτανε μέχρι τα 195km².¹²⁵ Μετά τη δημιουργία του αναχώματος στην κοίτη του Πηνειού, η Κάρλα απέκτησε δική της υδρολογική λεκάνη.¹²⁴

Δέχεται σημαντική ρύπανση από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από την εντατική γεωργική και κτηνοτροφική δραστηριότητα που χαρακτηρίζει τη Θεσσαλική πεδιάδα.¹²⁴ Έχει υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις από τον εγκιβωτισμό της κοίτης του, την κατασκευή αρδευτικών δικτύων, προσωρινών φραγμάτων και τις υπεραντλήσεις.¹²⁴

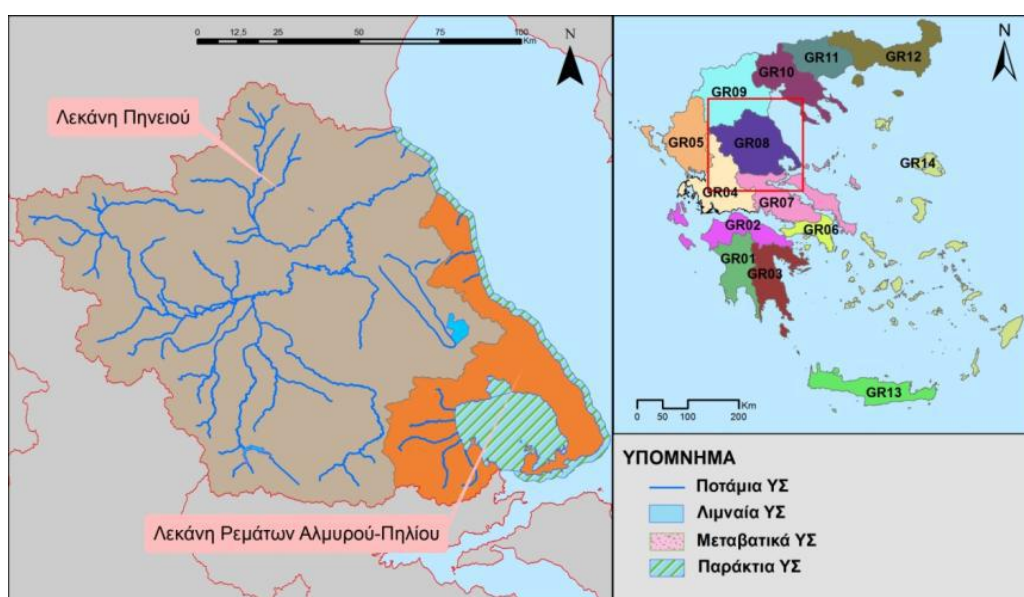
Κατά τους θερινούς μήνες που οι απαιτήσεις σε νερό είναι μεγάλες και σημειώνεται και μείωση της παροχής του ποταμού, οι συνέπειες από τη ρύπανση είναι πλέον εμφανείς και έντονες.¹²⁴ Με τα νερά του αρδεύονται περί τα 80.000 στρέμματα και παράλληλα υδροδοτούνται οικισμοί της Θεσσαλίας.¹²⁴ Το Δέλτα του διαθέτει σημαντικά παραποτάμια δάση, μεγάλη ποικιλότητα στην πανίδα, εκτεταμένες αμμοθίνες αιολικής προέλευσης λαγκούνες, έλη και υγρά εδάφη και υποβαθμισμένους βραχίονες (split).¹²⁶

3.2 Γενικά στοιχεία για το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας

3.2.1 Γεωμορφολογία

Λεκάνη απορροής Πηνειού ποταμού

Το Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας (ή αλλιώς ΥΔ08 σύμφωνα με την κωδική του αρίθμηση) αποτελεί ένα από τα 14 Υδατικά Διαμερίσματα του Ελλαδικού χώρου. Το μεγαλύτερο τμήμα του εκτείνεται εντός της Περιφέρειας Θεσσαλίας, ενώ περιλαμβάνει μικρό μέρος της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας και ελάχιστο μέρος των Περιφερειών Δυτικής και Κεντρικής Μακεδονίας.¹²⁵



Σχήμα 6: Θέση, όρια και κύριες λεκάνες του Υδατικού Διαμερίσματος Θεσσαλίας.¹²⁵

Το διαμέρισμα παρουσιάζει απλή γεωμορφολογική εικόνα, με τα ορεινά του τμήματα περιμετρικά και τα πεδινά του στις κεντρικές περιοχές. Υπάρχουν πέντε ορεινοί όγκοι, μεταξύ των οποίων ο Όλυμπος, με υψόμετρο 2.917m, το υψηλότερο στην Ελλάδα. Το πεδινό τμήμα χωρίζεται σε ανατολική και δυτική περιοχή από τα χαμηλά Χαλκηδόνια Όρη. Οι δυο αυτές περιοχές είναι ανεξάρτητες από υδρολογική άποψη. Το μέσο υψόμετρο του διαμερίσματος είναι 285m.¹²⁷

Δέλτα Πηνειού ποταμού

Το Δέλτα του Πηνειού ποταμού εκτείνεται αμέσως μετά τη στενή κοιλάδα των Τεμπών, καταλαμβάνοντας έκταση περίπου 69km^2 και παρουσιάζοντας μια ελαφρότατη κλίση από τους πρόποδες των βουνών που το περιβάλλουν προς τη θάλασσα. Σε απόσταση 6-8km η υψομετρική διαφορά της δελταϊκής πεδιάδας είναι περίπου 10m. Προς την ανατολή οριοθετείται από το Θερμαϊκό κόλπο, ενώ οι ορεινοί όγκοι του Κάτω Ολύμπου και της Όσσας αποτελούν τα φυσικά γεωμορφολογικά όρια του δέλτα προς τα δυτικά-βορειοδυτικά και νότια-νοτιοδυτικά αντίστοιχα.¹²⁸

Η κύρια ζώνη ενδιαφέροντος σχηματίζεται από τις αποθέσεις του ποταμού και εμφανίζει ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο με πολύ μικρές κλίσεις από τα κράσπεδα της λεκάνης προς την παράκτια ζώνη. Η μέση υψομετρική διαφορά που παρατηρείται από τη βάση των δελταϊκών αποθέσεων (έξοδος από την κοιλάδα των Τεμπών) έως την ακτογραμμή, σε απόσταση δηλαδή 7km κατά μέσον όρο, είναι 10m. Η εξέλιξη της περιοχής συνδέεται άρρηκτα με τη γεωτεκτονική εξέλιξη της γύρω περιοχής κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν, στο οποίο χρονολογείται η διάνοιξη της εξόδου του ποταμού προς το Θερμαϊκό Κόλπο, καθώς και με τις διεργασίες διάβρωσης και απόθεσης του ποταμού. Χαρακτηριστικό αποτέλεσμα των παραπάνω διεργασιών είναι η προοδευτική εκβάθυνση της κοίτης του ποταμού αλλά και η δημιουργία του φαραγγιού στην περιοχή των Τεμπών.¹²⁸

Παρά το γεγονός ότι ο Πηνειός έχει τη μεγαλύτερη λεκάνη απορροής, ποταμού ρέοντος εξ ολοκλήρου σε ελληνικό έδαφος, η πρόσφατη δημιουργία του δέλτα του οφείλεται αποκλειστικά στις αποθέσεις του ποταμού γεγονός που δικαιολογεί και τη μικρή σχετικά έκταση που καταλαμβάνει αυτό σήμερα. Η έκταση του δέλτα περιορίζεται ακόμα από την δράση των θαλάσσιων ρευμάτων και του κυματισμού που απαγορεύουν την ταχύτερη επέλαση του.¹²⁸

Εξαιτίας της πρόσφατης γεωλογικά δημιουργίας των αποθέσεων και των πολύ ήπιων τοπογραφικών κλίσεων, ο ποταμός εμφανίζει πολυσχιδή διάταξη της κοίτης του, με πολλαπλές κοίτες με ακτινωτή διάταξη, έντονο μαιανδρισμό και αποκομμένα τμήματα κοιτών (βρόγχοι) που λειτουργούν μόνο σε περίοδο πλημμυρικών φαινομένων. Σημαντική μετατόπιση της κοίτης του ποταμού παρατηρήθηκε κατά το 1953 ως αποτέλεσμα έντονων πλημμυρικών φαινομένων που καταγράφηκαν την περίοδο εκείνη.¹²⁸

Η δελταϊκή ακτογραμμή χαρακτηρίζεται σε όλο το μήκος της από την άφθονη παρουσία μέσης ως χονδρόκοκκης άμμου και την ανάπτυξη πολλών παράκτιων αμμωδών ράχων σαν αποτέλεσμα της επανεπεξεργασίας και επαναπόθεσης των ποτάμιων ιζημάτων από τον κυματισμό και τα παράκτια ρεύματα.¹²⁸

3.2.2 Γεωλογική δομή

Λεκάνη απορροής Πηνειού ποταμού

Η λεκάνη απορροής του π. Πηνειού βρίσκεται στο Θεσσαλικό Πεδίο που είναι τεκτονικό βύθισμα περιβαλλόμενο από τις οροσειρές Ολύμπου-Καμβουνίων στα βόρεια, Πίνδου στα δυτικά, Όθρυος στα νότια και Πηλίου-Όσσας στα ανατολικά και καταλαμβάνει το μεγαλύτερο τμήμα του ΥΔ Θεσσαλίας.¹²⁵

Χαρακτηρίζεται από ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών, διαφορετικής προέλευσης και λιθολογικής σύστασης. Οι σχηματισμοί αυτοί εμφανίζουν ποικιλία εξαιτίας της επιδεκτικότητας σε διάβρωση και αποσάθρωση, φαινόμενα που συνδέονται με τη μεταφορά και απόθεση των ιζημάτων στην περιοχή του δέλτα.¹²⁹ Οι γεωτεκτονικές ζώνες και ενότητες που αναπτύσσονται από ανατολικά προς τα δυτικά είναι οι εξής¹²⁹:

- *Ενότητα Όσσας*, που συναντάται στο ομώνυμο βουνό και στον Όλυμπο. Αποτελεί τεκτονικό παράθυρο και αποτελείται από φυλλίτες, μάρμαρα και δολομίτες.
- *Πελαγονική Ζώνη*, που συναντάται στο ανατολικό τμήμα του διαμερίσματος και συνίσταται από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και μάρμαρα καθώς επίσης και από γνεύσιους, σχιστόλιθους και αμφιβολίτες.
- *Υποπελαγονική Ζώνη*, που συναντάται στην κεντρική Θεσσαλία, με κύριο χαρακτηριστικό την εκτεταμένη ανάπτυξη των οφιολιθικών υπερβασικών πετρωμάτων, του φλύσχη και των σχιστοκερατόλιθων. Οι οφιόλιθοι απαντώνται συχνά μαζί με τους ραδιολαρίτες και περιλαμβάνουν τους περιδοτίτες, τις διαβάσεις, τους δολερίτες και κατά θέσεις τους τόφφους.
- *Υπερπινδική Υποζώνη*, που αποτελεί την μετάβαση των Εξωτερικών στις Εσωτερικές ζώνες, βρίσκεται στις ανατολικές παρυφές της ζώνης της Πίνδου και περιλαμβάνει ραδιολαρίτες και ασβεστόλιθους.
- *Ζώνη της Πίνδου*, που αναπτύσσεται στα δυτικά όρια της πεδιάδας προς την οροσειρά της Πίνδου και αποτελείται από λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους σε εναλλαγές με σχιστοκερατόλιθους και φλύσχη.

Δέλτα Πηνειού ποταμού

Σύμφωνα με τη γεωλογική χαρτογράφηση του ΙΓΜΕ (Π1-Φύλλο Ραψάνη), στην δελταϊκή περιοχή παρατηρούνται δύο ομάδες γεωλογικών σχηματισμών: ακολουθίες του πτυχωμένου αλπικού υποβάθρου και ιζήματα του πλειοτεταρτογενούς.¹³⁰

Το αλπικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής δομείται από σχηματισμούς πετρωμάτων που εντάσσονται στις γεωτεκτονικές ενότητες Όσσας, Αμπελακίων και Πελαγονικής.¹³⁰

Λιθολογικά, οι σχηματισμοί της γεωτεκτονικής ενότητας Αμπελακίων αποτελούνται από σχιστόλιθους, γνευσιοσχιστόλιθους, γνεύσιους και πρασινίτες. Το πάχος των σχηματισμών της ενότητας υπερβαίνει τα 1000m. Ονομάζεται διαφορετικά και ενότητα μπλε σχιστόλιθων.¹³⁰

Οι πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις δομούν εξ ολοκλήρου την πεδινή περιοχή του δέλτα, εμφανίζοντας σημαντική ποικιλομορφία όσον αφορά τη λιθολογική τους σύσταση και τον τρόπο ιζηματογένεσής τους.¹³⁰ Τα σύγχρονα τεταρτογενή ιζήματα έχουν μεγάλη ανάπτυξη στην Θεσσαλία και αποτελούν τον κύριο ταμιευτήρα υπόγειου νερού.¹²⁹

3.2.3 Εδαφολογία-Λιθολογία

Λεκάνη απορροής Πηνειού ποταμού

Η λεκάνη απορροής του π. Πηνειού αποτελείται κυρίως από κλαστικά ιζήματα, περιλαμβάνοντας Τεταρτογενείς αλλουβιακούς και λιμνιαίους (lacustrine) σχηματισμούς, μολάσες της Ακουιτάνιας και Βουρδιγάλιας ηλικίας και φλύσχη που προέρχεται από τη ζώνη της Πίνδου. Σχιστόλιθοι, ασβεστόλιθοι και δολομίτες από την Πελαγονική ζώνη καλύπτουν το βόρειο τμήμα της λεκάνης απορροής. Η λιθολογία γύρω από το βουνό του Ολύμπου αποτελείται από φυλλίτες, μάρμαρα και δολομίτες που είναι Παλαιοκαινικής ηλικίας.¹³¹

Δέλτα Πηνειού ποταμού

Σύμφωνα με στοιχεία της Εδαφολογικής Μελέτης της περιοχής του Δέλτα του Πηνειού Ποταμού στο Ν. Λάρισας που εκδόθηκε το 1997 από το ΙΧΤΕΛ (Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισας), τα εδάφη της περιοχής προέρχονται από μετασχηματισμένες αλλουβιακές αποθέσεις φερτών υλικών του Πηνειού ποταμού και σε ελάχιστες περιπτώσεις από κολλουβιακές αποθέσεις που προήλθαν από χημική και μηχανική αποσάθρωση πετρωμάτων (κροκαλοπαγή) των ορεινών σχηματισμών του Κάτω Ολύμπου και της Όσσας.¹²⁹ Έτσι η διάκριση των εδαφών έχει ως εξής¹²⁹:

1. *Πρόσφατα αλλουβιακά εδάφη (Entisols)*, εδάφη χωρίς πεδογενετικούς ορίζοντες που χαρακτηρίζονται από την συνεχή προσθήκη νέων υλικών, πλούσιων σε ανθρακικά άλατα κυρίως του Ca. Η κοκκομετρική τους σύσταση είναι συχνά πηλώδης (L) και αργιλλοπηλώδης (CL), χαρακτηρίζονται υπερβολικά έως κακά αποστραγγιζόμενα και απαντώνται στα χαμηλότερα τμήματα του πεδίου πλημμυρών. Το pH είναι ~8 λόγω της περιεκτικότητας σε CaCO_3 και αυξάνεται ελάχιστα με το βάθος.

2. *Αλλουβιακά εδάφη (Inceptisols)*, εδάφη όπου έχει ξεκινήσει ήδη η διαφοροποίηση των οριζόντων. Γενικά, καταλαμβάνουν τα υψηλότερα τμήματα του αλλουβιακού πεδίου ενώ απέχουν από τα πεδία πλημμυρών. Είναι και αυτά ασβεστούχα με το pH~8 λόγω της περιεκτικότητας σε CaCO_3 . Είναι λεπτόκοκκα με επικρατέστερη κοκκομετρική σύσταση την αργιλλώδη (C) και με κακές συνθήκες στράγγισης.

3. *Λοφώδη εδάφη (Entisols)*, χαρακτηριστικό των εδαφών αυτών είναι ο σχετικά μεγάλος και συνεχής βαθμός διαβρώσεως. Οι διαγνωστικοί του ορίζοντες έχουν απομακρυνθεί με την συνεχή διάβρωση και έτσι είναι δυσδιάκριτη η αρχική εδαφική κατατομή. Τα επιφανειακά εδάφη είναι σχετικά πλούσια σε οργανικές ουσίες όταν δεν είναι διαβρωμένα. Το pH των εδαφών αυτών είναι <8 στην επιφάνεια, ενώ δεν διαφοροποιείται με το βάθος.

3.2.4 Κλίμα¹²⁵

Το υδατικό διαμέρισμα διαιρείται σε τρεις περιοχές: την ανατολική παράκτια και ορεινή με μεσογειακό κλίμα, την κεντρική πεδινή με ηπειρωτικό κλίμα και τη δυτική ορεινή με ορεινό κλίμα.

Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται από 16 ως 17°C. Το ετήσιο θερμομετρικό εύρος ξεπερνά τους 22°C. Οι πιο θερμοί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος ενώ οι πιο ψυχροί ο Ιανουάριος, ο Φεβρουάριος και ο Δεκέμβριος. Οι παγετοί είναι συχνοί και εμφανίζονται κατά την περίοδο Νοεμβρίου-Απριλίου.

Το ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στο διαμέρισμα είναι σχετικά μεγάλο στα δυτικά, στη συνέχεια μειώνεται στο πεδινό τμήμα και αυξάνεται πάλι στο ορεινό ανατολικό τμήμα. Στο σύνολο του διαμερίσματος, η μέση ετήσια επιφανειακή βροχόπτωση εκτιμάται στα 678mm. Οι πιο βροχεροί μήνες είναι από τον Οκτώβριο ως τον Ιανουάριο, ενώ οι πιο ξηροί ο Ιούλιος και Αύγουστος. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία κυμαίνεται από 67% μέχρι 72%.¹²⁷ Οι χιονοπτώσεις αποτελούν συνηθισμένο φαινόμενο, ιδιαίτερα στα ορεινά του διαμερίσματος, και γίνονται πιο έντονες από τα νότια προς τα βόρεια και από τα ανατολικά προς τα δυτικά.

3.2.5 Πληθυσμός και ανάπτυξη ¹²⁵

Το ΥΔ Θεσσαλίας συμπίπτει σχεδόν με την Περιφέρεια Θεσσαλίας, που είναι μια από τις κεντρικές περιοχές της χώρας και σχετικά ανεπτυγμένη. Στο υδατικό διαμέρισμα υπάρχει η μεγαλύτερη πεδινή περιοχή της χώρας που έχει όμως ανεπαρκείς υδάτινους πόρους. Εδώ βρίσκεται και η βιομηχανική περιοχή Βόλου με ειδίκευση στη μεταλλουργική βιομηχανία σε κρίση σήμερα. Η περιοχή διαθέτει σημαντικά μνημεία όλων των εποχών (Όλυμπος, παραδοσιακοί οικισμοί Πηλίου, κ.τ.λ.), σημαντικά τοπία και αξιόλογες αλλά περιορισμένης μέχρι σήμερα προσπελασιμότητας ακτές.

Από πλευράς ρύπανσης και αλλοιώσεων των στοιχείων της φυσικής κληρονομιάς, μεγάλο πρόβλημα αποτελεί η ρύπανση του Πηνειού ποταμού και του Παγασητικού Κόλπου. Κρίσιμο ήταν πάντα και γίνεται ολοένα πιο επιτακτικό το πρόβλημα έλλειψης νερού στο ΥΔ.

Πέρα από τα δύο μεγάλα αστικά κέντρα της Λάρισας και του Βόλου, που αποτελούν μια σημαντική αγορά 300.000 κατοίκων, η Θεσσαλία έχει και μικρότερα δυναμικά αστικά κέντρα (Τρίκαλα, Καρδίτσα, Τύρναβος) και 32 ημιαστικά, άμεσα συνδεδεμένα με τις εξελίξεις στον αγροτικό χώρο.

Με βάση τα απογραφικά στοιχεία της Εθνικής Στατιστικής Υπηρεσίας Ελλάδος (ΕΣΥΕ), ο πληθυσμός του διαμερίσματος το 1991 ήταν 730.945 κάτοικοι και το 2001 ήταν 750.445 κάτοικοι, παρουσιάζοντας αύξηση 2,7%.

Σύμφωνα με τα δεδομένα της απογραφής πληθυσμού του 2011, όπως αυτά ανακοινώθηκαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή στην εφημερίδα "ΤΟ ΒΗΜΑ", η Περιφέρεια Θεσσαλίας έχει συνολικό πληθυσμό 732.762 κατοίκους, εκ των οποίων οι 362.194 είναι άνδρες (49,4%) και οι 370.568 είναι γυναίκες (50,6%). Πιο συγκεκριμένα στον Δήμο Λάρισας, το σύνολο του πληθυσμού ανέρχεται στους 162.591 κατοίκους, όπου οι άνδρες είναι 79.762 (49,1%) και οι γυναίκες 82.829 αντίστοιχα (50,9%). Σύμφωνα με την αρθρογράφο της εφημερίδας, ενώ οι γεννήσεις είναι περισσότερες σε σχέση με τους θανάτους, η αύξηση της μετανάστευσης έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των μόνιμων κατοίκων. ¹³²

3.2.6 Διαχείριση Υδάτων ¹²⁵

Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων (ΕΓΥ) είναι ο εθνικός φορέας που είναι υπεύθυνος για την κατάρτιση των προγραμμάτων προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων της χώρας.

Σε περιφερειακό επίπεδο υπεύθυνες για τη διαχείριση των υδάτων είναι οι Διευθύνσεις Υδάτων των αποκεντρωμένων διοικήσεων. Το ΥΔ Θεσσαλίας εμπίπτει στην περιοχή ευθύνης της Διεύθυνσης Υδάτων της αποκεντρωμένης διοίκησης Θεσσαλίας-Στερεάς Ελλάδας.

3.2.7 Επιφανειακά νερά ¹²⁵

Το ΥΔ Θεσσαλίας περιλαμβάνει δύο κύριες υδρολογικές λεκάνες, του Πηνειού με έκταση 11.062km² και των ρεμάτων Αλμυρού-Πηλίου με έκταση 2.079km².

Ο Πηνειός μαζί με τους παραποτάμους του είναι ο μόνος μεγάλης ροής ποταμός που διαρρέει το ΥΔ Θεσσαλίας και τα νερά του χρησιμοποιούνται κυρίως για άρδευση και πρόσληψη πόσιμου νερού.

Σύμφωνα με τις αρχές της Οδηγίας-Πλαίσιο για τα Νερά, τα επιφανειακά νερά του υδατικού διαμερίσματος Θεσσαλίας διακρίνονται σε 4 κατηγορίες: ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια ύδατα.

3.2.8 Προστατευόμενες περιοχές ¹²⁵

Η κατάρτιση Μητρώου Προστατευόμενων Περιοχών αποτελεί απαίτηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ. Σύμφωνα με τις διατάξεις της Κοινοτικής Νομοθεσίας, οι προστατευόμενες περιοχές πρέπει να υπόκεινται σε ειδικό καθεστώς διαχείρισης για την προστασία των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων τους ή για τη διατήρηση των οικοτόπων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας που εξαρτώνται άμεσα από το νερό. Με αυτόν τον τρόπο η Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά λειτουργεί ως "ομπρέλα", καλύπτοντας τους ευρύτερους τομείς περιβαλλοντικούς ή/και οικονομικούς, που σχετίζονται με την προστασία των νερών.

Ο στόχος που τίθεται για τις προστατευόμενες περιοχές είναι η εξασφάλιση της καλής ποιότητας και της επάρκειας των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, αλλά και η προστασία και διατήρηση των φυσικών οικοτόπων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας.

Η δελταϊκή περιοχή του Πηνειού ποταμού, λόγω της πλούσιας χλωρίδας και πανίδας που φιλοξενεί, έχει μεγάλη οικολογική και κοινωνικο-οικονομική αξία. Στις μέρες μας, οι εκβολές του Πηνειού Ποταμού αποτελούν έναν υγρότοπο που παίζει σημαντικό ρόλο στη διαφύλαξη της βιολογικής ποικιλότητας και στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας του. ¹³³

Συγκεκριμένα, η περιοχή του Δέλτα Πηνειού:

- έχει χαρακτηριστεί ως Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ). ¹³⁴

- ανήκει στη λίστα των βιοτόπων CORINE (1988) και αποτελεί περιοχή "ειδικής προστασίας" για την διατήρηση άγριων πτηνών σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ και ανήκει στο δίκτυο NATURA 2000 (Κωδ. GR1420002). Περιλαμβάνει υδροτοπικούς οικοτόπους, δασάκια από άγριες ελιές, καλλιεργούμενους ελαιώνες, βοσκότοπους, παράκτια και παραποτάμια δάση, θίνες και αμμώδεις χερσότοπους.¹³⁵
- σε διεθνές επίπεδο ανήκει στις Σημαντικές Περιοχές για τα Πουλιά (ΣΣΠ), (ICBP-IWRB) εφόσον πολλά αρπακτικά πουλιά φωλιάζουν εκεί και πολλά παρυδάτια είδη πτηνών χρησιμοποιούν τα έλη του. Στην περιοχή έχουν παρατηρηθεί 226 είδη πουλιών που ανήκουν σε περισσότερα από 50 γένη.¹³⁶

3.2.9 Κύριες χρήσεις του νερού¹²⁵

Διαθεσιμότητα

Η υδρολογική λεκάνη του ποταμού Πηνειού καταλαμβάνει περισσότερο από το 70% της έκτασης του ΥΔ Θεσσαλίας. Το υπόλοιπο της έκτασης καταλαμβάνεται από μικρές σχετικά λεκάνες, κυρίως στο Νομό Μαγνησίας.

Οι διαθέσιμοι πόροι για την ικανοποίηση της ζήτησης που αφορούν στις διάφορες χρήσεις διακρίνονται σε επιφανειακούς και υπόγειους. Οι επιφανειακοί πόροι αφορούν στην εκμετάλλευση της ροής των ποταμών.

Η συνολική μέση ετήσια ροή σε όλους τους ποταμούς της Θεσσαλίας είναι 3.540 εκατομμύρια (ή 3,54 δισεκατομμύρια) m³. Από αυτά, τα 3.325 εκατομμύρια αντιστοιχούν στον Πηνειό. Βέβαια, ένα μόνο ποσοστό από αυτές τις ποσότητες είναι διαθέσιμο για χρήση. Αυτό συμβαίνει επειδή μέρος των ποσοτήτων αυτών είναι διάσπαρτο σε δευτερεύοντες ποταμούς και ρέματα αλλά κυρίως επειδή το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών παρατηρείται την υγρή περίοδο του έτους λαμβάνοντας υπόψη ότι η ζήτηση είναι πιο έντονη κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες.

Η εκμετάλλευση των υπόγειων πόρων πραγματοποιείται με έναν πολύ μεγάλο αριθμό γεωτρήσεων (περί τις 30.000-33.000) και την υδρομάστευση πολλών πηγών (π.χ. Μάτι Τυρνάβου, πολλές μικροπηγές). Εκτιμάται ότι από το σύνολο των υπόγειων υδατικών συστημάτων όλου του υδατικού διαμερίσματος αντλήθηκαν το 2007, για την κάλυψη αναγκών, περί τα 860×10^6 m³ νερού .

Στην πραγματικότητα, ο διαχωρισμός των υδάτινων πόρων σε επιφανειακούς και υπόγειους δεν είναι τόσο σαφής όσο φαίνεται αρχικά. Όταν η ροή των ποταμών

εισέρχεται από την ορεινή ζώνη στην πεδινή, σημαντικό μέρος της εισχωρεί στο χονδρόκοκκο υλικό της κοίτης εμπλουτίζοντας τα υπόγεια νερά. Εφόσον τα υπόγεια αυτά νερά δεν υπεραντληθούν, επανατροφοδοτούν τους ποταμούς στα χαμηλότερα τμήματα της πεδιάδας.

Ζήτηση νερού

Οι χρήσεις του νερού διακρίνονται στην ύδρευση και τον τουρισμό, που αφορούν στο πόσιμο νερό (6,8%), την άρδευση (90,8%), την κτηνοτροφία (1,0%) και τη βιομηχανία (1,4%). Η σημαντικότερη ζήτηση αντιστοιχεί στις αρδεύσεις και κατά δεύτερο λόγο, στο πόσιμο νερό. Οι ζητήσεις της βιομηχανίας και της κτηνοτροφίας είναι πολύ μικρότερες.

Επιπλέον των παραπάνω χρήσεων, εξαιρετικά σημαντική είναι η απαίτηση σε νερό για τη διατήρηση και βελτίωση του περιβάλλοντος. Οι απαιτήσεις αφορούν τόσο στα επιφανειακά νερά όσο και στα υπόγεια με στόχο τη διατήρηση μιας καλής κατάστασης ποιοτικά και ποσοτικά.

3.2.10 Μορφολογικές αλλοιώσεις επιφανειακών υδάτινων σωμάτων ¹²⁵

Η προστασία από τις πλημμύρες, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας, η ταμίευση χειμερινού νερού για άρδευση, υδροδότηση, ναυσιπλοΐα, αναψυχή και άλλες σημαντικές ανθρώπινες δραστηριότητες που σχετίζονται με την ανάπτυξη στη χώρα μας, οδήγησαν στην κατασκευή πολλών διαφορετικής κλίμακας έργων τα οποία παρενέβησαν τεχνητά στις φυσικές συνθήκες των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Στο πλαίσιο αυτό προωθήθηκαν έργα όπως ταμιευτήρες φραγμάτων για αρδευτικούς σκοπούς, σκοπούς υδροδότησης περιοχών και παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, διευθετήσεις ποταμών για αντιπλημμυρικούς λόγους, τάφροι ή διώρυγες.

Οι ανθρωπογενείς αυτές παρεμβάσεις επέφεραν όπως είναι αναμενόμενο αλλαγές υδρομορφολογικού χαρακτήρα στα υδάτινα σώματα. Σε άλλες περιπτώσεις παρενέβησαν στο χαρακτήρα του σώματος διαμορφώνοντας μια λίμνη-ταμιευτήρα στην ευρεία περιοχή ενός ποταμού, σε άλλες περιπτώσεις παρενέβησαν στα μορφολογικά χαρακτηριστικά ενός ποταμού (διευθέτηση) ή μιας ακτής (λιμενικά έργα), ενώ σε πολλές περιπτώσεις τροποποίησαν τις φυσικές παροχές νερών μέσω ταμίευσης ή/και απόληψης.

Έτσι, στο ΥΔ Θεσσαλίας (GR08) προσδιορίστηκαν 8 *Ιδιαιτέρως Τροποποιημένα Υδάτινα Σώματα (ITYΣ)* και 4 *Τεχνητά Υδάτινα Σώματα (ΤΥΣ)* σε σύνολο 82 υδάτινων σωμάτων όλων των κατηγοριών (ποτάμια, λίμνες, μεταβατικά και παράκτια).

Στο ΥΔ Θεσσαλίας, στην κατηγορία των ΙΤΥΣ ανήκουν ο ταμιευτήρας του Σμοκόβου, οι λίμνες Κάρλας και Αργυροπουλίου, το τμήμα του ποταμού Σοφαδίτη (παραπόταμος του Πηνειού) κάτω από τον ταμιευτήρα Σμοκόβου, τμήμα του ποταμού Ληθαίου που διέρχεται από τον πολεοδομικό ιστό της πόλης των Τρικάλων, τμήμα του Κουσμπασανιώτικου ρέματος πλησίον της πόλης της Λάρισας και το τμήμα του Πηνειού ποταμού ανάμεσα στον ρουφράκτη Γυρτώνης και την πόλη της Λάρισας.

Από την άλλη πλευρά, στην κατηγορία των ΤΥΣ στο ΥΔ Θεσσαλίας ανήκουν η τεχνητή κοίτη του Πηνειού ποταμού περιμετρικά της πόλης της Λάρισας, η αποστραγγιστική τάφρος Κάρλας και η τάφρος Ξυνιάδας.

3.2.11 Ρύπανση επιφανειακών νερών ¹²⁵

3.2.11.1 Σημειακές πηγές ρύπανσης

Οι σημειακές πηγές ρύπανσης των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων, σχετίζονται με τις απορροές ρυπαντικών φορτίων, κυρίως από τα αστικά υγρά απόβλητα από οικισμούς που εξυπηρετούνται από δίκτυα αποχέτευσης και κεντρικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων (ΕΕΛ), την εσταυλισμένη κτηνοτροφία, τη βιομηχανία και τους χώρους ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων (ΧΑΔΑ). Δευτερεύουσας σημασίας πηγές ρύπανσης είναι οι ιχθυοκαλλιέργειες, οι Χώροι Υγειονομικής Ταφής (ΧΥΤΑ) και τα μεταλλεία-λατομεία.

Αστικά απόβλητα

Στο ΥΔ Θεσσαλίας λειτουργούν 15 ΕΕΛ (συμπεριλαμβανομένων και των ΕΕΛ που εξυπηρετούν οικισμούς κάτω των 2000 ισοδύναμων κατοίκων). Συνολικά ο πληθυσμός που σήμερα εξυπηρετείται από ΕΕΛ ανέρχεται περίπου σε 440.000 ισοδύναμους κατοίκους (δηλαδή περίπου το 60%). Σημειώνεται ότι αρκετές ΕΕΛ έχουν τη δυνατότητα να επεξεργάζονται βοθρολύματα για την εξυπηρέτηση των οικισμών που δεν έχουν αποχετευτικό δίκτυο, ενώ επιπλέον ορισμένες δέχονται και βιομηχανικά υγρά απόβλητα.

Όσον αφορά στο βαθμό επεξεργασίας, σχεδόν όλες οι εγκαταστάσεις έχουν δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου. Σε οκτώ εγκαταστάσεις γίνεται επιπλέον απομάκρυνση φωσφόρου και σε πέντε διύλιση για την περαιτέρω απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών. Το σύνολο των ΕΕΛ αποβάλλει σε κανονικό (μη ευαίσθητο) αποδέκτη και σε 2 εξ αυτών ο αποδέκτης είναι η θάλασσα. Για την παραγόμενη ιλύ, η συνήθης πρακτική διαχείρισης είναι η διάθεσή της σε ΧΥΤΑ (γεγονός που συνιστά μια μη ορθολογική διαχείριση), πλην των ΕΕΛ Λάρισας και Καρδίτσας που η ιλύς διατίθεται ως λίπασμα στη γεωργία.

Η σημαντικότερη πίεση προκαλείται από τις εγκαταστάσεις οι οποίες εξυπηρετούν ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 25.000 κατοίκων και αφορά στις ΕΕΛ Λάρισας, Βόλου, Τρικάλων και Καρδίτσας.

Πίνακας 9: Συγκεντρωτική κατάσταση των οικισμών προτεραιότητας που εξυπηρετούνται με ΕΕΛ και τα εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία. ¹²⁵

ΥΔ08		ΕΕΛ			Χωρίς ΕΕΛ			
		Κατηγορίες Οικισμών			Κατηγορίες Οικισμών			
		A	B	Γ	A	B	Γ	
		>15000 ΜΙΠ σε ευαίσθητο αποδέκτη	>10000 ΜΙΠ σε κανονικό αποδέκτη	10000>ΜΙΠ>2000	>15000 ΜΙΠ σε ευαίσθητο αποδέκτη	>10000 ΜΙΠ σε κανονικό αποδέκτη	10000>ΜΙΠ>2000	
GR16	Πηνειού	0	3	8	0	0	17	
ΥΔ08		ΕΕΛ	ΕΕΛ	Υφιστάμενη	Ρυπαντικά φορτία (tn/έτος)			
			χωρίς στοιχεία φορτίων	λειτουργία ΕΕΛ (ΙΠ)	BOD	TSS	TN	TP
GR16	Πηνειού	12	2	271713	309,8	312,5	233,7	187,2
ΥΔ08		ΕΕΛ	ΕΕΛ	Υφιστάμενη	Ρυπαντικά φορτία (tn/έτος)			
			χωρίς στοιχεία φορτίων	λειτουργία ΕΕΛ (ΙΠ)	BOD	TSS	TN	TP
2		1	1	-	-	-	-	-
2N		4	0	151400	142	175	138	109
2NP		5	0	118095	180,0	154,4	100,3	79,7
2N+ΔΙΥΛΗΣΗ		2	1	5598	4,3	2,2	5,1	0,9
2NP+ΔΙΥΛΗΣΗ		3	0	161620	103,0	301,2	139,8	25,1
ΣΥΝΟΛΟ		15	2	436713	429,5	633,2	383,5	214,6
2N=δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου								
2NP=δευτεροβάθμια επεξεργασία με απομάκρυνση αζώτου και φωσφόρου								
ΔΙΥΛΗΣΗ=επεξεργασία για την περαιτέρω απομάκρυνση αιωρούμενων στερεών								

Σε κάθε περίπτωση, είναι προφανές ότι η λειτουργία των ΕΕΛ έχει ως στόχο τη μείωση των πιέσεων στα υδάτινα σώματα.

Στο ΥΔ08 έχουν καταγραφεί και οικισμοί ή μέρος αυτών, στους οποίους υπάρχει κατασκευασμένο αποχετευτικό δίκτυο, το οποίο όμως δεν καταλήγει σε ΕΕΛ, αλλά απευθείας σε επιφανειακό αποδέκτη (ρέμα) και θεωρείται σημαντική σημειακή πίεση. Οι οικισμοί αυτοί είναι 24 με συνολικό πληθυσμό της τάξης των 31.000 (ή περίπου 4% του συνολικού πληθυσμού) και σ' αυτούς ανήκουν τα Φάρσαλα, η Αγιά, το Βελεστίνο, η Κρανέα Ελασσόνας και ο Δομοκός. Οι υπόλοιποι 19 οικισμοί εντάσσονται στην κατηγορία "κάτω των 2.000 ισοδύναμων κατοίκων", για τους οποίους απαιτείται κατάλληλη επεξεργασία λυμάτων.

Σύμφωνα με τον πίνακα 10, τα ρυπαντικά φορτία από τη σύνδεση σε αποχετευτικό δίκτυο που δεν καταλήγει σε ΕΕΛ, είναι ελαφρά μεγαλύτερα από τα φορτία των ΕΕΛ. Σε κάθε περίπτωση, η βασική πίεση προέρχεται από τις διάχυτες εκπομπές αστικών λυμάτων σε οικισμούς χωρίς αποχέτευση.

Για τις μονάδες εκτός ΒΙΠΕ, η βιομηχανική δραστηριότητα εξειδικεύεται σε κλάδους μεταποίησης αγροτικών προϊόντων (κυρίως βιομηχανίες ειδών διατροφής), γεγονός που συνδέεται με τον έντονο αγροτικό χαρακτήρα του ΥΔ.

Οι εκάστοτε οργανωμένες Βιομηχανικές Περιοχές (ΒΙΠΕ) θεωρούνται σημειακές πηγές αλλά οι πιέσεις στα υδάτινα σώματα από τα υγρά απόβλητα των βιομηχανιών αυτών δεν είναι όμως σημαντικές.

Κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις

Η κτηνοτροφία σε εσταυλισμένες εγκαταστάσεις αφορά στην εκτροφή χοίρων και πουλερικών και κατά περίπτωση βοοειδών. Η εκτίμηση των πιέσεων της κτηνοτροφίας ως σημειακή πηγή ρύπανσης περιλαμβάνει τις μεγάλες σχετικά μονάδες. Οι υπόλοιπες μονάδες αντιμετωπίζονται ως διάχυτη εκπομπή.

Στο ΥΔ Θεσσαλίας συγκεντρώνονται 43 οργανωμένες κτηνοτροφικές μονάδες, εκ των οποίων το 65% είναι μονάδες εκτροφής βοοειδών σε στεγασμένους χώρους, το 23% είναι μονάδες εκτροφής χοίρων και το 12% πτηνοτροφεία. Όσον αφορά στην λεκάνη απορροής του π. Πηνειού, η εσταυλισμένη κτηνοτροφική δραστηριότητα που εντοπίζεται σε αυτήν αντιπροσωπεύει το 16%.

Σύμφωνα με τον πίνακα 11, τα υπολογιζόμενα ρυπαντικά φορτία δεν σχετίζονται άμεσα με ρύπανση που φθάνει στα επιφανειακά υδάτινα σώματα αλλά είναι ενδεικτικά του απορριπτόμενου ρυπαντικού φορτίου σε κάθε λεκάνη απορροής.

Πίνακας 11: Εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων. ¹²⁵

ΛΑΠ	BOD_ Φορτίο (tn/έτος)	TSS_ Φορτίο (tn/έτος)	TN_Φορτίο (tn/έτος)	TP_Φορτίο (tn/έτος)
Λεκάνη Πηνειού (GR16)	4780	15435	1093	239

Ιχθυοκαλλιέργειες

Στο ΥΔ Θεσσαλίας δεν απαντάται σημαντικός αριθμός ιχθυοκαλλιεργειών. Στην περιοχή είναι εγκατεστημένες 3 μονάδες αλμυρού νερού και 7 μονάδες γλυκού νερού ενώ σχεδόν το σύνολο των μονάδων γλυκού νερού απαντάται στο Νομό Τρικάλων.

Πίνακας 12: Κατάσταση εκτιμώμενων ρυπαντικών φορτίων ιχθυοκαλλιέργειας. ¹²⁵

ΥΔ08		Μονάδες	Κατηγοριοποίηση με βάση την πληρότητα στοιχείων		Ρυπαντικά φορτία (Tn/έτος)		
			A	B	BOD	TN	TP
GR16	Πηνειού	6	5	1	8,9	2,2	0,2
ΥΔ08		Μονάδες	Κατηγοριοποίηση με βάση την πληρότητα στοιχείων		Ρυπαντικά φορτία (Tn/έτος)		
			A	B	BOD	TN	TP
ΑΛΜΥΡΟΥ ΝΕΡΟΥ		3	3	0	233,1	41,4	7,4
ΓΑΛΚΟΥ ΝΕΡΟΥ		6	5	1	78,0	20,0	2,1
ΣΥΝΟΛΟ		9	8	1	311,1	61,4	9,5
Α-Μονάδες με δεδομένα για εκτίμηση ρυπαντικών φορτίων (δυναμικότητα)							
Β-Μονάδες με στοιχεία μόνο της επωνυμίας θέσης και δραστηριότητας των μονάδων							

Χώροι Υγειονομικής Ταφής απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)

Στο ΥΔ Θεσσαλίας (ΥΔ08) καταγράφονται τέσσερεις (4) ΧΥΤΑ σε λειτουργία (Λάρισας, Τρικάλων, Βόλου και Αργαλαστής). Ο ΧΥΤΑ της Λάρισας εξυπηρετεί όλο το νομό, ο ΧΥΤΑ Τρικάλων εξυπηρετεί τους Νομούς Τρικάλων και Καρδίτσας, ο ΧΥΤΑ Βόλου εξυπηρετεί το μεγαλύτερο μέρος της ηπειρωτικής Μαγνησίας και ο ΧΥΤΑ Αργαλαστής λειτούργησε σχετικά πρόσφατα και εξυπηρετεί μεγάλο μέρος του Πηλίου. Τα επεξεργασμένα στραγγίσματα των ΧΥΤΑ Λάρισας, Τρικάλων και Βόλου, οδηγούνται στις αντίστοιχες ΕΕΛ, ενώ του ΧΥΤΑ Αργαλαστής ανακυκλοφορούν στο ΧΥΤΑ μετά την επεξεργασία. Πρακτικά, με την προϋπόθεση ορθής λειτουργίας, δε δημιουργούνται πιέσεις στα υδάτινα σώματα από τους εν λόγω ΧΥΤΑ.

Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (ΧΑΔΑ)

Στο ΥΔ Θεσσαλίας (ΥΔ08) καταγράφονται πενήντα ένας (51) ΧΑΔΑ. Όλοι οι ΧΑΔΑ είναι κλειστοί αλλά μη αποκατεστημένοι, και όλοι διαθέτουν άδεια αποκατάστασης. Από αυτούς 13 βρίσκονται στο Νομό Καρδίτσας, 12 στο Νομό Λάρισας, 6 στο Νομό Μαγνησίας, και 20 στο Νομό Τρικάλων. Είκοσι οκτώ από τους ΧΑΔΑ υπερβαίνουν σε έκταση τα 10 στρέμματα, με σημαντικότερο τον ΧΑΔΑ Καλαμπάκας, που καταλαμβάνει έκταση 257 στρεμμάτων.

Πίνακας 13: Εκτιμώμενα ρυπαντικά φορτία από ΧΑΔΑ. ¹²⁵

ΛΑΠ	Φορτίο εξόδου BOD (tn/έτος)	Φορτίο εξόδου TSS (tn/έτος)	Φορτίο εξόδου P (tn/έτος)	Φορτίο εξόδου N (tn/έτος)
Λεκάνη Πηνειού (GR16)	128	255	77	64

3.2.11.2 Διάχυτες πηγές ρύπανσης

Οι μη σημειακές ή διάχυτες πηγές ρύπανσης των επιφανειακών υδάτινων σωμάτων σχετίζονται με τις απορροές ρυπαντικών φορτίων, κυρίως θρεπτικών από την αγροτική

δραστηριότητα, την κτηνοτροφία και τα αστικά υγρά απόβλητα από τους οικισμούς που δεν εξυπηρετούνται από δίκτυα αποχέτευσης και κεντρικές ΕΕΛ.

Οι περιοχές που επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τις διάχυτες πηγές ρύπανσης εντοπίζονται στην Λεκάνη του π. Πηνειού (Πηνειός, Ενιπέας, Καλέντζης, Ληθαίος, Πάμισος, Μέγα Ρέμα, Δυτική Κοίτη Τρικάλων Σοφαδίτης, Τάφρος 7Τ, Φαρσαλιώτης) και στην Λεκάνη Αλμυρού-Πηλίου (Ξεριάς Αλμυρού, Χολόρεμμα, Πλατανόρεμμα).

3.3 Προηγούμενη έρευνα για το περιβάλλον του Πηνειού ποταμού

Ο Πηνειός ποταμός είναι ένα από τα σημαντικότερα ποτάμια της Ελλάδας, αφού αρδεύει τον Θεσσαλικό κάμπο, στηρίζοντας τη μεγαλύτερη αγροτική παραγωγή της χώρας. Στον πίνακα 14 παρουσιάζεται μια σύνοψη της δημοσιευμένης έρευνας στα νερά και τα ιζήματα του π. Πηνειού, με τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν. Από τη σύνοψη της βιβλιογραφίας μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι η μελέτη στον π. Πηνειό έχει επικεντρωθεί κυρίως στα νερά, στα οποία έχουν προσδιοριστεί διάφορες χημικές και φυσικοχημικές παράμετροι, θρεπτικά συστατικά, βαρέα μέταλλα, ενώσεις και ραδιονουκλίδια.

Εκτός από την διεθνή βιβλιογραφία, η Διαχειριστική Μελέτη Υδατικών Πόρων Λεκάνης Απορροής π. Πηνειού (2006) περιελάμβανε σε σχέση με τα χημικά δεδομένα ποιότητας: συλλογή όλων των διαθέσιμων δεδομένων, κωδικοποίηση των σημείων παρακολούθησης και επισκόπηση των αποτελεσμάτων τα οποία προέκυπταν από την επεξεργασία των δεδομένων.¹³⁷

Πίνακας 14: Καταγραφή διαθέσιμων χημικών δεδομένων για τον π. Πηνειό.¹³⁷

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ		
ΦΟΡΕΑΣ	ΣΩΜΑΤΑ	ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ & ΕΤΗ
1. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Δ/ση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Νερών (Τηλ. 210 8653150, Πατησίων 147, Κα Π. Πούλου) «Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Ποιότητας Επιφανειακών Υδάτων»	Πηνειός, Τιταρήσιος, Ενιπέας, Καλέτζης, Ασμάκι, Κάρλα, Ληθαίος, Λίμνη Αργυροπουλίου	33 1998-2003
2. Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. Δ/ση Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού, Τμήμα Νερών (Τηλ. 210 8653150, Πατησίων 147, Κα Π. Πούλου) «Πρόγραμμα μείωσης της ρύπανσης και δημιουργία δικτύου παρακολούθησης για τα μέταλλα του Καταλόγου II της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ – Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Περιβάλλοντος «Λειτουργία Δικτύου παρακολούθησης της ποιότητας επιφανειακών αποδεκτών ως προς τις ουσίες του Καταλόγου I της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ» – Πανεπιστήμιο Αιγαίου – Τμήμα Περιβάλλοντος	Πηνειός	2 1998-1999
2. Υπ. Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων Δ/ση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Αξιοποίησης Εδαφοϋδατικών Πόρων, Τμήμα Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων (Τηλ. 210- 8399786, Λιοσίων 210 & Σεράφη 60, Κα Γ. Κωστοπούλου) «Προγράμματα Ελέγχου Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων»	Ληθαίος, Πηνειός, Αγ. Μονής, Πορταϊκός	25 1980-2005

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα που εξήχθησαν από τις μελέτες των παραπάνω φορέων, ο π. Πηνειός φαίνεται να παρουσιάζει μια επιβαρυμένη ποιοτικά εικόνα με βάση τις παραμέτρους που προσδιορίστηκαν.

Πίνακας 15: Σύνοψη διεθνούς βιβλιογραφίας για προηγούμενες μελέτες στον π. Πηνειό.

ΑΝΑΦΟΡΑ	ΕΤΟΣ	ΙΖΗΜΑΤΑ	ΝΕΡΑ	ΧΛΩΡΙΔΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ	ΧΡΟΝΟΣ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΜΕΤΑΛΛΑ	ΡΑΔΙΟΝΟΥΚΛΙΔΙΑ	ΑΛΛΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ
Sawidis et. al ¹³⁸	1991	•		•	6 σημεία * 6 δείγματα	12 μήνες	Κοίτη, ~ 100km	Fe, Mn, Ni, Zn, Cr, Cu		
Sawidis et. al ¹³⁹	1995	•		•	1 σημείο * 1 δείγμα	Μία φορά	4km από τις εκβολές	Mn, Zn, Ni, Cu, Pb, Cd		
Milliadis ¹⁴⁰	1995		•		2 σημεία * 2 δείγματα	24 μήνες	Λάρισα			Οργανοχλ/μένα & οργανοφωσφωρικά φυτοφάρμακα
Sawidis ¹⁴¹	1996	•		•	1 σημείο * 1 δείγμα	Μία φορά	4km από τις εκβολές		Cs-137, Cs-134, K-40, Ra-226, Ra-228, Th-228	
Sawidis ¹⁴²	1997a		•		11 σημεία * 11 δείγματα	24 μήνες	Κοίτη, ~ 100km			Θερμ/σία, pH, αγωγιμότητα, COD, DO, NO ₂ , NO ₃ , PO ₄
Sawidis ¹⁴³	1997b		•		1 σημείο * 1 δείγμα	12 μήνες	4km από τις εκβολές			pH, αγωγ/τα, COD, DO, NO ₂ , NO ₃
Stamatis ¹⁴⁴	1999		•		52 σημεία * 52 δείγματα	2 μήνες	Κοίτη, παραπόταμοι & πηγές			Ιόντα, TDS
Fytianos et al. ¹⁴⁵	2002		•		8 σημεία * 8 δείγματα	12 μήνες	Κοίτη ~ 100km	Pb, Cd, Cr, Cu, Ni		Θερμ/σία, pH, αγωγ/τα, σκληρ/τα, θολερ/τα, ιόντα, COD, DO, N, P, C
Bellos et al. ¹⁴⁶	2004		•		9 σημεία * 9 δείγματα	36 μήνες	Κοίτη , ~ 100km			C, P, S, N
Bellos & Sawidis ¹⁴⁷	2005		•		9 σημεία * 9 δείγματα	36 μήνες	Κοίτη, ~ 100km			Θερμ/σία, pH, αγωγ/τα, σκληρ/τα, COD, DO
Karageorgis et al. ¹⁴⁸	2005	•			1 σημείο * 1 δείγμα	Μία φορά	Δέλτα ~50m βάθος	V, Mn, Ni, Cu, Zn, Sr, Pb	Cs-137, Ra-226, Pb-210	
Fytianos et al. ¹⁴⁹	2006		•		4 σημεία * 4 δείγματα	12 μήνες	Κοίτη, ~ 100km			N-μεθυλοκαρβαμιδικά φυτοφάρμακα
Karamanis et al. ¹⁵⁰	2008		•		3 σημεία * 3 δείγματα	24 μήνες	Κοίτη ~ 100km	V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Mo, Pb	Ra-226, α- και β- ραδιενέργεια	Θερμ/σία, pH, αγωγ/τα, TDS

Στους επόμενους πίνακες παρατίθενται οι συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στα νερά και τα ιζήματα του π. Πηνειού από την βιβλιογραφία.

Πίνακας 16: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα νερά του π. Πηνειού από την βιβλιογραφία.

Μέταλλα	Cu	Zn	Ni	Cd	Pb	Mn	Fe
Fytianos et al. ¹⁴⁵ (μg/l)	5,2-6,9	-	12-16,7	0,45-0,65	3,4-5,3	-	-
Karamanis et al. ¹⁵⁰ (μg/l)	0,9-10,8	1,8-57,9	0,9-12,4	-	0,1-4,0	<0,2-15,1	4,4-692,8

Πίνακας 17: Συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων στα ιζήματα του π. Πηνειού από την βιβλιογραφία.

Μέταλλα	Cu	Zn	Ni	Cd	Pb	Mn	Fe	Al
Sawidis et al. ¹³⁸ (mg/kg)	0,4*	0,6*	1,5*	-	-	3,7*	133,9*	-
Sawidis et al. ¹³⁹ (mg/kg)	27,6	50,0	154,0	1,8	6,5	424	-	-
Karageorgis et al. ¹⁴⁸ (mg/kg)	38-44	107-123	217-225	-	26-35	819-1412	-	8,06-8,59

* : Μέσοι όροι εκχυλίσμων μετάλλων σε mg/kg.

