



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΥΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ
ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΕ ΕΛΑΦΗ ΤΗΣ ΑΣΤΙΚΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΘΗΒΑΣ***

ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ ΧΡΥΣΗ

ΑΜ:1114201000064

Επιβλέπουσα
Αριάδνη Αργυράκη
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

ΑΘΗΝΑ
2017

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διπλωματική αυτή εργασία έχει σαν αντικείμενο τη μελέτη της απελευθέρωσης εξασθενούς χρωμίου μετά από πύρωση σε θερμοκρασία 500 °C, εδάφους περιοχών εμφάνισης οφιολιθικών πετρωμάτων. Η θερμοκρασία αυτή σύμφωνα με τη βιβλιογραφία είναι δυνατό να αναπτυχθεί στην επιφάνεια του εδάφους κατά τη διάρκεια δασικής πυρκαγιάς. Οι στόχοι που τέθηκαν είναι α) η μέτρηση εξασθενούς χρωμίου στο έκπλυμα του εδάφους με αποσταγμένο νερό πριν και μετά την πύρωση και β) η σύγκριση των συγκεντρώσεων χρωμίου με εκείνες του περιβαλλοντικά κινητικού χρωμίου που προσδιορίστηκαν σε παλιότερες έρευνες.

Για τη επίτευξη των στόχων αυτών χρησιμοποιήθηκαν εργαστηριακά εδαφικά δείγματα που είχαν συλλεχθεί σε προηγούμενη έρευνα από περιοχές της πόλης της Θήβας και από το Μουρίκι Βοιωτίας. Από κάθε δείγμα χρησιμοποιήθηκαν 50 g τα οποία τοποθετήθηκαν σε φούρνο και πυρώθηκαν για μία ώρα στους 500 βαθμούς κελσίου. Η μέτρηση συγκέντρωσης Cr(VI) έγινε με την μέθοδο της φασματοφωτομετρίας στο διάλυμα που προέκυψε μετά από ανάδευση σε χρόνους 5' και 60' του εδάφους (πριν και μετά την πύρωση) με απεσταγμένο νερό. Στο ίδιο διάλυμα μετρήθηκαν οι συγκεντρώσεις ολικού Cr, Ni και Mn με τη μέθοδο της φασματοσκοπίας ατομικής απορρόφησης με γραφίτη καθώς και οι φυσικοχημική παράμετρος του pH.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα εδαφικά δείγματα είναι αλκαλικά (pH = 6,3-8,6) και ότι μετά την πύρωση το pH παρουσιάζει περεταίρω μικρή αύξηση (7,3- 9,5). Το εξασθενές χρώμιο είναι πολύ υψηλό μετά τη πύρωση (max 2,300 mg/L) σε σχέση με τα μη πυρωμένα δείγματα στα οποία οι συγκεντρώσεις στο υδατοεκχυλίσσιμο κλάσμα ήταν κοντά στο όριο ανίχνευσης της μεθόδου (0,015 mg/L). Οι διαφορές στη συγκέντρωση του CrVI μεταξύ των δύο χρόνων ανάδευσης ήταν μη σημαντικές, ενώ παρατηρήθηκε πολύ καλή θετική συσχέτιση μεταξύ ολικού και εξασθενούς χρωμίου. Αντιθέτως δεν παρατηρήθηκε καλή συσχέτιση μεταξύ του υδατοεκχυλίσσιμου εξασθενούς χρωμίου σε σχέση με αυτό που είχε μετρηθεί μετά από εκχύλιση με citrate bicarboate dithionite (CBD) σε προηγούμενη έρευνα. Οι συγκεντρώσεις Ni και Mn ήταν μη ανιχνεύσιμες στα περισσότερα δείγματα.

Συμπερασματικά, μια πιθανή πυρκαγιά στη περιοχή της Θήβας είναι πιθανό να αυξήσει σημαντικά τις συγκεντρώσεις CrVI στο εδαφικό διάλυμα. Το φαινόμενο αυτό έχει παρατηρηθεί σε περιοχές οφιολιθικού υποβάθρου που επλήγησαν από πυρκαγιές στην Καλιφόρνια των ΗΠΑ. Συνστήνεται συνέχιση της έρευνας και σε άλλες περιοχές με παρόμοιο γεωλογικό υπόβαθρο για μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα σε όλη την επικράτεια.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Περιβαλλοντική Γεωχημεία

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: έδαφος, εξασθενές χρώμιο, γεωγενής ρύπανση, δασική πυρκαγιά

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αποδίδονται ευχαριστίες στη καθηγήτρια κυρία Αριάδνη Αργυράκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια η οποία βοήθησε στη εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας. Στον Δρ. Ευστράτιο Κελεπερτζή ΕΔΠ του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος για την ευγενική προσφορά των εδαφικών δειγμάτων που είχε συλλέξει σε προηγούμενη έρευνά του, καθώς επίσης και για τη σημαντική βοήθειά του στις χημικές αναλύσεις με φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης στο Εργαστήριο του Τομέα Οικονομικής Γεωλογίας και Γεωχημείας. Επίσης στην υποψήφια διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος Ζαχαρένια Κυπριτίδου για την βοήθειά της σε πρακτικά ζητήματα κατά τη διάρκεια των πειραμάτων στο εργαστήριο.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	3
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ.....	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ.....	5-6
1.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	
1.2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	6-7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	
2.1 ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΑ	
ΕΛΑΦΗ.....	8
2.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΚΑΙ	
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΥΝΔΗΝΟΤΗΤΑ.....	8-9
2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗ	
ΥΓΕΙΑ.....	9-10
2.4 ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΕ ΕΛΑΦΗ	
ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΙΣ ΗΠΙΑ.....	10-11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	11
3.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	11-14
3.2 ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ.....	15-16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	16-28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	29-30
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	31-32

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Η διπλωματική εργασία εκπονήθηκε με βασικό θέμα την επίδραση της πύρωσης στην απελευθέρωση εξασθενούς χρωμίου σε εδάφη. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε πάνω σε δείγματα που είχαν συλλεχτεί από τον Δρ. Ευστράτιο Κελεπερτζή από την ευρύτερη αστική περιοχή της Θήβας και τα οποία έχει μελετήσει ως προς το ολικό και περιβαλλοντικά κινητικό περιεχόμενο γεωγενών μετάλλων συμπεριλαμβανομένου του Cr (Kelepertzis 2014, Kelepertzis and Stathopoulou 2013, Kelepertzis et al. 2013).

Ο σκοπός αυτής της έρευνας είναι η πειραματική διερεύνηση της επίδρασης που έχει η πύρωση στη απελευθέρωση εξασθενούς χρωμίου από το έδαφος. Η δεδομένη πειραματική προσέγγιση αποτελεί ένα εργαστηριακό ανάλογο της καύσης του εδάφους σε περίπτωση δασικής πυρκαγιάς. Η σκοπιμότητα της έρευνας γίνεται φανερή λαμβάνοντας υπόψη:

- 1) τις υπάρχουσες αναφορές της βιβλιογραφίας σχετικά με πιθανή επιβάρυνση του εδάφους με εξασθενές χρώμιο σε περιοχές σερπεντινικών εδαφών όπου έχει εκδηλωθεί δασική πυρκαγιά στις ΗΠΑ (USGS, 2008),
- 2) την εκτεταμένη επιφανειακή εμφάνιση οφιολιθικών πετρωμάτων στην Ελλάδα, και
- 3) τη συχνή εκδήλωση δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα

Οι στόχοι που τέθηκαν είναι οι εξής:

- Η μέτρηση εξασθενούς χρωμίου στο έκπλυμα του εδάφους με αποσταγμένο νερό πριν και μετά από πύρωση στους 500 °C
- Η σύγκριση των εκπλενόμενων συγκεντρώσεων χρωμίου με εκείνες του περιβαλλοντικά κινητικού χρωμίου που προσδιορίστηκαν σε παλιότερες έρευνες.

1.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή της Θήβας βρίσκεται στο νομό Βοιωτίας. Ο νομός συνορεύει βόρεια με το νομό Φθιώτιδας, δυτικά με το νομό Φωκίδας, νότια βρέχεται από τον Κορινθιακό κόλπο και συνορεύει με το νομό Αττικής και ανατολικά βρέχεται από τον Ευβοϊκό κόλπο και συνορεύει με το νομό Εύβοιας. Η Βοιωτία είναι περιοχή πεδινή και πολύ εύφορη. Η ορεινή έκταση είναι πολύ μικρή. Οι μεγαλύτερες πεδιάδες είναι της Θήβας, της Χαιρώνειας και της Κωπαΐδας (που σχηματίστηκε ύστερα από την αποξήρανση της ομώνυμης λίμνης). Οι πεδιάδες αυτές βρέχονται από μικρούς ποταμούς και χείμαρρους, κυριότεροι από τους οποίους είναι ο Ασωπός, στα δυτικά του νομού, που πηγάζει από τον Κιθαιρώνα και χύνεται στον Ευβοϊκό κόλπο, ο Βοιωτικός Κηφισός που χύνεται στην Υλίκη λίμνη, και ο Λιβαδόστρας που χύνεται στον Κορινθιακό κόλπο. Μικρότεροι ποταμοί είναι οι παραπόταμοι του Κηφισού, Μόρνος και Μέλας. Ο νομός έχει δυο λίμνες, την Υλίκη και την Παραλίμνη, που τροφοδοτούν με τα νερά τους τη λίμνη του Μαραθώνα. Τα λεκανοπέδια της Βοιωτίας περιβάλλονται από βουνά.

Η περιοχή της Θήβας βρίσκεται σε μία προσχωσιγενή πεδιάδα και έχει πληθυσμό 25000 κατοίκους. Έχει μεσογειακό τύπο κλίματος με βροχερούς χειμώνες και ζεστά καλοκαίρια. Το μεγαλύτερο μέρος της βροχής πέφτει τους μήνες Νοέμβριο με Απρίλιο. Η μέση ετήσια θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16 με 18 βαθμούς κελσίου με μέγιστες τιμές 40 βαθμούς κελσίου το καλοκαίρι. Τα υλικά του εδάφους μέσα στην πόλη περιλαμβάνουν προσχώσεις Τεταρτογενούς και ιζήματα Πλειόκαινο-Πλειστοκαινικής ηλικίας και περιέχουν μάργες, αργίλους, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Σχιστόλιθοι και ανθρακικά πετρώματα απαντούν στα βόρεια τμήματα της περιοχής και αποτελούν το σύνολο του γεωλογικού υποβάθρου της περιοχής. Η Θήβα περιλαμβάνει και μικρά χωριά μερικά από τα οποία είναι τα Πλατανάκια, ο Ελαιώνας, το Νεοχώρι, το Ύπατο και το Μουρίκι. Ο πληθυσμός των χωριών είναι περίπου 2000 κάτοικοι (Kelepertzis 2014).

Από γεωλογικής άποψης η περιοχή της Θήβας ανήκει στη ενότητα Υποπελαγονικής. Το κυριότερο χαρακτηριστικό της Υποπελαγονικής ενότητας είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα σχιστοκερατολιθική διάπλαση (Παπανικολάου,

2015). Οι οφιόλιθοι της Υποπελαγονικής ζώνης συνιστούν την εξωτερική οφιολιθική λωρίδα και η ζώνη θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την οφιολιθική συρραφή της παλιάς ωκεάνιας περιοχής δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους. Παλαιογεωγραφικά, αντιστοιχεί στην κατωφέρεια της Πελαγονικής προς τον ενιαίο χώρο Υποπελαγονικής – Πίνδου. Το προαλπικό υπόβαθρο της Υποπελαγονικής ζώνης συνίσταται από Κ. Παλαιοζωικά πετρώματα της Πελαγονικής καθώς και από ιζηματογενή Παλαιοζωικής ηλικίας. Οι αλπικοί σχηματισμοί της ζώνης είναι:

- Τριαδικά ιζήματα: κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, δολομίτες, ασβεστόλιθοι νηριτικοί ή πυριτικοί με κόκκινους αμμοιτοφόρους ασβεστόλιθους
- Πελαγικοί- νηριτικοί ασβεστόλιθοι Ιουρασικού
- Σχιστοκερατολιθική διάπλαση Τριαδικού – Ιουρασικού
- Λατεριτικά σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα
- Ιζήματα μέσο – άνω κρητιδικής επίκλησης : ασβεστόλιθοι- φύσξης
- Μεταλικά ιζήματα μολασσικού τύπου. (Χατζηπέτρος, 2015).

