



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Υδρογεωχημεία – Αναλυτική Γεωχημεία

Ενότητα 1: Αναλυτική Γεωχημεία - Εισαγωγή

Αριάδνη Αργυράκη

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. Αναλυτική χημεία και γεωεπιστήμες
2. Ταξινόμηση μεθόδων ανάλυσης
3. Επιλογή μεθόδων ανάλυσης



ΟΡΙΣΜΟΣ- ΣΤΟΧΟΙ

- ❑ Αναλυτική Γεωχημεία → εφαρμογή της Αναλυτικής Χημείας στις Γεωεπιστήμες.
- ❑ Τα “μάτια” της γεωχημείας
- ❑ Στόχοι γεωεπιστημών που εξυπηρετεί:
 1. Η κατανόηση διεργασιών που διαμορφώνουν την γεωλογική ιστορία της γης,
 2. Η εκμετάλλευση ορυκτών πόρων,
 3. Η περιβαλλοντική έρευνα.



ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

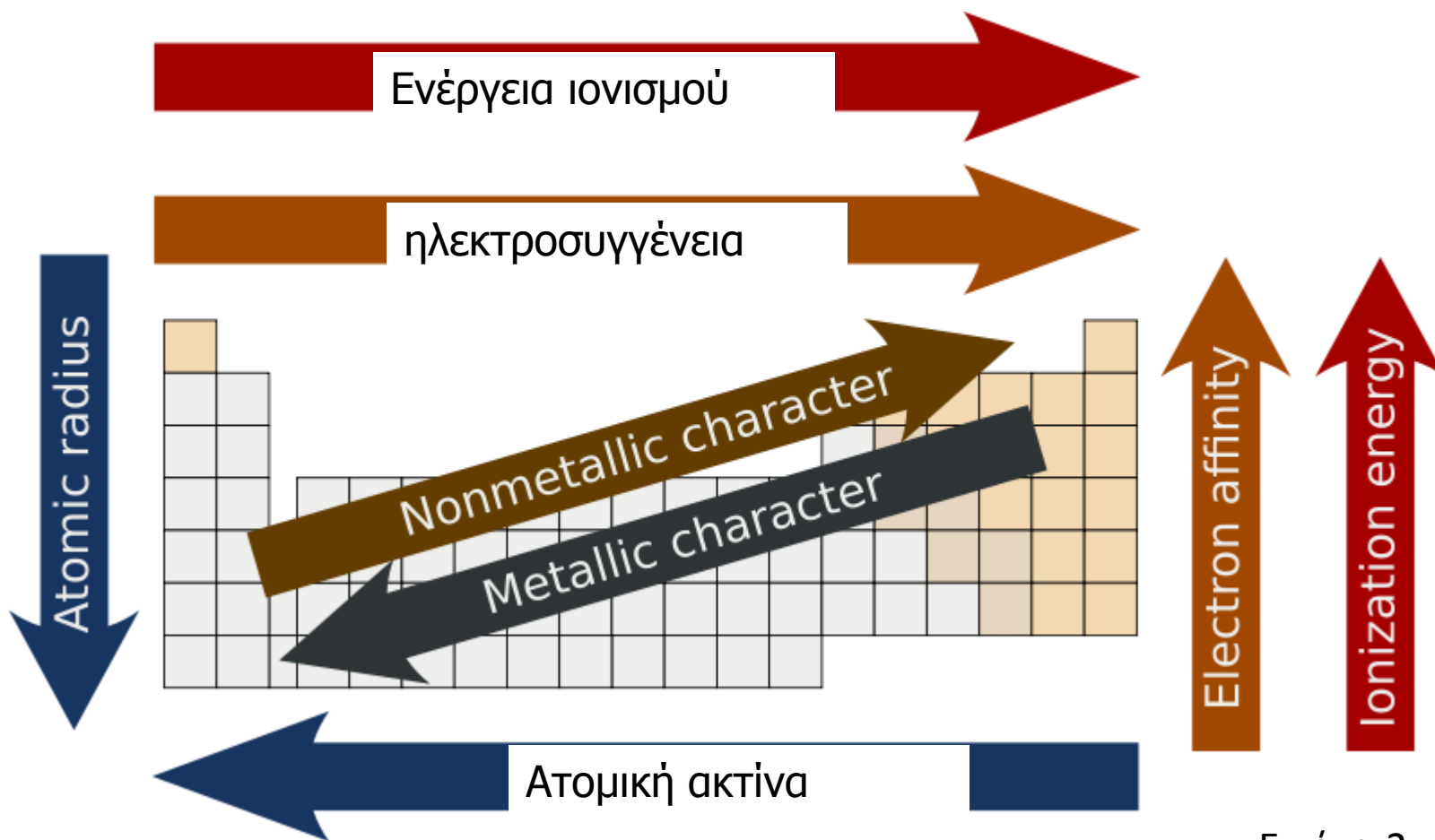
Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo
Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu			
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr			

www.webelements.com

Εικόνα 1



Ιδιότητες στοιχείων



Εικόνα 2



ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΗΙΝΟΥ ΦΛΟΙΟΥ:

Κύρια στοιχεία (% κατά βάρος)

Οξείδιο	% Συγκέντρωση (R&F, 1995)	% Συγκέντρωση (T&M, 1985)
SiO ₂	59.1	57.3
TiO ₂	0.7	0.9
Al ₂ O ₃	15.8	15.9
FeO	6.6	9.1
MnO	0.1	0.18
MgO	4.4	5.3
CaO	6.4	7.4
Na ₂ O	3.2	3.1
K ₂ O	1.88	1.1
P ₂ O ₅	0.2	

Πίνακας 1



ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΗΙΝΟΥ ΦΛΟΙΟΥ- Ιχνοστοιχεία (ppm εκτός εάν σημειώνονται άλλες μονάδες)(1/2)