Στην συνέχεια παρατίθενται συνοπτικά αποτελέσματα και συμπεράσματα από την υπόλοιπη διαθέσιμη βιβλιογραφία για τον π. Πηνειό.

Σε μεταγενέστερη εργασία τους το έτος 2003, οι Sawidis et al. μελετώντας την δέσμευση Cs-137 σε μακροάλη σε διάφορους υδροβιότοπους της Β. Ελλάδας διαπίστωσαν αυξημένες ενεργότητες σε δείγματα από τον Πηνειό ποταμό.¹⁵¹

Το 2005 οι Karageorgis et al. σε δημοσιευμένη εργασία τους μελετούν τα επιφανειακά ιζήματα που έχουν συλλέξει στο ΒΔ Αιγαίο (συμπεριλαμβανομένων και των εκβολών του Πηνειού) τις χρονιές 1997 και 1998 και τα αναλύουν για να προσδιορίσουν την σύνθεση τους σε μεταλλικά στοιχεία, τον οργανικό άνθρακα, τα περιεχόμενα ανθρακικά άλατα και τα πρωτεύοντα και δευτερεύοντα στοιχεία. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι να καταγραφούν για πρώτη φορά γεωχημικά και ορυκτολογικά δεδομένα εκτεταμένης υψηλής ανάλυσης (σε μια χωρική βάση) για το σύνολο του ΒΔ Αιγαίου και εν συνεχεία να αξιολογηθούν.¹⁵²

Η μελέτη των Mimikou et al. το 2000 στην λεκάνη απορροής του Πηνειού έχει ως σκοπό να αξιολογήσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους υδάτινους πόρους (επιφανειακή απορροή) και στην ποιότητα του νερού.¹⁵³

Η εργασία των Pikounis et al. το 2003 διερευνά τις υδρολογικές επιπτώσεις συγκεκριμένων αλλαγών στη χρήση της γης σε μια λεκάνη απορροής του ποταμού Πηνειού (λεκάνη απορροής Αλή Εφέντη) στη Θεσσαλία μέσω της εφαρμογής του SWAT (Soil and Water Assessment Tool) σε μηνιαία βάση.¹⁵⁴

Το 2003 στα πλαίσια της ερευνητικής του εργασίας ο Boorman μας εκθέτει τα αποτελέσματα που προήλθαν από το πρόγραμμα CHESS (Climate, Hydrochemistry and Economics of Surface-water Systems), τα οποία περιγράφουν μια μοναδική προσπάθεια μοντελοποίησης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ποιότητα του νερού σ' ένα σύνολο Ευρωπαϊκών λεκανών απορροής, συμπεριλαμβανομένης και αυτής του π. Πηνειού στη Θεσσαλία. Τα στοιχεία που πλαισιώνουν την έρευνα περιλαμβάνουν τα μοντέλα SWAT και QUESTOR (Quality Evaluation and Simulation Tool for River Systems), τα σενάρια σχετικά με το κλίμα, τις αναλυτικές μεθόδους και την παρουσίαση των αποτελεσμάτων.¹⁵⁵

Ένα χρόνο αργότερα, το 2004, οι Skoulikidis et al. παρουσιάζουν μια πρώτη προσέγγιση προς ένα ολοκληρωμένο, βασιζόμενο στα μακροασπόνδυλα, ειδικό σύστημα (τύπου ποταμού) για την αξιολόγηση και ταξινόμηση της οικολογικής ποιότητας στα ελληνικά ποτάμια (συμπεριλαμβανομένου και του Πηνειού) που πλήττονται από τον εμπλουτισμό με θρεπτικά συστατικά. Αυτό το σύστημα αναπτύχθηκε στα πλαίσια της εφαρμογής του σχεδίου AQEM (The Development and Testing of an Integrated Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers throughout Europe using Benthic Macroinvertebrates) στη Ελλάδα. Η εφαρμοζόμενη μέθοδος είναι πολύ ελπιδοφόρα για την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά στην Ελλάδα.¹⁵⁶

Το 2005, οι Bonazountas et al. μελέτησαν την ισορροπία του κύκλου του νερού στην λεκάνη απορροής του π. Πηνειού βασιζόμενοι στο μοντέλο SESOIL της USEPA. Οι προσομοιώσεις συγκρίθηκαν με τις παρατηρούμενες ροές του ποταμού και απορροές της λεκάνης του. Οι προσομοιωμένες μηνιαίες τιμές ήταν κοντά σε αυτές που παρατηρούνται στα 2/3 των εξεταζόμενων περιπτώσεων.¹⁵⁷

Οι Chatzinikolaou et al. σε δημοσιευμένη εργασία τους το έτος 2007 μελέτησαν την ικανότητα αυτοκαθαρισμού του π. Πηνειού βασιζόμενοι στην συμπεριφορά των βενθικών μακροασπονδύλων στην περίπτωση της ρύπανσης της λεκάνης απορροής από δημοτικά, βιομηχανικά και γεωργικά λύματα.¹⁵⁸

Την ίδια χρονιά, οι Loukas et al. στα πλαίσια της έρευνας τους ανέπτυξαν ένα μοντέλο για την εκτίμηση της βιωσιμότητας των στρατηγικών διαχείρισης των υδάτινων πόρων στην λεκάνη απορροής του π. Πηνειού¹⁵⁹, ενώ το 2010 ο Loukas μελέτησε και παρουσίασε την στατιστική ανάλυση και την ανάλυση τάσεων για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων και την απορροή του π. Πηνειού, καθώς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν για την ποιότητα των επιφανειακών υδάτων με βάση κριτήρια για χρήσεις όπως η ανθρώπινη κατανάλωση και η άρδευση.¹⁶⁰

Η μελέτη των Mouratiadou & Moran, το 2007, διερευνά το ζήτημα της συμμετοχής του κοινού στην περιοχή της λεκάνης απορροής του π. Πηνειού στην Ελλάδα, μια πιλοτική περιοχή για την εφαρμογή της Οδηγίας Πλαίσιο για τα νερά (Water Framework Directive, WFD).¹⁶¹

Οι Ioannou et al. το 2009 και οι Chatzinikolaou et al. το 2010 παρουσίασαν τις εργασίες τους σχετικά με την ανάλυση Πίεσεων-Αποκρίσεων (IMPRESS, Impact-pressure analysis) για την λεκάνη απορροής του π. Πηνειού με βάση την μεθοδολογία DPSIR (Driving force-Pressure-State-Impact-Response) η οποία αντανάκλα τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν η κοινωνία, η οικονομία και το φυσικό περιβάλλον. Η ανάλυση αυτή εκτιμά την πιθανότητα να επιτευχθεί καλή οικολογική κατάσταση στη λεκάνη απορροής του Πηνειού μέχρι το 2015, χρονικός ορίζοντας που καθορίζεται και από την Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά (EU Water Framework Directive). Σε σύγκριση με άλλα βόρεια ελληνικά ποτάμια, στον π. Πηνειό η μέση συγκέντρωση των διαλυμένων ανόργανων νιτρικών αλάτων ήταν υψηλότερη. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης IMPRESS έδειξαν ότι η πιθανότητα να μην επιτευχθεί η καλή οικολογική κατάσταση στον π. Πηνειό είναι υψηλή λόγω της ρύπανσης και μέτρια λόγω των υδρομορφολογικών πιέσεων.^{162,163}

Σκοπός της μελέτης των Makropoulos et al., το 2010, ήταν να δημιουργηθεί ένα μοντέλο της υδρολογίας (βροχή-απορροή) στον π. Πηνειό και να ενωθεί με το υδραυλικό μοντέλο του ποταμού και με το μοντέλο ποιότητας του νερού του έτσι ώστε οι πηγές και η τύχη των ρύπων στη λεκάνη απορροής να μπορούν να μοντελοποιηθούν ως μια βάση για να τεθούν σε προτεραιότητα οι παρεμβάσεις και να αξιολογηθεί η απόδοσή τους.¹⁶⁴

Τέλος, η πιο πρόσφατη δημοσιευμένη μελέτη που αφορά στον Πηνειό ποταμό πραγματοποιήθηκε από τους Ntislidou et al. το 2013 και πραγματεύεται την αλληλοβαθμονόμηση των ορίων του Ελληνικού Συστήματος Αξιολόγησης (HESY-Hellenic Evaluation System) για την οικολογική ποιότητα των ελληνικών ποταμών

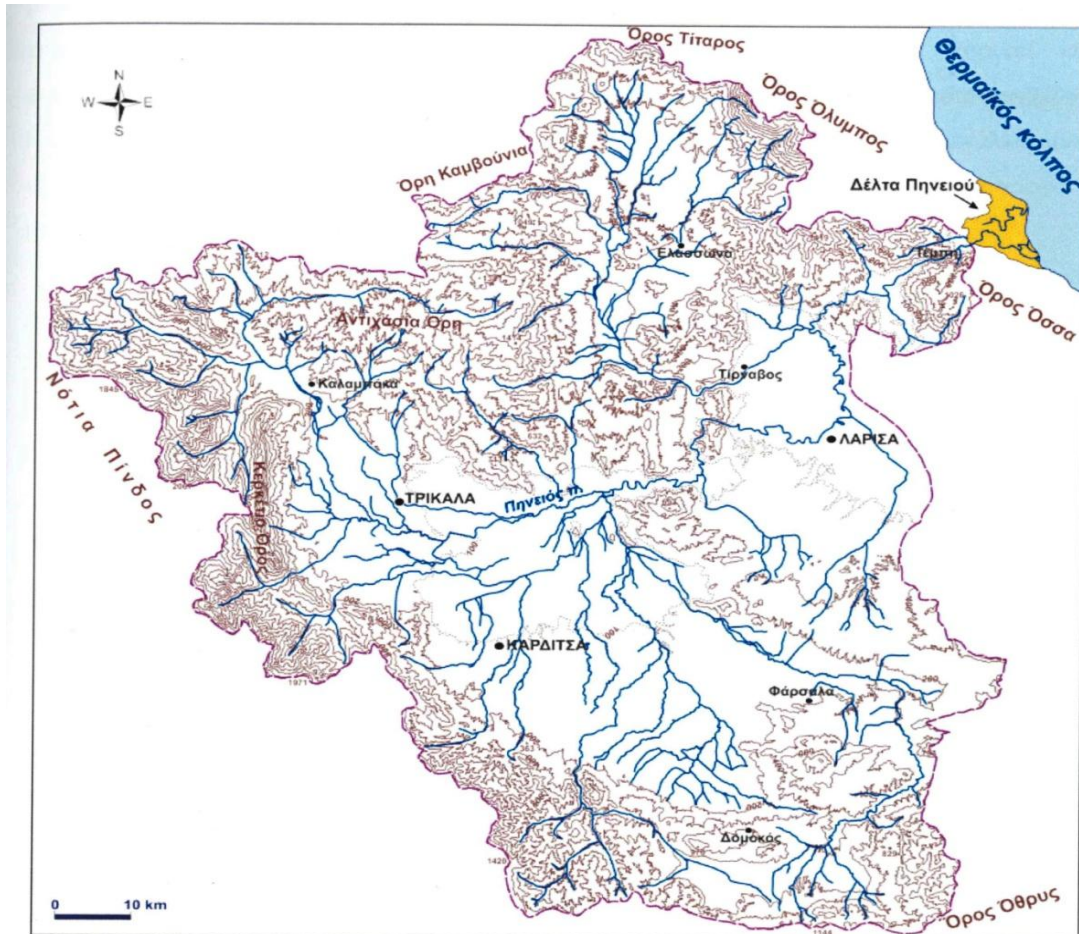
(Βόρεια και Κεντρική Ελλάδα) με τα επίσημα όρια ποιότητας που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα όρια ποιότητας των πολυμετρικών δεικτών STAR ICMi και ICMi7RM της Μεσογειακής βάσης δεδομένων αναφοράς Guadalmed.¹⁶⁵

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

4.1 Μέθοδοι δειγματοληψίας

Η περιοχή μελέτης ήταν ο Πηνειός ποταμός και πιο συγκεκριμένα ο κατώτερος κύριος ρους του και οι εκβολές του.



Εικόνα 1: Υδρολογικός χάρτης της λεκάνης απορροής του π. Πηνειού (Θεσσαλία). ¹⁶⁶

Η πρώτη δειγματοληψία στα επιφανειακά νερά του ποταμού πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 2012 και χαρακτηρίστηκε ως προκαταρκτική. Επίσης, οι δειγματοληψίες στα διάφορα σημεία κατά μήκος του κατώτερου ρου του ποταμού ξεκίνησαν τον Σεπτέμβριο 2012 και ολοκληρώθηκαν τον Ιούλιο 2013. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε μηνιαία και τριμηνιαία βάση. Οι τριμηνιαίες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον μήνα Οκτώβριο 2012 και τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο και Ιούλιο 2013.

Οι σταθμοί δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες.

Πίνακας 18: Σταθμοί δειγματοληψίας υδάτων στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού.

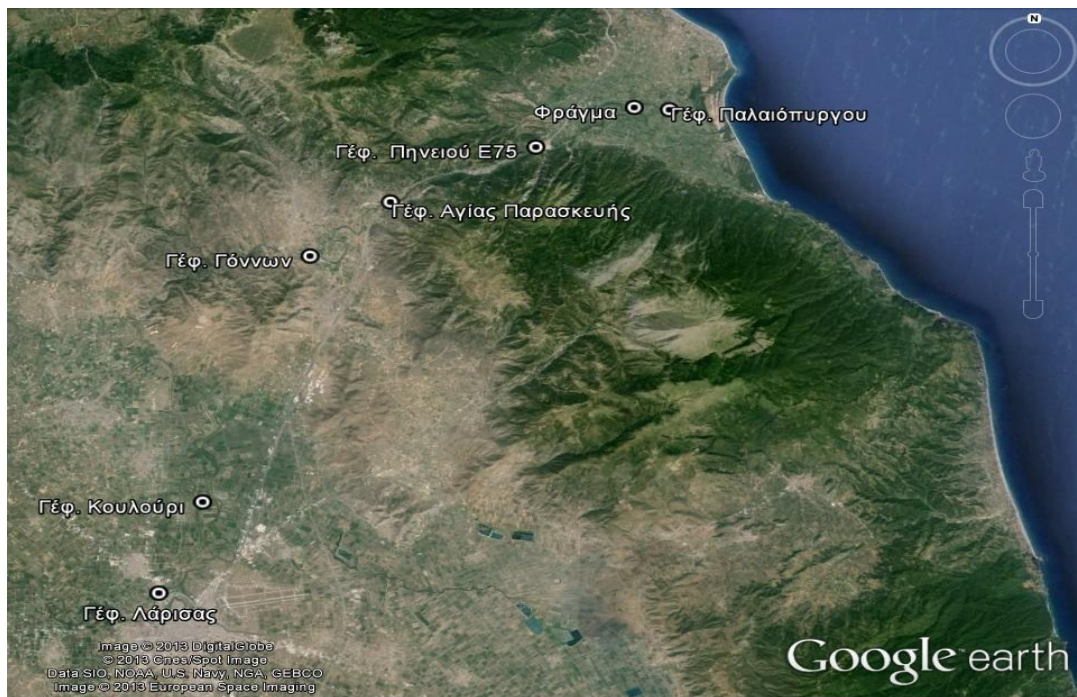
Ονομασία	Στίγμα	Μηνιαία	Τριμηνιαία
Γέφυρα Λάρισας	22°24'28.27"A, 39°39'9.68"B	•	•
Γέφυρα Κουλούρι	22°26'51.20"A, 39°40'31.93"B	-	•
Γέφυρα Γόννων	22°31'38.62"A, 39°51'38.30"B	•	•
Γέφυρα Τεμπών-Αγ. Παρασκευής	22°35'7.00"A, 39°52'44.00"B	•	•
Γέφυρα Πηνειού Ε75	22°36'28.06"A, 39°53'31.34"B	-	•
Γέφυρα Παλαιόπυργου	22°40'55.31"A, 39°54'49.05"B	•	•
Φράγμα	22°39'44.27"A, 39°54'50.35"B	-	•

Πίνακας 19: Σταθμοί δειγματοληψίας υδάτων στις εκβολές του π. Πηνειού.

Ονομασία	Στίγμα	Μηνιαία	Τριμηνιαία
Εκβολή 4	22°42'15.81"A39°55'23.93"B	-	•
Εκβολή 3	22°42'40.25"A39°55'58.12"B	-	•
Εκβολή 2	22°43'0.49"A39°56'4.21"B	-	•
Εκβολή 1	22°43'7.47"A39°56'4.81"B	-	•

Συμπληρωματικά, τον Απρίλιο 2013 για να μελετηθεί η συμπεριφορά των μετάλλων στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού συλλέχθηκαν έξι δείγματα νερού διαφορετικής αλατότητας (1Α, 1Β, 1Γ, 1Γ', 1Ε και 1Δ) στην περιοχή της εκβολής. (εικόνα 3-κόκκινος κύκλος). Τα αποτελέσματα αυτής της ειδικής μελέτης δίνονται στο κεφάλαιο 5.4 Ειδική μελέτη της συμπεριφοράς των μετάλλων στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού.

Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται οι χάρτες με τους σταθμούς δειγματοληψίας στα επιφανειακά νερά του π. Πηνειού (κατώτερος κύριος ρους & εκβολές).



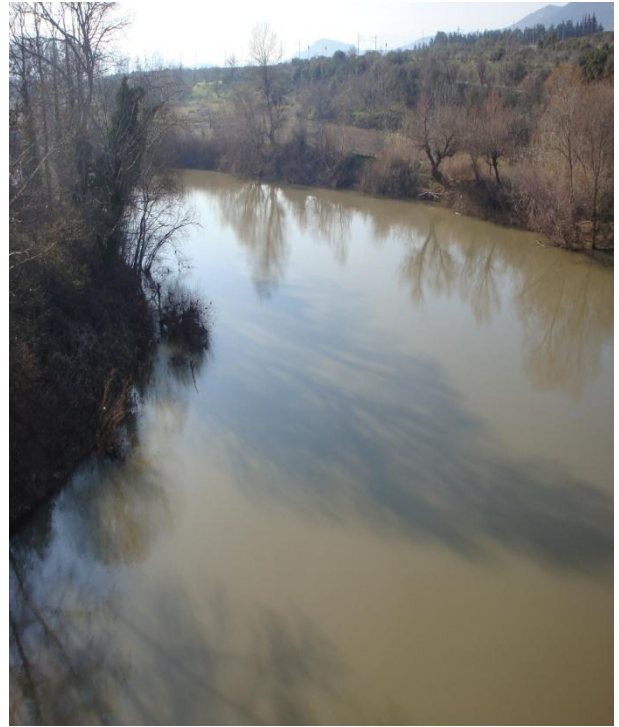
Εικόνα 2: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας στα επιφανειακά νερά του π. Πηνειού (κατώτερος κύριος ρους του ποταμού).



Εικόνα 3: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού.



Εικόνα 4: Γέφυρα Λάρισας



Εικόνα 5: Γέφυρα Γόννων



Εικόνα 6: Γέφυρα Παλαιόπυργου



Εικόνα 7: Γέφυρα Αγ. Παρασκευής



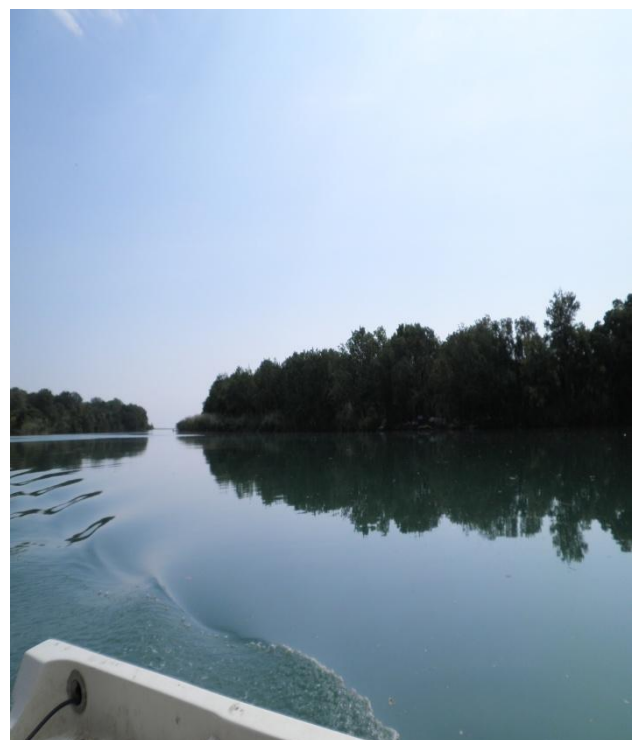
Εικόνα 8: Πηγή Γέφυρας Πηνειού Ε75



Εικόνα 9: Γέφυρα Πηνειού Ε75



Εικόνα 10: Ρουφράκτης Γυρτώνης



Εικόνα 11: Εκβολές π. Πηνειού

4.2 Εργασίες πεδίου

Τα επιφανειακά υδάτινα δείγματα στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού συλλέχθηκαν είτε με το χέρι είτε με κατάλληλους δειγματολήπτες από γέφυρες ανάλογα με την πρόσβαση στους σταθμούς δειγματοληψίας. Για την συλλογή και την αποθήκευση των υδάτινων δειγμάτων, τόσο σε μηνιαία όσο και σε τριμηνιαία βάση, χρησιμοποιήθηκαν προκαθαρισμένες φιάλες Nalgene χωρητικότητας 2L.

Στις τριμηνιαίες δειγματοληψίες, τον Οκτώβριο του 2012 και τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο και Ιούλιο του 2013, συλλέχθηκαν δείγματα στις εκβολές σου ποταμού με την βοήθεια ιδιωτικού σκάφους. Τα επιφανειακά υδάτινα δείγματα συλλέχθηκαν με το χέρι ενώ τα υπο-επιφανειακά υδάτινα δείγματα με φιάλη δειγματοληψίας νερού "WINDAUS" με ενσωματωμένο θερμόμετρο. Στην συνέχεια τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε προκαθαρισμένες φιάλες Nalgene χωρητικότητας 2L.

Σε όλες τις δειγματοληψίες μετρήθηκαν *in situ* οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού. Αυτές ήταν το pH, η αγωγιμότητα, η αλατότητα και η θερμοκρασία. Οι μετρήσεις έγιναν με φορητό pH-μετρο-σαλινόμετρο YSI 63.



Εικόνα 12: Φιάλη δειγματοληψίας νερού "WINDAUS" με ενσωματωμένο θερμόμετρο.



Εικόνα 13: pH-μετρο-σαλινόμετρο YSI 63.

4.3 Εργασίες στο εργαστήριο

4.3.1 Προκατεργασία των δειγμάτων-Συντήρηση

Με την επιστροφή στο εργαστήριο, τα υδατικά δείγματα διηθούνταν, είτε την ίδια μέρα (στο Εργαστήριο του ΤΕΙ Λάρισας ή στο Τμήμα Χημείας του Παν/μιου Αθηνών), είτε το αργότερο σε διάστημα 1-2 ημερών, σε προζυγισμένους ηθμούς Millipore (τύπου cellulose-esters), διαμέτρου 8μm και 0,45μm διαδοχικά σε πλαστικό σύστημα διήθησης Nalgene. Οι ηθμοί τοποθετούνταν στην συνέχεια σε ξηραντήρα και γίνονταν 3 διαδοχικές ζυγίσεις μέχρις αποκτήσεως σταθερού βάρους για τον προσδιορισμό της αιωρούμενης ύλης.

Μετά την διήθηση, τα δείγματα νερού τοποθετούνταν σε δοχεία διαφορετικού όγκου ανάλογα με την προσδιοριζόμενη παράμετρο. Τα υπο-δείγματα νερού για τον προσδιορισμό των διαλυτών μετάλλων τοποθετούνταν σε δοχεία πολυαιθυλενίου χωρητικότητας 1L. Σε αυτά προστίθενταν 20 σταγόνες πυκνού HCl και φυλάσσονταν σε κατάλληλη θερμοκρασία ως την ανάλυσή τους.

Ο τελικός αναλυτικός προσδιορισμός των μετάλλων στα δείγματα υδάτων έγινε με Φασματοφωτομετρία Ατομικής Απορρόφησης σε φλόγα (FAAS Varian SpectrAA 200), ή σε φούρνο γραφίτη με διόρθωση του υποβάθρου με το φαινόμενο Zeeman (Graphite Furnace AAS Varian GTA 100-Zeeman 640Z with autosampler), ανάλογα με τα επίπεδα συγκεντρώσεων των υπό μέτρηση μετάλλων.



Εικόνα 14: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με φλόγα (FAAS).



Εικόνα 15: Φασματοφωτόμετρο Ατομικής Απορρόφησης με Φούρνο Γραφίτη (GFAAS).

4.3.2 Αναλύσεις

Οι προσδιορισμοί που πραγματοποιήθηκαν στο εργαστήριο ήταν οι εξής:

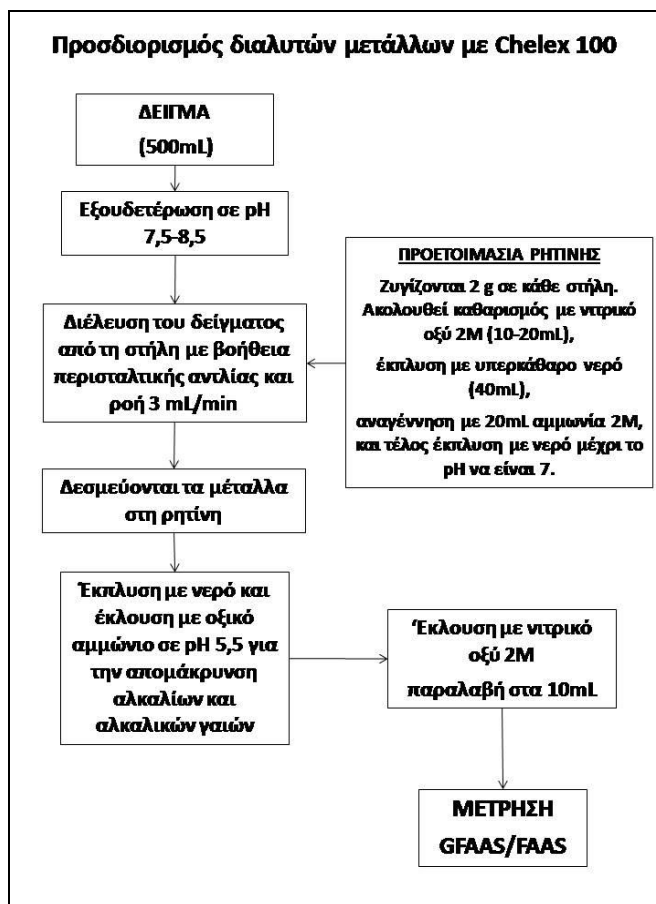
- Προσδιορισμός σωματιδιακής αιωρούμενης ύλης.
- Προσδιορισμός ολικών διαλυτών μετάλλων.
- Προσδιορισμός σωματιδιακών μετάλλων.

4.3.2.1 Προσδιορισμός σωματιδιακής αιωρούμενης ύλης (Suspended Particulate Matter-SPM)

Η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη προσδιορίζεται από τη μάζα των σωματιδίων που συγκρατούνται στους ηθμούς και τον όγκο του διηθούμενου ύδατος. Η μονάδα μέτρησης της είναι mg/l.

4.3.2.2 Προσδιορισμός διαλυτών μετάλλων

Ο προσδιορισμός των διαλυτών μετάλλων έγινε με την κατιοανταλλακτική μέθοδο προσυγκέντρωσης με χρήση της ρητίνης CHELEX-100, (Bio-Rad Laboratories), σύμφωνα με την μέθοδο των Riley and Taylor (1968)¹⁶⁷ με μέγεθος κόκκων 200-400 mesh, όπως προτείνεται από τους Dassenakis et al. (1997)¹⁶⁸. Η ρητίνη CHELEX-100 είναι συμπολυμερές του βινυλ-βενζυλ-ιμινοδιοξικού οξέος, του στυρενίου και του δι-βινυλ-βενζενίου. Η μέθοδος συνίσταται στη διέλευση διηθημένου και οξυνομένου δείγματος από τη ρητίνη στη μετά αμμωνίου μορφή της, με κατάλληλη ροή ρυθμισμένη με περισταλτική αντλία πολλαπλών ταχυτήτων και την παραλαβή των μετάλλων με διαδοχικές εκχυλίσσεις με 2M HNO₃.¹⁶⁷

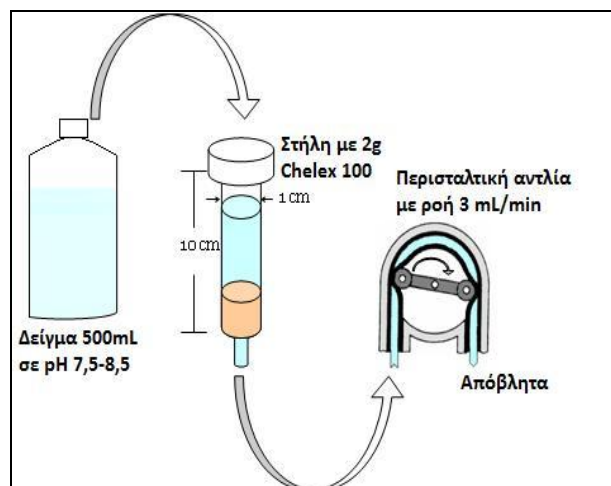


Σχήμα 7: Πορεία προσδιορισμού διαλυτών μετάλλων σε δείγματα υδάτων.¹⁶⁹

Η χρήση της ρητίνης επιτρέπει α) τον διαχωρισμό των ιχνημετάλλων από άλλα χημικά στοιχεία που προκαλούν σημαντικές παρεμποδίσεις κατά τον αναλυτικό προσδιορισμό και β) την ταυτόχρονη προσυγκέντρωση των αναλυτικών δειγμάτων ώστε να επιτυγχάνονται ακριβείς προσδιορισμοί στα χαμηλά επίπεδα συγκεντρώσεων των μετάλλων στα φυσικά συστήματα.¹⁷⁰

Η διαδικασία προσδιορισμού παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα.

Αρχικά παρασκευάζονταν οι στήλες ρητίνης. Η προσυγκέντρωση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε σε πάγκο θετικής πίεσης (laminar flow bench) αφού στα δείγματα έχει πρώτα ρυθμιστεί το pH στο 7,5-8,5, τιμές μέσα στις ποίες η ρητίνη CHELEX-100 λειτουργεί ικανοποιητικά έχοντας καλή κατακράτηση. Η προσυγκέντρωση πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια περισταλτικής αντλίας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή ροή. Στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται η διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την προσυγκέντρωση 0,5L δείγματος.



Σχήμα 8: Διάταξη συστήματος προσυγκέντρωσης διαλυτών μετάλλων. ¹⁶⁹

Αφού είχε περάσει όλο το δείγμα γινόταν καθαρισμός της στήλης της ρητίνης με υπερκάθαρο νερό και με $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ έτσι ώστε να απομακρυνθούν όλα τα άλατα και οι προσμίξεις και μετά γινόταν παραλαβή των μετάλλων σε ογκομετρική φιάλη των 10ml με HNO_3 2M και μεταφορά σε πλαστικό φιαλίδιο για μέτρηση των διαλυτών μετάλλων. Στην παρούσα εργασία τα μέταλλα που μετρήθηκαν στα δείγματα υδάτων ήταν τα Cd, Ni, Mn, Pb, Fe, Cu και Zn. Η ρητίνη CHELEX-100 δεν συγκρατεί το Al οπότε αυτό δεν προσδιορίστηκε με την παραπάνω μεθοδολογία στα υδάτινα δείγματα.

Τα διαλυτά μέταλλα Mn, Pb, Fe, Cu και Zn μετρήθηκαν με FAAS ενώ το δ/το Cd και το δ/το Ni μετρήθηκαν με GFAAS.

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των διαλυτών μετάλλων στα νερά ήταν οι εξής:

- για τις συγκεντρώσεις των διαλυτών μετάλλων που μετρήθηκαν στην GFAAS:

$$C_{\text{διαλυτή}} (\mu\text{g/L}) = C_{\text{aas}} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) \times \frac{10 (\text{mL})}{500 (\text{mL})}$$

- για τις συγκεντρώσεις των διαλυτών μετάλλων που μετρήθηκαν στην FAAS:

$$C_{\text{διαλυτή}} (\mu\text{g/L}) = C_{\text{aas}} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 1000 \frac{\mu\text{g}}{\text{mg}} \times \frac{10 (\text{mL})}{500 (\text{mL})}$$

4.3.2.3 Προσδιορισμός των σωματιδιακών μετάλλων

Για τον προσδιορισμό των σωματιδιακών μετάλλων που βρίσκονταν στο γλυκό και το θαλασσινό νερό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένοι ηθμοί Millipore (τύπου cellulose-esters) διαμέτρου 8μm και 0,45μm διαδοχικά, στους οποίους και διηθούνταν τα δείγματα. Σε αυτούς τους ηθμούς συγκεντρώθηκε όλο το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό. Τοποθετούνταν σε ξηραντήρα μέχρι να αποκτήσουν σταθερό βάρος και πραγματοποιούνταν 3 διαδοχικές ζυγίσεις όπου γινόταν καταγραφή της μάζας τους κάθε φορά.

Οι ηθμοί τοποθετούνταν σε δοχεία Teflon όπου υφίσταντο χώνευση με 5ml πυκνού HNO_3 και 5ml πυκνού HF πάνω σε θερμαντική πλάκα θερμοκρασίας μεγαλύτερης των 120-130°C όπου και παρέμεναν ως την εξάτμιση σχεδόν μέχρι ξηρού. Μετά, προστίθενταν 10ml αραιό HNO_3 , τοποθετούνταν τα καπάκια στα δοχεία Teflon και παρέμεναν πάνω στην θερμαντική πλάκα σε θερμοκρασία ~80°C για 24 ώρες (overnight). Την επόμενη μέρα γινόταν η παραλαβή με αραιό HNO_3 ως την χαραγή σε ογκομετρική φιάλη των 25ml και μεταφορά τους σε πλαστικό φιαλίδιο για μέτρηση των σωματιδιακών μετάλλων. Στο διπλανό σχήμα παρουσιάζεται συνοπτικά η διαδικασία προσδιορισμού.



Σχήμα 9: Πορεία προσδιορισμού σωματιδιακών μετάλλων σε δείγματα υδάτων.

Στην παρούσα εργασία τα μέταλλα που μετρήθηκαν στο σωματιδιακό υλικό ήταν τα Al, Ni, Mn, Pb, Fe, Cu και Zn. Το Cd δεν μετρήθηκε στο σωματιδιακό υλικό γιατί η συγκέντρωσή του είναι πολύ χαμηλή με αποτέλεσμα να επικρατεί το διαλυτό Cd στη φύση.

Τα σωματιδιακά μέταλλα Al, Fe και Zn μετρήθηκαν με FAAS ενώ το σωματιδιακό Ni μετρήθηκε με GFAAS. Τα σωματιδιακά μέταλλα Mn, Pb, Cu μετρήθηκαν αρχικά με FAAS και στην συνέχεια με GFAAS στα δείγματα εκείνα όπου οι μετρούμενες συγκεντρώσεις ήταν κοντά ή κάτω από το όριο ανίχνευσης της τεχνικής με φλόγα (FAAS).

Οι τύποι που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των συγκεντρώσεων των σωματιδιακών μετάλλων στα νερά ήταν οι εξής:

- για τις συγκεντρώσεις των σωματιδιακών μετάλλων που μετρήθηκαν στην GFAAS:

$$C \text{ σωματιδιακή (}\mu\text{g/L)} = C_{aas} \left(\frac{\mu\text{g}}{\text{L}} \right) \times \frac{25(\text{mL})}{V_{\delta\iota\eta\theta}(\text{mL})}$$

- για τις συγκεντρώσεις των σωματιδιακών μετάλλων που μετρήθηκαν στην FAAS:

$$C \text{ σωματιδιακή (}\mu\text{g/L)} = C_{aas} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \times 1000 \frac{\mu\text{g}}{\text{mg}} \times \frac{25(\text{mL})}{V_{\delta\iota\eta\theta}(\text{mL})}$$

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

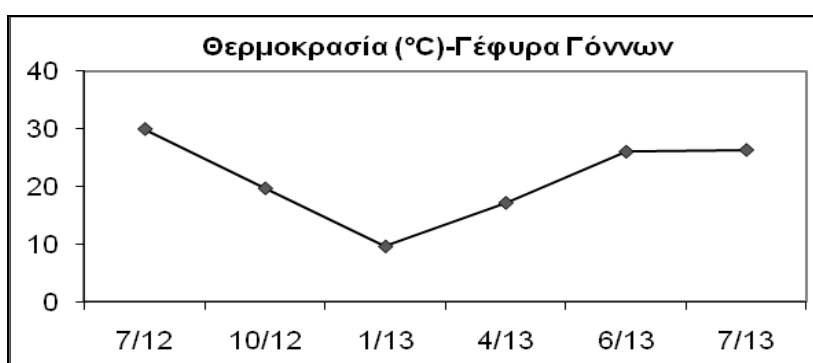
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Φυσικοχημικές παράμετροι στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού

5.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 9,2°C (min) ως 29,9°C (max). Η ελάχιστη τιμή για την θερμοκρασία καταγράφηκε στη Γεφ. Παλαιόπυργου τον Ιανουάριο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στη Γεφ. Κουλούρι τον Ιούλιο 2013.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της θερμοκρασίας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών Ιούλιος 2012-Ιούλιος 2013.



Διάγραμμα 1: Η μεταβολή της θερμοκρασίας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Στο Παράρτημα, στους μήνες που δεν σημειώθηκε τιμή για την θερμοκρασία, σημαίνει ότι δεν μετρήθηκε.

Γενικά, η θερμοκρασία κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα για τις εποχές δειγματοληψίας γεγονός που επιβεβαιώνεται και από το διάγραμμα για την θερμοκρασία στη Γεφ. Γόννων.

5.1.2 Αλατότητα-Αγωγιμότητα

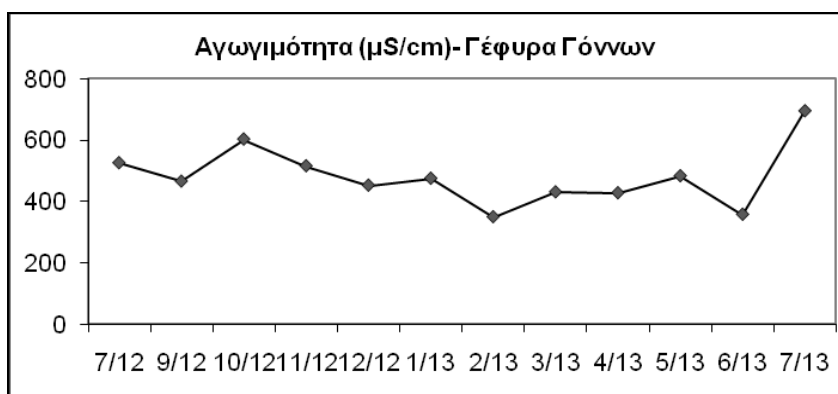
Η αλατότητα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 0,2 (min) ως 1,3 (max). Η ελάχιστη τιμή για την αλατότητα καταγράφηκε σε όλα τα γεφύρια στο μεγαλύτερο μέρος των δειγματοληψιών, τόσο τους καλοκαιρινούς όσο και τους χειμερινούς μήνες ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στη Γεφ. Παλαιόπυργου τον Ιούλιο 2012.

Τον Ιούλιο 2012, στη Γεφ. Παλαιόπυργου έγινε και λήψη δείγματος υπο-επιφανειακού νερού στο οποίο και μετρήθηκε η αλατότητα και η αγωγιμότητα. Η τιμή της αλατότητας ήταν 27,8 και η τιμή της αγωγιμότητας ήταν 43170 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Άρα, στον Παλαιόπυργο τον μήνα Ιούλιο παρατηρήθηκε "σφήνα" θαλασσινού νερού στο ποτάμι, δηλ. υπήρξε στρώμα θαλασσινού νερού κάτω από το επιφανειακό γλυκό στρώμα του ποταμού. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται στρωμάτωση και παρατηρήθηκε μόνο στη Γεφ. Παλαιόπυργου αφού ήταν το τελευταίο σημείο δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού πριν την περιοχή των εκβολών του. Η τιμή της αλατότητας επιφανειακά στη Γεφ. Παλαιόπυργου τον Ιούλιο 2012 ήταν 1,3 και η τιμή της αγωγιμότητας 26600 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Τον Ιούλιο 2013 στον Παλαιόπυργο δεν σημειώθηκε το φαινόμενο της στρωμάτωσης αφού η αλατότητα υπο-επιφανειακά ήταν παρόμοια με την αλατότητα που καταγράφηκε επιφανειακά στο ποτάμι (0,4).

Επίσης, τον Ιούλιο 2012 ~1km ανάντη της Γεφ. Παλαιόπυργου είχε κατασκευαστεί ένα φράγμα για αρδευτικούς σκοπούς κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, το οποίο όμως δεν βρήκαμε εκεί τον επόμενο χρόνο κατά τη δειγματοληψία του Ιουλίου 2013.

Η αγωγιμότητα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (min) ως 26600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (max). Η ελάχιστη τιμή για την αγωγιμότητα καταγράφηκε στη Γεφ. Αγ.Παρασκευής τον Ιανουάριο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στη Γεφ. Παλαιόπυργου τον Ιούλιο 2012.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της αγωγιμότητας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.



Διάγραμμα 2: Η μεταβολή της αγωγιμότητας στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Από το διάγραμμα παρατηρούμε ότι η αγωγιμότητα στη Γεφ. Γόννων δεν παρουσίασε σημαντικές διαφοροποιήσεις καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

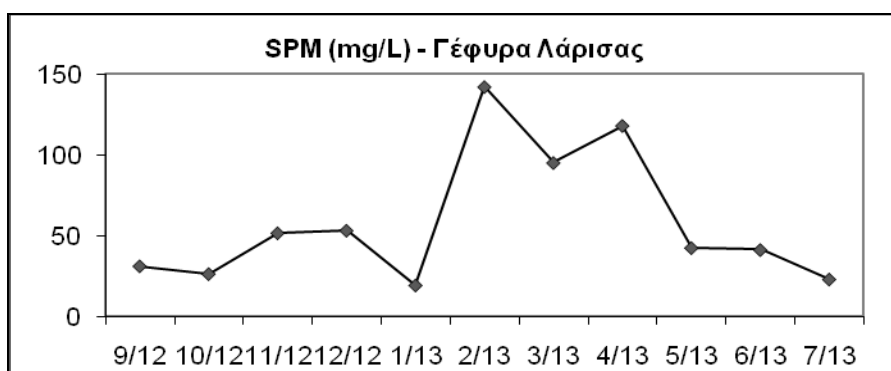
Στον Παλαιόπυργο, η αγωγιμότητα που καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό ήταν μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα σημεία δειγματοληψιών και οφειλόταν στη "σφήνα" θαλασσινού νερού στο ποτάμι τον Ιούλιο 2012.

5.1.3 Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM)

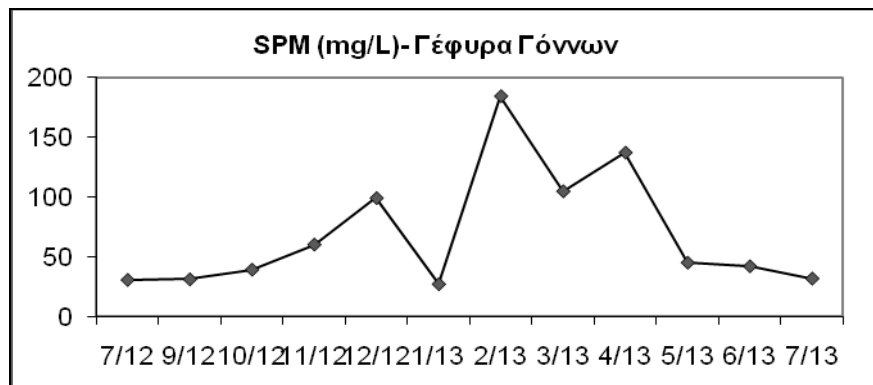
Η Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 2,4 mg/l (min) ως 184 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για το SPM καταγράφηκε στη Γεφ. Πηνειού Ε75 τον Ιούλιο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στη Γεφ. Γόννων τον Φεβρουάριο 2013.

Σε όλα τα σημεία δειγματοληψιών στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού οι μέγιστες τιμές για την αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη (SPM) καταγράφηκαν τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2013. Τον μήνα Φεβρουάριο σημειώθηκαν έντονες βροχοπτώσεις και πλημμυρικά φαινόμενα στο ΥΔ Θεσσαλίας ενώ τον Απρίλιο 2013 ο π. Πηνειός εμφάνισε κόκκινο χρώμα στο ύψος της Καλαμπάκας, το οποίο διατήρησε μέχρι τις εκβολές.¹⁷¹ Το κόκκινο χρώμα του ποταμού οφειλόταν στην προσθήκη σωματιδίων από τις κατολισθήσεις αργιλικών πετρωμάτων του βουνού Πίνδος. Οι βροχοπτώσεις, τα πλημμυρικά φαινόμενα και οι κατολισθήσεις που σημειώθηκαν τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2013 αντίστοιχα είχαν σαν αποτέλεσμα να εμπλουτιστούν τα νερά του ποταμού σε αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη.

Στα επόμενα διαγράμματα απεικονίζεται η μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στα σημεία Γεφ. Λάρισας και Γεφ. Γόννων κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών.



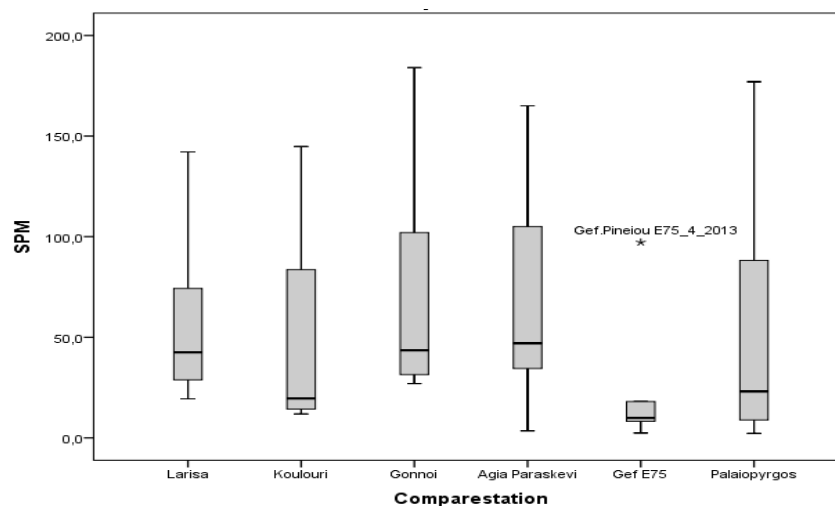
Διάγραμμα 3: Η μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη Γεφ. Λάρισας κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.



Διάγραμμα 4: Η μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη Γεφ. Γόννων κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Έτσι, από τα διαγράμματα για την μεταβολή της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στη Λάρισα και στους Γόννους κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών σημειώνεται ότι η υψηλότερη τιμή για το SPM καταγράφηκε τον Φεβρουάριο 2013 ενώ υψηλή τιμή καταγράφηκε και τον Απρίλιο 2013 και στα δυο σημεία.

Ακόμη, οι τιμές για το SPM στα γεφύρια στο τέλος των δειγματοληψιών επανήλθαν στις τιμές που σημειώθηκαν στην πρώτη δειγματοληψία. Αυτό επιβεβαιώνεται και από τα δυο παραπάνω διαγράμματα αφού η τιμή για το SPM στη Γεφ. Λάρισας και τη Γεφ. Γόννων επανέρχεται στη τιμή που προσδιορίστηκε κατά τον πρώτο μήνα των δειγματοληψιών, Σεπτέμβριο και Ιούλιο 2012 αντίστοιχα.



Διάγραμμα 5: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.

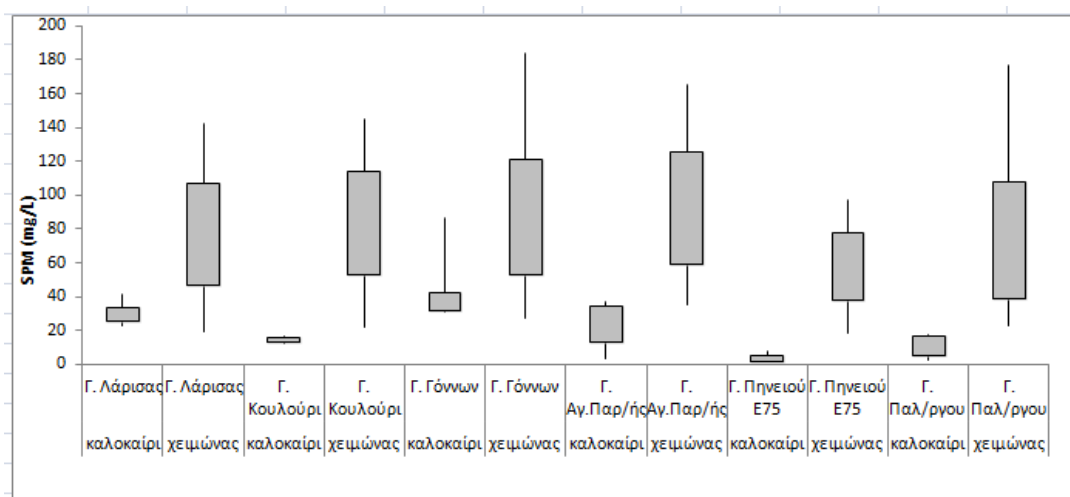
Μέσω μη παραμετρικών στατιστικών δοκιμών που ονομάζονται Kruskal-Wallis Test και Median Test καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφοροποίηση στο SPM ανάμεσα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο

κύριο ρου του π. Πηνειού όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδοι δειγματοληψίας, αν και οριακά το SPM στο σημείο Γέφυρα Πηνειού E75 ήταν χαμηλότερο.

Στη Γεφ. Πηνειού E75 επειδή η πρόσβαση ήταν περιορισμένη δεν μπορούσαμε να πραγματοποιήσουμε λήψη του δείγματος με κατάλληλο δειγματολήπτη από γέφυρα οπότε η λήψη του γινόταν με το χέρι. Οι αιτίες που το SPM ήταν χαμηλότερο στη Γεφ. Πηνειού E75 ήταν οι εξής:

- το σημείο δειγματοληψίας βρισκόταν πολύ κοντά στη πηγή Πηνειού E75 και
- η δειγματοληψία νερού που γινόταν με το χέρι δεν πραγματοποιούνταν στον κεντρικό ρου του ποταμού αλλά στις όχθες του όπου το αιωρούμενο υλικό είχε κατακαθίσει και το νερό δεν ήταν τόσο θολό.

Επιπλέον, από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές Kruskal-Wallis Test και Median Test διαπιστώσαμε ότι το SPM σε όλα τα γεφύρια ήταν υψηλότερο κατά τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 6: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού εποχιακά.

Το καλοκαίρι όμως οι τιμές για το SPM στις Γέφυρες Λάρισας, Γόννων και Αγ.Παρασκευής δεν παρουσίασαν μεταξύ τους στατιστική διαφορά αλλά ήταν μεγαλύτερες από αυτές που καταγράφηκαν στις Γέφυρες Κουλούρι, Πηνειού E75 και Παλαιόπυργου. Το χειμώνα δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στο SPM ανάμεσα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.

Όσον αφορά στα τέσσερα βασικά γεφύρια (Γεφ. Λάρισας, Γεφ. Γόννων, Γεφ. Αγ.Παρασκευής και Γεφ. Παλαιόπυργου) δεν παρατηρήθηκε μεταξύ τους στατιστική

διαφοροποίηση στο SPM σε όλες τις περιόδους δειγματοληψίας παρά την μικρή μείωση που σημειώθηκε στην τιμή του SPM στη Γεφ. Παλαιόπυργου.

Ακόμη, στα τέσσερα βασικά γεφύρια σημειώθηκε σχετική μείωση του SPM τον Ιανουάριο 2013.

5.1.4 pH

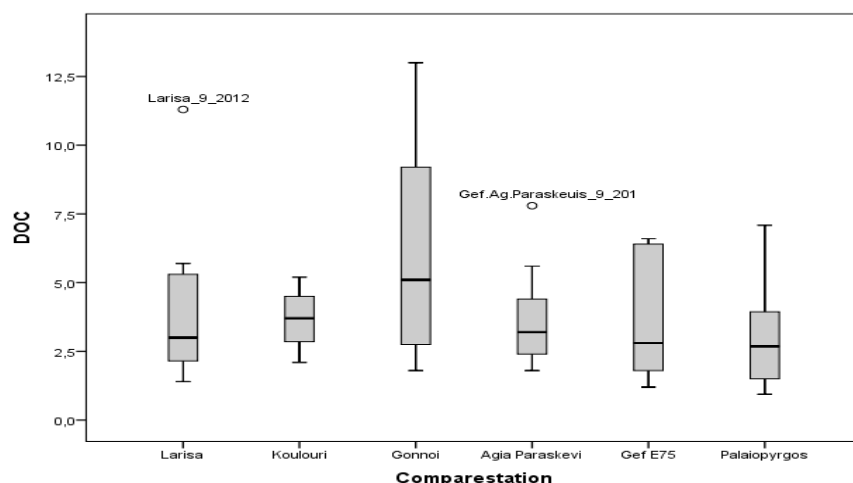
Το pH σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 6,8 (min) ως 8,85 (max). Η ελάχιστη τιμή για το pH καταγράφηκε στη Γεφ. Λάρισας τον Μάρτιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στη Γεφ. Κουλούρι τον Απρίλιο 2013.

