



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Ο Διδάσκων

Παύλος Αβραμίδης - Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

Επικουρικό Διδακτικό Έργο

Αλέξανδρος Εμμανουηλίδης - MSc Γεωλόγος Υποψήφιος Διδάκτορα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Άσκηση 1

Κοκκομετρική Ανάλυση – Ταξινόμηση Ιζημάτων.....1

Άσκηση 2

Στατιστικοί Παράμετροι Ιζημάτων.....8

Άσκηση 3

Κοκκομετρική Ανάλυση – Ταξινόμηση Ιζημάτων.....13

Άσκηση 4

Τριγωνικά Διαγράμματα – Περιβάλλοντα Ιζηματογένεσης.....17

Άσκηση 5

Παλαιορευματική Ανάλυση.....20

Άσκηση 6

Παλαιορευματική Ανάλυση.....27

Άσκηση 7

Μητρώο Γεώτρησης – Ιζηματολογικές Φάσεις.....29

Άσκηση 8

Μητρώο Γεώτρησης – Ιζηματολογικές Φάσεις.....32

Άσκηση 9

Μέθοδοι Ραδιοχρονολόγησης Ιζημάτων – Ρυθμός Ιζηματογένεσης.....34

Άσκηση 10

Στατιστική Επεξεργασία Δεδομένων.....41

Άσκηση 11

Γεωχημικοί Δείκτες Ιζημάτων.....46

Άσκηση 12

Ισοπαχείς – Φασικοί Χάρτες.....51

Εισαγωγή

Οι Σημειώσεις του Εργαστηρίου Ιζηματολογίας συντάχθηκαν προκειμένου να καλύψουν τις απαιτήσεις του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος της Ιζηματολογίας, το οποίο διδάσκεται στους δευτεροετείς φοιτητές του Τμήματος Γεωλογίας. Η ύλη αποτελείται από 13 εργαστηριακές ασκήσεις οι οποίες καλύπτουν τους ακόλουθους βασικούς άξονες του μαθήματος:

1. Ταξινόμηση Ιζημάτων - Κοκκομετρική Ανάλυση – Τριγωνικά διαγράμματα
2. Επεξεργασία Παλαιογεωλογικών Δεδομένων
3. Κατασκευή Μητρώων Γεωτρήσεων και Στρωματογραφικής Στήλης
4. Μέθοδοι Ραδιοχρονολόγησης Ιζημάτων και Ρυθμός Ιζηματογένεσης
5. Στατιστική Επεξεργασία Ιζηματολογικών και Γεωχημικών Δεδομένων – Markov Ανάλυση
6. Γεωχημικοί Δείκτες και Περιβάλλον Ιζηματογένεσης
7. Ισοπαχείς – Φασικοί Χάρτες

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Όπως κάθε στερεό υλικό, έτσι και οι ιζηματογενείς κόκκοι έχουν ορισμένες διαστάσεις στο χώρο που εκφράζονται με τον όρο **μέγεθος**. Η ταξινόμηση γίνεται, με βάση τη **διάμετρο** των κόκκων, σε τρεις βασικές ομάδες: 1) κροκάλες – χαλίκια, 2) άμμος και 3) ιλύς – άργιλος. Στη βασική αυτή ταξινόμηση ισχύουν τα ακόλουθα όρια (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Ταξινόμηση κόκκων με βάση το μέγεθός τους.

Μέγεθος Κόκκων (mm)	Ονομασία Ιζήματος	Ονομασία Πετρώματος
> 2	Κροκάλες - Χαλίκια (gravel)	Ψηφίτης
2 - 0.0625	Άμμος (sand)	Ψαμμίτης
0.0625 - 0.0020	Ιλύς (silt)	Ιλυόλιθος
<0.0020	Άργιλος (clay)	Αργιλόλιθος

Οι ιζηματολόγοι θεωρούν ότι οι κόκκοι έχουν μια περίπου σφαιρική μορφή και για αυτό η έννοια του μεγέθους έχει ταυτιστεί με την έννοια της **διαμέτρου της σφαίρας**. Στη φύση συναντώνται σφαιρικοί κόκκοι σε αποθέσεις άμμου, αλλά οι περισσότεροι κόκκοι, σε όλες τις κατηγορίες του μεγέθους, δεν είναι σφαιρικοί. Το πρόβλημα, που γεννιέται στην περίπτωση αυτή είναι ποια διάσταση του κόκκου πρέπει να μετρήσουμε. Εφόσον η ανάλυση του μεγέθους των κόκκων γίνεται με τη μέθοδο του κοσκινίσματος, όπου οι κόκκοι διέρχονται μέσα από τις οπές του πλέγματος, η έννοια του μεγέθους ταυτίζεται με την έννοια του **«μήκους του μικρότερου άξονα»** των τρισδιάστατων κόκκων. Εφόσον όμως η ανάλυση του μεγέθους των κόκκων γίνεται με μεθόδους καθίζησης (σωλήνα καθίζησης, σιφώνιο, υδρόμετρο), τότε η έννοια του μεγέθους εκφράζεται από τη **«διάμετρο ελεύθερης πτώσης»** που θεωρεί τον κόκκο ως μια σφαίρα με ορισμένη πυκνότητα και ταχύτητα βύθισης (πτώσης). Η καλύτερη δυνατή έκφραση της έννοιας του μεγέθους γίνεται με την **ογκοδιάμετρο**, δηλαδή τη διάμετρο μιας σφαίρας που έχει τον ίδιο όγκο με τον όγκο του υπό μέτρηση κόκκου.

Το μέγεθος των κόκκων μπορεί να εκφραστεί με 2 μεθόδους:

1. **Γεωμετρική μέθοδο**, στην οποία το μέγεθος προβάλετε σε κλασματική κλίμακα (mm).
2. **Αριθμητική μέθοδο**, στην οποία το μέγεθος προβάλετε σε λογαριθμική κλίμακα Φ, όπου **$\Phi = -\log_2 D$** (**D = μέγεθος κόκκων σε mm**).

Το πλεονέκτημα της κλίμακας Φ είναι ότι αποτελείται από ακέραιους θετικούς και αρνητικούς αριθμούς με βάση το 0, το οποίο αντιστοιχεί σύμφωνα με τον παραπάνω τύπο στο **1 mm**. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η κατάταξη των κόκκων με βάση το μέγεθός τους σε mm, μm και με

βάση την κλίμακα Φ , καθώς και η γενική και ειδική ορολογία που χαρακτηρίζει τις διάφορες ομάδες μεγεθών.

Πίνακας 2. Διάμετρος κόκκων σε mm, μm και Φ , ειδική και γενική ορολογία κατά Wentworth (1922).

Millimeters (mm)	Micrometers (μm)	Phi (Φ)	Wentworth size class		
4096		-12.0			
256		-8.0	Boulder	Gravel	
64		-6.0	Cobble		
4		-2.0	Pebble		
			Granule		
2.0		-1.0			
			very coarse sand	Sand	
1.0		0.0	coarse sand		
1/2	500	1.0	medium sand		
1/4	250	2.0	fine sand		
1/8	125	3.0	very fine sand		
1/16	63	4.0		MUD	
1/32	31	5.0	coarse silt		Silt
1/64	15.6	6.0	medium silt		
1/128	7.8	7.0	fine silt		
1/256	3.9	8.0	very fine silt		
	0.06	14.0	clay		

Με το τέλος μιας κοκκομετρικής ανάλυσης, υπολογίζονται πάντα: α) το επί τοις εκατό (%) βάρος των κόκκων κάθε διαμέτρου και β) το επί τοις εκατό (%) αθροιστικό βάρος. Η παραπέρα επεξεργασία των στοιχείων της ανάλυσης μπορεί να γίνει με δύο μεθόδους:

- Τη **γραφική μέθοδο** που αποτελεί πια κλασική μέθοδο για τους ιζηματολόγους.
- Τη **μαθηματική ή αριθμητική μέθοδο** που σπάνια χρησιμοποιείται.

Και οι δύο μέθοδοι εφαρμόζονται με την προϋπόθεση ότι οι κόκκοι, που βρίσκονται σε ένα ίζημα και καλύπτουν ένα εύρος μεγεθών, **αποτελούν τα επιμέρους στοιχεία ενός πληθυσμού με την παραδοχή ότι ο πληθυσμός αυτός έχει μια κανονική κατανομή**. Στην πράξη βέβαια, πολύ σπάνια υπάρχει μια τέτοια κανονική κατανομή και σε πολλές περιπτώσεις φαίνεται η ανάμειξη περισσότερων πληθυσμών μέσα στο ίδιο στρώμα ή δείγμα. Αν τοποθετηθεί το μέγεθος (Φ) και η συχνότητα (%) σε ένα σύστημα αξόνων και σχηματιστεί ένα ιστόγραμμα, τότε θα διαπιστώνεται αν υπάρχει ένας ή περισσότεροι πληθυσμοί με κανονική ή όχι κατανομή.

Στη γραφική μέθοδο, η συχνότητα (αθροιστικό βάρος %) τοποθετείται σε έναν κατακόρυφο λογαριθμικό άξονα και το μέγεθος (Φ) τοποθετείται σε έναν οριζόντιο άξονα, ο οποίος στην πράξη είναι και αυτός λογαριθμικός ($\Phi = -\log_2 D$). Η ένωση με γραμμή των σημείων που προκύπτουν από την προβολή της συχνότητας και του μεγέθους σχηματίζουν τη **λογαριθμική καμπύλη**. Αν η λογαριθμική καμπύλη είναι μια ευθεία γραμμή, τότε έχουμε έναν πληθυσμό κανονικό, ενώ αν αυτή αποτελείται από μικρότερα ευθύγραμμα τμήματα που σχηματίζουν γωνίες μεταξύ τους, τότε έχουμε περισσότερους πληθυσμούς σε ανάμειξη ή μη κανονική κατανομή.

Μέθοδοι Κοκκομετρικής Ανάλυσης Κλαστικών Ιζημάτων

Η κοκκομετρική ανάλυση αποτελεί βασικό εργαλείο στην ιζηματολογία καθώς βοηθάει στην ερμηνεία και τον προσδιορισμό του τρόπου μεταφοράς και απόθεσης των κλαστικών ιζημάτων ενώ το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος και η κατανομή τους βοηθάει στην ταξινόμηση των ιζημάτων. Οι πιο συνηθισμένοι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε για την κοκκομετρική ανάλυση των ιζημάτων είναι οι ακόλουθοι:

- **Ξηρή Κοσκίνηση**

Χρησιμοποιούμε κόσκινα με σίτες συγκεκριμένου ανοίγματος το οποίο συνήθως αντιστοιχεί στα όρια των διαφορετικών κλασματικών μεγεθών που αναφέρθηκαν (κροκάλες, άμμος, ιλύς άργιλος). Αρχικά, απαραίτητη είναι η ξήρανση του δείγματος του οποίου θα αναλυθεί στους 75-80 °C, για 24-48 ώρες. Με το τέλος της ξήρανσης, υπολογίζεται η μάζα του δείγματος με ζυγό ακριβείας. Στη συνέχεια, το δείγμα τοποθετείται σε σειρά κοσκίνων και σε μηχανισμό δόνησης για περίπου 10 λεπτά. Τα επιμέρους κλάσματα τα οποία έχουν διαχωριστεί ξαναζυγίζονται και γίνεται αναγωγή στο επί τοις εκατό μέγεθος. Από τα αποτελέσματα, κατασκευάζονται οι καμπύλες συχνότητας και ιστογράμματα κατανομής μεγεθών.

- **Μέθοδος Σιφωνίου**

Βασίζεται στο ότι, μέσα σε ένα ρευστό, κόκκοι με διαφορετικό μέγεθος έχουν διαφορετικές ταχύτητες καθίζησης. Βασικός κανόνας πίσω από τη μέθοδο είναι ότι οι μικροί κόκκοι που καθιζάνουν μέσα σε ένα υγρό αποκτούν μια σταθερή ταχύτητα καθίζησης μόλις η αντίσταση του υγρού που ασκείται στον κόκκο, εξισωθεί με τη δύναμη καθίζησης που ενεργεί στον κόκκο αυτό (νόμος του Stokes).



Εικόνα 1. Σειρά κοσκίνων διαφορετικής διαμέτρου με συσκευή δόνησης.

- **Μέθοδος Υδρόμετρου**

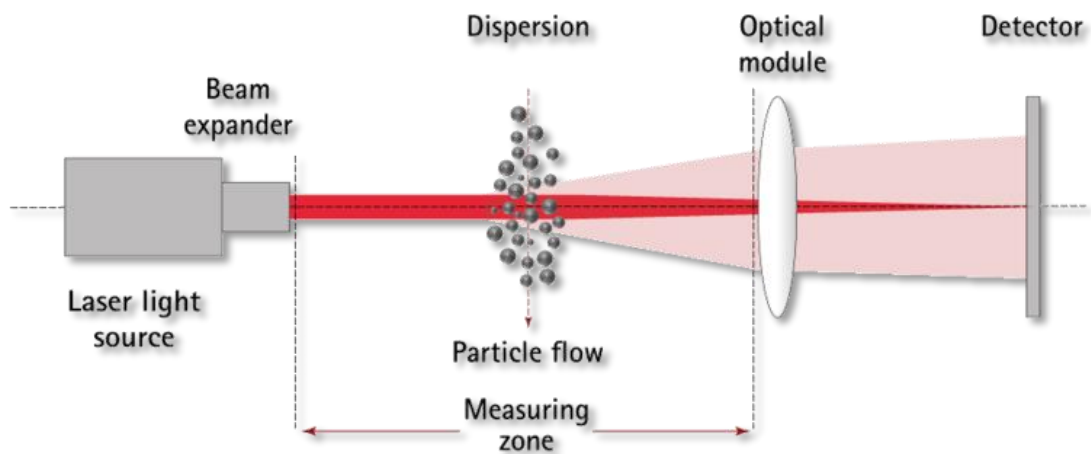
Κατά τη διάρκεια της μεθόδου πραγματοποιούνται μετρήσεις πυκνότητας – συγκέντρωσης του εν αιώρησής στερεού υλικού μέσα σε ένα υγρό μέσο. Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στο νόμο του **Stokes** σύμφωνα με τον οποίο η ταχύτητα καθίζησης ενός κόκκου μέσα σε ένα υγρό μέσο είναι ανάλογη με την πυκνότητα του ιζήματος, τη διάμετρο του κάθε κόκκου και την επιτάχυνση g.

- **Κοκκομετρική Ανάλυση με λέιζερ**

Η τεχνική της περίθλασης με λέιζερ βασίζεται στο ότι τα σωματίδια που διέρχονται από μια δέσμη λέιζερ θα σκεδάσουν το φως σε γωνία που έχει άμεση σχέση με το μέγεθός τους (Εικόνα 2, 3). Το εύρος μεγέθους κατά τη διάρκεια της μέτρησης είναι άμεσα συνδεδεμένο με το φάσμα της γωνίας σκέδασης. Καθώς το μέγεθος των κόκκων μειώνεται, η γωνία σκέδασης αυξάνεται λογαριθμικά. Η ένταση της σκέδασης εξαρτάται επίσης από το μέγεθος των σωματιδίων και μειώνεται σε σχέση με τα σωματίδια της εγκάρσιας διατομής. Μεγάλα σωματίδια, επομένως σκεδάζουν το φως σε μικρές γωνίες με υψηλή ένταση, ενώ τα μικρά σωματίδια σκεδάζουν σε ευρύτερες οπτικές γωνίες, αλλά με χαμηλή ένταση. Το φως που προκαλεί η περίθλαση παράγεται από ένα ευρύ φάσμα υπό γωνίες, μετράτε από 52 αισθητήρες και τελικά συσσωρεύετε σε 100 μέρη διαφορετικής κλάσης μεγέθους.



Εικόνα 2. Συσκευή Mastersizer 2000 της εταιρίας Malvern.