Στοιχείο	Συγκέντρωση (R&F)	Συγκέντρωση (T&M)	Στοιχείο	Συγκέντρωση (R&F)	Συγκέντρωση (T & M)
Li	11	13	Ba	390	250
Be		1.5	La	18	16
B		10	Ce	42	33
Sc	22	30	Pr	5	3.9
V	151	230	Nd	20	16
Cr	119	185	Sm	3.9	3.5
Co	25	29	Eu	1.2	1.1
Ni	51	105	Gd	3.6	3.3
Cu	24	75	Tb	0.56	0.6
Zn	73	80	Dy	3.5	3.7
Ga	16	18	Ho	0.76	0.78

Πίνακας 2



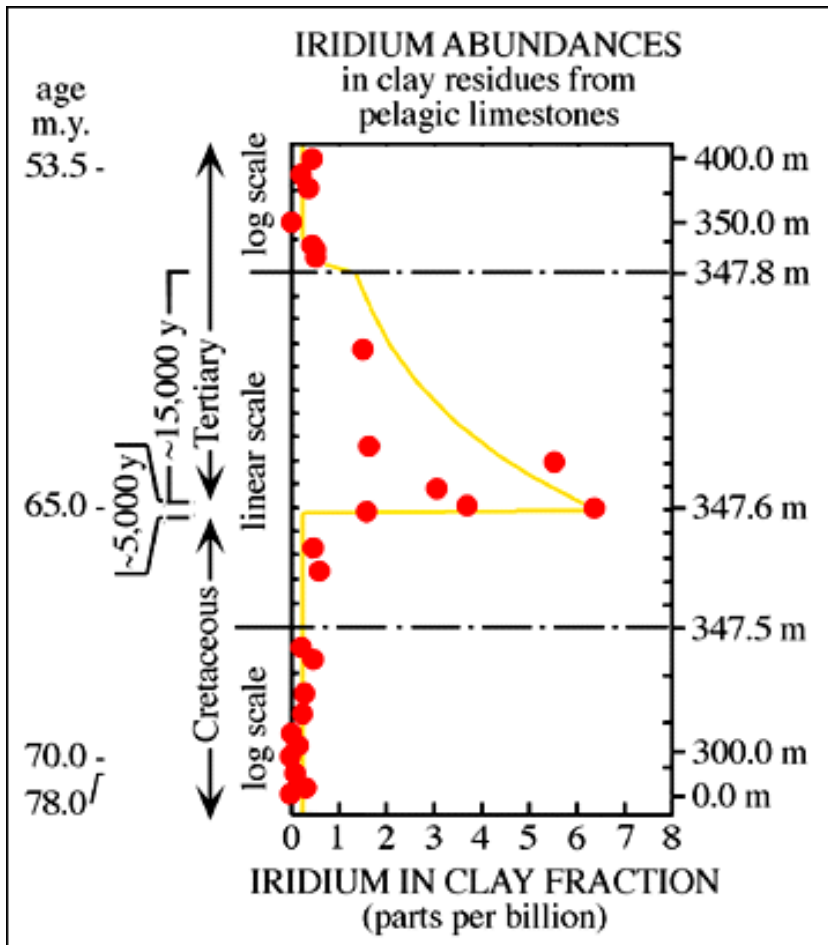
ΣΥΣΤΑΣΗ ΓΗΙΝΟΥ ΦΛΟΙΟΥ- Ιχνοστοιχεία (ppm εκτός εάν σημειώνονται άλλες μονάδες)(2/2)

Στοιχείο	Συγκέντρωση (R&F)	Συγκέντρωση (T&M)	Στοιχείο	Συγκέντρωση (R&F)	Συγκέντρωση (T & M)
Pd, ppb		1	Ir, ppb		0.1
Ag, ppb		80	Au, ppb	3	
Cd, ppb		98	Tl, ppb		360
In, ppb		50	Pb	12.6	8
Sn		2.5	Bi, ppb		60
Sb		0.2	Th	5.6	3.5
Cs	2.6	1	U	1.42	0.91

Πίνακας 3



ΑΝΩΜΑΛΙΑ Ir – ΜΑΖΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟΥ



Luis Alvarez (1980):
Ανακάλυψη συγκέντρωσης
Ir 9 ppb σε στρώμα ηλικίας
Αν. Κρητιδικού – Κατ.
Παλαιογενούς με ανάλυση
δειγμάτων πάχους 1 cm
(αργιλικό υπόλειμμα
ασβεστολίθου) με την
αναλυτική τεχνική NAA.

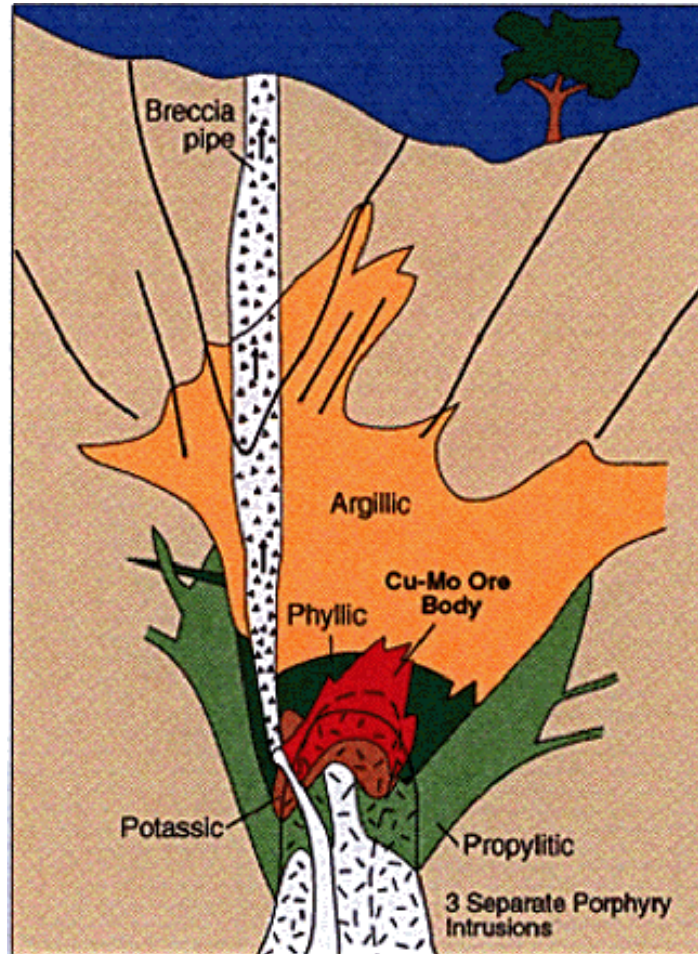
Εικόνα 3

ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΣΗ & ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