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 ΧΡΩΜΙΟ ΣΤΑ ΕΔΑΦΗ

Το χρώμιο είναι ευρέως διαδεδομένο στη φύση με φυσική αφθονία στον φλοιό της Γης 100 mg/kg. Τα φυσιολογικά επίπεδά του στα μη ρυπασμένα επιφανειακά ύδατα κυμαίνονται στην περιοχή 1 - 10 µg/L, ενώ στο πόσιμο νερό οι συγκεντρώσεις του βρίσκονται στην περιοχή 0,4 - 8 µg/L. Στον αέρα βρίσκεται σε συγκεντρώσεις <0,1 mg/m³. Η περιεκτικότητα των περισσότερων πετρωμάτων σε χρώμιο κυμαίνεται από 5 έως 1800 mg/kg. Στα περισσότερα εδάφη υπάρχει σε χαμηλές περιεκτικότητες (2-60 mg/kg).

Σχεδόν όλο το χρώμιο στη φύση βρίσκεται ως τρισθενές χρώμιο, Cr(III). Το εξασθενές χρώμιο, Cr(VI), που συναντάται στο περιβάλλον, είναι σχεδόν αποκλειστικά ανθρωπογενές (προέρχεται από δραστηριότητες του ανθρώπου). (Inchem, 1988).

2.2 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΥΝΔΗΝΟΤΗΤΑ

Το Cr(VI) θεωρείται ευκίνητο στο υδάτινο περιβάλλον, παραμένει στη διαλυτή φάση και είναι βιοδιαθέσιμο. Επίσης είναι ισχυρά τοξικό και οι τιμές τοξικότητας LC50 (LC50: Lethal Concentration 50, η συγκέντρωση που θανατώνει το 50% του πληθυσμού του εξεταζόμενου είδους) του Cr(VI) σε διάφορους μικροοργανισμούς κυμαίνονται από 0,032 - 6,4 mg/L. Αντίθετα το Cr(III) θεωρείται "μη ευκίνητο", καθώς έχει τάση να προσροφάται στα αιωρούμενα σωματίδια και στο ίζημα και για τον λόγο αυτό θεωρείται ως σχετικά αδρανές, λιγότερο βιοδιαθέσιμο και μειωμένης τοξικότητας ως προς τους υδρόβιους οργανισμούς (IPCS, WHO, 1988).

Με βάση τη νομοθεσία σε διάφορες χώρες τα υπάρχοντα όρια εξασθενούς χρωμίου έχουν ως εξής:

Στο πόσιμο νερό έχει θεσπιστεί με την Οδηγία 98/83/EC ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου τα 50 µg/L (Οδηγία 98/83/ΕΚ της 3/11/1998). Ωστόσο, δεν υπάρχει ανώτατο επιτρεπτό όριο ειδικά για το εξασθενές χρώμιο. Στις ΗΠΑ, η ΕΡΑ έχει

θεσπίζει ως ανώτατο επιτρεπτό όριο ολικού χρωμίου στο πόσιμο και υπόγειο νερό τα 100 µg/L, θεωρώντας αυτό το επίπεδο ασφαλές για την υγεία του ανθρώπου. (US Environmental Protection Agency, Ground Water and Drinking Water)

Στην Ελλάδα, με την Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 4859/726 ρυθμίζονται οι εκπομπές ολικού χρωμίου από απόβλητα βιομηχανιών σε υδάτινους αποδέκτες, σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται (ανάλογα με τον αποδέκτη) από 0,6 έως 3 µg/L. (ΚΥΑ 4859/726). Οι εκπομπές ρύπων των βιομηχανιών στην Ελλάδα (φυσικά και του εξασθενούς χρωμίου) μπορούν να καθοριστούν από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, κατά περίπτωση και κυμαίνονται για το Cr(VI) από 0,3 έως 1 mg/L στα υγρά απόβλητα. Όριο για το έδαφος δεν έχει θεσπιστεί ακόμα.

Οι ενώσεις χρωμίου δεν εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα από το νερό λιμνών και θαλασσών, εκτός και αν ο άνεμος μεταφέρει σταγονίδια. Το μέγιστο μέρος των βαρέων μετάλλων κατακάθεται στον πυθμένα. Συναντιέται σαν συμπυκνωμένη ύλη ανάμεσα στη γλοιώδη χλωρίδα και πανίδα του βυθού, στα οργανικά υλικά του νερού ή σε οξειδία του σιδήρου (Fe₂O₃). Πολλές περιοχές έχουν πληγεί από το εξασθενές χρώμιο. Ως πρόσφατα παραδείγματα έχουμε τη περιοχή των Οινοφύτων στη Βοιωτία (2007) όπου ανιχνεύθηκε χρώμιο στο αντλούμενο νερό ύδρευσης όπου τα επίπεδα Cr(VI) στο νερό ήταν μεγαλύτερα των 50 µg/L. Επίσης ανιχνεύτηκε Cr(VI) στο νερό της Θήβας και των γύρω χωριών. Ακόμα πιο πρόσφατα το 2009 στη περιοχή Μεσσαπία στη Εύβοια ανιχνεύτηκε Cr(VI) στον υπόγειο υδροφορέα σε επίπεδα μέχρι και 130 µg/L. Τέλος έχουμε τη περιοχή του Ασπρόπυργου στη Αττική το 2011 όπου ανιχνεύτηκε Cr(VI) στον υπόγειο υδροφορέα σε επίπεδα μέχρι και 480 µg/L (Κόλλια, εξασθενές χρώμιο- δικτυακή πηγή)

2.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΤΗ ΥΓΕΙΑ

Οι πρωταρχικές επιδράσεις από έκθεση στο εξασθενές χρώμιο και τις ενώσεις του είναι στην αναπνευστική οδό, στο γαστρεντερικό σύστημα, είναι επίσης αιματολογικές, ανοσολογικές, αναπαραγωγικές και επιδράσεις στην ανάπτυξη των παιδιών και νέων. Επιπρόσθετα, δερματικές και οφθαλμολογικές παθήσεις μπορούν να εμφανιστούν σε απ' ευθείας επαφή με ενώσεις χρωμίου. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία από έρευνες σε ανθρώπους και ζώα, τα πιο ευπαθή σημεία στον οργανισμό

(εξαιρώντας τον πιθανό καρκίνο) είναι: η αναπνευστική οδός (ρινικά και πνευμονικά εξανθήματα, αύξηση των καρδιακών παλμών, κλπ.), η γαστρεντερική οδός (ερεθισμός στα τοιχώματα, έλκη, αλλοιώσεις και βλάβες στο στομάχι και το λεπτό έντερο, κλπ.), το αίμα (μικροκυτταρική αναιμία, υποχρωμική αναιμία, κλπ.) και το αναπαραγωγικό σύστημα (επίδραση στα ανδρικά γεννητικά όργανα που περιλαμβάνει μειωμένο σπέρμα, αλλοιωμένο σπέρμα και ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις στην επιδιδυμίδα). Η ευαισθητοποίηση στο χρώμιο, η μέγιστη ανοσολογική επίπτωση του εξασθενούς χρωμίου, τυπικά, παρουσιάζει αλλεργικές δερματίτιδες σαν αποτέλεσμα της επαφής με αυτό, καθώς μπορεί επίσης να παρουσιάσει και αναπνευστικά προβλήματα (π.χ. άσθμα). Η τυχαία κατάποση υψηλών δόσεων εξασθενούς χρωμίου από ανθρώπους, έχει οδηγήσει σε πολύ σοβαρές αναπνευστικές, καρδιαγγειακές, γαστρεντερικές, αιματολογικές, ηπατικές, ρινικές και νευρολογικές επιδράσεις που οδήγησαν τελικά στο θάνατο ή τουλάχιστον σε σοβαρά ασθενείς που γλύτωσαν το θάνατο μέσω ιατρικής περίθαλψης. Έχουν γίνει υπολογισμοί για τα επίπεδα έκθεσης στο χρώμιο που αποτελούν το ελάχιστο ρίσκο για τον άνθρωπο. (Κόλλια Ελένη, Εξασθενές Χρώμιο)

2.4 ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΕ ΕΔΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΩΝ ΔΑΣΙΚΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ ΣΤΙΣ ΗΠΑ

Τα τελευταία χρόνια οι περιοχές των ΗΠΑ έχουν πληγεί από αμέτρητες πυρκαγιές. Οι δασικές αυτές πυρκαγιές μπορεί να χουν αρνητικές επιπτώσεις στη υγεία τόσο των ανθρώπων όσο και των οικοσυστημάτων. Στη υγεία υπάρχουν άμεσες επιδράσεις που οφείλονται στη έκθεση σε αέρα και σωματίδια που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια μιας πυρκαγιάς. Μετά τη πυρκαγιά υπάρχουν και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις λόγω έκθεσης σε καυστική σκόνη που αυξάνει το pH του νερού και τη πιθανή έκθεση σε χημικές ουσίες και μέταλλα που απελευθερώνονται από τη φωτιά. Η γεωλογική υπηρεσία των ΗΠΑ πήρε στάχτη και καμένα εδάφη από 28 τοποθεσίες στις νότιες περιοχές των δασικών πυρκαγιών στη Καλιφόρνια το Νοέμβριο του 2007 με σκοπό τη ανάλυση τους (Wolf et al. 2008). Οι ερευνητές εφάρμοσαν μια ευρεία ποικιλία αναλυτικών μεθόδων για τα δείγματα αυτά με σκοπό να βοηθήσουν στο εντοπισμό ουσιών που να εγκλείουν κινδύνους για τη ποιότητα του νερού, τη

ανθρώπινη υγεία καθώς και για τα απειλούμενα είδη. Βρέθηκε ότι η οικιστική τέφρα έχει αυξημένα δείγματα μετάλλων σύμφωνα με τον Πίνακα:

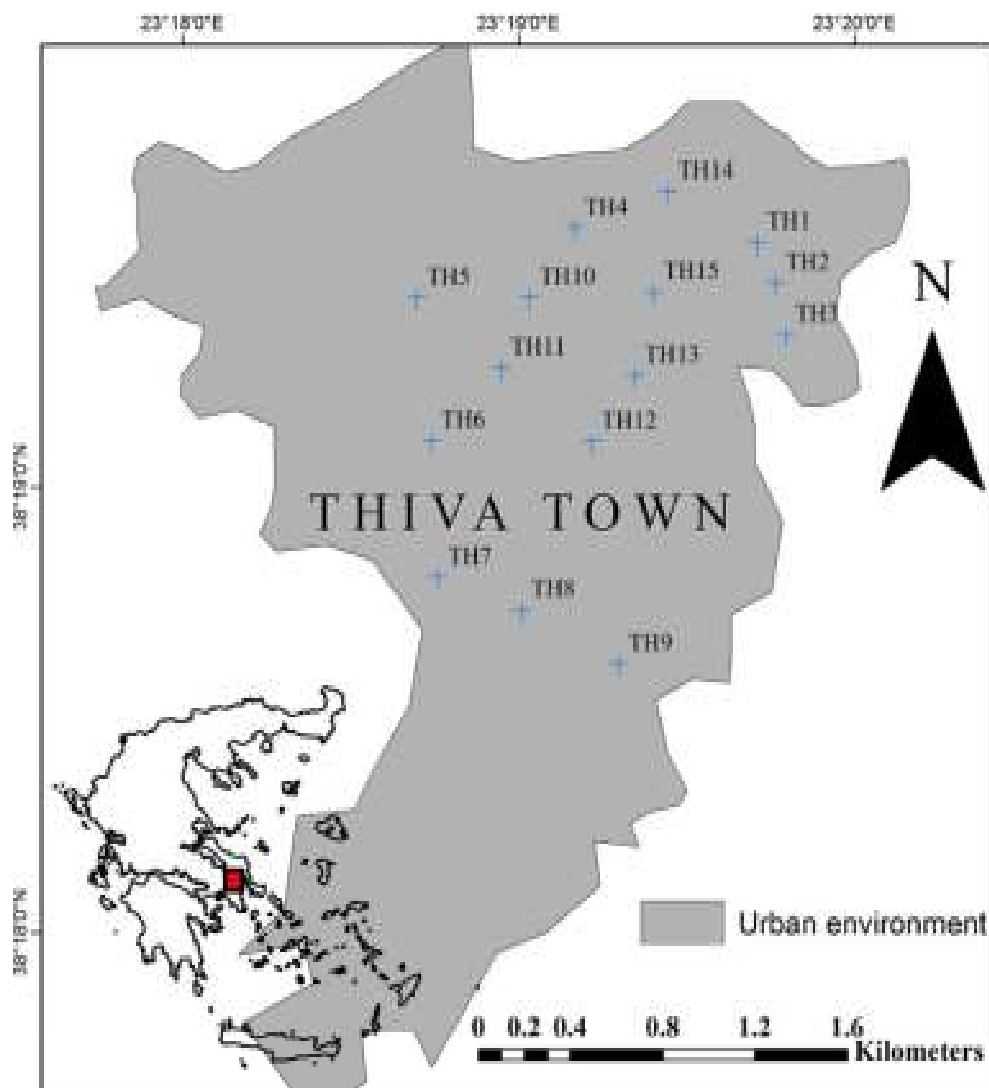
As	140 (mg/kg)
Pb	344 (mg/kg)
Sb	32 (mg/kg)
Cu	1370 (mg/kg)
Zn	2800 (mg/kg)
Cr	354 (mg/kg)