Στην περίπτωση του γλυκού νερού η φυσική μεταβλητότητα του pH είναι αρκετά μεγάλη, συνήθως μεταξύ 6,5 και 8,5.¹⁷² Αυτό επιβεβαιώνεται και από τις τιμές pH που καταγράφηκαν στα σημεία στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών.

5.1.5 DOC (Dissolved Organic Carbon)

Ο Διαλυτός Οργανικός Άνθρακας (DOC) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 0,94 mg/l (min) ως 13,0 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για τον DOC καταγράφηκε στη Γεφ. Παλαιόπυργου τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή για τον DOC καταγράφηκε στη Γεφ. Γόννων τον Δεκέμβριο 2012.

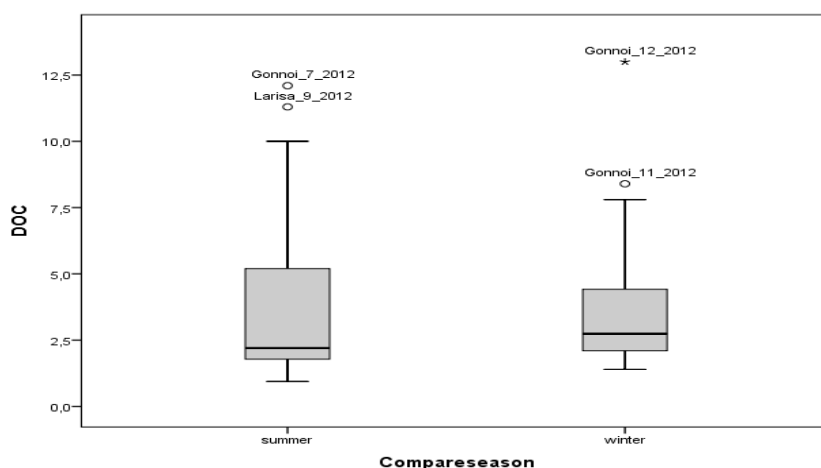
Από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές Kruskal-Wallis Test και Median Test διαπιστώσαμε ότι δεν παρατηρήθηκαν ουσιαστικές στατιστικές διαφορές στον DOC μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσίασε η Γεφ. Γόννων όπου οι τιμές για τον DOC ήταν λίγο υψηλότερες αλλά αυτή η παρατήρηση δεν επιβεβαιώθηκε στατιστικά μέσω των παραπάνω δοκιμών.



Διάγραμμα 7: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.

Όσον αφορά στα τέσσερα βασικά γεφύρια (Γεφ. Λάρισας, Γεφ. Γόννων, Γεφ. Αγ.Παρασκευής και Γεφ. Παλαιόπυργου) για τις δειγματοληψίες από τον Ιούλιο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 παρατηρήσαμε ότι στις Γέφυρες Λάρισας, Αγ.Παρασκευής και Παλαιόπυργου σημειώνονται υψηλές τιμές για τον DOC τους μήνες Σεπτέμβριο 2012, Φεβρουάριο και Ιούνιο 2013.

Ακόμη, μέσω των μη παραμετρικών στατιστικών δοκιμών Kruskal-Wallis Test και Median Test παρατηρήσαμε ότι δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφορές στον DOC ανάμεσα στα γεφύρια εποχιακά ενώ υπερβάσεις στις τιμές DOC σημειώθηκαν στη Γεφ. Γόννων και για τις δυο εποχές όπως φαίνεται στο διάγραμμα 8.



Διάγραμμα 8: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού εποχιακά.

Για λόγους σύγκρισης στα επίπεδα του DOC στον π. Πηνειό χρησιμοποιήσαμε και τα αποτελέσματα για τον DOC στους ποταμούς Έβρο και Σπερχειό που καταγράφηκαν στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας ειδίκευσης της Έλλης Πίττα το 2009.

Στους ποταμούς Έβρο και Σπερχειό, τα νερά ήταν εμπλουτισμένα από τους ανάντη στους κατάντη σταθμούς, δηλ. τα νερά εμπλουτίζονταν σε DOC καθώς πλησίαζαν στις εκβολές, αλλά παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του DOC στις εκβολές λόγω του θαλασσινού νερού.¹⁷³

Στην περίπτωση του π. Πηνειού δεν παρατηρήθηκε το παραπάνω φαινόμενο γιατί δεν υπήρξε σταθμός δειγματοληψίας που να θεωρηθεί αναφοράς. Το πρώτο σημείο στη Γέφυρα Λάρισας βρισκόταν κοντά σε πηγές ρύπανσης και παρουσίαζε ένα σχετικά σημαντικό εύρος τιμών DOC.

Στους επόμενους πίνακες παρατίθεται το εύρος του DOC κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στους ποταμούς Έβρο και Σπερχειό.¹⁷³

Πίνακας 20: Το εύρος του DOC κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στο π. Έβρο.¹⁷³

Ποταμός Έβρος	Απρίλιος 2009	Ιούλιος 2009	Σεπτέμβριος 2009	Απρίλιος 2010
DOC (μmol/l)	132-259	206-496	119-289	167-271

Πίνακας 21: Το εύρος του DOC κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών στο π. Σπερχειό.¹⁷³

Ποταμός Σπερχειός	Μάρτιος 2009	Οκτώβριος 2009	Μάρτιος 2010
DOC (μmol/l)	132-259	206-496	119-289

5.2 Φυσικοχημικές παράμετροι στις εκβολές του π. Πηνειού

5.2.1 Θερμοκρασία-Αλατότητα-Αγωγιμότητα

Η θερμοκρασία στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 8,3°C (min) ως 24,6°C (max). Η ελάχιστη τιμή για την θερμοκρασία καταγράφηκε στα επιφανειακά νερά των Εκβολών 1, 3 & 4 τον Ιανουάριο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 1 τον Ιούλιο 2013.

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από 23,2°C (min) ως 25,2°C (max). Η ελάχιστη τιμή για την θερμοκρασία καταγράφηκε στα υπο-επιφανειακά νερά των Εκβολών 2 & 3 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 3 τον Ιούλιο 2013.

Στους παρακάτω πίνακες καταγράφονται οι τιμές της θερμοκρασίας και της αλατότητας στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στην περιοχή των εκβολών από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013.

Πίνακας 22: Οι τιμές της θερμοκρασίας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Σημείο δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C) Οκτώβριος 2012	Θερμοκρασία (°C) Ιανουάριος 2013	Θερμοκρασία (°C) Απρίλιος 2013	Θερμοκρασία (°C) Ιούλιος 2013
Εκβολή 4 (επιφ)	18,5	8,3	16,1	23
Εκβολή 4 (βάθος)	23,3	-	-	24,1
Εκβολή 3 (επιφ)	19	8,3	16	22,5
Εκβολή 3 (βάθος)	23,2	-	-	25,2
Εκβολή 2 (επιφ)	19,2	8,4	16,1	23
Εκβολή 2 (βάθος)	23,2	-	-	-
Εκβολή 1 (επιφ)	23,4	8,3	16,2	24,6

Πίνακας 23: Οι τιμές της αλατότητας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Σημείο δειγματοληψίας	Αλατότητα Οκτώβριος 2012	Αλατότητα Ιανουάριος 2013	Αλατότητα Απρίλιος 2013	Αλατότητα Ιούλιος 2013
Εκβολή 4 (επιφ)	2,4	0,3	0,2	10,4
Εκβολή 4 (βάθος)	36,5	-	-	24,9
Εκβολή 3 (επιφ)	3,5	0,3	0,2	10,4
Εκβολή 3 (βάθος)	36,8	-	-	29,5
Εκβολή 2 (επιφ)	9,1	0,3	0,2	18,7
Εκβολή 2 (βάθος)	31	-	-	-
Εκβολή 1 (επιφ)	36,6	0,4	1,3	26,1

Γενικά, η θερμοκρασία κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα για τις εποχές δειγματοληψίας γεγονός που επιβεβαιώθηκε και από τις τιμές για την θερμοκρασία στην Εκβολή 4 (επιφάνεια/βάθος).

Η αλατότητα στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 0,2 (min) ως 36,6 (max). Η ελάχιστη τιμή για την αλατότητα καταγράφηκε στα επιφανειακά νερά των Εκβολών 2, 3 & 4 τον Απρίλιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 1 τον Οκτώβριο 2012.

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, η αλατότητα κυμάνθηκε από 24,9 (min) ως 36,8 (max). Η ελάχιστη τιμή για την αλατότητα καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Ιούλιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 3 τον Οκτώβριο 2012.

Η αλατότητα του θαλασσινού νερού είναι υψηλότερη σε σχέση με την ολική περιεκτικότητα σε άλατα του γλυκού νερού των ποταμών¹⁵, φαινόμενο που παρατηρήθηκε στις εκβολές του π. Πηνειού.

Παρά το γεγονός ότι παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στην αλατότητα ανάμεσα στο στρώμα γλυκού και στο στρώμα θαλασσινού νερού (φαινόμενο στρωμάτωσης) στις εκβολές του π. Πηνειού τον Οκτώβριο 2012 και τον Ιούλιο 2013, η θερμοκρασιακή διαφορά που καταγράφηκε ανάμεσα στα δυο αυτά στρώματα νερού ήταν μικρή.

Η παραπάνω παρατήρηση επιβεβαιώνει το γεγονός ότι στα εκβολικά συστήματα το εύρος της αλατότητας είναι υψηλό ενώ το εύρος της θερμοκρασίας είναι γενικά χαμηλό.¹²

Η αγωγιμότητα στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (min) ως 55100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (max). Η ελάχιστη τιμή για την αγωγιμότητα καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Απρίλιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 1 τον Οκτώβριο 2012.

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, η αγωγιμότητα κυμάνθηκε από 45200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (min) ως 52900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (max). Η ελάχιστη τιμή για την αγωγιμότητα καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 3 τον Ιούλιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Ιούλιο 2013. Δεν καταγράφηκε τιμή αγωγιμότητας για τα υπο-επιφανειακά νερά στις Εκβολές 2, 3 & 4 τον Οκτώβριο 2012.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι τιμές της αγωγιμότητας στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στην περιοχή των εκβολών από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013.

Πίνακας 24: Οι τιμές της αγωγιμότητας που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

Σημείο δειγματοληψίας	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$) Οκτώβριος 2012	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$) Ιανουάριος 2013	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$) Απρίλιος 2013	Αγωγιμότητα ($\mu\text{S/cm}$) Ιούλιος 2013
Εκβολή 4 (επιφ)	4520	617	490	18100
Εκβολή 4 (βάθος)	-	-	-	52900
Εκβολή 3 (επιφ)	6540	630	503	17630
Εκβολή 3 (βάθος)	-	-	-	45200
Εκβολή 2 (επιφ)	15520	657	504	30220
Εκβολή 2 (βάθος)	-	-	-	-
Εκβολή 1 (επιφ)	55100	2455	2455	40890

Οι τιμές της αγωγιμότητας στα επιφανειακά στρώματα νερού ήταν τυπικές και αναμενόμενες για το γλυκό νερό. Μάλιστα σε ορισμένους μήνες δειγματοληψιών η αγωγιμότητα έλαβε ελάχιστα πιο υψηλές τιμές από τις αναμενόμενες για το γλυκό νερό, γεγονός που οφειλόταν στην μικρή ανάμιξη γλυκού-θαλασσινού νερού. Από την άλλη πλευρά, στα υπο-επιφανειακά στρώματα νερού τους μήνες Οκτώβριο 2012 και Ιούλιο 2013 σημειώθηκαν υψηλές τιμές αγωγιμότητας αφού το νερό σε αυτά ήταν θαλασσινό.

5.2.2 Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM)

Η Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 3,8 mg/l (min) ως 105,2 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για το SPM καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 1 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Απρίλιο 2013.

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη κυμάνθηκε από 6,3 mg/l (min) ως 36,3 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για το SPM καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 2 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η

μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Οκτώβριο 2012.

Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται οι τιμές της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στην περιοχή των εκβολών από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013.

Πίνακας 25: Οι τιμές της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στις εκβολές του π. Πηνειού κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών.

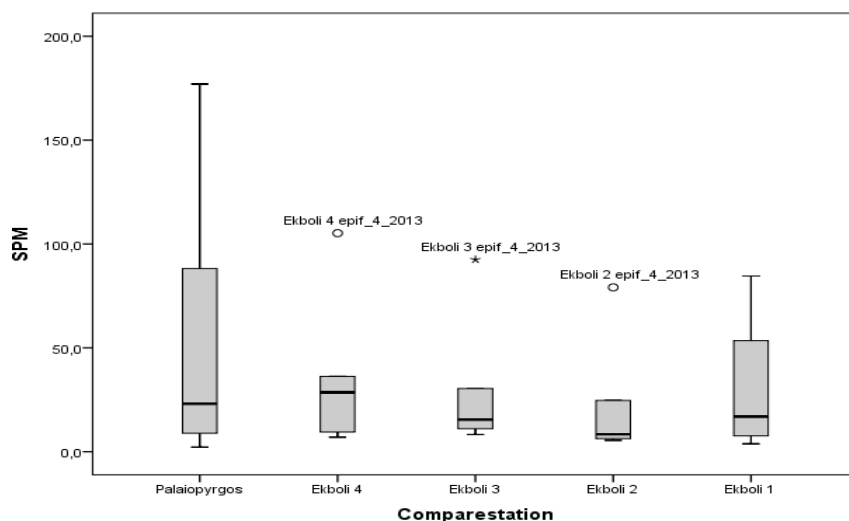
Σημείο δειγματοληψίας	Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (mg/l) Οκτώβριος 2012	Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (mg/l) Ιανουάριος 2013	Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (mg/l) Απρίλιος 2013	Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (mg/l) Ιούλιος 2013
Εκβολή 4 (επιφ)	9,5	30	105	7,0
Εκβολή 4 (βάθος)	36	-	-	27,6
Εκβολή 3 (επιφ)	8,3	18	93	11,1
Εκβολή 3 (βάθος)	13	-	-	30,4
Εκβολή 2 (επιφ)	5,5	25	79	8,4
Εκβολή 2 (βάθος)	6,3	-	-	-
Εκβολή 1 (επιφ)	3,8	22	84,6	11,5

Από τον πίνακα παρατηρούμε ότι το SPM στην Εκβολή 1 παρουσίασε σημαντική μεταβολή κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών και κυμάνθηκε από 3,8 ως 84,6 mg/l.

Min: 3,8 Οκτώβριος 2012

Max: 84,6 Απρίλιος 2013

Η διαφορά μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής για το SPM ήταν μεγάλη και μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη παροχή στερεού υλικού τον Απρίλιο αλλά και στον κυματισμό της θάλασσας δεδομένου ότι στο σημείο αυτό παρατηρήθηκαν γενικά υψηλές συγκεντρώσεις όχι μόνο τον Απρίλιο. Η Εκβολή 1 ήταν το σημείο που βρισκόταν πιο κοντά στην ανοιχτή θάλασσα.

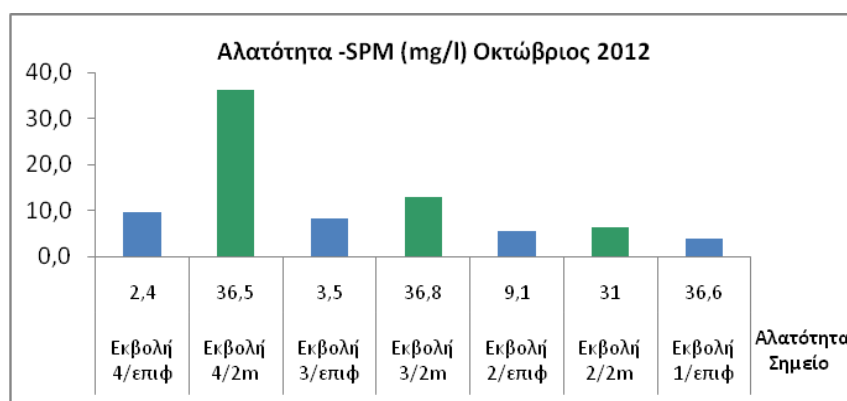


Διάγραμμα 9: Box-Plot για το SPM στα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.

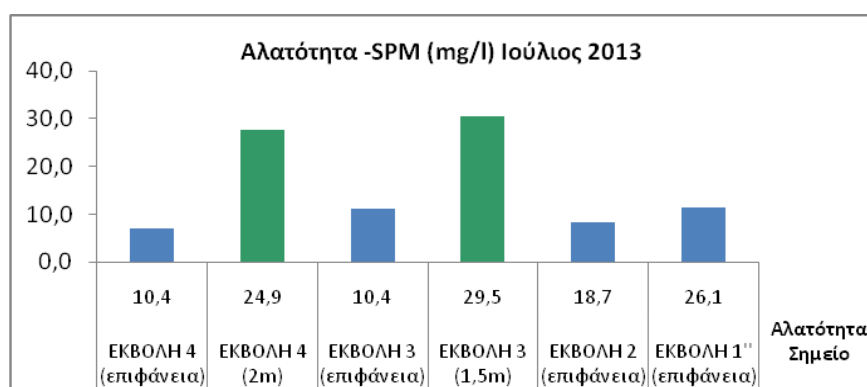
Από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές Kruskal-Wallis Test και Median Test διαπιστώσαμε ότι το SPM σε όλα τα σημεία στις εκβολές του π. Πηνειού ήταν υψηλότερο κατά τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους καλοκαιρινούς μήνες. Ακόμη, δεν παρατηρήσαμε στατιστική διαφορά ανάμεσα στην Γεφ. Παλαιόπυργου και τις εκβολές του π. Πηνειού σε όλες τις περιόδους δειγματοληψιών.

Επίσης, στην περιοχή των εκβολών με την ανάμιξη γλυκού-θαλασσινού νερού δημιουργούνται κολλοειδή συσσωματώματα^{14,15}, γεγονός που εξηγεί τις υψηλές τιμές SPM στο στρώμα θαλασσινού νερού σε σχέση με το στρώμα γλυκού νερού στις εκβολές.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις του SPM στο θαλασσινό νερό επιβεβαιώνονται και από τα παρακάτω διαγράμματα της μεταβολής του SPM με την αλατότητα τους μήνες Οκτώβριο 2012 και Ιούλιο 2013. Στα υπο-επιφανειακά στρώματα θαλασσινού νερού η αλατότητα και το SPM ήταν υψηλότερα σε σχέση με την αλατότητα και το SPM που καταγράφηκε στα επιφανειακά στρώματα γλυκού νερού στις εκβολές. Μάλιστα, στο δεύτερο κατά σειρά διάγραμμα η διαφορά στη αλατότητα και το SPM μεταξύ των δυο στρωμάτων νερού είναι περισσότερο εμφανής.



Διάγραμμα 10: Η μεταβολή του SPM με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Οκτώβριο 2012.



Διάγραμμα 11: Η μεταβολή του SPM με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Ιούλιο 2013.

5.2.3 pH

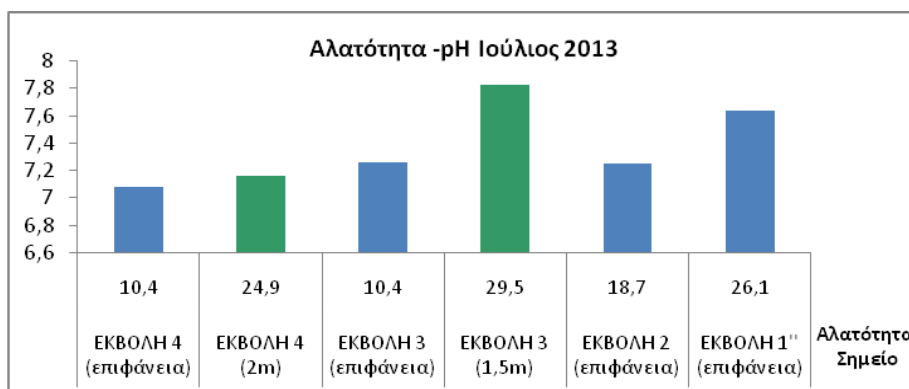
Το pH στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 7,07 (min) ως 8,05 (max). Η ελάχιστη τιμή για το pH καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Απρίλιο 2013 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 3 τον Οκτώβριο 2012.

Οι τιμές pH που καταγράφηκαν στα επιφανειακά στρώματα γλυκού νερού στις εκβολές του ποταμού καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών βρίσκονται μέσα στα όρια που ορίζονται για το pH γλυκού νερού (6,5-8,5).¹⁷²

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, το pH κυμάνθηκε από 7,7 (min) ως 7,87 (max). Η ελάχιστη τιμή για το pH καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 2 τον Οκτώβριο 2012.

Στα θαλάσσια ύδατα συνήθως καταγράφεται ένα μικρότερο εύρος στην διακύμανση του pH, μεταξύ 8,1 και 8,4.¹⁷² Στην περίπτωση των υπο-επιφανειακών στρωμάτων θαλασσινού νερού στις εκβολές του π. Πηνειού η διακύμανση του pH ήταν μεταξύ 7,7 και 7,87 λόγω της αραίωσης του θαλασσινού νερού με την προσθήκη γλυκού νερού από το ποτάμι στο εκβολικό σύστημα.

Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά όπως το pH διαφοροποιούνται κατά την μίξη των δυο τύπων νερού στις εκβολές.¹⁵ Η παραπάνω παρατήρηση επιβεβαιώνεται στο διάγραμμα 12 από τις τιμές pH που συναντήσαμε στα στρώματα γλυκού και θαλασσινού νερού κατά την εκβολική ανάμιξη. Στο υπο-επιφανειακό στρώμα θαλασσινού νερού το pH ήταν υψηλότερο σε σχέση με το pH που αντιστοιχούσε στο στρώμα γλυκού νερού στις εκβολές του ποταμού τον Ιούλιο 2013.

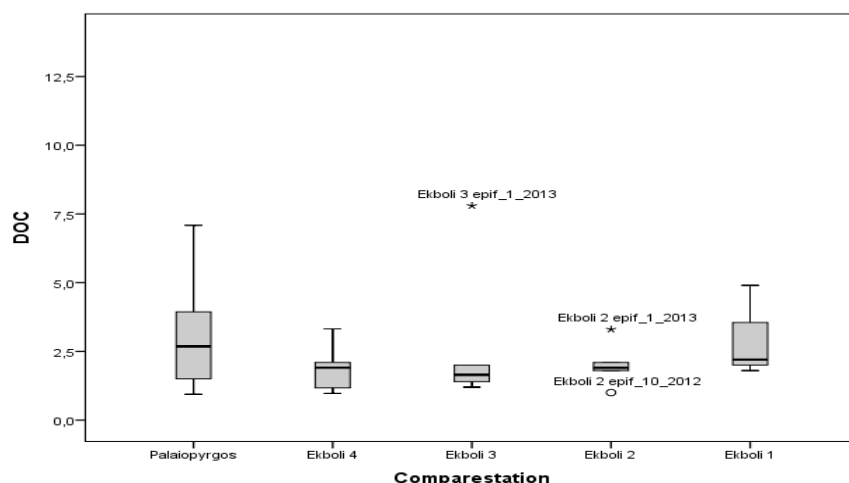


Διάγραμμα 12: Η μεταβολή του pH με την αλατότητα στις εκβολές του π. Πηνειού τον Ιούλιο 2013.

5.2.4 DOC (Dissolved Organic Carbon)

Ο Διαλυτός Οργανικός Άνθρακας (DOC) στα επιφανειακά νερά σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού από τον Οκτώβριο 2012 ως τον Ιούλιο 2013 κυμάνθηκε από 1,0 mg/l (min) ως 7,8 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για τον DOC καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 2 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο επιφανειακό νερό στην Εκβολή 3 τον Ιανουάριο 2013.

Όσον αφορά στα δείγματα υπο-επιφανειακού νερού που συλλέχθηκαν στις Εκβολές 2, 3 & 4 κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών, ο διαλυτός οργανικός άνθρακας κυμάνθηκε από 0,97 mg/l (min) ως 2,03 mg/l (max). Η ελάχιστη τιμή για τον DOC καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Οκτώβριο 2012 ενώ η μέγιστη τιμή καταγράφηκε στο υπο-επιφανειακό νερό στην Εκβολή 4 τον Ιούλιο 2013.



Διάγραμμα 13: Box-Plot για τον DOC στα σημεία δειγματοληψίας στις εκβολές του π. Πηνειού σε όλες τις δειγματοληψίες.

Μέσω των μη παραμετρικών στατιστικών δοκιμών Kruskal-Wallis Test και Median Test διαπιστώσαμε ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στον DOC από την Γεφ. Παλαιόπυργου προς τις εκβολές του π. Πηνειού αν και το εύρος στον Παλαιόπυργο ήταν μεγαλύτερο.

Ακόμη, αξίζει να σημειωθεί ότι ο DOC δεν μειώθηκε στην περιοχή των εκβολών του π. Πηνειού όπως παρατηρήθηκε στους ποταμούς Έβρο και Σπερχειό.¹⁷³

Γενικά, τα επίπεδα του DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού δεν διέφεραν σημαντικά από αυτά που καταγράφηκαν στις εκβολές του, ήταν λίγο υψηλότερα αλλά λόγω κάποιων μέγιστων στις εκβολές και κάποιων ελάχιστων ανάντη δεν αποδεικνύεται στατιστική διαφορά.

5.3 Αποτελέσματα μετάλλων

5.3.1 Σωματιδιακό Αργίλιο (Al)

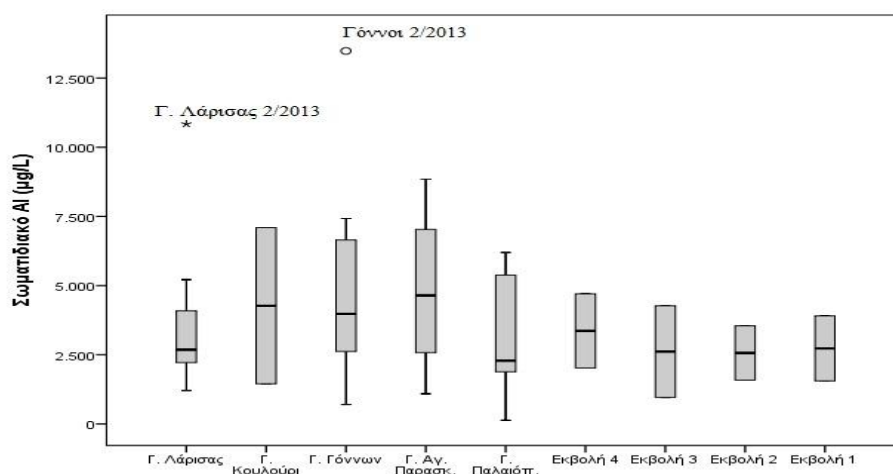
Στους πίνακες 26 και 27 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Al (w/v) και (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 26: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Al (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος σωματιδιακού Al
Γέφυρα Λάρισας	3415	2409	1212-10842
Γέφυρα Κουλούρι	4273	4273	1450-7097
Γέφυρα Γόννων	5694	4902	703-13481

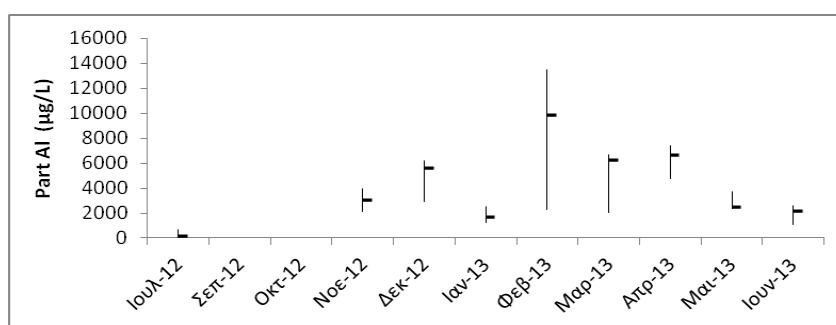
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	4806	4645	1093-8845
Γέφυρα Παλαιόπυργου	3156	2307	134-6195
Εκβολή 4 επιφ.	3363	3363	2021-4706
Εκβολή 3 επιφ.	2613	2613	957-4270
Εκβολή 2 επιφ.	2566	2566	1585-3547
Εκβολή 1 επιφ.	2730	2730	1555-3906

Στο διάγραμμα 14 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού ΑΙ (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 14: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού ΑΙ (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιουλ. 2012-Ιούν. 2013).

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού ΑΙ (w/v) μηνιαία συνυπολογίζοντας τις συγκεντρώσεις από όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



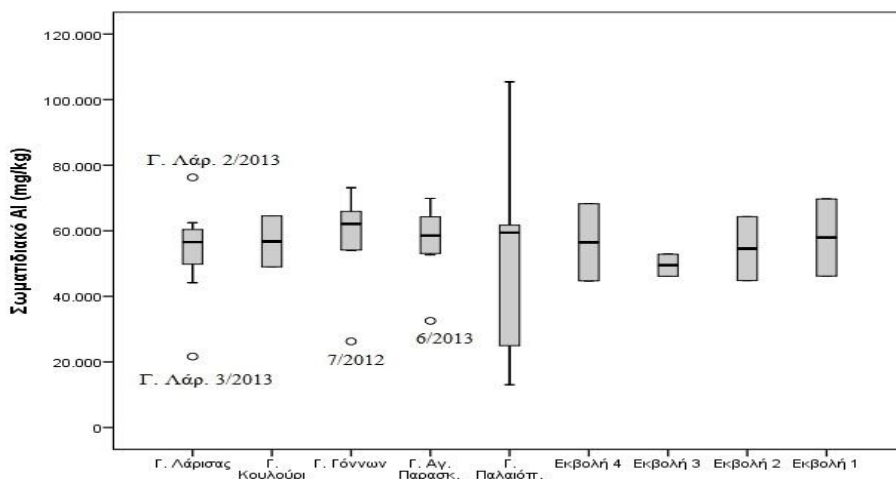
Διάγραμμα 15 : Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού ΑΙ (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Από τη στατιστική σύγκριση αποδείχθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού ΑΙ (w/v) ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς.

Πίνακας 27: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό ΑΙ (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού ΑΙ
Γέφυρα Λάρισας	53937	56568	21638-76273
Γέφυρα Κουλούρι	56763	56763	49000-64527
Γέφυρα Γόννων	58498	62121	26257-73135
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	56766	58536	32525-69873
Γέφυρα Παλαιόπυργου	59410	60993	13025-105429
Εκβολή 4 επιφ.	56492	56492	44739-68246
Εκβολή 4 βάθος	-	-	-
Εκβολή 3 επιφ.	49497	49497	46142-52852
Εκβολή 3 βάθος	-	-	-
Εκβολή 2 επιφ.	54555	54555	44827-64282
Εκβολή 2 βάθος	-	-	-
Εκβολή 1	57949	57949	46194-69704

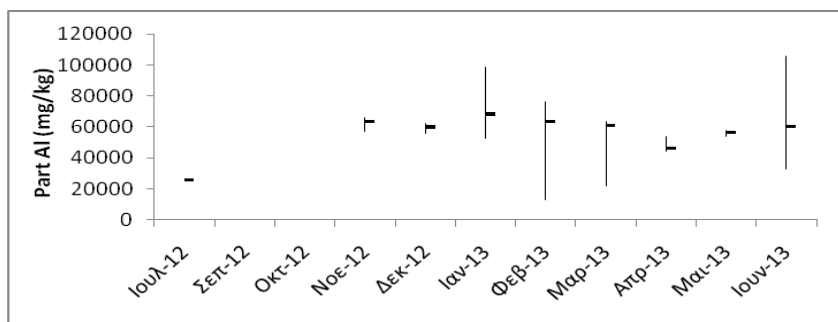
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζονται οι κατανομές των συγκεντρώσεων σωματιδιακού ΑΙ (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας του π. Πηνειού κατά την διάρκεια όλων των δειγματοληψιών.



Διάγραμμα 16: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού ΑΙ (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Δεν παρατηρήθηκε σημαντική στατιστική διαφοροποίηση στη συγκέντρωση σωματιδιακού ΑΙ (w/w) ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού ΑΙ (w/w) μηνιαία.



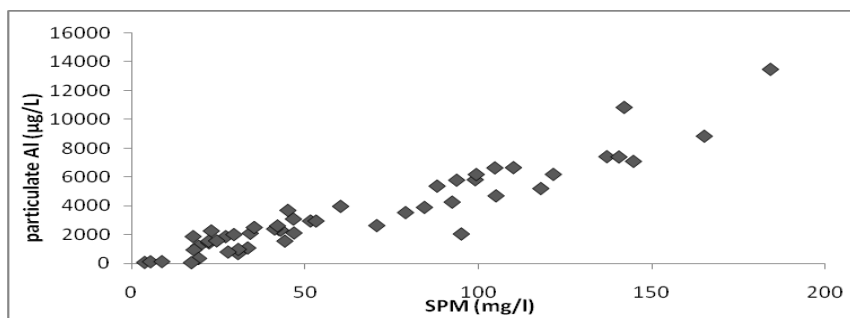
Διάγραμμα 17 : Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Al (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Από τη στατιστική σύγκριση αποδείχθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Al (w/w) δεν παρουσίασε διαφορά ανάμεσα στις δύο περιόδους (υγρή και ξηρή).

Υγρή περίοδος: Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2012 και Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος-Απρίλιος και Μάιος 2013

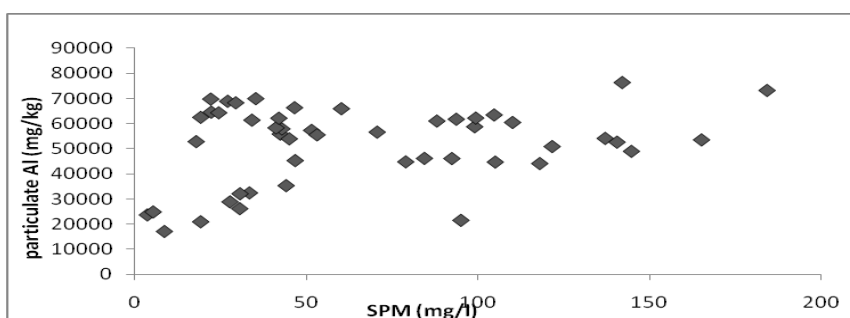
Ξηρή περίοδος: Ιούλιος-Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2012 και Ιούνιος 2013.

Στα διαγράμματα 18 και 19 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Al (w/v) και (w/w) αντίστοιχα με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 18: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Al (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.

Από το διάγραμμα διαπιστώνεται θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Al (w/v) και το SPM.



Διάγραμμα 19: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Al (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.

Από το διάγραμμα διαπιστώνεται ότι η περιεκτικότητα του αιωρούμενου υλικού (SPM) σε σωματιδιακό ΑΙ (w/w) δεν εξαρτάται από την ποσότητα του SPM.

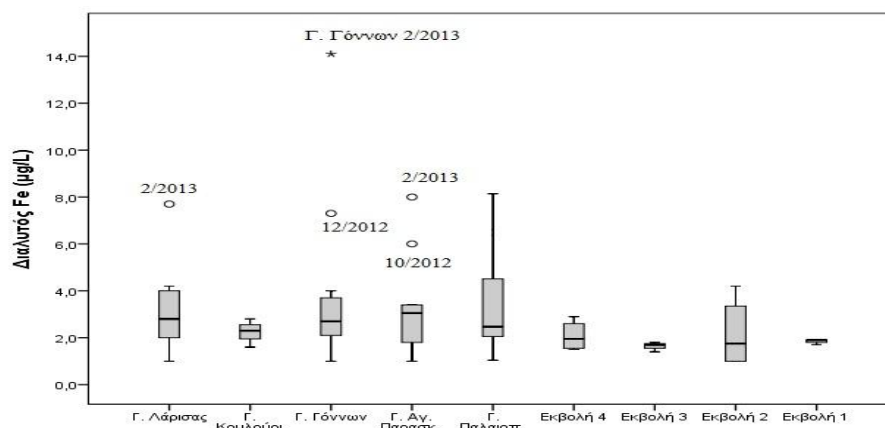
5.3.2 Διαλυτός Fe

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον διαλυτό Fe στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013).

Πίνακας 28: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Fe στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Fe
Γέφυρα Λάρισας	3,2	2,8	1,0-7,7
Γέφυρα Κουλούρι	2,2	2,3	1,6-2,8
Γέφυρα Γόννων	3,8	2,7	1,0-14,1
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	3,3	3,0	1,0-8,0
Γέφυρα Παλαιόπυργου	3,4	2,6	1,0-8,1
Εκβολή 4 επιφ.	2,2	2,3	1,5-2,9
Εκβολή 4 βάθος	1,6	1,6	1,6
Εκβολή 3 επιφ.	1,6	1,7	1,4-1,7
Εκβολή 3 βάθος	1,8	1,8	1,8
Εκβολή 2 επιφ.	2,6	2,5	1,0-4,2
Εκβολή 2 βάθος	1,0	1,0	1,0
Εκβολή 1 επιφ.	1,8	1,9	1,7-1,9

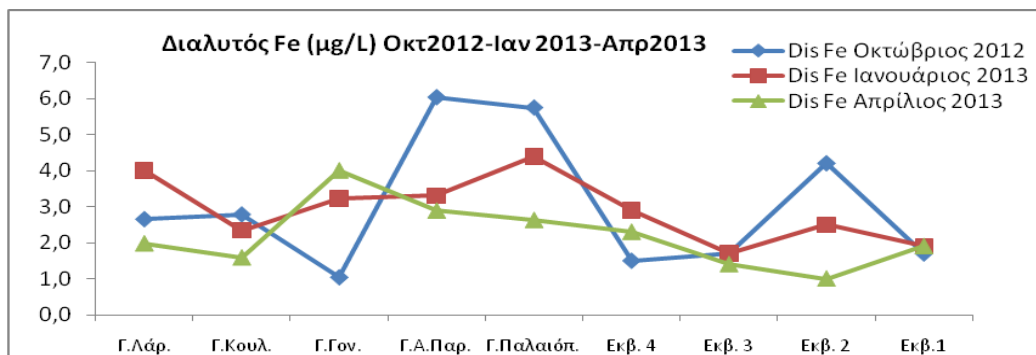
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Fe κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 20: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Fe κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Η στατιστική σύγκριση απέδειξε ότι δεν υπήρξε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση διαλυτού Fe από τις γέφυρες ως τις εκβολές του π. Πηνειού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας.

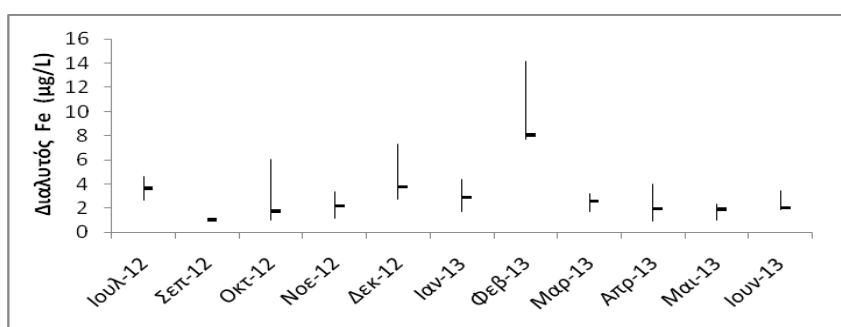
Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυτού Fe τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 21 : Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Fe τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.

Παρατηρώντας το διάγραμμα διαπιστώνουμε μια μικρή μείωση στη συγκέντρωση διαλυτού Fe στις εκβολές σε σχέση με τα σημεία ανάντη στο ποτάμι στις περιόδους Οκτωβρίου 2012, Ιανουαρίου και Απριλίου 2013 που υπήρχαν τιμές σε όλο το μελετούμενο μήκος του ποταμού.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Fe (μg/l) μηνιαία.



Διάγραμμα 22: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Fe (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Κάνοντας συγκρίσεις εποχιακά διαπιστώσαμε ότι τόσο στα γεφύρια στον κατώτερο κύριο ρου του π. Πηνειού όσο και στις εκβολές δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στην συγκέντρωση διαλυτού Fe ανάμεσα στις δύο περιόδους (υγρή-ξηρή). Ο διαλυτός Fe ήταν οριακά υψηλότερος τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες.

Οι μετρούμενες συγκεντρώσεις διαλυτού Fe δεν εμφάνισαν υπερβάσεις σε σχέση με το όριο των 200 µg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.¹²¹ Ακόμη, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της ΕΡΑ για το γλυκό νερό, η συγκέντρωση του διαλυτού Fe δεν υπερέβη το όριο χρόνιας τοξικότητας (1000 µg/l).¹²²

5.3.3 Σωματιδιακός Fe

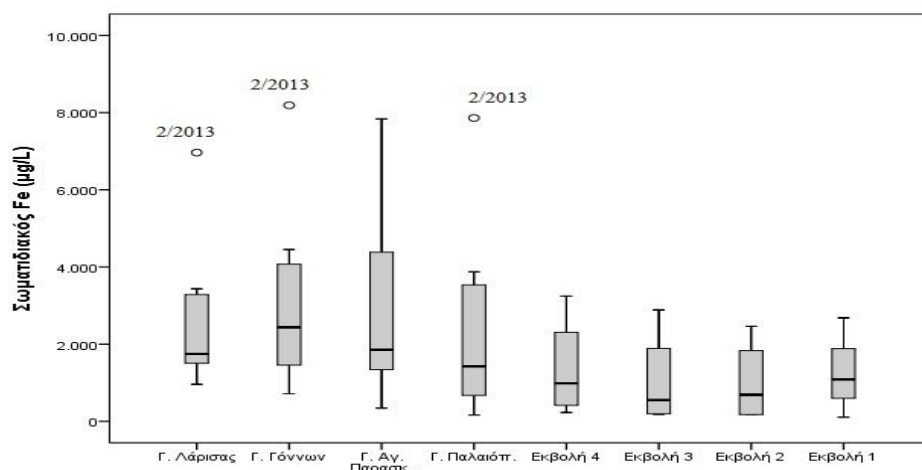
5.3.3.1 Σωματιδιακός Fe (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Fe στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 29: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Fe (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (µg/l)	Ετήσιο διάμεσο (µg/l)	Εύρος σωματιδιακού Fe
Γέφυρα Λάρισας	2432	1747	957-6967
Γέφυρα Κουλούρι	1793	1076	329-3957
Γέφυρα Γόννων	2955	2437	715-8190
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	2878	1854	343-7839
Γέφυρα Παλαιόπυργου	2373	1436	170-7863
Εκβολή 4 επιφ.	1615	1370	230-3245
Εκβολή 4 βάθος	597	597	597,4
Εκβολή 3 επιφ.	1331	894	211-2887
Εκβολή 3 βάθος	183	183	183,2
Εκβολή 2 επιφ.	1276	1198	168-2464
Εκβολή 2 βάθος	179	179	179
Εκβολή 1 επιφ.	1291	1085	108-2681

Στο διάγραμμα 23 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Fe (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού.



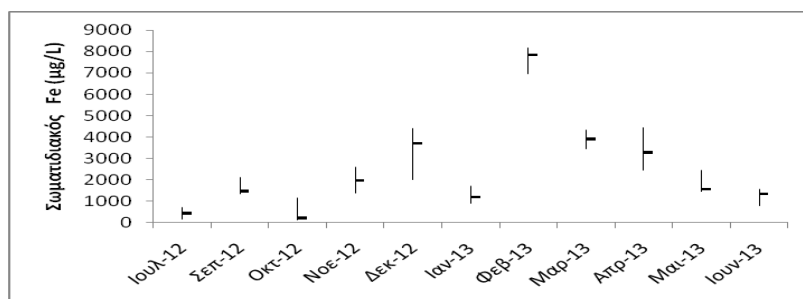
Διάγραμμα 23: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τις στατιστικές συγκρίσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Fe ανάμεσα σε όλα τα σημεία όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδοι δειγματοληψίας. Παρ' όλα αυτά οπτικά, οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Fe καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Fe ήταν υψηλότερα ανάντη στο ποτάμι σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές που σημειώθηκαν στις εκβολές του π. Πηνειού.

Επιπλέον, ο σωματιδιακός Fe με ποσοστό >97% υπερτερούσε σε σχέση με το διαλυτό Fe στο ποτάμι και στην εκβολή.

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Fe (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση του μειωνόταν στις εκβολές τους μήνες Ιανουάριο και Απρίλιο 2013. (Π5)

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/v) μηνιαία.



Διάγραμμα 24: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Fe (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Από τις στατιστικές συγκρίσεις διαπιστώσαμε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/v) ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες.

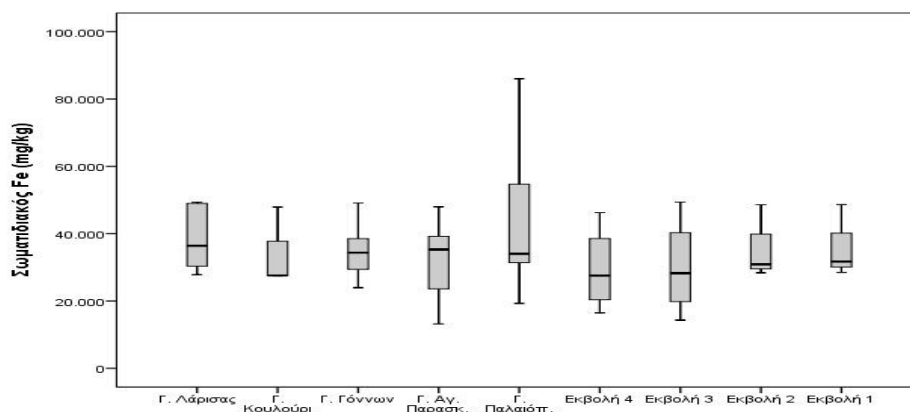
5.3.3.2 Σωματιδιακός Fe (w/w)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Fe (w/w) στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 30: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Fe (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Fe
Γέφυρα Λάρισας	38730	36416	27802-49358
Γέφυρα Κουλούρι	34310	27564	27445-47920
Γέφυρα Γόννων	34568	34364	23941-49126
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	35109	35282	13156-47978
Γέφυρα Παλαιόπυργου	46972	35555	19293-86033
Εκβολή 4 επιφ.	33788	30852	24259-46252
Εκβολή 4 βάθος	16459	16459	16459,1
Εκβολή 3 επιφ.	35307	31196	25348-49378
Εκβολή 3 βάθος	14315	14315	14314,5
Εκβολή 2 επιφ.	36800	31142	30663-48594
Εκβολή 2 βάθος	28392	28392	28391,7
Εκβολή 1 επιφ.	36271	31705	28481-48628

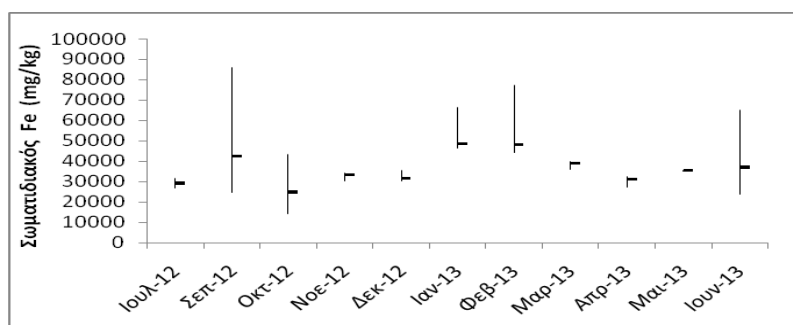
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Fe (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού.



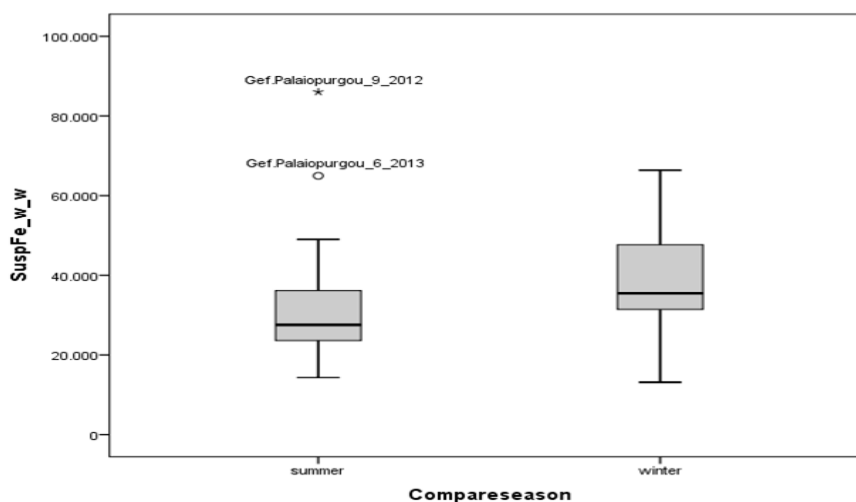
Διάγραμμα 25: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τις στατιστικές συγκρίσεις καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) ανάμεσα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας του π. Πηνειού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας.

Στο διάγραμμα 26 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/w) μηνιαία και στο διάγραμμα 27 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/w) εποχιακά (υγρή-ξηρή περίοδος) κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.



Διάγραμμα 26: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Fe (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).



Διάγραμμα 27: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) εποχιακά κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώθηκε ότι συνυπολογίζοντας όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό (γέφυρες και εκβολές), η συγκέντρωση σωματιδιακού Fe (w/w) ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες.

Όσον αφορά στην μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Fe (w/v) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Fe (w/v) και το SPM. (Π6)

Τέλος, μελετώντας την μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Fe (w/w) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα του αιωρούμενου υλικού (SPM) σε σωματιδιακό Fe (w/w) δεν εξαρτάται από την ποσότητα του SPM. (Π6)

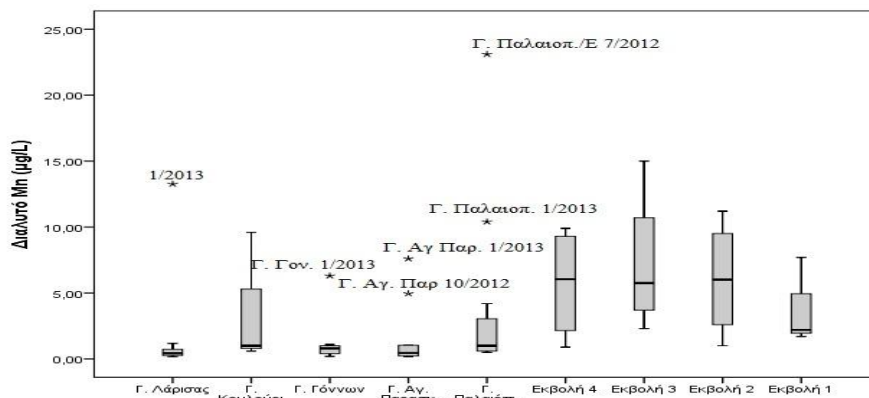
5.3.4 Διαλυτό Mn

Στον πίνακα 31 που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το διαλυτό Mn στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 31: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Mn στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Mn
Γέφυρα Λάρισας	1,7	0,4	0,17-13,3
Γέφυρα Κουλούρι	3,6	1,0	0,56-9,6
Γέφυρα Γόννων	1,1	0,5	0,16-6,3
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	1,6	0,4	0,19-7,6
Γέφυρα Παλαιόπυργου	3,9	0,6	0,47-23,1
Εκβολή 4 επιφ.	7,3	8,7	3,4-9,9
Εκβολή 4 βάθος	0,9	0,9	0,9
Εκβολή 3 επιφ.	7,9	6,4	2,3-15,0
Εκβολή 3 βάθος	5,1	5,1	5,1
Εκβολή 2 επιφ.	6,5	7,8	0,45-11,23
Εκβολή 2 βάθος	4,2	4,2	4,2
Εκβολή 1 επιφ.	3,6	2,2	0,80-7,7

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Mn κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 28: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Mn κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

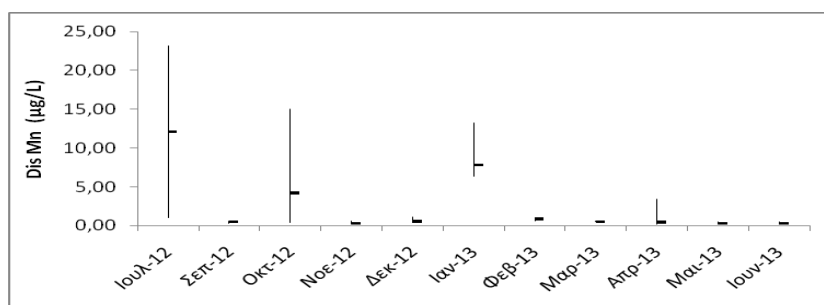
Η στατιστική σύγκριση δεν απέδειξε διαφορά στο διαλυτό Mn ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας εξαιτίας των extreme τιμών (*) διαλυτού Mn που καταγράφηκαν στη Γεφ. Παλαιόπυργου τους μήνες Ιούλιο 2012 και Ιανουάριο 2013, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδοι δειγματοληψίας. Παρ'όλα αυτά, οπτικά φάνηκε ξεκάθαρη αύξηση του διαλυτού Mn στις εκβολές.

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυτού Mn τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού φάνηκε ότι η συγκέντρωση του αυξήθηκε τους μήνες Οκτώβριο 2012 και Απρίλιο 2013. (Π5)

Ιδιαίτερα τον μήνα Ιούλιο 2012, οι συγκεντρώσεις διαλυτού Mn που καταγράφηκαν στα επιφανειακά και υπο-επιφανειακά νερά στη Γεφ. Παλαιόπυργου ήταν 23,1μg/l και 196,7μg/l αντίστοιχα. Συνεπώς, παρατηρήθηκε η πολλή αυξημένη συγκέντρωση διαλυτού Mn στο υπο-επιφανειακό στρώμα νερού (σφήνα αλατότητας).

