



Καθαρισμός ύδατος από βαρέα μέταλλα με καινοτόμα τεχνολογία

Σταύρος Λαλάς*, Βασίλειος Αθανασιάδης και Όλγα Γκορτζή

Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων

Τ.Ε.Ι. ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Ερευνητικό εργαστήριο

Food InnoVaLab

Βαρέα μέταλλα

- Η μόλυνση του περιβάλλοντος με βαριά μέταλλα έχει γίνει κίνδυνος πρωταρχικού ενδιαφέροντος και αυξανόμενης σημασίας.
- Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να περάσουν σε υπόγεια και επιφανειακά νερά και να έχουν τοξική επίδραση στους οργανισμούς.
- Η κατανάλωση πόσιμου νερού που περιέχει ακόμη και μικρές συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων μπορεί να προκαλέσει θανατηφόρες ασθένειες από τη συσσώρευσή τους στα εσωτερικά όργανα του ανθρώπινου σώματος.

Τρόποι καθαρισμού

- με EDTA
- με K_2FeO_4
- με ενεργό άνθρακα
- με σπόρους φυτών (*Moringa oleifera*, *Crambe abyssinica*)
- με χουμικά και φουλβικά οξέα

Χουμικά και Φουλβικά οξέα

- Αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της οργανικής ύλης του εδάφους.
- Δημιουργούνται από την μικροβιακή αποικοδόμηση νεκρών φυτικών ιστών. Είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά σε παραπέρα βιοαποικοδόμηση.
- Η σύνθεση τους εξαρτάται από το είδος της πρώτης ύλης που προήλθαν και τον τρόπο εξαγωγής τους.
- Επηρεάζουν την ικανότητα δέσμευσης ιόντων μετάλλων που βρίσκονται στο έδαφος διαδραματίζοντας μάλιστα σημαντικό ρόλο στην κινητικότητά τους.
- Τα φουλβικά οξέα σχηματίζουν περισσότερο διαλυτά σύμπλοκα μετάλλων.
- Τα χουμικά οξέα έχουν την τάση να παράγουν περισσότερο αδιάλυτα σύμπλοκα με τα μέταλλα (λόγω της υψηλότερου μοριακού βάρους, χαμηλότερης περιεκτικότητας σε όξινες ομάδες και λιγότερες θέσεις δέσμευσης πρωτονίων).