Επίσης η κυρίαρχη μορφή χρωμίου που βρέθηκε σε δείγματα εδάφους και τέφρας είναι CrVI. Εδάφη και στάχτη από κατοικημένες περιοχές έχουν υψηλότερα επίπεδα εξασθενούς χρωμίου σε σχέση με τη άγρια χερσαία ζώνη. Τέλος βρέθηκε αλκαλικό pH, που προκύπτει από τη επαφή της τέφρας με νερό, το οποίο σε συνδυασμό με το εξασθενές χρώμιο μπορεί να οδηγήσει σε κίνδυνο της ανθρώπινης υγείας.

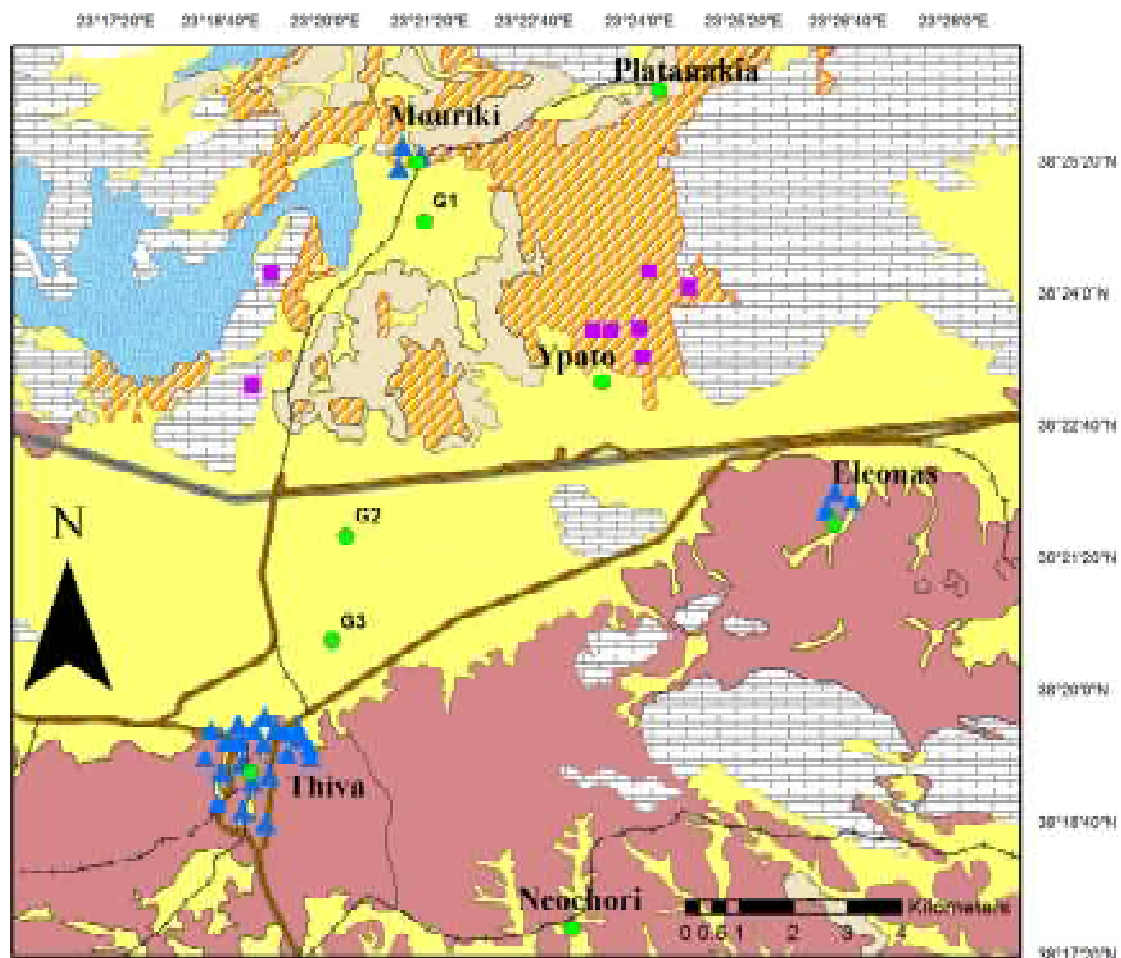
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

3.1 ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΕΛΑΦΙΚΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

Δείγματα από τη περιοχή της Θήβας και των γύρω χωριών συλλέχθηκαν από τον Ε. Κελεπερτζή κατά τη διάρκεια προηγούμενης έρευνας. Ένα σύνολο 15 σημείων δειγματοληψίας επιλέχθηκαν, το Μάιο 2012, μέσα στο πυρήνα της πόλης και περιλαμβάνουν ανοιχτούς χώρους, πάρκα, κήπους και κατοικημένες περιοχές. Τα υπόλοιπα δείγματα εδάφους συλλέχθηκαν από ανοιχτούς χώρους, κήπους και πάρκα των γύρω χωριών. Τα σημεία δειγματοληψίας φαίνονται στα σχήματα 1 και 2. Σύνθετο δείγμα 1-1,5 kg συλλέχτηκε με ένα πλαστικό φτυάρι σε βάθος 0-10 cm από τη ανάμειξη επιμέρους δειγμάτων από 5 τυχαία σημεία εντός 5 m² σε κάθε θέση. Η επιφάνεια του εδάφους από τη οποία λήφθηκαν τα δείγματα θεωρείται αντιπροσωπευτική για το υλικό στο οποίο εκτίθενται οι άνθρωποι κατά τη διάρκεια των καθημερινών δραστηριοτήτων τους. Τα δείγματα αποθηκεύτηκαν σε πλαστικές σακούλες για μεταφορά και αποθήκευση και στέγνωσαν στον αέρα σε σταθερή θερμοκρασία των 50 βαθμών κελσίου για 3 μέρες. Έπειτα κοσκινίστηκαν έως κλάσμα 2mm για απομάκρυνση του χονδρόκοκκου υλικού. Αντιπροσωπευτικά τμήματα δειγμάτων εδάφους κοσκινίστηκαν περαιτέρω μέσω πλαστικού κόσκινου 100μm και αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία δωματίου με απουσία φωτός. (Kelepertzis and Stathopoulou 2013).



Σχ.1 Σημεία δειγματοληψίας εντός την πόλης της Θήβας (πηγή: Kelepertzis and Stathopoulou 2013).



Legend

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Water samples | Alluvial deposits |
| Soil within residential areas | Carbonate rocks |
| Reference soils | Fluvial mantle |
| Secondary road | Yliki lake |
| Primary road | Pliocene-Pleistocene sediments |
| National road | Schiel-hornstein formation |

Σχ.2 Σημεία δειγματοληψίας από τα χωριά της Θήβας (πηγή: Kelepertzis 2014).

3.2. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ

Χρησιμοποιήθηκαν 32 δείγματα εδάφους από περιοχές μέσα και γύρω από τη Θήβα. Από κάθε δείγμα χρησιμοποιήθηκαν 50 γραμμάρια περίπου τα οποία μετρήθηκαν με τη βοήθεια ηλεκτρονικού ζυγού ακρίβειας 2 δεκαδικών. Τα 50 γραμμάρια κάθε δείγματος τοποθετήθηκαν σε φούρνο και πυρώθηκαν για μία ώρα στους 500 βαθμούς κελσίου. Μετά το πέρας της μιας ώρας τα δείγματα αφαιρούνται από το φούρνο και παίρνουμε από το κάθε δείγμα 25gr τα οποία τα τοποθετούμε σε κωνική φιάλη. Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε κωνική φιάλη 500 ml αποσταγμένου νερού, βάζουμε μέσα έναν μαγνήτη και τα τοποθετούμε πάνω σε μαγνητικό αναδευτήρα και το αφήνουμε για ανάδευση 5 λεπτά. Έπειτα το αφαιρούμε από τον αναδευτήρα, βγάζουμε από μέσα το μαγνήτη και με τη βοήθεια μιας σύριγγας τραβάμε 40 ml από το διάλυμα που έχει προκύψει. Τοποθετούμε στη συνέχεια στη σύριγγα ένα φίλτράκι διήθησης μεγέθους πόρου 0.45 μm και σιγά σιγά το ρίχνουμε σε ένα ποτήρι ζέσεως.

Ακολουθεί η μέτρηση συγκέντρωσης Cr(VI) στο φασματοφωτόμετρο HACH όπου επιλέγουμε το πρόγραμμα 1560 Chromium, Hex. και χρησιμοποιούμε το αντιδραστήριο Chroma Ver 3 Reagent Powder pillow. Παίρνουμε 2 κυψελίδες, στο ένα τοποθετούμε 10 ml αποσταγμένο νερό και στο άλλο 10 ml δείγματος προσθέτοντας και το αντιδραστήριο. Ανακινούμε καλά. Στο όργανο πατάμε το start και περιμένουμε 8 λεπτά. Μετά το πέρας των 8 λεπτών τοποθετούμε τη κυψελίδα με το αποσταγμένο νερό στο μηχάνημα και πατάμε zero. Έπειτα τοποθετούμε το δείγμα με το αντιδραστήριο και πατάμε read. Στη περίπτωση που το αποτέλεσμα βγαίνει πάνω από 0,8 οδηγούμε το δείγμα για αραιώση όπου σε ογκομετρική φιάλη των 50 ml βάζουμε 10 ml δείγματος και 40 ml αποσταγμένου νερού. Από το νέο πλέον διάλυμα βάζουμε 10 ml σε κάθε κυψελίδα και ακολουθούμε τη ίδια διαδικασία για τη μέτρηση του εξασθενούς χρωμίου. Μετά τη μέτρηση όλων των δειγμάτων οδηγούμε πάλι τις κωνικές φιάλες στο μαγνητικό αναδευτήρα και πραγματοποιούμε ανάδευση για μια ώρα. Έπειτα ακολουθούμε τη ίδια διαδικασία όπως προηγουμένως με διήθηση των δειγμάτων και μέτρηση στο HACH του εξασθενούς χρωμίου πραγματοποιώντας αραιώση όπου χρειάζεται. Το διάλυμα από κάθε δείγμα που έχει περισσέψει στο ποτηράκι ζέσεως το τοποθετούμε σε μπουκαλάκι προσθέτοντας και 2 σταγόνες νιτρικό οξύ. Τα δείγματα αυτά χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση Mn και

Ni. Τέλος παίρνουμε από κάθε δείγμα εδάφους που δε έχει πυρωθεί 25 ml και τοποθετούμε σε κωνική φιάλη προσθέτοντας 500 ml αποσταγμένο νερό και το οδηγούμε προς ανάδευση για 5 λεπτά. Μετά το πέρας των 5 λεπτών ακολουθεί μέτρηση του εξασθενούς χρωμίου με τη διαδικασία που περιγράφηκε προηγουμένως.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων συνοψίζονται στον Πίνακα της επόμενης σελίδας. Επίσης τα αποτελέσματα παρουσιάζονται διαγραμματικά σε μία σειρά Εικόνων με βάση τα οποία γίνεται η παρακάτω συζήτηση.