Σχετικά με την μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Mn με το αιωρούμενο υλικό (SPM) φαίνεται ότι οι συγκεντρώσεις του ήταν μεγαλύτερες στα σημεία όπου το αιωρούμενο υλικό (SPM) ήταν μικρότερο από 40mg/l. (Π6)

Στο διάγραμμα 29 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Mn μηνιαία. Από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει διαφοροποίηση στο διαλυτό Mn εποχιακά.



Διάγραμμα 29: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Mn (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Οι μετρούμενες συγκεντρώσεις διαλυτού Mn δεν εμφάνισαν υπερβάσεις σε σχέση με το όριο των 50 μg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό. ¹²¹

5.3.5 Σωματιδιακό Mn

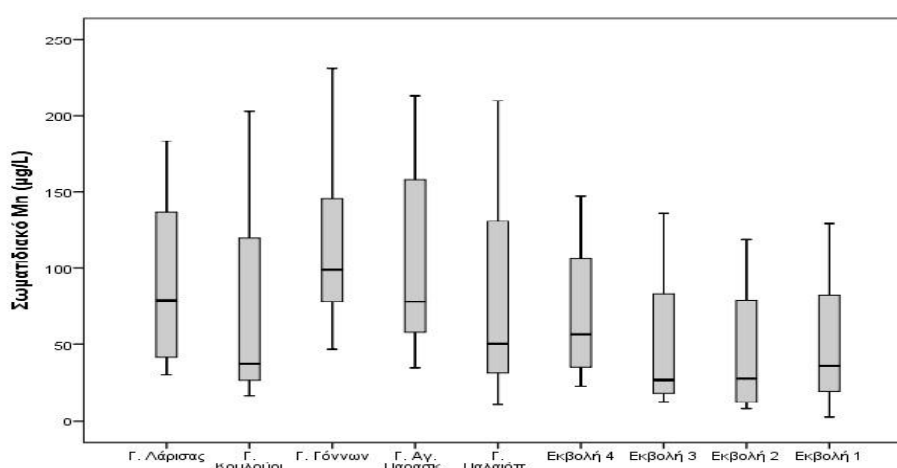
5.3.5.1 Σωματιδιακό Mn (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Mn (w/v) στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 32: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Mn (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος σωματιδιακού Mn
Γέφυρα Λάρισας	90,7	79,0	30,2-183
Γέφυρα Κουλούρι	85,5	37,1	16,5-203
Γέφυρα Γόννων	119,3	98,9	47-231
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	108,7	78,0	34,55-213,0
Γέφυρα Παλαιόπυργου	85,2	54,6	10,5-210
Εκβολή 4 επιφ.	72,4	47,6	22,4-147,3
Εκβολή 4 βάθος	65,9	65,9	65,9
Εκβολή 3 επιφ.	63,4	30,4	23,6-136
Εκβολή 3 βάθος	12,4	12,4	12,4
Εκβολή 2 επιφ.	58,2	39,3	16,5-119
Εκβολή 2 βάθος	7,9	7,9	7,9
Εκβολή 1 επιφ.	55,7	35,8	2,6-129

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Mn (w/v) στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού.



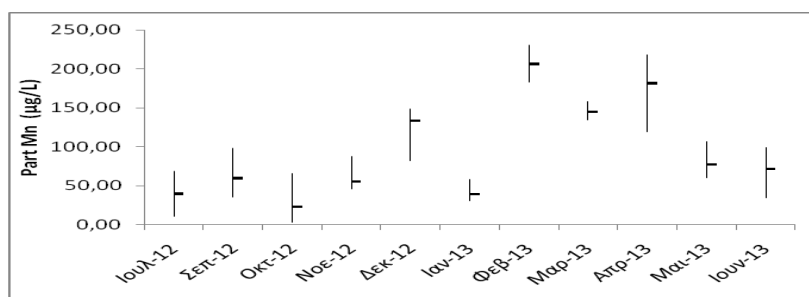
Διάγραμμα 30: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν.2013).

Η στατιστική σύγκριση δεν απέδειξε διαφοροποίηση ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας. Βέβαια, παρά τη μη στατιστική διαφοροποίηση, οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Mn καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού

Μη ήταν υψηλότερα ανάντη στο ποτάμι σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές που σημειώνονταν στις εκβολές του π. Πηνειού.

Επιπλέον, τόσο στο ποτάμι όσο και στην εκβολή το σωματιδιακό Μη υπερτερούσε έναντι του διαλυτού Μη. Η συμμετοχή του διαλυτού Μη στο ολικό Μη αυξανόταν στις εκβολές (median:17%, average:20%) σε σχέση με το ποτάμι (median:1%, average:7%).

Σχετικά με τη μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Μη εποχιακά (χειμώνας-καλοκαίρι), από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές αποδείχθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Μη ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες.



Διάγραμμα 31: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Mn (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Τα μέταλλα Fe και Mn αποτελούν τα βασικά λιθολογικά συστατικά στην λεκάνη απορροής του π. Πηνειού και για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις τους είναι πολύ υψηλότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα.

5.3.5.2 Σωματιδιακό Mn (w/w)

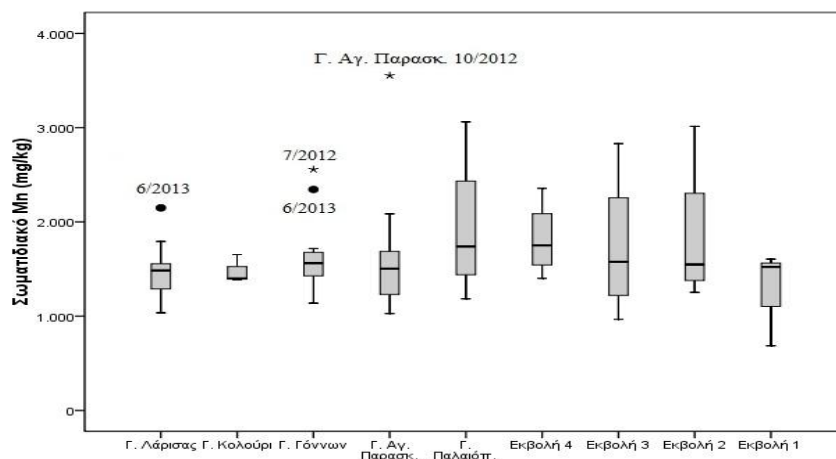
Στον πίνακα 33 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Mn στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό, την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 33: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το σωματιδιακό Mn (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Mn
Γέφυρα Λάρισας	1492	1485	1036-2149
Γέφυρα Κουλούρι	1479	1400	1385-1653
Γέφυρα Γόννων	1646	1562	1138-2557
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	1687	1504	1028-3553
Γέφυρα Παλαιόπυργου	1873	1533	1333-3061
Εκβολή 4 επιφ.	1814	1684	1401-2357
Εκβολή 4 βάθος	1816	1816	1816,0

Εκβολή 3 επιφ.	1995	1681	1472-2830
Εκβολή 3 βάθος	967	967	966,8
Εκβολή 2 επιφ.	2037	1593	1504-3014
Εκβολή 2 βάθος	1252	1252	1252,1
Εκβολή 1 επιφ.	1271	1522	685-1605

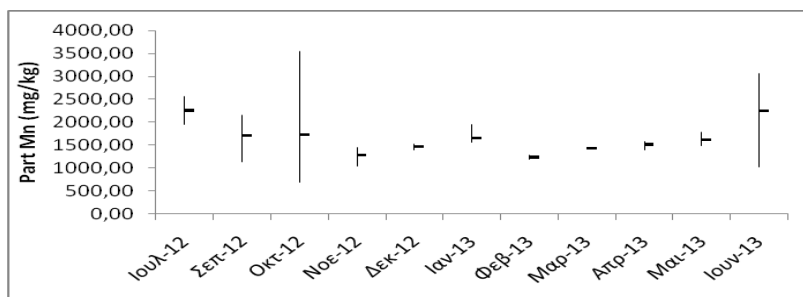
Στο διάγραμμα 32 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Μn (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού.



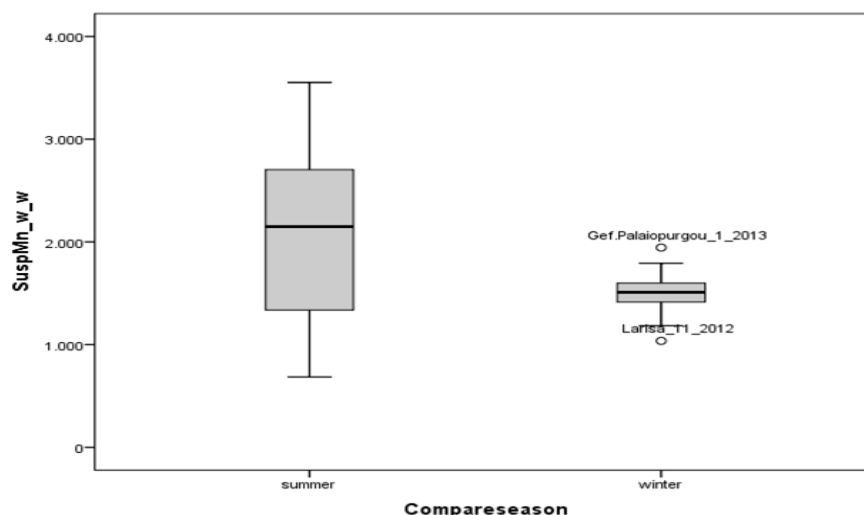
Διάγραμμα 32: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Μn (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Μn (w/w) μεταξύ των σημείων δειγματοληψίας, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας.

Στο διάγραμμα 33 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Μn (w/w) μηνιαία και στο διάγραμμα 34 απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Μn (w/w) εποχιακά (χειμώνας-καλοκαίρι) κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.



Διάγραμμα 33: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Μn (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).



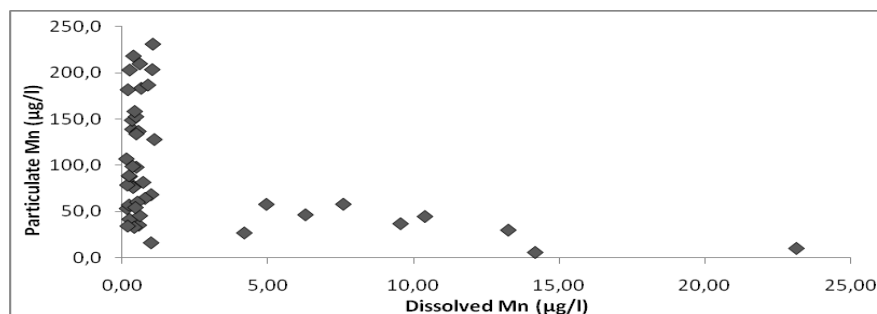
Διάγραμμα 34: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/w) εποχιακά κατά μήκος του π. Πηγείου την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Mn (w/w) ήταν υψηλότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες.

Όσον αφορά στην μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Mn (w/v) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Mn (w/v) και το SPM. (Π6)

Επιπλέον, μελετώντας την μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Mn (w/w) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα του αιωρούμενου υλικού (SPM) σε σωματιδιακό Mn (w/w) δεν εξαρτάται από την ποσότητα του SPM. Σημειώθηκε μεγαλύτερο εύρος στις τιμές σωματιδιακού Mn (w/w) όταν το SPM ήταν μικρότερο από 50mg/l. (Π6)

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή του διαλυτού Mn με το σωματιδιακό Mn (w/v) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 35: Η μεταβολή του διαλυτού Mn με το σωματιδιακό Mn (w/v) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.

Από το διάγραμμα φαίνεται ότι στα σημεία με αυξημένο διαλυτό Mn οι τιμές του σωματιδιακού Mn (w/v) ήταν μικρές (< 50μg/l).

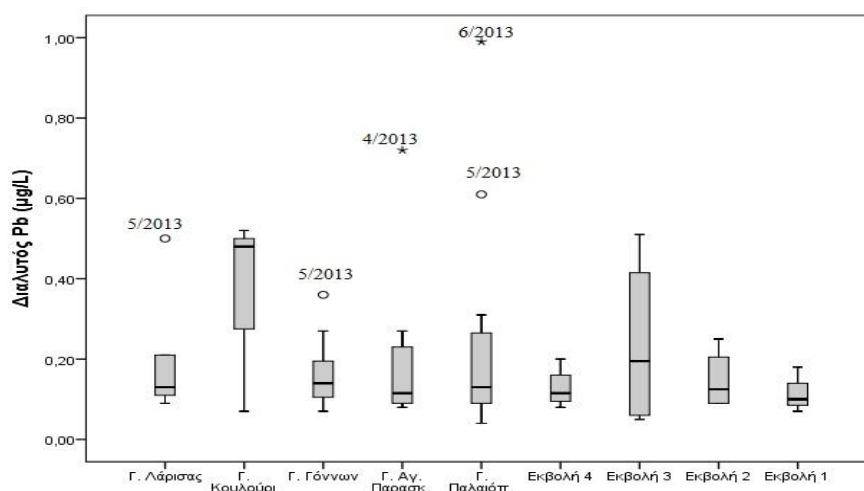
5.3.6 Διαλυτός Pb

Στον πίνακα 34 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον διαλυτό Pb στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 34: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Pb στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Pb
Γέφυρα Λάρισας	0,18	0,13	0,10-0,50
Γέφυρα Κουλούρι	0,36	0,48	0,07-0,52
Γέφυρα Γόννων	0,16	0,14	0,07-0,36
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	0,20	0,12	0,08-0,72
Γέφυρα Παλαιόπυργου	0,25	0,12	0,04-0,99
Εκβολή 4 επιφ.	0,11	0,11	0,08-0,12
Εκβολή 4 βάθος	0,20	0,20	0,20
Εκβολή 3 επιφ.	0,21	0,07	0,05-0,51
Εκβολή 3 βάθος	0,32	0,32	0,30
Εκβολή 2 επιφ.	0,14	0,09	0,09-0,25
Εκβολή 2 βάθος	0,16	0,16	0,20
Εκβολή 1 επιφ.	0,11	0,10	0,07-0,18

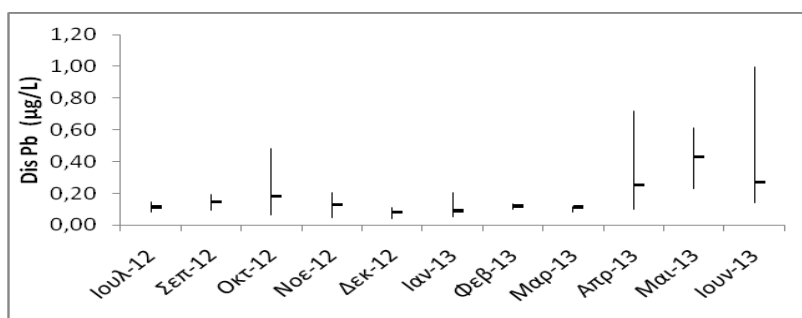
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Pb κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 36: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Pb κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν.2013).

Η στατιστική σύγκριση δεν απέδειξε διαφοροποίηση του διαλυτού Pb ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας. Όμως, στη Γεφ. Κουλούρι καταγράφηκαν δυο αρκετά υψηλότερες τιμές για τον διαλυτό Pb σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές για τον διαλυτό Pb που καταγράφηκαν σε δείγματα από τις υπόλοιπες γέφυρες στην διάρκεια των δειγματοληψιών (επειδή όμως οι τιμές στη γέφυρα αυτή είναι μόνο 3, οι στατιστικές δοκιμές δεν απέδειξαν διαφοροποίηση).

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Pb μηνιαία.



Διάγραμμα 37: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Pb (µg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση διαλυτού Pb ήταν υψηλότερη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες.

Τα επιφανειακά νερά στα σημεία δειγματοληψίας τόσο στις γέφυρες όσο και στις εκβολές του π. Πηνειού παρουσίασαν διακυμάνσεις ως προς τη συγκέντρωση του διαλυτού Pb αλλά ήταν πολύ χαμηλότερες από την παραμετρική τιμή της νομοθεσίας για επιφανειακά νερά (7,2 µg/l) όπως ορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας για τα εσωτερικά επιφανειακά νερά.¹²⁰ Ακόμη, καμία από τις μετρούμενες συγκεντρώσεις διαλυτού Pb δεν υπερέβη το όριο των 10 µg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.¹²¹ Τέλος, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της EPA για το γλυκό νερό, η συγκέντρωση του διαλυτού Pb δεν υπερέβη το όριο χρόνιας τοξικότητας (2,5 µg/l) αλλά ούτε και το αντίστοιχο οξείας τοξικότητας (65 µg/l).¹²²

5.3.7 Σωματιδιακός Pb

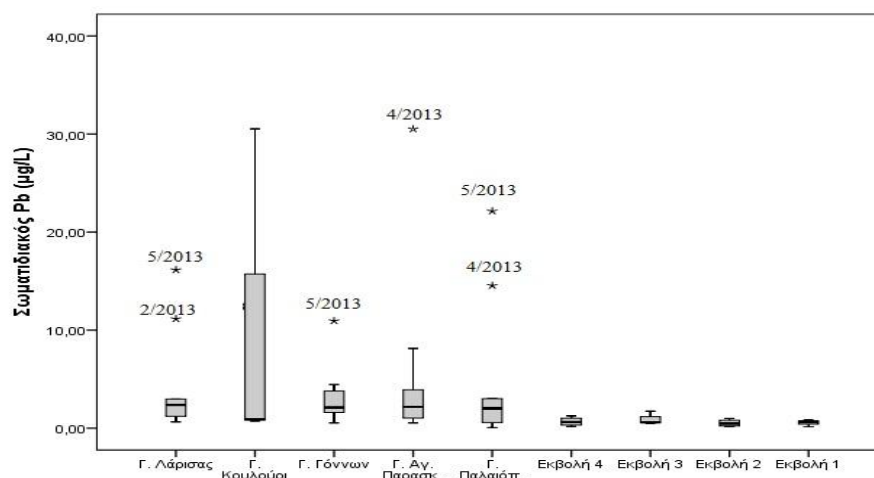
5.3.7.1 Σωματιδιακός Pb (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Pb (w/v) στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013).

Πίνακας 35: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Pb (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος σωματιδιακού Pb
Γέφυρα Λάρισας	4,2	2,4	0,64-16,14
Γέφυρα Κουλούρι	10,7	0,92	0,73-30,53
Γέφυρα Γόννων	3,1	2,1	0,53-10,9
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	5,4	2,2	0,54-30,5
Γέφυρα Παλαιόπυργου	4,7	2,1	0,05-22,1
Εκβολή 4 επιφ.	0,74	0,80	0,17-1,25
Εκβολή 4 βάθος	0,46	0,46	0,50
Εκβολή 3 επιφ.	0,96	0,63	0,51-1,73
Εκβολή 3 βάθος	0,58	0,58	0,60
Εκβολή 2 επιφ.	0,59	0,63	0,15-0,99
Εκβολή 2 βάθος	0,31	0,31	0,30
Εκβολή 1 επιφ.	0,54	0,66	0,14-0,82

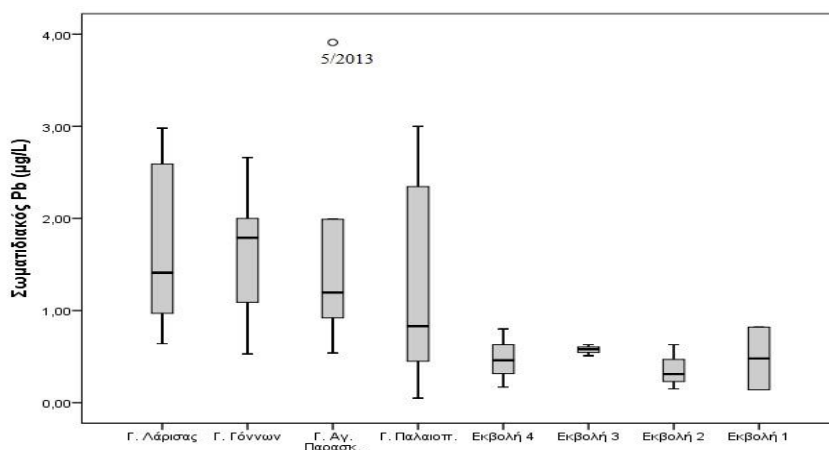
Στο διάγραμμα 38 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Pb (w/v) στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 38: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από την επισκόπηση των δεδομένων και τη στατιστική ανάλυση καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο 2013 παρουσιάστηκαν πολλά μέγιστα για το σωματιδιακό Pb. Οι συγκεντρώσεις αυτές ήταν πολύ υψηλές και ασυνήθιστες για φυσικά ύδατα και οφείλονταν στο αυξημένο σωματιδιακό υλικό λόγω της κατολίσθησης.¹⁷¹

Οι παραπάνω υψηλές τιμές για το σωματιδιακό Pb εξαιρέθηκαν στη συνέχεια από τη στατιστική ανάλυση και έτσι προέκυψε μια σημαντική διαφοροποίηση στη συγκέντρωση σωματιδιακού Pb ανάμεσα στα σημεία ανάντη του ποταμού (Γέφυρες Λάρισας, Γόννων, Αγ.Παρασκευής) και τα σημεία στις εκβολές του π. Πηνειού όπως φαίνεται και στο επόμενο διάγραμμα.



Διάγραμμα 39: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

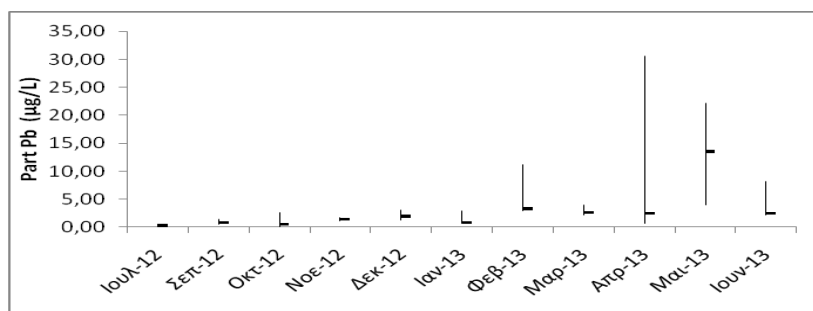
Από τις μη παραμετρικές στατιστικές δοκιμές διαπιστώσαμε ότι:

- δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Pb στα σημεία δειγματοληψιών στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού από τη Γέφ. Λάρισας ως τον Παλαιόπυργο.
- δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Pb ανάμεσα στη Γεφ. Παλαιόπυργου και στα σημεία των εκβολών του π. Πηνειού.
- η συγκέντρωση σωματιδιακού Pb στις Γέφυρες Λάρισας, Γόννων και Αγ.Παρασκευής ήταν υψηλότερη σε σύγκριση με τα σημεία των εκβολών του π. Πηνειού.

Επιπλέον, τόσο στο ποτάμι όσο και στην εκβολή ο σωματιδιακός Pb υπερεπερνούσε έναντι του διαλυτού Pb. Η συμμετοχή του διαλυτού Pb στον ολικό Pb αυξανόταν στις εκβολές (median:20%, average:23%) σε σχέση με το ποτάμι (median:6%, average:10%).

Σχετικά με την εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Pb η στατιστική σύγκριση έδειξε ότι στο σύνολο των δειγμάτων η συγκέντρωση σωματιδιακού Pb ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες. Αυτό απεικονίζεται

και στο διάγραμμα της μηνιαίας διακύμανσης του σωματιδιακού Pb (w/v) που ακολουθεί.



Διάγραμμα 40: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Pb (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

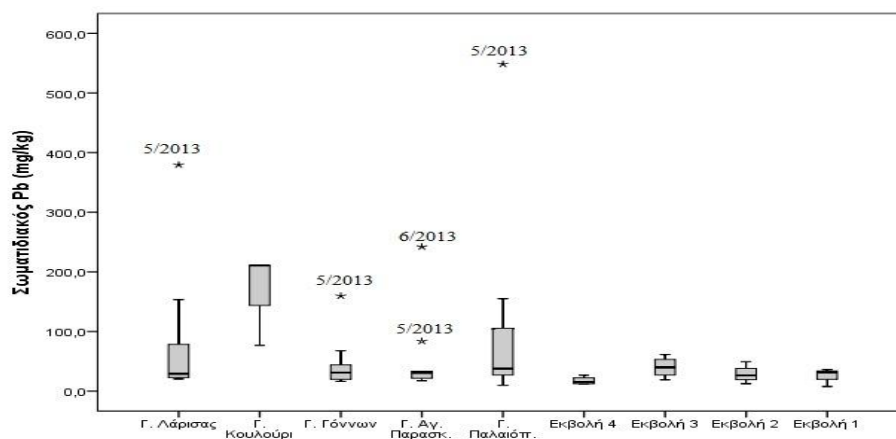
5.3.7.2 Σωματιδιακός Pb (w/w)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Pb (w/w) στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013).

Πίνακας 36: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Pb (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Pb
Γέφυρα Λάρισας	81,6	29,1	20,4-379
Γέφυρα Κουλούρι	106,3	76,8	76,8-211
Γέφυρα Γόννων	43,9	31,1	16,4-160
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	72,2	31,2	17,4-242
Γέφυρα Παλαιόπυργου	102,5	35,4	9,7-548
Εκβολή 4 επιφ.	18,9	17,9	12-26,9
Εκβολή 4 βάθος	12,6	12,6	12,6
Εκβολή 3 επιφ.	38,3	34,9	19-61,4
Εκβολή 3 βάθος	45,1	45,1	45,1
Εκβολή 2 επιφ.	21,8	25,7	12,5-27,2
Εκβολή 2 βάθος	49,3	49,3	49,3
Εκβολή 1 επιφ.	25,2	31,7	7,9-36,2

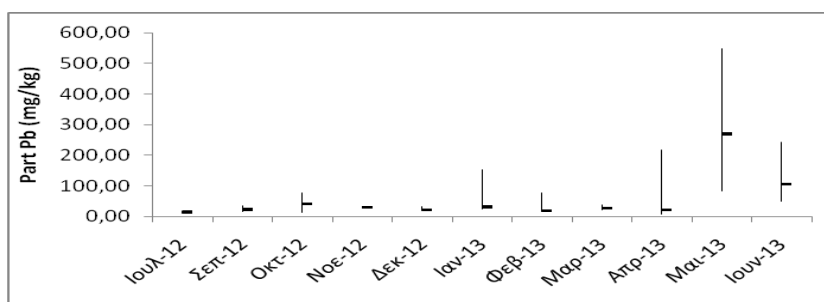
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Pb (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.



Διάγραμμα 41: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/w) ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας. Τους μήνες Απρίλιο και Ιούνιο 2013 παρουσιάστηκαν πολλά μέγιστα για τον σωματιδιακό Pb (w/w). Οι συγκεντρώσεις αυτές ήταν πολύ υψηλές και ασυνήθιστες για φυσικά ύδατα και οφείλονταν στο αυξημένο σωματιδιακό υλικό λόγω της κατολίσθησης¹⁷¹ όπως ειπώθηκε προηγουμένως και για το σωματιδιακό Pb (w/v).

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Pb (w/w) μηνιαία.



Διάγραμμα 42: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Pb (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Σχετικά με τη μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Pb (w/w) διαπιστώσαμε ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Pb εποχιακά σε αντίθεση με τον σωματιδιακό Pb (w/v) που ήταν υψηλότερος το χειμώνα σε σχέση με το καλοκαίρι.

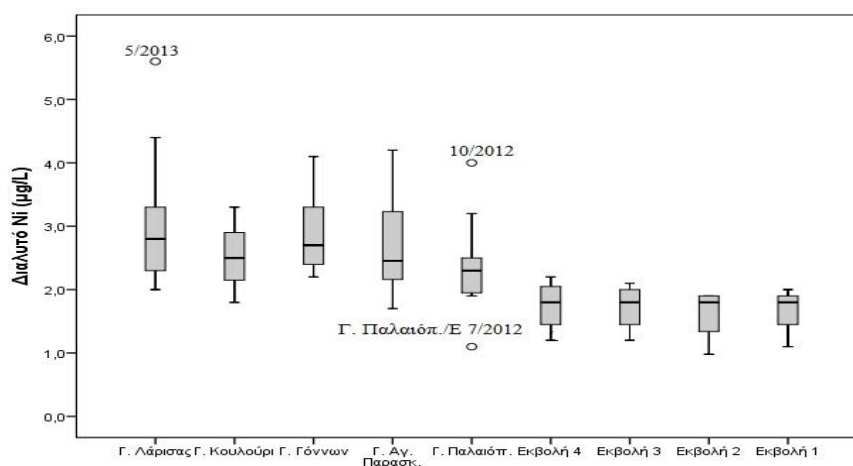
5.3.8 Διαλυτό Ni

Στον πίνακα 37 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το διαλυτό Ni στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 37: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Ni στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Ni
Γέφυρα Λάρισας	3,1	2,8	2,0-5,6
Γέφυρα Κουλούρι	2,6	2,5	1,8-3,3
Γέφυρα Γόννων	2,9	2,7	2,2-4,1
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	2,6	2,4	1,7-4,2
Γέφυρα Παλαιόπυργου	2,4	2,3	1,1-4,0
Εκβολή 4 επιφ.	1,7	1,7	1,2-2,2
Εκβολή 4 βάθος	1,9	1,9	1,9
Εκβολή 3 επιφ.	1,9	1,9	1,7-2,1
Εκβολή 3 βάθος	1,2	1,2	1,2
Εκβολή 2 επιφ.	1,8	1,9	1,7-1,9
Εκβολή 2 βάθος	1,0	1,0	1,0
Εκβολή 1 επιφ.	1,6	1,8	1,1-2,0

Στο διάγραμμα 43 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Ni κατά μήκος του π. Πηνειού.



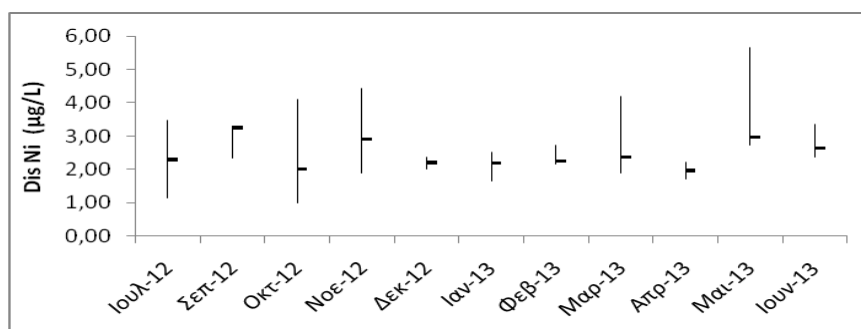
Διάγραμμα 43: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Ni κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η συγκέντρωση διαλυτού Ni στις Γέφυρες Λάρισας, Κουλούρι, Γόννων, Αγ.Παρασκευής και Παλαιόπυργου ήταν

υψηλότερη σε σχέση με τις εκβολές του Πηνειού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδους δειγματοληψίας.

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυτού Ni τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού επιβεβαιώθηκε η παρατήρηση ότι η συγκέντρωση του ήταν υψηλότερη στα γεφύρια του π. Πηνειού σε σύγκριση με τις εκβολές του. (Π5)

Στο διάγραμμα 44 που ακολουθεί απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Ni μηνιαία.



Διάγραμμα 44: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Ni (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Σχετικά με τη μηνιαία διακύμανση του διαλυτού Ni από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώσαμε ότι για το σύνολο των δεδομένων στο ποτάμι και στις εκβολές δεν παρατηρήθηκε διαφοροποίηση εποχιακά.

Τα επιφανειακά νερά στα σημεία δειγματοληψίας τόσο στις γέφυρες όσο και στις εκβολές του π. Πηνειού παρουσίασαν διακυμάνσεις ως προς τη συγκέντρωση του διαλυτού Ni αλλά ήταν πολύ χαμηλότερες από την παραμετρική τιμή της νομοθεσίας για επιφανειακά νερά (20 μg/l) όπως ορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας για τα εσωτερικά επιφανειακά νερά.¹²⁰ Ακόμη, καμία από τις μετρούμενες συγκεντρώσεις διαλυτού Ni δεν υπερέβη το όριο των 20 μg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.¹²¹ Τέλος, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της EPA για το γλυκό νερό, η συγκέντρωση του διαλυτού Ni δεν υπερέβη το όριο χρόνιας τοξικότητας (52 μg/l) αλλά ούτε και το αντίστοιχο οξείας τοξικότητας (470 μg/l).¹²²

5.3.9 Σωματιδιακό Ni

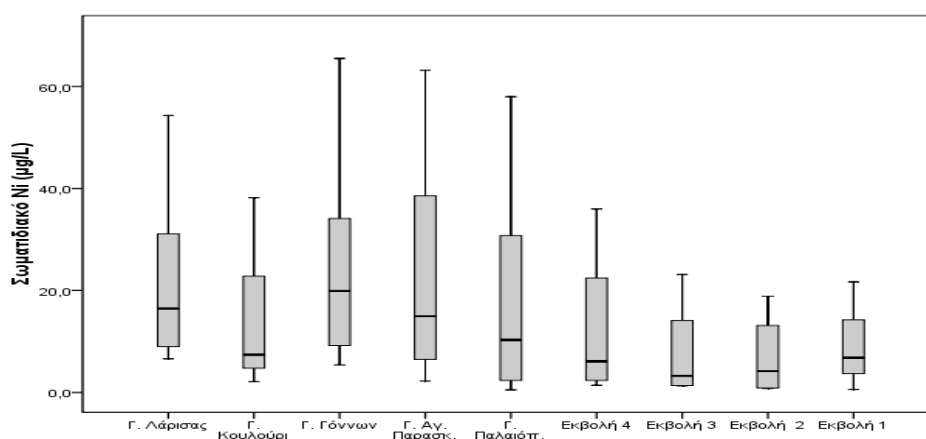
5.3.9.1 Σωματιδιακό Ni (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Ni στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 38: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Ni (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος σωματιδιακού Ni
Γέφυρα Λάρισας	21,8	16,5	6,6-54,3
Γέφυρα Κουλούρι	15,9	7,4	2,1-38,21
Γέφυρα Γόννων	25,6	19,9	5,4-65,5
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	24,3	14,9	2,2-63,2
Γέφυρα Παλαιόπυργου	18,2	10,9	0,53-58
Εκβολή 4 επιφ.	15,4	8,9	1,4-35,98
Εκβολή 4 βάθος	3,3	3,3	3,3
Εκβολή 3 επιφ.	9,8	5,1	1,3-23,12
Εκβολή 3 βάθος	1,4	1,4	1,4
Εκβολή 2 επιφ.	9,0	7,4	0,78-18,87
Εκβολή 2 βάθος	1,0	1,0	1,0
Εκβολή 1 επιφ.	9,7	6,8	0,60-21,67

Στο διάγραμμα που ακολουθεί απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Ni στα σημεία δειγματοληψίας κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 45: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

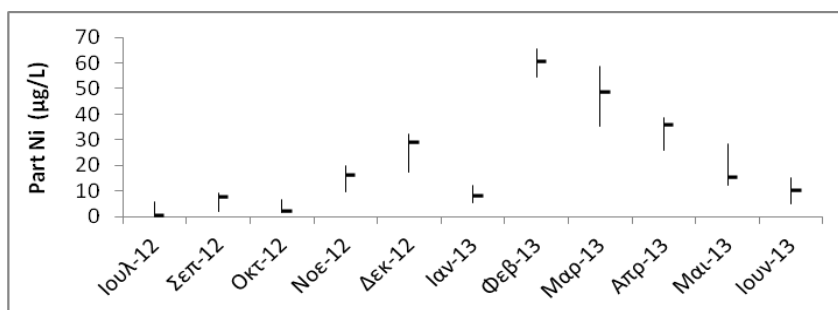
Από τη σύγκριση διαπιστώσαμε ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Ni ανάμεσα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας. Η απουσία στατιστική διαφοράς

οφειλόταν στο μεγάλο εύρος στις συγκεντρώσεις σωματιδιακού Ni ακόμα και στις εκβολές. Πάντως οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Ni καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Ni έδειξαν την τάση να μειώνονται κατάντη στο ποτάμι προς τις εκβολές.

Επιπλέον, τόσο στο ποτάμι όσο και στην εκβολή το σωματιδιακό Ni υπερτερούσε έναντι του διαλυτού Ni. Η συμμετοχή του διαλυτού Ni στο ολικό Ni αυξανόταν στις εκβολές (median:25%, average:33%) σε σχέση με το ποτάμι (median:17%, average:22%).

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Ni (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηγείου φάνηκε ότι οι μεγαλύτερες τιμές σωματιδιακού Ni (w/v) καταγράφηκαν τον μήνα Ιανουάριο 2013 σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μέταλλα που καταγράφηκαν τον Απρίλιο 2013. (Π5)

Σχετικά με την εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Ni (w/v) από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώσαμε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Ni ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες γεγονός που καταδεικνύεται έντονα και στην απεικόνιση των μηνιαίων διακυμάνσεων του επόμενου διαγράμματος.



Διάγραμμα 46: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Ni (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

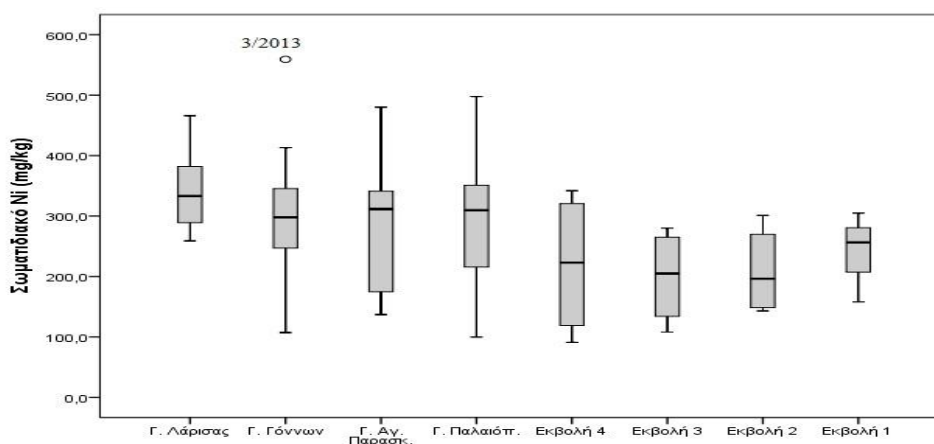
5.3.9.2 Σωματιδιακό Ni (w/w)

Στον πίνακα 39 που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το σωματιδιακό Ni (w/w) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηγείο την περίοδο Ιούλιος 2012- Ιούνιος 2013.

Πίνακας 39: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Ni (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Ni
Γέφυρα Λάρισας	340	333	259-466
Γέφυρα Κουλούρι	255	264	172-330
Γέφυρα Γόννων	301	298	107-559
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	290	312	137-480
Γέφυρα Παλαιόπυργου	293	300	99,8-498
Εκβολή 4 επιφ.	263	299	147-342
Εκβολή 4 βάθος	91	91	91,1
Εκβολή 3 επιφ.	230	250	160-280
Εκβολή 3 βάθος	108	108	108,2
Εκβολή 2 επιφ.	227	239	143-301
Εκβολή 2 βάθος	154	154	153,9
Εκβολή 1 επιφ.	240	256	158-305

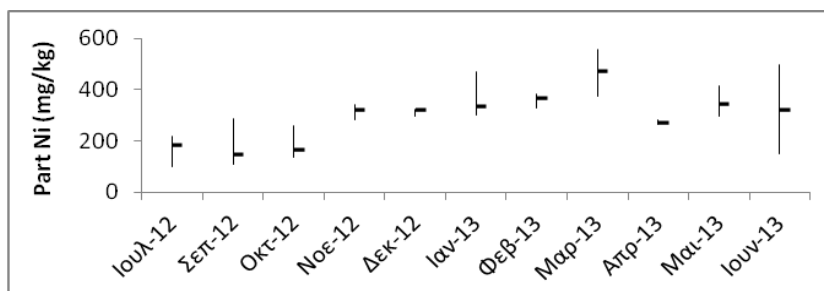
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Ni (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 47: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/w) ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας του π. Πηνειού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδους δειγματοληψίας. Αλλά, οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/w) καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Ni (w/w) μειώνονταν κατάντη στο ποτάμι προς τις εκβολές.

Όσον αφορά στην εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Ni αποδείχθηκε στατιστικά ότι τα επίπεδα σωματιδιακού Ni (w/w) ήταν υψηλότερα κατά τους χειμερινούς σε σχέση με τους καλοκαιρινούς όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 48.



Διάγραμμα 48: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Ni (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

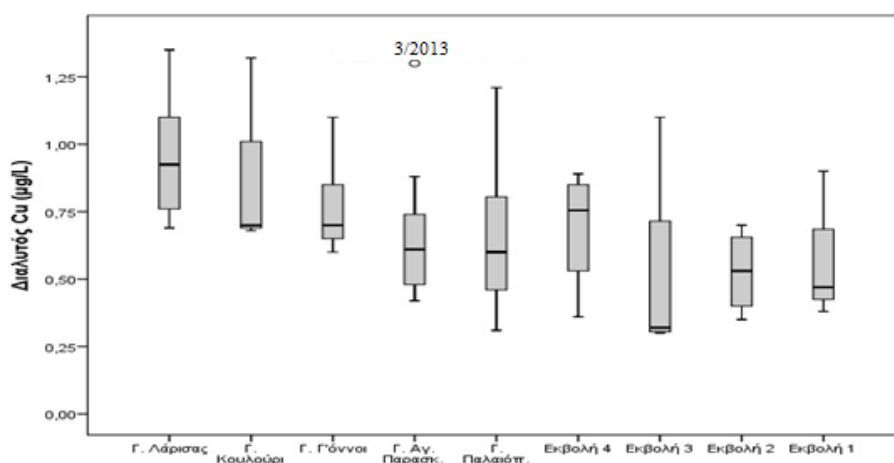
5.3.10 Διαλυτός Cu

Στον πίνακα 40 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το διαλυτό Cu στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 40: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Cu στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Cu
Γέφυρα Λάρισας	1,0	0,9	0,69-1,35
Γέφυρα Κουλούρι	0,9	0,7	0,68-1,3
Γέφυρα Γόννων	0,8	0,7	0,59-1,1
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	0,7	0,6	0,42-1,3
Γέφυρα Παλαιόπυργου	0,6	0,6	0,31-7,4
Εκβολή 4 επιφ.	0,7	0,70	0,36-0,89
Εκβολή 4 βάθος	0,8	0,81	0,81
Εκβολή 3 επιφ.	0,6	0,31	0,30-1,1
Εκβολή 3 βάθος	0,3	0,33	0,33
Εκβολή 2 επιφ.	0,5	0,61	0,35-0,7
Εκβολή 2 βάθος	0,5	0,45	0,45
Εκβολή 1 επιφ.	0,6	0,47	0,38-0,9

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Cu κατά μήκος του π. Πηνειού.

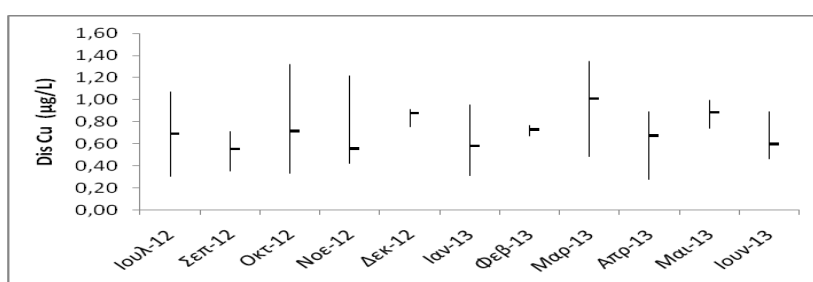


Διάγραμμα 49: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cu κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιουλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας, στη Γεφ. Λάρισας καταγράφηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις διαλυτού Cu, ακολούθησαν οι Γέφυρες Γόννων, Αγ.Παρασκευής και Παλαιόπυργου και οι εκβολές, όπου ο διαλυτός Cu ήταν σε παρόμοια επίπεδα. Στη Γεφ. Κουλούρι οι τιμές ήταν μόνο 3, το εύρος ήταν μεγάλο και η διάμεση τιμή μικρή και άρα οι συγκεντρώσεις διαλυτού Cu αποδείχθηκαν στατιστικά ίσες τόσο με τις αντίστοιχες στην Γεφ. Λάρισας όσο και με τις συγκεντρώσεις στις Γέφυρες Γόννων, Αγ. Παρασκευής και Παλαιόπυργου.

Όσον αφορά στην μεταβολή της συγκέντρωσης του διαλυτού Cu τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης του προς τις εκβολές τους μήνες Οκτώβριο 2012 και Ιανουάριο 2013. (Π5)

Σχετικά με τη εποχιακή διακύμανση του διαλυτού Cu δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά ανάμεσα στην υγρή και την ξηρή περίοδο όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 50.



Διάγραμμα 50: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Cu (µg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Τα επιφανειακά νερά στα σημεία δειγματοληψίας τόσο στις γέφυρες όσο και στις εκβολές του π. Πηνειού παρουσίασαν διακυμάνσεις ως προς τη συγκέντρωση του διαλυτού Cu αλλά ήταν πολύ χαμηλότερες από την παραμετρική τιμή της νομοθεσίας για επιφανειακά νερά υψηλής σκληρότητας (26 µg/l) όπως ορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας για τα εσωτερικά επιφανειακά νερά.¹²⁰ Ακόμη, οι ετήσιες μέσες τιμές σε κάθε σημείο δειγματοληψίας δεν εμφάνισαν υπερβάσεις από το όριο των 200 µg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.¹²¹ Επιπλέον, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της ΕΡΑ για το γλυκό νερό, μια μεμονωμένη περίπτωση που σημειώθηκε υπέρβαση του ορίου χρόνιας τοξικότητας για το διαλυτό Cu (1,5 µg/l) εξαιρέθηκε από τη στατιστική επεξεργασία.¹²² Τέλος, οι συγκεντρώσεις του διαλυτού Cu δεν υπερέβησαν την παραμετρική τιμή του για το γλυκό νερό εκτροφής ψαριών.¹²³

5.3.11 Σωματιδιακός Cu

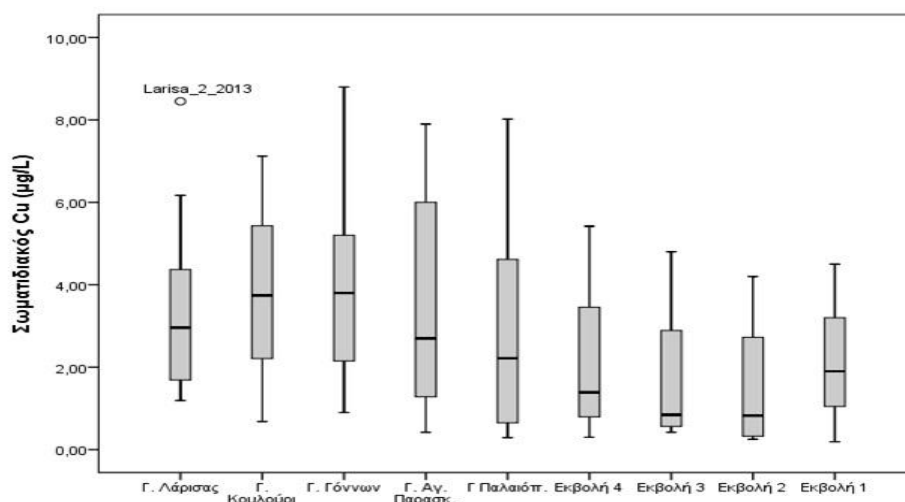
5.3.11.1 Σωματιδιακός Cu (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Cu (w/v) στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 41: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Cu (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (µg/l)	Ετήσιο διάμεσο (µg/l)	Εύρος σωματιδιακού Cu
Γέφυρα Λάρισας	3,5	3,0	1,2-8,5
Γέφυρα Κουλούρι	3,8	3,7	0,68-7,1
Γέφυρα Γόννων	4,0	3,8	0,94-8,8
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	4,1	3,4	0,42-7,9
Γέφυρα Παλαιόπυργου	3,1	2,4	0,29-8,0
Εκβολή 4 επιφ.	2,9	2,9	0,30-5,42
Εκβολή 4 βάθος	1,3	1,3	1,3
Εκβολή 3 επιφ.	2,1	0,98	0,42-4,8
Εκβολή 3 βάθος	0,71	0,71	0,70
Εκβολή 2 επιφ.	1,9	1,3	0,40-4,2
Εκβολή 2 βάθος	0,25	0,25	0,30
Εκβολή 1 επιφ.	2,2	1,9	0,19-4,5

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Cu (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού



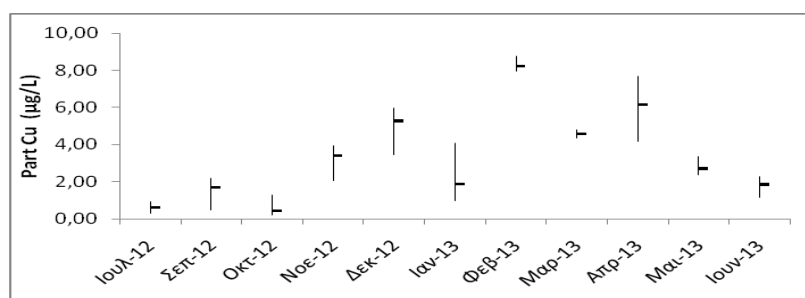
Διάγραμμα 51: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τις συγκρίσεις καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι, παρά το μεγάλο εύρος συγκεντρώσεων, δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση σωματιδιακού Cu ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδους. Παρά τη μη στατιστική διαφοροποίηση, οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Cu ήταν σχεδόν διπλάσιες ανάντη στο ποτάμι σε σύγκριση με τις εκβολές του π. Πηνειού και ήταν εμφανής η μείωση στη συγκέντρωση σωματιδιακού Cu στις εκβολές σε σχέση με τα ανάντη σημεία του ποταμού (ιδίως με τις Γέφυρες Λάρισσας και Γόννων).

Επιπλέον, τόσο στο ποτάμι όσο και στην εκβολή ο σωματιδιακός Cu υπερεξείχε έναντι του διαλυτού Cu. Η συμμετοχή του διαλυτού Cu στον ολικό Cu ήταν περίπου η ίδια στις εκβολές (median:24%, average:36%) και στο ποτάμι (median:23%, average:26%).

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Cu (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού παρατηρήθηκε ότι η συγκέντρωση του ήταν ιδιαίτερα αυξημένη το μήνα Απρίλιο 2013 σε σχέση με τους δύο άλλους μήνες. (Π5)

Σχετικά με την εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Cu (w/v) η στατιστική σύγκριση έδειξε ότι τα επίπεδα ήταν υψηλότερα κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 52: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Cu (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

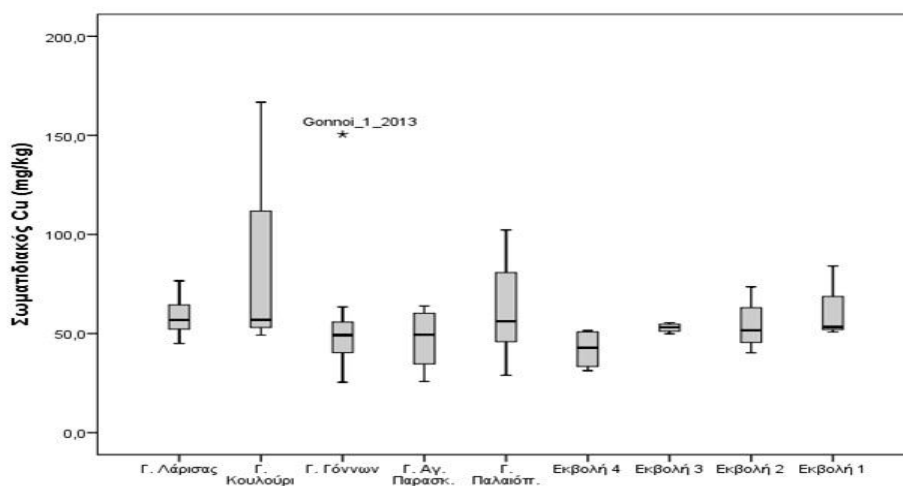
5.3.11.2 Σωματιδιακός Cu (w/w)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Cu στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013).

Πίνακας 42: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Cu (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Cu
Γέφυρα Λάρισας	58,6	56,9	45,0-76,6
Γέφυρα Κουλούρι	90,9	56,9	49,2-167
Γέφυρα Γόννων	55,6	49,2	25,4-150
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	47,8	49,4	25,8-63,9
Γέφυρα Παλαιόπυργου	59,7	55,5	29,0-102
Εκβολή 4 επιφ.	44,3	50,2	31,3-51,5
Εκβολή 4 βάθος	35,5	35,5	35,5
Εκβολή 3 επιφ.	52,0	52,4	49,9-53,9
Εκβολή 3 βάθος	55,5	55,5	55,5
Εκβολή 2 επιφ.	58,9	52,5	50,7-73,6
Εκβολή 2 βάθος	40,3	40,3	40,3
Εκβολή 1 επιφ.	62,7	53,3	50,8-84,1

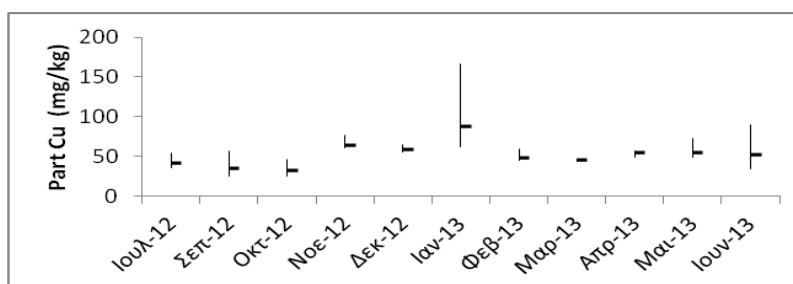
Στο διάγραμμα 53 απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Cu (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 53: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιουλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τη στατιστική σύγκριση προέκυψε το συμπέρασμα ότι δεν υπήρξε διαφοροποίηση στον σωματιδιακό Cu κατά βάρος ανάμεσα σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση του σωματιδιακού Cu (w/w) μηνιαία.