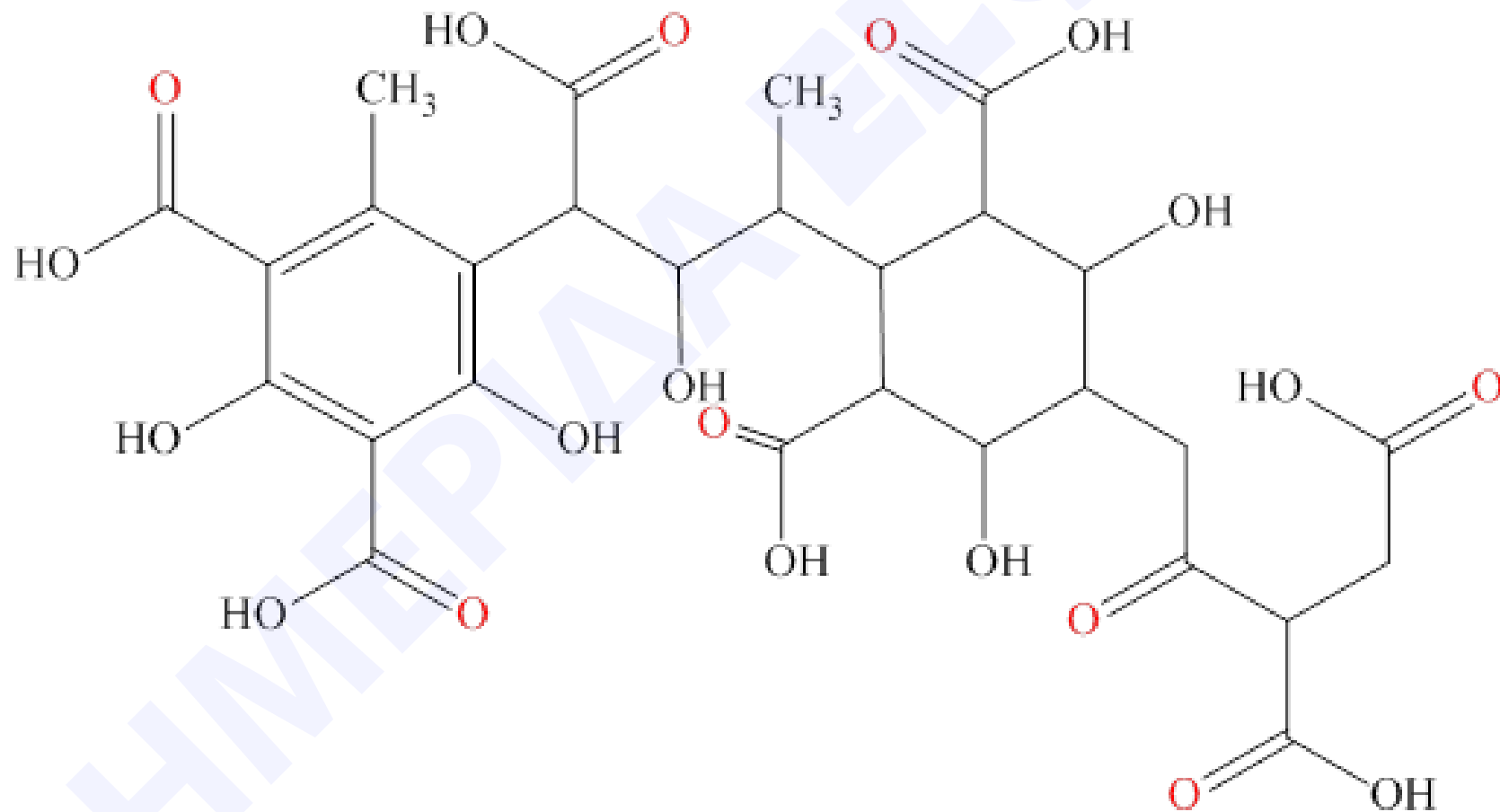
- **Χουμικά οξέα:**

- αδιάλυτα στο νερό (σε χαμηλό pH)
- υψηλού μοριακού βάρους
- χαμηλής περιεκτικότητας σε όξινες λειτουργικές ομάδες

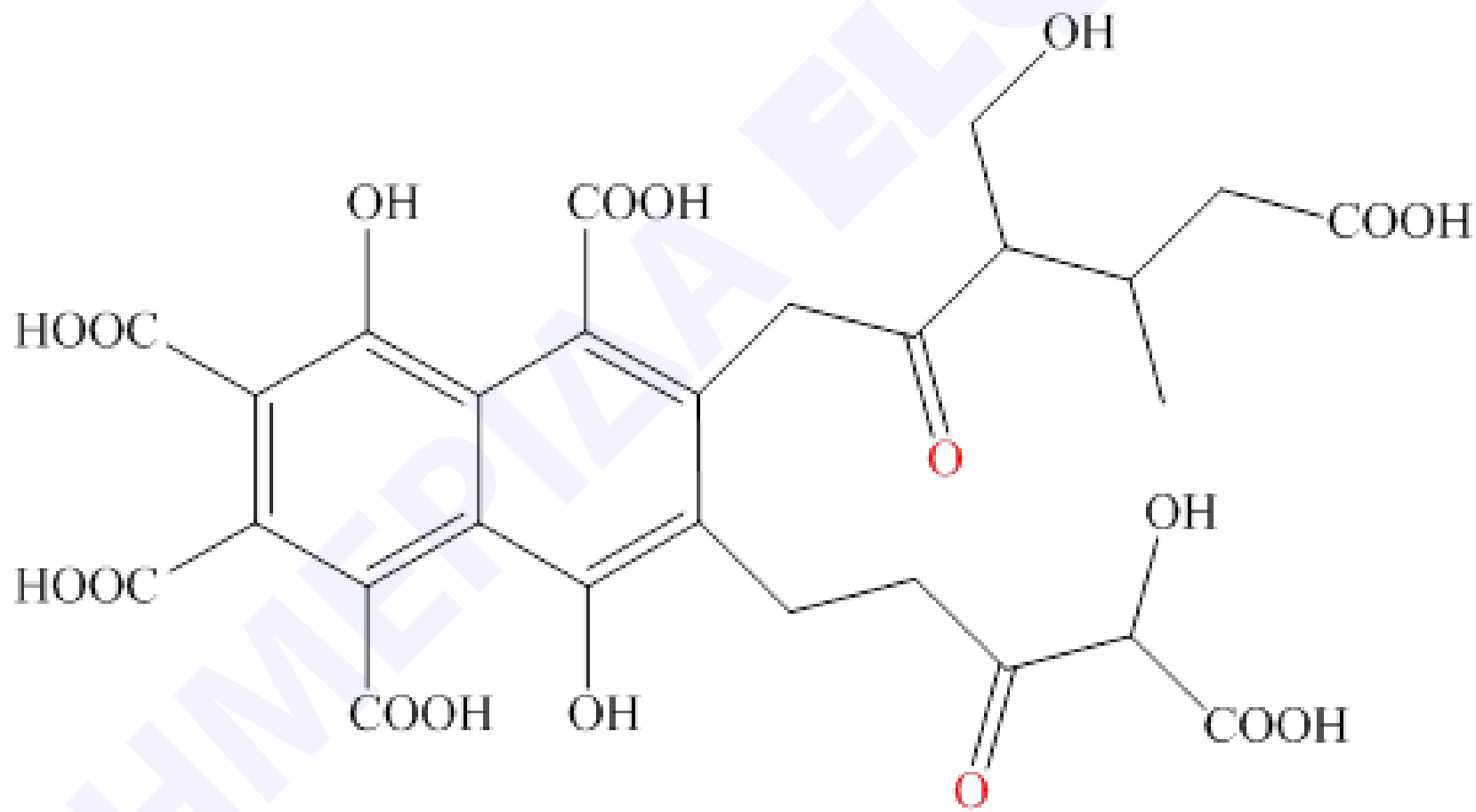
- **Φουλβικά οξέα** (κλάσματα των χουμικών οξέων):

- διαλυτά στο νερό (σε όλα τα pH)
- χαμηλού μοριακού βάρους
- υψηλής περιεκτικότητας σε όξινες λειτουργικές ομάδες

❖ Παράδειγμα χουμικού οξέος



❖ Παράδειγμα φουλβικού οξέος



ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εφαρμογές χουμικών & φουλβικών οξέων:

- Καθαρισμός λιμνών και ποταμών από βαρέα μέταλλα.
- Απομάκρυνση του ^{60}Co από υδατικά συστήματα.
- Χρήση σε εγκαταστάσεις επεξεργασίας υγρών αποβλήτων για δέσμευση βαρέων μετάλλων.
- Χρήση σε χώρους υγειονομικής ταφής απορριμμάτων για δέσμευση βαρέων μετάλλων.
- Καθαρισμός νερού από παρασιτοκτόνα.