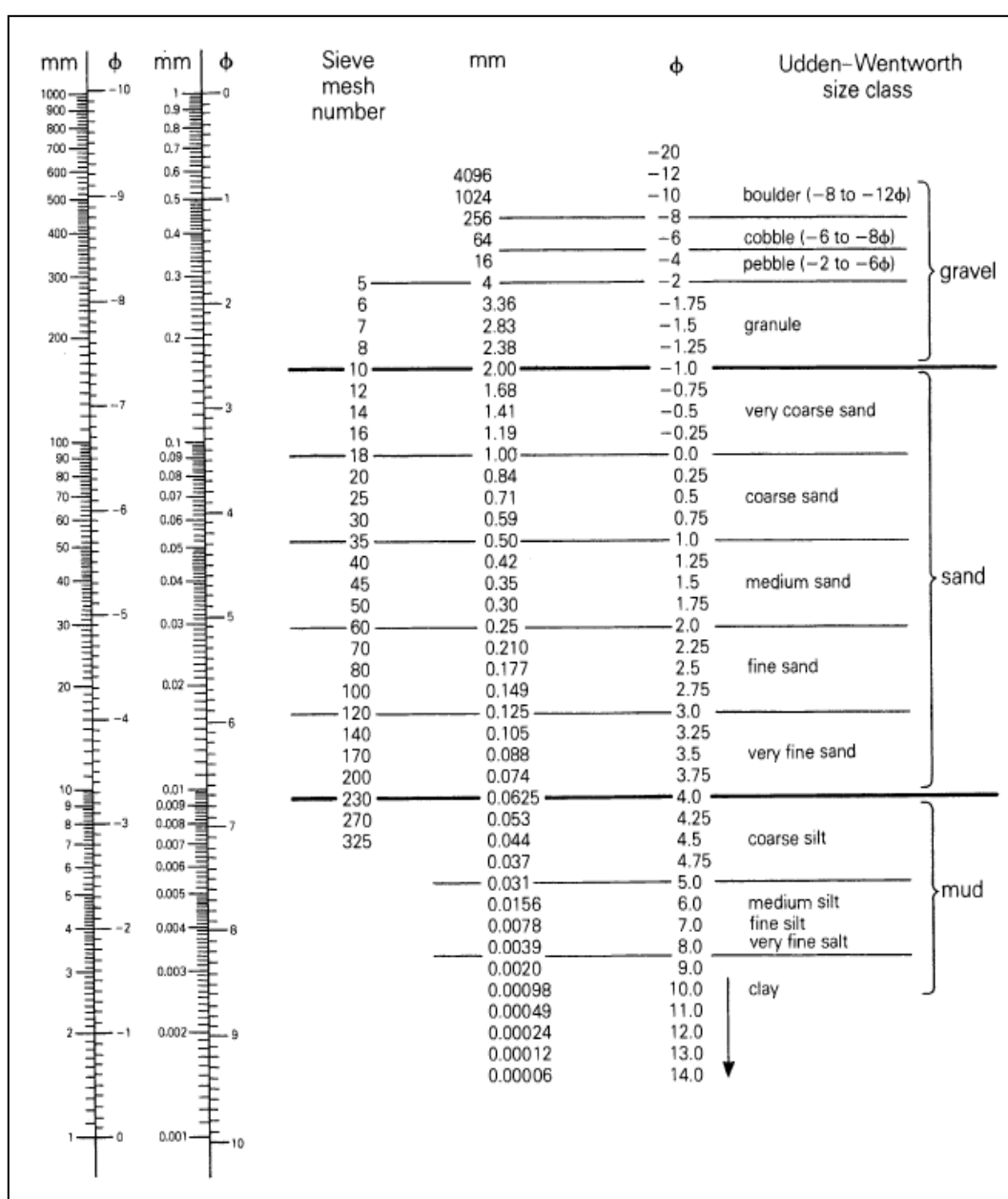


Εικόνα 3. Απλοποιημένο διάγραμμα της διαδικασίας περίθλασης.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

1. Χρησιμοποιώντας το νομόγραμμα που ακολουθεί μετατρέψτε τις ποσότητες από mm σε Φ και από Φ σε mm. Γράψτε σε ποια κλάση (κατηγορία) κατατάσσεται το κάθε υλικό:

15mm =	φ		-8,1φ =	mm
1,3mm =	φ		-5,2φ =	mm
0,6mm =	φ		1,3φ =	mm
0,12mm =	φ		6,7φ =	mm
0,036mm =	φ		9,75φ =	mm



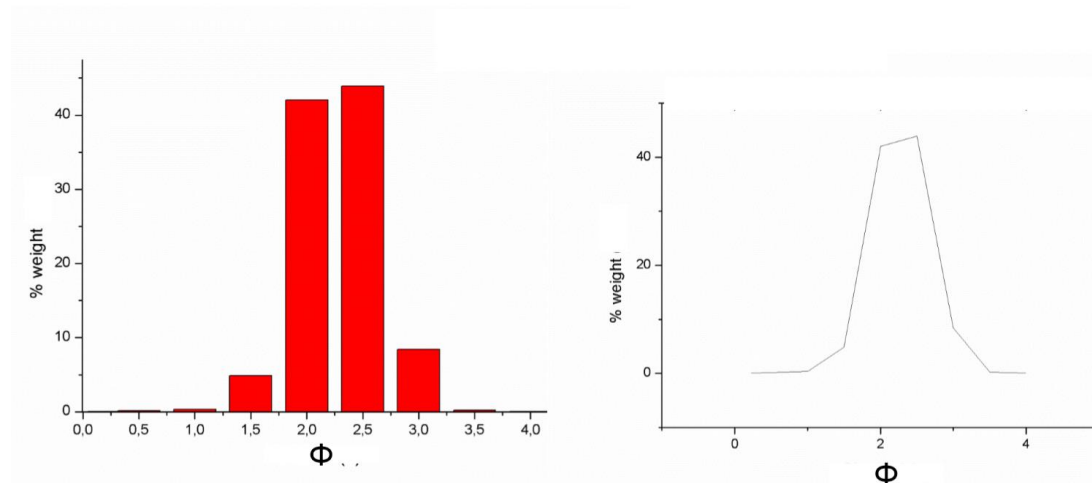
2. Τα αποτελέσματα μιας κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΚΛΑΣΗ (mm)	ΚΛΑΣΗ (Φ)	ΔΕΙΓΜΑ Α (gr)	ΔΕΙΓΜΑ Β (gr)	ΔΕΙΓΜΑ Α (%)	ΔΕΙΓΜΑ Β (%)
2 - 4		4.32	1.2		
1 - 2		1.06	4.33		
0.5 - 1		4.11	6.73		
0.25 - 0.5		9.87	20.87		
0.125 - 0.25		18.37	12.32		
0.0625 - 0.125		4.31	1.63		
0.031 - 0.0625		1.32	12.2		
0.002 - 0.031		2.7	32.4		
< 0.002		1.44	23.54		
	ΣΥΝΟΛΟ				

Να κατασκευαστεί το ιστόγραμμα για κάθε δείγμα (Α και Β) και να υπολογιστούν για κάθε δείγμα τα ποσοστά της άμμου (sand), ιλύς (silt), αργίλου (clay), χαλικιών (gravel) και του mud (ιλύς + άργιλος). Από την σύγκριση των δυο δειγμάτων τι συμπεράσματα εξάγονται ως προς το κοκκομετρικό μέγεθος.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Το σύνολο των κόκκων που αντιπροσωπεύει ένα δείγμα, μπορεί να θεωρηθεί ως ένας **πληθυσμός**, δηλαδή μια ομάδα στοιχείων με διαφορετικά χαρακτηριστικά (στη συγκεκριμένη περίπτωση τη διάμετρο). Για την προβολή αυτού του πληθυσμού/συνόλου, χρησιμοποιούνται ιστογράμματα κατανομής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1, όπου στον άξονα X προβάλλονται τα όρια (σε κλίμακα Φ) για τις διαμέτρους των κόκκων και στον άξονα Y το επί τοις εκατό (%) ποσοστό για την κάθε ομάδα.



Εικόνα 1. Ιστόγραμμα και καμπύλη (%) συχνότητας που χρησιμοποιούνται για προβολή των ποσοστών μιας κοκκομετρικής ανάλυσης.

Από τη στιγμή που οι κόκκοι ενός δείγματος αποτελούν έναν πληθυσμό/σύνολο, μπορούν να οριστούν για αυτούς στατιστικοί παράμετροι, σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά της κάθε ομάδας μεγέθους. Η χρησιμότητα των στατιστικών αυτών παραμέτρων στην εφαρμοσμένη έρευνα είναι μεγάλη, διότι μπορούν να χαρακτηρίσουν ένα περιβάλλον απόθεσης. Αναλυτικότερα οι στατιστικές παράμετροι είναι οι παρακάτω:

1. Διάμεσος (Mesian, Md)

Το 50% κατά βάρος των κομματιών είναι χονδρότερα από τη διάμεσο και το 50% λεπτότερα από αυτή. Η Διάμεσος (Md) είναι η διάμετρος της αθροιστικής καμπύλης που αντιστοιχεί στο 50% και μπορεί να εκφραστεί σε τιμές Φ ή σε mm. Ο εύκολος και γρήγορος προσδιορισμός αυτής της παραμέτρου, την καθιστά και την πιο κοινά χρησιμοποιούμενη στην κοκκομετρική ανάλυση. Παρόλα αυτά, η Διάμεσος, δεν επηρεάζεται από τα άκρα της καμπύλης και συνεπώς δεν εκφράζει ικανοποιητικά όλο το φάσμα μεγέθους των ιζημάτων, ειδικά για ασύμμετρες κατανομές. Για ιζήματα με δυο τύπους κατανομών (bimodal sediments) η Διάμεσος δεν έχει καμία αξία.

2. Αριθμητικός μέσος (Mean size)

Ο Γραφικός μέσος κατά Folk & Ward (1957) (Mz) υπολογίζει τον αριθμητικό μέσο και είναι πολύ πιο κοντά στο σημείο που δίνει η μέθοδος των ροπών. Επίσης μας δίνει μια πιο καλή εικόνα της κοκκομετρικής κατανομής σε σχέση με τη Διάμεσο (Md) αφού είναι στηριγμένος σε τρία σημεία .

3. Σταθερή ή τυπική απόκλιση (Standard Deviation)

Η σταθερή ή τυπική απόκλιση εκφράζει την ομοιομορφία ή ταξιθέτηση (sorting) των ιζημάτων. Μετρήσεις των τιμών ομοιομορφίας σε ένα μεγάλο αριθμό ιζημάτων προτείνουν, μια λεκτική κλίμακα για την ομοιομορφία ή την ταξιθέτηση καθώς και τη σχέση των διαφόρων περιβαλλόντων ιζηματογένεσης με τις τιμές αυτές του βαθμού ομοιομορφίας.

4. Ασυμμετρία (Asymmetry)

Όταν οι τιμές μιας μεταβλητής δεν ισαπέχουν από το σημείο της μέγιστης συχνότητας και πάντα από τη μια πλευρά του σημείου μέγιστης συχνότητας υπάρχει μεγαλύτερος αριθμός συχνοτήτων σε σχέση προς την άλλη πλευρά του, τότε η καμπύλη είναι ασύμμετρη. Σε μια ασύμμετρη καμπύλη υπάρχουν πάντα προς τη μια πλευρά του τύπου (Mode) περισσότερα απομακρυσμένες τιμές από αυτόν από ότι στην άλλη πλευρά του. Έτσι έχουμε τις συμμετρικές καμπύλες με τη θετική και την αρνητική συμμετρία.

5. Κύρτωση (Kurtosis)

Σε μια κανονική κατανομή το διάστημα ανάμεσα στο σ_5 και σ_{95} σε τιμές σ διαμέτρου είναι 2,44 φορές μεγαλύτερο από το αντίστοιχο διάστημα ανάμεσα στο σ_{25} και σ_{75} . Αν ένα δείγμα που δείχνει κανονική κατανομή προβληθεί σε ένα χάρτη συχνότητας πιθανότητας θα δώσει μια ευθεία γραμμή και η τιμή της Κύρτωσης θα είναι 1,00. Κάθε απόκλιση από την ευθεία γραμμή θα μεταβάλλει την πιο πάνω αναλογία και η Κύρτωση είναι η ποσοτική μέτρηση που χρησιμοποιείται για να περιγράψει αυτή την απόκλιση από το κανονικό. Με άλλα λόγια η Κύρτωση μετρά την αναλογία μεταξύ της διασποράς των τιμών (sorting) στα άκρα και της διασποράς των τιμών στην κεντρική περιοχή της κατανομής. Δηλαδή αναφέρεται στο βαθμό συγκέντρωσης των τιμών της μεταβλητής γύρω από το μέσον και τα άκρα (“tails”) της κατανομής.

Οι μαθηματικοί τύποι από τους οποίους υπολογίζουμε τις στατιστικές παραμέτρους των ιζημάτων δίνονται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Στατιστικοί παράμετροι ιζημάτων και μαθηματικοί τύποι για τον υπολογισμό τους (Folk, 1968).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΥΠΟΣ
Αριθμητικός Μέσος (Mean Size)	$Mz = \frac{\Phi 16 + \Phi 50 + \Phi 84}{3}$
Σταθερή Απόκλιση (σi)	$\sigma_i = \frac{\Phi 84 - \Phi 16}{4} + \frac{\Phi 95 - \Phi 5}{6.6}$
Ασσυμετρία (Ski)	$(Ski) = \frac{\Phi 16 - \Phi 84 - 2\Phi 50}{2(\Phi 84 - \Phi 16)} + \frac{\Phi 5 + \Phi 95 - 2\Phi 50}{2(\Phi 95 - \Phi 5)}$
Κύρτωση (K _G)	$K_G = \frac{\Phi 95 - \Phi 50}{2.44(\Phi 75 - \Phi 25)}$

Ανάλογα με την τιμή των στατιστικών παραμέτρων από την οποία ορίζεται το κάθε δείγμα, δίνεται και η περιγραφική ταξινόμηση, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Στατιστικοί παράμετροι ιζημάτων με όρια και χαρακτηρισμό.

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΟΡΙΑ (Φ)	ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ
Σταθερή Απόκλιση (σi)	<0.35	πολύ καλά διαβαθμισμένα
	0.35-0.50	καλά διαβαθμισμένα
	0.50-0.71	μέτρια καλά διαβαθμισμένα
	0.71-1.00	μέτρια διαβαθμισμένα
	1.00-2.00	φτωχά διαβαθμισμένα
	2.00-4.00	πολύ φτωχά διαβαθμισμένα
	>4.00	εξαιρετικά φτωχά διαβαθμισμένα
Ασσυμετρία (Ski)	1.00-0.30	πολύ θετική ασσυμετρία
	0.30-0.10	θετική ασσυμετρία
	0.10-(-0.10)	σχεδόν κανονική ασσυμετρία
	(-0.10)-(-0.30)	αρνητική ασσυμετρία
	(-0.30)-(-1.00)	πολύ αρνητική ασσυμετρία
Κύρτωση (K _G)	<0.67	πολύ πλατύκυρτη
	0.67-0.90	πλατύκυρτη
	0.90-1.11	μεσόκυρτη
	1.11-1.50	λεπτόκυρτη
	1.50-3.00	πολύ λεπτόκυρτη
	>3.00	εξαιρετικά λεπτόκυρτη

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΆΣΚΗΣΗ

Τα αποτελέσματα μιας κοκκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

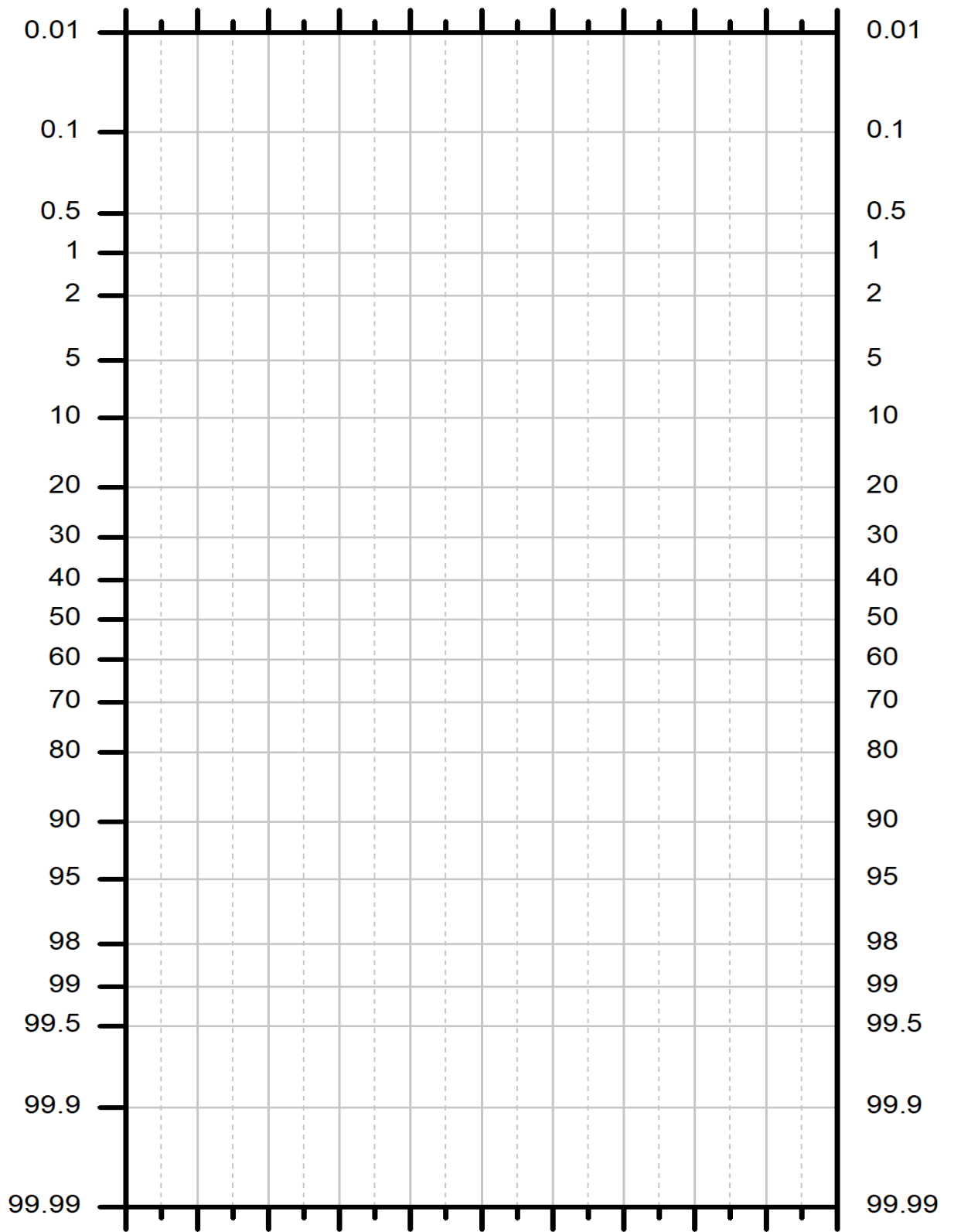
ΚΛΑΣΗ (φ)	Βάρος (gr)	Βάρος (%)	Αθροιστικό Βάρος (%)
-1-0	5,31		
0-1	8,7		
1-2	12,59		
2-3	9,13		
3-4	6,03		
4-5	2,49		
ΣΥΝΟΛΟ:			

- A) Να κατασκευαστεί η αθροιστική καμπύλη τόσο με χρήση αριθμητικής όσο και με κλίμακα συχνότητας πιθανότητας.
- B) Να υπολογιστούν οι στατιστικοί παράμετροι με την κλίμακα συχνότητας πιθανότητας.
- Γ) Περιγράψτε το δείγμα με βάση τις στατιστικές παραμέτρους

φ5 _____ φ75 _____
 φ16 _____ φ84 _____
 φ25 _____ φ95 _____
 φ50 _____

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΤΥΠΟΣ
Αριθμητικός Μέσος (Mean size)	$Mz = \frac{\Phi16 + \Phi50 + \Phi84}{3}$
Σταθερή Απόκλιση (σi)	$\sigma i = \frac{\Phi84 - \Phi16}{4} + \frac{\Phi95 - \Phi5}{6,6}$
Ασυμμετρία (SKi)	$SKi = \frac{\Phi16 + \Phi84 - 2\Phi50}{2(\Phi84 - \Phi16)} + \frac{\Phi5 + \Phi95 - 2\Phi50}{2(\Phi95 - \Phi5)}$
Κύρτωση (Kc)	$Kc = \frac{\Phi95 - \Phi5}{2,44(\Phi75 - \Phi25)}$

Median	Mean	Standard deviation	Skewness	Kurtosis
_____ φ	_____ φ	_____ φ	_____	_____
	_____ mm*			



ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΣΚΗΣΗ 3

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ – ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Με βάση τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης τα οποία παρουσιάζονται στα έντυπα που ακολουθούν (ανάλυση με κόσκινα και πιπέτες):

Α) κατασκευάστε την κοκκομετρική καμπύλη σε κλίμακα συχνότητας πιθανότητας.