Αρχικά, στο διάγραμμα της Εικόνας 4, παρατηρούμε ότι το pH στα δείγματα εδάφους έχει υψηλότερη τιμή στα ως έχουν δείγματα σε σύγκριση με τα δείγματα τα οποία έχουν υποστεί πύρωση. Επίσης παρατηρούμε πως ο χρόνος ανάδευσης δεν διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο αφού και στους δυο διαφορετικούς χρόνους ανάδευσης οι τιμές παρουσιάζουν ελάχιστες διαφορές. Όσον αφορά τα δείγματα μετά τη διήθηση βλέπουμε ότι σε σύγκριση με τα δείγματα εδάφους το pH στα δείγματα ως έχουν είναι πάρα πολύ χαμηλό. Ωστόσο εδώ παρατηρείται και μια μικρή διαφορά ανάμεσα στα πυρωμένα δείγματα των δυο διαφορετικών χρόνων ανάδευσης (Εικ. 5).

Με βάση το διάγραμμα της Εικόνας 6 βλέπουμε αρχικά ότι το CrVI στα πυρωμένα δείγματα είναι πάρα πολύ υψηλό σε σχέση με τα ως έχουν δείγματα. Αντίθετα τα πυρωμένα δείγματα των διαφορετικών χρόνων ανάδευσης έχουν παραπλήσιες τιμές. Επιπροσθέτως στο διάγραμμα της Εικόνας 7 παρατηρούμε τη συσχέτιση του ολικού χρωμίου με το εξασθενές χρώμιο σε πυρωμένα δείγματα 5' ανάδευσης και βλέπουμε ότι κατά γενική ομολογία υπάρχει μια συσχέτιση με μόνη εξαίρεση ορισμένα σημεία τα οποία αποκλίνουν και θα πρέπει να μελετηθούν ξεχωριστά ώστε να εντοπιστεί ο λόγος της απόκλισής τους.

Στη συνέχεια έχουμε μία σύγκριση μέγιστης, ελάχιστης τιμής και μέσου όρου για τα pH εδάφους όπου φαίνεται ότι οι τιμές είναι παραπλήσιες και για τις τρεις περιπτώσεις (Εικ. 8). Κάτι αντίστοιχο παρατηρείται και για τα διηθημένα δείγματα όπου και στις τρεις περιπτώσεις οι τιμές είναι πολύ κοντινές (Εικ. 9). Στο διάγραμμα της Εικόνας 10 βλέπουμε πως το Cr με ο αντιδραστήριο παρουσιάζει μεγαλύτερες τιμές σε σχέση με το CrVI σε εδάφη πυρωμένα με 5' ανάδευση. Τέλος βλέπουμε μια συσχέτιση των τιμών μεταξύ CrVI σε εδάφη πυρωμένα με 5' ανάδευση και των τιμών Cr_{tot} σε δείγματα επί ζηρού.

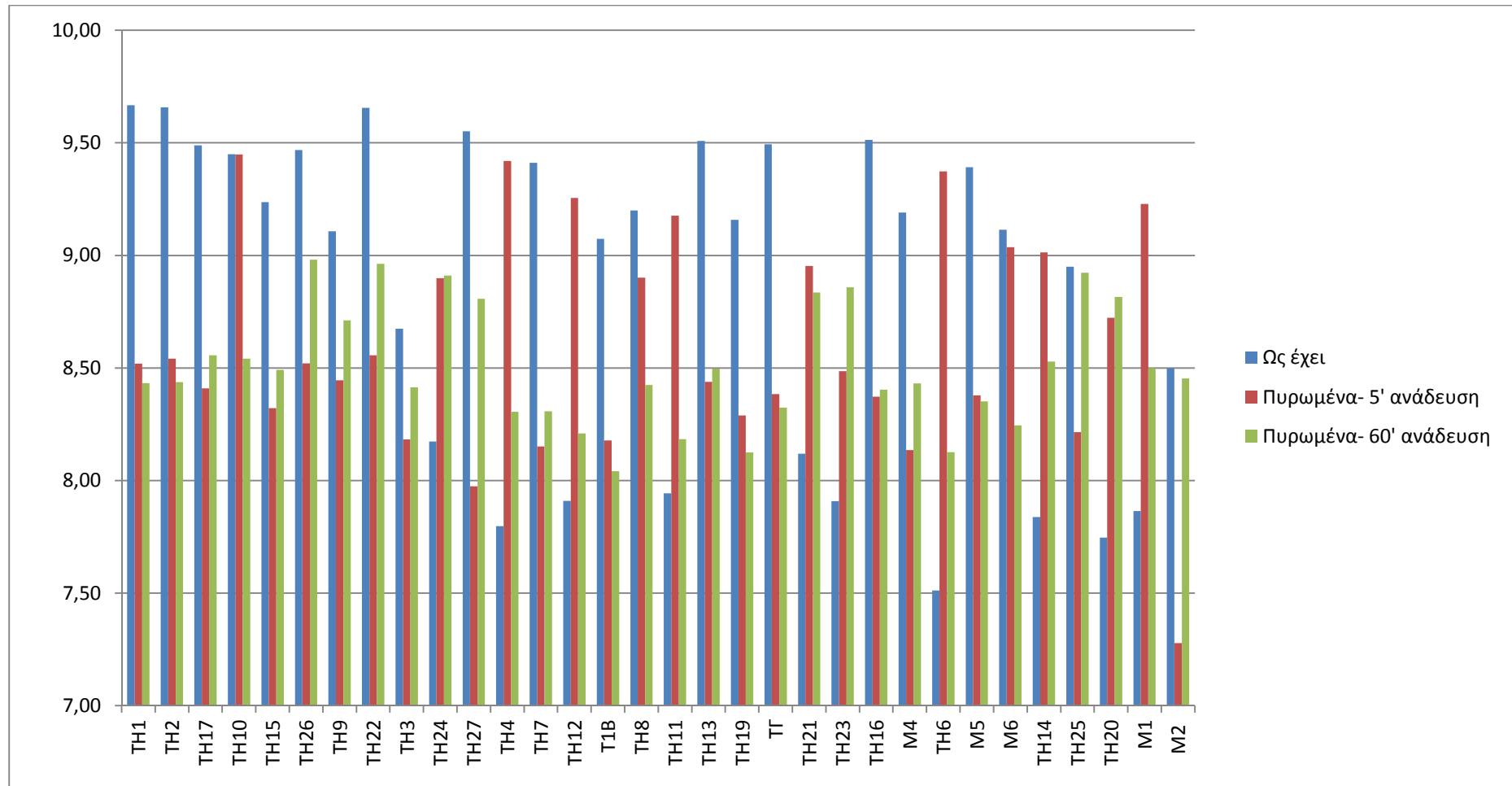
					πυρωμένα 5 λεπτά ανάδευση					πυρωμένα 60 λεπτά ανάδευση					
		ρΗ εδα φικό	ρΗ μετά διήθηση	CrVI mg/L	ρΗ εδάφους	ρΗ μετά διήθηση	Cr VI (mg/L)	Cr tot (mg/L)	Ni mg/ L	ρΗ εδάφους	ρΗ μετά διήθηση	Cr VI (mg/L)	Cr tot_60 mg/L	Ni mg/ L	Mn mg/L
1	M1	7.87	7.58	0.042	9.23	8.68	0.071			8.50	8.13	0.119	0.05		
2	M2	8.50	7.33		7.28	7.36	0.576	0.49	0.02	8.45	8.15	0.990			
3	M4	9.19	7.43	0.019	8.14	8.57	1.04	0.76		8.43	8.17	1.000	1.05	0.03	
4	M5	9.39	8.06	0.021	8.38	8.44	0.603	0.55		8.35	8.14	0.670	0.69	0.05	
5	M6	9.11	7.75	0.023	9.04	7.63	0.506	0.42	0.01	8.25	8.08	0.650	0.53	0.01	
6	TH1	9.67	7.73	0.002	8.52	8.57	2.16	3.45		8.43	8.38	3.215	3.37	0.01	
7	TH2	9.66	7.90	0.002	8.54	8.90	2.285	2.09	0.02	8.44	8.36	2.165	2.18		
8	TH3	8.68	7.62	0.005	8.18	8.73	0.485	0.07	0.02	8.41	8.57	0.104	0.08	0.02	
9	TH4	7.80	6.34	0.008	9.42	9.08	0.329			8.31	8.16	0.510	0.32	0.04	
10	TH6	7.51	7.57	0.019	9.37	9.18	0.265			8.13	8.14	0.084	0.04	0.03	
11	TH7	9.41	7.88	0.008	8.15	8.76	1.25	1.85		8.31	8.32	1.810	1.85	0.01	
12	TH8	9.20	8.64	0.01	8.90	8.79	0.015	1.45		8.43	8.52	2.480			
13	TH9	9.11	7.70	0.004	8.45	8.99	0.09	0.07		8.71	8.58	0.132	0.07		
14	TH10	9.45	7.80	0.003	9.45	7.85	0.288	0.24	0.02	8.54	9.08	0.360	0.31	0.02	
15	TH11	7.94	7.79	0.01	9.18	8.95	0.338			8.18	8.15	0.666	0.31	0.01	
16	TH12	7.91	7.76	0.008	9.26	8.90	0.052			8.21	8.15	0.088	0.03	0.01	
17	TH13	9.51	7.80	0.01	8.44	8.61	0.431	0.42		8.50	8.44	0.476	0.4		
18	TH14	7.84	7.50	0.025	9.01	8.95	0.477			8.53	8.28	0.855	0.43	0.01	
19	TH15	9.24	7.79	0.003	8.32	8.20	1.905	1.55	0.01	8.49	8.38	2.010	1.45	0.03	
20	TH16	9.51	7.67	0.018	8.37	8.55	1.92	1.38		8.40	8.33	1.350	1.31		
21	TH17	9.49	8.05	0.002	8.41	9.12	1.79	1.28		8.56	8.44	1.400	1.28	0.03	
22	TH19	9.16	7.77	0.01	8.29	8.61	0.768	0.66	0.02	8.13	7.95	0.745	0.66	0.03	

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΥΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΠΕΛΕΥΘΕΡΩΣΗ ΕΞΑΣΘΕΝΟΥΣ ΧΡΩΜΙΟΥ ΣΕ ΕΛΑΦΗ