Διάγραμμα 54: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Cu (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Από τη στατιστική σύγκριση διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/w) ήταν υψηλότερη κατά τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς.

Όσον αφορά στην μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Cu (w/v) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Cu (w/v) και το SPM. (Π6)

Τέλος, μελετώντας την μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Cu (w/w) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε ότι η περιεκτικότητα του αιωρούμενου υλικού (SPM) σε σωματιδιακό Cu (w/w) δεν εξαρτάται από την ποσότητα του SPM. (Π6)

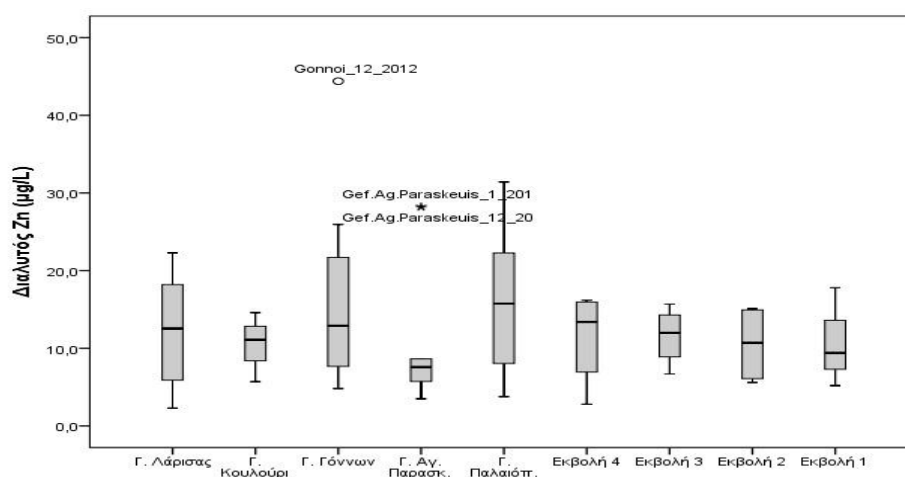
5.3.12 Διαλυτός Zn

Στον πίνακα 43 παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον διαλυτό Zn στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 43: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον διαλυτό Zn στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Zn
Γέφυρα Λάρισας	12,0	12,6	4,2-22,3
Γέφυρα Κουλούρι	10,5	11,1	5,7-14,6
Γέφυρα Γόννων	16,5	12,9	4,8-44,4
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	10,8	7,6	3,5-28,3
Γέφυρα Παλαιόπυργου	16,4	17,2	3,8-27,7
Εκβολή 4 επιφ.	9,9	11,1	2,8-15,7
Εκβολή 4 βάθος	16,2	16,2	16,2
Εκβολή 3 επιφ.	9,7	9,5	6,7-12,9
Εκβολή 3 βάθος	15,7	15,7	15,7
Εκβολή 2 επιφ.	9,1	6,6	5,6-15,1
Εκβολή 2 βάθος	14,8	14,8	14,8
Εκβολή 1 επιφ.	10,8	9,4	5,2-17,8

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων διαλυτού Zn κατά μήκος του π. Πηνειού.

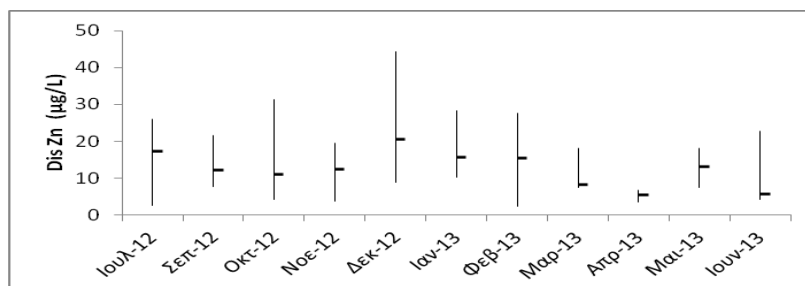


Διάγραμμα 55: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Zn κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Από τις στατιστικές συγκρίσεις καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση διαλυτού Zn ανάμεσα σε όλα τα σημεία

δειγματοληψίας στον π. Πηνειό, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περιόδοι δειγματοληψίας.

Στο διάγραμμα 56 απεικονίζεται η διακύμανση του διαλυτού Zn μηνιαία.



Διάγραμμα 56: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Zn (μg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Σχετικά με την μηνιαία διακύμανση του διαλυτού Zn από τις στατιστικές συγκρίσεις δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στην συγκέντρωση διαλυτού Zn εποχιακά.

Τα επιφανειακά νερά στα σημεία δειγματοληψίας τόσο στις γέφυρες όσο και στις εκβολές του π. Πηνειού παρουσίασαν διακυμάνσεις ως προς τη συγκέντρωση του διαλυτού Zn αλλά ήταν πολύ χαμηλότερες από την παραμετρική τιμή της νομοθεσίας για επιφανειακά νερά (125 μg/l) όπως ορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας για τα εσωτερικά επιφανειακά νερά.¹²⁰ Ακόμη, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της EPA για το γλυκό νερό, η συγκέντρωση του διαλυτού Zn δεν υπερέβη το όριο χρόνιας και οξείας τοξικότητας (120 μg/l).¹²² Τέλος, οι ετήσιες μέσες τιμές διαλυτού και σωματιδιακού Zn σε κάθε σημείο δειγματοληψίας δεν εμφάνισαν υπερβάσεις από το παραμετρικό όριο 30-500 μg/l (για σκληρότητα 10-500 mg/l CaCO₃) για τις σαλμονίδες και από το παραμετρικό όριο 300-2000 μg/l (για σκληρότητα 10-500 mg/l CaCO₃) για τις κυπρινίδες. Μία μεμονωμένη περίπτωση παρουσίασε υπέρβαση του κατώτερου παραμετρικού ορίου (30μg/l) για τις σαλμονίδες.¹²³

5.3.13 Σωματιδιακός Zn

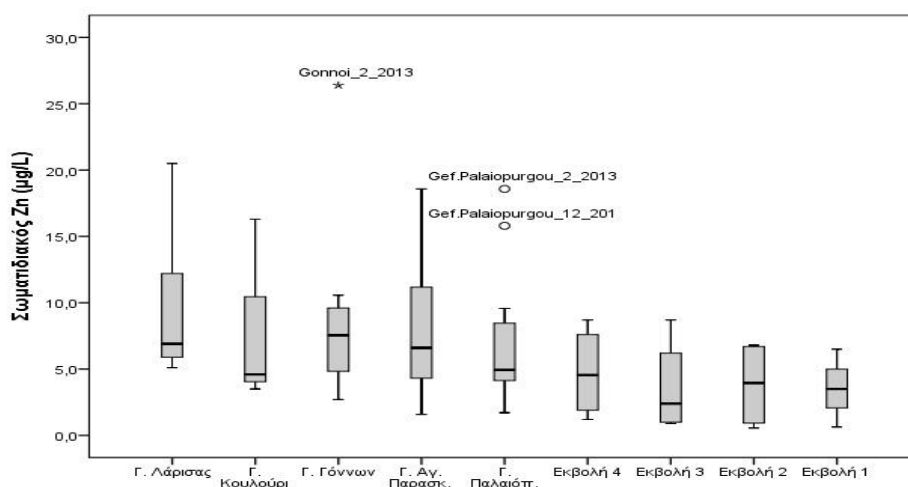
5.3.13.1 Σωματιδιακός Zn (w/v)

Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Zn στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.

Πίνακας 44: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Zn (w/v) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος σωματιδιακού Zn
Γέφυρα Λάρισας	9,5	6,9	5,1-20,5
Γέφυρα Κουλούρι	8,1	4,6	3,5-16,3
Γέφυρα Γόννων	11,2	7,7	2,7-26,4
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	7,8	6,6	1,6-18,6
Γέφυρα Παλαιόπυργου	9,8	6,2	1,7-18,6
Εκβολή 4 επιφ.	5,4	6,5	1,2-8,7
Εκβολή 4 βάθος	2,6	2,6	2,6
Εκβολή 3 επιφ.	4,2	3,7	1,1-7,7
Εκβολή 3 βάθος	0,9	0,9	0,9
Εκβολή 2 επιφ.	4,7	6,6	0,56-6,8
Εκβολή 2 βάθος	1,3	1,3	1,3
Εκβολή 1 επιφ.	3,5	3,5	0,64-6,5

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Zn (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού.



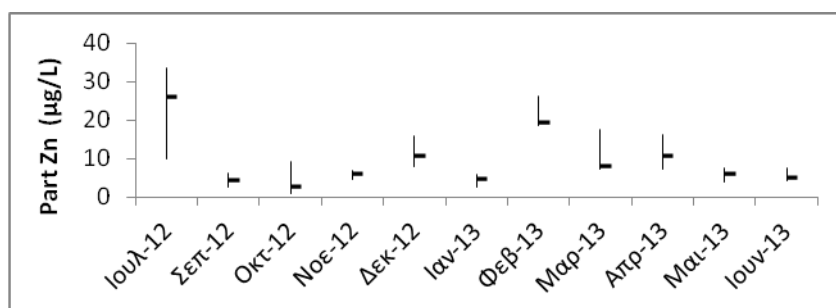
Διάγραμμα 57: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/v) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Η στατιστική σύγκριση δεν απέδειξε διαφοροποίηση του σωματιδιακού Zn ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας του π. Πηνειού. Βέβαια όπως σημειώθηκε και σε άλλα μέταλλα, οι διάμεσες τιμές για το σωματιδιακό Zn αλλά και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Zn μειώνονταν από το ποτάμι προς τις εκβολές.

Επιπλέον, τόσο στο ποτάμι όσο και στην εκβολή η διαλυτή μορφή του Zn υπερτερούσε έναντι της σωματιδιακής μορφής του και ιδιαίτερα στις εκβολές (median:73%, average:71%) σε σχέση με το ποτάμι (median:62%, average:61%).

Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Zn (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του π. Πηνειού φάνηκε ότι η συγκέντρωση του μειώθηκε προς τις εκβολές τον Οκτώβριο 2012 και τον Απρίλιο 2013 σε αντίθεση με τον Ιανουάριο 2013. (Π5)

Για την εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Zn η σύγκριση απέδειξε στατιστική διαφοροποίηση με τα επίπεδα να είναι υψηλότερα τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους καλοκαιρινούς όπως φαίνεται και στο παρακάτω διάγραμμα.



Διάγραμμα 58: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Zn (w/v) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

5.3.13.2 Σωματιδιακός Zn (w/w)

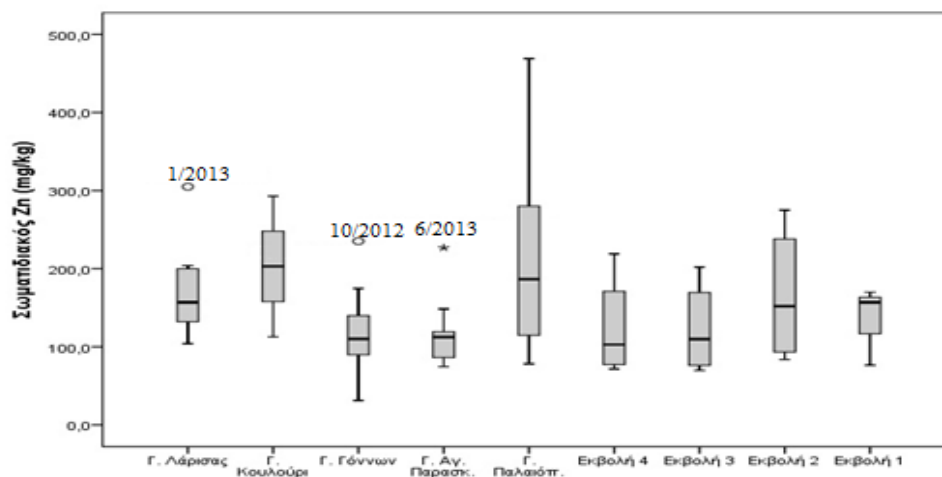
Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για τον σωματιδιακό Zn στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013).

Πίνακας 45: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για τον σωματιδιακό Zn (w/w) στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (mg/kg)	Ετήσιο διάμεσο (mg/kg)	Εύρος σωματιδιακού Zn (mg/kg)
Γέφυρα Λάρισας	176	164	104-305
Γέφυρα Κουλούρι	203	203	113-293
Γέφυρα Γόννων	119	110	31,3-235
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	105	112	74,6-227
Γέφυρα Παλαιόπυργου	184	157	78,2-469
Εκβολή 4 επιφ.	141	123	82,7-219
Εκβολή 4 βάθος	71,7	71,7	71,7
Εκβολή 3 επιφ.	141	137	82,7-202
Εκβολή 3 βάθος	70	70	69,7

Εκβολή 2 επιφ.	154	103	83,8-275
Εκβολή 2 βάθος	201	201	201
Εκβολή 1 επιφ.	134	157	76,4-170

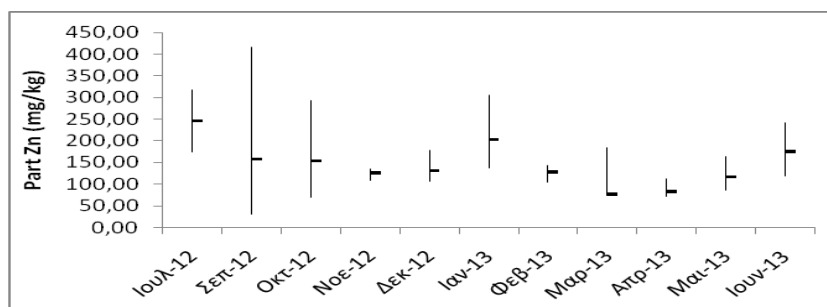
Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η διακύμανση των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Zn (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 59: Box-Plot για την συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/w) κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιούλ. 2012-Ιούν. 2013).

Δεν αποδείχθηκε στατιστική διαφοροποίηση στα επίπεδα σωματιδιακού Zn ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό (γέφυρες και εκβολές).

Σχετικά με την εποχιακή διακύμανση του σωματιδιακού Zn κατά βάρος φαίνεται από το διάγραμμα 60 και προκύπτει και στατιστικά ότι τα επίπεδα σωματιδιακού Zn κατά τους καλοκαιρινούς μήνες ήταν υψηλότερα από ότι τους χειμερινούς.



Διάγραμμα 60: Μηνιαία διακύμανση σωματιδιακού Zn (w/w) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Όσον αφορά στην μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Zn (w/v) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Zn (w/v) και το SPM. (Π6)

Τέλος, μελετώντας την μεταβολή της συγκέντρωσης του σωματιδιακού Zn (w/w) με την Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας διαπιστώθηκε ότι η συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/w) μειωνόταν με αύξηση του αιωρούμενου υλικού (SPM). (Π6)

5.3.14 Διαλυτό Cd

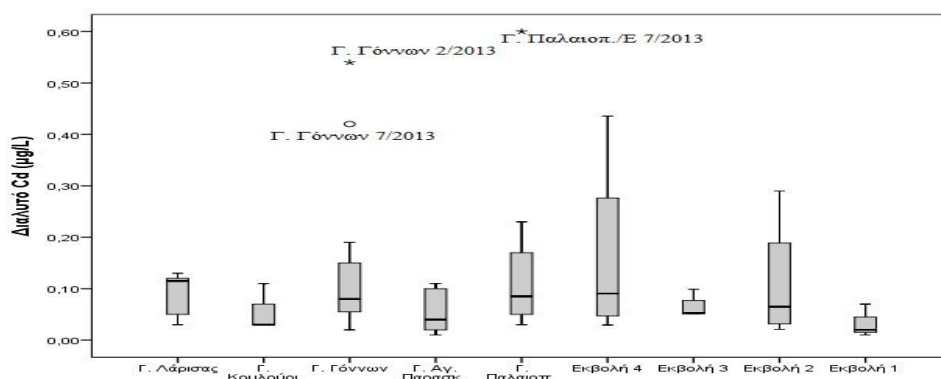
Στον πίνακα που ακολουθεί παρατίθενται οι μέσες, οι διάμεσες τιμές και το εύρος για το διαλυτό Cd στα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό την περίοδο Ιούλιος 2012- Ιούνιος 2013.

Πίνακας 46: Μέσες, διάμεσες τιμές και εύρος για το διαλυτό Cd στον π. Πηνειό (Ιούλ. 2012- Ιούν. 2013).

Σημεία δειγματοληψίας	Ετήσιο μέσο (μg/l)	Ετήσιο διάμεσο (μg/l)	Εύρος διαλυτού Cd
Γέφυρα Λάρισας	0,09	0,11	0,03-0,13
Γέφυρα Κουλούρι	0,06	0,03	0,03-0,11
Γέφυρα Γόννων	0,15	0,08	0,02-0,54
Γέφυρα Αγ.Παρασκευής	0,06	0,04	0,01-2,41* (0,11)
Γέφυρα Παλαιόπυργου	0,13	0,08	0,03-0,6
Εκβολή 4 επιφ.	0,18	0,06	0,03-0,44
Εκβολή 4 βάθος	0,12	0,12	0,12
Εκβολή 3 επιφ.	0,05	0,05	0,05-0,06
Εκβολή 3 βάθος	0,1	0,1	0,1
Εκβολή 2 επιφ.	0,12	0,04	0,02-0,29
Εκβολή 2 βάθος	0,09	0,09	0,09
Εκβολή 1 επιφ.	0,03	0,02	0,01-0,07

*Η συγκέντρωση διαλυτού Cd 2,41 μg/l εξαιρέθηκε από την στατιστική επεξεργασία.

Στο παρακάτω διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Cd κατά μήκος του π. Πηνειού.



Διάγραμμα 61: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cd κατά μήκος του π. Πηνειού.

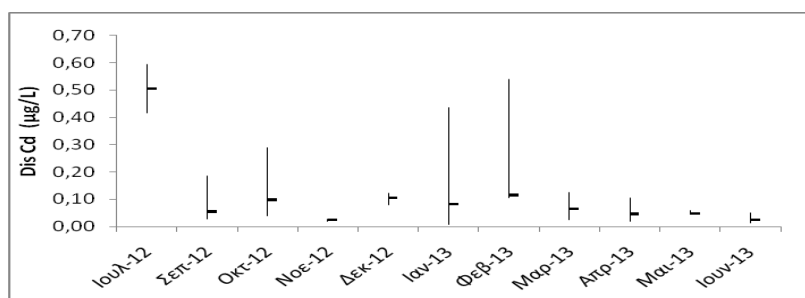
Μέσω μη παραμετρικών στατιστικών δοκιμών καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι δεν παρατηρήθηκε στατιστική διαφορά στη συγκέντρωση διαλυτού Cd ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου και στις εκβολές του π. Πηνειού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας.

Ακόμη, παρατηρούμε ότι στις Εκβολές 2, 3 & 4 οι διάμεσες τιμές ήταν πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με την διάμεση τιμή στην Εκβολή 1 όπου η αραίωση ήταν σημαντική. Οι σχετικά υψηλότερες διάμεσες τιμές στην Εκβολή 2, 3 & 4 μπορούν να αποδοθούν στην γεωργική δραστηριότητα (λιπάσματα).

Επιπλέον, παρατηρώντας τις διάμεσες τιμές διαπιστώσαμε μια μικρή αύξηση στη συγκέντρωση διαλυτού Cd στις Γέφυρες Λάρισας και Γόννων, [όπου παρατηρήθηκαν και ακραίες τιμές (*, °)], η οποία αποδόθηκε στην αστική και βιομηχανική δραστηριότητα ενώ αύξηση στη συγκέντρωση διαλυτού Cd παρατηρήθηκε και στη Γεφ. Παλαιόπυργου, και αποδόθηκε στις εκτεταμένες αγροτικές δραστηριότητες (λιπάσματα).

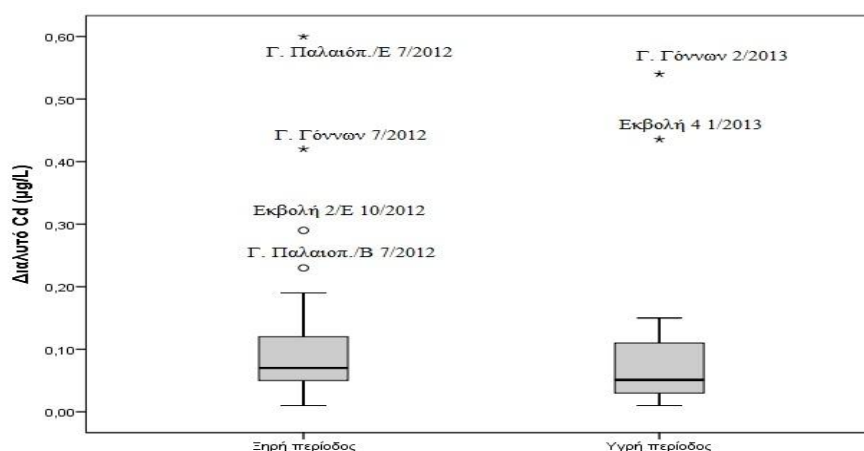
Όσον αφορά στη μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Cd με το αιωρούμενο υλικό (SPM) φάνηκε ότι οι συγκεντρώσεις του ήταν μεγαλύτερες στα σημεία όπου το αιωρούμενο υλικό (SPM) έλαβε χαμηλές τιμές όπως συμβαίνει και με το διαλυτό Mn. (Π6)

Επιπρόσθετα, έγινε ομαδοποίηση των δεδομένων από τους μήνες της ξηρής περιόδου (Ιούλιος-Σεπτέμβριος-Οκτώβριος 2012 και Ιούνιος 2013) και της υγρής περιόδου (Νοέμβριος-Δεκέμβριος 2012 και Ιανουάριος-Φεβρουάριος-Μάρτιος-Απρίλιος και Μάιος 2013). Από τον παραπάνω διαχωρισμό και με στατιστική σύγκριση δεν αποδείχθηκε διαφοροποίηση για το διαλυτό Cd ανάμεσα στις 2 περιόδους. Όμως, παρατηρήθηκαν αρκετά υψηλότερες συγκεντρώσεις τον Ιούλιο 2012 και λίγο μεγαλύτερο εύρος συγκεντρώσεων τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο 2012 όπως φαίνεται και στο διάγραμμα 62.



Διάγραμμα 62: Μηνιαία διακύμανση διαλυτού Cd (µg/l) (αφορά όλα τα σημεία δειγ/ψίας).

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Cd εποχιακά (χειμώνας-καλοκαίρι) κατά μήκος του π. Πηνειού την περίοδο Ιούλιος 2012-Ιούνιος 2013.



Διάγραμμα 63: Box-Plot για την συγκέντρωση διαλυτού Cd εποχιακά κατά μήκος του π. Πηνειού (Ιουλ. 2012- Ιούν. 2013).

Τα επιφανειακά νερά στα σημεία δειγματοληψίας τόσο στις γέφυρες όσο και στις εκβολές του π. Πηνειού παρουσίασαν διακυμάνσεις ως προς τη συγκέντρωση του διαλυτού Cd αλλά οι ετήσιες μέσες τιμές σε κάθε σημείο δειγματοληψίας δεν εμφάνισαν υπερβάσεις από την παραμετρική τιμή της νομοθεσίας για επιφανειακό νερό υψηλής σκληρότητας (0,25 µg/l) όπως ορίζεται από τα πρότυπα ποιότητας για τα εσωτερικά επιφανειακά νερά. Κάποιες μεμονωμένες περιπτώσεις παρουσίασαν υπέρβαση της τιμής αυτής.¹²⁰ Ακόμη, καμία από τις μετρούμενες συγκεντρώσεις διαλυτού Cd δεν υπερέβη το όριο των 5 µg/l της Ευρωπαϊκής νομοθεσίας για το πόσιμο νερό.¹²¹ Τέλος, σύμφωνα με τα κριτήρια ποιότητας της EPA για το γλυκό νερό, οι μεμονωμένες περιπτώσεις που σημειώθηκε υπέρβαση του ορίου χρόνιας τοξικότητας για το διαλυτό Cd (0,25 µg/l) ήταν μικρότερες του ορίου οξείας τοξικότητας (2 µg/l).¹²²

5.4 Ειδική μελέτη της συμπεριφοράς των μετάλλων στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού

Στα δείγματα υδάτων διαφορετικής αλατότητας που συλλέχθηκαν στην περιοχή των εκβολών για την μελέτη της συμπεριφοράς των μετάλλων στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού μετρήθηκαν στο πεδίο οι εξής φυσικοχημικές παράμετροι: θερμοκρασία, αλατότητα-αγωγιμότητα και pH. (Π4)

Στον επόμενο χάρτη απεικονίζονται οι σταθμοί δειγματοληψίας όπου συλλέχθηκαν ύδατα διαφορετικής αλατότητας στην περιοχή των εκβολών, στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού.



Εικόνα 16: Χάρτης με τους σταθμούς δειγματοληψίας υδάτων διαφορετικής αλατότητας στην περιοχή των εκβολών, στην ζώνη ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού.

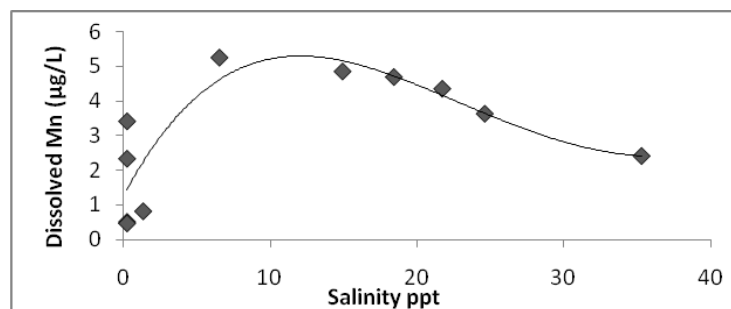
5.4.1. Διαλυτά μέταλλα

Εξετάζοντας τα διαλυτά μέταλλα στο case study σε σχέση με παραμέτρους όπως η αλατότητα, η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη (SPM) και ο διαλυτός οργανικός άνθρακας (DOC) εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα.

Διαλυτά μέταλλα-Αλατότητα

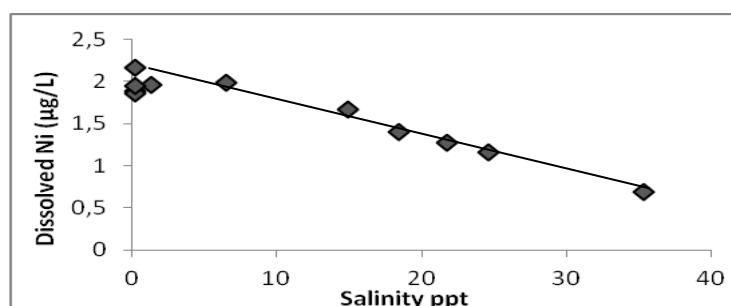
Η συσχέτιση των διαλυτών μετάλλων με την αλατότητα στη ζώνη ανάμιξης έδειξε διαφορετικές τάσεις.

Το διαλυτό Mn και ο διαλυτός Zn παρουσίασαν αυξητική τάση από το ποτάμι προς τη θάλασσα και μη-συντηρητική συμπεριφορά (non-conservative). Από το διάγραμμα 64 φαίνεται ότι το Mn και ο Zn προστίθενταν στην διαλυτή φάση.



Διάγραμμα 64: Η συσχέτιση του διαλυτού Mn (μg/l) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

Το διαλυτό Ni και ο διαλυτός Cu παρουσίασαν συντηρητική συμπεριφορά (conservative) με μείωση των συγκεντρώσεων από το ποτάμι προς τη θάλασσα.



Διάγραμμα 65: Η συσχέτιση του διαλυτού Ni (μg/l) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

Τέλος, το διαλυτό Cd, ο διαλυτός Pb και ο διαλυτός Fe δεν παρουσίασαν καμία τάση με την μεταβολή της αλατότητας

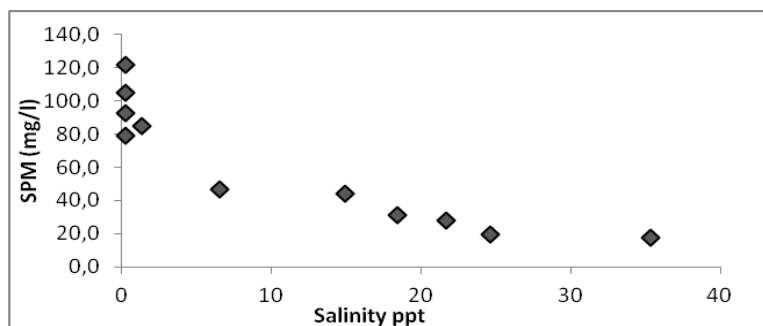
Διαλυτά μέταλλα-Διαλυτός Οργανικός άνθρακας (DOC)

Τα διαλυτά μέταλλα με τον DOC δεν παρουσίασαν κάποια συγκεκριμένη τάση.

5.4.2. Σωματιδιακά μέταλλα

Εξετάζοντας τα σωματιδιακά μέταλλα (w/v) και (w/w) στο case study σε σχέση με παραμέτρους όπως η αλατότητα, η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη (SPM) και ο διαλυτός οργανικός άνθρακας (DOC) εξήχθησαν τα παρακάτω συμπεράσματα.

Στο επόμενο διάγραμμα απεικονίζεται η συσχέτιση του SPM με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

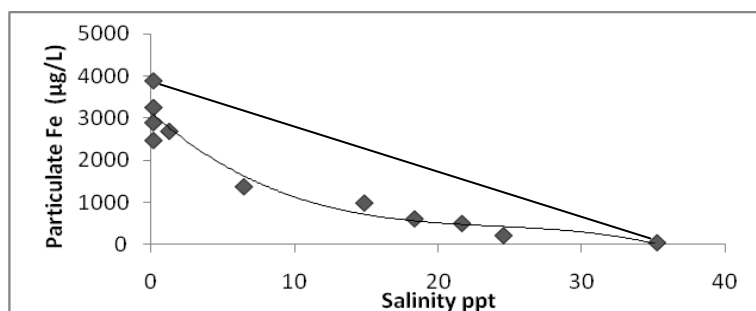


Διάγραμμα 66: Η συσχέτιση του SPM με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

Από το διάγραμμα 66 διαπιστώσαμε ότι η αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη μειωνόταν από το ποτάμι προς την ανοιχτή θάλασσα.

Σωματιδιακά μέταλλα-Αλατότητα

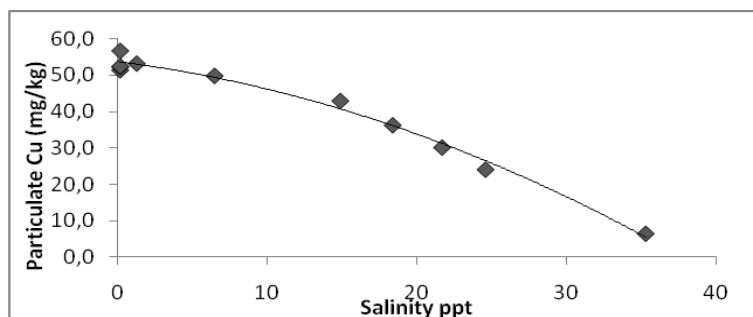
Όλα τα σωματιδιακά μέταλλα κατ' όγκον (Al, Fe, Mn, Cu, Pb, Ni και Zn) παρουσίασαν μείωση από το ποτάμι προς τη θάλασσα, λόγω της μείωσης του SPM.



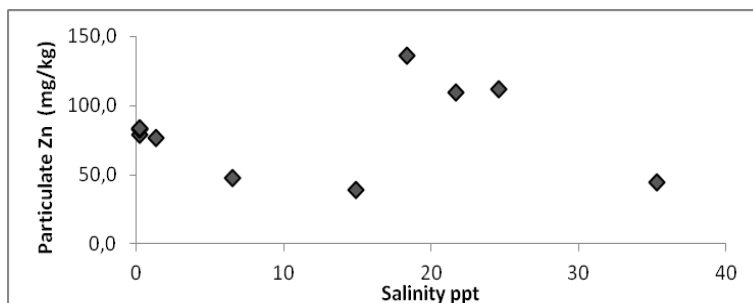
Διάγραμμα 67: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

Όσον αφορά στα σωματιδιακά μέταλλα κατά βάρος με την μεταβολή της αλατότητας, όλα με εξαίρεση τον Zn παρουσίασαν τάση μείωσης προς την ανοιχτή θάλασσα, η οποία μπορεί να οφείλεται σε αποπροσρόφηση του ποτάμιου υλικού ή σε ανάμιξη του με θαλάσσιο υλικό.

Ωστόσο, αν λάβουμε υπόψη τη συντηρητική ή μη-συντηρητική συμπεριφορά των μετάλλων στην διαλυτή φάση προκύπτει ότι η αποπροσρόφηση είναι πιθανή στην περίπτωση του Mn για το οποίο προέκυψε προσθήκη στην διαλυτή φάση. Για τα υπόλοιπα μέταλλα που παρουσίασαν συντηρητική συμπεριφορά προκύπτει ότι η μείωση των σωματιδιακών μετάλλων με αύξηση της αλατότητας οφείλεται σε ανάμιξη με το θαλάσσιο υλικό χαμηλής περιεκτικότητας σε μέταλλα.



Διάγραμμα 68: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Cu (w/w) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

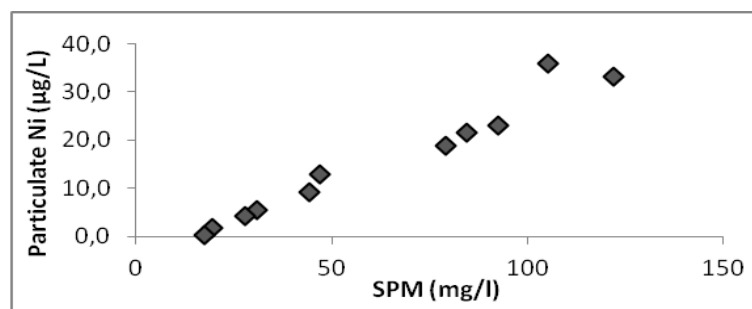


Διάγραμμα 69: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Zn (w/w) με την αλατότητα στο case study τον Απρίλιο 2013.

Σωματιδιακά μέταλλα-Αιωρούμενη Σωματιδιακή Ύλη (SPM)

Όλα τα σωματιδιακά μέταλλα (w/v) παρουσίασαν θετική συσχέτιση με το SPM.

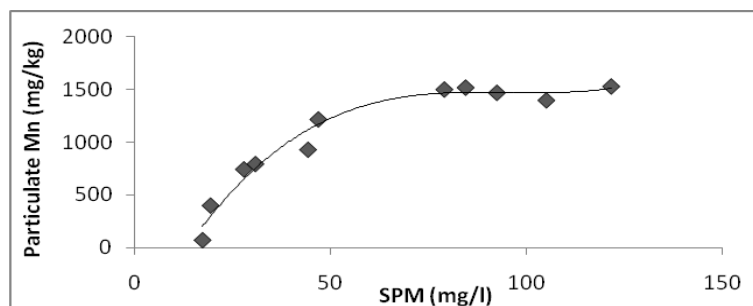
Το διάγραμμα του σωματιδιακού Ni (w/v) με το SPM επιβεβαιώνει την παραπάνω παρατήρηση.



Διάγραμμα 70: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Ni (w/v) με το SPM στο case study τον Απρίλιο 2013.

Μελετώντας την συσχέτιση των σωματιδιακών μετάλλων (w/w) με το SPM φάνηκε ότι παρουσίασαν θετική τάση με εξαίρεση να αποτελούν ο σωματιδιακός Zn και ο σωματιδιακός Pb (w/w) που δεν εμφάνισαν κάποια συγκεκριμένη τάση με το SPM.

Το διάγραμμα του σωματιδιακού Mn (w/w) με το SPM επιβεβαιώνει την παραπάνω παρατήρηση.

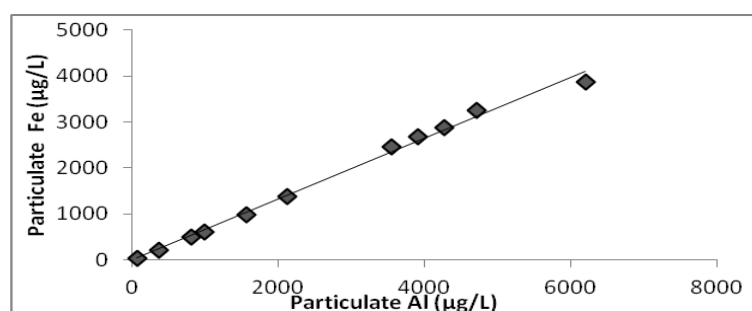


Διάγραμμα 71: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Mn (w/w) με το SPM στο case study τον Απρίλιο 2013.

Από το διάγραμμα του σωματιδιακού Mn (w/w) με το SPM διαπιστώσαμε ότι το αυξημένο σε ποσότητα υλικό των ποτάμιων σταθμών χαρακτηρίζεται από μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σωματιδιακά μέταλλα και ότι το σωματιδιακό υλικό μειωνόταν από το ποτάμι προς την ανοιχτή θάλασσα.

Σωματιδιακά μέταλλα-Σωματιδιακό Al και Σωματιδιακά μέταλλα-Σωματιδιακός Fe.

Ενδεικτικά παρατίθεται το επόμενο διάγραμμα που απεικονίζει τη συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με το σωματιδιακό Al (w/v).



Διάγραμμα 72: Η συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με το σωματιδιακό Al (w/v) στο case study τον Απρίλιο 2013.

Η συσχέτιση του σωματιδιακού Fe (w/v) με το σωματιδιακό Al (w/v) μας έδειξε ότι το αργίλιο και ο σίδηρος αποτελούν τα κυριότερα μέταλλα των αργιλοπυριτικών ορυκτών με αποτέλεσμα το σωματιδιακό υλικό της περιοχής να είναι πλούσιο σε αυτά και σε μέταλλα στη σωματιδιακή τους μορφή. Γι' αυτό το λόγο και επιλέχθηκαν για να γίνουν συγκρίσεις με τα μελετούμενα μέταλλα στη σωματιδιακή τους μορφή.

Τα σωματιδιακά μέταλλα όπως ο Fe, ο Cu, το Mn, το Ni και λιγότερο ο Pb παρουσίασαν θετικές συσχετίσεις με το Al και τον Fe, γεγονός που υποδεικνύει ή την κοινή τους προέλευση ή ότι τα μέταλλα Al, Fe και Mn λειτουργούν ως φορείς των υπόλοιπων μετάλλων. Εξαίρεση αποτελεί ο Zn που προφανώς απαντάται και σε άλλη μορφή εκτός από αυτή με την οποία συνδέεται στα αργιλοπυριτικά ορυκτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία, εξετάζοντας τις διακυμάνσεις και τα επίπεδα των φυσικοχημικών παραμέτρων (θερμοκρασία, αλατότητα-αγωγιμότητα, SPM, pH, DOC) και των βαρέων μετάλλων, μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για τον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του Πηνειού ποταμού. Αναλυτικότερα:

Φυσικοχημικές Παράμετροι

- Η θερμοκρασία τόσο στον κατώτερο κύριο ρου όσο και στην περιοχή της εκβολής του ποταμού κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα για τις εποχές δειγματοληψίας.
- Η αλατότητα και η αγωγιμότητα κυμάνθηκαν σε κανονικά επίπεδα στον κατώτερο κύριο ρου και τις εκβολές του ποταμού. Οι τιμές της αλατότητας και της αγωγιμότητας ήταν υψηλότερες στις εκβολές λόγω του στρώματος θαλασσινού νερού υπο-επιφανειακά σε σχέση με τον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού.
- Τον Ιούλιο 2012, στη Γεφ. Παλαιόπυργου (τελευταίο σημείο στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού πριν τις εκβολές) σημειώθηκε το φαινόμενο της στρωμάτωσης ενώ τους μήνες Οκτώβριο 2012 και Ιούλιο 2013 παρατηρήθηκε το φαινόμενο της στρωμάτωσης στις εκβολές, με την θερμοκρασιακή διαφορά να είναι μικρή.
- Το αμιγώς ποτάμιο τμήμα του κατώτερου κύριου ρου του ποταμού είναι μέχρι τη Γεφ. Πηνειού Ε75, σε όλες τις δειγματοληψίες. Το επόμενο σημείο, πιο χαμηλά στο ρου του ποταμού, είναι η Γεφ. Παλαιόπυργου. Ο Παλαιόπυργος είναι γενικά ένα ποτάμιο σημείο. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου το φράγμα έχει φτιαχτεί ανάντη της γέφυρας, η θάλασσα εισέρχεται στο ποτάμι ως τον Παλαιόπυργο (Ιούλιος 2012). Τα σημεία Εκβολή 4,3,2,1 είναι εκβολικά σημεία. Ανάλογα με την ροή του ποταμού εποχιακά και με το πως έχει διαμορφωθεί το στόμιο του ποταμού από την επίδραση των κυμάτων και την μεταφορά του υλικού, η ζώνη ανάμιξης μπορεί να μετατοπιστεί από τον Παλαιόπυργο και μέχρι το στόμιο του ποταμού.
- Οι μέγιστες τιμές για το SPM στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού καταγράφηκαν τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2013. Τον μήνα Φεβρουάριο σημειώθηκαν έντονες βροχοπτώσεις και πλημμυρικά φαινόμενα στο ΥΔ Θεσσαλίας ενώ τον Απρίλιο 2013, λόγω των κατολισθήσεων αργιλικών πετρωμάτων του βουνού Πίνδος, ο ποταμός εμφάνισε κόκκινο χρώμα στο ύψος

της Καλαμπάκας το οποίο και διατήρησε μέχρι τις εκβολές. Τα παραπάνω γεγονότα είχαν σαν αποτέλεσμα να εμπλουτιστούν τα νερά του ποταμού σε αιωρούμενο υλικό.

- Σε όλα τα γεφύρια καθώς και στις εκβολές του ποταμού το SPM ήταν υψηλότερο τους χειμερινούς μήνες σε σχέση με τους καλοκαιρινούς μήνες.
- Στην εκβολή εξαιτίας της ανάμιξης γλυκού-αλμυρού νερού και της δημιουργίας κολλοειδών συσσωματωμάτων, οι τιμές του SPM ήταν υψηλότερες στο στρώμα αλμυρού νερού (υπο-επιφανειακά) σε σχέση με το στρώμα γλυκού νερού (επιφανειακά).
- Το pH τόσο στον κατώτερο κύριο ρου όσο και στην περιοχή της εκβολής του ποταμού κυμάνθηκε σε κανονικά επίπεδα.
- Τα επίπεδα του DOC στα σημεία δειγματοληψίας στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού δεν διέφεραν σημαντικά από αυτά που καταγράφηκαν στις εκβολές του.

Βαρέα Μέταλλα

Διαλυτά και σωματιδιακά μέταλλα

- Ο διαλυτός Fe, ο διαλυτός Pb και ο διαλυτός Zn δεν παρουσίασαν στατιστική διαφοροποίηση από τις γέφυρες ως τις εκβολές του ποταμού, όταν συνυπολογίζονται όλες οι περίοδοι δειγματοληψίας.
- Στις εκβολές παρατηρήθηκε αύξηση του διαλυτού Mn σε σχέση με τα σημεία στον κατώτερο κύριο ρου του ποταμού ενώ το αντίθετο φαινόμενο παρατηρήθηκε για το διαλυτό Ni.
- Οι υψηλότερες τιμές για το διαλυτό Cu σημειώθηκαν στη Γεφ. Λάρισας, ακολούθησαν οι Γέφυρες Γόννων και Αγ. Παρασκευής και τέλος οι εκβολές όπου τα επίπεδα για τον διαλυτό Cu ανάμεσα στα σημεία δειγματοληψίας ήταν παρόμοια.
- Στις Εκβολές 2, 3 & 4 οι διάμεσες τιμές για την συγκέντρωση διαλυτού Cd ήταν πολύ μεγαλύτερες σε σχέση με την διάμεση τιμή στην Εκβολή 1 όπου η αραίωση ήταν σημαντική. Οι σχετικά υψηλότερες διάμεσες τιμές στην Εκβολή 2, 3 & 4 μπορούν να αποδοθούν στην γεωργική δραστηριότητα (λιπάσματα).
- Επιπλέον, μια μικρή αύξηση στη συγκέντρωση διαλυτού Cd σημειώθηκε στις Γέφυρες Λάρισας και Γόννων, η οποία αποδόθηκε στην αστική και βιομηχανική

δραστηριότητα ενώ αύξηση στη συγκέντρωση διαλυτού Cd παρατηρήθηκε και στη Γεφ. Παλαιόπυργου και αποδόθηκε στις εκτεταμένες αγροτικές δραστηριότητες (λιπάσματα).

- Οι υψηλές συγκεντρώσεις διαλυτού Cd τόσο στα σημεία στο ποτάμι όσο και στα σημεία στην περιοχή της εκβολής σχετίζονται και με τις υψηλές συγκεντρώσεις φωσφορικών ιόντων που προσδιορίστηκαν σε αυτά τα σημεία.
- Ο διαλυτός Fe ήταν οριακά υψηλότερος τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες ενώ το αντίθετο φαινόμενο σημειώθηκε για τον διαλυτό Pb.
- Για το διαλυτό Mn, το διαλυτό Ni, τον διαλυτό Cu, τον διαλυτό Zn και το διαλυτό Cd δεν σημειώθηκε στατιστική διαφοροποίηση στις συγκεντρώσεις τους εποχιακά.
- Οι συγκεντρώσεις του διαλυτού Mn και του διαλυτού Cd ήταν υψηλότερες στα σημεία όπου το SPM έλαβε χαμηλές τιμές.
- Γενικά, οι συγκεντρώσεις των διαλυτών μετάλλων δεν παρουσίασαν υπερβάσεις από τα επιτρεπτά νομοθετικά και βιβλιογραφικά όρια. Μόνο το διαλυτό Cd, σε 7 δείγματα νερού, παρουσίασε μεμονωμένες υπερβάσεις των επιτρεπτών νομοθετικών ορίων για την συγκέντρωση του στα επιφανειακά νερά υψηλής σκληρότητας.

Σωματιδιακά Μέταλλα

- Τα μέταλλα Fe και Mn αποτελούν τα βασικά λιθολογικά συστατικά στην λεκάνη απορροής του π. Πηνειού και για το λόγο αυτό οι συγκεντρώσεις τους ήταν πολύ υψηλότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα μέταλλα.
- Τα μέταλλα Al και Fe αποτελούν τα κυριότερα μέταλλα των αργιλοπυριτικών ορυκτών με αποτέλεσμα το αιωρούμενο σωματιδιακό υλικό το οποίο εμπλούτισε το νερό του ποταμού μετά τις κατολισθήσεις του Απριλίου 2013 να είναι πλούσιο σε Al και Fe και σε μέταλλα στην σωματιδιακή τους μορφή.
- Οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Fe, σωματιδιακού Mn και σωματιδιακού Zn (w/v) καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Fe, σωματιδιακού Mn και σωματιδιακού Zn (w/v) ήταν υψηλότερα ανάντη στο ποτάμι σε σύγκριση με τις αντίστοιχες τιμές που σημειώθηκαν στις εκβολές του ποταμού.

- Οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Ni (w/v & w/w) καθώς και το εύρος των συγκεντρώσεων σωματιδιακού Ni (w/v & w/w) φάνηκαν να μειώνονται κατάντη στο ποτάμι προς τις εκβολές.
- Οι διάμεσες τιμές για τη συγκέντρωση σωματιδιακού Cu (w/v) ήταν σχεδόν διπλάσιες ανάντη στο ποτάμι σε σύγκριση με τις εκβολές του π. Πηνειού.
- Η συγκέντρωση σωματιδιακού Pb (w/v) ήταν υψηλότερη στα σημεία ανάντη στο ποτάμι (Γέφυρες Λάρισας, Γόννων & Αγ. Παρασκευής) σε σχέση με τις εκβολές.
- Η συγκέντρωση σωματιδιακού Al (w/v) δεν παρουσίασε σημαντική στατιστική διαφοροποίηση ανάμεσα σε όλα σημεία δειγματοληψίας.
- Οι συγκεντρώσεις των σωματιδιακών μετάλλων (w/v) ήταν υψηλότερες τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες εξαιτίας των γεγονότων που σημειώθηκαν τους μήνες Φεβρουάριο και Απρίλιο 2013.
- Δεν παρατηρήθηκε σημαντική στατιστική διαφοροποίηση στις συγκεντρώσεις των σωματιδιακών μετάλλων (w/w) ανάμεσα σε όλα σημεία δειγματοληψίας. Εξαίρεση αποτελεί το σωματιδιακό Ni (w/w).
- Οι συγκεντρώσεις σωματιδιακού Fe, σωματιδιακού Ni και σωματιδιακού Cu (w/w) ήταν υψηλότερες τους χειμερινούς μήνες σε σύγκριση με τους καλοκαιρινούς μήνες τόσο στο ποτάμι όσο και στις εκβολές.
- Οι συγκεντρώσεις σωματιδιακού Mn και σωματιδιακού Zn (w/w) ήταν υψηλότερες τους καλοκαιρινούς μήνες σε σύγκριση με τους χειμερινούς μήνες σε αντίθεση με τα υπόλοιπα μέταλλα.
- Οι συγκεντρώσεις σωματιδιακού Al και σωματιδιακού Pb (w/w) δεν παρουσίασαν στατιστική διαφοροποίηση ανάμεσα στις δύο περιόδους (υγρή και ξηρή).
- Τόσο στο ποτάμι όσο και στην περιοχή της εκβολής η σωματιδιακή μορφή των μετάλλων υπερετερούσε έναντι της διαλυτής μορφής. Εξαίρεση αποτελεί ο Zn.
- Ακόμη, διαπιστώθηκε θετική συσχέτιση ανάμεσα στο σωματιδιακό Al, σωματιδιακό Fe, σωματιδιακό Mn, σωματιδιακό Cu και σωματιδιακό Zn (w/v) με το SPM. Η παρατήρηση αυτή μας υποδεικνύει ή την κοινή προέλευση των μετάλλων (συστατικά της λεκάνης απορροής του π. Πηνειού & των αργιλικών πετρωμάτων του βουνού Πίνδος) ή ότι τα μέταλλα Al, Fe και Mn λειτουργούν ως φορείς των υπόλοιπων μετάλλων.

- Η περιεκτικότητα του αιωρούμενου υλικού (SPM) σε σωματιδιακό Al, σωματιδιακό Fe, σωματιδιακό Mn και σωματιδιακό Cu (w/w) δεν εξαρτάται από την ποσότητα του SPM.
- Αντίθετα, η συγκέντρωση σωματιδιακού Zn (w/w) μειωνόταν με αύξηση του SPM.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Μοντεσάντου, Β. 1999. *Ποτάμια Υδροσυστήματα-Σημειώσεις Λιμνολογίας*, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Οικολογίας και Ταξινομικής, ΕΚΠΑ, σελ. 8-9,18,20-24.
2. Σκουλικίδης, Ν. 1997. Η περιβαλλοντική κατάσταση των ελληνικών ποταμών, *Βιώσιμη Ανάπτυξη με την Περιβαλλοντική Αγωγή*, Ειδική Έκδοση της Νομ. Αυτοδ. Αιτωλοακαρνανίας, ΥΠΕΧΩΔΕ, Μεσολόγγι, σελ. 58-99.
3. Ελληνικοί Υγρότοποι. http://www.ekby.gr/ekby/el/Greek_Wetlands_main_el.html
Τελευταία πρόσβαση: 9.10.2013
4. Jeffris, M. and Mills, G. 1990. *Freshwater ecology: Principles and Applications*, Belhaven Press, London.
5. Παπαπέτρου-Ζαμάνη, Α. 1993. *Γεωμορφολογία*, ΕΚΠΑ, σελ. 142-148.
6. Χατζηνικολάου, Γ. 2001. *Παρακολούθηση της οικολογικής ποιότητας των νερών και της δομής των ενδιαιτημάτων του ποταμού Αξιού*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ.
7. Bricker, O.P. and Jones, B.F. 1995. 'Main factors affecting the composition in natural waters', in Salbu, B., Steinnes, E. and Sulbu, B. (eds) *Trace elements in natural waters*, Chapter 1, pp 1-19, CRC Press, Boca Raton.
8. Μπέλλος, Δ. 2004. *Συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων-βαρέων μετάλλων και ραδιοκαισίου στο νερό-ίζημα και υδρόβια φυτά του ποταμού Πηνειού*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βοτανικής, ΑΠΘ.
9. Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά, ΥΠΕΚΑ. <http://www.ypeka.gr/?tabid=248> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
10. Pugh, K.B. 1997. 'Organizational use of the term 'freshwater quality' in Britain', in Boon, P.G. and Howell, D.L (eds) *Freshwater quality: Defining the undefinable?*, The Stationary Office, Edinburgh.
11. Γκρίτζαλης, Κ., Σκουλικίδης, Ν., Κουσουρής, Θ. και Κουβαρντά, Θ. 2002. *Μια σύγχρονη προσέγγιση της οικολογικής ποιότητας των ποταμών στην Ελλάδα*, Ινστιτούτο Εσωτερικών Υδάτων, ΕΚΘΕ.
12. Dyer, K.R. 1997. *Estuaries: A Physical Introduction*, 2nd Edition, John Wiley & Sons, London, Chapter 1-2, pp 1-6, 140.
13. Perillo, G.M.E. 1995. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries*, Elsevier, Amsterdam, pp 141.