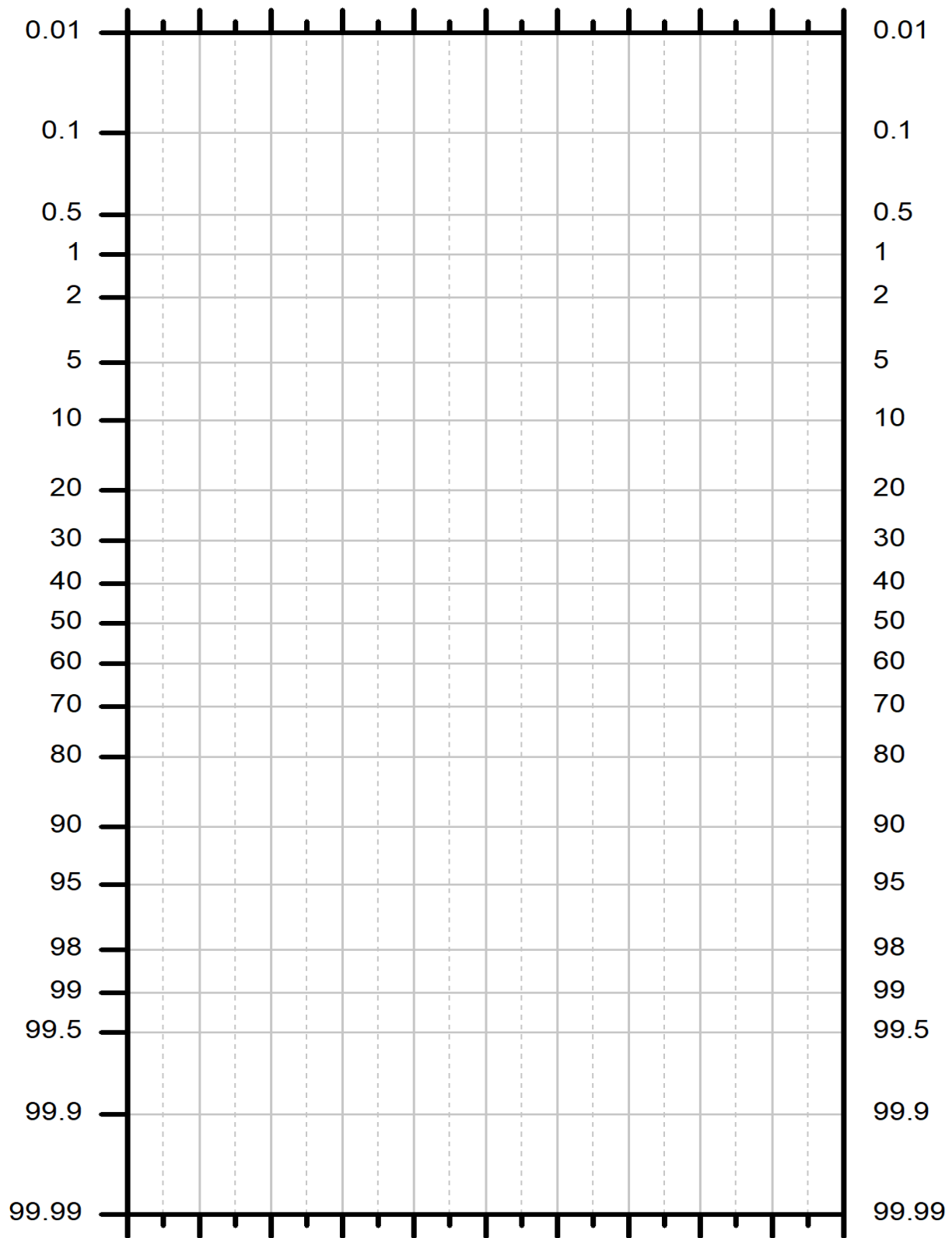
Γ) υπολογίστε τις στατιστικές παραμέτρους.

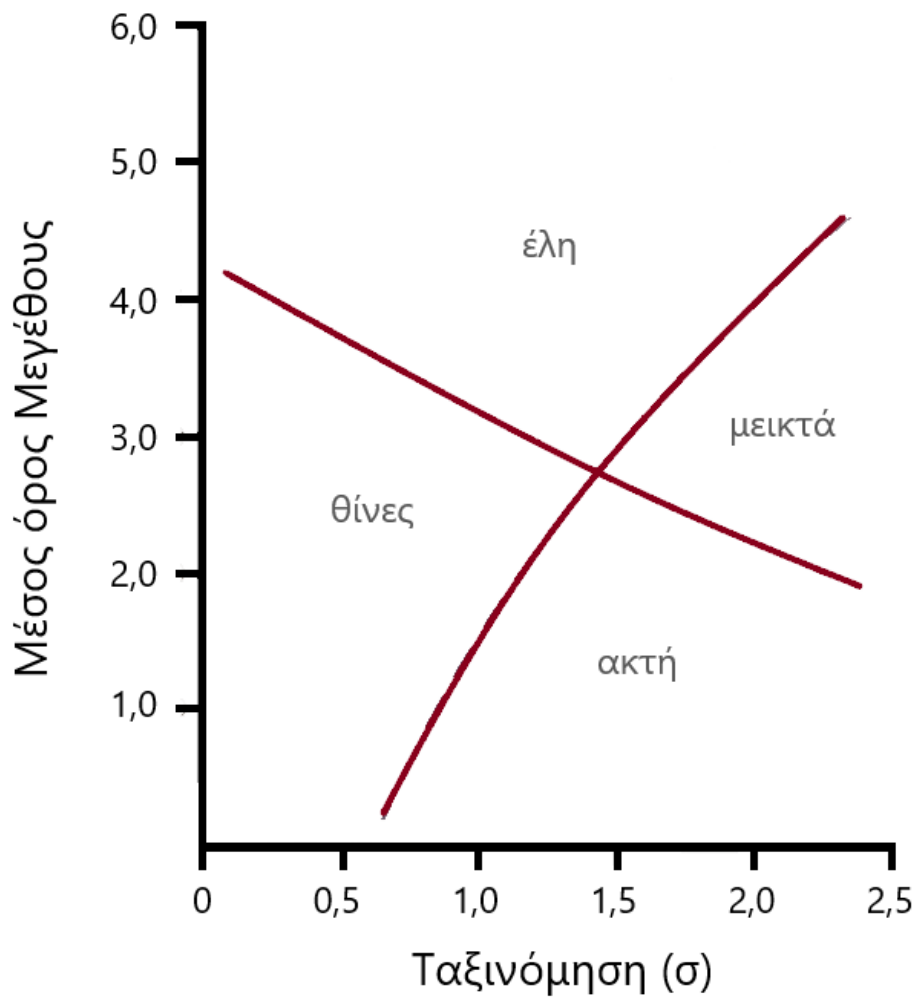
Δ) Με τη βοήθεια του διαγράμματος που σας δίνεται, χαρακτηρίστε το περιβάλλον απόθεσης των δειγμάτων.

			Φ ($-\log_2 D$)	Βάρος Κλάσματος (gr)	Βάρος (%)	Αθροιστικό Βάρος (%)
GRAVEL	pebbles	very large	-5.5			
			-5			
		large	-4.5			
			-4			
		medium	-3.5			
			-3			
		small	-2.5			
			-2			
		granule	-1.5			
			-1			
SAND		very coarse	-0.5			
			0			
		coarse	0.5			
			1			
		medium	1.5			
			2			
		fine	2.5	2.50		
			3	4.00		
		very fine	3.5	1.20		
			4	8.00		
MUD	silt	coarse	5			
		medium	6			
		fine	7			
		very fine	8			
			9			
	clay	>10				
	ΑΘΡΟΙΣΜΑ					

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΙΠΕΤΤΑ			
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ- ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ			
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:	1		
ΑΡΧΙΚΟ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:		ΤΕΛΙΚΟ ΒΑΡΟΣ:	
ΑΠΩΛΕΣΘΕΝ ΒΑΡΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:		ΜΕΣΟ ΒΑΘΟΣ:	
ΧΡΩΜΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ:			
ΘΕΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ:			
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:			
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑΛΥΤΗ:			

log ₂ D	α/α φιάλης	Βάρος φιάλης	Βάρος φιάλης+δ	Βάρος δείγματος	Διορθωμένο βάρος δείγματος	Συνολικό Βάρος σε 1 λίτρο
<4	19	23,9780	24,4290			
<5	20	23,7040	24,0370			
<6	21	23,5260	23,7640			
<7	22	23,3330	23,5110			
<8	23	23,3790	23,5190			
<9	24	23,6580	23,7760			
10				Calgon: 0,0290		





ΤΡΙΓΩΝΙΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗΣ

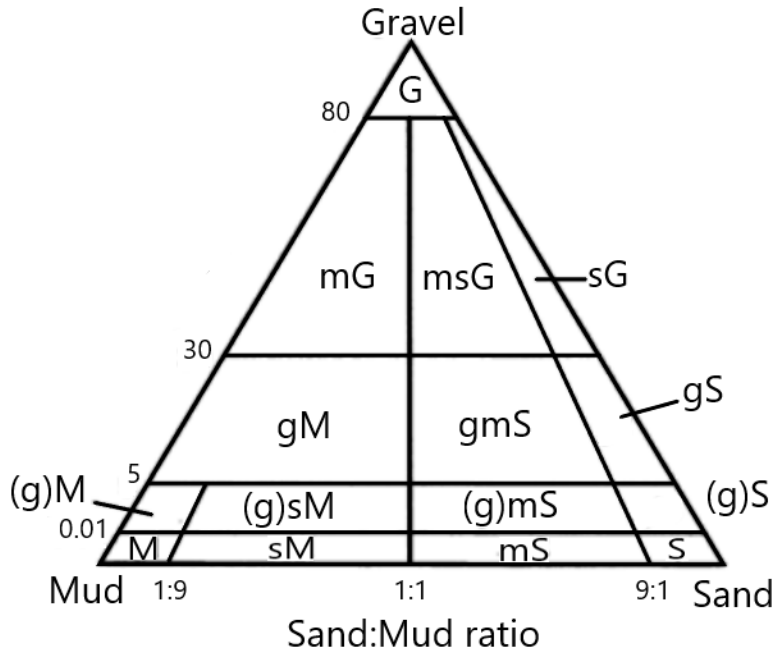
Η ταξινόμηση των κλαστικών ιζημάτων γίνεται με τη βοήθεια τριγωνικών διαγραμμάτων. Συνήθως χρησιμοποιούνται τα διαγράμματα κατά Folk et al. (1970) τα οποία χρησιμοποιούν για την ταξινόμηση, την εκατοστιαία αναλογία κροκάλων, άμμου, ιλύος και αργίλου. Το υπό εξέταση δείγμα χαρακτηρίζεται ανάλογα με το πεδίο των διαγραμμάτων στο οποίο τοποθετείται.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

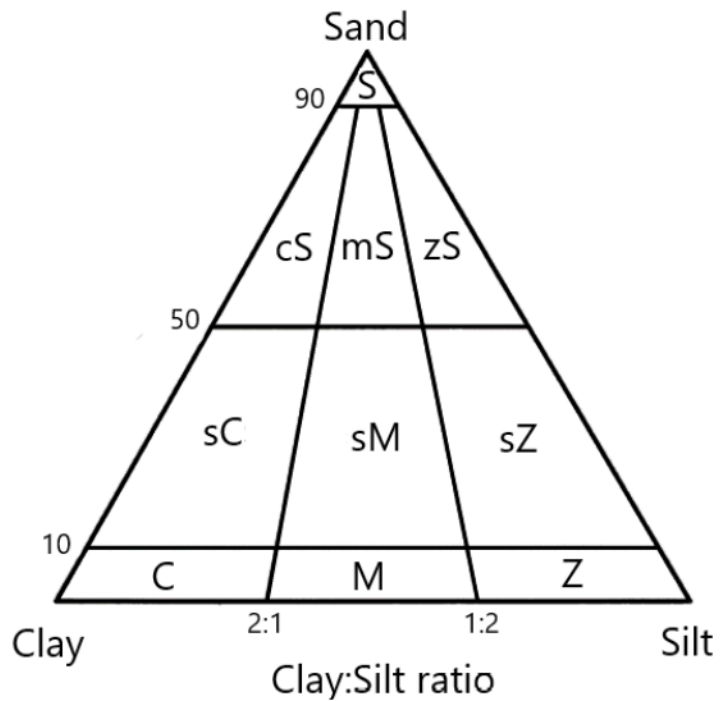
- 1) Σύμφωνα με το ποσοστό συμμετοχής του πηλού της αργίλου, της άμμου και των χαλικιών που προέκυψαν από την κοκκομετρική ανάλυση, να προσδιοριστεί η ονοματολογία του κάθε δείγματος:

Άμμος (%)	Ιλύς (%)	Άργιλος (%)
27.53	38.56	33.91
44.73	41.58	13.72
25.47	54.25	20.28
3.55	47.54	48.91

Χάλικες (%)	Άμμος (%)	Ιλύς (%)
35	20	45
15	60	25
5	20	75
85	10	5

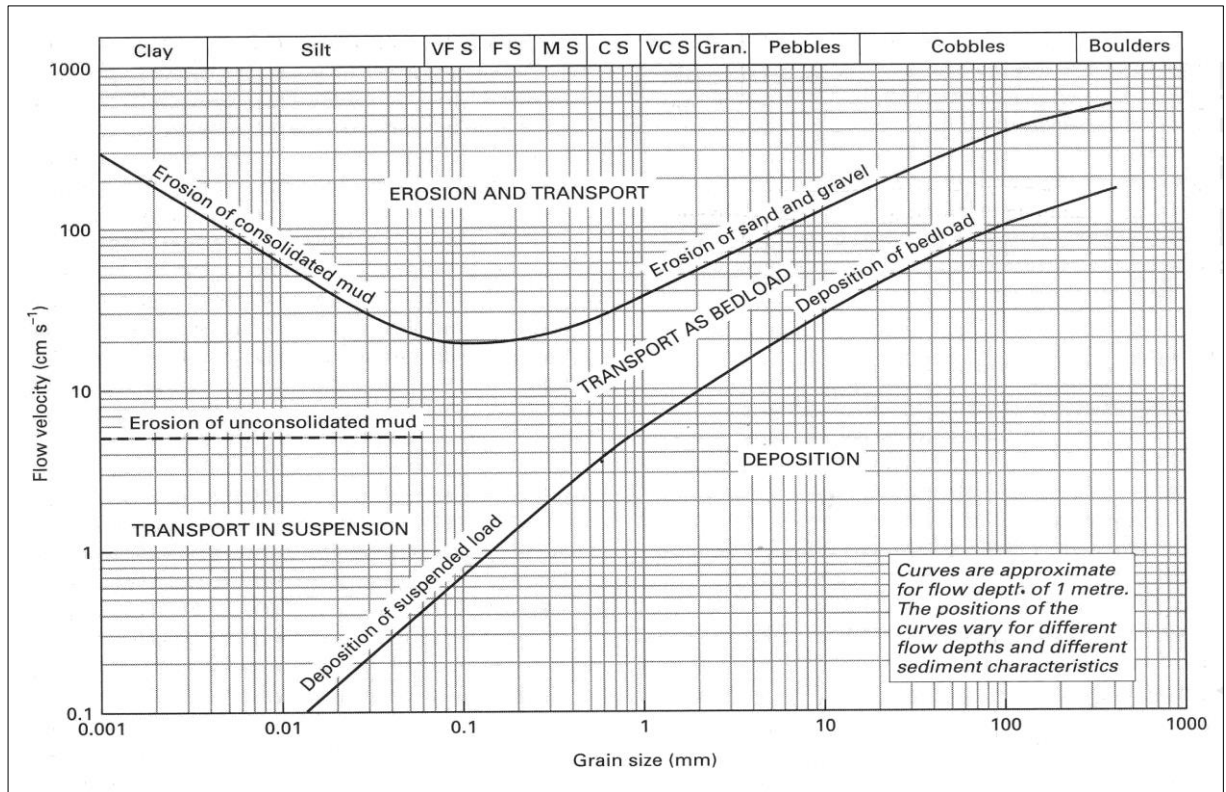


G	gravel	(g)mS	slightly gravelly muddy sand
sG	sandy gravel	(g)sM	slightly gravelly sandy mud
mSG	muddy sandy gravel	(g)M	slightly gravelly muddy mud
mG	muddy gravel	S	sand
gS	gravelly sand	Ms	muddy sand
gmS	gravelly muddy sand	sM	sandy mud
gm	gravelly mud	M	mud
(g)S	slightly gravelly sand		



Z	silt	sC	sandy clay
M	mud	zS	silty sand
C	clay	mS	muddy sand
sZ	sandy silt	cS	clayey sand
sM	sandy mud	S	sand

- 2) Με βάση το παρακάτω διάγραμμα:
- ποια είναι η ελάχιστη ταχύτητα ροής που απαιτείται να έχει ένας κόκκος διαμέτρου 0,1 mm προκειμένου να μεταφερθεί υπό αιώρηση και
 - ποια η ταχύτητα ροής προκειμένου μέγεθος κόκκου 1 mm να μεταφερθεί και να διαβρώσει.