Τοξικότητα χουμικών & φουλβικών οξέων

- Ασφαλή σε επίπεδα μέχρι και 50 mg/kg σωματικού βάρους.
- Συγκεντρώσεις από 50 έως 2.000 ppm είναι συνήθως μη τοξικές.

Υπάρχουν συμπληρώματα διατροφής με χουμικά και φουλβικά οξέα.

- Η προτεινόμενη ημερήσια δόση κυμαίνεται από 200 έως 375 mg οξέων.



ΣΚΟΠΟΣ

Εύρεση τρόπου για την μείωση των επιπέδων των βαρέων μετάλλων στο νερό με:

- Χαμηλό σχετικά κόστος πρώτης ύλης.
- Φυσική διαδικασία χωρίς οργανικούς διαλύτες.
- Υψηλή αποδοτικότητα

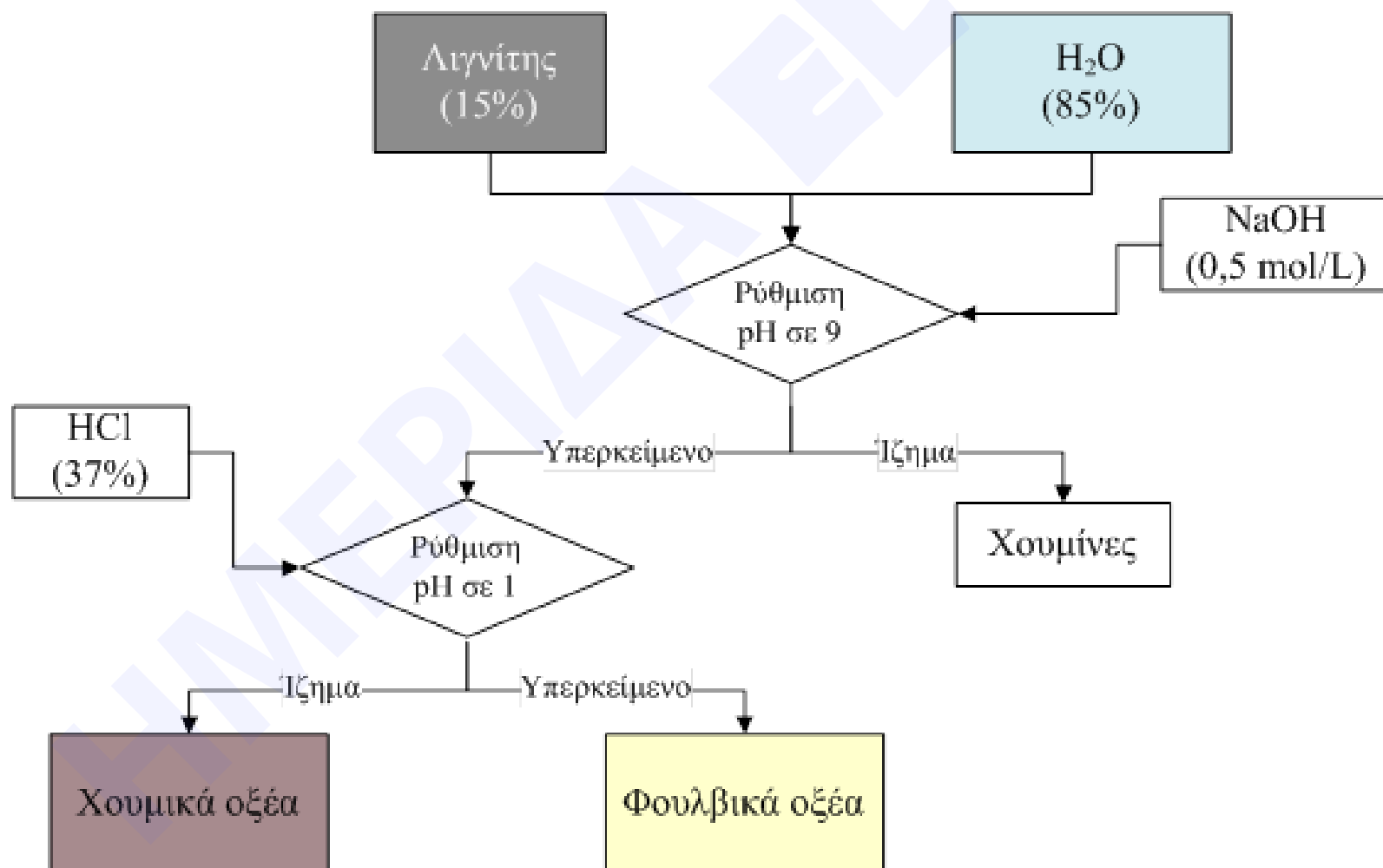
ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Λιγνίτης από λιγνιτωρυχείο της
Πτολεμαΐδας (περιοχή Μαυροπηγής)



ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

❖ Μέθοδος Απομόνωσης



ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Συγκεντρώσεις πρότυπων διαλυμάτων

Μέταλλο	Μονάδες	50%	100% *	150%
	συγκέντρωσης			
Cd	(μg/L)	2,5	5	7,5
Cr	(μg/L)	25	50	75
Cu	(mg/L)	1	2	3
Ni	(μg/L)	10	20	30
Pb	(μg/L)	5	10	15

* Όριο παραμετρικής τιμής, σύμφωνα με την οδηγία 98/83/ΕΚ.

ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Παρασκευή μειγμάτων με δυο βαρέα μέταλλα

	<i>Cd</i>	<i>Cr</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Pb</i>
<i>Cd</i>	—	√	√	√	√
<i>Cr</i>	—	—	√	√	√
<i>Cu</i>	—	—	—	√	√
<i>Ni</i>	—	—	—	—	√

ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

- Προσδιορισμός της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων με ICP-OES



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα των χουμικών και φουλβικών οξέων που απομονώθηκαν από λιγνίτη:

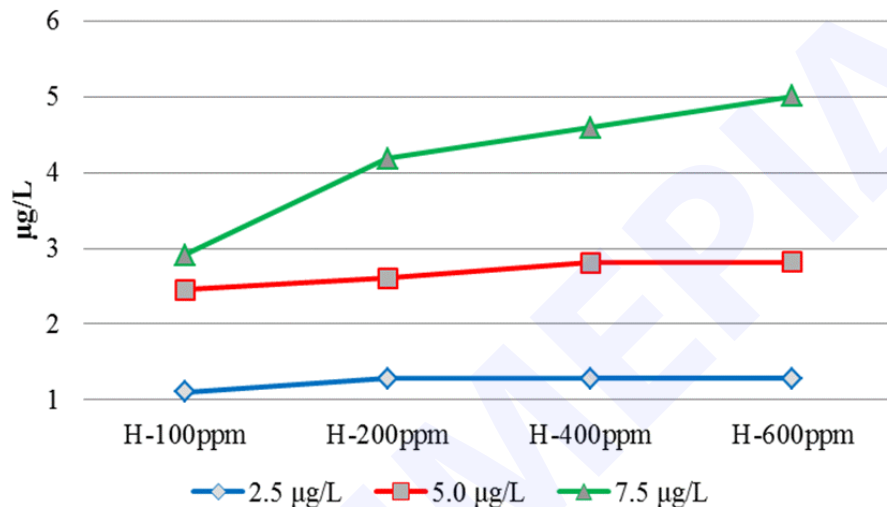
Μέταλλο	Χουμικά οξέα	Φουλβικά οξέα
Cd	Δεν ανιχνεύτηκαν	Δεν ανιχνεύτηκαν
Cr	1,088 µg/L	0,062 µg/L
Cu	0,024 mg/L	0,014 mg/L
Ni	0,531 µg/L	0,867 µg/L
Pb	Δεν ανιχνεύτηκαν	Δεν ανιχνεύτηκαν

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δέσμευση (σε $\mu\text{g/L}$) του Cd σε σχέση με τη συγκέντρωση χουμικών και φουλβικών οξέων