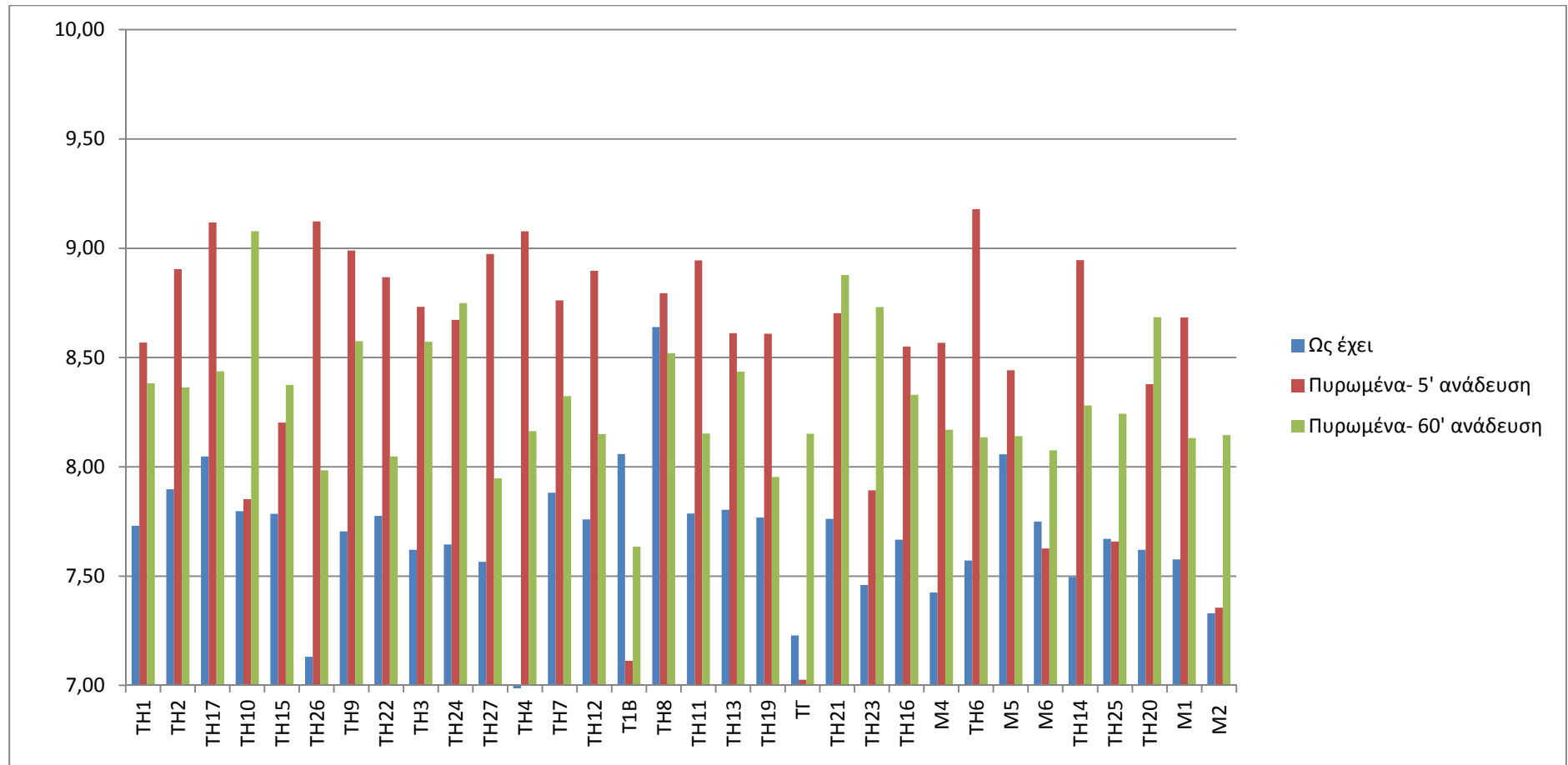
23	TH20	7.75	7.62	0.033	8.72	8.38	0.56			8.82	8.69	1.330	0.46		
		pH εδαφικό	pH μετά διήθηση	CrVI mg/L	pH εδάφους	pH μετά διήθηση	Cr VI (mg/L)	Cr tot (mg/L)	Ni mg/L	pH εδάφους	pH μετά διήθηση	Cr VI (mg/L)	Cr tot_60 mg/L	Ni mg/L	Mn mg/L
24	TH21	8.12	7.76	0.011	8.95	8.70	1.45			8.84	8.88	0.610	0.29		
25	TH22	9.66	7.78	0.004	8.56	8.87	0.275	0.23	0.01	8.96	8.05	0.404	0.35		
26	TH23	7.91	7.46	0.017	8.49	7.89	0.684			8.86	8.73	1.720	0.71	0.04	
27	TH24	8.17	7.65	0.007	8.90	8.67	0.145			8.91	8.75	2.210	1.59		0.01
28	TH25	8.95	7.67	0.025	8.22	7.66	0.601	0.76	0.03	8.92	8.24	0.855			
29	TH26	9.47	7.13	0.003	8.52	9.12	0.167	0.16	0.01	8.98	7.98	0.288			
30	TH27	9.55	7.57	0.007	7.97	8.97	1.555	1.09		8.81	7.95	1.465	1.4		
31	T1B	9.07	8.06	0.008	8.18	7.11	1.215	1.06		8.04	7.64	1.780	1.31	0.02	0.01
32	ΤΓ	9.49	7.23	0.01	8.38	7.03	0.712	0.57	0.01	8.32	8.15	0.995	0.78	0.07	0.03

Μέση τιμή		8.85	7.67	0.01	8.60	8.49	0.79	0.94	0.02	8.50	8.31	1.05	0.83	0.03	0.02
Ελάχιστο		7.51	6.34	0.00	7.28	7.03	0.02	0.07	0.01	8.04	7.64	0.08	0.03	0.01	0.01
Μέγιστο		9.67	8.64	0.04	9.45	9.18	2.29	3.45	0.03	8.98	9.08	3.22	3.37	0.07	0.03

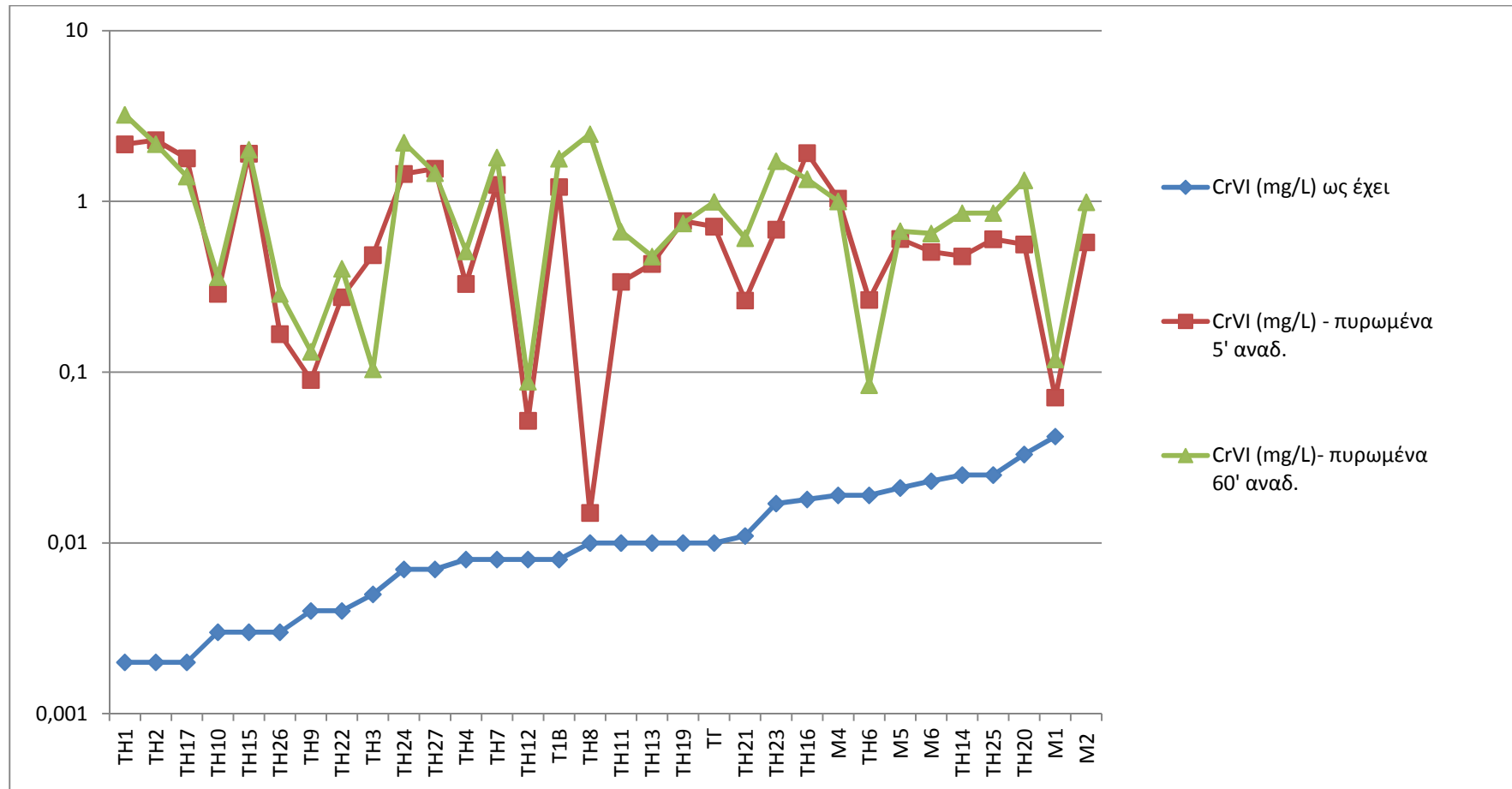
Πίνακας. Απεικόνιση των αποτελεσμάτων



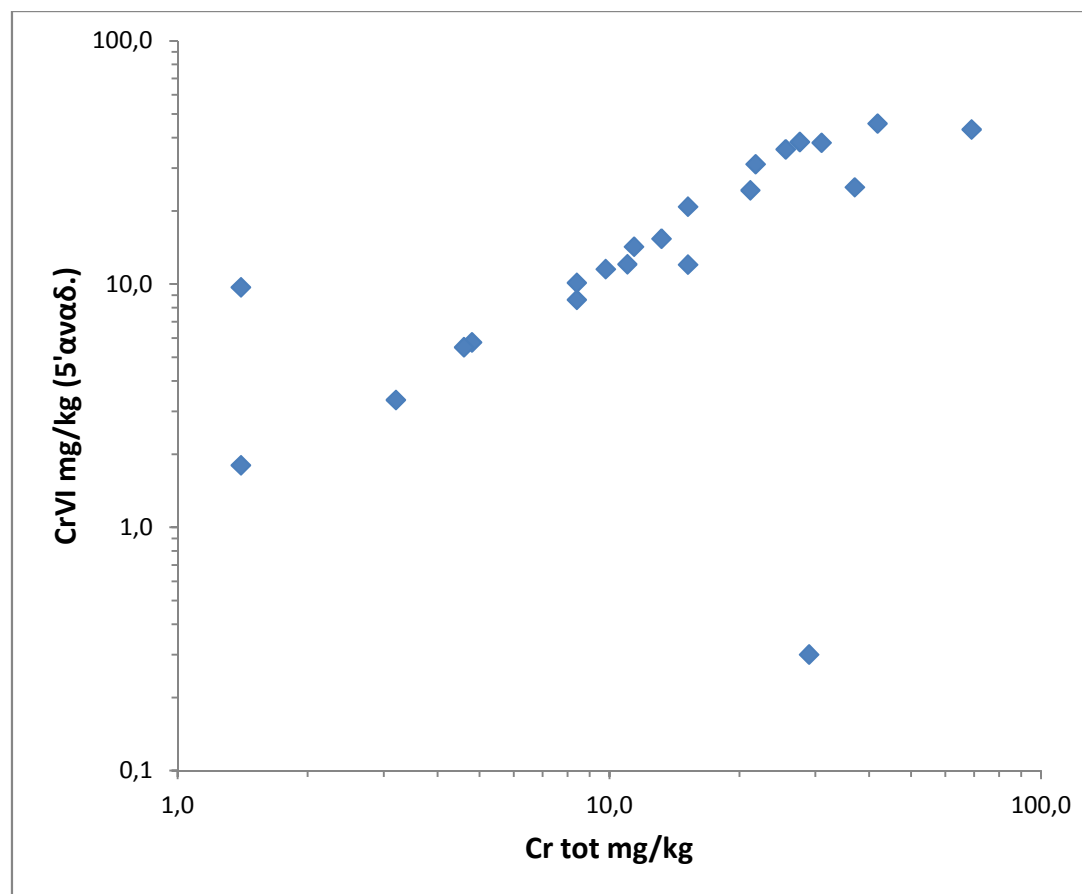
Εικ 4. Συγκριτικό διάγραμμα pH για δείγματα εδάφους ως έχουν και μετά από πύρωση για τους δύο χρόνους ανάδευσης.