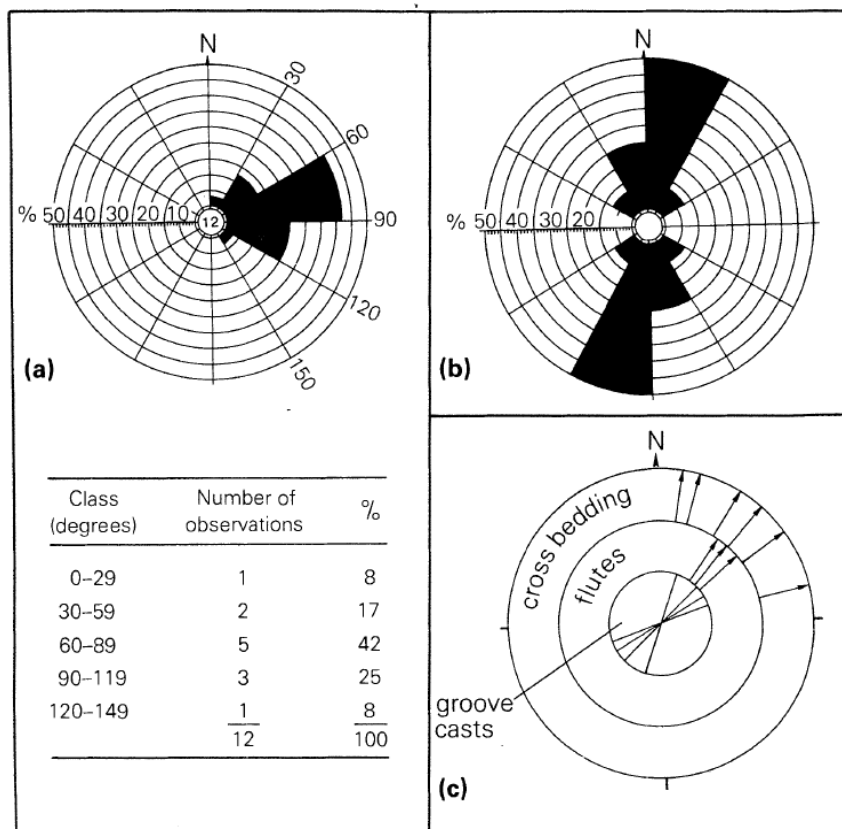


ΠΑΛΑΙΟΡΕΥΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η παλαιορευματική ανάλυση στηρίζεται σε δεδομένα που είτε δείχνουν απλά τη ρευματική διεύθυνση (π.χ. ο μέγιστος άξονας των κροκαλών και των κόκκων της άμμου, τα "groove casts" οι συμμετρικές ρυτιδώσεις) είτε δείχνουν τη φορά της ρευματικής διεύθυνσης π.χ. διασταυρούμενη στρώση, ασύμμετρες ρυτιδώσεις, "flute casts". Στην πρώτη περίπτωση έχουμε ανάλυση με "line-of-movement" data και στη δεύτερη περίπτωση ανάλυση με "movement" data.

Παλαιορευματική ανάλυση με "movement" data

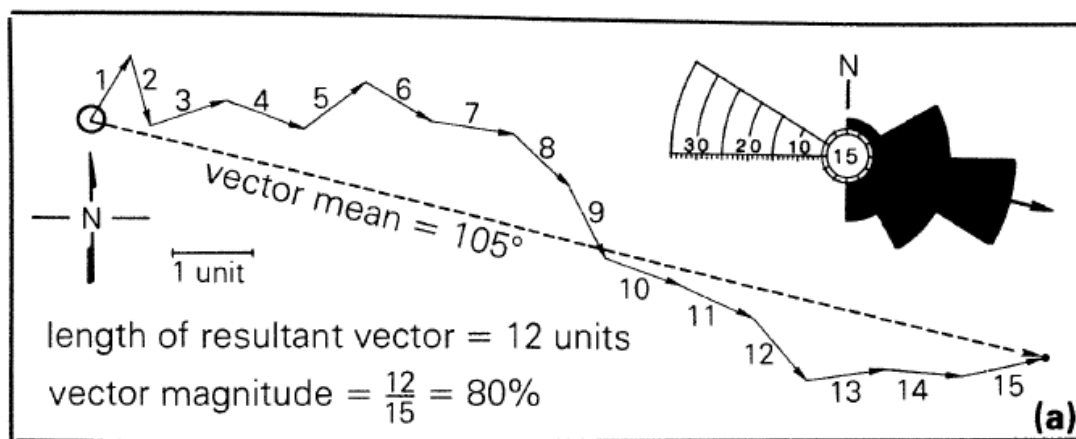
Ένας δημοφιλής μηχανισμός για την παρουσίαση γενικά δεδομένων από διεύθυνση είναι το ροδόγραμμα. Αυτό είναι ένα ιστόγραμμα που έχει μετατραπεί σε μια κυκλική- κατανομή. Οι κλάσεις της κατανομής αυτής είναι ποικίλες συνήθως όμως χρησιμοποιείται η κλάση των 30°. Είναι δε καλύτερα να προβάλλονται το επί της % των παρατηρήσεων σε κάθε κλάση παρά ο συνολικός αριθμός των παρατηρήσεων κάθε κλάσης (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Ροδογράμματα. Τα ροδογράμματα μπορούν να χρησιμοποιούν "movement data" (α) ή "line of movement data" (β). Στην Εικ.1α έχουν προβληθεί 12 αζιμουθιακές τιμές σε μοίρες διασταυρούμενης στρώσεις 10, 80, 112, 71, 130, 42, 58, 72, 67, 74, 99, 102. Στην Εικ.1β η προβολή διευθύνσεων 8 "groove casts" (σε μοίρες) - 20(200), 331(151), 340(160), 305(125), 15(195), 18(198), 39(219), 6(186).

Η κλάση με τις πιο πολλές παρατηρήσεις συνιστά την κλάση του τύπου (modal class).

Όταν προβάλλονται "movement data", το ροδόγραμμα δείχνει το κατάντι του ρεύματος. Οι περισσότερες κατανομές έχουν ένα μόνο τύπο (**unimodal**) αν και κάποιες έχουν δύο ή περισσότερους τύπους (**bimodal, polymodal**). Αν και το ροδόγραμμα δίνει μια γενική ιδέα για την παλαιορευματική διεύθυνση, χρειαζόμαστε μια πιο αυστηρή προσέγγιση. Ο ανυσματικός μέσος (**vector mean**) είναι η πιο κοινή συνηθισμένη μέτρηση της μέσης διεύθυνσης της ροής (Εικόνα 2). Κατανομές με την έντονη παρουσία των δύο τύπων παράγουν έναν ανυσματικό μέσο που έχει ελάχιστη γεωλογική σημασία.

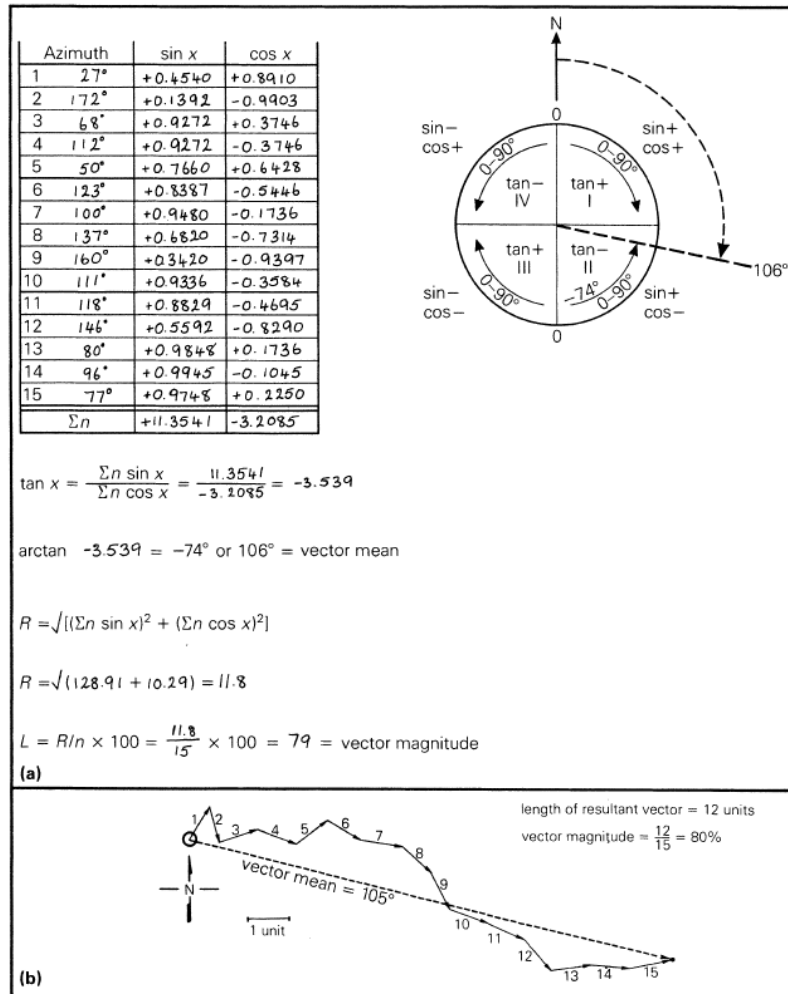


Εικόνα 2. Μέθοδος για τον υπολογισμό του "ανυσματικού μέσου" και του "vector magnitude".

(α) **Γραφική Μέθοδος:** Κάθε μετρούμενο αζιμούθιο προβάλλεται ως ένα μοναδιαίο άνυσμα. Μία μονάδα μήκους μπορεί να είναι 1 cm, 1 ίντσα ή οτιδήποτε άλλο είναι ευκολότερο. Στο παράδειγμα που εικονογραφείται τα μοναδιαία ανύσματα μαρκάρονται από το 1 μέχρι το 15 (τα αζιμούθια είναι: 27, 172, 68, 112, 50, 123, 100, 137, 160, 111, 118, 146, 80, 96, 77). Το προκύπτον άνυσμα, η γραμμή που συνδέει την αρχή με το τέλος του τελευταίου ανύσματος, είναι ο ανυσματικός μέσος. Το "vector magnitude" αποκτάται διαιρώντας το μήκος του προκύπτοντος "ανύσματος" (12 μονάδες) με το συνολικό μήκος όλων των μοναδιαίων ανυμάτων (15 μονάδες) πολλαπλασιάζοντας με 100.

Ο "ανυσματικός μέσος" μπορεί να ερμηνευθεί γραφικώς δίνοντας για κάθε μετρηθείσα τιμή ένα άνυσμα μιας μονάδας μήκους (Εικόνα 2). Η πρώτη παρατήρηση προβάλλεται ως ένα άνυσμα ξεκινώντας από ένα αυθαίρετο σημείο. Το δεύτερο κατόπιν προβάλλεται στο τέλος του πρώτου και ούτω καθ' εξής μέχρις ότου προβληθούν όλες οι παρατηρήσεις. Η γραμμή που συνδέει το σημείο εκκίνησης με το άκρο του τελευταίου ανύσματος είναι ο "γραφικός ανυσματικός μέσος" (graphical vector mean) (Εικ.2).

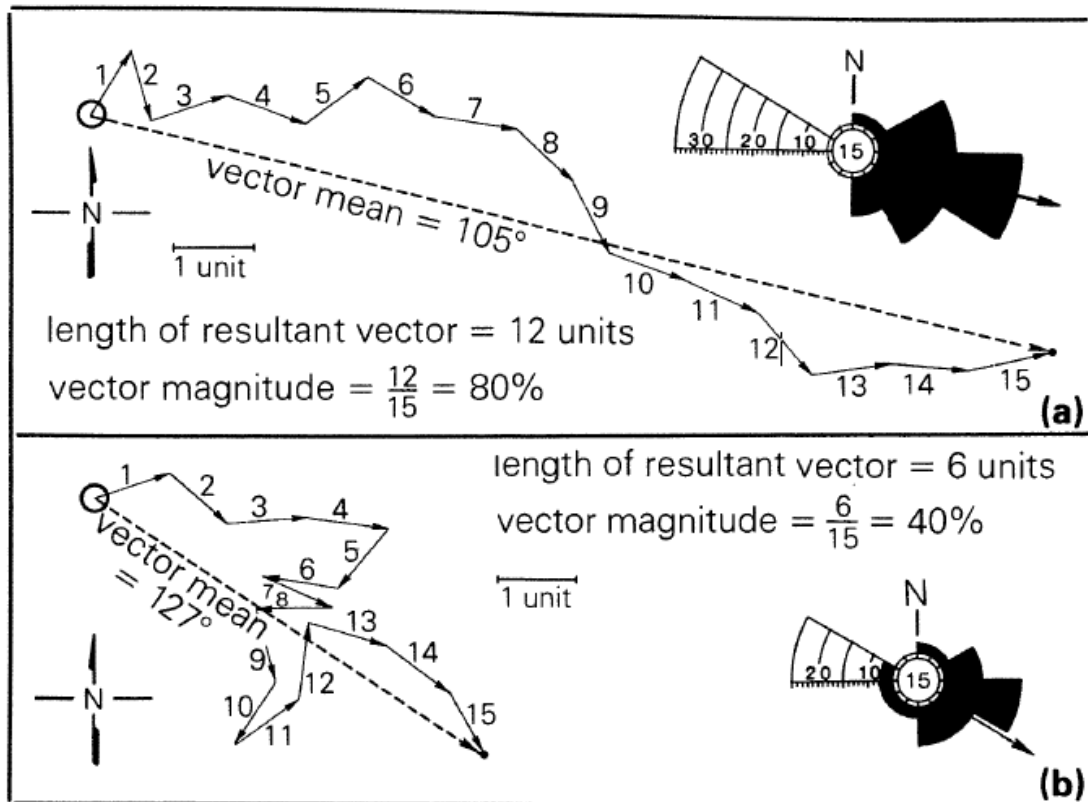
β) **Τριγωνομετρική μέθοδος:** Ο "ανυσματικός μέσος" είναι το τόξο εφαπτομένη (arctan) της εφαπτομένης (tangent) που προκύπτει. Θα πρέπει πάντα κανείς να έχει υπόψη του ότι σε μια κατανομή 360⁰ οποιαδήποτε τιμή της εφαπτομένης έχει δύο πιθανά αζιμούθια που διαφέρουν 180⁰ π.χ. η εφαπτομένη για γωνία 10⁰ και για γωνία 190⁰ είναι 0.176. Οι δύο αυτές γωνίες ξεχωρίζουν με βάση το πρόσημο του ημιτόνου και του συνημιτόνου. Στο πρώτο τεταρτημόριο (αζιμούθιο=10⁰) και το ημίτονο και το συνημίτονο είναι θετικά ενώ στο τρίτο τεταρτημόριο είναι και τα δύο αρνητικά (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Υπολογισμός ανυσματικού μέσου με τα την τριγωνομετρική μέθοδο.