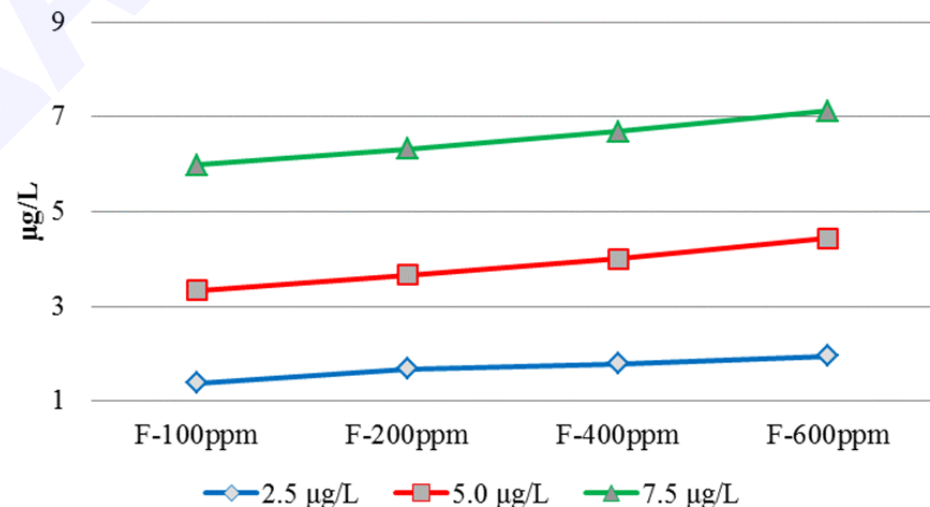
I-a

Cd / Humic acids



I-b

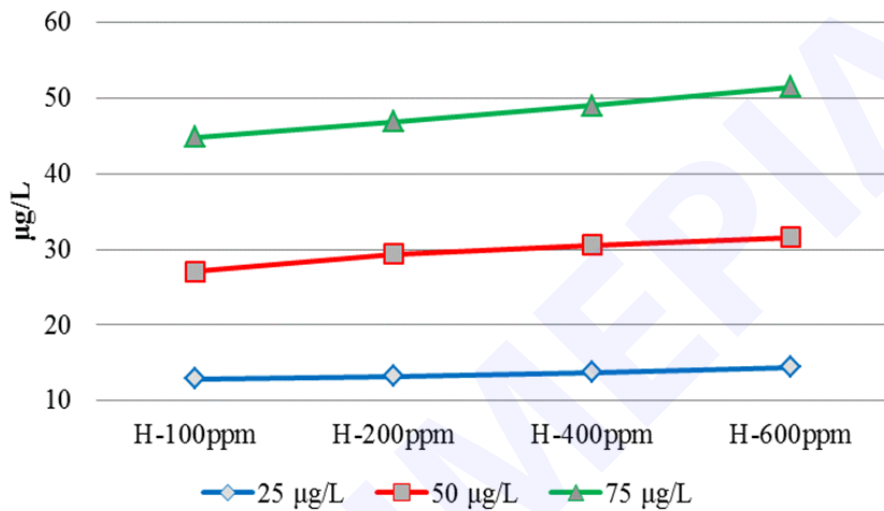
Cd / Fulvic acids



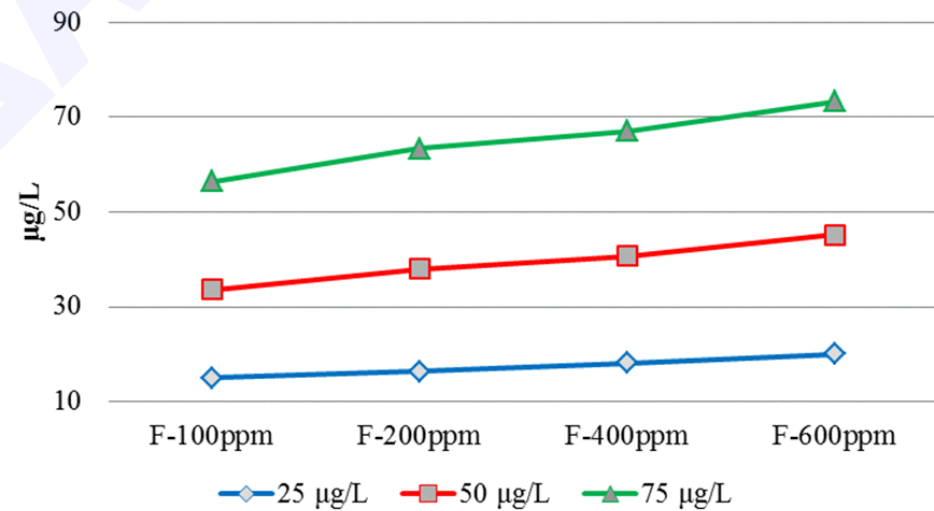
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δέσμευση (σε $\mu\text{g/L}$) του Cr σε σχέση με τη συγκέντρωση χουμικών και φουλβικών οξέων

II-a Cr / Humic acids



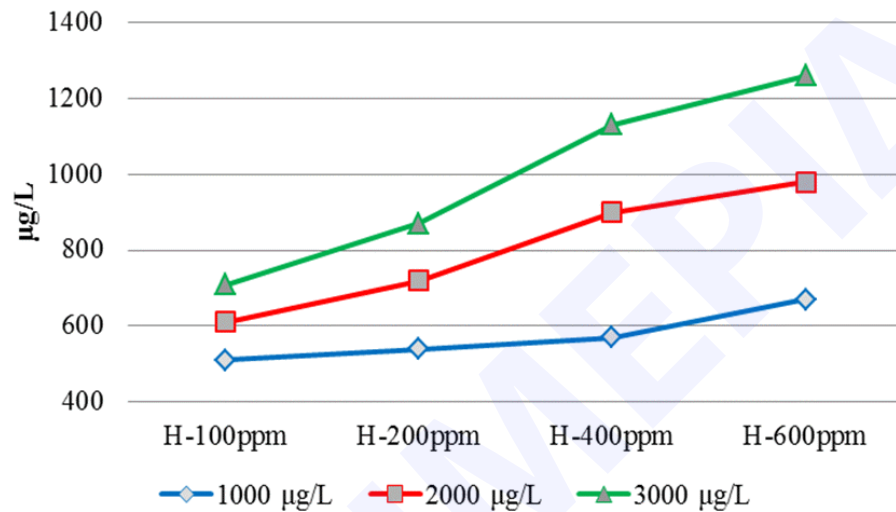
II-b Cr / Fulvic acids



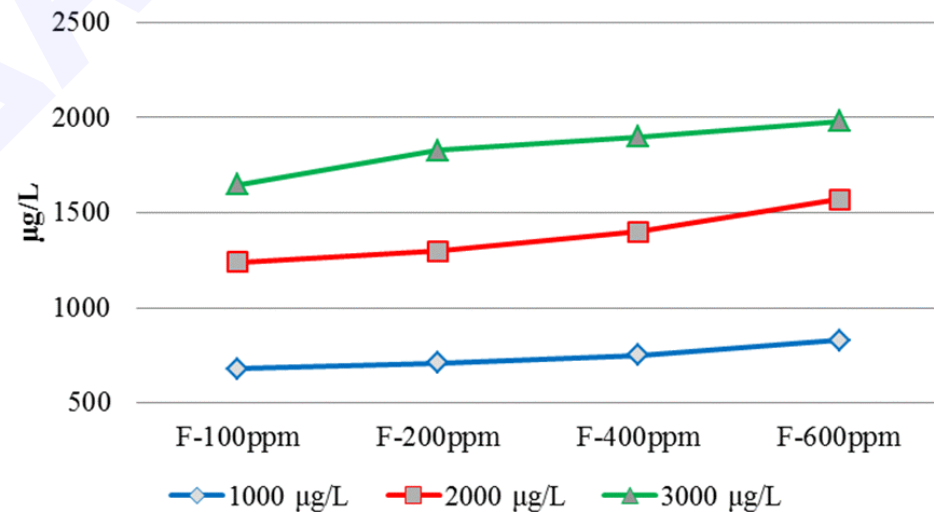
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δέσμευση (σε $\mu\text{g/L}$) του Cu σε σχέση με τη συγκέντρωση χουμικών και φουλβικών οξέων