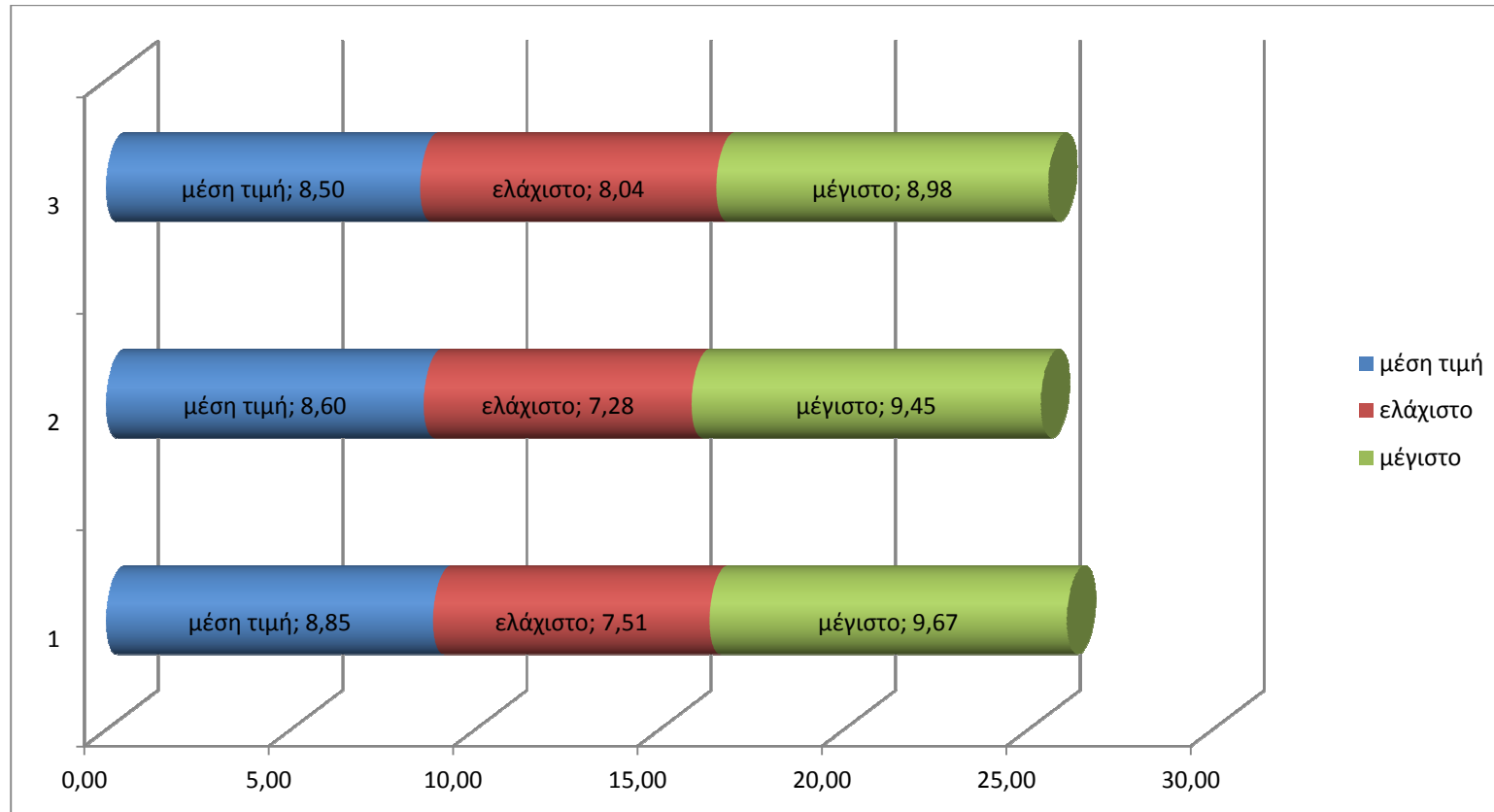
Εικ 5. Συγκριτικό διάγραμμα pH για δείγματα μετά την διήθηση ως έχουν και μετά από πύρωση για τους δύο χρόνους ανάδευσης.



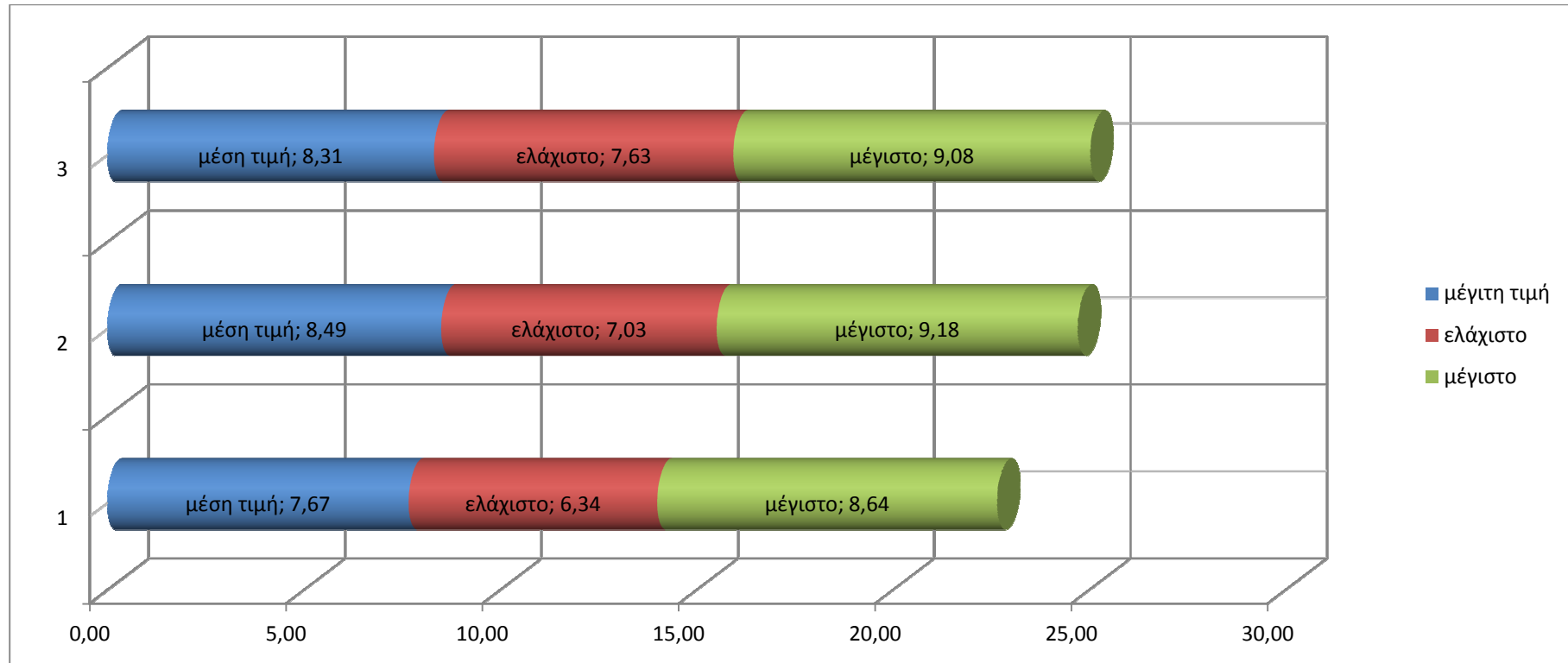
Εικ 6 Συγκριτικό διάγραμμα συγκέντρωσης υδατοεχυλίσματος εξασθενούς χρωμίου για δείγματα ως έχουν και μετά από πύρωση για τους δύο χρόνους ανάδευσης.



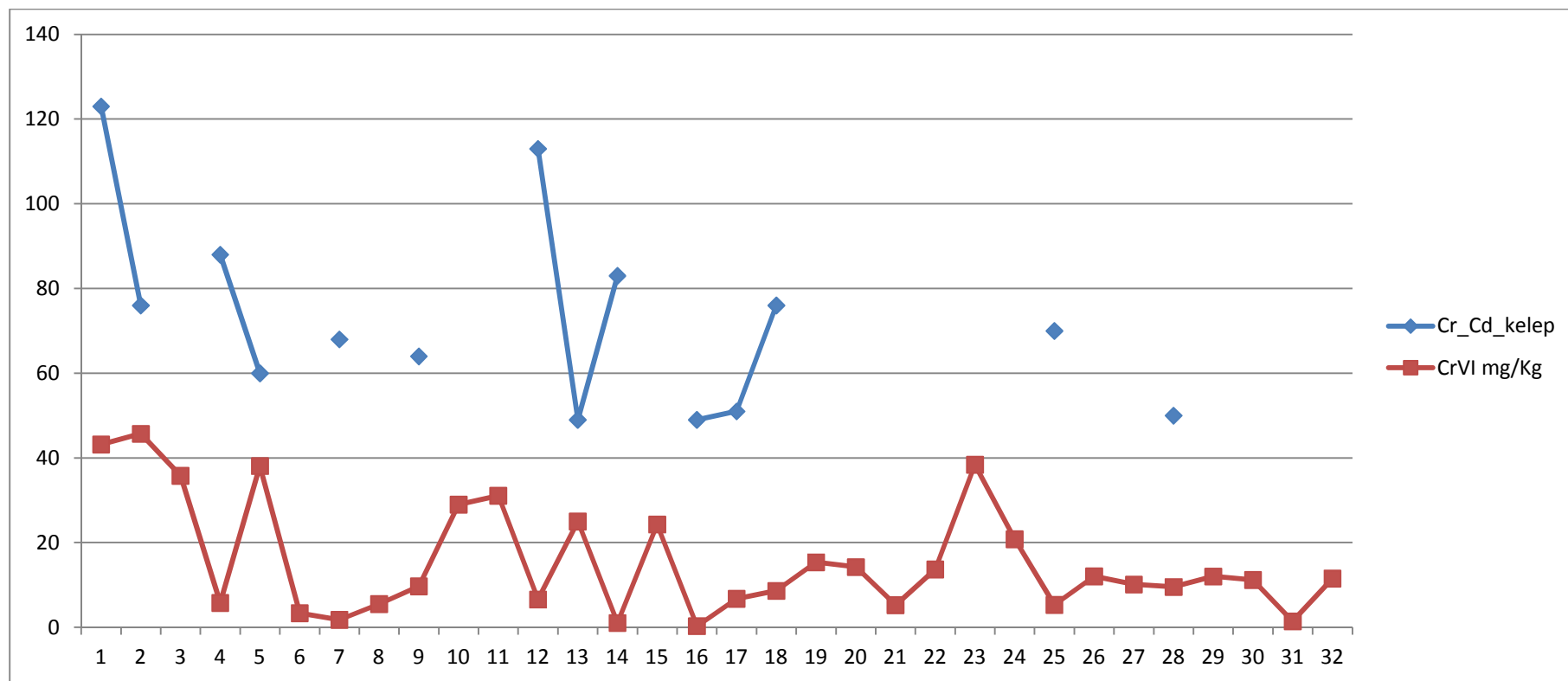
Εικ 7. Συσχέτιση ολικού χρωμίου με εξασθενές για πυρωμένα δείγματα και ανάδευση 5' μετά από αναγωγή σε συγκέντρωση επί ξηρου.