- ❑ Μαγματική δράση, κυκλοφορία υδροθερμικών διαλυμάτων, μηχανισμοί αποσάθρωσης, δράση του έμβριου κόσμου →
μεταλλογενετικές διεργασίες →
σχηματισμός κοιτασμάτων.
- ❑ Π.χ. πολλά κοιτάσματα πορφυρικού χαλκού και μολυβδενίου τα οποία εκδηλώνονται σε μεγάλα βάθη έχουν ανακαλυφθεί μέσω της χημικής ανάλυσης επιφανειακών δειγμάτων πορφύρη.



Σχηματική αναπαράσταση κοιτάσματος πορφυρικού χαλκού



Εικόνα 4

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Μελέτη της χημείας της απορροής μεταλλείων → προσδιορισμός ποικίλων παραμέτρων μέσω μετρήσεων τόσο στο ύπαιθρο, όσο και στο εργαστήριο.



Εικόνα 5

Εικόνα 6



ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ:

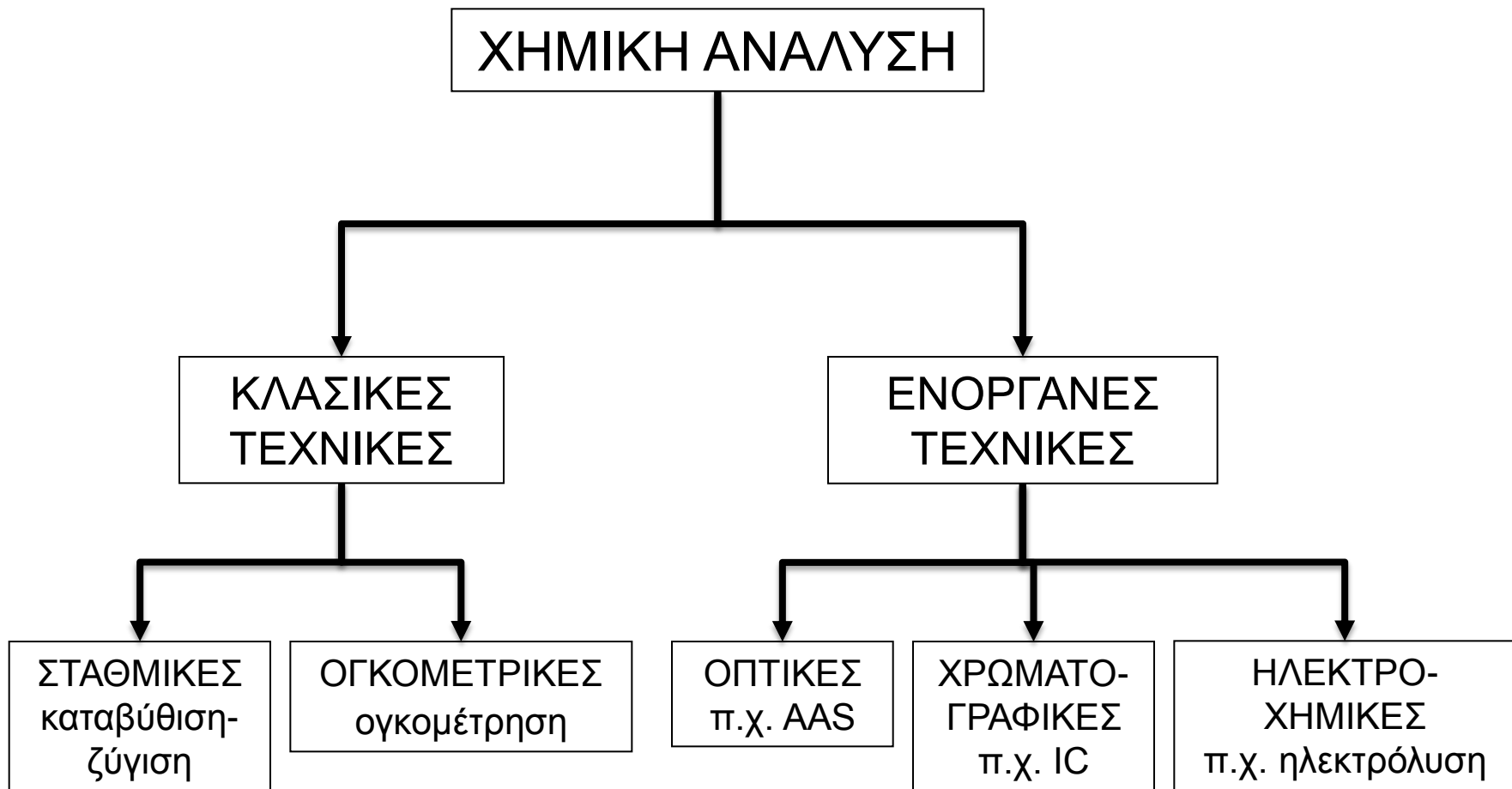
- Τη μάζα του αναλυόμενου δείγματος
(**Μακρο-, Ημιμικρο-, Μικρο-, Υπερμικρο-**)
- Τις συνέπειες στην αρχική μορφή του δείγματος.
(**καταστρεπτικές ή μη καταστρεπτικές**).
- Τη μετρούμενη ιδιότητα του δείγματος. (**κλασικές και ενόργανες**).
- Τον αυτοματισμό τους. (**Συνεχείς ή ασυνεχείς**)
- Τις εφαρμογές τους.



ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΤΕΧΝΙΚΗ-ΜΕΘΟΔΟΣ

- Η αξιοποίηση ενός φυσικού ή χημικού φαινομένου στη χημική ανάλυση για παροχή ποιοτικών ή και ποσοτικών πληροφοριών σχετικά με την χημική σύσταση ορίζεται ως **αναλυτική τεχνική** (analytical technique).
- **Αναλυτική μέθοδος** (analytical method) είναι η εφαρμογή μιας αναλυτικής τεχνικής για την επίλυση ενός αναλυτικού προβλήματος.





Εικόνα 7



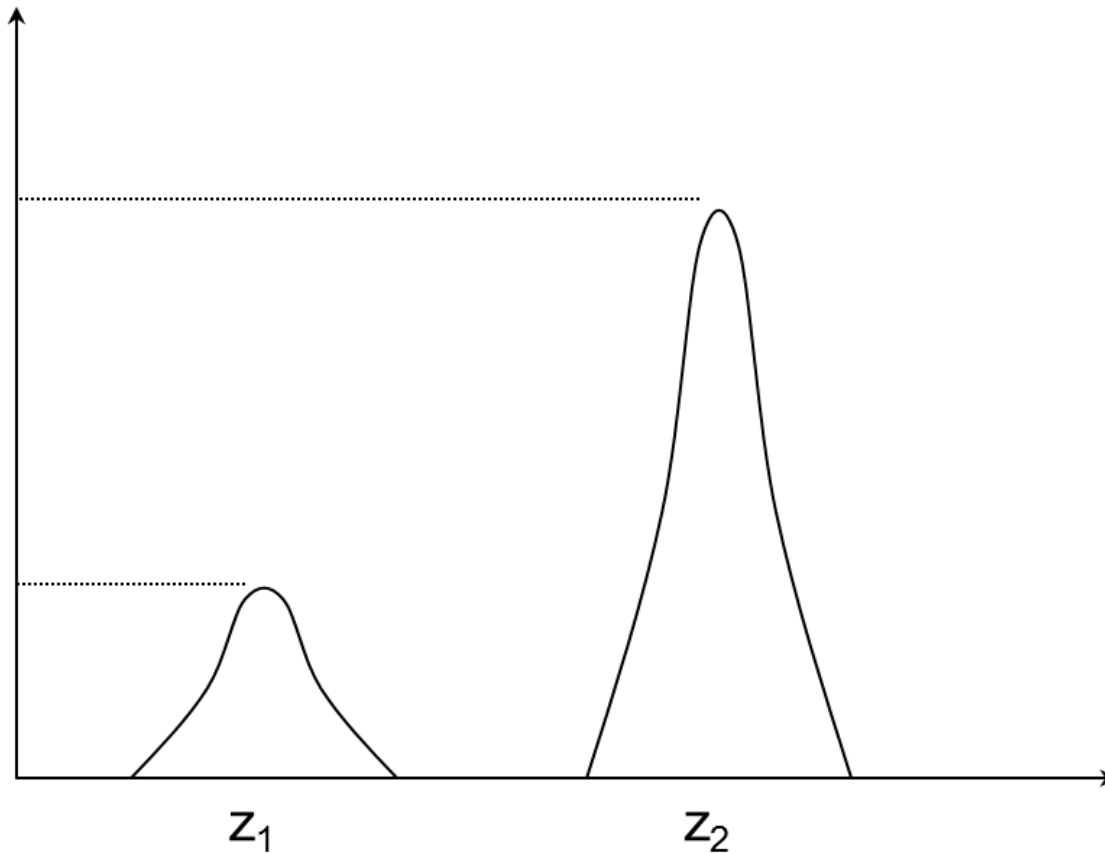
Χαρακτηριστικά απόδοσης αναλυτικών μεθόδων

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟ	ΚΛΑΣΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ	ΕΝΟΡΓΑΝΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ
ΚΟΣΤΟΣ	χαμηλό	υψηλό
ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	ικανοποιητική	ικανοποιητική-χαμηλή
ΕΥΑΙΣΘΗΣΙΑ	μικρή	μεγάλη
ΕΚΛΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	μικρή	μεγάλη
ΤΑΧΥΤΗΤΑ	μικρή	μεγάλη
ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	μεγάλη (καταστρεπτικές)	μικρή
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΣ	όχι	ναι
ΕΠΙΔΕΞΙΟΤΗΤΑ ΧΕΙΡΙΣΤΗ	υψηλή	χαμηλή