III-a Cu / Humic acids



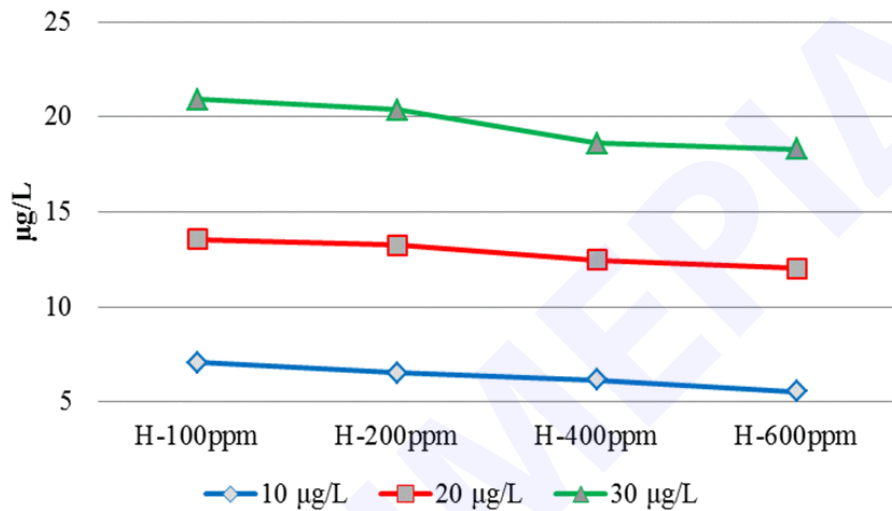
III-b Cu / Fulvic acids



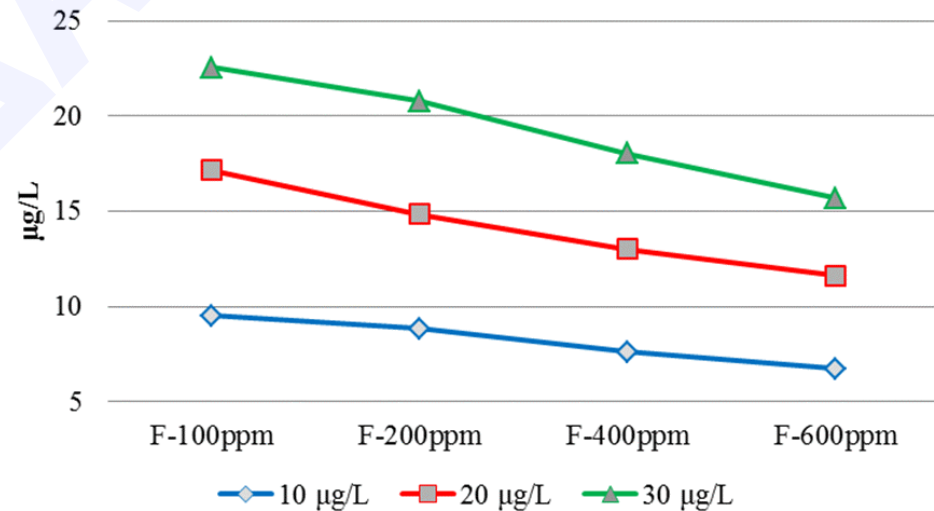
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δέσμευση (σε $\mu\text{g/L}$) του Ni σε σχέση με τη συγκέντρωση χουμικών και φουλβικών οξέων