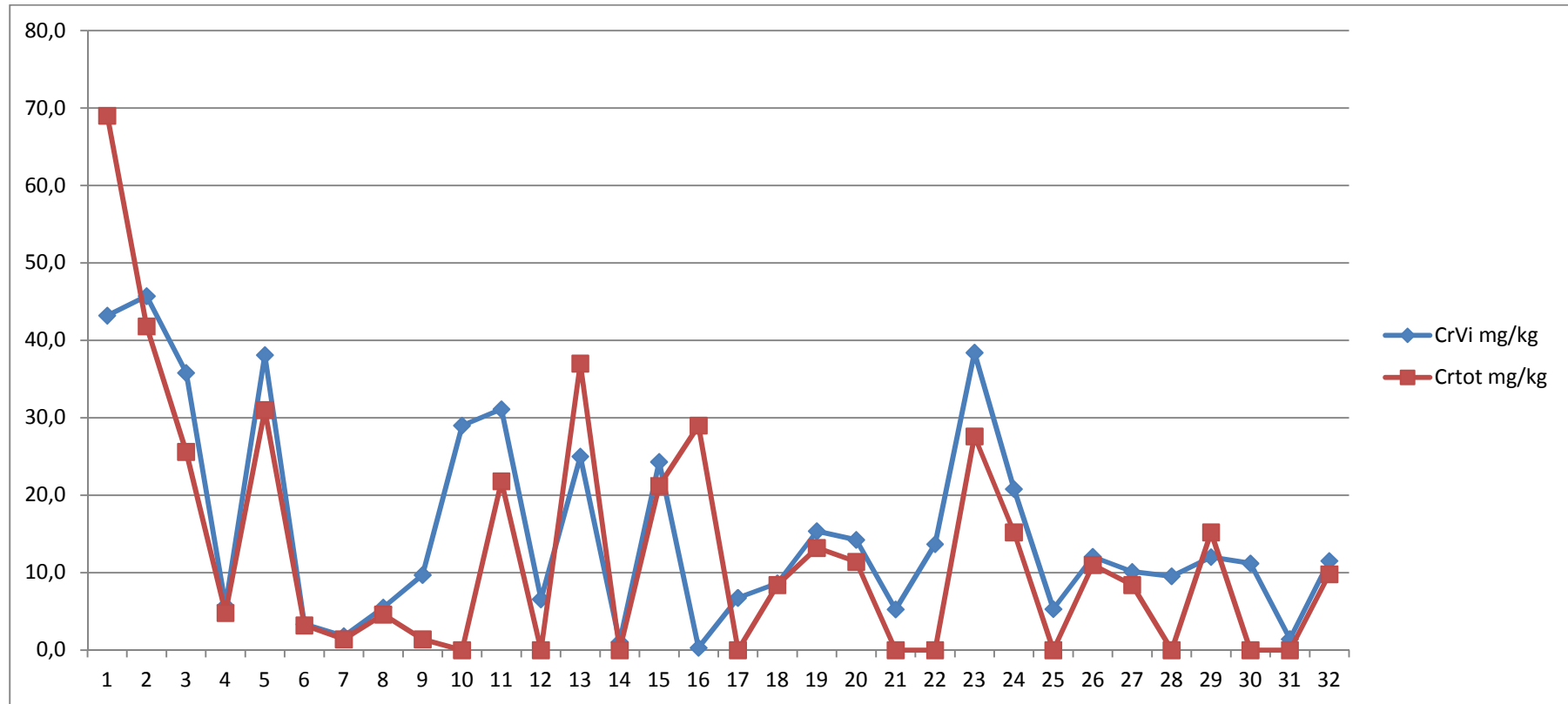
Εικ 8. Συγκριτικό διάγραμμα μέγιστης τιμής, ελάχιστης τιμής και μέσου όρου για δείγματα pH εδάφους ως έχουν και μετά από πύρωση για τους δύο χρόνους ανάδευσης όπου (1) pH εδαφικό για δείγματα ως έχουν, (2) pH εδάφους πυρωμένου δείγματος με 5' ανάδευση και (3) pH εδάφους πυρωμένου δείγματος με 60' ανάδευση



Εικ 9. Συγκριτικό διάγραμμα μέγιστης τιμής, ελάχιστης τιμής και μέσου όρου για δείγματα pH μετά την ανάδευση ως έχουν και μετά από πύρωση για τους δύο χρόνους ανάδευσης όπου (1) pH μετά τη διήθηση για δείγματα ως έχουν, (2) pH μετά τη διήθηση πυρωμένου δείγματος με 5' ανάδευση και (3) pH μετά τη διήθηση πυρωμένου δείγματος με 60' ανάδευση

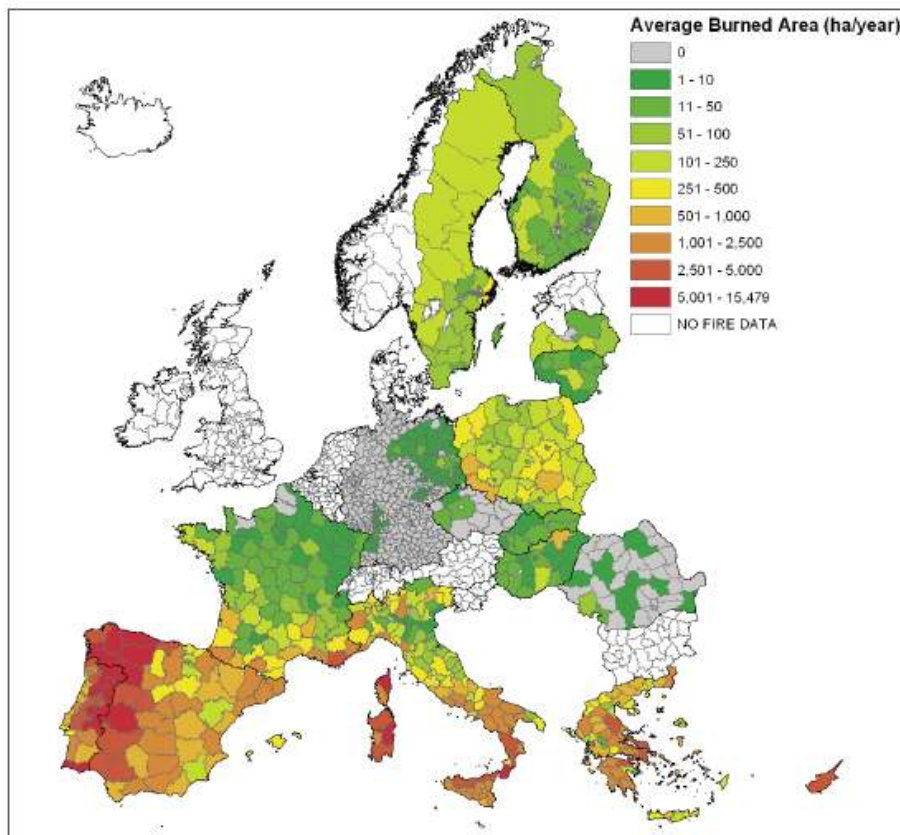


Εικ 10. Συγκριτικό διάγραμμα Cr_cd με CrVI σε εδάφη μετά από πύρωση και 5 λεπτά ανάδευση



Εικ 11. Συγκριτικό διάγραμμα CrVI σε εδάφη μετά από πύρωση και 5 λεπτά ανάδευση με Crtot επί ξηρού.

Στη συνέχεια γίνεται σύντομη συζήτηση των αποτελεσμάτων σε σχέση με τις δασικές πυρκαγιές. Η κατανομή των καμένων εκτάσεων στην ΕΕ παρουσιάζεται στην Εικ. 12. Οι περισσότερες από τις καμένες εκτάσεις στην περιοχή της Μεσογείου εκτείνονται στην Ισπανία, την Πορτογαλία και την Ιταλία, με μικρότερες εκτάσεις στην Ελλάδα και Γαλλία. Οι περισσότερες από τις καμένες εκτάσεις προκύπτουν από μεγάλες πυρκαγιές δηλαδή μεγαλύτερες από 50 ha. Αυτές είναι υπεύθυνες για το 75 %- 80% της συνολικής καμένης έκτασης ετησίως (Birot, 2009). Ένα τέτοιο παράδειγμα μεγάλων πυρκαγιών στην Ελλάδα είναι οι πυρκαγιές του καλοκαιριού 2007 (Εικ. 13).



Εικ 12. Χάρτης καμένων εκτάσεων στην ΕΕ ανά διοικητική μονάδα (Πηγή Birot, 2009).

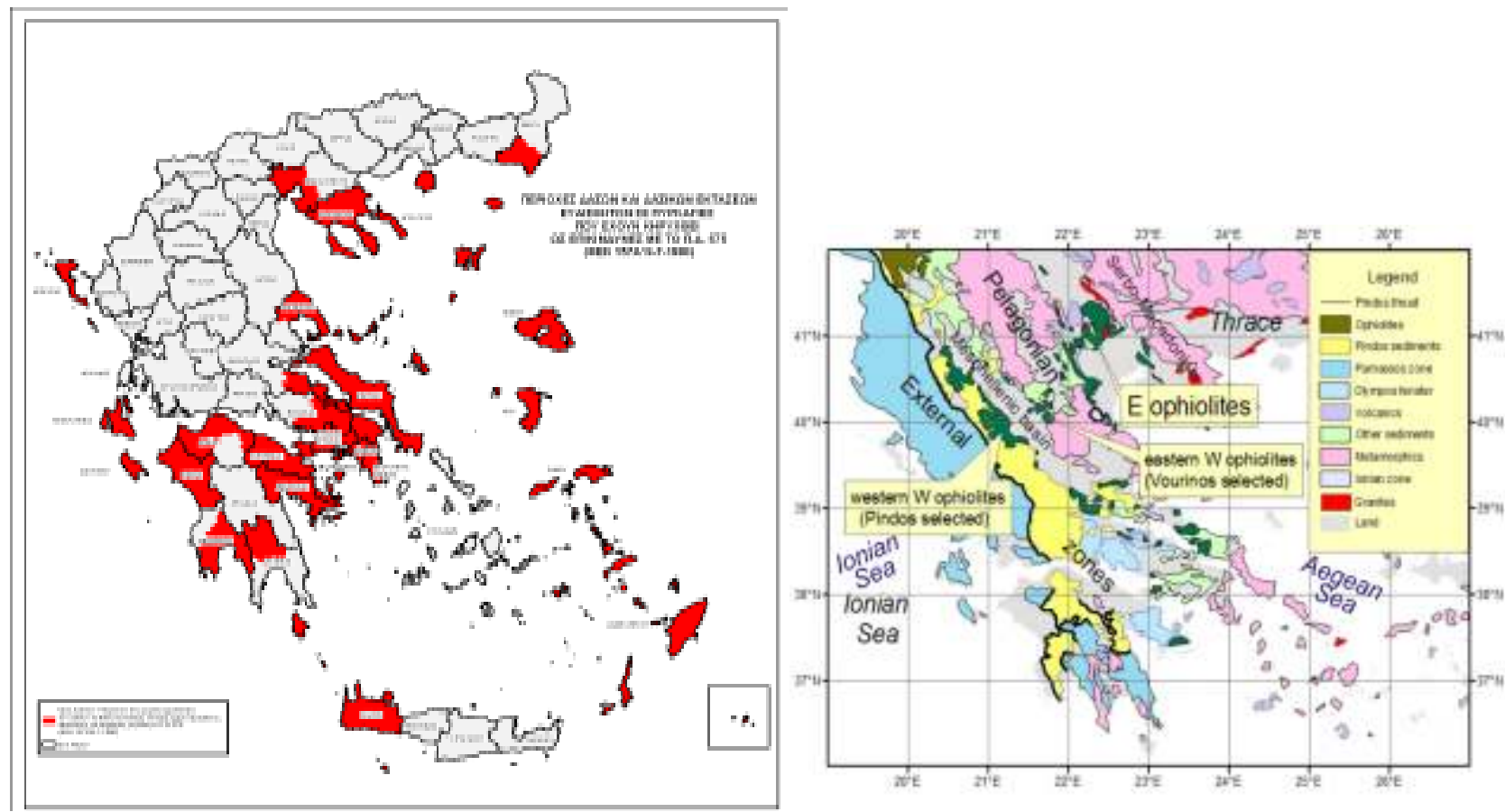


Εικ. 13 Ανεξέλεγκτες πυρκαγιές στην Ελλάδα τον Αύγουστο του 2007. (Πηγή: NASA)

Στην Ελλάδα οι πυρκαγιές αποτελούν μόνιμο εποχικό οικολογικό φαινόμενο λόγω κυρίως του Μεσογειακού κλίματος το οποίο χαρακτηρίζεται από πολύ θερμά και ξηρά καλοκαίρια και ήπιους μέτρια βροχερούς χειμώνες. Τα μεσογειακά οικοσυστήματα απαιτούν για την ανανέωσή τους καθαρισμό του εδάφους για νέα βλάστηση και ο φυσικός τρόπος για να συμβεί αυτό είναι ή φωτιά. Ωστόσο, η μείωση των μεσοδιαστημάτων των πυρκαγιών με συχνές πυρκαγιές λόγω ανθρώπινης συμπεριφοράς αποτελεί σοβαρή διατάραξη του φυσικού τρόπου ανανέωσης της βλάστησης. Σήμερα οι δασικές πυρκαγιές μαζί με την υπερβόσκηση αποτελούν το κύριο αίτιο των γυμνών βουνών της χώρας. Κατά τα τελευταία εκατό χρόνια το ποσοστό δασοκάλυψης έχει μειωθεί σε λιγότερο από το μισό.