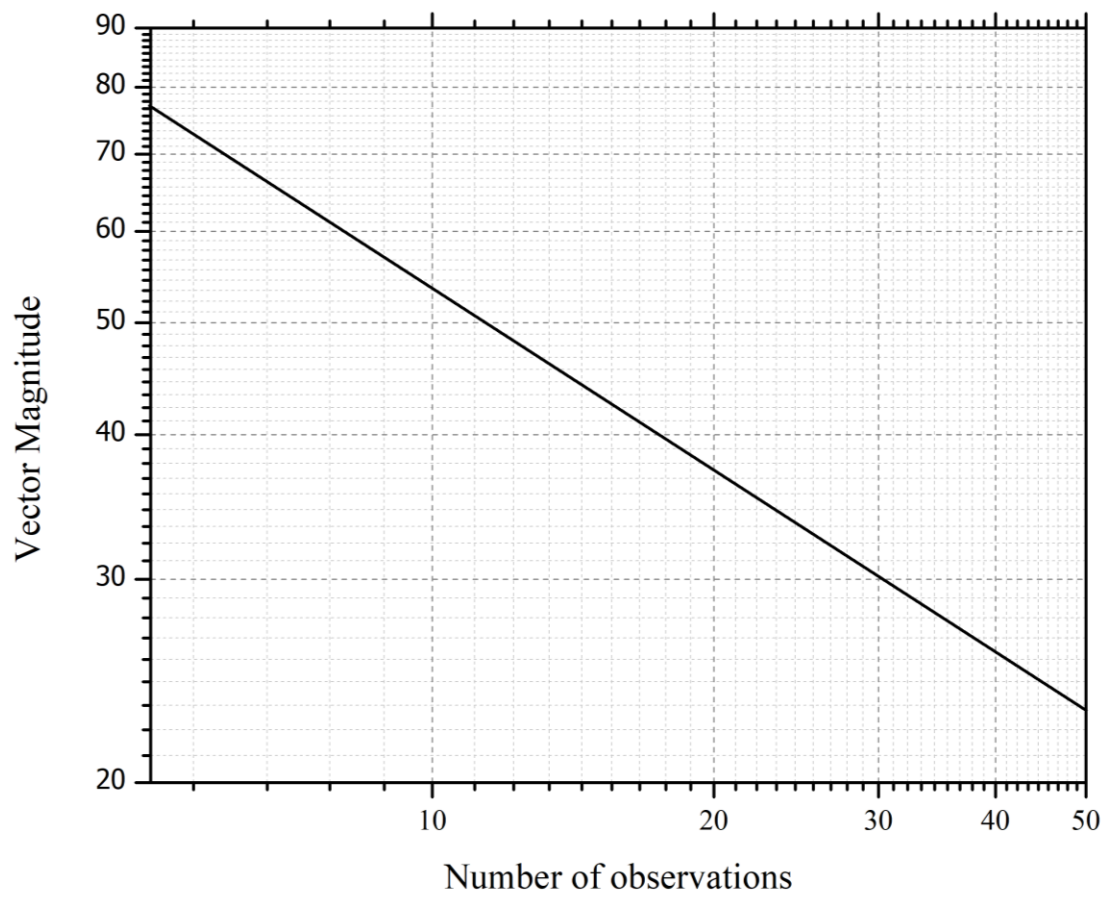
Η διασπορά των δεδομένων (standard deviation) δίνεται από το "vector magnitude" (Εικ.4). Για διευκόλυνση κατά τη σύγκριση δειγμάτων το "vector magnitude" εκφράζεται επί της % (η έκφραση αυτή είναι γνωστή ως "consistency ratio").

Υψηλές τιμές του "vector magnitude" δείχνουν ότι το μέγιστο των παρατηρήσεων είναι γύρω από τον "ανυσματικό μέσο" (μικρή διασπορά) (Εικόνα 4α). Σε αντίθετη περίπτωση η διασπορά είναι μεγαλύτερη (Εικόνα 4β).



Εικόνα 4. Γραφική σύγκριση δειγμάτων (α) με υψηλό και (β) με χαμηλό vector magnitude.

Για να ερμηνευτεί εάν τα μετρηθέντα αζιμούθια είναι ομοιόμορφα κατανεμημένα χρησιμοποιούμε το Rayleigh test. Αν το υπολογισθέν "vector magnitude" είναι μεγαλύτερο από μία κρίσιμη τιμή για ένα δοσμένο αριθμό παρατηρήσεων (δηλαδή το "vector magnitude" προβάλλεται πάνω από την υπό κλίση ευθεία Εικόνα 5) το δείγμα θεωρείται ότι είναι από ένα πληθυσμό με προσανατολισμένη διεύθυνση. Αυτό είναι η περίπτωση για το Α δείγμα της Εικόνα 4. Αν το υπολογισθέν "vector magnitude" είναι μικρότερο από την κρίσιμη τιμή (για ένα δοσμένο αριθμό παρατηρήσεων δηλαδή προβάλλεται κάτω από την υπό κλίση ευθεία) το δείγμα θεωρείται ότι είναι από έναν πληθυσμό που δεν δείχνει προσανατολισμένη διεύθυνση. Αυτό είναι η περίπτωση για το Β δείγμα που δείχνεται στην Εικόνα 4.

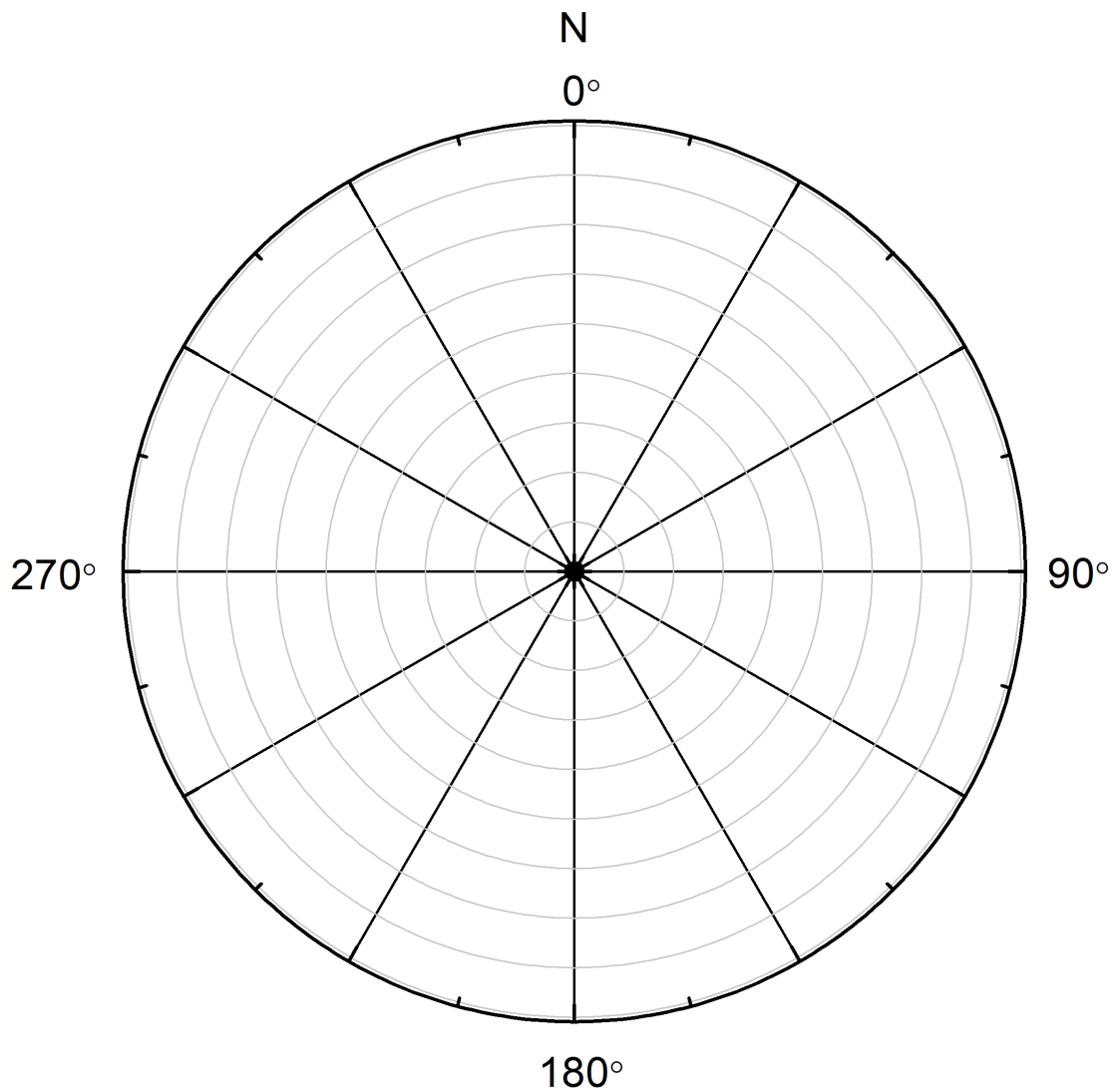


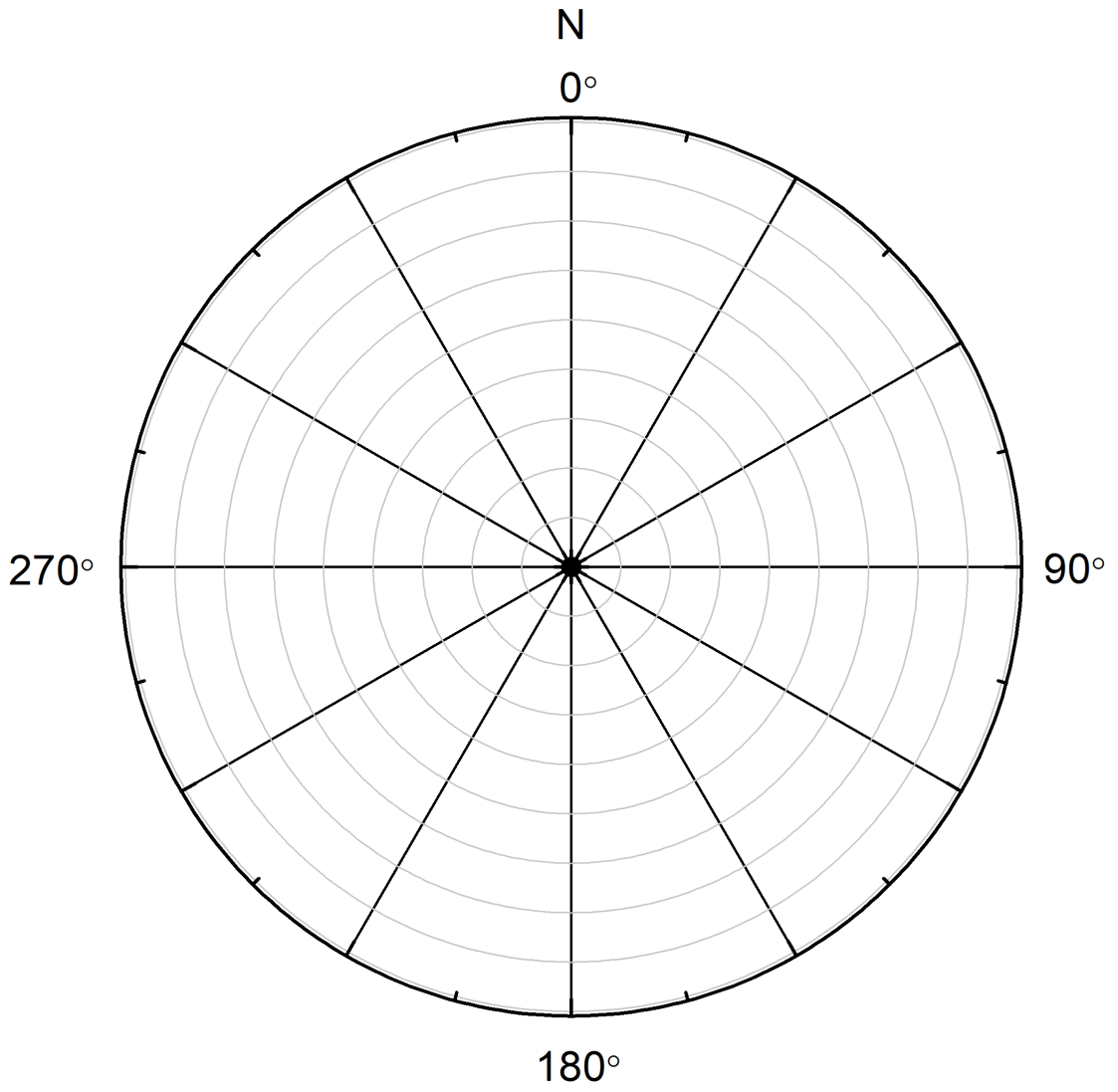
Εικόνα 5. Έλεγχος προσανατολισμού πληθυσμού χρησιμοποιώντας το Rayleigh test (σημαντικότητα 0,05).

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

1. Σας δίνεται μια ομάδα μετρήσεων της διεύθυνσης της κλίσης (αζιμούθια) διασταυρούμενης στρώσης. (α) Να υπολογιστεί ο ανυσματικός μέσος και vector magnitude τόσο με την τριγωνομετρική μέθοδο όσο και με τη γραφική. Να εφαρμοστεί το Rayleigh test σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 για να ελεγχθεί στατιστικά ο ανυσματικός μέσος.

Τιμές : $5^{\circ}, 12^{\circ}, 82^{\circ}, 111^{\circ}, 42^{\circ}, 73^{\circ}, 40^{\circ}, 35^{\circ}, 51^{\circ}, 58^{\circ}, 20^{\circ}, 48^{\circ}, 137^{\circ}, 17^{\circ}, 96^{\circ}$. (β) Κατασκευάστε το ροδόγραμμα για τις μετρήσεις αυτές. Σχολιάστε τα αποτελέσματά σας.



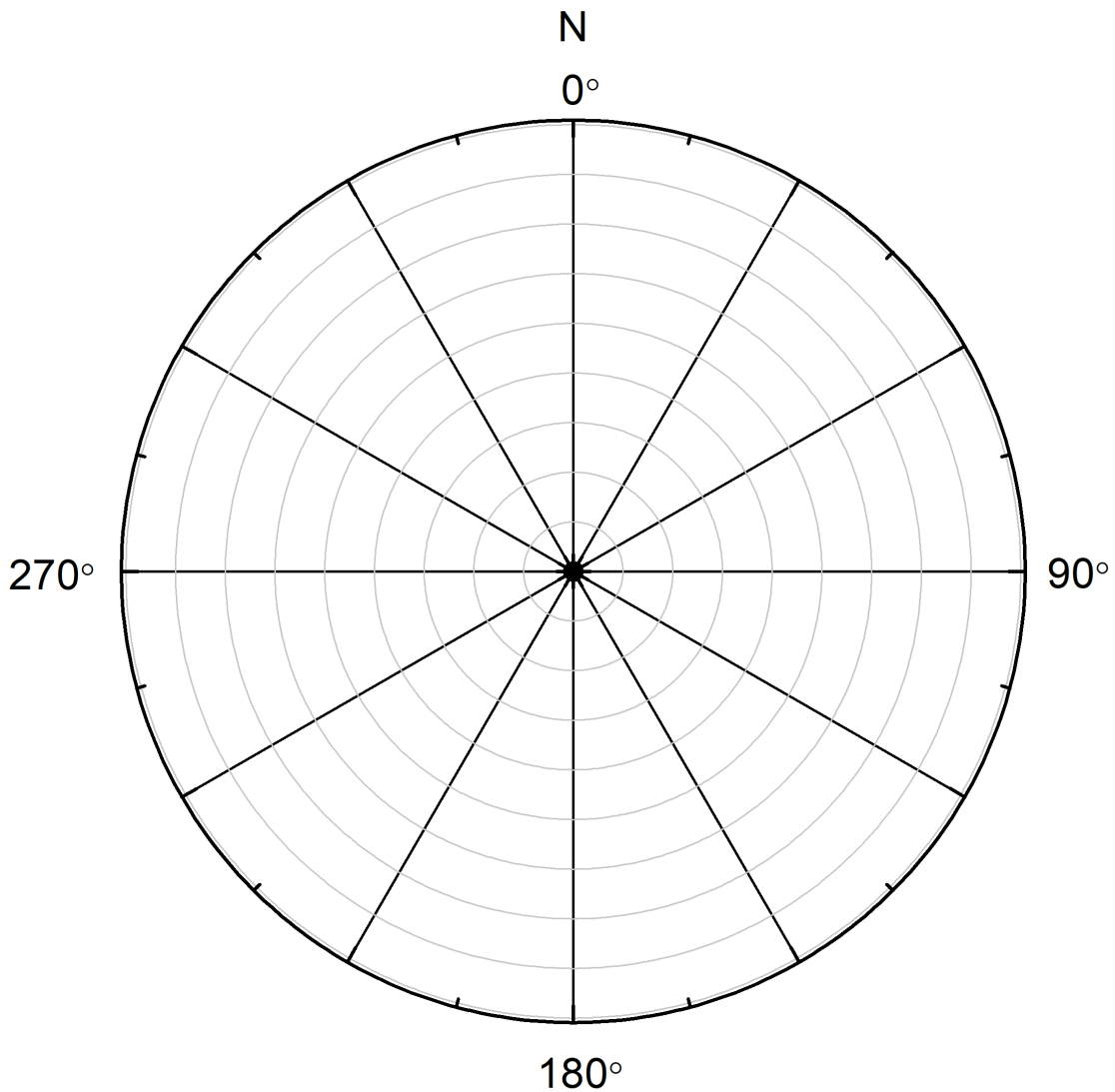


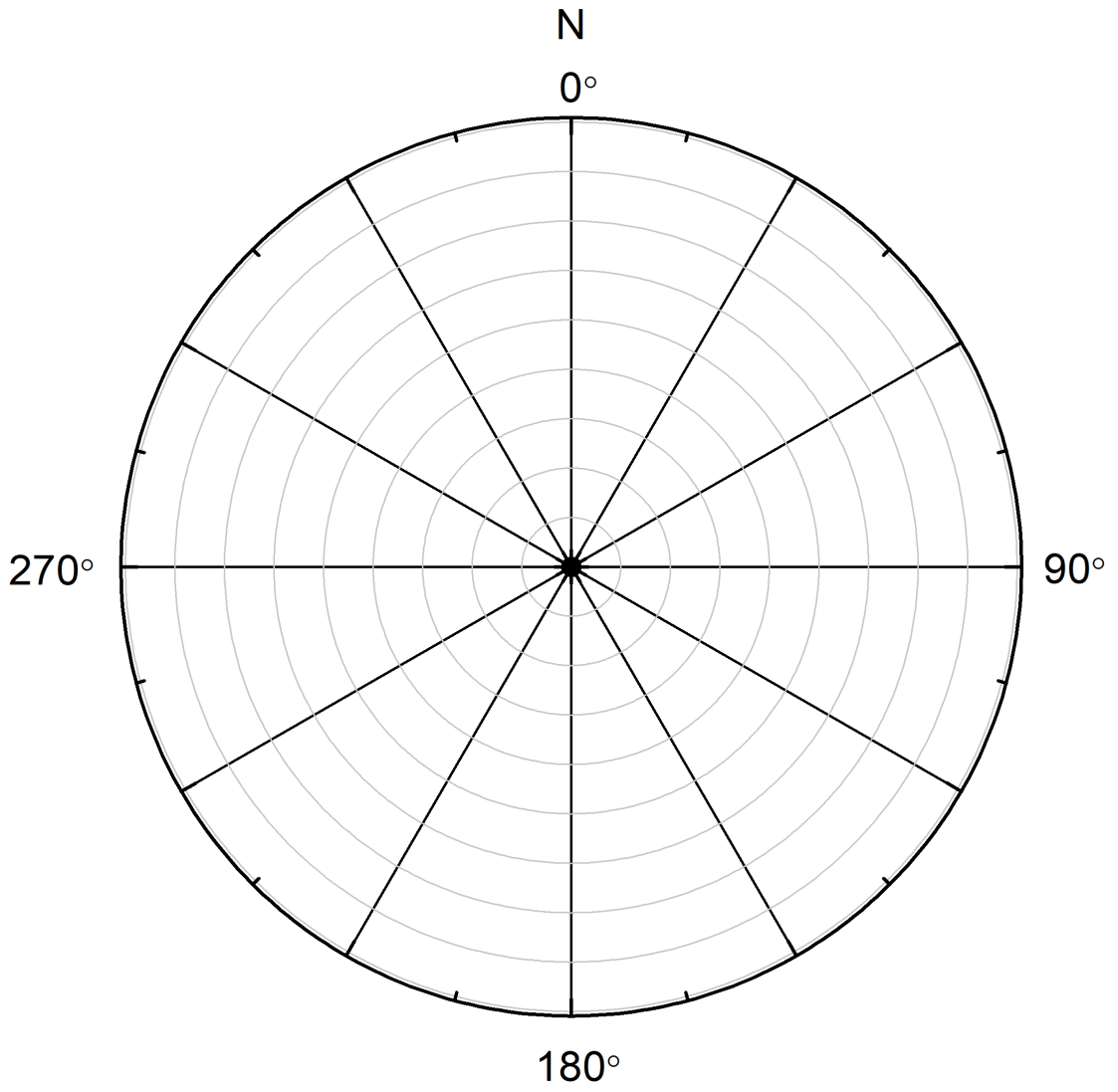
ΠΑΛΑΙΟΡΕΥΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