14. Burton, J.D. and Liss, P.S. 1976. *Estuarine Chemistry*, Academic Press, New York and London, pp 1-3, 10-11, 23, 26-27, 29, 104-111, 125, 149, 150.
15. Κοντομάρη, Μ. 2001. *Μελέτη Διακίνησης Ιχνημετάλλων στα Εκβολικά Συστήματα Σπερχειού και Ασωπού*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
16. Δασενάκης, Ε. 1996. *Υδάτινα Συστήματα Εκβολών Ποταμών: Γενικά χαρακτηριστικά, Περιβαλλοντικά προβλήματα, Διαδικασίες Αντιμετώπισής τους*, Πρακτικά Διήμερου Συνεδρίου-Ελληνικές Ακτές & Θάλασσες στο 2000, Πειραιάς, Αθήνα.
17. Head, P.C. 1985. *Practical Estuarine Chemistry: A handbook*, Cambridge University Press, pp 11-13, 25.
18. Alloway, B.J. and Ayres, D.C. 1997. *Chemical Principles of Environmental Pollution*, 2nd Edition, Blackie Academic & Professional: An imprint of Chapman and Hall, pp 190-217.
19. Κοντομάρη, Μ. και Ράπτη, Κ. 1997. *Μελέτη του μολύβδου στον Σαρωνικό Κόλπο*, Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
20. Φυτιάνος, Κ. 1996. *Η ρύπανση των θαλασσών*, Β' Έκδοση, University Studio Press, Θεσ/νίκη, σελ.89-132.
21. Heavy Metals. <http://www.lenntech.com/processes/heavy/heavy-metals/heavy-metals.htm> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
22. Nriagu, J.O. and Pacyna, J.M. 1988. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals, *Nature*, **333** (6169), 134-139.
23. Hong, S., Candelone, J-P., Patterson, C.C. and Boutron, C.F. 1994. Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millemnia ago by Greek and Roman civilizations, *Science*, **265** (5180), 1841-1843.
24. Hong, S., Candelone, J-P., Pellone, C. and Boutron, C.F. 1995. Post-Industrial revolution hanges in large-scale atmospheric pollution of the Northern Hemisphere by heavy metals as documented in Central Greenland snow and ice, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **100** (D8), 16605-16616.
25. Boutron, C.F. 1995. Historical reconstruction of earth's past atmospheric environment from Greenland and Antarctic snow ice cores, *Environmental Reviews*, **3** (1), 1-28.
26. Hong, S., Candelone, J-P., Patterson, C.C. and Boutron, C.F. 1996a. History of ancient copper smelting pollution during Roman and Medieval times recorded in Greenland ice, *Science*, **272** (5259), 246-249.

27. Healy, J.F. 1978. *Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World*, Thames and Hudson, New York, pp 136.
28. Nriagu, J.O. 1996. A history of global metal pollution, *Science*, **272** (5259), 223-224.
29. Han, F.X., Banin, A., Su, Y., Monts, D.L., Plodinec, M.J., Kingery, W.L and Triplett, G.E. 2002. Industrial age anthropogenic inputs of heavy metals into the pedosphere, *Naturwissenschaften*, **89** (11), 497-504.
30. Nriagu, J.O. 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere, *Nature*, **279** (5712), 409-411.
31. Nriagu, J.O. 1990. Global metal pollution: Poisoning the Biosphere?, *Environment*, **32** (7), 7-33.
32. Salomons, W. and Förstner, U. 1984. *Metals in the Hydrocycle*, Springer-Verlag, Berlin, pp 1-4, 7, 10-11, 18, 25, 63-73, 97, 149, 220-223, 269.
33. Siegel, F.R. 2002. *Environmental geochemistry of potentially toxic metals*, Springer, pp 27-44, 45-59.
34. Duruibe, J.O., Ogwuegbu, M.O.C. and Ekwurugwu, J.N. 2007. Heavy metal pollution and human biotoxic effects, *International Journal of Physical Sciences*, **2** (5), 112-118.
35. Thomas, V.M., Socolow, R.H., Fanelli, J.J. and Spiro, T.G. 1999. Effects of Reducing Lead in Gasoline: An Analysis of the International Experience, *Environmental Science and Technology*, **33** (22), 3942-3948.
36. Hutton, M. and Symon, C. 1986. The Quantities of Cadmium, Lead, Mercury and Arsenic Entering the U.K. Environment from Human Activities, *Science of the Total Environment*, **57**, 129-150.
37. Nriagu, J.O. 1989. A global Assessment of Natural Sources of Atmospheric Trace Metals, *Nature*, **338**, 47-49.
38. Peplow, D. 1999. *Environmental Impacts of Mining in Eastern Washington*, The Water Center Fact Sheet, University of Washington, Seattle.
39. Nouri, J., Mahvi, A.H., Jahed, G.R. and Babaei, A.A. 2008. Regional distribution pattern of groundwater heavy metals resulting from agricultural activities, *Environmental Geology*, **55** (6), 1337-1343.
40. Mortvedt, J.J. 1995-1996. Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers, *Fertilizer Research*, **43** (1-3), 55-61.

41. Bellinge, E.G. and Benham, B.R. 1978. The levels of metals in dock-yard sediments with particular reference to the contributions from ship-bottom paints, *Environmental Pollution*, **15** (1), 71-81.
42. Σκούλλος, Μ. 1987. *Χημική Ωκεανογραφία, Μέρος Β: Η ρύπανση των θαλασσών*, ΕΚΠΑ.
43. Aonghusa, C.N. and Gray, N.F. 2002. Laundry detergents as a source of heavy metals in Irish domestic wastewater, *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, **37** (1), 1-6.
44. Λουροπούλου, Ε. 2010. *Κατανομές και Βιοσυσσώρευση των Βαρέων Μετάλλων σε Ασκίδια Παράκτιας Περιοχής του Μαλιακού Κόλπου*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Μεταπτυχιακό Χημείας και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
45. Mart, L., Rützel, H., Klahre, P., Sipos, L., Platzek, U., Valenta, P. and Nürnberg, H.W. 1982. Comparative studies on the distribution of heavy metals in the oceans and coastal waters, *The Science of the Total Environment*, **26** (1), 1-17.
46. Ρουσελάκη, Ε. 2007. *Μελέτη των Βαρέων Μετάλλων στις Εκβολές του Σπερχείου Ποταμού και τον Μαλιακό Κόλπο*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Διατμηματικό Μεταπτυχιακό Ωκεανογραφίας, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
47. Scokart, P.O., Meeus-Verdinne, K. and Borger, R. 1983. Mobility of heavy metals in polluted soils near zinc smelters, *Water, Air and Soil Pollution*, **20** (4), 451-463.
48. Thayer, J.S. 1989. Methylation: Its role in the environmental mobility of heavy elements, *Applied Organometallic Chemistry*, **3** (2), 123-128.
49. Thayer, J.S. 1984. *Organometallic Compounds and Living Organisms*, Academic Press, London, pp 39-74.
50. Ullricha, S.M., Tanton, T.W. and Abdrashitovab, S.A. 2001. Mercury in the Aquatic Environment: A Review of Factors Affecting Methylation, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, **31** (3), 241-293.
51. Αγγελίδης, Μ.Ο. και Αλούπη, Μ. 1998. *Θαλάσσια Παράκτια Γεωχημεία*, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
52. Kleinow, K.M. and Goodrich, M.S. 1994. 'Environmental Aquatic Toxicology', in Cockerham, L.G. and Shane, B.S. (eds) *Basic Environmental Toxicology*, pp 353-384, CRC Press, Boca Raton.
53. Hydes, D.J. 1974. *The behaviour of aluminium and other dissolved species in estuarine waters*, Thesis, University of East Anglia, pp 168.

54. Sackett, W. and Arrhenius, G. 1962. Distribution of aluminium species in the hydrosphere--I. Aluminium in the ocean, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **26** (9), 955-968.
55. Goldberg, E.D. 1965. 'Minor elements in sea water', in Riley, J.P. and Skirrow, G. (eds) *Chemical Oceanography*, Vol.1, pp 163-169, Academic Press, London.
56. Aston, S.R. and Chester, R. 1973. The influence of suspended particles on the precipitation of iron in natural waters, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **1** (3), 225-231.
57. Krauskopf, K.B. 1956a. Factors controlling the concentrations of thirteen rare metals in sea-water, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **9** (1-2), 1-32B.
58. Holliday, L.M. and Liss, P.S. 1976. The behaviour of dissolved iron, manganese and zinc in the Beaulieu Estuary, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **4** (3), 349-353.
59. Moore, R.M., Burton, J.D., Williams, P.J. and Young, M.L. 1979. The behaviour of dissolved organic material, iron and manganese in estuarine mixing, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **43** (9), 919-926.
60. Elderfield, H. and Hepworth, A. 1975. Diagenesis, metals and pollution in estuaries, *Marine Pollution Bulletin*, **6** (6), 85-87.
61. Sanders, J.G. 1978. Enrichment of estuarine phytoplankton by the addition of dissolved manganese, *Marine Environmental Research*, **1** (1), 59-66.
62. Sanders, J.G. 1978. The sources of dissolved manganese to Calico Creek, North Carolina, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **6** (2), 231-238.
63. Duinker, I.C., Wollast, R. and Billen, G. 1979. Behaviour of manganese in the Rhine and Scheldt estuaries, ii Geochemical cycling, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **9**, 727-738.
64. Morris, A.W. and Bale, A.J. 1979. Effect of rapid precipitation of dissolved Mn in river water on estuarine Mn distributions, *Nature*, **279**, 318-319.
65. Sundby, B., Silverberg, N. and Chesselet, R. 1981. Pathways of manganese in an open estuarine system, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45** (3), 293-307.
66. Mook, W.G. and Koene, B.K.S. 1975. Chemistry of dissolved inorganic carbon in estuarine and coastal brackish waters, *Estuarine and Coastal Marine Science*, **3** (3), 325-336.
67. Kuwabara, J.S, Chang, C.C.Y., Cloern, J.E., Fries, T.L., Davis, J.A. and Luoma, S.N. 1989. Trace metal associations in the water column of South San Francisco Bay, California, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **28** (3), 307-325.

68. Wen, L-S., Santschi, P., Gill, G. and Paternosto, C. 1999. Estuarine trace metal distributions in Galveston bay: Importance of colloidal forms in the speciation of the dissolved phase, *Marine Chemistry*, **63** (3-4), 185-212.
69. Cammuso, M., Crescenzo, S., Martinotti, W., Pettine, M. and Pagnotta, R. 1997. Behaviour of Co, Fe, Mn and Ni in the Po estuary (Italy), *Water, Air and Soil Pollution*, **99** (1-4), 297-304.
70. Ferrari, G.M. and Ferrario, P. 1989. Behaviour of Cd, Pb, and Cu in the marine deltaic area of the Po River (North Adriatic Sea), *Water, Air and Soil Pollution*, **43** (3-4), 323-343.
71. Panutrakul, S., Musica, C. and Mekkongpai, P. 2003. *Behaviour of some heavy metals in the Bangpakong River Estuary*, in Environmental 2010: Situation and Perspectives for the European Union, Paper B 05, pp 1-8, 6-10/05/2013, Porto, Portugal.
72. Wang, Z-L. and Liu, C-Q. 2003. Distribution and partition behavior of heavy metals between dissolved and acid-soluble fractions along a salinity gradient in the Changjiang Estuary, Eastern China, *Chemical Geology*, **202** (3-4), 383-396.
73. Waeles, M., Tanguy, V., Lespes, G. and Riso, R.D. 2008. Behaviour of colloidal trace metals (Cu, Pb and Cd) in estuarine waters: An approach using frontal ultrafiltration (UF) and stripping chronopotentiometric methods (SCP), *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **80** (4), 538-544.
74. Davis, A., Ruby, M.V. and Bergstrom, P.D. 1994. Factors controlling lead bioavailability in the Butte mining district, Montana, USA, *Environmental Geochemistry and Health*, **16** (3-4), 147-157.
75. McKinney, J. and Rogers, R. 1992. Metal bioavailability, *Environmental Science and Technology*, **26** (7), 1298-1299.
76. John, D.A. and Leventhal, J.S. Bioavailability of metals-Introduction. <http://pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/CHAP2.pdf> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
77. Mance, G. 1987. *Pollution threat of heavy metals in aquatic environments*, Elsevier Applied Science, New York.
78. Βασάλλου, Ε. 2007. *Μελέτη βιοσυσώρευσης ορμονικών διαταρακτών στο δίθυρο Mytilus Galloprovincialis*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Θεοφράστειο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών "Περιβαλλοντική και Οικολογική Μηχανική", Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

79. Ankley, G.T., Thomas, N.A., DiToro, D.M., Hansen, D.J., Mahony, J.D., Berry, W.J., and Swartz, R.C. 1994. Assessing potential bioavailability of metals in sediments: A proposed approach, *Environmental Management*, **18** (3), 331-337.
80. Pouyat, R.V. and McDonnell, M.J. 1991. Heavy metal accumulation in forest soils along an urban-rural gradient in Southeastern New York, USA, *Water, Air, and Soil Pollution*, **57-58** (1), 797-807.
81. Filipek, L.H., Nordstrom, D.K. and Ficklin, W.H. 1987. Interaction of acid mine drainage with waters and sediments of West Squaw Creek in the West Shasta Mining District, California, *Environmental Science Technology*, **21** (4), 388-396.
82. Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle, J.S. and Baker, A.J.M. 1995. Zinc and cadmium uptake by hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens* grown in nutrient solution, *Soil Science Society of America Journal*, **59** (1), 125-133.
83. Storm, G.L., Fosmire, G.J. and Bellis, E.D. 1994. Persistence of metals in soil and selected vertebrates in the vicinity of the Palmerton zinc smelters, *Journal of Environmental Quality*, **23** (3), 508-514.
84. Salomons, W. and Förstner, U. 1988. *Chemistry and biology of solid waste-Dredged Material and Mine Tailings*, Springer-Verlag, Berlin, pp 305.
85. Elder, J.F. 1989. *Metal biogeochemistry in surface-water system-A review of principles and concepts*: USGS Circular 1013, U.S. Department of the Interior, United States Geological Survey (USGS), pp 43.
86. Salomons, W. 1995. Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, prevention, *Journal of Geochemical Exploration*, **52** (1-2), 5-23.
87. Luoma, S.N. 1983. Bioavailability of trace metals to aquatic organisms-A review, *The Science of the Total Environment*, **28**, 1-22.
88. Ray, S. and McLeese, D.W. 1987. 'Biological cycling of cadmium in marine environment', in Nriagu, J.O. and Sprague, J.B. (eds) *Cadmium in the Aquatic Environment*, John Wiley & Sons, pp 199-220.
89. Kungolos, A., Samaras, P., Tsiridis, V., Petala, M. and Sakellaropoulos, G. 2006. Bioavailability and Toxicity of Heavy Metals in the Presence of Natural Organic Matter, *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, **41** (8), 1509-1517.
90. Adriano, D.C. 1986. *Trace Elements in Terrestrial Environments*, Springer-Verlag, Berlin, pp 533.

91. Adriano, D.C. (editor). 1992. *Biogeochemistry of trace metals-Advances in Trace Substances Research*, Lewis Publishers, pp 514.
92. Chaney, R.L. 1988. 'Metal speciation and interactions among elements affect trace element transfer in agricultural and environmental food-chains', in Kramer, J.R. and Allen, H.E. (eds) *Metal Speciation: Theory, Analysis, and Application*, Lewis Publishers, pp 219-259.
93. Van Hattum, B., Timmermans, K.R. and Govers, H.A. 1991. Abiotic and biotic factors influencing in situ trace metal levels in macroinvertebrates in freshwater ecosystems, *Environmental Toxicology and Chemistry*, **10** (2), 275-292.
94. Neely, W.B., Branson, D.R. and Blau, G.E. 1974. Partition Coefficient to Measure Bioconcentration Potential of Organic Chemicals in Fish, *Environmental Science Technology*, **8** (13), 1113-1115.
95. Jensen, S. and Jernelov, A. 1969. Biological Methylation of Mercury in Aquatic Organisms, *Nature*, **223**, 753-754.
96. Κουιμτζής, Θ. 1989. *Χημεία Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/νίκη.
97. Boudou, A. and Ribeyre, F. 1997. Aquatic Ecotoxicology: From the Ecosystem to the Cellular and Molecular Levels, *Environmental Health Perspectives*, **105** (1), 21-35.
98. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Priority List of Hazardous Substances. <http://www.atsdr.cdc.gov/SPL/index.html> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
99. ΔΕΥΑΠ, Παράμετροι γενικών χαρακτηριστών και ανόργανων στοιχείων-ενώσεων. http://www.deyap.gr/environment/poiotita_nerou.html Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
100. Cox P.A. 1995. *The Elements on Earth, Inorganic Chemistry in the Environment*, Oxford University Press, pp 26-29, 64-70, 78-80, 105-106, 114-115, 154, 155-157, 177-183, 186-190, 192-193, 196, 277, 278-280.
101. Παρινός, Κ. 2010. *Μελέτη της χημικής συμπεριφοράς και διακίνησης βαρέων μετάλλων και θρεπτικών συστατικών σε εκβολικά συστήματα επηρεαζόμενα από ανθρώπινες ρυπογόνες δραστηριότητες*, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
102. Scoullou, M.J., Vonkeman, G.H., Thornton, I. and Makuch, Z. 2001. *Mercury-Cadmium-Lead, Handbook for Sustainable Heavy Metals Policy and Regulation*, Kluwer Academic Publishers.
103. Bruland, K.W. 1992. Complexation of cadmium by natural organic ligands in the central North Pacific, *Limnology and Oceanography*, **37** (5), 1008-1017.
104. Morford, J. and Emerson, S. 1999. The geochemistry of redox sensitive trace metals in sediments, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **63** (11-12), 1735-1750.

105. International Programme on Chemical Safety (IPCS INCHEM), Environmental Health Criteria 17, Manganese. <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc017.htm>
Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
106. Sunda, W.G. and Huntsman, S.A. 1988. Effect of sunlight on redox cycles of manganese in the southwestern Sargasso Sea, *Deep-Sea Research Part A-Oceanographic Research*, **35** (8), 1297-1317.
107. EEA (European Environment Agency). 2003. *Hazardous substances in the European marine environment: Trends in metals and persistent organic pollutants*. Topic report 2/2003.
108. Rue, E.L. and Bruland, K.W. 1995. Complexation of iron (III) by natural organic ligands in the central North Pacific as determined by a new competitive ligand equilibration/adsorptive cathodic stripping voltammetry method, *Marine Chemistry*, **50** (1-4), 117-138.
109. Powell, R.T. and Donat, J.R. 2001. Organic complexation and speciation of iron in the South and equatorial Atlantic, *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, **48** (13), 2877-2893.
110. Boyle, M.B., Aldrich, A.P., Van den Berg, C.M.G., De Jong, J.T.M, Veldhuis, M.J.W and De Baar, H.J.W. 2003. Horizontal gradient of the chemical speciation of iron in surface waters of NE Atlantic Ocean, *Marine Chemistry*, **50**, 129-143.
111. Kalnejais, L., Martin, W., Signell, R. and Bothner, M. 2007. Role of sediment resuspension in the remobilization of particulate-phase metals from coastal sediments, *Environmental Science and Technology*, **41** (7), 2282-2288.
112. Boyle, E.A., Edmond, J.M. and Sholkovitz, E.R. 1978. The mechanism of iron removal in estuaries, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **41** (9), 1313-1324.
113. Sholkovitz, E.R. and Copland, D. 1981. The coagulation, solubility and adsorption properties of Fe, Mn, Cu, Ni, Cd, Co and humic acids in river water, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, **45** (2), 181-189.
114. Scoullou, M. and Constantinos, V. 1996. *Assessment of the state of pollution of the Mediterranean Sea by zinc, copper and their compounds*, MAP Technical Reports Series No. 105, UNEP, Athens.
115. Σάλτα, Φ. 2002. *Θρεπτικά συστατικά και βαρέα μέταλλα στην περιοχή του Μαλιακού Κόλπου*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Μεταπτυχιακό Χημείας και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

116. Lohan, M.C., Statham, P.J. and Crawford, D.W. 2002. Total dissolved zinc in the upper water column of the subarctic North East Pacific, *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, **49** (24-25), 5793-5808.
117. Bruland, K.W. 1989. Complexation of zinc by natural organic ligands in the central North Pacific, *Limnology and Oceanography*, **34** (2), 269-285.
118. Donat, J.R. and Bruland, K.W. 1990. A comparison of two voltammetric techniques for determining zinc speciation in northeast Pacific Ocean waters, *Marine Chemistry*, **28** (4), 301-323.
119. Ellwood, M.J. and Van den Berg, C.M.G. 2000. Zinc speciation in the Northeastern Atlantic Ocean, *Marine Chemistry*, **68** (4), 295-306.
120. Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος, *Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας*, 8 Δεκεμβρίου 2010, Τεύχος Δεύτερο, Αρ. Φύλλου 1909.
121. European Commission. 1998. "Οδηγία 98/83/ΕΚ σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης". L330/32, 5-12-1998.
122. United States Environmental Protection Agency (USEPA), Water: Current Water Quality Criteria, National Recommended Water Quality Criteria. <http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/current/index.cfm> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
123. European Commission. 2006. "Directive 2006/44/EC on the quality of fresh waters needing protection or improvement in order to support fish life". L264/20, 25-9-2006.
124. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, Ποταμός Πηνειός ή Σαλαμβρίας. <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/eggeiesbeltioseis/sxedismowee/450-potamia/1350-pinios> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
125. Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Διεύθυνση Υποστήριξης και Ανάπτυξης. 2011. *Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης Των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Θεσσαλίας, Ηπείρου και Δυτικής Στερεάς Ελλάδας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του Π.Δ. 51/2007- Έκθεση Επισκόπησης Σημαντικών Θεμάτων Διαχείρισης Νερών, Υδατικό Διαμέρισμα Θεσσαλίας, ΥΠΕΚΑ.*
126. Κορώνη, Μ. 1993. Χωροταξική Οικολογική Διαχειριστική Μελέτη Περιοχής Εκβολών Πηνειού Ποταμού-1^ο Στάδιο, Κτηματική Εταιρεία Δημοσίου, σελ. 9.

127. Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής. 2011. *Επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στα Επιφανειακά και Υπόγεια Υδάτινα Σώματα του Ελλαδικού Χώρου*, Τράπεζα της Ελλάδος-Ευρωσύστημα, σελ. 37-44.
128. Καρύμπαλης Ε. και Γάκη-Παπαναστασίου, Κ. 2008. *Γεωμορφολογική μελέτη των ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου*, Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου-Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών, Έκδοση Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Ε.Μ.Π., σελ. 86-94.
129. Στουρνάρας, Γ. και Γαλάνη, Χ. 1995. *Μορφομετρική ανάλυση του Δέλτα του Πηνειού (Θεσσαλία)*, Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου Μακεδονίας-Γεωμορφολογία, Κλιματολογία, Μαθηματική Γεωγραφία, Γενική Γεωγραφία, Έκδοση Ελληνικής Γεωγραφικής Εταιρείας, σελ. 333-347.
130. Παναγόπουλος, Α., Κωτσόπουλος, Σ., Καλφούντζος, Δ., Αλεξίου, Ι., Ευαγγελόπουλος, Α. και Μπέλεσης, Α. 2001. 'Διερεύνηση υφιστάμενης κατάστασης υδατικών πόρων λεκάνης Δέλτα ποταμού Πηνειού Θεσσαλίας', Τεχνική Έκθεση στο πλαίσιο του έργου *Συμπληρωματικές περιβαλλοντικές δράσεις του Κανονισμού 2078/92 ΕΟΚ-Μελέτη φυσικών πόρων και παραγόντων που επιδρούν στην απόδοση και στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καλλιεργειών της Θεσσαλίας*, ΕΘΙΑΓΕ (ΙΧΤΕΛ-ΙΕΒ), σελ. 84.
131. Poulos, S.E. 1989. *Deltaic sedimentation in the microtidal environment of Greek Waters*, PhD Thesis, University of Wales, UK, pp 129.
132. Κλώντζα, Ο. 2013. Η ανθρωπογεωγραφία της Ελλάδας, *Εφημερίδα "ΤΟ ΒΗΜΑ"*, Κυριακή 8 Σεπτεμβρίου 2013, σελ. Α38-Α39.
133. Οικονόμου, Α. 2005. Η παράκτια ζώνη του Δέλτα του Πηνειού ποταμού: Ανάπτυξη και Προστασία Περιβάλλοντος, *Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, II*, Τεύχος 1-2, σελ. 37-46.
134. Βοϊβόνδα, Α. και Γκιώνης, Γ. 2001. *Μελέτη βελτίωσης και αξιοποίησης περιοχών Εκβολών Πηνειού Ποταμού*, Κτηματική Εταιρεία του Δημοσίου (ΚΕΔ), σελ. 1- 54, Ι1-Ι99.
135. Φιλοτής, Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση, Τομέας Υδάτινων Πόρων και Περιβάλλοντος, Ε.Μ.Π. <http://filotis.itia.ntua.gr/home/> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
136. Ντάφης, Σ., Παπαστεργιάδου, Ε., Γεωργίου, Κ., Μπαμπαλώνας, Δ., Γεωργιάδης, Θ., Παπαγεωργίου, Μ., Λαζαρίδου, Θ. και Τσιαούση, Β. 1997. *Οδηγία 92/43/ΕΟΚ-Το έργο των Οικοτόπων στην Ελλάδα: Δίκτυο NATURA 2000*, Γεν. Δ/ση XI, Μουσείο Γουλανδρή Φυσικής Ιστορίας- Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων Υγροτόπων, σελ. 932.
137. Γενική Γραμματεία Δημοσίων έργων. 2006. *Διαχειριστική Μελέτη Υδατικών Πόρων Λεκάνης Απορροής π. Πηνειού, Ειδική Υπηρεσία Δημοσίων Έργων, Οδικών Σηραγγών και Υπόγειων Έργων*, Έργο: "Έργα Εκτροπής Αχελώου και Ε/Β Έργα Θεσσαλικής

Πεδιάδας', Αρ. Έργου: 1994ΣΕ06400001, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων.

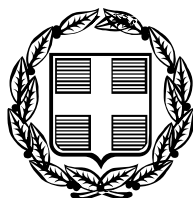
138. Sawidis, T., Stratis, J. and Zachariadis, G. 1991. Distribution of heavy metals in sediments and aquatic plants of the River Pinios (Central Greece), *The Science of the Total Environment*, **102**, 261-266.
139. Sawidis, T., Chettri, M., Zachariadis, G. and Stratis, J. 1995. Heavy metals in aquatic plants and sediments from water systems in Macedonia, Greece, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **32**, 73-80.
140. Miliadis, G.E. 1995. Organochlorine and organophosphorus pesticide residues in water of the Pinios River, Greece, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **54**, 837-840.
141. Sawidis, T. 1996. Radioactive pollution in freshwater ecosystems from Macedonia, Greece, *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **30**, 100-106.
142. Sawidis, T. 1997a. Chemical pollution monitoring of river Pinios in the Mediterranean climatic region, *Toxicological and Environmental Chemistry*, **62**, 217-227.
143. Sawidis, T. 1997b. Chemical pollution monitoring in freshwater systems from Macedonia, Greece: A comparative study, *Toxicological and Environmental Chemistry*, **63**, 215-226.
144. Stamatis, G. 1999. The chemical composition of the surface system of Peneos River, Thessaly/Central Greece, *Environmental Geology*, **38** (2), 126-140.
145. Fytianos, K., Siumka, A., Zachariadis, G. and Beltsios, S. 2002. Assessment of the quality characteristics of Pinios River, Greece, *Water, Air and Soil Pollution*, **136** (1-4), 317-329.
146. Bellos, D., Sawidis, T. and Tsekos, I. Nutrient chemistry of River Pinios (Thessalia, Greece), *Environmental International*, **30**, 105-155.
147. Bellos, D. and Sawidis, T. 2005. Chemical pollution monitoring of the River Pinios (Thessalia-Greece), *Journal of Environmental Management*, **76**, 282-292.
148. Karageorgis, A., Kaberi, H., Price, N., Muir, G., Pates, J. and Lykousis, V. 2005. Chemical composition of short sediment cores from Thermaikos Gulf (Eastern Mediterranean): Sediment accumulation rates, trawling and winnowing effects, *Continental Shelf Research*, **25** (19-20), 2456-2475.
149. Fytianos, K., Pitarakis, K. and Bobola, E. 2006. Monitoring of N-methylcarbamate pesticides in the Pinios River (Central Greece) by means of HPLC, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, **86** (1-2), 131-145.

150. Karamanis, D., Stamoulis, K., Ioannides, K. and Patiris, D. 2008. Spatial and seasonal trends of natural radioactivity and heavy metals in river waters of Epirus, Macedonia and Thessalia, *Desalination*, **224** (1-3), 250-260.
151. Sawidis, T., Heinrich, G. and Brown, M.T. 2003. Cesium-137 concentrations in marine microalgae from different biotopes in Aegean Sea (Greece), *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **54**, 549-254.
152. Karageorgis, A., Anagnostou, C. and Kaberi, H. 2005. Geochemistry and mineralogy of NW Aegean surface sediments implications for river runoff and anthropogenic impact, *Applied Geochemistry*, **20** (1), 69-88.
153. Mimikou, M., Baltas, E., Varanou, E. and Pantazis, K. 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators, *Journal of Hydrology*, **234** (1-2), 95-105.
154. Pikounis, M., Varanou, E., Baltas, E., Dassaklis, A. and Mimikou, M. 2003. Application of the SWAT model in the Pinios River Basin under different land-use scenarios, *Global Nest*, **5** (2), 71-79.
155. Boorman, D.B. 2003. Climate, Hydrochemistry and Economics of surface-water systems (CHESS): adding a European dimension to the catchment modelling experience developed under LOIS, *Science of Total Environment*, **314-316**, 411-437.
156. Skoulikidis, N.Th., Gritzali, K.C., Kouvarda, T. and Buffagni, A. 2004. The development of an ecological quality assessment and classification system from Greek running waters based on benthic macroinvertebrates, *Hydrobiologia*, **516** (1-3), 149-160.
157. Bonazountas, M., Panagoulia, D., Passa, N., Syrios, K. and Grammatikogianis, A. 2005. Water balance estimation via SESOIL: Pinios Rivers Basin, Greece, *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, **64** (1), 111-116.
158. Chatzinikolaou, Y. and Lazaridou, M. 2007. Identification of the Self-purification stretches of the Pinios River, Central Greece, *Mediterranean Marine Science*, **8** (2), 19-32.
159. Loukas, A., Mylopoulos, N. and Vasiliades, L. 2007. A modeling system for evaluation of water resources management strategies in Thessaly, Greece, *Water Resource Management*, **21** (10), 1673-1702.
160. Loukas, A. 2010. Surface water quantity and quality assessment in Pinios River, Thessaly Greece, *Desalination*, **250** (1), 266-273.

161. Mouratiadou, I. and Moran, D. 2007. Mapping public participation in the Water Framework Directive: A case study of the Pinios River Basin, Greece, *Ecological Economics*, **62** (1), 66-76.
162. Ioannou, A., Chatzinikolaou, Y. and Lazaridou, M. 2009. A preliminary pressure-impact analysis applied in the Pinios River basin (Thessaly, Central Greece), *Water and Environmental Journal*, **23** (3), 200-209.
163. Chatzinikolaou, Y., Ioannou, A. and Lazaridou, M. 2010. Intra-basin spatial approach on pollution load estimation in a large Mediterranean river, *Desalination*, **250** (1), 118-129.
164. Makropoulos, C., Safiolea, E., Baki, S., Douka, E., Stamou, A. and Mimikou, M. 2010. *An integrated, multi-modelling approach for the assessment of water quality: lessons from the Pinios River case in Greece*, International Environmental Modelling and Software Society (iEMSs), 2010 International Congress on Environmental Modelling and Software Modelling for Environment's Sake, Fifth Biennial Meeting, 5-8/7/2010, Ottawa, Canada.
165. Ntislidou, Ch., Artemiadou, V., Kanli, L., Buffagni, A. and Lazaridou M. 2013. The intercalibration of the Hellenic Evaluation System for Mediterranean rivers of type R-M1 and R-M2 at Northern and Central Greece, *Ecological Indicators*, **29**, 208-218.
166. Τόλη, Κ. 2009. *Ραδιονουκλίδια και βαρέα μέταλλα στα πρόσφατα ιζήματα της κοίτης του Πηνειού ποταμού*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
167. Riley, J.P. and Taylor, D. 1968. Chelating resins for the concentration of trace elements from seawater and their analytical use in conjunction with atomic absorption spectrophotometry, *Analytica Chimica Acta*, **40**, 479-485.
168. Dassenakis, M., Scoullou, M. and Gaitis, A. 1997. Trace Metals Transport and Behaviour in the Mediterranean Estuary of Acheloos River, *Marine Pollution Bulletin*, **34** (2), 103-111.
169. Παρασκευοπούλου, Β. 2009. *Διακίνηση και χημική συμπεριφορά βαρέων μετάλλων σε θαλάσσια περιοχή επηρεαζόμενη από βιομηχανική Ρύπανση ΒΔ Σαρωνικός*, Διδακτορική Διατριβή Χημικής Ωκεανογραφίας, Π.Μ.Σ., ΕΚΠΑ.
170. Sturgeon, R.E., Berman, S.S., Desaulniers, J.A.H., Mykytiuk, A.P., McLaren, J.W. and Russell, D.S. 1980. Comparison of Methods for the Determination of Trace Elements in Seawater, *Analytical Chemistry*, **52** (11), 1585-1588.

171. Περιβάλλον, «Κατρακυλάει η Πίνδος»-Ο Πηνειός ποταμός βάφτηκε κόκκινος.
<http://www.ethnos.gr/article.asp?catid=23106&subid=2&pubid=63808098> Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
172. "Παγκόσμιο Πείραμα για το Διεθνές Έτος Χημείας", Δραστηριότητα 1: Το pH του πλανήτη.
http://www.medies.net/uploaded_files/2011_chemistry_yr/1_ph_i.pdf
Τελευταία πρόσβαση 09.10.2013
173. Πίττα, Ε. 2009. *Ανόργανα Θρεπτικά Συστατικά και Διαλυμένη Οργανική Ύλη σε δυο ποτάμια της Ανατολικής Μεσογείου: Έβρος και Σπερχειός*, Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Μεταπτυχιακό Χημείας και Τεχνολογίας Περιβάλλοντος, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ



ΕΦΗΜΕΡΙΣ ΤΗΣ ΚΥΒΕΡΝΗΣΕΩΣ

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑΣ

ΤΕΥΧΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟ

Αρ. Φύλλου 1909

8 Δεκεμβρίου 2010

ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ

Αριθμ. Η.Π. 51354/2641/Ε103

Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 «σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου», καθώς και για τις συγκεντρώσεις ειδικών ρύπων στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα και άλλες διατάξεις.

**ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ, ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ -
ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ, ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ -
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ**

Έχοντας υπόψη:

1. Τις διατάξεις του άρθρου 2 δευτέρου του Ν. 2077/1992 «Κύρωση Συνθήκης για την Ευρωπαϊκή Ένωση» (Α' 136) και τις διατάξεις των άρθρων 1 και 2 (παρ. 1ζ) του Ν.1338/1983 «Εφαρμογή του Κοινοτικού Δικαίου» (Α' 34) όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 6 του Ν. 1440/1986 «Συμμετοχή της Ελλάδας στο κεφάλαιο, στα αποθεματικά και στις προβλέψεις της Ευρωπαϊκής Τράπεζας Επενδύσεων κ.λ.π. (Α' 70) και του άρθρου 65 του Ν. 1892/1990 (Α' 101).

2. Τις διατάξεις των άρθρων 2, 4 (παρ. 1) και 5 (παρ. 5 εδ. α, β και ζ) 9,13 και 14 του Ν. 3199/2003 «Προστασία και διαχείριση των υδάτων - εναρμόνιση με την οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000» (Α' 280).

3. Τις διατάξεις των άρθρων 1 (παρ. γ), 4 (παρ.1 εδ. α.4, παρ. 2 και παρ. 5 εδ. β.1), 9, 10, 11,12 (παρ.4 εδ. ζ,θ και ια, παρ.5 και παρ.6) και 13 του Π.Δ. 51/2007 «Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστα-

σία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 200/60/ΕΚ.....του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000» (Α'54).

4. Τις διατάξεις των άρθρων 1,2 και 3 του Ν.3010/2002 «Εναρμόνιση του Ν.1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.ά. (Α'91).

5. Τις διατάξεις της υπ' αριθμ. ΗΠ 15393/2332/2002 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το άρ. 3 του Ν.1650/86, όπως αντικαταστάθηκε από το άρ. 1 του Ν. 3010/2002 ...» (Β' 1022/2002), όπως ισχύει.

6. Τις διατάξεις της υπ' αριθμ. 11014/703/Φ104/14.03.2003 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α.) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο.) σύμφωνα με το άρθρο 4 του Ν. 1650/1986, όπως αντικαταστάθηκε από το άρ. 2 του Ν. 3010/2002 ...» (Β' 332).

7. Τις διατάξεις της υπ' αριθμ. Η.Π. 37111/2021/2003 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά την διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων των έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παρ.2 του άρθρου 5 του Ν. 1650/86, όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του άρθρου 3 του Ν. 3010/2002» (Β' 1391/29.09.2003).

8. Τις διατάξεις της υπ. αριθ. 107017/2006 Κοινής Υπουργικής Απόφασης «Εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2001/42/ΕΚ... κλπ» (Β' 1225).

9. Τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ΕΚ «σχετικά με πρότυπα ποιότητας περιβάλλοντος στον τομέα της πολιτικής των υδάτων καθώς και σχετικά με την τροποποίηση και τη συνακόλουθη κατάργηση των Οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου».

10. Την Οδηγία 2006/11/ΕΚ «για τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας (Κωδικοποιημένη έκδοση)».

11. Την απόφαση 2455/2001/ΕΚ «περί καθορισμού πρώτου καταλόγου ουσιών προτεραιότητας στον τομέα της πολιτικής των υδάτων».

12. Τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ.166/2006 «Για τη σύσταση ευρωπαϊκού μητρώου έκλυσης και μεταφοράς ρύπων και για την τροποποίηση των οδηγιών 91/689/ΕΟΚ και 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου» (ΕΕΛ 33/1/4-2-2006).

13. Τις διατάξεις του άρθρου 6 του Π.Δ.189/2009 «Καθορισμός και ανακατανομή των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων» (Α'221).

14. Την υπ. αριθ. 2876/2009 Απόφαση του Πρωθυπουργού «Αλλαγή τίτλου Υπουργείων» (Β' 2234).

15. Τις διατάξεις του άρθρου 2 (παρ. 4) του Π.Δ. 24/2010 «Ανακαθορισμός των αρμοδιοτήτων των Υπουργείων και τροποποίηση του Π.Δ. 189/2009» (Α'56), αποφασίζουμε:

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α' ΓΕΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ

Άρθρο 1 Σκοπός

1. Με την παρούσα απόφαση αποσκοπείται η εφαρμογή και εξειδίκευση των διατάξεων των άρθρων 2, 4 (παρ. 1), 5 (παρ.5 εδ. α, β και ζ) και 9 του Ν. 3199/2003 (Α' 280) καθώς και των άρθρων 1 (παρ. γ), 4 (παρ.1 εδ. α.4, παρ. 2 και παρ. 5 εδ. β.1), 9, 10, 11,12 (παρ.4 εδ. ζ,θ και ια, παρ.5 και παρ.6) και 13 του Π.Δ. 51/2007 (Α'54), σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 «σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα κατάρτιση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου» (ΕΕΛ 288/27/2007), ώστε με τον καθορισμό Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ορισμένους ρύπους και για τις ουσίες του καταλόγου ουσιών προτεραιότητας, που εγκρίθηκε με την Απόφαση 2455/2001/ΕΚ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 16 της οδηγίας 200/60/ΕΚ, καθώς και Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για ειδικούς ρύπους, να μειώνονται οι κίνδυνοι ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και να επιτυγχάνεται η καλή χημική και οικολογική τους κατάσταση, σύμφωνα με τους περιβαλλοντικούς στόχους του άρθρου 4 του Π.Δ.51/2007.

Άρθρο 2 Ορισμοί

Για την εφαρμογή της παρούσας απόφασης, ισχύουν οι ορισμοί του άρθρου 2 του Ν. 3199/2003 (Α' 280) και του άρθρου 2 του Π. Δ. 51/2007 (Α'54).

Άρθρο 3

Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ)

1. Στα συστήματα επιφανειακών υδάτων εφαρμόζονται τα ΠΠΠ τα οποία ορίζονται :

α) στο μέρος Α του παραρτήματος Ι του άρθρου 8 και αφορούν τις ουσίες προτεραιότητας και ορισμένους άλλους ρύπους,

β) στο μέρος Β του παραρτήματος Ι του άρθρου 8, αφορούν ειδικούς ρύπους και απαιτούνται για την υποβοήθηση του προσδιορισμού της οικολογικής κατάστασης των συστημάτων των εσωτερικών επιφανειακών υδάτων.

2. Τα ΠΠΠ εφαρμόζονται στα συστήματα επιφανειακών υδάτων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται στο μέρος Γ του παραρτήματος Ι του άρθρου 8.

3. Με απόφαση του Υπουργού Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, μετά από εισήγηση της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, μπορεί σε ορισμένες κατηγορίες επιφανειακών υδάτων να απαιτείται για τα ιζήματα ή/και τους ζώντες οργανισμούς (βιόκοσμο) η εφαρμογή ΠΠΠ συμπληρωματικών ή διαφορετικών από τα ΠΠΠ που ορίζονται στο μέρος Α του παραρτήματος Ι. Στην περίπτωση αυτή :

α) εφαρμόζονται, για τον υδράργυρο και τις ενώσεις του, ΠΠΠ 20μg/kg, ή/και για το εξαχλωροβενζόλιο ΠΠΠ 10μg/kg, ή/και για το εξαχλωροβουταδιένιο ΠΠΠ 55 μg/kg, στους ιστούς θηρευομένων ιχθύων (υγρό βάρος), επιλέγοντας τον πλέον πρόσφορο δείκτη μεταξύ ιχθύων, μαλακίων, οστρακοδέρμων και άλλων ζώντων οργανισμών

β) ορίζονται και εφαρμόζονται ΠΠΠ πλην των μνημονευομένων στο στοιχείο α) για τα ιζήματα ή/και τους ζώντες οργανισμούς για συγκεκριμένες ουσίες του μέρους Α του παραρτήματος Ι. Τα εν λόγω ΠΠΠ παρέχουν τουλάχιστον το ίδιο επίπεδο προστασίας για τα ύδατα, με τα ΠΠΠ τα οποία παρατίθενται στο μέρος Α του παραρτήματος Ι

γ) καθορίζονται, για τις ουσίες που αναφέρονται στα στοιχεία α) και β), η συχνότητα παρακολούθησης στους ζώντες οργανισμούς ή/και τα ιζήματα. Η παρακολούθηση γίνεται τουλάχιστον μία φορά ανά έτος παρακολούθησης, εκτός εάν τεκμηριωμένα, σύμφωνα με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής, δικαιολογείται άλλη περιοδικότητα

3.1. Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων του Υπουργείου Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, κοινοποιεί στην Επιτροπή και τα άλλα κράτη μέλη, μέσω της επιτροπής του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατάλογο των ουσιών για τις οποίες ορίσθηκαν ΠΠΠ σύμφωνα με το στοιχείο (β), τους λόγους για τη χρήση της προσέγγισης αυτής, τα εναλλακτικά ΠΠΠ που έχουν ορισθεί, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων και της μεθοδολογίας με τα οποία επιτεύχθηκαν τα εναλλακτικά ΠΠΠ, τις κατηγορίες των επιφανειακών υδάτων στα οποία θα εφαρμόζονται, και την προγραμματιζόμενη συχνότητα παρακολούθησης, μαζί με την αιτιολόγηση της συχνότητας αυτής.

4. Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων, με βάση τα αποτελέσματα της παρακολούθησης της κατάστασης των υδάτων που διεξάγεται, με την επιφύλαξη της παραγράφου 5 του άρθρου 7, σύμφωνα με το άρθρο 11 του Π.Δ. 51/2007, προβαίνει σε ανάλυση των μακροπρόθεσμων τάσεων των συγκεντρώσεων των ουσιών προτεραιότητας που εκτίθενται στο μέρος Α του παραρτήματος Ι και οι οποίες τείνουν να συγκεντρώνονται σε ιζήματα ή/και ζώντες οργανισμούς, αποδίδοντας ιδιαίτερη έμφαση στις ουσίες αριθ. 2, 5, 6, 7, 12, 15, 16, 17, 18, 20, 21, 26, 28 και 30.

Με την επιφύλαξη του άρθρου 4 του Π.Δ. 51/2007, τα Προγράμματα Ειδικών Μέτρων που προβλέπονται στο άρθρο 13 του Π.Δ. 51/2007, πρέπει να διασφαλίζουν ότι οι ανωτέρω συγκεντρώσεις δεν αυξάνονται σημαντικά σε ιζήματα ή/και οικείους ζώντες οργανισμούς (βιόκοσμο).

5. Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων καθορίζει τη συχνότητα παρακολούθησης σε ιζήματα ή/και ζώντες οργανισμούς (βιόκοσμο) ώστε να υπάρχουν επαρκή δεδομένα για μια αξιόπιστη ανάλυση μακροπρόθεσμων τάσεων. Η

παρακολούθηση πρέπει να γίνεται κάθε τριετία, εκτός εάν τεκμηριωμένα, σύμφωνα με τους κανόνες της επιστήμης και της τεχνικής, δικαιολογείται άλλη περιοδικότητα.

Άρθρο 4 Ζώνες ανάμειξης

1. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών, μετά από σύμφωνη γνώμη της Ειδικής Γραμματείας Υδάτων, μπορούν να καθορίζουν ζώνες ανάμειξης παρακείμενες σε σημεία απόρριψης στα επιφανειακά ύδατα. Μέσα στις ζώνες ανάμειξης οι συγκεντρώσεις μιας ή περισσότερων ουσιών που καταγράφονται στα μέρη Α και Β του παραρτήματος Ι, είναι δυνατό να υπερβαίνουν τα σχετικά ΠΠΠ, εφόσον δεν επηρεάζεται η συμμόρφωση της υπόλοιπης επιφάνειας των υδάτων προς τα εν λόγω ΠΠΠ.

2. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών που ορίζουν ζώνες ανάμειξης, στα σχέδια διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμών που προβλέπονται στο άρθρο 7 του Ν. 3199/2003 και στο άρθρο 10 του Π.Δ. 51/2007, περιλαμβάνουν περιγραφή:

α) των προσεγγίσεων και μεθοδολογιών οι οποίες εφαρμόστηκαν για τον προσδιορισμό των ζωνών, και

β) των μέτρων που λαμβάνονται με σκοπό τη μείωση της έκτασης των ζωνών ανάμειξης στο μέλλον, όπως των μέτρων που λαμβάνονται κατ' εφαρμογή των προγραμμάτων ειδικών μέτρων που προβλέπονται στο άρθρο 9 του Ν. 3199/2003 και στο άρθρο 13 του Π.Δ. 51/2007 στο πλαίσιο εφαρμογής του άρθρου 12 (παρ. 4 στοιχείο ια) του Π.Δ. 51/2007. Η λήψη των ανωτέρω μέτρων πραγματοποιείται μέσω της διαδικασίας επανεξέτασης ή αναθεώρησης των προβλεπόμενων στις διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας, αδειών εγκατάστασης και λειτουργίας ή εγκρίσεων περιβαλλοντικών όρων, όπως ειδικότερα ορίζεται στο άρθρο 12 (παρ. 4 στοιχείο ζ) του Π.Δ/τος 51/2007.

3. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών που ορίζουν ζώνες ανάμειξης διασφαλίζουν ότι η έκταση των ζωνών αυτών:

α) περιορίζεται στο χώρο που γειτνιάζει με το σημείο απόρριψης,

β) είναι αναλογική, σε σχέση με τις συγκεντρώσεις των ρύπων στο σημείο απόρριψης και τις συνθήκες εκπομπών ρύπων που περιέχονται σε προγενέστερες κανονιστικές πράξεις, όπως σε εγκρίσεις ή/και σε άδειες, που αναφέρονται στο άρθρο 12 (παρ. 4 στοιχείο ζ) του Π.Δ. 51/2007 καθώς και σε άλλες διατάξεις της κείμενης νομοθεσίας, κατ' εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών και σύμφωνα με το άρθρο 9 του εν λόγω Π.Δ/τος, ιδίως μετά την επανεξέταση ή αναθεώρηση των εν λόγω κανονιστικών πράξεων.

4. Οι τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές για τον προσδιορισμό των ζωνών ανάμειξης θεσπίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία που αναφέρεται στο άρθρο 9 (παρ.2) της οδηγίας 2008/105/ΕΚ.

5. Σε κάθε περίπτωση κατά τον προσδιορισμό των ζωνών ανάμειξης πρέπει να διασφαλίζεται ότι η συνολική έκταση των ζωνών ανάμειξης στα ύδατα δεν οδηγεί στην αδυναμία επίτευξης των περιβαλλοντικών του στόχων. Ειδικά για τις περιπτώσεις των ποταμών το μήκος έκτασης ζώνης ανάμειξης δεν θα υπερβαίνει το δεκαπλάσιο του πλάτους του ποταμού και σε κα-

μία περίπτωση το συνολικό μήκος των ζωνών ανάμειξης δεν θα υπερβαίνει το 10% του συνολικού μήκους του ποταμού.

Άρθρο 5 Κατάλογος εκπομπών, απορρίψεων και διαρροών

1. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών, με βάση τις πληροφορίες που συλλέγονται σύμφωνα με τα άρθρα 5 και 11 του Π. Δ. 51/2007, τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 166/2006 και άλλα διαθέσιμα δεδομένα, καταρτίζουν για κάθε περιφέρεια λεκάνης απορροής ποταμού ή μέρος της περιφέρειας αυτής που βρίσκεται μέσα στα διοικητικά τους όρια, κατάλογο συμπεριλαμβανομένων τυχόν χαρτών, των εκπομπών, απορρίψεων και διαρροών για όλες τις ουσίες προτεραιότητας και όλους τους ρύπους που εκτίθενται στο μέρος Α του παραρτήματος Ι της παρούσας απόφασης, συμπεριλαμβανομένων των συγκεντρώσεών τους στα ιζήματα και τους ζώντες οργανισμούς, κατά περίπτωση.

2. Η περίοδος αναφοράς για την εκτίμηση των συγκεντρώσεων των ρύπων που πρέπει να καταχωρούνται στους καταλόγους που αναφέρονται στην παράγραφο 1 είναι ένα έτος μεταξύ των ετών 2008 και 2010. Ωστόσο, για ουσίες προτεραιότητας ή ρύπους που καλύπτονται από το Π.Δ. 115/1997 (Α'104), που εκδόθηκε σε συμμόρφωση με την Οδηγία 91/414/ΕΟΚ, οι καταχωρίσεις είναι δυνατό να υπολογίζονται ως η μέση τιμή των ετών 2008, 2009 και 2010.

3. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών διαβιβάζουν τους καταλόγους που έχουν εκπονηθεί σύμφωνα με την παράγραφο 1 του παρόντος άρθρου, συμπεριλαμβανομένων των αντίστοιχων περιόδων αναφοράς, στην Ειδική Γραμματεία Υδάτων, προκειμένου να διαβιβασθούν στη Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 16 (παρ. 1) του Π.Δ.51/2007.

4. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών επικαιροποιούν τους καταλόγους τους κατά την επανεξέταση των αναλύσεων που προσδιορίζονται στο άρθρο 5 (παρ. 2) του Π.Δ.51/2007.

4.1. Η περίοδος αναφοράς για τον καθορισμό τιμών στους επικαιροποιημένους καταλόγους είναι το έτος που προηγείται εκείνου κατά το οποίο πρέπει να ολοκληρωθεί η εν λόγω ανάλυση. Για ουσίες προτεραιότητας ή ρύπους καλυπτόμενους από το Π.Δ. 115/1997 (Α'104), οι καταχωρίσεις είναι δυνατό να υπολογίζονται ως η μέση τιμή των τριών ετών που προηγούνται της ολοκλήρωσης της εν λόγω ανάλυσης.

5. Οι Διευθύνσεις Υδάτων των Περιφερειών δημοσιεύουν τους επικαιροποιημένους καταλόγους στα σχέδια διαχείρισης κάθε λεκάνης απορροής ποταμού, που ενημερώνονται σύμφωνα με τις προβλέψεις του άρθρου 10 (παρ. 3) του Π.Δ.51/2007.

6. Οι τεχνικές κατευθυντήριες γραμμές για την κατάρτιση καταλόγων θεσπίζονται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία του άρθρου 9 (παρ.2) της οδηγίας 2008/105/ΕΚ.

Άρθρο 6 Διασυνοριακή ρύπανση

1. Δεν παραβιάζονται οι υποχρεώσεις που προβλέπονται στις διατάξεις της παρούσας απόφασης ως προς την συμμόρφωση με τα ΠΠΠ, εφόσον μπορεί να αποδειχθεί ότι:

α) η υπέρβαση οφειλόταν σε πηγή ρύπανσης εκτός εθνικής δικαιοδοσίας·

β) ήταν αδύνατη η λήψη αποτελεσματικών μέτρων συμμόρφωσης με το σχετικό ΠΠΠ, λόγω του διασυννο-ριακού χαρακτήρα της ρύπανσης, καθώς και ότι

γ) εφαρμόστηκαν οι μηχανισμοί συντονισμού που προβλέπονται στο άρθρο 10 (παρ.4 και 5) του Π.Δ. 51/2007 και, κατά περίπτωση, αξιοποιήθηκαν οι προβλέψεις του άρθρου 4 (παρ. 4, 5 και 6) του Π.Δ. 51/2007, για τα υδα-τικά συστήματα τα οποία επλήγησαν από τη διασυννο-ριακή ρύπανση.