IV-a Ni / Humic acids



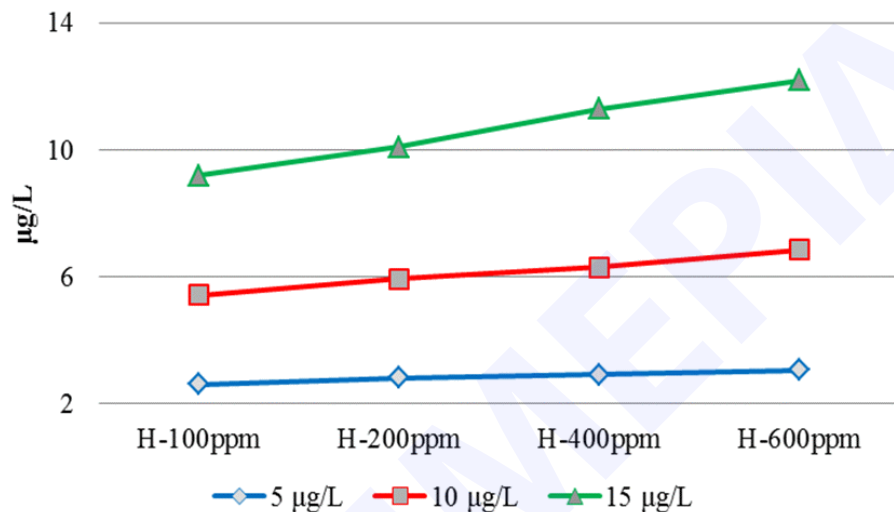
IV-b Ni / Fulvic acids



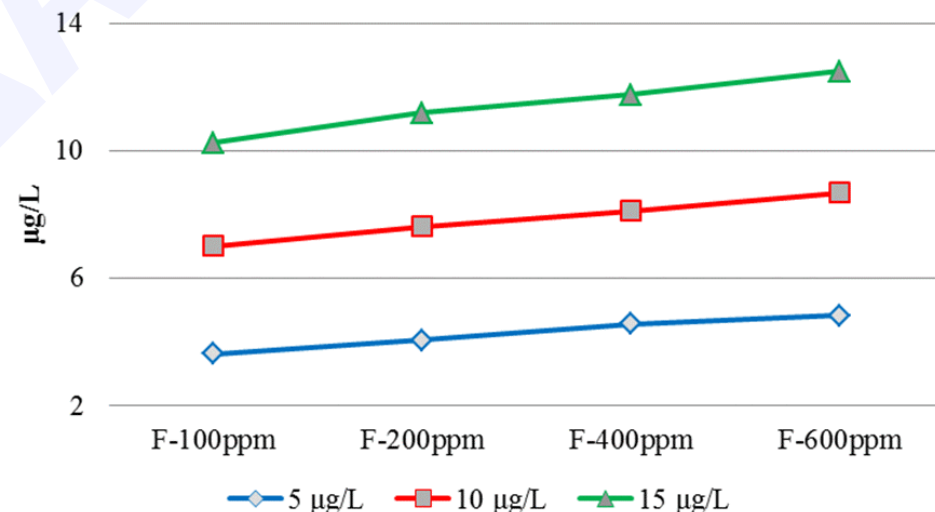
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δέσμευση (σε $\mu\text{g/L}$) του Pb σε σχέση με τη συγκέντρωση χουμικών και φουλβικών οξέων

V-a Pb / Humic acids



V-b Pb / Fulvic acids

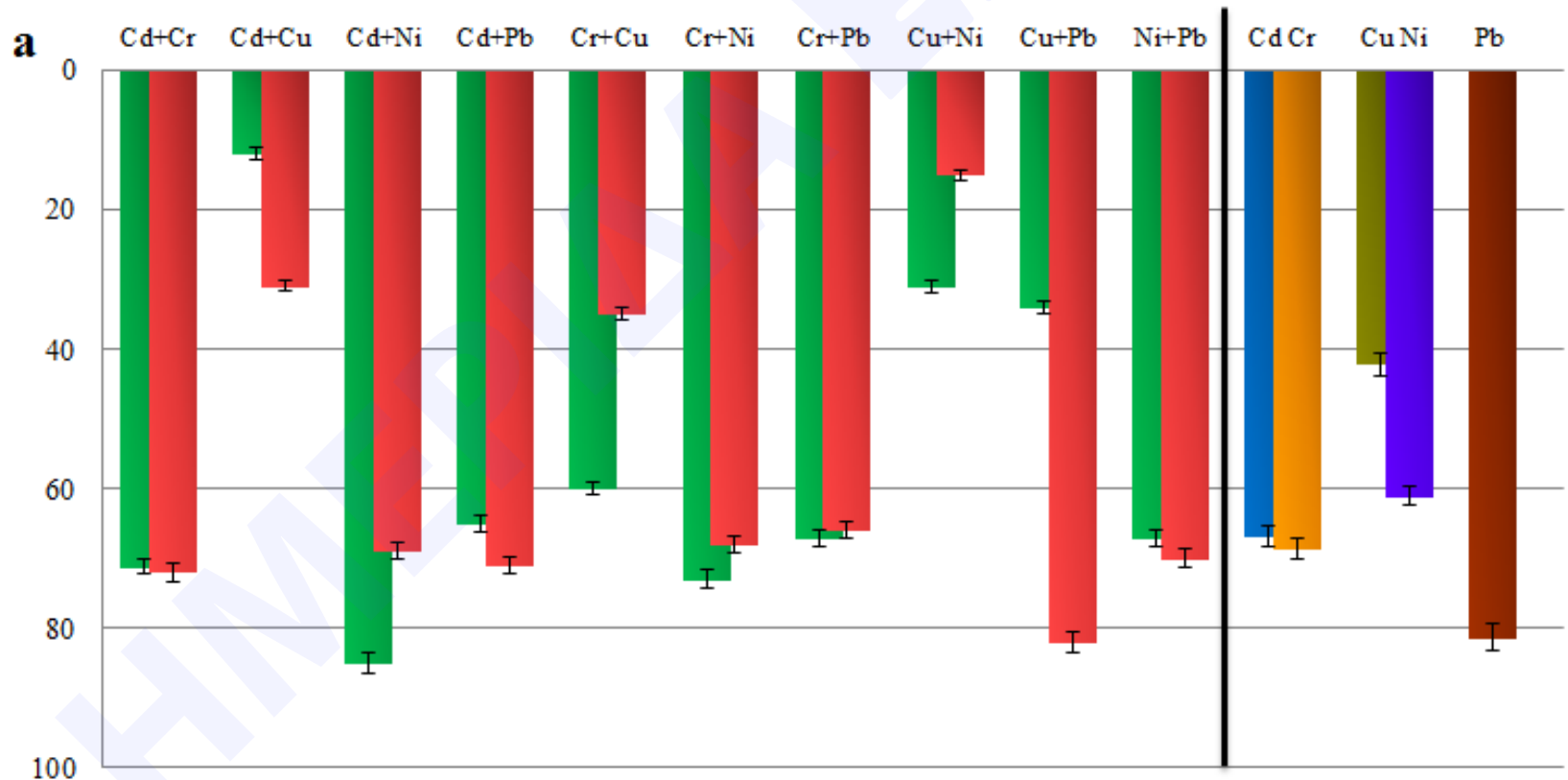


ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μελέτη ικανότητας δέσμευσης μετάλλων από τα χουμικά και φουλβικά οξέα στην περίπτωση που δυο βαρέα μέταλλα υπήρχαν στο νερό (με σκοπό τη διαπίστωση οποιασδήποτε αλληλεπίδρασης ανάμεσα στα συγκεκριμένα μέταλλα όσο αφορά την ικανότητα συμπλοκοποίησης)