Πίνακας 4



ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ

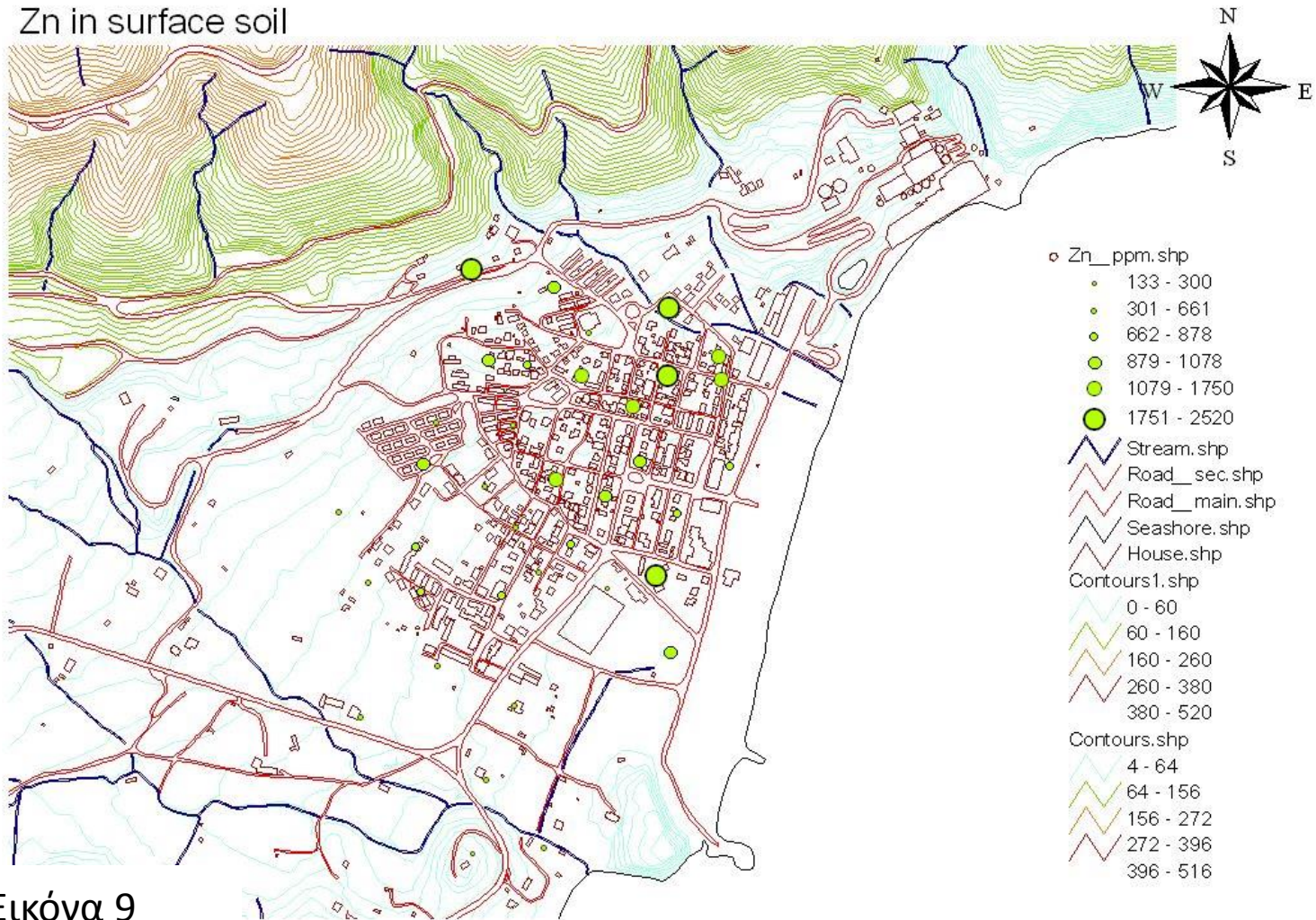


Εικόνα 8



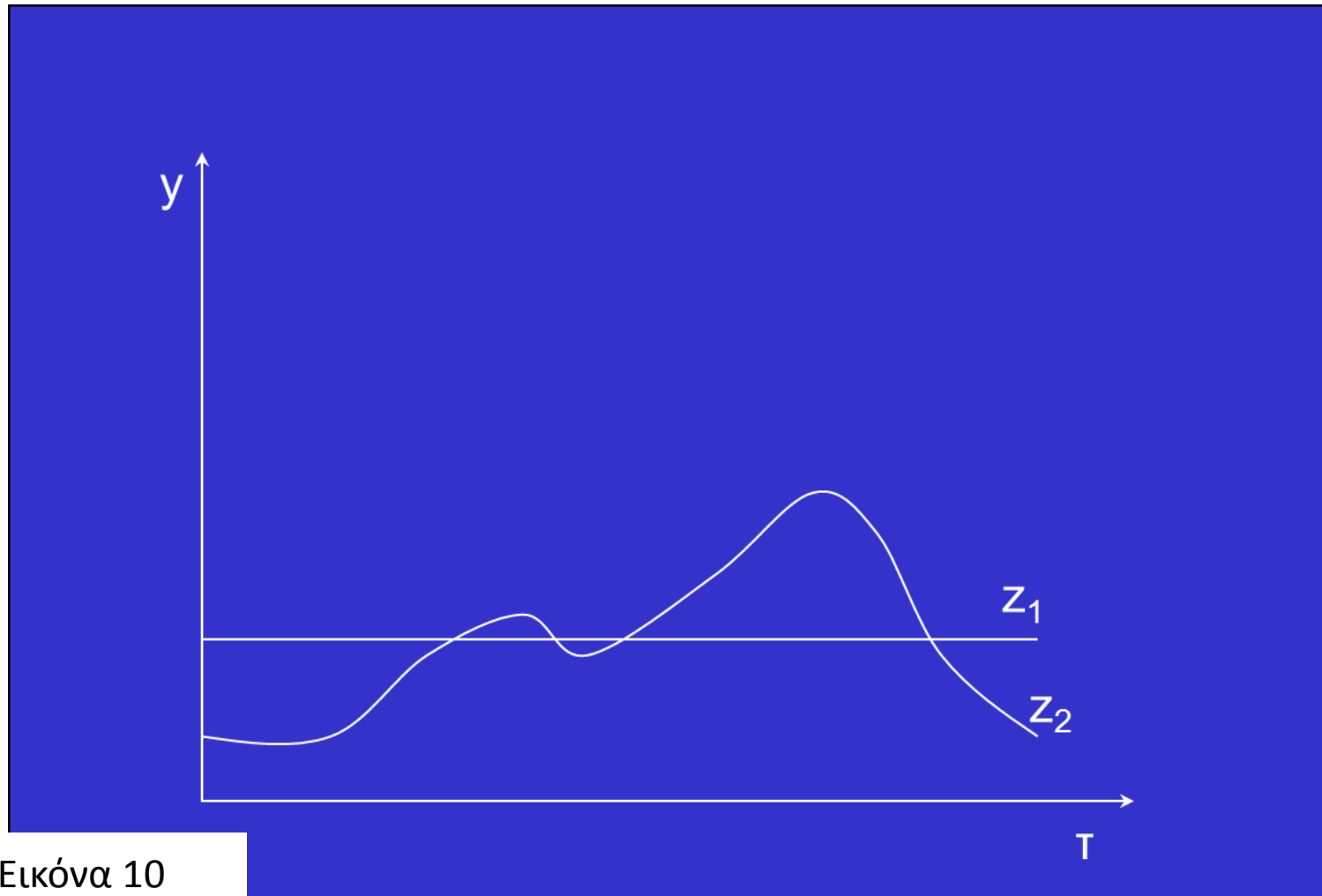
ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ

Zn in surface soil



Εικόνα 9

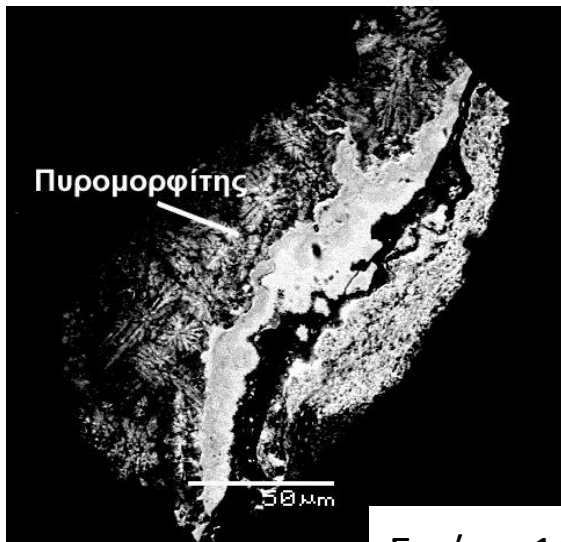
ΑΝΑΛΥΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ



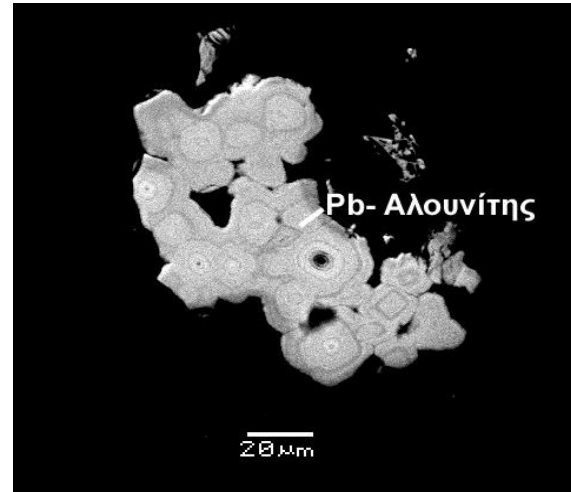
Εικόνα 10

ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΟΜΗΣ

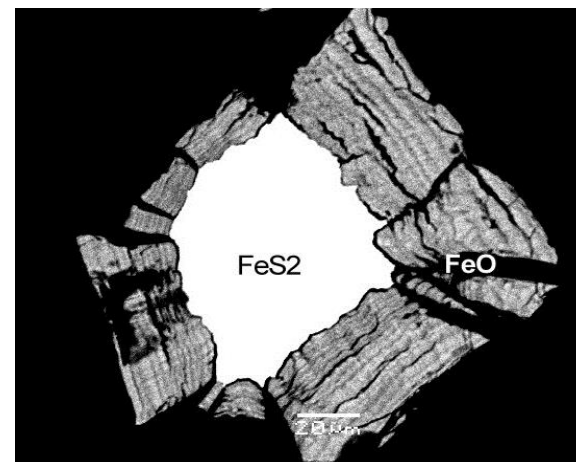
Δέσμευση μετάλλων σε στερεές φάσεις που σχηματίζονται στο έδαφος του Στρατωνίου. Εικόνες από το ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (SEM) του Τμήματος Γεωλογίας.