1. Σας δίνεται ο προσανατολισμός διεύθυνση κλίσης του μεγίστου άξονα 33 κροκαλών. Να κατασκευαστεί το ροδόγραμμα. Να σχολιαστεί η απεικόνιση. Τιμές: 30° , 80° , 330° , 62° , 210° , 198° , 190° , 65° , 234° , 222° , 188° , 228° , 270° , 68° , 236° , 180° , 82° , 240° , 66° , 172° , 260° , 220° , 220° , 208° , 230° , 162° , 188° , 192° , 175° , 181° , 206° , 178° , 194° .

2. Σε τεταρτογενή ηφαιστειοκλαστικά πετρώματα, οριζόντια και अपαραμόρφωτα, μετρήθηκαν οι διευθύνσεις μιας σειράς από απολιθωμένους κορμούς: 250° , 225° , 245° , 280° , 240° , 190° , 235° , 215° , 230° , 250° , 220° , 325° , 270° , 240° , 235° , 185° , 190° , 185° , 310° , 245° , 205° , 355° , 10° , 190° , 230° , 225° , 230° , 190° , 290° . Σχεδιάστε το ροδόγραμμα και σχολιάστε το αποτέλεσμα.





ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ - ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ

Για την ανάλυση στρωματογραφικών ακολουθιών είναι αναγκαία η εφαρμογή δειγματοληπτικών τεχνικών (πχ γεώτρηση) και ένα πλήθος αναλύσεων των ιζημάτων (ορυκτολογικές, γεωχημικές, μικροπαλαιοντολογικές κ.α). Για την λεπτομερή καταγραφή όλων των αναλύσεων καθώς και των χαρακτηριστικών μιας γεώτρησης, συντάσσεται κάθε φορά ένα μητρώο γεώτρησης στο οποίο μπορεί να περιέχονται: α) το βάθος της γεώτρησης, β) φωτογραφία του πυρήνα, γ) οι κοκκομετρικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν, δ) γεωχημικοί παράμετροι των ιζημάτων, ε) ηλικία των στρωμάτων, ζ) τυχόν παρατηρήσεις υπαίθρου κ.α.

Κάθε στρώμα το οποίο διαφοροποιείται από ένα άλλο λόγω διαφορετικών ιζηματολογικών χαρακτηριστικών (κοκκομετρικό μέγεθος, ορυκτολογία, χρώμα, χημική σύσταση κ.α) , μπορεί να οριστεί ως μια ξεχωριστή **ιζηματολογική φάση**. Οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν μια φάση και είναι αναγκαίο να προβάλλονται σε ένα μητρώο γεώτρησης είναι οι εξής:

1. Η **λιθολογία**, η οποία αφορά στην πετρολογική – ορυκτολογική σύσταση των ιζηματογενών αποθέσεων μιας λεκάνης, αυτόχθονων ή αλλόχθονων, κλαστικών ή μη κλαστικών. Αποκαλύπτει τις πηγές τροφοδοσίας, τους φυσικοχημικούς χαρακτήρες, τα περιβαλλοντικά και κλιματικά στοιχεία και την τεκτονική κατάσταση της λεκάνης ιζηματογένεσης.
2. Η **γεωχημεία**, η οποία αφορά τα χημικά χαρακτηριστικά των υπό μελέτη ιζημάτων. Από το ποσοστό γεωχημικών παραμέτρων όπως πχ ο Ολικός Οργανικός Άνθρακας και το ποσοστό (%) του CaCO_3 έως την κατανομή της συγκέντρωσης των χημικών στοιχείων, μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες για μεταβολές στην ιζηματογένεση, παλαιοκλιματικά γεγονότα κ.α.
3. Η **υφή και η δομή**, οι οποίες αφορούν τα χαρακτηριστικά των ιζηματογενών κόκκων και την οργάνωση τους σε στρώματα, ομάδες και ακολουθίες.
4. Το **παλαιορευματικό σύστημα**, το οποίο αφορά στον τρόπο μεταφοράς και απόθεσης υλικών στη λεκάνη ιζηματογένεσης και αποκαλύπτει τη σχέση μορφολογίας – δυναμικών παραγόντων και τεκτονικής.
5. Οι **επαφές των στρωμάτων**, μέσω των οποίων εξάγονται πληροφορίες για τις διαδικασίες που έδρασαν κατά την απόθεση των ιζημάτων σε μια λεκάνη.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Γεωλογική τομή που μελετήθηκε στην ύπαιθρο, παρουσιάζει την στρωματογραφική ακολουθία η οποία περιγράφεται παρακάτω. Σύμφωνα με την περιγραφή. Κατασκευάστε τη στρωματογραφική στήλη υπό κλίμακα στο λογισμικό SEDLOG.

Πάχος (m)	Σχηματισμός
0.00 - 4.00	Μάργες με παρουσία τρηματοφόρων (foraminifera). Ηλικία Πλειόκαινο. Σημειώσεις υπαίθρου: Διακρίθηκαν πλαγκτονικά τρηματοφόρα γένους Globigerinoides.
4.00 - 6.00	Πηλίτης (mudstone) με παρουσία ιχνοαπολιθωμάτων (trails). Σημειώσεις υπαίθρου: Άγνωστη ηλικία πετρώματος. Παρατηρήθηκαν ρηγματώσεις, μέγιστου μήκους 5 m.
6.00 - 12.00	Ψαμμίτης (sandstone) με σκαφοειδή στρώση. Κοκκομετρικό μέγεθος βάσης χονδρόκοκκη άμμος και οροφής μεσόκοκκη άμμος. Παλαιογεωμετρικές διευθύνσεις 90°, 135°, 48°, 55°. Ηλικία Ηώκαινο. Σημειώσεις υπαίθρου: Παρατηρήθηκαν flute marks στη βάση του στρώματος.
12.00 - 21.00	Πηλίτης με παρουσία Κεφαλόποδων και γαστερόποδων. Επαφή βαθμιαία.
21.00 - 22.00	Ηφαιστειακή τέφρα (fine ash).
22.00 - 26.00	Πηλίτης (Mudstone) 70% με αργιλόλιθο (Claystone) 30%. Παρουσία γαστερόποδων (gastropods). Ηλικία Παλαιόκαινο. Σημειώσεις υπαίθρου: Η βάση πετρώματος παρουσιάζει αλλαγή χρώματος λόγω παρουσίας οξειδίων Σιδήρου.
26.00 - 40.00	Ψαμμίτης (sandstone) με διαταυρούμενη στρώση (cross bedding). Κοκκομετρικό μέγεθος βάσης μεσόκοκκη άμμος και οροφής χονδρόκοκκη άμμος. Επαφή απότομη.
40.00- 42.00	Ασβεστόλιθος με κελύφη. Ηλικία Κρητιδικό.

Για την κατασκευή θα χρησιμοποιηθεί το λογισμικό SEDLOG (<http://www.sedlog.com/>) με τη σειρά των παραμέτρων όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

Untitled																	
AGE	SCALE (m)	LITHOLOGY					STRUCTURES / FOSSILS	PALAEOCURRENT	BIOTURBATION	NOTES							
			MUD	SAND	GRAVEL												
			- clay	- silt	vf	m	vc	- gran	- pebb	- cobbl	- boul						

REFERENCE:

SCALE	LITHOLOGY	LIMESTONES							TEXTURE Grain size and other notes (structures, palaeocurrents, fossils, colour)	PROCESS INTERPRETATION	ENVIRONMENT INTERPRETATION
		MUD		SAND			GRAVEL				
		clay	silt	1/4	1/3	1/2	gran	pebb			

ΜΗΤΡΩΟ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ - ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Παρουσιάζεται η στρωματογραφική περιγραφή, από τα κατώτερα προς τα ανώτερα στρώματα, μιας γεωλογικής τομής που μελετήθηκε στην ύπαιθρο. Σύμφωνα με την περιγραφή αυτή κατασκευάστε την στρωματογραφική στήλη υπό κλίμακα σε χαρτί μιλμετρέ και στον υπολογιστή χρησιμοποιώντας το ελεύθερο λογισμικό SEDLOG.

Πάχος (m)	Σχηματισμός
0.00 - 2.00	Ασβεστόλιθος (limestone) με γαστερόποδα.
2.00 - 2.45	Ιλυόλιθος (siltstone). Παρατηρήθηκε μικρού βαθμού βιοαναμόχλευση.
2.45 - 2.90	Κροκαλοπαγές πολύμεικτο (conglomerate polymict). Διαβρωσιγενής βάση. Κοκκομετρικό μέγεθος βάση: χάλικες – οροφή: ψηφίδα.
2.90 - 4.15	Ψαμμίτης (sandstone) με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση. Επαφή βαθμιαία (gradational). Κοκκομετρικό μέγεθος βάση: χονδρόκοκκη άμμος – οροφή: μεσόκοκκη άμμος. Παλαιορευματικές διευθύνσεις 400, 300, 1230, 1500, 900.
4.15 - 4.90	Ψαμμίτης (sandstone) με διασταυρούμενη στρώση. Επαφή βαθμιαία (gradational). Κοκκομετρικό μέγεθος μεσόκοκκη άμμος.
4.90 - 5.40	Ψαμμίτης (sandstone) με ρυτιδώσεις και διασταυρούμενη ελασμάτωση. Επαφή βαθμιαία (gradational). Κοκκομετρικό μέγεθος λεπτόκοκκη άμμος.
5.40 - 6.50	Πηλίτης (mudstone) παρουσία ριζιδίων. Παρουσία λεπτών αμμωδών ελασματώσεων. Επαφή απότομη (sharp). Κοκκομετρικό μέγεθος λεπτόκοκκος πηλίτης.
6.50 - 7.00	Στρώμα τύρφης (peat).
7.00 - 8.00	Ιλυόλιθος (siltstone) και αργιόλιθος (claystone) παρουσία φυτικών υπολειμμάτων (plant material). Επαφή απότομη (sharp).

ΜΕΘΟΔΟΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

Οι σχετικές μέθοδοι χρονολόγησης βασίζονται σε στρωματογραφικές συσχετίσεις των στρωμάτων, ή των υλικών μέσα στα ιζήματα, ανάλογα με τη στρωματογραφική τους θέση. Η βασική παραδοχή είναι ότι η δημιουργία τους είναι ταυτόχρονη με τη δημιουργία των στρωμάτων και δε βρέθηκαν εκεί από επανατοποθέτηση παλαιότερων στρωμάτων που έχουν υποστεί διάβρωση και μεταφορά.

Οι απόλυτες μέθοδοι χρονολόγησης περιλαμβάνουν τις ραδιοχρονολογήσεις, τις χρονολογήσεις που στηρίζονται σε βιολογικής ή λιθολογικής σύστασης υλικά, καθώς και τις μεθόδους συσχέτισης διακριτών, καθοδηγητικών οριζόντων σε παγκόσμια κλίμακα. Οι ραδιοχρονολογήσεις βασίζονται στη ραδιενεργή διάσπαση στοιχείων η οποία πραγματοποιείται με ένα ρυθμό που μπορεί να υπολογιστεί. Οι πιο γνωστές μέθοδοι ραδιοχρονολόγησης είναι του ^{14}C , της σειράς του Ουρανίου, του Καλίου-Αργού της θερμοφωταύγειας και της οπτικής φωταύγειας, του μαγνητικού συντονισμού ηλεκτρονικής στροφορμής και της τροχιάς διάσπασης.

Στην απόλυτη μέθοδο χρονολόγησης, η ηλικία αναφέρεται στο χρονικό διάστημα που έχει περάσει από το γεγονός έως σήμερα. Η επιστημονική έκφραση αυτού του διαστήματος είναι σε έτη πριν από σήμερα (BP = Before Present). Ως σημείο αναφοράς ιδιαίτερα στον δυτικό κόσμο χρησιμοποιείται ως σταθερό σημείο η γέννηση του Χριστού. Έτσι οι ηλικίες είτε είναι π. Χ , (BC = Before Christ) ή μ. Χ (AD = anno Domini). Ένα πιο απόλυτο αριθμητικά παγκόσμιο σύστημα αναφοράς για τον ορισμό του χρόνου πριν από σήμερα για τις χρονολογήσεις με ραδιοάνθρακα γίνεται η παραδοχή ότι το σήμερα νοείται στο 1950 (θεωρητική απαγόρευση ατομικών δοκιμών στην ατμόσφαιρα). Τα τελευταία χρόνια στην διεθνή επιστημονική κοινότητα επικρατεί η άποψη το BC να αναγράφεται ως BCE (Before common era) και το AD ως CE (common era) έτσι ώστε να αποφεύγεται η αναφορά σε συγκεκριμένη θρησκεία.

Οι απόλυτες μέθοδοι χρονολόγησης έχουν κάποια αβεβαιότητα ως προς την ακριβή ηλικία γιατί κάθε μέτρηση που γίνεται δεν είναι δυνατόν να επαναληφθεί απόλυτα στο εργαστήριο και συνοδεύεται από ένα λάθος στη μέτρηση. Τα αποτελέσματα των ραδιοχρονολογήσεων δίνονται με μια τυπική απόκλιση ($\pm \sigma$), η οποία σημαίνει ότι υπάρχει πιθανότητα 68 % η τιμή της χρονολόγησης να κυμαίνεται μέσα σε αυτό το διάστημα. Δηλαδή μια ηλικία 5400 ± 200 έχει πιθανότητα 2 στις 3 να είναι από 5200 έως 5800.

Μέθοδος χρονολόγησης με ^{14}C

Η πιο διαδεδομένη μέθοδος απόλυτης χρονολόγησης είναι η μέθοδος του ραδιοάνθρακα. Ανακαλύφθηκε το 1949 από τον Αμερικανό χημικό Libby. Είναι γνωστό ότι ο φυσικός

άνθρακας αποτελείται από 3 ισότοπα, τα δυο σταθερά ^{12}C και ^{13}C και από το ραδιογενές ισότοπο ^{14}C . Ο ^{14}C παράγεται στην στρατόσφαιρα με την επίδραση της κοσμικής ακτινοβολίας με τα άτομα αζώτου και ενώνεται – όπως και τα άλλα δυο ισότοπα- με το οξυγόνο, σχηματίζοντας CO_2 . Με τη φωτοσύνθεση και διαμέσου της τροφικής αλυσίδας, απορροφάται από τους ζώντες οργανισμούς με σταθερό ρυθμό.

Το βιολογικό τέλος του οργανισμού, σταματώντας τη διαδικασία πρόληψης CO_2 , σηματοδοτεί τη χρονική στιγμή μηδέν από την οποία και μετά η συγκέντρωση του ραδιενεργού άνθρακα μειώνεται με σταθερό ρυθμό, εκπέμποντας ακτίνες βήτα. Η φθίνουσα ραδιενέργεια μειώνεται με σταθερό ρυθμό, ενώ ο χρόνος που απαιτείται για τη μείωση των μισών ατόμων ενός ραδιενεργού ισότοπου ονομάζεται ημιζωή. Μετά από μια ημιζωή θα έχουν απομείνει τα μισά άτομα, μετά από δυο ημιζωές το $\frac{1}{4}$ κ.ο.κ. Για τον ^{14}C έχει ομόφωνα ορισθεί ως ημιζωή τα 5730 χρόνια.