2. Η Ειδική Γραμματεία Υδάτων κάνει χρήση του μηχανισμού που ορίζεται στο άρθρο 12 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ για να παράσχει στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή τις απαραίτητες πληροφορίες, στις περιπτώσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 1, καθώς και σύνοψη των μέτρων που ελήφθησαν κατά της διασυννοριακής ρύπανσης στο σχετικό σχέδιο διαχείρισης λεκάνης απορροής ποταμού, σύμφωνα με τις απαιτήσεις υποβολής εκθέσεων που προβλέπονται για τα Σχέδια Διαχείρισης στο άρθρο 16 (παρ. 1) του Π.Δ. 51/2007.

Άρθρο 7

Τροποποιούμενες και καταργούμενες Διατάξεις

1. Το παράρτημα ΙΧ του άρθρου 19 του Π.Δ.51/2007 αντικαθίσταται από το παράρτημα ΙΙ του άρθρου 8 της παρούσας απόφασης.

2. Αντικαθίστανται με τα αντίστοιχα ΠΠΠ του μέρους Α του Παραρτήματος Ι του άρθρου 8, οι οριακές τιμές ποιότητας νερών που καθορίζονται στις ακόλουθες Πράξεις Υπουργικού Συμβουλίου (ΠΥΣ):

α) Στο παράρτημα Β του άρθρου 6 της ΠΥΣ 144/1987 «Προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από την ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες.....και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας του νερού σε κάδμιο, υδράργυρο και εξα-χλωροκυκλοεξάνιο (HCH)» (Α'197)

β) Στο παράρτημα του άρθρου 6 της ΠΥΣ 73/1990 «Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επι-κινδύνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο Ι του Παραρτήματος Α του άρθρου 6 της αριθμ. 144/2.11.1987 Πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου» (Α'90).

γ) Στο άρθρο 2 της ΠΥΣ 255/1994 «Συμπλήρωση του Παραρτήματος του άρθρου 6 της υπ. αριθμ. 73/29.6.1990 πράξης Υπουργικού Συμβουλίου 'Καθορισμός των κα-τευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικινδύνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο Ι του Παραρτήματος Α του άρθρου 6 της υπ. αριθμ. 144/2.11.1987 πράξης του Υπου-ργικού Συμβουλίου» (Α'123), με το οποίο τροποποιήθηκε το παράρτημα του άρθρου 6 της Πράξης Υπουργικού Συμβουλίου

3. Από 22 Δεκεμβρίου 2012 καταργούνται:

α) οι ακόλουθες Πράξεις Υπουργικού Συμβουλίου (ΠΥΣ):

αα) η ΠΥΣ 144/1987 «Προστασία του υδάτινου περι-βάλλοντος από την ρύπανση που προκαλείται από ορι-σμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται σε αυτό και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας του νερού σε κάδμιο, υδράργυρο και εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH)»

ββ) η ΠΥΣ 73/1990 «Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικινδύνων ουσιών που υπάγονται στον κα-τάλογο Ι του Παραρτήματος Α του άρθρου 6 της αριθμ. 144/2.11.1987 Πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου»

γγ) η ΠΥΣ 255/1994 «Συμπλήρωση του Παραρτήματος του άρθρου 6 της υπ. Αριθ. 73/29.6.1990 πράξης Υπου-ργικού Συμβουλίου 'Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικινδύνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο Ι του Παραρτήματος Α του άρθρου 6 της υπ. Αριθ. 144/2.11.1987 πράξης του Υπουργικού Συμβου-λίου».

β) οι ακόλουθες Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις(ΚΥΑ):

αα) η ΚΥΑ 18186/271/88 (Β 126') «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικινδύνων ουσιών στα υγρά απόβλητα»

ββ) η ΚΥΑ 90461/2193/94 (Β' 843) «Συμπλήρωση του πα-ραρτήματος του άρθρου 12 της υπ' αριθ. 55648/2210/1991 Κοινής Υπουργικής Απόφασης 'Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικινδύνων ουσιών στα υγρά απόβλητα»

γγ) η ΚΥΑ 55648/2210/1991 (Β'323) «Μέτρα και περιο-ρισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίν-δυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα»

δδ) Κοινή Υπουργική Απόφαση οικ.4859/726/2001 (Β' 253) «Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος.....», ως προς τις παραμέ-τρους που περιλαμβάνει το Παράρτημα Ι της παρούσας απόφασης.

4. Στην υπ' αριθμ. 50388/2704/2003 Κοινή Υπουργική Απόφαση (Β'1866):

α) οι ποιοτικοί στόχοι για τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα που αναφέρονται στον πίνακα 5 του παραρτή-ματος, αντικαθίστανται από τα αντίστοιχα ΠΠΠ του Μέρους Β, του Παραρτήματος Ι της παρούσας και

β) οι ποιοτικοί στόχοι για τα λοιπά επιφανειακά ύδα-τα (μεταβατικά και παράκτια), που αναφέρονται στον πίνακα 5 του παραρτήματος ως προς τις παραμέτρους που περιλαμβάνει το μέρος Α του Παραρτήματος Ι της παρούσας απόφασης, αντικαθίστανται από τα αντί-στοιχα ΠΠΠ του μέρους Α του Παραρτήματος Ι της παρούσας.

5. Πριν από τις 22 Δεκεμβρίου 2012, η Ειδική Γραμ-ματεία Υδάτων έχει τη δυνατότητα να προβαίνει στην παρακολούθηση και τη σύνταξη εκθέσεων σύμφωνα με τα άρθρα 5, 11 και 16 του Προεδρικού Διατάγματος υπ' αριθμ. 51/08.03.2007, αντί να ενεργεί σύμφωνα με τις διατάξεις που αναφέρονται στην παράγραφο 3 του παρόντος άρθρου.

Άρθρο 8

Παραρτήματα

Προσαρτώνται και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της παρούσας απόφασης τα παραρτήματα Ι και ΙΙ που ακολουθούν.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΡΟΣ Α: ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (ΠΠΠ) ΟΥΣΙΩΝ
ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΑΛΛΩΝ ΡΥΠΩΝ

ΕΜΣ: ετήσια μέση συγκέντρωση.

ΜΕΣ: μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση.

Μονάδα: [μg/l]

Α/Α	Ονομασία ουσίας	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα
(1)	Alachlor	15972-60-8	0,3	0,3	0,7	0,7
(2)	Ανθρακένιο	120-12-7	0,1	0,1	0,4	0,4
(3)	Ατραζίνη	1912-24-9	0,6	0,6	2	2
(4)	Βενζόλιο	71-43-2	10	8	50	50
(5)	Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας ⁽⁵⁾	32534-81-9	0,0005	0,0002	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(6)	Κάδμιο και ενώσεις του (Ανάλογα με τις κατηγορίες σκληρότητας ύδατος) ⁽⁶⁾	7440-43-9	≤0,08 (Κατηγορία 1) 0,08 (Κατηγορία 2) 0,09 (Κατηγορία 3) 0,15 (Κατηγορία 4) 0,25 (Κατηγορία 5)	0,2	≤0,45 (Κατηγορία 1) 0,45 (Κατηγορία 2) 0,60 (Κατηγορία 3) 0,90 (Κατηγορία 4) 1,50 (Κατηγορία 5)	≤0,45 (Κατηγορία 1) 0,45 (Κατηγορία 2) 0,60 (Κατηγορία 3) 0,90 (Κατηγορία 4) 1,50 (Κατηγορία 5)
(6α)	Ανθρακο-τετραχλωρίδιο ⁷	56-23-5	12	12	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(7)	C10-13 Χλωροαλκάνια	85535-84-8	0,4	0,4	1,4	1,4
(8)	Chlorfenvinphos	470-90-6	0,1	0,1	0,3	0,3
(9)	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	2921-88-2	0,03	0,03	0,1	0,1
(9α)	Φυτοφάρμακα κυκλοδιενίου: Aldrin ⁽⁷⁾ Dieldrin ⁽⁷⁾ Endrin ⁽⁷⁾ Isodrin ⁽⁷⁾	309-00-2 60-57-1 72-20-8 465-73-6	Σ = 0,01	Σ = 0,005	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(9β)	DDT ολικό ^{(7) (8)}	Δεν εφαρμόζεται	0,025	0,025	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	para-para-DDT ⁽⁷⁾	50-29-3	0,01	0,01	Δεν εφαρμόζεται	Δεν

A/A	Ονομασία ουσίας	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα
						εφαρμόζεται
10	1,2 Διχλωροαιθάνιο	107-06-2	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
11	Διχλωρομεθάνιο	75-09-2	20	20	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
12	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξίλιο) – (ΦΔΕΕ-DEHP)	117-81-7	1,3	1,3	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
13	Diuron	330-54-1	0,2	0,2	1,8	1,8
14	Ενδοσουλφάνιο	115-29-7	0,005	0,0005	0,01	0,004
15	Φλουορανθένιο	206-44-0	0,1	0,1	1	1
16	Εξαχλωροβενζόλιο	118-74-1	0,01 ⁽⁹⁾	0,01 ⁽⁹⁾	0,05	0,05
17	Εξαχλωροβουταδιένιο	87-68-3	0,1 ⁽⁹⁾	0,1 ⁽⁹⁾	0,6	0,6
18	Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	608-73-1	0,02	0,002	0,04	0,02
19	Isoproturon	34123-59-6	0,3	0,3	1	1
20	Μόλυβδος και ενώσεις του	7439-92-1	7,2	7,2	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
21	Υδράργυρος και ενώσεις του	7439-97-6	0,05 ⁽⁹⁾	0,05 ⁽⁹⁾	0,07	0,07
22	Ναφθαλένιο	91-20-3	2,4	1,2	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
23	Νικέλιο και ενώσεις του	7440-02-0	20	20	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
24	Εννεύλοφαινόλη [4- εννεύλοφαινόλη]	104-40-5	0,3	0,3	2	2
25	Οκτυλοφαινόλη [(4-(1,1', 3,3'-τετραμεθυλβουτυλική)- φαινόλη)]	140-66-9	0,1	0,01	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
26	Πενταχλωροβενζόλιο	608-93-5	0,007	0,0007	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
27	Πενταχλωροφαινόλη	87-86-5	0,4	0,4	1	1
28	Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ-ΡΑΗ) ⁽¹⁰⁾	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	Βενζο(α)πυρένιο	50-32-8	0,05	0,05	0,1	0,1
	Βενζο(β)φλουορανθένιο	205-99-2	Σ=0,03	Σ=0,03	Δεν εφαρμόζεται	Δεν

A/A	Ονομασία ουσίας	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΕΜΣ-ΠΠΠ ⁽²⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Εσωτερικά επιφανειακά ύδατα ⁽³⁾	ΜΕΣ-ΠΠΠ ⁽⁴⁾ Λοιπά επιφανειακά ύδατα
	Βενζο(κ)φλουορανθένιο	207-08-9				εφαρμόζεται
	Βενζο(ζ,η,θ)-περιλένιο	191-24-2	Σ=0,002	Σ=0,002	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
	ΙνδENO(1,2,3-γδ)πυρένιο	193-39-5				
29	Σιμαζίνη	122-34-9	1	1	4	4
(29α)	Τετραχλωροαιθυλένιο ⁽⁷⁾	127-18-4	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
(29β)	Τριχλωροαιθυλένιο ⁽⁷⁾	79-01-6	10	10	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
30	Ενώσεις τριβουτυλίνης (κατιόν τριβουτυλίνης)	36643-28-4	0,0002	0,0002	0,0015	0,0015
31	Τριχλωροβενζόλια (όλα ισομερή)	12002-48-1	0,4	0,4	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
32	Τριχλωρομεθάνιο	67-66-3	2,5	2,5	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται
33	Τριφθοραλίνη	1582-09-8	0,03	0,03	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται

(1) Κωδικός εγγραφής χημικών ουσιών (CAS Registry Number).

(2) Η παράμετρος αυτή είναι το ΠΠΠ εκφραζόμενο ως ετήσια μέση συγκέντρωση (ΕΜΣ-ΠΠΠ). Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, ισχύει για την ολική συγκέντρωση όλων των ισομερών.

(3) Τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα καλύπτουν τους ποταμούς και τις λίμνες και τα συναφή τεχνητά ή ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα.

(4) Η παράμετρος αυτή είναι το πρότυπο ποιότητας περιβάλλοντος εκφραζόμενο ως μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (ΜΕΣ-ΠΠΠ). Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες για το ΜΕΣ-ΠΠΠ σημειώνεται «δεν εφαρμόζεται», οι τιμές ΕΜΣ-ΠΠΠ θεωρούνται ότι προστατεύουν έναντι βραχυπρόθεσμων αιχμών ρύπανσης σε συνεχείς απορρίψεις, καθώς είναι σημαντικά χαμηλότερες σε σχέση με τις τιμές που προκύπτουν με βάση την οξεία τοξικότητα.

(5) Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας που καλύπτεται από βρωμιούχους διφαινυλαιθέρες (αριθ. 5) και αναφέρεται στην απόφαση αριθ. 2455/2001/ΕΚ, καθορίζεται ΠΠΠ μόνο για τις συγγενείς ουσίες 28, 47, 99, 100, 153 και 154.

(6) Για το κάδμιο και τις ενώσεις του (αριθ. 6) οι τιμές ΠΠΠ κυμαίνονται ανάλογα με τη σκληρότητα του ύδατος όπως ορίζεται στις 5 κατηγορίες κατάταξης (Κατηγορία 1: < 40 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 2: 40 έως < 50 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 3: 50 έως < 100 mg CaCO₃/l, Κατηγορία 4: 100 έως < 200 mg CaCO₃/l και Κατηγορία 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l).

(7) Η ουσία αυτή δεν είναι ουσία προτεραιότητας αλλά ρύπος για τον οποίο υπάρχουν ρυθμίσεις στο εθνικό δίκαιο.

(8) Το ολικό DDT περιλαμβάνει το άθροισμα των ισομερών 1,1,1-τριχλωρο-2,2 δις (p-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 50-29-3)· αριθμός ΕΕ 200-024-3) 1,1,1-τριχλωρο-2 (o-χλωροφαινυλο)-2-(p-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 789-02-6· αριθμός ΕΕ 212-332-5, 1,1-διχλωρο-2,2 δις (p-χλωροφαινυλο) αιθυλένιο (αριθμός CAS 72-55-9· αριθμός ΕΕ 200-784-6 και 1,1-διχλωρο-2,2 δις (l-χλωροφαινυλο) αιθάνιο (αριθμός CAS 72-54-8, αριθμός ΕΕ 200-783-0).

(9) Στην περίπτωση που δεν εφαρμόζονται ΠΠΠ για τους ζώντες οργανισμούς εισάγονται αυστηρότερα ΠΠΠ για τα ύδατα, ούτως ώστε να επιτευχθεί το ίδιο επίπεδο προστασίας με εκείνο που επιτυγχάνουν τα ΠΠΠ για τους ζώντες οργανισμούς του άρθρου 3 παράγραφος 2 της παρούσας. Τα εναλλακτικά ΠΠΠ για τα ύδατα που έχουν ορισθεί, συμπεριλαμβανομένων των δεδομένων και της μεθοδολογίας δια των οποίων επετεύχθησαν τα εναλλακτικά ΠΠΠ, και τις κατηγορίες επιφανειακών υδάτων στις οποίες θα εφαρμόζονται, καθώς και οι λόγοι και η βάση για τη χρήση της προσέγγισης αυτής, γνωστοποιούνται στην Επιτροπή και τα άλλα κράτη μέλη, μέσω της επιτροπής του άρθρου 21 της οδηγίας 2000/60/ΕΚ.

(10) Για την ομάδα ουσιών προτεραιότητας πολυαρωματικών υδρογονανθράκων (ΠΑΥ — ΡΑΗ) (αριθ. 28), εφαρμόζεται κάθε μεμονωμένο ΠΠΠ, π.χ. το ΠΠΠ για το βενζο(α)πυρένιο, το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(β)φθορανθένιο και βενζο(κ)φθορανθένιο, και το ΠΠΠ για το άθροισμα βενζο(ζ,η,θ)περιλένιο και ινδENO(1,2,3-γδ)πυρένιο.

ΜΕΡΟΣ Β: ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΠΡΟΤΥΠΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ (ΠΠΠ) ΕΙΔΙΚΩΝ ΡΥΠΩΝ
ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

ΕΜΣ: ετήσια μέση συγκέντρωση.

Μονάδα: [µg/l]

Α/Α	Χημική Παράμετρος	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	ΠΠΠ - ΕΜΣ ^{(2),(3)}
1	1,1,1-Τριχλωροαιθάνιο	71-55-6	10
2	1,1,2- Τριχλωροαιθάνιο	79-00-5	10
3	1,1-Διχλωροαιθυλένιο	75-35-4	10
4	1,2- Διχλωροαιθυλένιο	540-59-0	10
5	1,2-Διχλωροβενζόλιο	95-50-1	10
6	1,3- Διχλωροβενζόλιο	541-73-1	10
7	1,4- Διχλωροβενζόλιο	106-46-7	10
8	2,4,5-Τ (τριχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και εστέρες	93-76-5	0,1
9	2,4-D (2,4-διχλωροφαινοξυοξικό οξύ) και εστέρες	94-75-7	0,1
10	2-χλωροτολουόλιο	95-49-8	1
11	3,4-διχλωροανιλίνη	95-76-1	0,5
12	4- χλωροτολουόλιο	106-43-4	1,0
13	4-χλωροανιλίνη	106-47-8	0,05
14	Azinphosenthyl	2642-71-79	0,005
15	Azinphosmethyl	86-50-0	0,005
16	Bentazone	25057-89-0	0,1
17	Coumaphos	56-72-4	0,07
18	Demeton (O+S)	8065-48-3	0,05
19	Demeton-S-Methyl	919-86-8	0,1
20	Dichlorprop	120-36-5	0,1
21	Dimethoate	60-51-5	0,5
22	Disulfoton	298-04-4	0,004
23	Fenitrothion	122-14-5	0,003
24	Fenthion	55-38-9	0,001
25	Heptaclor	76-44-8	0,05
26	Heptaclor hepoxide	102-45-73	0,05
27	Linuron	330-55-2	0,5
28	Malathion	121-75-5	0,01
29	MCPA	94-74-6	0,1
30	Mecoprop	7085-19-0	0,1
31	Methamidofhos	10265-92-6	0,1
32	Mevinphos	7786-34-7	0,01
33	Monolinuron	1746-81-2	0,1

A/A	Χημική Παράμετρος	Αριθμός CAS	ΠΠΠ - ΕΜΣ
34	Omethoate	1113-02-6	0,1
35	Oxydemeton-methyl	301-12-2	0,1
36	Parathion	56-38-2	0,01
37	Parathion methyl	298-00-0	0,01
38	Propanil	709-98-8	0,1
39	Pyrazon	1698-60-8	0,1
40	Triazophos	24017-47-8	0,03
41	Trichlorfon	52-68-6	0,002
42	Αιθυλοβενζόλιο	100-41-4	10
43	Επιφανειοδραστικοί παράγοντες – Γραμμικά Αλκυλοβενζοσουλφονικά άλατα (LAS)		270
44	Κυανιούχα	74-90-8	10
45	Ξυλόλια (m+p)	108-38-3, 106-42-3	10
46	Ξυλόλια (o)	95-47-6	10
47	Ολικές φαινόλες		50
48	Πολυχλωριωμένα διφαινύλια		0,014
49	Τολουόλιο	108-88-3	10
50	Φαινόλη	108-95-2	8
51	Χλωροβενζόλιο	108-90-7	1
52	Αρσενικό	7440-38-2	30
53	Κασσίτερος	7440-31-5	2,2
54	Κοβάλτιο	7440-48-4	20
55	Μολυβδένιο	7439-98-7	4,4
56	Σελήνιο	7782-49-2	5
57	Χαλκός	7440-50-8	3 (<40 mgCaCO ₃ /l) 6 (40-50 mgCaCO ₃ /l) 9 (50-100 mgCaCO ₃ /l) 17 (100-200 mgCaCO ₃ /l) 26 (>200 mgCaCO ₃ /l)
58	Χρώμιο VI		3
59	Χρώμιο ολικό	7440-47-3	23 (<40 mgCaCO ₃ /l) 42 (40-50 mgCaCO ₃ /l) 50 (>50 mgCaCO ₃ /l)
60	Ψευδάργυρος	7440-66-6	8 (<50 mgCaCO ₃ /l) 50 (50-100 mgCaCO ₃ /l) 75 (100-200 mgCaCO ₃ /l) 125 (>200 mgCaCO ₃ /l)

- (1) Κωδικός εγγραφής χημικών ουσιών (CAS Registry Number).
- (2) Η παράμετρος αυτή είναι το ΠΠΠ εκφραζόμενο ως ετήσια μέση συγκέντρωση (ΕΜΣ-ΠΠΠ). Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, ισχύει για την ολική συγκέντρωση όλων των ισομερών.
- (3) Τα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα καλύπτουν τους ποταμούς και τις λίμνες και τα συναφή τεχνητά ή ιδιαίτερος τροποποιημένα υδατικά συστήματα.

ΜΕΡΟΣ Γ: ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΠΠΠ ΠΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΜΕΡΗ Α ΚΑΙ Β

1. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι, για οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας, ο αριθμητικός μέσος των μετρούμενων συγκεντρώσεων σε διάφορους χρόνους κατά τη διάρκεια του έτους δεν υπερβαίνει το πρότυπο.

Ο υπολογισμός του αριθμητικού μέσου, η εφαρμοζόμενη αναλυτική μέθοδος καθώς και, όπου δεν υφίσταται κατάλληλη αναλυτική μέθοδος που να συμμορφώνεται με τα κριτήρια ελάχιστων επιδόσεων, η μέθοδος εφαρμογής ΠΠΠ πρέπει να συμφωνεί με τις εκτελεστικές πράξεις για τον καθορισμό τεχνικών προδιαγραφών για τη χημική παρακολούθηση και την ποιότητα των αναλυτικών αποτελεσμάτων σύμφωνα με την οδηγία 2000/60/ΕΚ.

2. Για κάθε δεδομένη επιφάνεια υδάτινης μάζας, η εφαρμογή του ΕΜΣ-ΠΠΠ σημαίνει ότι η μετρούμενη συγκέντρωση σε οποιοδήποτε αντιπροσωπευτικό σημείο παρακολούθησης εντός της υδάτινης μάζας δεν υπερβαίνει το πρότυπο του μέρους Α του παρόντος παραρτήματος.

Ωστόσο, δυνάμει του τμήματος 1.3.4 του παραρτήματος ΙΙΙ του Προεδρικού Διατάγματος υπ' αριθμ. 51/08.03.2007 «καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων», η Ειδική Γραμματεία Υδάτων δύναται να εφαρμόζει στατιστικές μεθόδους, όπως ο υπολογισμός του εκατοστημορίου, με στόχο να διασφαλίζεται αποδεκτό επίπεδο εμπιστοσύνης και ακρίβειας για τον προσδιορισμό της συμμόρφωσης προς τα ΕΜΣ-ΠΠΠ. Οι στατιστικές αυτές μέθοδοι συμμορφώνονται προς τους λεπτομερείς κανόνες που θεσπίζονται σύμφωνα με την κανονιστική διαδικασία με εφαρμογή των άρθρων 5 και 7 της απόφασης 1999/468/ΕΚ, τηρουμένων των διατάξεων του άρθρου 8 αυτής.

3. Με εξαίρεση το κάδμιο, το μόλυβδο, τον υδράργυρο και το νικέλιο, τα ΠΠΠ που ορίζονται στο παρόν παράρτημα εκφράζονται ως ολικές συγκεντρώσεις στο συνολικό δείγμα ύδατος. Στην περίπτωση του καδμίου, του μολύβδου, του υδραργύρου και του νικελίου, το ΠΠΠ αναφέρεται στην εν διαλύσει συγκέντρωση, δηλαδή την εν διαλύσει φάση δείγματος ύδατος που λαμβάνεται με διήθηση μέσω ηθμού 0,45 μm ή κάθε ισοδύναμη προεπεξεργασία.

Κατά την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της παρακολούθησης σε σχέση με τα ΠΠΠ θα λαμβάνονται υπόψη:

- α) οι φυσικές συγκεντρώσεις μετάλλων σε αδιατάρακο περιβάλλον και οι ενώσεις τους, εάν εμποδίζουν τη συμμόρφωση με τα σχετικά ΠΠΠ· και
- β) η σκληρότητα, το pH ή άλλες παράμετροι ποιότητας ύδατος που επηρεάζουν τη βιοδιαθεσιμότητα των μετάλλων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Το Παράρτημα IX του άρθρου 19 του Π.Δ.51/2007, αντικαθίσταται ως ακολούθως:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IX

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΟΥΣΙΩΝ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Αριθμός	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	Αριθμός ΕΕ ⁽²⁾	Ονομασία ουσίας προτεραιότητας ⁽³⁾	Χαρακτηρισμός ως επικίνδυνης ουσίας προτεραιότητας
(1)	15972-60-8	240-110-8	Alachlor	
(2)	120-12-7	204-371-1	Ανθρακένιο	Χ
(3)	1912-24-9	217-617-8	Ατραζίνη	
(4)	71-43-2	200-753-7	Βενζόλιο	
(5)	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Βρωμιούχος διφαινυλαιθέρας ⁽⁴⁾	Χ ⁽⁵⁾
	32534-81-9	Δεν εφαρμόζεται	Πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρας (συγγενείς ουσίες 28, 47, 99, 100, 153 και 154)	
(6)	7440-43-9	231-152-8	Κάδμιο και ενώσεις του	Χ
(7)	85535-84-8	287-476-5	Χλωροαλκάνια C ₁₀₋₁₃ ⁽⁴⁾	Χ
(8)	470-90-6	207-432-0	Chlorfenvinphos	
(9)	2921-88-2	220-864-4	Chlorpyrifos (Chlorpyrifos-ethyl)	
(10)	107-06-2	203-458-1	1,2-Διχλωροαιθάνιο	

Αριθμός	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	Αριθμός ΕΕ ⁽²⁾	Ονομασία ουσίας προτεραιότητας ⁽³⁾	Χαρακτηρισμός ως επικίνδυνης ουσίας προτεραιότητας
(11)	75-09-2	200-838-9	Διχλωρομεθάνιο	
(12)	117-81-7	204-211-0	Φθαλικό δι(2-αιθυλεξυλιο) (ΦΔΑΕ- DEHP)	
(13)	330-54-1	206-354-4	Diuron	
(14)	115-29-7	204-079-4	Ενδοσουλφάνιο	X
(15)	206-44-0	205-912-4	Φλουορανθένιο ⁽⁶⁾	
(16)	118-74-1	204-273-9	Εξαχλωροβενζόλιο	X
(17)	87-68-3	201-765-5	Εξαχλωροβουταδιένιο	X
(18)	608-73-1	210-158-9	Εξαχλωροκυκλοεξάνιο	X
(19)	34123-59-6	251-835-4	Isoproturon	
(20)	7439-92-1	231-100-4	Μόλυβδος και ενώσεις του	
(21)	7439-97-6	231-106-7	Υδράργυρος και ενώσεις του	X
(22)	91-20-3	202-049-5	Ναφθαλένιο	
(23)	7440-02-0	231-111-14	Νικέλιο και ενώσεις του	
(24)	25154-52-3	246-672-0	Εννεύλοφαινόλη	X
	104-40-5	203-199-4	4-Εννεύλοφαινόλη	X

Αριθμός	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	Αριθμός ΕΕ ⁽²⁾	Ονομασία ουσίας προτεραιότητας ⁽³⁾	Χαρακτηρισμός ως επικίνδυνης ουσίας προτεραιότητας
(25)	1806-26-4	217-302-5	Οκτυλοφαινόλη	
	140-66-9	Δεν εφαρμόζεται	4-(1,1', 3,3' – Τετραμεθυλβουτυλική)-φαινόλη	
(26)	608-93-5	210-172-5	Πενταχλωροβενζόλιο	X
(27)	87-86-5	231-152-8	Πενταχλωροφαινόλη	
(28)	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες	X
	50-32-8	200-028-5	Βενζο(α)πυρένιο	X
	205-99-2	205-911-9	Βενζο(β)φλουορανθένιο	X
	191-24-2	205-883-8	Βενζο(ζ,η,θ)περυλένιο	X
	207-08-9	205-916-6	Βενζο(κ)φλουορανθένιο	X
	193-39-5	205-893-2	Ινδενο(1,2,3-γδ)πυρένιο	X
(29)	122-34-9	204-535-2	Σιμαζίνη	
(30)	Δεν εφαρμόζεται	Δεν εφαρμόζεται	Ενώσεις τριβουτυλτίνης	X
	36643-28-4	Δεν εφαρμόζεται	Κατιόν τριβουτυλτίνης	X
(31)	12002-48-1	234-413-4	Τριχλωροβενζόλια	
(32)	67-66-3	200-663-8	Τριχλωρομεθάνιο (χλωροφόρμιο)	

Αριθμός	Αριθμός CAS ⁽¹⁾	Αριθμός ΕΕ ⁽²⁾	Ονομασία ουσίας προτεραιότητας ⁽³⁾	Χαρακτηρισμός ως επικίνδυνης ουσίας προτεραιότητας
(33)	1582-09-8	216-428-8	Τριφθοραλίνη	

(1) Κωδικός εγγραφής χημικών ουσιών (CAS Registry Number).

(2) Αριθμός ΕΕ: Ευρωπαϊκός κατάλογος χημικών ουσιών του εμπορίου (EINECS) ή Ευρωπαϊκός κατάλογος κοινοποιημένων χημικών ουσιών (ELINCS).

(3) Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες έχουν επιλεγεί ομάδες ουσιών, ως ενδεικτικές παράμετροι παρατίθενται τυπικές μεμονωμένες αντιπροσωπευτικές τιμές (σε αγκύλες και χωρίς αριθμό). Για αυτές τις ομάδες ουσιών, η ενδεικτική παράμετρος πρέπει να προσδιορίζεται μέσω της αναλυτικής μεθόδου.

(4) Αυτές οι ομάδες ουσιών κανονικά περιλαμβάνουν πλήθος μεμονωμένων ενώσεων. Επί του παρόντος, δεν είναι δυνατόν να δοθούν οι κατάλληλες ενδεικτικές παράμετροι.

(5) Μόνον ο πενταβρωμοδιφαινυλαιθέρας (αριθμός CAS 32534-81-9).

(6) Το φλουορανθένιο αναφέρεται στον κατάλογο ως δείκτης άλλων, περισσότερο επικίνδυνων πολυαρωματικών υδρογονανθράκων.

Άρθρο 9

Κάθε διάταξη που αντίκειται στις διατάξεις της παρούσας απόφασης ή ανάγεται σε θέματα που ρυθμίζονται από αυτήν, καταργείται.

Άρθρο 10

Η ισχύς της παρούσας απόφασης αρχίζει από τη δημοσίευσή της στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως, εκτός εάν προβλέπεται διαφορετικά στις επί μέρους διατάξεις της.

Η απόφαση αυτή να δημοσιευθεί στην Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Αθήνα, 24 Νοεμβρίου 2010

ΟΙ ΥΠΟΥΡΓΟΙ

ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ, ΑΠΟΚΕΝΤΡΩΣΗΣ
ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΔΙΑΚΥΒΕΡΝΗΣΗΣ

ΙΩΑΝΝΗΣ ΡΑΓΚΟΥΣΗΣ

ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ,
ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ

ΜΙΧΑΗΛ ΧΡΥΣΟΧΟΪΔΗΣ

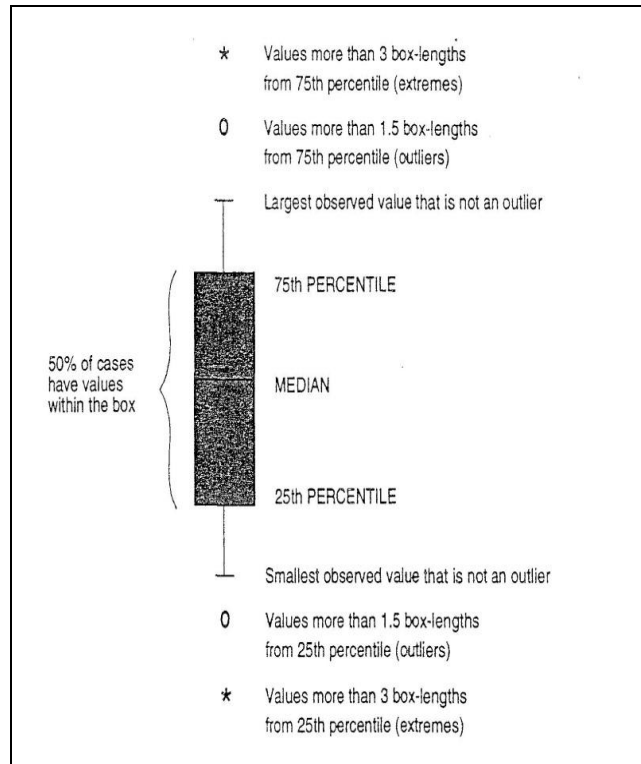
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΜΠΙΡΜΠΙΛΗ

Στατιστική επεξεργασία με το SPSS

ANALYZE → DESCRIPTIVE STATISTICS → EXPLORE:

Box-plot: ή **box and whisker plot**, είναι ένα διάγραμμα στο οποίο απεικονίζονται η μέση τιμή των δεδομένων, percentiles 25th και 75th τα οποία αποτελούν τα άκρα του “box”. Η απόσταση ανάμεσά τους λέγεται “hspread” και τα “whiskers” είναι κάθετες γραμμές πάνω και κάτω από το “box” που το μέγεθός τους απεικονίζει το εύρος των τιμών που είναι εντός του διαστήματος 1,5 φορές επί το hspread. Αν η μέση τιμή είναι στο μέσο του “box” και τα “whiskers” συμμετρικά τότε η μεταβλητή μας ακολουθεί κανονική κατανομή. Σε αυτό το διάγραμμα δίνονται δεδομένα “outliers”: απέχουν περισσότερο από 1,5 φορές επί το hspread και λιγότερο από 3 φορές επί το hspread από τα άκρα του “box” και δεδομένα “extreme” που απέχουν περισσότερο από 3 φορές επί το hspread από τα άκρα του “box”.



ANALYZE → NON PARAMETRIC TESTS

Kruskal-Wallis και Median test

Η δοκιμή Kruskal-Wallis είναι η μη παραμετρική αντίστοιχη του One Way Anova. Δίνει την πιθανότητα (sig ή p) οι πληθυσμοί που συγκρίνονται να διαφέρουν ή όχι. Αν $p > 0,05$ οι πληθυσμοί δεν διαφέρουν.

Η δοκιμή Median ανιχνεύει διαφορές ανάμεσα σε πληθυσμούς τιμών ως προς το αν ανήκουν σε έναν κοινό μεγαλύτερο πληθυσμό και ως προς το σχήμα των κατανομών τους. Υπολογίζει μια διάμεση τιμή από όλα τα δεδομένα (όλων των πληθυσμών που συγκρίνονται). Αν $p > 0,05$ οι πληθυσμοί δεν διαφέρουν. Παράγεται πίνακας συχνοτήτων με τον αριθμό των τιμών που είναι μικρότερες και μεγαλύτερες από τη συνολική διάμεση τιμή.

-Manual του SPSS 17

-Reimann, R. C., Filzmoser, P., Garrett, R. G., Dutter, R. 2008. Statistical Data Analysis Explained: Applied Environmental Statistics, John Wiley & Sons, pp. 2, 1, 158, 161.

ΓΕΦΥΡΑ ΛΑΡΙΣΑΣ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
23/9/2012		-	465	0,2	31	11,3
12/10/2012	23,1	7,6	581	0,3	26	2,1
17/11/2012		8,2	565	0,3	52	2,0
15/12/2012		7,3	406	0,2	53	2,3
11/1/2013	11,4	8,1	493	0,2	19	5,4
24/2/2013		7,9	381	0,2	142	5,7
24/3/2013		8,0	429	0,2	95	1,4
19/4/2013	17,4	8,1	438	0,2	118	2,2
18/5/2013		6,8	516	0,2	43	3,4
15/6/2013	26,6	7,5	505	0,2	41	5,2
18/7/2013	28,3	8,0	448	0,2	23,1	3,0
average			475,2	0,2	58,6	4,0
median			465,0	0,2	42,5	3,0

ΓΕΦΥΡΑ ΛΑΡΙΣΑΣ							
Ιχθυοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
23/9/2012	0,69	1,7	2,4	29	71	54,0	4,90
12/10/2012	1,10	1,2	2,3	48	52	45,0	4,61
17/11/2012	1,22	4,0	5,2	24	76	76,6	4,80
15/12/2012	0,75	3,4	4,2	18	82	64,5	4,93
11/1/2013	0,96	1,4	2,4	40	60	74,5	4,89
24/2/2013	0,76	8,5	9,2	8	92	59,5	4,89
24/3/2013	1,35	4,4	5,7	24	76	45,9	4,53
19/4/2013	0,86	6,2	7,0	12	88	52,2	4,78
18/5/2013	0,99	2,5	3,5	29	71	58,2	4,77
15/6/2013	0,89	2,3	3,2	28	72	55,5	4,79

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
23/9/2012	1,0	1533	1534	0,1	99,9	48992	7,67
12/10/2012	2,7	1145	1147	0,2	99,8	43275	7,21
17/11/2012	2,4	1961	1963	0,1	99,9	30343	7,10
15/12/2012	4,2	2017	2021	0,2	99,8	30270	6,86
11/1/2013	4,0	957	961	0,4	99,6	49358	7,09
24/2/2013	7,7	6967	6975	0,1	99,9	49015	6,80
24/3/2013	2,9	3436	3438	0,1	99,9	36093	7,10
19/4/2013	2,0	3284	3286	0,1	99,9	27802	7,15
18/5/2013	1,5	1507	1508	0,1	99,9	35411	7,36
15/6/2013	3,5	1519	1522	0,2	99,8	36739	7,02

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
23/9/2012	0,26	41,8	42,1	1	99	1337	6,71
12/10/2012	0,43	33,2	33,6	1	99	1256	6,47
17/11/2012	0,17	53,5	53,7	0	100	1036	6,77
15/12/2012	0,73	81,7	82,5	1	99	1533	6,32
11/1/2013	13,3	30,2	43,4	31	69	1556	5,07
24/2/2013	0,66	183	183,8	0,4	99,6	1289	6,29
24/3/2013	1,2	137	137,9	1	99	1436	6,09
19/4/2013	0,43	182	182,0	0,2	99,8	1537	6,55
18/5/2013	0,38	76,3	76,6	1	99	1792	6,67
15/6/2013	0,24	88,8	89,1	0,3	99,7	2149	6,95

ΓΕΦΥΡΑ ΛΑΡΙΣΑΣ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
23/9/2012	3,3	9,0	12,3	27	73	289	4,95
12/10/2012	3,1	6,8	10,0	31	69	259	4,92
17/11/2012	4,4	16,2	20,7	21	79	314	4,85
15/12/2012	2,0	17,3	19,3	10	90	325	5,21
11/1/2013	2,5	6,6	9,1	27	73	341	5,14
24/2/2013	2,3	54,3	56,6	4	96	382	5,23
24/3/2013	2,4	44,3	46,7	5	95	466	5,30
19/4/2013	2,2	31,1	33,3	7	93	263	5,08
18/5/2013	5,6	16,7	22,4	25	75	393	4,84
15/6/2013	3,3	15,2	18,5	18	82	367	5,04

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
23/9/2012	0,19	0,64	0,83	23	77	20,4	5,03
12/10/2012	0,11	0,73	0,84	13	87	27,6	5,39
17/11/2012	0,21	1,41	1,62	13	87	27,4	5,12
15/12/2012	0,09	1,21	1,30	7	93	22,7	5,38
11/1/2013	0,21	2,98	3,18	7	93	153	5,87
24/2/2013	0,10	11,15	11,3	1	99	78,4	5,89
24/3/2013	0,12	2,92	3,04	4	96	30,7	5,42
19/4/2013	0,12	2,48	2,61	5	95	21,0	5,23
18/5/2013	0,50	16,14	16,6	3	97	379	5,88
15/6/2013	0,14	2,26	2,40	6	94	54,6	5,60

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
23/9/2012	16,3	6,3	22,5	72	28	200	4,09
12/10/2012	6,1	5,4	11,5	53	47	204	4,52
17/11/2012	17,5	6,8	24,4	72	28	132	3,88
15/12/2012	8,8	8,0	16,8	52	48	150	4,23
11/1/2013	22,3	5,9	28,3	79	21	305	4,14
24/2/2013	2,3	20,5	22,8	10	90	144	4,80
24/3/2013	18,2	17,6	35,8	51	49	184	4,00
19/4/2013	5,9	12,2	18,1	33	67	104	4,24
18/5/2013	18,2	7,0	25,2	72	28	164	3,96
15/6/2013	4,2	5,1	9,3	45	55	124	4,47

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
23/9/2012	0,029	0,005	0,03	86	14	0,15	3,73
12/10/2012	0,116	0,007	0,12	94	6	0,26	3,36
17/11/2012	0,028		0,03	100	0		-
15/12/2012	0,122		0,12	100	0		-
11/1/2013	0,127		0,13	100	0		-
24/2/2013	0,116		0,12	100	0		-
24/3/2013	0,124		0,12	100	0		-
19/4/2013	0,106		0,11	100	0		-
18/5/2013	0,052		0,05	100	0		-
15/6/2013	0,049		0,05	100	0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
23/9/2012	-	-
12/10/2012	-	-
17/11/2012	2961,7	57296,7
15/12/2012	2959,6	55528,6
11/1/2013	1211,8	62474,1
24/2/2013	10841,7	76273,0
24/3/2013	2059,7	21638,4
19/4/2013	5215,5	44153,4
18/5/2013	2375,8	55839,0
15/6/2013	2409,4	58290,9

ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΝΝΩΝ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
13/7/2012	29,9	7,47	525	0,3	31	12,1
23/9/2012	-	-	465	0,2	31	10,0
12/10/2012	19,7	8,6	602	0,3	39	4,9
17/11/2012	-	8	515	0,3	60	8,4
15/12/2012	-	7,25	451,8	0,2	99	13,0
11/1/2013	9,7	7,88	474	0,2	27	2,4
24/2/2013	-	7,99	349	0,2	184	5,4
24/3/2013	-	8,11	430	0,2	105	2,9
19/4/2013	17,2	7,84	427	0,2	137	1,8
18/5/2013	-	7,14	482,5	0,2	45	2,6
15/6/2013	26	7,64	357	0,2	42	3,5
18/7/2013	26,3	8,44	694	0,3	31,9	5,3
average			481,1	0,2	69,5	6,0
median			469,7	0,2	43,7	5,1

ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΝΝΩΝ							
Ιχθυοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
13/7/2012	1,1	0,94	2,0	53	47	35,1	3,5
23/9/2012	0,71	2,2	2,9	24	76	25,4	3,6
12/10/2012	0,81	1,3	2,1	38	62	33,1	3,6
17/11/2012	0,64	3,8	4,5	14	86	63,4	4,0
15/12/2012	0,92	5,6	6,6	14	86	56,9	3,8
11/1/2013	0,86	4,1	5,0	17	83	150	4,2
24/2/2013	0,69	8,8	9,5	7	93	47,6	3,8
24/3/2013	0,7	4,8	5,5	13	87	45,6	3,8
19/4/2013	0,6	7,5	8,1	7	93	54,7	4,0
18/5/2013	0,82	3,4	4,2	20	80	49,2	3,8
15/6/2013	0,59	2,1	2,7	22	78	49,9	3,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
13/7/2012	2,7	715	718	0,4	99,6	26699	7,00
23/9/2012	1,0	2114	2115	0,05	99,95	24518	7,37
12/10/2012	1,0	942	943	0,1	99,9	23941	7,36
17/11/2012	3,4	2593	2596	0,1	99,9	34364	7,01
15/12/2012	7,3	3981	3988	0,2	99,8	32107	6,64
11/1/2013	3,2	1339	1342	0,2	99,8	49126	7,18
24/2/2013	14,1	8190	8204	0,2	99,8	44432	6,50
24/3/2013	2,3	4168	4170	0,1	99,9	39752	7,24
19/4/2013	4,0	4452	4456	0,1	99,9	32452	6,91
18/5/2013	2,3	2437	2439	0,1	99,9	35557	7,19
15/6/2013	1,9	1573	1575	0,1	99,9	37298	7,30

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
13/7/2012	1,01	69	70	1	99	2557	6,4
23/9/2012	0,50	98	99	1	99	1138	6,4
12/10/2012	0,80	64	65	1	99	1637	6,3
17/11/2012	0,27	88	88	0,3	99,7	1458	6,7
15/12/2012	0,36	139	139	0,3	99,7	1401	6,6
11/1/2013	6,3	47	53,1	12	88	1717	5,4
24/2/2013	1,1	231	231,8	0,5	100	1252	6,1
24/3/2013	1,0	153	153,6	0,7	99	1455	6,2
19/4/2013	0,82	218	218,8	0,4	100	1589	6,3
18/5/2013	0,16	107	107,2	0,1	100	1562	7,0
15/6/2013	0,37	98,9	99,3	0,4	100	2344	6,8

ΓΕΦΥΡΑ ΓΟΝΝΩΝ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (µg/L)	Σωματιδιακό Ni (µg/L)	Ολικό Ni (µg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
13/7/2012	3,5	5,8	9,3	37	63	218	4,80
23/9/2012	3,3	9,3	12,6	26	74	107	4,51
12/10/2012	4,1	5,4	9,5	43	57	137	4,53
17/11/2012	3,3	19,9	23,2	14	86	329	5,00
15/12/2012	2,4	29,5	31,9	7	93	298	5,10
11/1/2013	2,4	9,1	11,6	21	79	336	5,14
24/2/2013	2,7	65,5	68,2	4	96	355	5,12
24/3/2013	2,4	58,6	61,0	4	96	559	5,37
19/4/2013	2,2	38,65	40,9	5	95	282	5,11
18/5/2013	2,8	28,31	31,1	9	91	413	5,17
15/6/2013	2,6	11,66	14,3	18	82	276	5,03

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (µg/L)	Σωματιδιακός Pb (µg/L)	Ολικός Pb (µg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
13/7/2012	0,15	0,53	0,68	22	78	19,8	5,13
23/9/2012	0,16	1,4	1,6	10	90	16,4	5,02
12/10/2012	0,2	2,7	2,9	8	92	67,6	5,46
17/11/2012	0,14	1,8	1,9	7	93	29,7	5,31
15/12/2012	0,07	1,9	2,0	3	97	19,1	5,45
11/1/2013	0,08	0,77	0,85	9	91	31,1	5,61
24/2/2013	0,14	3,6	3,7	4	96	19,6	5,15
24/3/2013	0,11	4,0	4,1	3	97	38,1	5,54
19/4/2013	0,1	4,5	4,6	2	98	32,5	5,51
18/5/2013	0,36	10,9	11,3	3	97	160	5,65
15/6/2013	0,27	2,1	2,4	11	89	49,9	5,27

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (µg/L)	Σωματιδιακός Zn (µg/L)	Ολικός Zn (µg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
13/7/2012	26,0	4,7	30,6	85	15	175	3,83
23/9/2012	8,0	2,7	10,7	75	25	31,3	3,59
12/10/2012	12,9	9,3	22,2	58	42	235	4,26
17/11/2012	19,6	6,6	26,2	75	25	109	3,74
15/12/2012	44,4	10,6	55,0	81	19	107	3,38
11/1/2013	10,8	3,7	14,5	74	26	137	4,10
24/2/2013	23,8	26,4	50,2	47	53	143	3,78
24/3/2013	7,4	7,7	15,0	49	51	73,0	4,00
19/4/2013	4,8	9,9	14,8	33	67	72,5	4,18
18/5/2013	17,6	7,5	25,2	70	30	110	3,80
15/6/2013	5,7	5,0	10,7	54	46	118	4,31

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (µg/L)	Σωματιδιακό Cd (µg/L)	Ολικό Cd (µg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
13/7/2012	0,42	0,01	0,43	97	3	0,47	3,05
23/9/2012	0,19	0,002	0,19	99	1	0,02	2,05
12/10/2012	0,09	0,02	0,11	80	20	0,56	3,81
17/11/2012	0,02		0,02	100	0		-
15/12/2012	0,11		0,11	100	0		-
11/1/2013	0,08		0,08	100	0		-
24/2/2013	0,54		0,54	100	0		-
24/3/2013	0,05		0,05	100	0		-
19/4/2013	0,08		0,08	100	0		-
18/5/2013	0,06		0,06	100	0		-
15/6/2013	0,02		0,02	100	0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (µg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
13/7/2012	703,4	26257,4
23/9/2012	-	-
12/10/2012	-	-
17/11/2012	3978,0	65903,1
15/12/2012	5826,7	58748,7
11/1/2013	1875,9	68844,7
24/2/2013	13481,3	73135,2
24/3/2013	6648,2	63405,8
19/4/2013	7423,9	54116,0
18/5/2013	3697,2	53949,1
15/6/2013	2620,4	62120,9

ΓΕΦΥΡΑ ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
23/9/2012	-	-	441	0,2	37	7,8
12/10/2012	17,8	8,5	626	0,3	16	5,4
17/11/2012	-	8,0	493	0,2	47	3,4
15/12/2012	-	7,25	400	0,2	100	3,2
11/1/2013	-	7,97	350	0,2	35	2,6
24/2/2013	-	7,97	417	0,2	165	5,6
24/3/2013	15,6	7,16	670	0,2	110	3,0
19/4/2013	15,6	7,16	670	0,2	141	1,9
18/5/2013	-	6,97	486	0,2	71	2,2
15/6/2013	24,7	7,49	561	0,3	34	3,3
18/7/2013	19,5	7,29	645	0,3	3,5	1,8
average			523,6	0,2	69,0	3,6
median			493,0	0,2	46,8	3,2

ΓΕΦΥΡΑ ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
23/9/2012	0,42	1,28	1,7	25	75	34,5	4,9
12/10/2012	0,62	0,42	1,0	60	40	25,8	4,6
17/11/2012	0,48	3,0	3,5	14	86	63,9	5,1
15/12/2012	0,88	6,0	6,9	13	87	60,2	4,8
11/1/2013	0,58	2,2	2,8	21	79	61,6	5,0
24/2/2013	0,67	7,9	8,6	8	92	48,0	4,9
24/3/2013	1,3	4,8	6,1	21	79	43,6	4,5
19/4/2013	0,6	7,7	8,3	7	93	54,6	5,0
18/5/2013	0,74	2,4	3,1	24	76	50,8	4,8
15/6/2013	0,46	1,2	1,6	28	72	34,7	4,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
23/9/2012	1,0	1340	1341	0,1	99,9	36158	7,5
12/10/2012	6,0	343	349	1,7	98,3	21039	6,5
17/11/2012	1,2	1984	1985	0,1	99,9	33950	7,5
15/12/2012	3,4	4409	4412	0,1	99,9	35437	7,0
11/1/2013	3,3	1724	1728	0,2	99,8	47978	7,2
24/2/2013	8,0	7839	7847	0,1	99,9	47435	6,8
24/3/2013	3,2	4321	4324	0,1	99,9	39201	7,1
19/4/2013	2,9	4382	4385	0,1	99,9	13156	6,7
18/5/2013	2,3	1640	1642	0,1	99,9	35126	7,2
15/6/2013	1,8	793	795	0,2	99,8	23609	7,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
23/9/2012	0,42	77,3	77,7	1	99	2086	6,7
12/10/2012	4,96	58,0	62,9	8	92	3553	5,9
17/11/2012	0,24	57,2	57,5	0,4	99,6	1224	6,7
15/12/2012	0,35	149	149,1	0,2	99,8	1494	6,6
11/1/2013	7,6	58,1	65,7	12	88	1617	5,3
24/2/2013	1,0	203,3	204,4	1	99	1230	6,1
24/3/2013	0,92	158,2	159,1	1	99	1436	6,2
19/4/2013	0,50	213,0	213,5	0,2	99,8	1515	6,5
18/5/2013	0,19	78,77	79,0	0,2	99,8	1687	6,9
15/6/2013	0,20	34,55	34,7	1	99	1028	6,7

ΓΕΦΥΡΑ ΑΓ.ΠΑΡΑΣΚΕΥΗΣ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
23/9/2012	3,2	6,5	9,7	33	67	175	4,7
12/10/2012	3,2	2,2	5,5	59	41	137	4,6
17/11/2012	2,5	15,9	18,5	14	86	341	5,1
15/12/2012	2,1	32,3	34,5	6	94	325	5,2
11/1/2013	2,2	12,0	14,2	15	85	335	5,2
24/2/2013	2,2	63,2	65,4	3	97	382	5,2
24/3/2013	4,2	52,9	57,1	7	93	480	5,1
19/4/2013	1,7	38,6	40,3	4	96	274	5,2
18/5/2013	2,7	13,9	16,6	16	84	298	5,0
15/6/2013	2,4	5,0	7,4	32	68	149	4,8