Εικόνα 11



Εικόνα 12



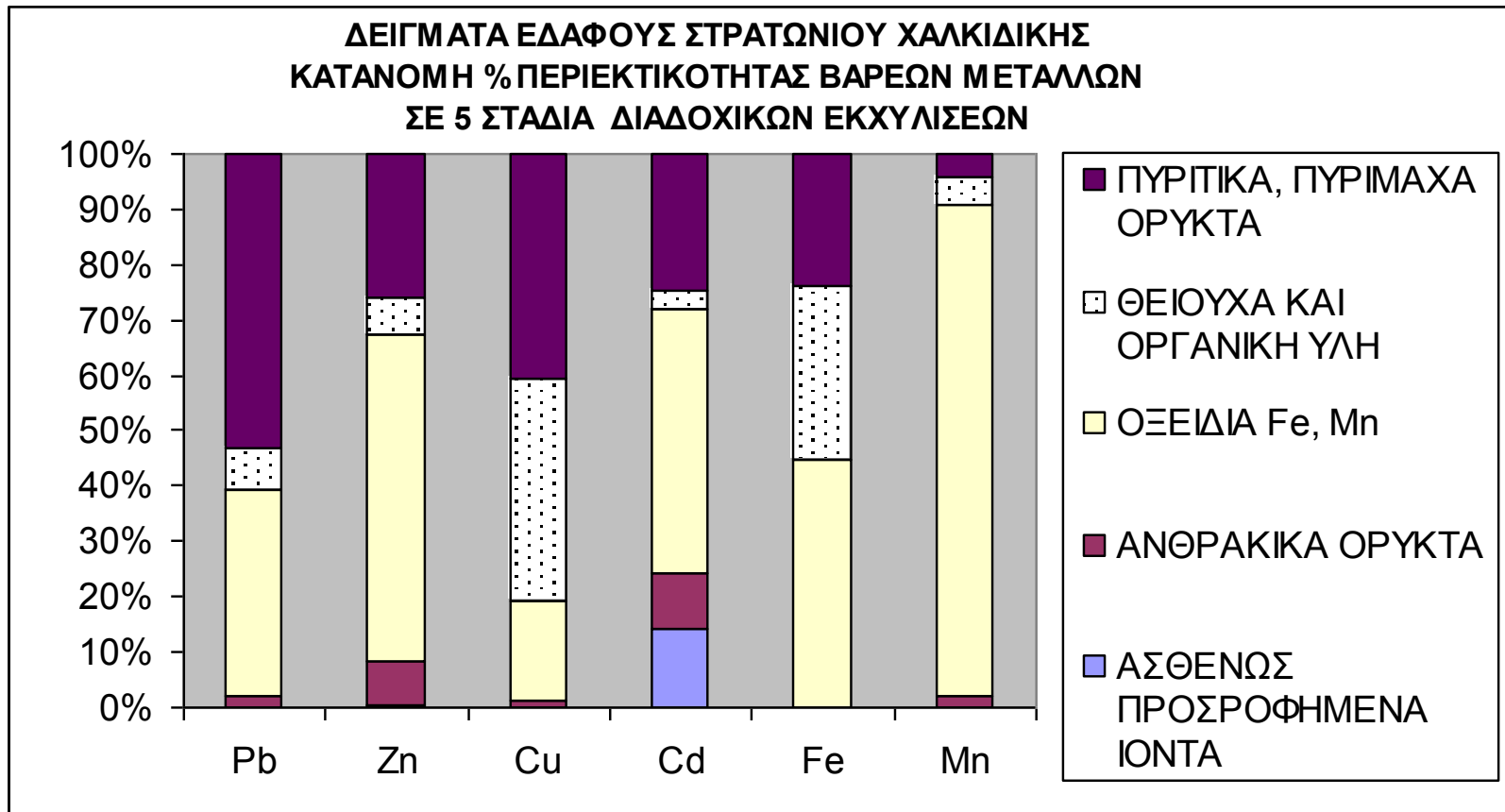
Εικόνα 13

ΟΛΙΚΗ – ΜΕΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (1/2)

- ❑ **Ολική:** προσδιορισμός του συνόλου των στοιχείων που απαντώνται στο δείγμα.
- ❑ **Μερική:** ποσοτικός προσδιορισμός ενός κλάσματος των στοιχείων του δείγματος.
- ❑ Χρήση κατάλληλων αντιδραστηρίων που επιδρούν εκλεκτικά στα συστατικά του δείγματος.



ΟΛΙΚΗ – ΜΕΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (2/2)



Εικόνα 14

ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ:

- Ποια στοιχεία ή χημικές ενώσεις πρέπει να προσδιοριστούν;
- Ποιες οι αναμενόμενες συγκεντρώσεις, ποια τα όρια ανιχνευσιμότητας;
- Ποια τα συστατικά της μήτρας και ποιες οι πιθανές παρεμβολές στον προσδιορισμό των εξεταζόμενων στοιχείων ή ενώσεων;
- Ποια η απαιτούμενη ακρίβεια και επαναληψιμότητα των μετρήσεων καθώς και η μετέπειτα χρήση των αναλυτικών αποτελεσμάτων;
- Ποιοι οι οικονομικοί, χρονικοί, νομικοί περιορισμοί της χημικής ανάλυσης;



ΕΠΙΤΥΧΙΑ ΧΗΜΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

- ✓ Προσεκτικός σχεδιασμός και προγραμματισμός εργαστηριακών εργασιών.
- ✓ Αντιπροσωπευτικά χονδρικά δείγματα.
- ✓ Μελέτη βιβλιογραφίας.
- ✓ Χαρακτηριστικά απόδοσης αναλυτικής μεθόδου.
- ✓ Διαθεσιμότητα αντιδραστηρίων, κόστος, απαιτούμενος χρόνος.