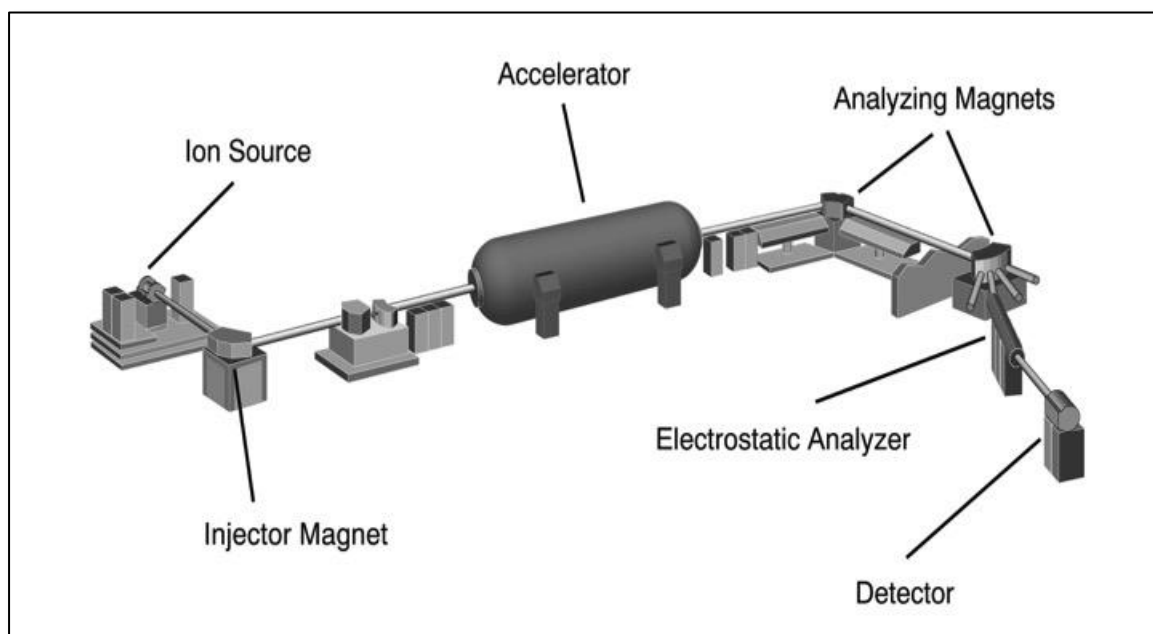
Στην αρχή της ανάπτυξης της μέθοδο από τον Libby έγινε η υπόθεση ότι η συγκέντρωση ^{14}C στην ατμόσφαιρα ήταν σταθερή μέσα στο χρόνο. Τώρα όμως έχει γίνει γνωστό ότι αυτή έχει μεταβληθεί, οφειλόμενη σε μεγάλο μέρος στις αλλαγές του του μαγνητικού πεδίου της Γης. Η μέθοδος της δένδροχρονολόγησης υπέδειξε την ανακρίβεια αυτή και βοήθησε στη διόρθωση και βαθμονόμηση της χρονολόγησης με ραδιενεργό άνθρακα. Οι χρονολογήσεις με ραδιενεργό άνθρακα που έχουν προκύψει από τους δακτυλίους των δέντρων δείχνουν ότι οι χρονολογήσεις πριν το 1000 π. Χ εκφραζόμενες σε χρόνια ραδιοάνθρακα είναι μικρότερης ηλικίας από την πραγματική. Έτσι κρίθηκε απαραίτητη η κατασκευή των διορθωτικών καμπυλών δένδροδακτυλίων έναντι ^{14}C για τον υπολογισμό αυτών των αποκλίσεων.

Μέθοδοι μέτρησης ^{14}C

Για την μέτρηση του ^{14}C δυο βασικές μέθοδοι έχουν αναπτυχθεί: α) η καταμέτρηση χτύπων οφειλόμενη σε βήτα διασπάσεις, που είναι και η πιο παραδοσιακή και β) η μέθοδος της ατομικής φασματοσκοπίας – φασματομετρίας με επιταχυντή μάζας (AMS – Accelerator Mass Spectrometry) που είναι η πιο ριζοσπαστική και αναπτυγμένη τα τελευταία χρόνια. Με την παραδοσιακή μέθοδο απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα δείγματος (περίπου 5 gr) ενώ με την AMS απαιτείται ποσότητα 5-10 mg, γεγονός που διευκολύνει τη χρονολόγηση πολύτιμων οργανικών υλικών και μειώνει σημαντικά τον χρόνο μέτρησης. Με τη μέθοδο AMS μετρώνται απευθείας τα άτομα του ^{14}C παραβλέποντας εντελώς τη ραδιενέργειά τους. Έτσι, αποφεύγονται και τα προβλήματα της ακτινοβολίας υποστρώματος οφειλόμενης στα γύρω υλικά και στην οργανολογία.



Εικόνα 1. Ατομικός φασματογράφος με επιταχυντή μάζας (AMS) της εταιρίας National Electrostatics Corp.



Εικόνα 2. Διάταξη ατομικού φασματογράφου με επιταχυντή μάζας (AMS).

Μοντέλο Βάθους Χρόνου (Age-Depth model)

Στην μελέτη ιζηματογενών δομών, με σκοπό την παλαιοπεριβαλλοντική/παλαιογεωμορφολογική εξέλιξη, είτε στην μελέτη παλαιοκλιματικών μεταβολών, είναι πολύ σημαντική η κατασκευή ενός αξιόπιστου μοντέλου βάθους χρόνου. Ένα τέτοιο μοντέλο, χρησιμοποιώντας ραδιοχρονολογήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί είτε σε ένα πυρήνα ιζήματος, είτε σε μια γεωλογική τομή, μας επιτρέπει με τη βοήθεια στατιστικών μοντέλων, να μετατρέψουμε περαιτέρω βάθη σε ηλικίες. Έτσι, γνωρίζοντας τον χρόνο που πήρε να αποθεθεί

για μια ιζηματογενή ακολουθία, μπορούμε εύκολα να υπολογίσουμε το ρυθμό ιζηματογένεσης για μια περιοχή.

Παράδειγμα

Σε πυρήνα γεώτρησης 5 μέτρων έχουν πραγματοποιηθεί οι ραδιοχρονολογήσεις που φαίνονται στον Πίνακα 1. Με τη χρήση διορθωτικής καμπύλης κατασκευάστηκε ένα μοντέλο βάθους χρόνου όπως φαίνεται στην εικόνα 3..

Πίνακας 1. Πίνακας ραδιοχρονολογήσεων για τον πυρήνα γεώτρησης AL-A στον οποίο αναγράφονται: 1) Όνομα δείγματος ραδιοχρονολόγησης, 2) Βάθος δείγματος, 3) τύπος δείγματος που χρησιμοποιήθηκε, 4) κωδικός εργαστηρίου στο οποίο γίνεται η ανάλυση, 5) αποτέλεσμα ανάλυσης, 6) διορθωμένο αποτέλεσμα με τη χρήση της διορθωτικής καμπύλης CAL13.

Sample Name	Depth (m.b.s)	Sample description	Lab Code	¹⁴ C Age (BP)	cal yrs BP
AL-A 064	0.64	Shell	Beta-498682	980±30	797;874
AL-A 282	2.82	Shell	Beta-488553	2170±30	2219;2308
AL-A 386	3.86	Shell	Beta-488554	2330±30	2309;2383
AL-A 445	4.45	Shell	Beta-488555	2620±30	2726;2778

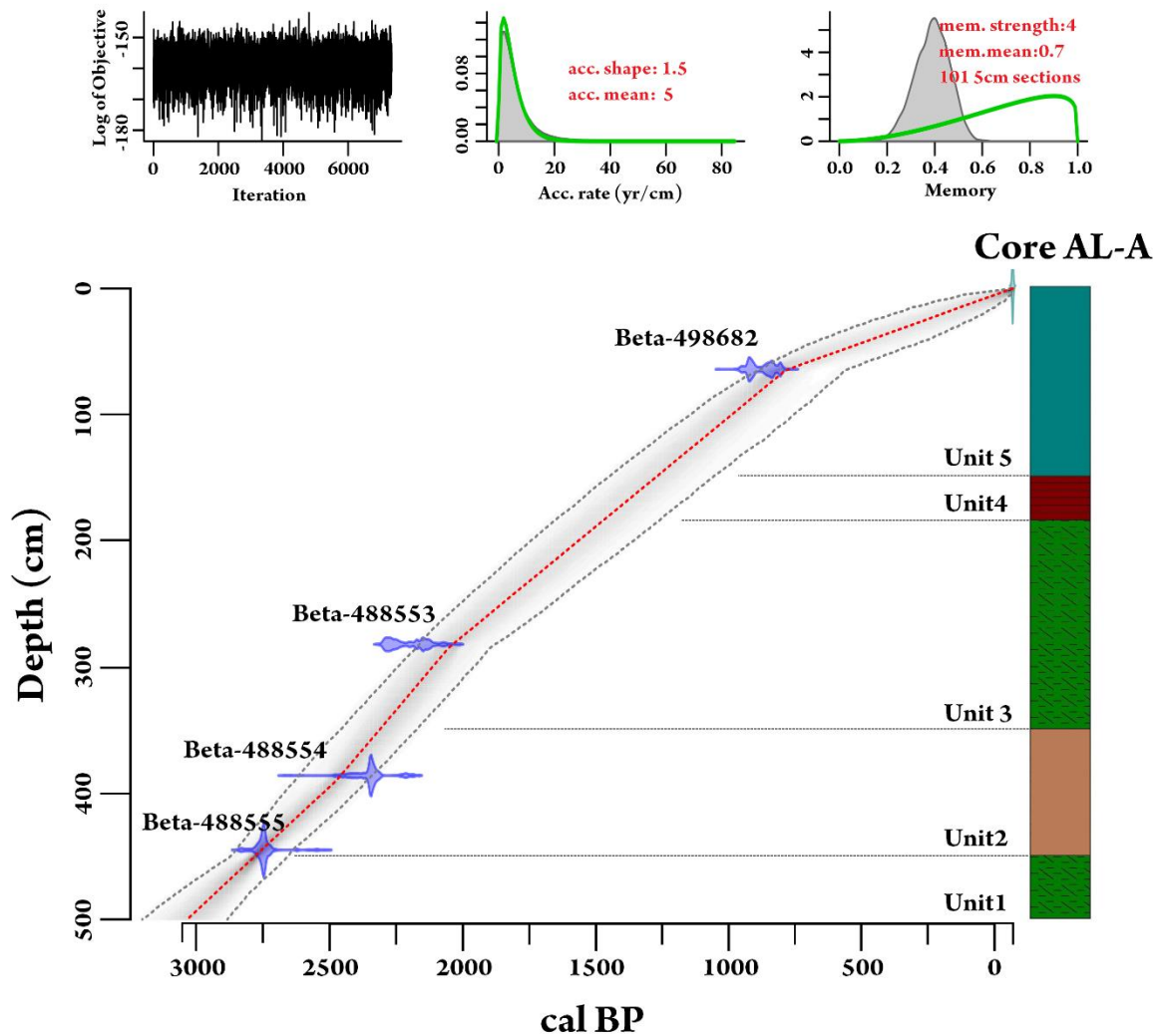
Για να υπολογίσουμε το ρυθμό ιζηματογένεσης για κάθε ιζηματολογική φάση (Unit 1,2,3,4,5) ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

Το Unit 5 ορίζεται από το βάθος 0.00 m έως 1.50 m. Ταυτόχρονα η ηλικία του ορίζεται από ~0 cal BP, έως 1400 cal BP. Άρα για να αποτεθούν 150 cm ιζήματος ο χρόνος που χρειάστηκε ήταν 1400 χρόνια. Δηλαδή, σε ένα χρόνο αποτίθενται 0,10 cm. Τα 0.10 cm/yr είναι στην πραγματικότητα ο ρυθμός ιζηματογένεσης για αυτό το Unit.

Με την ίδια λογική υπολογίζουμε τον ρυθμό ιζηματογένεσης και για τα υπόλοιπα Unit.

ΠΡΟΣΟΧΗ !!!

Για τα Unit τα οποία βρίσκονται ανάμεσα σε άλλα, όπως πχ τα Unit 2, 3 ,4, βάθος το οποίο χρησιμοποιούμε μετριέται από την αρχή του Unit μέχρι το τέλος του και όχι από την αρχή του πυρήνα έως το τέλος του.

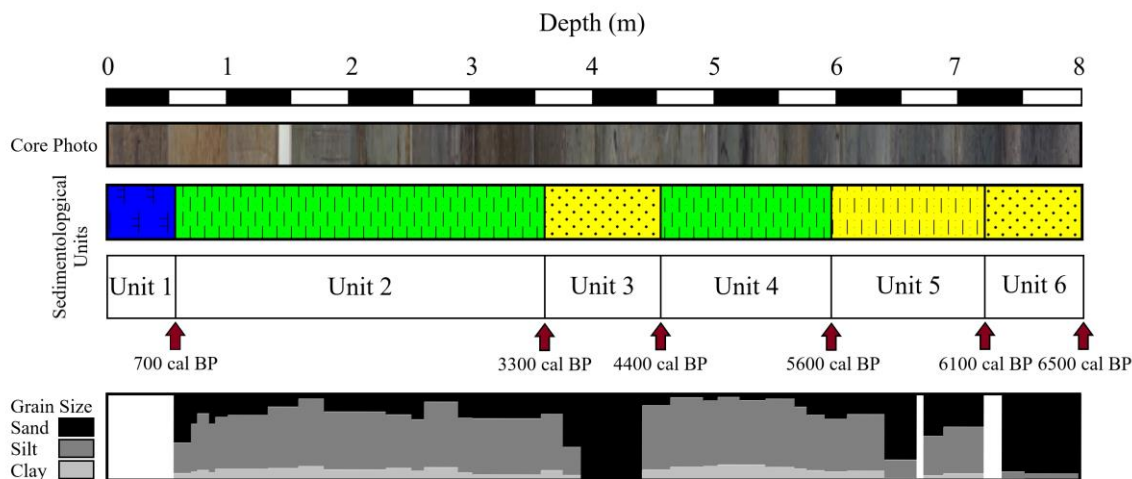


Εικόνα 3. Μοντέλου βάθους χρόνου για πυρήνα γεώτρησης 5 m με τις ιζηματολογικές φάσεις που διαχωρίστηκαν για τον πυρήνα.

Όπως βλέπουμε από το παραπάνω παράδειγμα, ο ρυθμός ιζηματογένεσης δεν είναι πάντα σταθερός και αυτό είναι κάτι απόλυτα φυσιολογικό, καθώς κάθε περιβάλλον ιζηματογένεσης που μελετάμε, δεν αποτελεί ένα κλειστό σύστημα ανεπηρέαστο από εξωγενής και ενδογενής παράγοντες. Υπάρχουν πληθώρα παραγόντων οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τον ρυθμό ιζηματογένεσης μια περιοχής. Χαρακτηριστικοί είναι οι : 1) ενεργός τεκτονική μιας περιοχής, 2) κλιματικές αλλαγές οι οποίες επηρεάζουν τον ρυθμό διάβρωσης στην περιοχή, 3) δυναμικά γεγονότα (τσουνάμι κτλπ), 4) ανθρωπογενής παρέμβαση κ.α.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Σας δίνεται πυρήνας γεώτρησης 8 m όπως φαίνεται στην Εικόνα 4 στον οποίο έχουν πραγματοποιηθεί 6 ραδιοχρονολογήσεις.



Εικόνα 4. Μητρώο πυρήνα ιζήματος 8 m στο οποίο (από πάνω προς τα κάτω) παρουσιάζονται: α) εικόνα του πυρήνα, β) Ιζηματολογικές ενότητες που χωρίστηκαν, γ) με κόκκινα βέλη οι ραδιοχρονολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν και δ) η κοκκομετρική ανάλυση του πυρήνα.

Οι ραδιοχρονολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 2. Ραδιοχρονολογήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον πυρήνα. Αναγράφονται ο κωδικός εργαστηρίου, Βάθος κάθε δείγματος, υλικό που χρησιμοποιήθηκε για τη ραδιοχρονολόγηση, αποτέλεσμα μέτρησης (χρόνια πριν από σήμερα).

Lab Code	Depth (m)	Dated Material	cal yrs BP
Poz - 73359	0.56	C. mariscus seeds	700
Poz - 73360	3.59	C. mariscus & Carex sp. Seeds	3300
Poz - 73362	4.54	Najas sp. Seeds	4400
Poz - 73363	5.94	Charcoals	5600
Poz - 73364	7.2	C. mariscus & Carex sp. Seeds	6100
Poz - 73365	8	C. mariscus & Carex sp. Seeds	6500

Με τα δεδομένα τα οποία σας δίνονται:

1. Κατασκευάστε το μοντέλο βάρους χρόνου για την συγκεκριμένη περιοχή.
2. Υπολογίστε το ρυθμό ιζηματογένεσης για κάθε μια από τις ιζηματολογικές ενότητες οι οποίες διαχωρίστηκαν στον πυρήνα.
3. Αναφέρεται σε ποια από τις ενότητες παρουσιάζεται ο υψηλότερος ρυθμός ιζηματογένεσης. Λαμβάνοντας υπόψιν την κοκκομετρική ανάλυση που

πραγματοποιήθηκε καθώς και ότι ο πυρήνας διατρήθηκε από λιμνοθάλασσα στην Δυτική Ελλάδα, αναφέρεται πιθανούς παράγοντες στους οποίους μπορεί να οφείλεται ο υψηλός ρυθμός ιζηματογένεσης.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

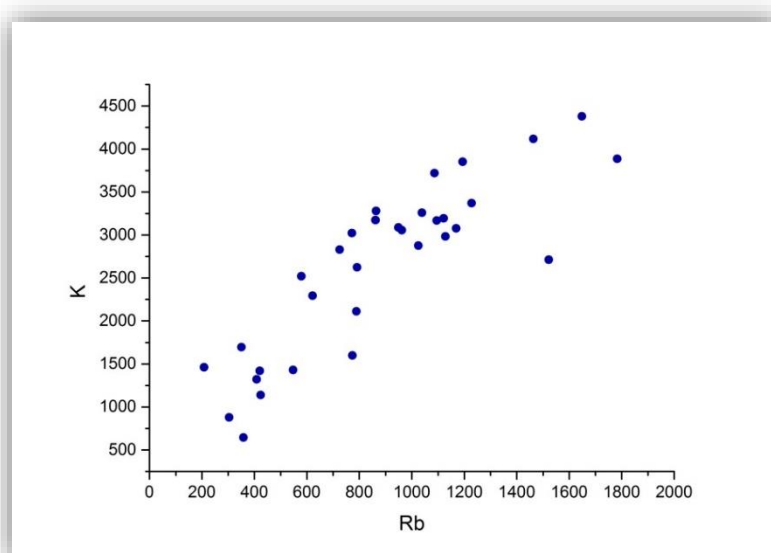
Στην προσπάθεια ερμηνείας διαφόρων αποτελεσμάτων που παράγονται από διάφορες μελέτες, δημιουργείτε πολλές φορές η ανάγκη να ελέγξουμε πώς διάφορες μεταβλητές συσχετίζονται μεταξύ τους. Για να το κάνουμε αυτό είναι απαραίτητη η στατιστική επεξεργασία και η ανάλυση των δεδομένων μας.