Με βάση τα παραπάνω στοιχεία έχει ενδιαφέρον να εξετάσουμε ποιες περιοχές κινδυνεύουν επιπλέον λόγω της φυσικής σύστασης του γεωλογικού και εδαφικού υποβάθρου και απειλούνται από μία πρόσθετη περιβαλλοντική πίεση, αυτή της απελευθέρωσης εξασθενούς χρωμίου μετά από πυρκαγιά. Στην Εικ. 14 παρουσιάζονται σε αντιπαράθεση ο χάρτης περιοχών υψηλής επικινδυνότητας εκδήλωσης πυρκαγιάς όπως δίνεται από την Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας και ο χάρτης των γεωτεκτονικών ενοτήτων της Ελλάδας ο οποίος παρέχει μία εποπτική εικόνα της γεωλογίας και των περιοχών εμφάνισης των οφιολιθικών πετρωμάτων. Από την εποπτική σύγκριση των δύο χαρτών μπορούμε να προσδιορίσουμε τις περιοχές εκείνες όπου θα πρέπει να δοθεί έμφαση αρχικά για την επισήμανση του προβλήματος και κατόπιν για την αντιμετώπισή του. Οι περιοχές αυτές περιλαμβάνουν την κεντρική και Βόρεια Εύβοια, την Ανατολική Στερεά Ελλάδα, την Δυτική Αττική, την Αργολίδα, την περιοχή της Θεσσαλονίκης και την Δυτική Χαλκιδική. Σε αυτές τις περιοχές έχουμε και υψηλή επικινδυνότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς και εμφάνιση οφιολιθικών πετρωμάτων η καύση των οποίων πιθανά απελευθερώνει CrVI στο περιβάλλον.

Με δεδομένο ότι η παρουσία του χρωμίου οφείλεται πρωτίστως σε γεωγενείς παράγοντες στις παραπάνω περιοχές, καταλαβαίνουμε ότι η επέμβαση για την πρόληψη και αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να εστιάσει στην πρόληψη και αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος των πυρκαγιών. Ο κρατικός φορέας που είναι υπεύθυνος για το παραπάνω είναι η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας του Υπουργείου Οικονομικών.



Εικ.14. Χάρτης περιοχών της Ελλάδας με υψηλή επικινδυνότητα πυρκαγιάς (αριστερά) και γεωτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας με σημειωμένες τις θέσεις εμφάνισης οφιολίθων (δεξιά).

Παρατίθενται στη συνέχεια στοιχεία για την αντιμετώπιση δασικών πυρκαγιών από τον διαδικτυακό τόπο της Γενικής Γραμματείας Πολιτικής Προστασίας (<http://www.gscrp.gr>) Οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα φυσικό φαινόμενο που εντάσσεται στην κατηγορία των φυσικών καταστροφών. Η διαχείριση κάθε φυσικής καταστροφής έχει σαν βασικό στοιχείο τον προκατασταλτικό σχεδιασμό και τη λήψη προληπτικών μέτρων, έτσι ώστε όταν συμβεί το φαινόμενο να μπορεί να εκτονωθεί μέσα από τα μέτρα και τις υποδομές του προκατασταλτικού σχεδιασμού και η συμπεριφορά του να μην ξεπεράσει τα όρια του μηχανισμού καταστολής.

Η πρόληψη των δασικών πυρκαγιών αποτελεί τον ιδεώδη στόχο της αντιπυρικής προστασίας του δασικού και γενικότερα φυσικού περιβάλλοντος. Ο στόχος αυτός επιδιώκεται μέσα από την άρση των αιτίων που άμεσα ή έμμεσα προκαλούν τις δασικές πυρκαγιές. Είναι γνωστό ότι οι δασικές πυρκαγιές μπορεί να προκληθούν από φυσικά αίτια (π.χ. κεραυνοί) ή από ανθρώπινες δραστηριότητες (κάψιμο σκουπιδιών, υπολείμματα καλλιεργειών, κλπ.). Στην Ελλάδα, ο κίνδυνος εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς από ανθρώπινες δραστηριότητες έχει διαπιστωθεί ότι είναι μεγάλος.

Αναλύοντας στατιστικά τις αιτίες πρόκλησης δασικών πυρκαγιών στη χώρα μας διαπιστώνουμε ότι το 35% των πυρκαγιών οφείλεται σε αμέλεια (κακός υπολογισμός στις καύσεις για καθαρισμούς, βραχυκυκλώματα γραμμών μεταφοράς ηλεκτρικού ρεύματος, ανεξέλεγκτοι χώροι καύσης απορριμμάτων, παραλείψεις ή λάθη εκδρομέων κλπ). Ένα μικρότερο ποσοστό περιπτώσεων περίπου 20% οφείλεται σε κακόβουλες ενέργειες και το υπόλοιπο 45% που καταγράφεται σε άγνωστα αίτια κατανέμεται αναλόγως ανάμεσα στην αμέλεια και την πρόθεση. Συνεπώς, εφόσον το μεγαλύτερο ποσοστό των πυρκαγιών οφείλεται σε αμέλεια, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ενημέρωση και κινητοποίηση των πολιτών για τον κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς από αμέλεια.

Από τα παραπάνω προκύπτει εύλογα το συμπέρασμα ότι η αποτελεσματική αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών επιβάλλει τη λήψη μέτρων με τα οποία επιδιώκεται η άρση των αιτίων που άμεσα ή έμμεσα τις προκαλούν, καθώς και τη δημιουργία όλων εκείνων των προϋποθέσεων που θα καταστήσουν το έργο της

καταστολής περισσότερο αποτελεσματικό.

Τα μέτρα αυτά αφορούν κυρίως:

- Τη χρήση συστημάτων προσδιορισμού κινδύνου πυρκαγιάς, που καθορίζουν χρονικά την πιθανότητα εκδήλωσης της σε μια περιοχή, με σκοπό την άμεση επέμβαση των δυνάμεων καταστολής.
- Την ενημέρωση των πολιτών για τον κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς από αμέλεια.
- Την εκτέλεση διαφόρων έργων υποδομής που βοηθούν στην εφαρμογή των σχεδίων καταστολής, όπως:
 - Διανοίξεις και βελτιώσεις δασικών δρόμων και αντιπυρικών ζωνών.
 - Κατασκευή και εγκατάσταση δεξαμενών νερού και παρατηρητήριων στα δάση.
 - Καθαρισμοί δασικής βλάστησης σε περιοχές υψηλού κινδύνου κ.λ.π.

Η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας ως αρμόδιο θεσμοθετημένο επιτελικό όργανο, έχοντας ως δεδομένο ότι η αντιμετώπιση του προβλήματος των δασικών πυρκαγιών προϋποθέτει την κατ' ανάγκη εμπλοκή και συντονισμένη δράση πολλών υπηρεσιών και φορέων και ότι η προληπτική οργάνωση είναι το σημαντικότερο στοιχείο της όλης προσπάθειας, για την προστασία των πολιτών, των οικισμών και των δασών από τις πυρκαγιές, έχει επιλέξει για την αντιμετώπιση του προβλήματος στρατηγικές, που βασίζονται στο διεπιστημονικό σχεδιασμό, την προληπτική οργάνωση και τον κρατικό συντονισμό.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η διπλωματική εργασία μελέτησε με πειράματα στο εργαστήριο το φαινόμενο της απελευθέρωσης εξασθενούς χρωμίου μετά από πύρωση σε θερμοκρασία 500 °C, εδάφους περιοχών εμφάνισης οφιολιθικών πετρωμάτων.

Με βάση τα αποτελέσματα παρατηρούμε ότι το υδατοεκχυλίσσιμο εξασθενές χρώμιο είναι σε πολύ μικρή συγκέντρωση στα δείγματα τα οποία δε έχουν πυρωθεί σε σχέση με τα πυρωμένα δείγματα όπου η ποσότητα αυξάνεται δραματικά.

Επίσης παρατηρούμε ότι η ποσότητα εξασθενούς χρωμίου δεν είναι πολύ μεγαλύτερη στα δείγματα που έχουν υποστεί ανάδευση μιας ώρας σε σχέση με τα δείγματα με ανάδευση 5 λεπτά.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι στη περίπτωση μιας πιθανής πυρκαγιάς στη περιοχή της Θήβας υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης του εδάφους σε CrVI. Εφόσον η παρουσία του χρωμίου οφείλεται πρωτίστως σε γεωγενείς παράγοντες καταλαβαίνουμε ότι η επέμβαση για την πρόληψη και αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να σχετίζεται με την πρόληψη και αποτελεσματική αντιμετώπιση του προβλήματος των πυρκαγιών.

Συστήνεται τέλος συνέχιση της έρευνας και σε άλλες περιοχές με παρόμοιο γεωλογικό υπόβαθρο για μία πιο ολοκληρωμένη εικόνα σε όλη την επικράτεια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Birot, Y., 2009. Η ζωή μας με τις Δασικές Πυρκαγιές: Η άποψη της επιστήμης. EFI Discussion Paper 15, European Forest Institute.
- Inchem, 1988. ENVIRONMENTAL HEALTH CRITERIA 61: CHROMIUM. International Programme on Chemical Safety, Geneva.
- Kelepertzis, E., 2014. Investigating the sources and potential health risks of environmental contaminants in the soils and drinking waters from the rural clusters in Thiva area (Greece). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 100, 258-265.
- Kelepertzis, E., Galanos, E., Mitsis, I., 2013. Origin, mineral speciation and geochemical baseline mapping of Ni and Cr in agricultural topsoils of Thiva valley, central Greece. *Journal of Geochemical Exploration* 125, 56–68.
- Kelepertzis, E., Stathopoulou, E., 2013. Availability of geogenic heavy metals in soils of Thiva town, Central Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* 185, 9603–9618.
- Merian E., 1991. Metals and their compounds in the environment: occurrence, analysis and biological relevance. VCH, Germany.
- Stasinakis SA, Thomaidis NS, Lekkas TD., 2003 Speciation of chromium in wastewater and sludge by extraction with liquid anion exchanger Amberlite LA-2 and electrothermal atomic absorption spectrometry. *Anal Chim Acta*, 478, 119-127.
- Wolf, Ruth E., Morman, Suzette A., Plumlee, Geoffrey S., Hageman, Philip L., and Adams, Monique, 2008. Release of hexavalent chromium by ash and soils in wildfire-impacted areas: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008–1345, 22 p.
- Επίσημη Εφημερίδα Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, 1998. Σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Οδηγία 98/83/ΕΚ της 3/11/1998.

Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 4859/726 «Μέτρα και περιορισμοί σχετικά με την προστασία υδατικού περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ», Εφημερίδα Κυβερνήσεως, Τευχ. Β', Αρ. Φύλλου 253, σελ. 4847, 9/3/2001

Κουκουβέλας Ι., Κοκκάλας Σ., Ξυπολιάς Π., 2015. Ενότητα 8: Ζώνη Παρνασσού, Ζώνη Βοιωτίας Υποπελαγονική Ζώνη. Γεωλογία Ελλάδος, Πάτρα.

Παπανικολάου Ι. Δημ., 2015. Γεωλογία Ελλάδος, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα.

Πληροφορίες από το διαδίκτυο

US Environmental Protection Agency, Ground Water & Drinking Water: "Consumer Factsheet on: CHROMIUM".

Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας <http://www.gscp.gr>

Κόλλια Ελ., Χημεία και Τοξικολογία. Εξασθενές χρώμιο, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Χατζηπέτρος Αλ., Γεωλογία Ελλάδος, Θεσσαλονίκη.