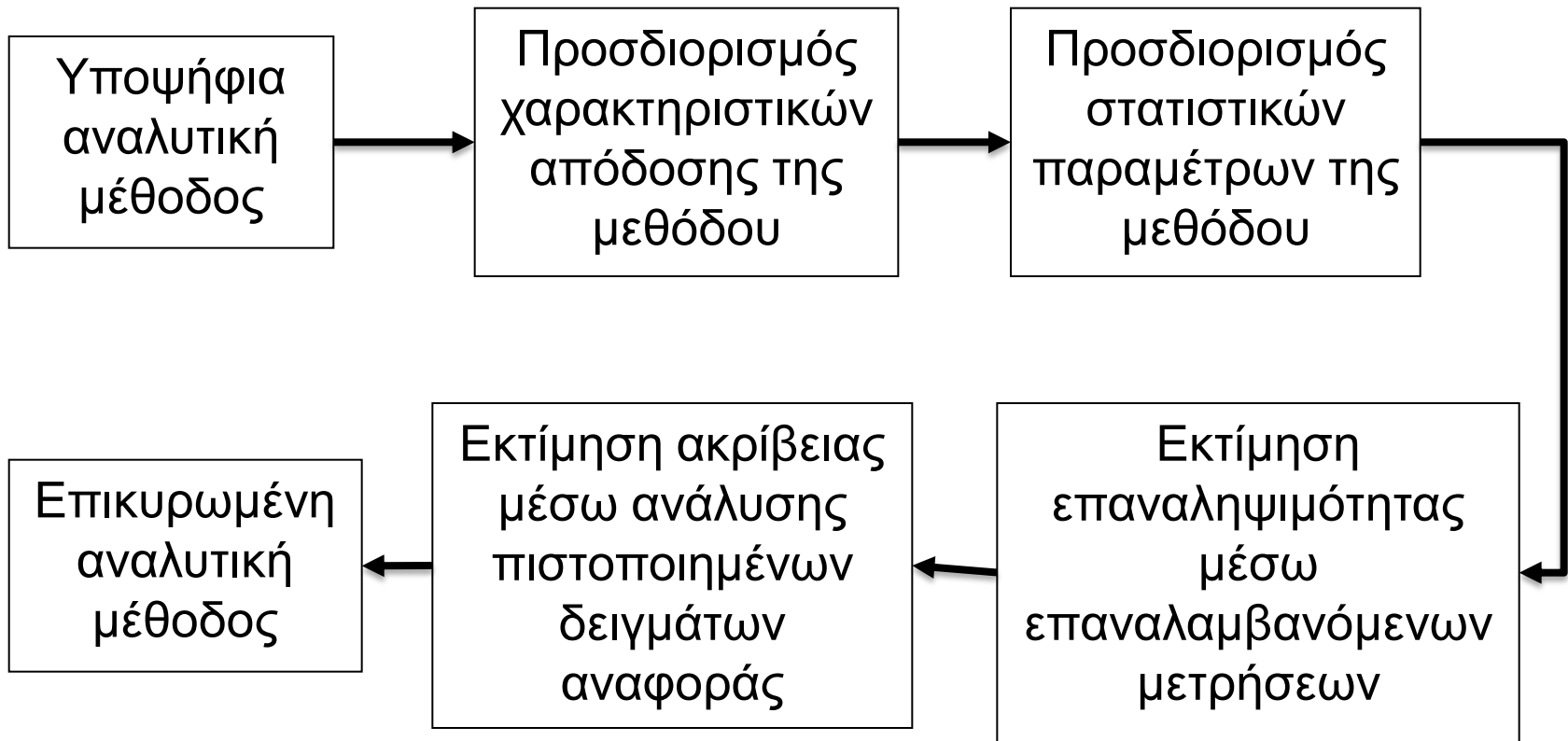
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Χαρακτηριστικό	Αγγλικός όρος	Περιγραφή
Όριο ανίχνευσης	Limit of detection	Η μικρότερη συγκέντρωση της ουσίας που μπορεί να προσδιοριστεί με ορισμένη αξιοπιστία.
Ακρίβεια	Accuracy, bias	Μέτρο της εγγύτητας της πειραματικής τιμής προς την αληθινή τιμή.
Επαναληψιμότητα	Precision	Χαρακτηρίζει τη συμφωνία των αποτελεσμάτων μιας σειράς μετρήσεων.
Εκλεκτικότητα ή επιλεκτικότητα	Specificity, selectivity	Η ικανότητα μιας αναλυτικής μεθόδου να προσδιορίζει μια ουσία (αναλυτής) παρουσία άλλων ουσιών (μήτρα).
Ανάκτηση ή απόδοση	Recovery	Το ποσοστό της συνολικής ποσότητας της ουσίας το οποίο προσδιορίζεται μετά από ένα ή περισσότερα στάδια της αναλυτικής μεθόδου.
Αναλυτική περιοχή	Range, calibration range	Η περιοχή συγκεντρώσεων όπου μπορεί να προσδιοριστεί ο αναλυτής με ορισμένη αξιοπιστία.
Στιβαρότητα	Robustness, ruggedness	Ικανότητα μεθόδου να "ανθίσταται" (δηλ. να παράγει ορθά αποτελέσματα) σε μικρές μεταβολές πειραματικών παραμέτρων.

Πίνακας 4



ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ-ΕΠΙΚΥΡΩΣΗ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ



Τέλος Ενότητας

Αναλυτική Γεωχημεία - Εισαγωγή

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημειώματα

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Εθνικών και Καποδιστριακών Πανεπιστημίων Αθηνών, Αριάδνη Αργυράκη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια. «Υδρογεωχημεία-Αναλυτική Γεωχημεία. Αναλυτική Γεωχημεία-Εισαγωγή». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<http://opencourses.uoa.gr/courses/GEOL103/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.



Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1: Περιοδικός πίνακας στοιχείων. Copyright Marl Winter (University of Sheffield and WebElements LTd, UK) 1993-2015. Σύνδεσμος: www.webelements.com

Εικόνα 2: Ιδιότητες στοιχείων. Ελεύθερη διανομή. Σύνδεσμος: https://en.wikipedia.org/wiki/Periodic_trends

Εικόνα 3: Διάγραμμα ανωμαλίας ιριδίου. Copyright American Association for the Advancement of Science (AAAS) 2015. Πηγή: Extraterrestrial cause for the Cretaceous- Tertiary extinction, by Alvarez et al. In Science, 208 (1980): 1095- 1108.

Εικόνα 4: Σχηματική αναπαράσταση κοιτάσματος πορφυρικού χαλκού. Copyright U.S. Geological Survey. Σύνδεσμος: <http://minerals.cr.usgs.gov/gips/na/ore.html>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 7: Διάγραμμα χημικής ανάλυσης. Copyright Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Πηγή: Αναλυτική Χημεία: Θέματα και Προβλήματα. Συντάκτης, Λιοδάκης Σ., 2001.

Κατάλογος ΟΡΑΣ, ΕΚΠΑ.

Εικόνα 8: Διάγραμμα ποιοτικής και ποσοτικής ανάλυσης περιεκτικότητας. Copyright Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Πηγή: Αναλυτική Χημεία: Θέματα και Προβλήματα. Συντάκτης, Λιοδάκης Σ., 2001. Κατάλογος ΟΡΑΣ, ΕΚΠΑ.

Εικόνα 10: Διάγραμμα ανάλυσης χημικών στοιχείων. Copyright Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Πηγή: Αναλυτική Χημεία: Θέματα και Προβλήματα. Συντάκτης, Λιοδάκης Σ., 2001. Κατάλογος ΟΡΑΣ, ΕΚΠΑ.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακες

Πίνακας 1,2,3: Σύσταση γήινου φλοιού. Copyright Elsevier B.V. , 2005. Πηγή: The crust. Eddited by R.L. Rudnick

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά απόδοσης αναλυτικών μεθόδων. Copyright Εκδόσεις Παπασωτηρίου. Πηγή: Αναλυτική Χημεία: Θέματα και Προβλήματα. Συντάκτης, Λιοδάκης Σ., 2001. Κατάλογος ΟΡΑΣ, ΕΚΠΑ.