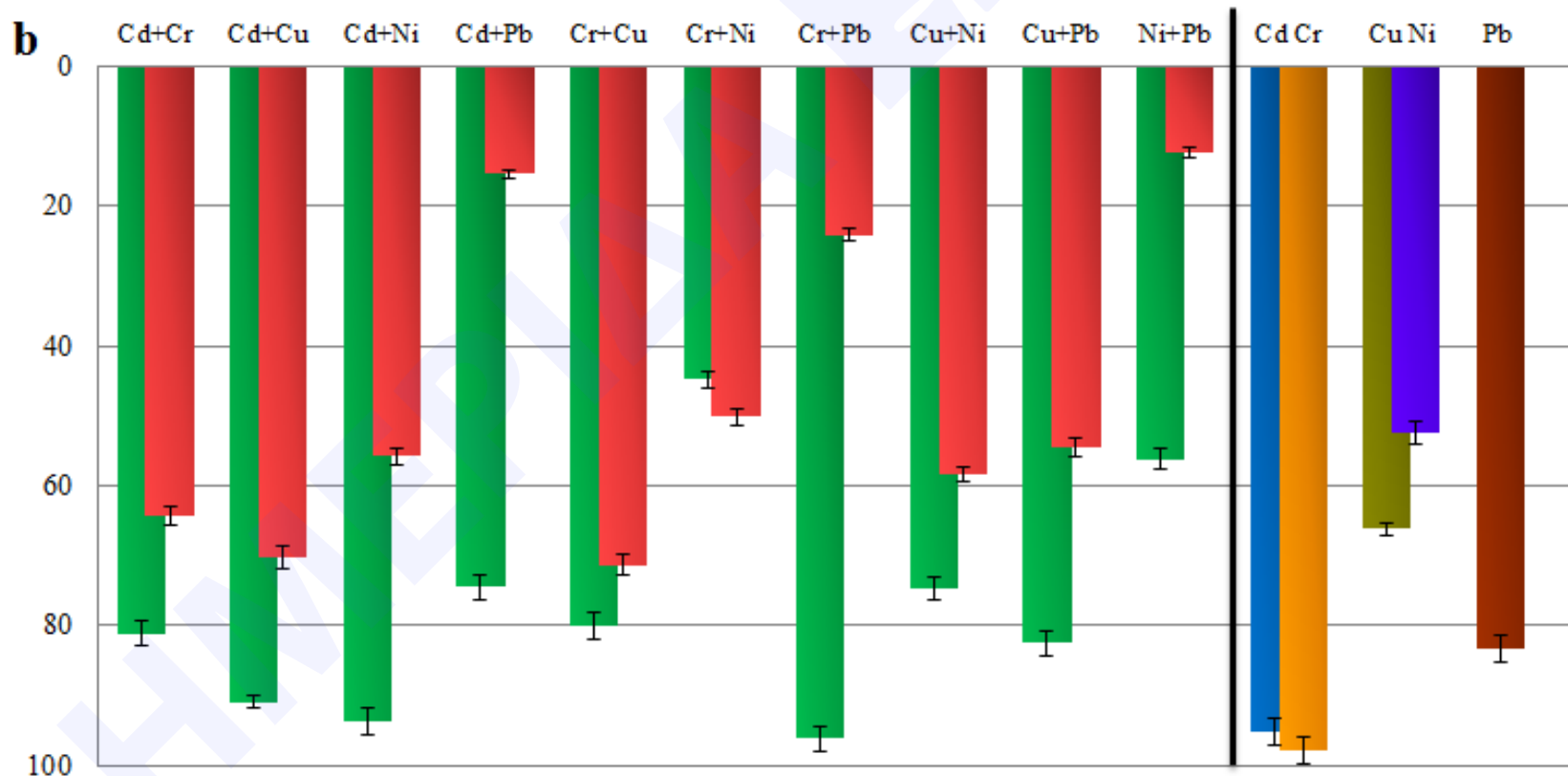
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

% Μείωση μετά την προσθήκη 600 ppm χουμικών οξέων σε μείγματα με δύο βαρέα μέταλλα τα οποία παρασκευάστηκαν στη συγκέντρωση του 150%.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

% Μείωση μετά την προσθήκη 600 ppm φουλβικών οξέων σε μείγματα με δύο βαρέα μέταλλα τα οποία παρασκευάστηκαν σε συγκέντρωση του 150%



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Μέγιστη ικανότητα δέσμευσης βαρέων μετάλλων από χουμικά οξέα:

$$\text{Pb (81,3\%)} > \text{Ni (70,7\%)} > \text{Cr (68,6\%)} > \text{Cu (67,0\%)} > \text{Cd (66,8\%)}$$

- ενώ, τα φουλβικά οξέα έχουν ως εξής:

$$\text{Cr (97,8\%)} > \text{Pb (96,5\%)} > \text{Ni (95,4\%)} > \text{Cu (95,1\%)} > \text{Cd (83,3\%)}$$

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Προτείνεται ένας χαμηλού σχετικά κόστους και υψηλής αποδοτικότητας τρόπος για την μείωση των επιπέδων βαρέων μετάλλων (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb) στο νερό.
- Ο λιγνίτης είναι άφθονος και φθηνός και αυτόματα μια συμφέρουσα πηγή χουμικών και φουλβικών οξέων.
- Η απομόνωση των οξέων γίνεται με φυσικές μεθόδους χωρίς τη χρήση διαλυτών.

Use of humic and fulvic acids for the purification of water from heavy metals



Ευχαριστώ πολύ!