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
23/9/2012	0,09	0,92	1,01	9	91	24,9	5,4
12/10/2012	0,18	0,54	0,73	25	75	33,4	5,3
17/11/2012	0,11	1,4	1,47	8	92	29,0	5,4
15/12/2012	0,11	2,0	2,10	5	95	20,0	5,3
11/1/2013	0,09	1,0	1,12	8	92	33,5	5,6
24/2/2013	0,12	3,0	3,14	4	96	17,4	5,1
24/3/2013	0,08	2,4	2,46	3	97	21,6	5,4
19/4/2013	0,72	30,5	31,23	2	98	32,5	4,7
18/5/2013	0,23	3,9	4,14	6	94	83,8	5,6
15/6/2013	0,27	8,1	8,40	3	97	242	6,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
23/9/2012	7,7	4,3	12,0	64	36	116	4,2
12/10/2012	4,1	1,6	5,7	72	28	97	4,4
17/11/2012	7,5	5,6	13,1	57	43	119	4,2
15/12/2012	28,1	11,2	39,3	72	28	112	3,6
11/1/2013	28,3	5,3	33,6	84	16	148	3,7
24/2/2013	7,2	18,6	25,8	28	72	112	4,2
24/3/2013	7,6	8,2	15,9	48	52	74,6	4,0
19/4/2013	3,5	11,3	14,8	24	76	80,2	4,4
18/5/2013	8,6	4,0	12,7	68	32	86,2	4,0
15/6/2013	5,7	7,6	13,4	43	57	227	4,6

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
23/9/2012	0,05	0,0018	0,05	96,3	3,7	0,0018	1,59
12/10/2012	0,04	0,0051	0,04	88,4	11,6	0,0051	2,12
17/11/2012	0,02		0,02	100,0	0,0		-
15/12/2012	0,11		0,11	100,0	0,0		-
11/1/2013	0,11		0,11	100,0	0,0		-
24/2/2013	2,41		2,41	100,0	0,0		-
24/3/2013	0,02		0,02	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,10		0,10	100,0	0,0		-
18/5/2013	0,04		0,04	100,0	0,0		-
15/6/2013	0,01		0,01	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
23/9/2012	-	-
12/10/2012	-	-
17/11/2012	3099,9	66307,5
15/12/2012	6189,9	62188,0
11/1/2013	2511,4	69872,8
24/2/2013	8845,2	53526,2
24/3/2013	6662,8	60449,9
19/4/2013	7401,9	52632,8
18/5/2013	2643,2	56621,8
15/6/2013	1092,7	32525,1

ΓΕΦΥΡΑ ΠΑΛΑΙΟΠΥΡΓΟΥ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
13/7/2012-επιφανεια	20,8	7,6	26600	1,3	5,6	3,00
13/7/2012-βάθος	26,5	7,6	43170	27,8	8,8	2,79
23/9/2012	-	-	636	0,3	16,7	7,09
12/10/2012	17,3	7,6	709	0,3	8,9	0,94
17/11/2012	-	7,9	603	0,3	34,3	1,46
15/12/2012	-	7,5	384	0,2	88,2	2,28
11/1/2013	9,2	7,8	516	0,3	23,1	3,94
24/2/2013	-	7,9	372	0,2	177	5,19
24/3/2013	-	8,0	455	0,2	93,8	2,68
19/4/2013	16,8	7,7	491	0,2	122	1,50
18/5/2013	-	6,81	552	0,3	43,0	1,82
15/6/2013	22,0	7,27	656	0,3	17,9	4,30
18/7/2013	22,0	7,41	759	0,4	2,2	1,31
average			5838,7	2,5	49,3	2,9
median			603,0	0,3	23,1	2,7

ΓΕΦΥΡΑ ΠΑΛΑΙΟΠΥΡΓΟΥ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu	Σωματιδιακός Cu	Ολικός Cu	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu	log Kd Cu
	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)			(mg/kg)	
13/7/2012-επιφανεια	0,31	0,29	0,59	51	49	53,9	5,2
13/7/2012-βάθος	1,2	0,82	2,0	60	40	96,9	4,9
23/9/2012	0,35	0,48	0,83	42	58	29,0	4,9
12/10/2012	0,60	0,41	1,0	59	41	45,7	4,9
17/11/2012	0,42	2,1	2,5	17	83	60,4	5,2
15/12/2012	7,4	4,9	12,3	60	40	55,5	3,9
11/1/2013	0,84	2,4	3,2	26	74	102	5,1
24/2/2013	0,77	8,0	8,8	9	91	45,3	4,8
24/3/2013	0,5	4,3	4,8	10	90	46,1	5,0
19/4/2013	0,6	7,7	8,3	7	93	56,8	5,0
18/5/2013	0,95	2,9	3,9	25	75	72,2	4,9
15/6/2013	0,61	1,6	2,2	28	72	89,3	5,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe	Σωματιδιακός Fe	Ολικός Fe	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe	log Kd Fe
	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)			(mg/kg)	
13/7/2012-επιφανεια	4,6	170	174	2,7	97,3	31674	6,8
13/7/2012-βάθος	2,3	163	165	1,4	98,6	19293	6,9
23/9/2012	1,0	1414	1415	0,1	99,9	86033	7,9
12/10/2012	5,7	182	187	3,1	96,9	20445	6,6
17/11/2012	2,0	1394	1396	0,1	99,9	32500	7,2
15/12/2012	2,7	3428	3430	0,1	99,9	31094	7,1
11/1/2013	4,4	1531	1536	0,3	99,7	66370	7,2
24/2/2013	8,1	7863	7871	0,1	99,9	44403	6,7
24/3/2013	1,7	3646	3648	0,0	100,0	38856	7,3
19/4/2013	2,6	3876	3879	0,1	99,9	31840	7,1
18/5/2013	2,2	1436	1438	0,2	99,8	35555	7,2
15/6/2013	2,2	1160	1162	0,2	99,8	64968	7,5

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn	Σωματιδιακό Mn	Ολικό Mn	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn	log Kd Mn
	(μg/L)	(μg/L)	(μg/L)			(mg/kg)	
13/7/2012-επιφανεια	23,1	10,5	33,6	69	31	1955	4,9
13/7/2012-βάθος	197	22,8	219,5	90	10	2703	4,1
23/9/2012	0,58	35,6	36,2	2	98	2164	6,6
12/10/2012	4,2	27,2	31,4	13	87	3061	5,9
17/11/2012	0,62	45,8	46,4	1	99	1333	6,3
15/12/2012	1,1	128	129,0	1	99	1450	6,1
11/1/2013	10,4	44,9	55,3	19	81	1945	5,3
24/2/2013	0,62	210	210,2	0	100	1184	6,3
24/3/2013	1,0	134	135,0	1	99	1428	6,1
19/4/2013	1,9	187	188,5	1	99	1533	5,9
18/5/2013	0,53	60,4	60,9	1	99	1495	6,4
15/6/2013	0,47	54,6	55,0	1	99	3056	6,8

ΓΕΦΥΡΑ ΠΑΛΑΙΟΠΥΡΓΟΥ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
13/7/2012-επιφανεια	1,1	0,53	1,7	68	32	99,8	4,9
13/7/2012-βάθος	2,4	2,7	5,1	47	53	320	5,1
23/9/2012	2,3	2,0	4,4	54	46	123	4,7
12/10/2012	4,0	1,4	5,4	74	26	158	4,6
17/11/2012	1,9	9,7	11,6	16	84	283	5,2
15/12/2012	2,3	28,2	30,5	7	93	320	5,1
11/1/2013	2,4	10,9	13,3	18	82	470	5,3
24/2/2013	2,2	58	60,2	4	96	328	5,2
24/3/2013	1,9	35,1	37,0	5	95	374	5,3
19/4/2013	2	33,25	35,3	6	94	273	5,1
18/5/2013	3,2	12,1	15,3	21	79	300	5,0
15/6/2013	2,6	8,89	11,5	23	77	498	5,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
13/7/2012-επιφανεια	0,08	0,05	0,13	61	39	9,7	5,1
13/7/2012-βάθος	0,15	0,34	0,49	31	69	40,2	5,4
23/9/2012	0,14	0,58	0,72	19	81	35,4	5,4
12/10/2012	0,22	0,56	0,78	28	72	63,2	5,5
17/11/2012	0,05	1,1	1,13	4	96	31,5	5,8
15/12/2012	0,04	3,0	3,04	1	99	34,0	6,0
11/1/2013	0,10	1,9	2,02	5	95	91,4	6,0
24/2/2013	0,12	3,0	3,14	4	96	17,1	5,2
24/3/2013	0,12	2,1	2,24	5	95	22,6	5,3
19/4/2013	0,31	14,5	14,85	2	98	119	5,6
18/5/2013	0,61	22,1	22,75	3	97	548	6,0
15/6/2013	0,99	2,8	3,76	26	74	155	5,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
13/7/2012-επιφανεια	17,2	1,7	18,9	91	9	319	4,3
13/7/2012-βάθος	14,3	4,0	18,3	78	22	469	4,5
23/9/2012	21,7	6,9	28,6	76	24	417	4,3
12/10/2012	31,4	1,7	33,1	95	5	194	3,8
17/11/2012	3,8	4,6	8,4	45	55	135	4,6
15/12/2012	13,0	15,8	28,8	45	55	179	4,1
11/1/2013	20,3	4,8	25,2	81	19	210	4,0
24/2/2013	27,7	18,6	46,2	60	40	105	3,6
24/3/2013	8,7	7,3	16,1	54	46	78,2	4,0
19/4/2013	6,7	9,6	16,3	41	59	78,6	4,1
18/5/2013	7,4	5,0	12,4	59	41	125	4,2
15/6/2013	22,8	4,3	27,2	84	16	242	4,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
13/7/2012-επιφανεια	0,60	0,005	0,60	99,1	0,9	1,01	3,2
13/7/2012-βάθος	0,23	0,013	0,25	94,6	5,4	1,58	3,8
23/9/2012	0,06	0,005	0,07	92,9	7,1	0,30	3,7
12/10/2012	0,19	0,007	0,20	96,7	3,3	0,75	3,6
17/11/2012	0,03		0,03	100,0	0,0		-
15/12/2012	0,08		0,08	100,0	0,0		-
11/1/2013	0,15		0,15	100,0	0,0		-
24/2/2013	0,10		0,10	100,0	0,0		-
24/3/2013	0,08		0,08	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,09		0,09	100,0	0,0		-
18/5/2013	0,04		0,04	100,0	0,0		-
15/6/2013	0,03		0,03	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
13/7/2012-επιφανεια	133,7	24955,4
13/7/2012-βάθος	145,2	17224,1
23/9/2012	-	-
12/10/2012	-	-
17/11/2012	2106,3	61369,0
15/12/2012	5378,8	60992,9
11/1/2013	2270,8	98420,1
24/2/2013	2306,5	13024,7
24/3/2013	5792,2	61723,5
19/4/2013	6194,6	50885,4
18/5/2013	2337,7	57892,1
15/6/2013	1882,7	105428,6

ΓΕΦΥΡΑ ΚΟΥΛΟΥΡΙ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
12/10/2012	23,9	7,7	630	0,3	11,9	5,2
11/1/2013	10,4	7,89	521	0,3	22,5	3,6
19/4/2013	16,5	8,85	412	0,2	145	2,1
18/7/2013	29,9	8,54	475	0,2	16,7	3,8
average			509,5	0,3	49,0	3,7
median			498,0	0,3	19,6	3,7

ΓΕΦΥΡΑ ΚΟΥΛΟΥΡΙ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
12/10/2012	1,3	0,68	2,0	66	34	56,9	4,6
11/1/2013	0,68	3,7	4,4	15	85	167	5,4
19/4/2013	0,7	7,1	7,8	9	91	49,2	4,8

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
12/10/2012	2,8	329	332	0,8	99,2	27564	7,00
11/1/2013	2,3	1076	1079	0,2	99,8	47920	7,31
19/4/2013	1,6	3975	3976	0,0	100,0	27445	7,24

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
12/10/2012	1,00	16,5	17,5	6	94	1385	6,1
11/1/2013	9,6	37,1	46,7	20	80	1653	5,2
19/4/2013	0,56	203	203,4	0	100	1400	6,4

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
12/10/2012	3,3	2,1	5,4	62	38	172	4,7
11/1/2013	2,5	7,4	9,9	25	75	330	5,1
19/4/2013	1,8	38,21	40,0	4	96	263,9	5,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
12/10/2012	0,48	0,92	1,4	35	65	76,8	5,2
11/1/2013	0,07	0,73	0,8	9	91	211	6,5
19/4/2013	0,52	30,53	31,1	2	98	210,8	5,6

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
12/10/2012	14,6	3,5	18,1	81	19	293	4,30
11/1/2013	11,1	4,6	15,7	71	29	203	4,26
19/4/2013	5,7	16,3	22,1	26	74	113	4,29

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
12/10/2012	0,11	0,01	0,12	93,4	6,6	0,649	3,77
11/1/2013	0,03		0,03	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,03		0,03	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
12/10/2012	-	-
11/1/2013	1449,5	64526,9
19/4/2013	7096,6	49000,0

ΓΕΦΥΡΑ ΠΗΝΕΙΟΥ Ε75						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
13/7/2012	19,1	7,64	715	0,3	2,4	6,6
12/10/2012	16,1	7,8	729	0,4	8,3	1,2
11/1/2013	11,1	7,72	570	0,3	18,1	6,4
19/4/2013	15,8	7,43	510	0,2	97,2	2,8
18/7/2013	18,7	7,09	760	0,4	1,3	1,8
average			656,8	0,3	25,5	3,8
median			715,0	0,3	8,3	2,8

ΓΕΦΥΡΑ ΠΗΝΕΙΟΥ Ε75							
Ιχθυοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
13/7/2012	0,19	0,09	0,27	69	31	42,3	5,4
12/10/2012	0,19	0,27	0,46	41	59	32,4	5,2
11/1/2013	0,25	1,16	1,4	18	82	64,0	5,4
19/4/2013	0,6	55,0	5,4	11	1029	55,0	5,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
13/7/2012	2,7	63,2	66	4	96	31429	7,1
12/10/2012	3,5	175	178	2	98	21060	6,8
11/1/2013	6,0	940	946	0,6	99,4	51911	6,9
19/4/2013	2,1	3015	3018	0,1	99,9	31023	7,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
13/7/2012	8,5	5,6	14,1	60	40	2788	5,5
12/10/2012	2,0	18,3	20,3	10	90	2205	6,0
11/1/2013	7,3	29,4	36,6	20	80	1621	5,3
19/4/2013	1,3	150	151,8	1	99	1548	6,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
13/7/2012	0,80	0,37	1,2	68	32	185	5,4
12/10/2012	1,8	1,6	3,3	53	47	188	5,0
11/1/2013	1,7	5,5	7,2	24	76	302	5,2
19/4/2013	1,9	25,96	27,9	7	93	267	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
13/7/2012	0,08	0,06	0,14	57	43	30,8	5,6
12/10/2012	0,10	0,42	0,52	19	81	50,3	5,7
11/1/2013	0,16	0,62	0,78	21	79	31,4	5,3
19/4/2013	0,05	1,37	1,42	4	96	140,6	6,4

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
13/7/2012	2,5	3,1	5,6	44	56	1547	5,8
12/10/2012	9,3	1,1	10,3	90	10	127	4,1
11/1/2013	10,3	2,7	13,0	79	21	150	4,2
19/4/2013	5,0	7,3	12,3	41	59	75,0	4,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
13/7/2012	0,07	0,01	0,08	86,9	13,1	5,4	4,9
12/10/2012	0,07	0,004	0,07	94,6	5,4	0,5	3,8
11/1/2013	0,03		0,03	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,05		0,05	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
13/7/2012	52,6	26153,8
12/10/2012	-	-
11/1/2013	1263,0	69760,2
19/4/2013	4741,3	48779,1

ΕΚΒΟΛΗ 1 (επιφάνεια)						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
12/10/2012	23,4	8,03	55100	36,6	3,8	2,2
11/1/2013	8,3	7,57	868	0,4	22,3	4,9
19/4/2013	16,2	7,5	2455	1,3	84,6	2,2
20/7/2013	24,6	7,64	40890	26,1	11,5	1,8
average			24828,3	16,1	30,5	2,8
median			21672,5	13,7	16,9	2,2

ΕΚΒΟΛΗ 1 (επιφάνεια)							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
12/10/2012	0,38	0,19	0,6	66	34	50,8	5,1
11/1/2013	0,47	1,9	2,3	20	80	84,1	5,3
19/4/2013	0,9	4,5	5,4	17	83	53,3	4,8

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
12/10/2012	1,7	108	109	2	98	28481	7,2
11/1/2013	1,9	1085	1087	0,2	99,8	48628	7,4
19/4/2013	1,9	2681	2683	0,1	99,9	31705	7,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
12/10/2012	2,2	2,6	4,8	46	54	685	5,5
11/1/2013	7,7	35,8	43,5	18	82	1605	5,3
19/4/2013	0,80	129	129,5	1	99	1522	6,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
12/10/2012	1,1	0,60	1,7	65	35	158	5,1
11/1/2013	1,8	6,8	8,6	21	79	305	5,2
19/4/2013	2	21,67	23,7	8	92	256,3	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
12/10/2012	0,18	0,14	0,32	57	43	36,2	5,3
11/1/2013	0,07	0,82	0,89	8	92	31,7	5,7
19/4/2013	0,1	0,66	0,76	13	87	7,9	4,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
12/10/2012	17,8	0,64	18,5	97	3	170	4,0
11/1/2013	9,4	3,5	12,9	73	27	157	4,2
19/4/2013	5,2	6,5	11,7	45	55	76,4	4,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
12/10/2012	0,07	0,002	0,07	97,6	2,4	0,48	3,8
11/1/2013	0,01		0,01	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,02		0,02	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
12/10/2012	-	-
11/1/2013	1554,9	69703,7
19/4/2013	3905,8	46194,4

ΕΚΒΟΛΗ 2 (επιφάνεια/βάθος)						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
12/10/2012 (επιφ)	19,2	7,5	15520	9,1	5,5	1,0
12/10/2012 (βάθος)	23,2	7,87	-	31	6,3	1,9
11/1/2013 (επιφ)	8,4	7,4	657	0,3	24,7	3,3
19/4/2013 (επιφ)	16,1	7,44	504	0,2	79,1	1,8
20/7/2013 (επιφ)	23	7,25	30222	18,7	8,4	2,1
average (επιφ)			11725,8	7,1	29,4	2,1
median (επιφ)			8088,5	4,7	16,5	1,9

ΕΚΒΟΛΗ 2 (επιφάνεια/βάθος)							
Ιχθυοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
12/10/2012 επιφ	0,61	0,40	1,0	60	40	73,6	5,1
12/10/2012 βάθος	0,45	0,25	0,7	64	36	40,3	5,0
11/1/2013	0,35	1,25	1,6	22	78	50,7	5,2
19/4/2013	0,7	4,2	4,9	14	86	52,5	4,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
12/10/2012 επιφ	4,2	168	172	2,5	97,5	30663	6,9
12/10/2012 βάθος	1,0	179	180	0,6	99,4	28392	7,4
11/1/2013	2,5	1198	1200	0,2	99,8	48594	7,3
19/4/2013	1,0	2464	2465	0,04	99,96	31142	7,5

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
12/10/2012 επιφ	11,2	16,5	27,7	40	60	3014	5,4
12/10/2012 βάθος	4,2	7,9	12,1	35	65	1252	5,5
11/1/2013	7,82	39,3	47,1	17	83	1593	5,3
19/4/2013	0,45	119	119	0	100	1504	6,5

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
12/10/2012 επιφ	1,9	0,78	2,7	71	29	143	4,9
12/10/2012 βάθος	0,98	0,97	2,0	50	50	154	5,2
11/1/2013	1,7	7,4	9,1	19	81	301	5,2
19/4/2013	1,9	18,87	20,8	9	91	238,5	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
12/10/2012 επιφ	15,1	0,56	15,6	96	4	103	3,8
12/10/2012 βάθος	14,8	1,3	16,0	92	8	201	4,1
11/1/2013	6,6	6,8	13,4	49	51	275	4,6
19/4/2013	5,6	6,6	12,2	46	54	83,8	4,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
12/10/2012 επιφ	0,09	0,15	0,24	37	63	27,2	5,5
12/10/2012 βάθος	0,16	0,31	0,47	34	66	49,3	5,5
11/1/2013	0,09	0,63	0,72	12	88	25,7	5,5
19/4/2013	0,25	0,99	1,24	20	80	12,5	4,7

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
12/10/2012 επιφ	0,290	0,002	0,292	99,4	0,6	0,3	3,0
12/10/2012 βάθος	0,088	0,003	0,091	97,2	2,8	0,4	3,7
11/1/2013	0,021		0,021	100,0	0,0		-
19/4/2013	0,042		0,042	100,0	0,0		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
12/10/2012 επιφ	-	-
12/10/2012 βάθος	-	-
11/1/2013	1584,8	64282,1
19/4/2013	3546,5	44827,2

ΕΚΒΟΛΗ 3 (επιφάνεια βάθος)						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
12/10/2012 (επιφ)	19	8,05	6540	3,5	8,3	1,2
12/10/2012 (βάθος)	23,2	7,8		36,8	12,8	1,4
11/1/2013 (επιφ)	8,3	7,5	630	0,3	18,1	7,8
19/4/2013 (επιφ)	16,0	7,5	503	0,2	92,5	1,8
20/7/2013 (επιφ)	22,5	7,26	17630	10,4	11,1	1,5
20/7/2013 (βάθος)	25,2	7,83	45200	29,5	30,4	2,0
average (επιφ)			6325,8	3,6	32,5	3,1
median (επιφ)			3585,0	1,9	14,6	1,7
average (βάθος)			45200,0	33,2	21,6	1,7
median (βάθος)			45200,0	33,2	21,6	1,7

ΕΚΒΟΛΗ 3 (επιφάνεια/βάθος)							
Ιχθυοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
12/10/2012 επιφ	1,1	0,42	1,5	72	28	49,9	4,7
12/10/2012 βάθος	0,33	0,71	1,0	32	68	55,5	5,2
11/1/2013	0,31	0,98	1,3	24	76	53,9	5,2
19/4/2013	0,30	4,8	5,1	6	94	52,4	5,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
12/10/2012 επιφ	1,7	211	213	0,8	99,2	25348	7,2
12/10/2012 βάθος	1,8	183	185	1	99	14315	6,9
11/1/2013	1,7	894	895	0,2	99,8	49378	7,5
19/4/2013	1,4	2887	2888	0,0	100,0	31196	7,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
12/10/2012 επιφ	15,0	23,6	38,6	39	61	2830	5,3
12/10/2012 βάθος	5,1	12,4	17,5	29	71	967	5,3
11/1/2013	6,4	30,4	36,8	17	83	1681	5,4
19/4/2013	2,3	136	138,6	2	98	1472	5,8

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
12/10/2012 επιφ	2,1	1,3	3,4	61	39	160	4,9
12/10/2012 βάθος	1,2	1,4	2,6	47	53	108	4,9
11/1/2013	1,7	5,1	6,7	25	75	280	5,2
19/4/2013	1,9	23,12	25,0	8	92	249,8	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
12/10/2012 επιφ	0,07	0,51	0,58	11	89	61,4	6,0
12/10/2012 βάθος	0,32	0,58	0,90	36	64	45,1	5,2
11/1/2013	0,05	0,63	0,68	7	93	34,9	5,8
19/4/2013	0,51	1,73	2,24	23	77	19	4,6

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
12/10/2012 επιφ	12,9	1,1	14,0	92	8	137	4,0
12/10/2012 βάθος	15,7	0,9	16,6	95	5	69,7	3,6
11/1/2013	6,7	3,7	10,4	65	35	202	4,5
19/4/2013	11,1	8,7	19,8	56	44	82,7	3,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
12/10/2012 επιφ	0,055	0,002	0,06	96,6	3,4	0,24	3,63
12/10/2012 βάθος	0,099	0,002	0,10	98,2	1,8	0,14	3,15
11/1/2013	0,051		0,05	100	0	-	-
19/4/2013	0,051		0,05	100	0	-	-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
12/10/2012 επιφ	-	-
12/10/2012 βάθος	-	-
11/1/2013	956,6	52852,2
19/4/2013	4269,6	46142,4

ΕΚΒΟΛΗ 4 (επιφάνεια/βάθος)						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
12/10/2012 (επιφ)	18,5	7,63	4520	2,4	9,5	1,78
12/10/2012 (βάθος)	23,3	7,7	-	36,5	36,3	0,97
11/1/2013 (επιφ)	8,3	7,38	617	0,3	29,6	3,32
19/4/2013 (επιφ)	16,1	7,07	490	0,2	105,2	2,10
20/7/2013 (επιφ)	23	7,08	18100	10,4	7,0	1,17
20/7/2013 (βάθος)	24,1	7,16	52900	24,9	27,6	2,03
average (επιφ)			5931,8	3,3	37,8	2,1
median (επιφ)			2568,5	1,4	19,5	1,9
average (βάθος)			52900,0	30,7	31,9	1,5
median (βάθος)			52900,0	30,7	31,9	1,5

ΕΚΒΟΛΗ 4 (επιφάνεια/βάθος)							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
12/10/2012 επιφ	0,89	0,30	1,2	75	25	31,3	4,5
12/10/2012 βάθος	0,81	1,29	2,1	39	61	35,5	4,6
11/1/2013	0,36	1,49	1,9	20	80	50,2	5,1
19/4/2013	0,70	5,42	6,1	11	89	51,5	4,9
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
12/10/2012 επιφ	1,5	230	232	0,6	99,4	24259	7,2
12/10/2012 βάθος	1,6	597	599	0,3	99,7	16459	7,0
11/1/2013	2,9	1370	1372	0,2	99,8	46252	7,2
19/4/2013	2,3	3245	3247	0,1	99,9	30852	7,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
12/10/2012 επιφ	9,9	22,4	32,2	31	69	2357	5,4
12/10/2012 βάθος	0,9	65,9	66,8	1	99	1816	6,3
11/1/2013	8,7	47,6	56,3	15	85	1684	5,3
19/4/2013	3,4	147,3	150,7	2	98	1401	5,6

ΕΚΒΟΛΗ 4 (επιφάνεια/βάθος)							
Φυσικοχημικές παράμετροι							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
12/10/2012 επιφ	1,2	1,4	2,6	46	54	147	5,1
12/10/2012 βάθος	1,9	3,3	5,3	37	63	91	4,7
11/1/2013	1,7	8,9	10,5	16	84	299	5,2
19/4/2013	2,2	35,98	38,2	6	94	342	5,2

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
12/10/2012 επιφ	0,08	0,17	0,3	33	67	17,9	5,3
12/10/2012 βάθος	0,20	0,46	0,7	31	69	12,6	4,8
11/1/2013	0,12	0,80	0,9	14	86	26,9	5,3
19/4/2013	0,11	1,25	1,4	8	92	12	5,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
12/10/2012 επιφ	15,7	1,2	16,8	93	7	123	3,9
12/10/2012 βάθος	16,2	2,6	18,8	86	14	71,7	3,6
11/1/2013	2,8	6,5	9,3	30	70	219	4,9
19/4/2013	11,1	8,7	19,8	56	44	82,7	3,9

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
12/10/2012 επιφ	0,06	0,0027	0,07	96,0	4,00	0,28	3,6
12/10/2012 βάθος	0,12	0,0039	0,12	96,8	3,19	0,11	3,0
11/1/2013	0,44		0,44	100,0	0,00		-
19/4/2013	0,03		0,03	100,0	0,00		-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
12/10/2012 επιφ	-	-
12/10/2012 βάθος	-	-
11/1/2013	2020,7	68245,5
19/4/2013	4705,9	44738,8

CASE STUDY 1A						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16,4	7,7		6,5	47	1,8

CASE STUDY 1A							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,50	2,344	2,8	18	82	49,9	5,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	1,3	1369	1370	0,1	99,9	29168	7,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	5,24	57,2	62,5	8,4	91,6	1219	5,4

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	2,0	12,9	14,9	13,4	86,6	274,6	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,06	0,75	0,81	7,8	92,2	16,0	5,4

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	9,292	2,2	11,5	80,5	19,5	47,9	3,7

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,06	-	-	-	-	-	-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
19/4/2013	2128,0	45336,4

CASE STUDY 1B						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16,4	7,75		14,9	44	1,8

CASE STUDY 1B							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,48	1,908	2,4	20	80	43,1	5,0

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	1,1	984	985	0,1	99,9	22202	7,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	4,84	41,2	46,1	10,5	89,5	931	5,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	1,7	9,2	10,9	15,3	84,7	207,8	5,1

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,07	0,63	0,70	10,1	89,9	14,2	5,3

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	12,314	1,7	14,1	87,6	12,4	39,4	3,5

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,04	-	-	-	-	-	-

Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)
19/4/2013	1567,5	35384,4

CASE STUDY 1Γ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Φυσικοχημικές παράμετροι					
	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16,1	7,9		18,4	31	1,9

CASE STUDY 1Γ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,45	1,123	1,6	28	72	36,4	4,9
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	1,7	610	612	0,3	99,7	19763	7,1
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	4,68	24,5	29,2	16,0	84,0	794	5,2
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	1,4	5,5	6,9	20,1	79,9	179,7	5,1
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,10	0,34	0,44	23,1	76,9	11,0	5,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	15,158	4,2	19,4	78,3	21,7	136,1	4,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,08	-	-	-	-	-	-
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)					
19/4/2013	993,5	32183,1					

CASE STUDY 1Γ'						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16,1	7,93		21,7	28	1,9

CASE STUDY 1Γ'							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,33	0,85	1,2	28	72	30,3	5,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	2,0	500	502	0,4	99,6	17880	6,9
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	4,34	20,8	25,1	17,3	82,7	744	5,2
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	1,3	4,3	5,6	22,7	77,3	154,9	5,1
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,09	0,29	0,38	23,6	76,4	10,4	5,1
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	22,828	3,1	25,9	88,2	11,8	109,4	3,7
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,06	-	-	-	-	-	-
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)					
19/4/2013	809,1	28962,2					

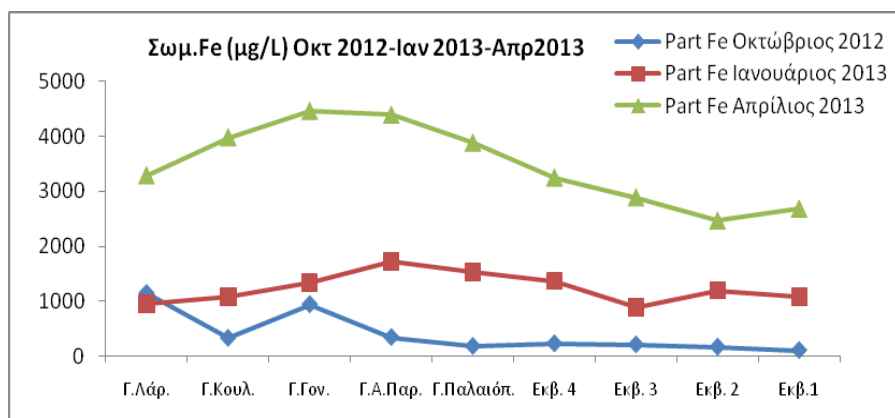
CASE STUDY 1E						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Φυσικοχημικές παράμετροι					
	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16,3	7,88		24,6	19	1,9

CASE STUDY 1E							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,34	0,42	0,8	45	55	24,2	4,8
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	2,7	213	216	1,3	98,7	12294	6,7
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	3,62	6,9	10,5	34,3	65,7	399	5,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	1,2	1,7	2,8	41,3	58,7	95,3	4,9
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,13	0,16	0,29	45,6	54,4	9,1	4,8
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	12,404	1,9	14,3	86,5	13,5	111,8	4,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,05	-	-	-	-	-	-
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)					
19/4/2013	365,7	21060,4					

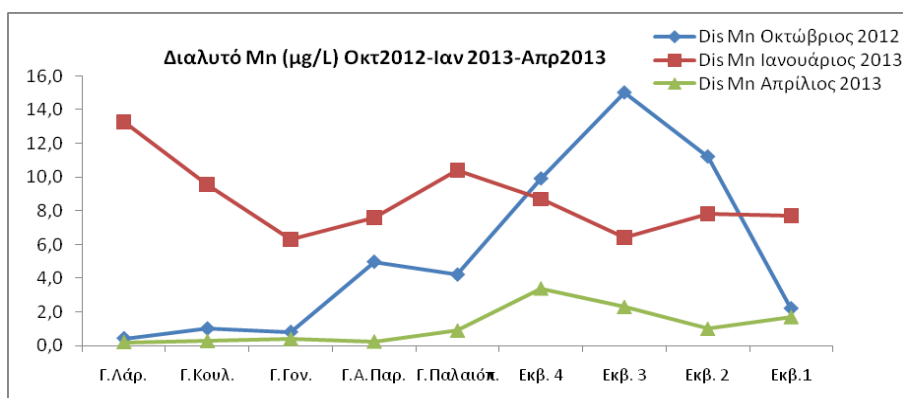
CASE STUDY 1Δ						
Φυσικοχημικές παράμετροι						
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Φυσικοχημικές παράμετροι					
	Θερμοκρασία (°C)	pH	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (μS/cm)	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ ppt	SPM (mg/L)	DOC (mg/L)
19/4/2013	16	8		35,3	17	2,1

CASE STUDY 1Δ							
Ιχνοστοιχεία							
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Cu (μg/L)	Σωματιδιακός Cu (μg/L)	Ολικός Cu (μg/L)	% Διαλυτός Cu	% Σωματιδιακός Cu	Σωματιδιακός Cu (mg/kg)	log Kd Cu
19/4/2013	0,29	0,13	0,4	70	30	6,6	4,3
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Fe (μg/L)	Σωματιδιακός Fe (μg/L)	Ολικός Fe (μg/L)	% Διαλυτός Fe	% Σωματιδιακός Fe	Σωματιδιακός Fe (mg/kg)	log Kd Fe
19/4/2013	2,1	44	46	4,6	95,4	2263	6,0
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Mn (μg/L)	Σωματιδιακό Mn (μg/L)	Ολικό Mn (μg/L)	% Διαλυτό Mn	% Σωματιδιακό Mn	Σωματιδιακό Mn (mg/kg)	log Kd Mn
19/4/2013	2,4	1,3	3,7	64,1	35,9	69	4,5
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Ni (μg/L)	Σωματιδιακό Ni (μg/L)	Ολικό Ni (μg/L)	% Διαλυτό Ni	% Σωματιδιακό Ni	Σωματιδιακό Ni (mg/kg)	log Kd Ni
19/4/2013	0,7	0,3	1,0	68,6	31,4	16,2	4,4
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Pb (μg/L)	Σωματιδιακός Pb (μg/L)	Ολικός Pb (μg/L)	% Διαλυτός Pb	% Σωματιδιακός Pb	Σωματιδιακός Pb (mg/kg)	log Kd Pb
19/4/2013	0,11	0,07	0,18	62,1	37,9	3,4	4,5
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτός Zn (μg/L)	Σωματιδιακός Zn (μg/L)	Ολικός Zn (μg/L)	% Διαλυτός Zn	% Σωματιδιακός Zn	Σωματιδιακός Zn (mg/kg)	log Kd Zn
19/4/2013	13,718	0,9	14,6	94,1	5,9	44,2	3,5
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Διαλυτό Cd (μg/L)	Σωματιδιακό Cd (μg/L)	Ολικό Cd (μg/L)	% Διαλυτό Cd	% Σωματιδιακό Cd	Σωματιδιακό Cd (mg/kg)	log Kd Cd
19/4/2013	0,04	-	-	-	-	-	-
Ημερομηνία Δειγματοληψίας	Σωματιδιακό Al (μg/L)	Σωματιδιακό Al (mg/kg)					
19/4/2013	70,0	3604,1					

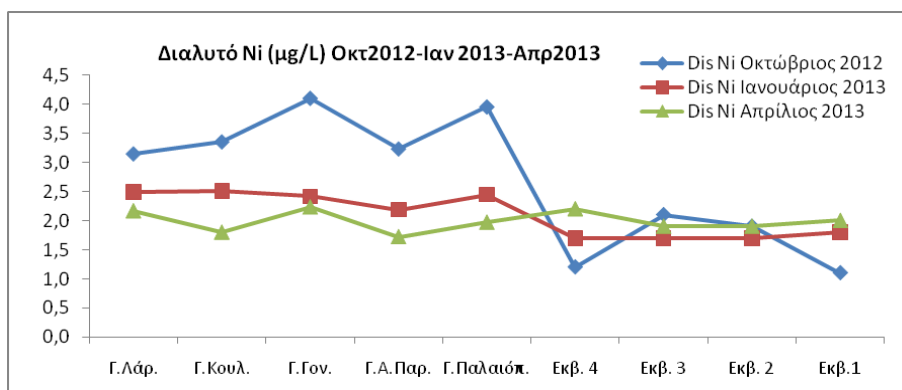
Διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτών και σωματιδιακών μετάλλων τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο 2013 και Απρίλιο 2013.



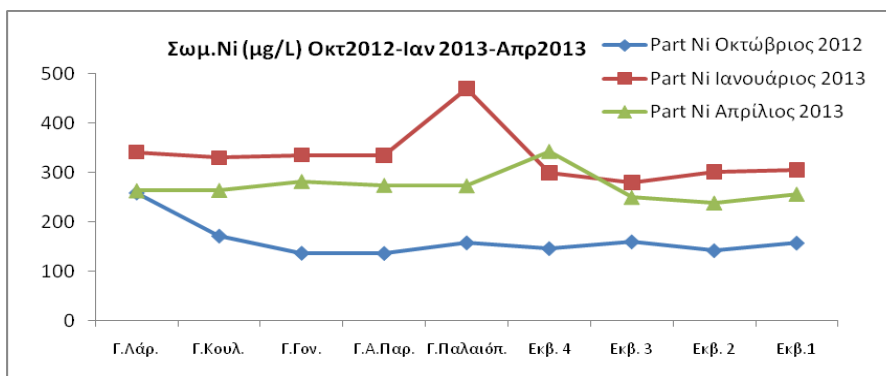
Διάγραμμα 1: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.



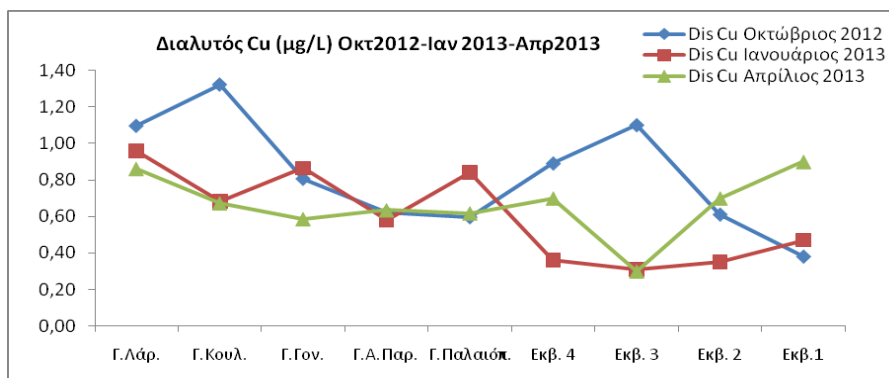
Διάγραμμα 2: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Mn τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.



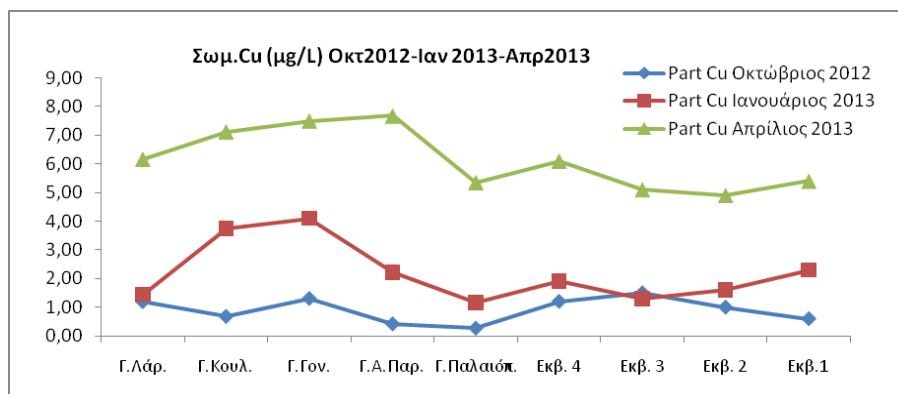
Διάγραμμα 3: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Ni τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.



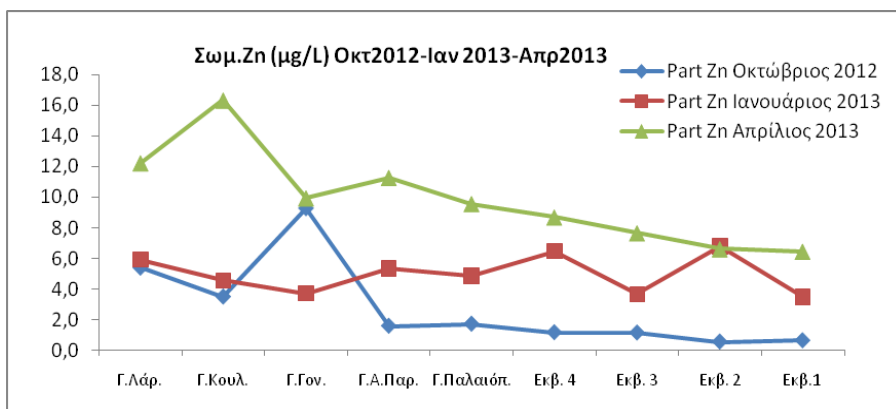
Διάγραμμα 4: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Ni (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.



Διάγραμμα 5: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Cu τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.

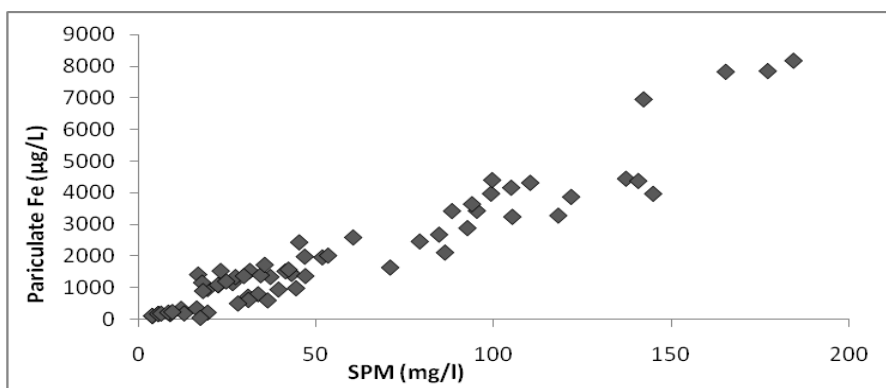


Διάγραμμα 6: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Cu (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.

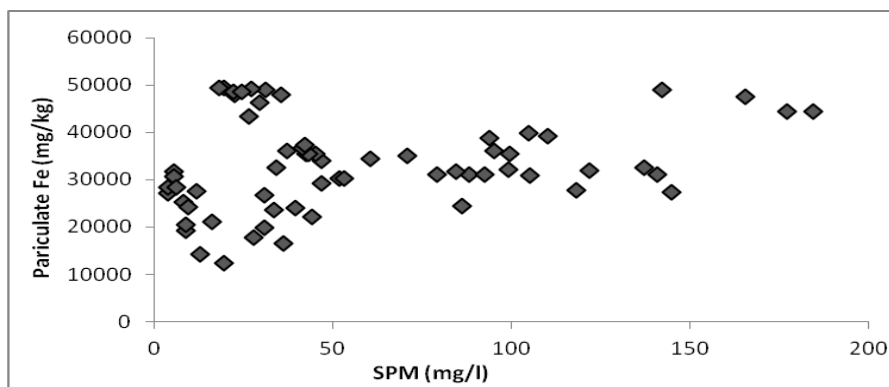


Διάγραμμα 7: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Zn (w/v) τους μήνες Οκτώβριο 2012, Ιανουάριο και Απρίλιο 2013 σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας στον π. Πηνειό.

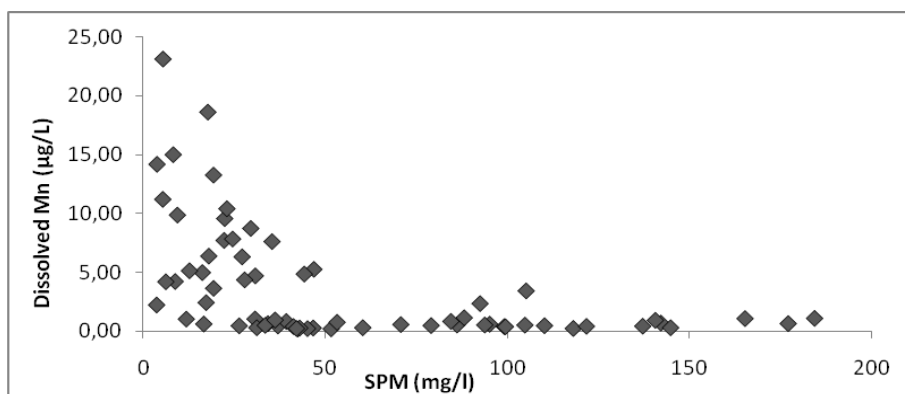
Διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτών και σωματιδιακών μετάλλων (w/v & w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM).



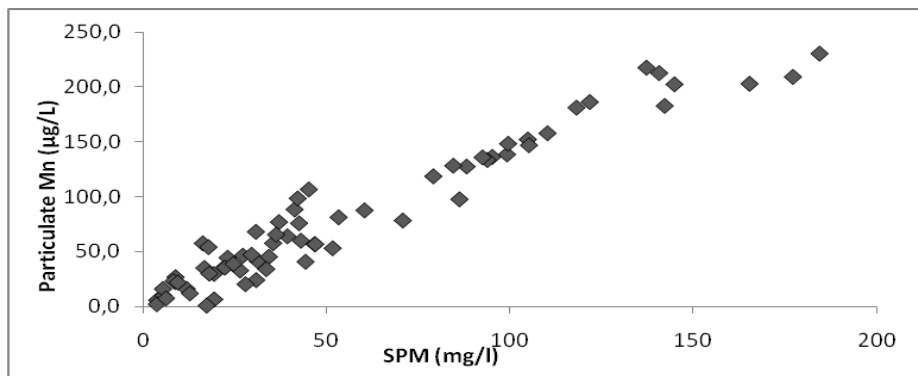
Διάγραμμα 1: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



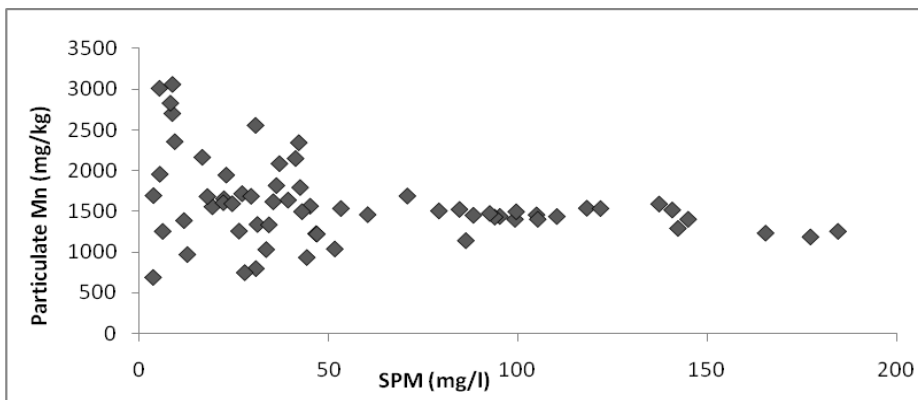
Διάγραμμα 2: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Fe (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



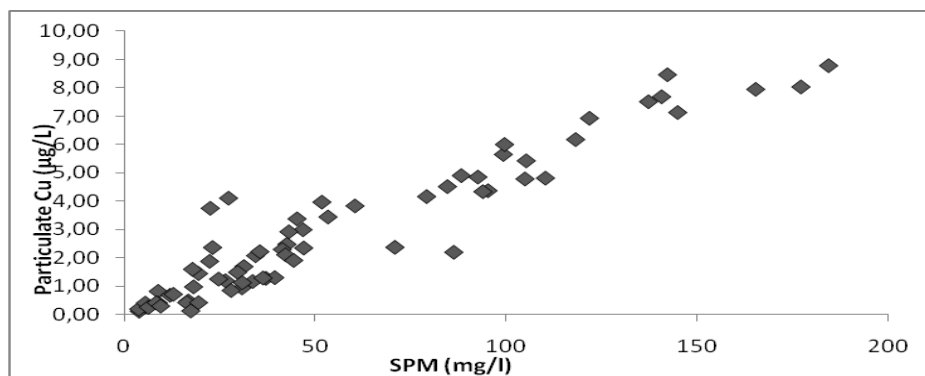
Διάγραμμα 3: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Mn με το αιωρούμενο υλικό (SPM).



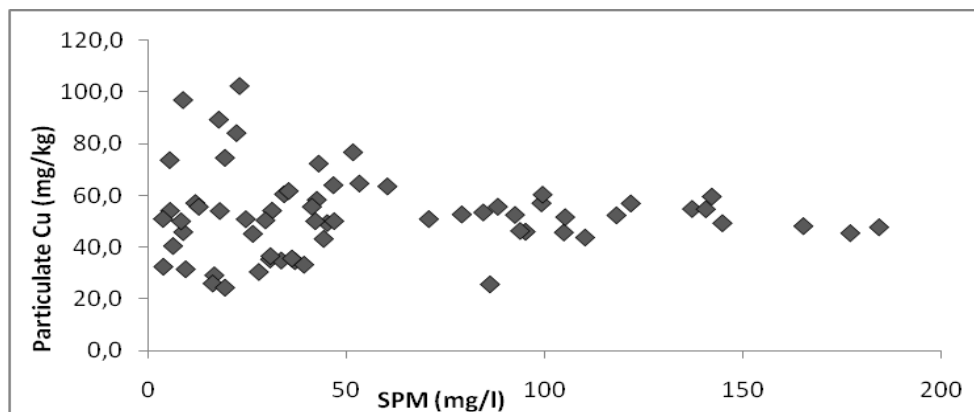
Διάγραμμα 4: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Mn (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



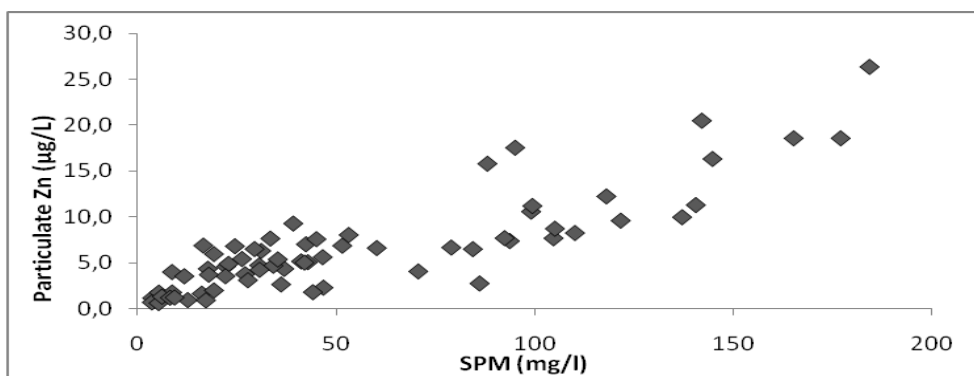
Διάγραμμα 5: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Mn (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



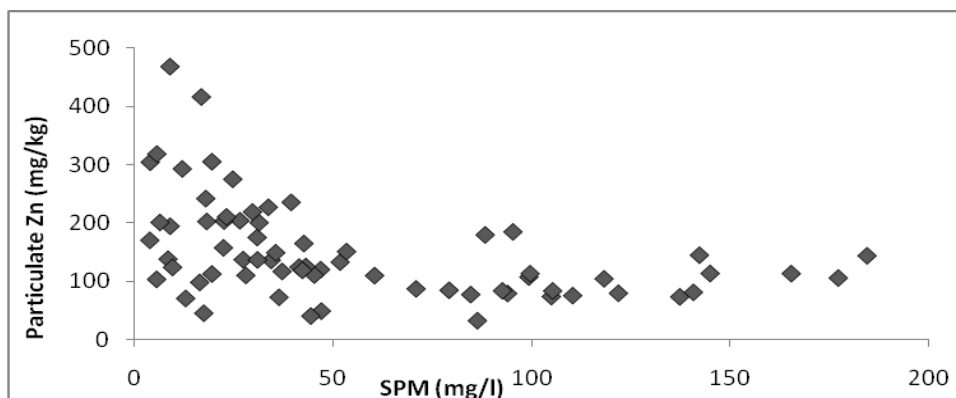
Διάγραμμα 6: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Cu (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



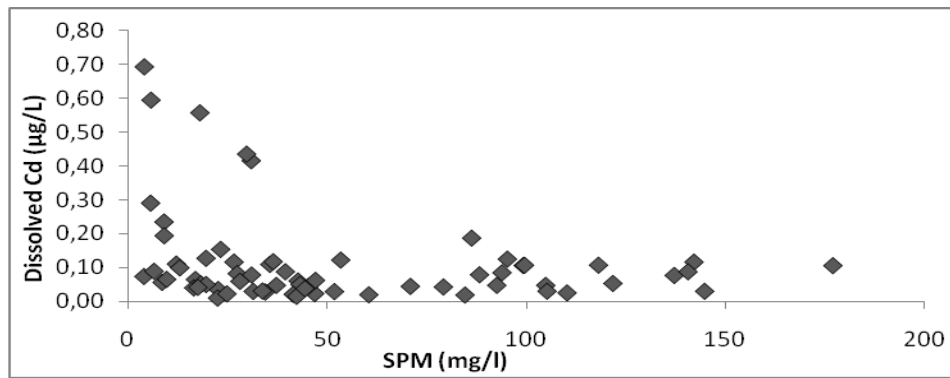
Διάγραμμα 7: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Cu (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 8: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Zn (w/v) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 9: Η μεταβολή της συγκέντρωσης σωματιδιακού Zn (w/w) με το αιωρούμενο υλικό (SPM) σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας.



Διάγραμμα 10: Η μεταβολή της συγκέντρωσης διαλυτού Cd με το αιωρούμενο υλικό (SPM).