Σε διάφορες επιστήμες όπως είναι οι Θετικές και οι Οικονομικές όπως επίσης και η Κοινωνιολογία και η Ψυχολογία, η στατιστική έχει τεράστια σημασία καθώς μας επιτρέπει να συνδέσουμε διάφορες μεταβλητές μεταξύ τους και να εξάγουμε συμπεράσματα για την αλληλεπίδραση μεταξύ αυτών.

Ένας τρόπος για να αποκτήσουμε μια πρώτη εικόνα για το αν και πως δυο μεταβλητές συσχετίζονται-συσχετίζονται, είναι να κατασκευάσουμε ένα διάγραμμα διασποράς (Scatter diagram) μεταξύ των παρατηρήσεων των δυο μεταβλητών.

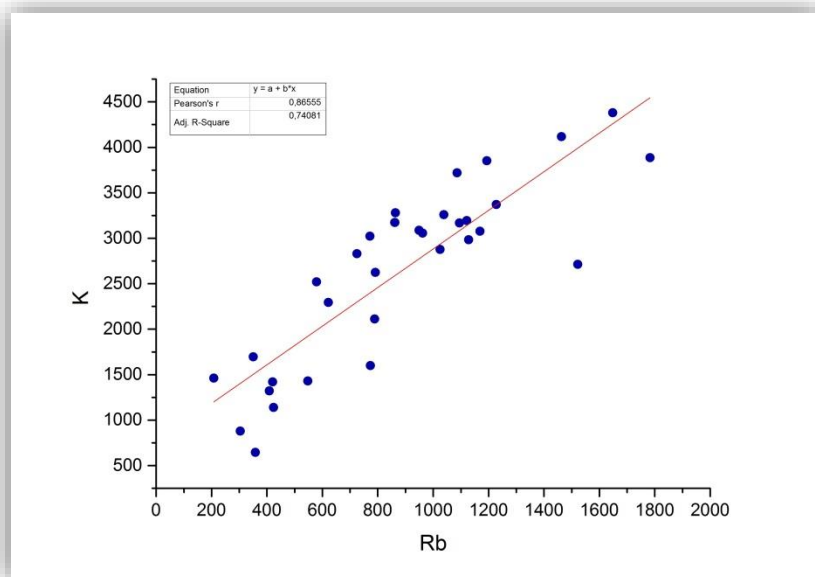
Διαγράμματα Διασποράς (Scatter diagram)

Όταν κατασκευάζουμε ένα διάγραμμα διασποράς και η διασπορά των σημείων είναι μικρή, τότε υπάρχει υψηλή συσχέτιση μεταξύ των παραγόντων που εξετάζουμε. Για παράδειγμα στην Εικόνα 1 βλέπουμε ένα διάγραμμα διασποράς μεταξύ του Καλίου και του Ρουβιδίου, για ένα σύνολο μετρήσεων. Όπως βλέπουμε από το διάγραμμα και τη διασπορά των μετρήσεων, καταλαβαίνουμε πως τα δυο στοιχεία μεταξύ τους έχουν μια σχετικά ίδια κατανομή. Μπορούμε έτσι να συμπεράνουμε ότι υπάρχει μια **ανάλογη σχέση** μεταξύ των δυο μεταβλητών.



Εικόνα 1. Διάγραμμα Διασποράς μεταξύ του K και Rb

Η κλίση της διασποράς μπορεί να είναι μια ευθεία γραμμή, δηλαδή να υπάρχει μια γραμμική συσχέτιση των δεδομένων (**linear**) ή μπορεί να είναι και καμπυλόγραμμη (**Curvilinear**). Όταν η ευθεία γραμμή έχει πορεία από κάτω δεξιά του διαγράμματος προς επάνω δεξιά τότε υπάρχει Θετική συσχέτιση.



Εικόνα 2. Διάγραμμα Διασποράς με τον συντελεστή γραμμικής συσχέτισης Pearson

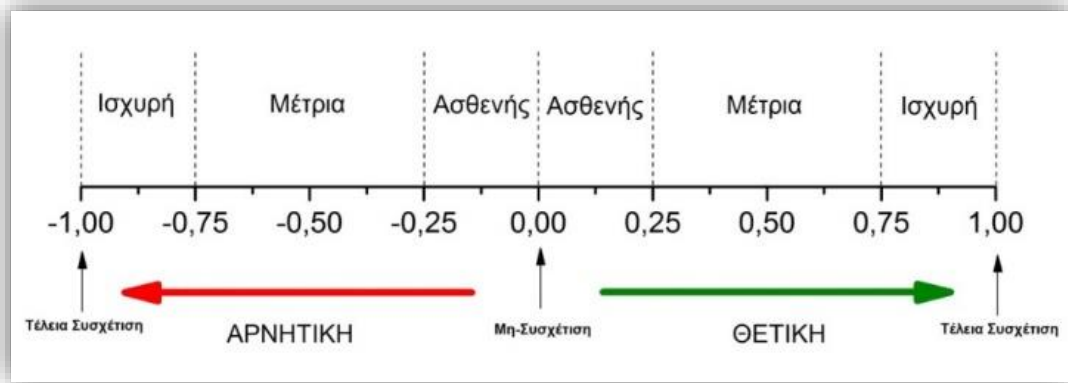
Συντελεστής Γραμμικής Συσχέτισης Pearson

Είναι ένα αριθμητικό μέτρο ή δείκτης του μεγέθους της συσχέτισης μεταξύ δύο συνόλων τιμών. Κυμαίνεται σε μέγεθος από **+1.00** έως **-1.00** και δίνεται από τον τύπο που δίνεται παρακάτω.

$$r = \frac{s_{xy}}{s_x \cdot s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n \cdot \bar{x}^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n \cdot \bar{y}^2}}$$

Το πρόσημο + σημαίνει **θετική συσχέτιση**, δηλαδή οι τιμές μιας μεταβλητής αυξάνονται όταν αυξάνονται και της άλλης.

Το πρόσημο - σημαίνει **αρνητική συσχέτιση**, δηλαδή ότι οι τιμές μιας μεταβλητής αυξάνονται καθώς της άλλης μειώνονται.



Ανάλογα με το πλήθος των δεδομένων τα οποία εξετάζονται αλλάζει και η έννοια της στατιστικής σημαντικότητας. Η στατιστική σημαντικότητα είναι μια δήλωση της πιθανότητας να προκύψει ένας συγκεκριμένος συντελεστής συσχέτισης για ένα δείγμα δεδομένων αν δεν υπάρχει συσχέτιση (δηλαδή αν η συσχέτιση είναι 0.00) στον πληθυσμό από τον οποίο λήφθηκε το δείγμα.

Διαστήματα Εμπιστοσύνης

Διάστημα Εμπιστοσύνης (Confidence Interval): Είναι ένα διάστημα που βασίζεται σε παρατηρήσεις ενός δείγματος και είναι καθορισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει μια συγκεκριμένη πιθανότητα ότι θα περιέχει την άγνωστη πραγματική τιμή μιας παραμέτρου. Για παράδειγμα, συνηθίζεται ο καθορισμός διαστημάτων εμπιστοσύνης που έχουν 95% ή 99% πιθανότητα να περιέχουν την πραγματική τιμή.

Επίπεδο Εμπιστοσύνης (Confidence Level): Είναι ο βαθμός εμπιστοσύνης που συσχετίζεται με ένα διάστημα εμπιστοσύνης, δηλαδή η πιθανότητα ότι το διάστημα περιέχει την πραγματική τιμή της παραμέτρου.

Επίπεδο Σημαντικότητας (Level of Significance): Ισούται με 1-Επίπεδο Εμπιστοσύνης.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Σε ένα παράκτιο περιβάλλον πραγματοποιήθηκε δειγματοληπτική γεώτρηση 8 m με σκοπό την μελέτη της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της περιοχής. Κατά την ανάλυση του πυρήνα εκτελέστηκαν ιζηματολογικές και γεωχημικές αναλύσεις οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα που σας δίνεται.

1. Από τα δεδομένα τα οποία σας δίνονται υπολογίστε το συντελεστή συσχέτισης **Pearson r** ανάμεσα στα εξής στοιχεία:

TOC-Silt, TOC-Clay, Clay-Rb, Clay-K, Sand-Silt, Sand-Clay, CaCO₃-Ca, K-Ti, Rb-K, Ti-Rb, Mn-Fe.

2. Κατασκευάστε διαγράμματα διασποράς για τους παράγοντες Silt-Clay, Ti-K, Rb-K, Sand-Silt και Sand-Clay, στα οποία να εμφανίζεται η γραμμική συσχέτιση των παραγόντων καθώς και την καμπύλη εμπιστοσύνης για 95%.

3. Κατασκευάστε ένα πίνακα συσχετίσεων (**correlation matrix**) για τα στοιχεία του Πίνακα που σας δίνεται.

4. Λαμβάνοντας υπόψη πως τα δεδομένα προέρχονται από μια λιμνοθάλασσα, εξηγήστε την συσχέτιση που προκύπτει ανάμεσα στους παράγοντες TOC-Clay, Sand-Silt και Rb-K.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

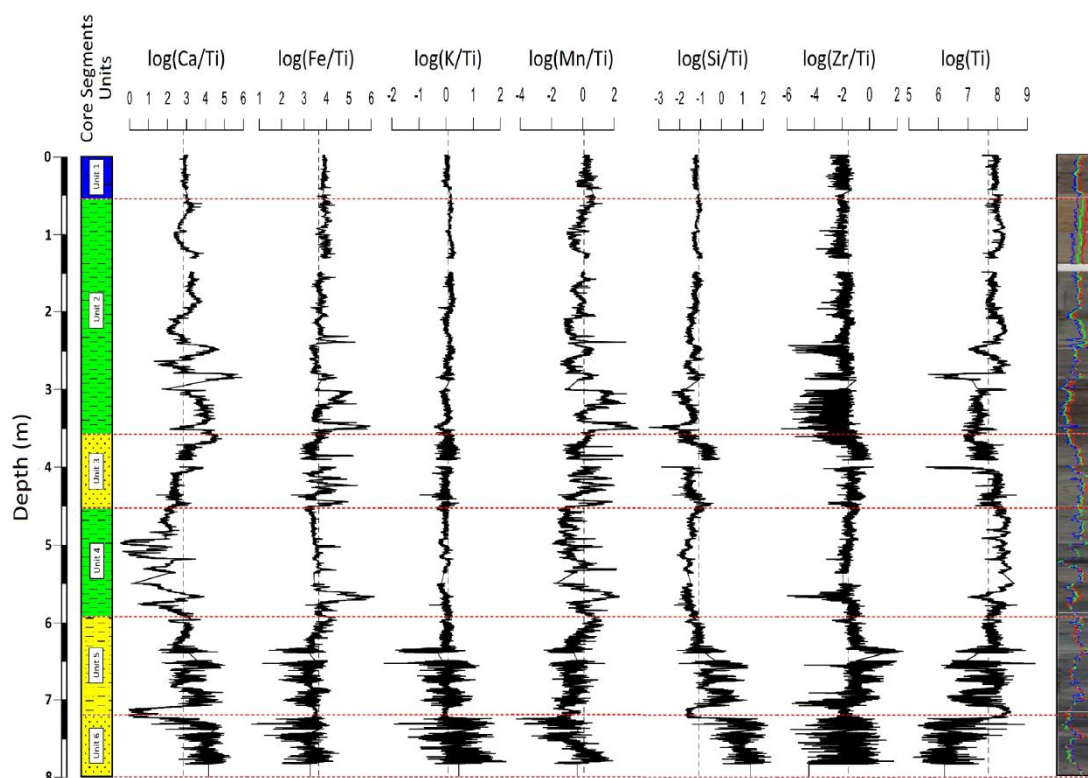
SAMPLES	DEPTH	SAND %	SILT %	CLAY %	TOC %	CaCO ₃ %	Si	S	Cl	Ar	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Ni	Zn	Rb	Sr	Zr	Pb
A1	0.59	58.39	35.19	6.42	0.59	32.40	966	9	6	543	3259	55138	2627	4272	161600	830	517	1039	2203	456	837
A2	0.725	36.75	55.06	8.20	0.43	30.10	906	26	23	535	3078	71481	2573	1940	127869	790	692	1169	2390	502	904
A3	0.775	24.69	65.15	10.16	1.68	25.80	1008	20	22	600	3168	57156	2822	2608	146422	930	582	1095	2200	558	1083
A4	0.875	36.79	55.80	7.41	2.85	25.10	952	17	6	524	3719	47392	3291	2357	169586	928	741	1086	2006	666	1247
A5	0.975	28.79	59.76	11.45	0.68	20.10	919	27	241	504	2876	51225	2705	3193	134673	880	584	1025	2522	229	2204
A6	1.29	26.39	62.03	11.59	1.64	23.90	903	9	17	542	3172	80479	2575	3230	122129	1036	657	862	3376	376	1021
A7	1.54	16.46	71.26	12.27	2.38	32.20	747	17	22	451	3023	67090	2711	2838	111474	922	686	772	2873	408	1134
A8	1.735	7.30	78.11	14.58	2.01	32.50	721	8	90	537	3086	58740	2683	1471	103358	1007	590	949	2589	457	1345
A9	1.95	22.33	66.69	10.98	1.02	31.40	672	8	96	569	2830	72858	2206	2288	120116	862	545	725	2951	427	1094
A10	2.35	25.39	61.96	12.65	0.90	29.40	722	52	60	604	3371	52316	2856	1440	119303	950	588	1228	2396	394	991
A11	2.56	31.26	59.29	9.46	1.46	50.80	585	50	880	617	2295	92979	1927	2360	64226	704	952	622	2915	260	2189
A12	2.75	10.80	75.25	13.95	3.04	17.00	758	46	246	492	3280	57194	2963	1559	88918	966	537	864	3714	721	1583
A13	2.95	29.40	62.86	7.74	4.89	44.60	419	268	189	675	1431	93964	1245	938	53596	650	265	548	2564	475	1529
A14	3.16	29.82	64.71	5.47	2.36	44.50	298	200	37	589	1421	64722	1383	7591	88150	996	517	421	2491	80	1106
A15	3.61	24.77	64.76	10.47	3.43	51.70	308	183	80	523	1461	106214	1340	1921	57321	671	252	208	3629	175	1490
A16	3.825	62.73	32.45	4.82	0.65	20.30	958	57	12	551	2112	35457	1696	913	50177	816	525	789	3934	846	1317
A17	4.325	100.00	0.00	0.00	0.57	15.20	699	16	31	517	2983	28065	2981	3434	134118	697	443	1128	2297	1056	1303
A18	4.59	14.57	74.12	11.30	3.43	14.30	1189	23	55	522	3195	31756	3507	1560	89575	1051	706	1121	2292	986	1402
A19	4.795	5.19	80.02	14.79	2.72	12.50	944	56	271	544	3853	32596	3776	2253	119665	1064	745	1194	2221	878	1755
A20	4.96	8.69	75.79	15.52	2.25	8.90	693	34	8	654	2713	2657	3391	876	109467	1780	711	1522	720	732	939
A21	5.115	4.82	77.79	17.40	5.38	18.00	564	132	360	585	3885	5255	3916	1338	148860	1942	874	1783	960	689	1858
A22	5.23	8.13	74.34	17.53	6.66	2.80	774	7	7	523	4117	34023	3827	3042	142124	1013	817	1463	2073	704	421
A23	5.5	6.53	78.86	14.61	5.40	7.60	1208	49	193	429	4380	6256	5237	939	165236	2062	935	1648	1283	783	1970
A24	5.69	15.77	71.33	12.91	4.46	31.40	302	80	56	479	1600	53786	1386	10174	449387	557	41	774	1568	30	1015
A25	5.825	25.09	63.78	11.14	3.17	17.30	710	52	32	552	3057	25694	3141	3247	143366	797	502	962	1626	949	875
A26	5.945	29.70	60.57	9.73	1.09	23.50	674	240	606	517	2520	43810	2526	4452	142262	1280	458	579	2434	796	2378
A27	6.225	23.92	65.81	10.27	3.10	20.90	931	97	579	612	2624	41437	2645	1206	72238	693	563	792	2394	706	2249
A28	6.505	76.49	21.15	2.36	0.40	17.80	760	161	41	663	880	36042	1023	707	33703	262	206	304	1466	381	1603
A30	6.755	49.14	45.24	5.62	0.61	18.20	1918	213	63	554	1696	40422	2322	1893	34044	517	367	351	1977	1533	1416
A31	6.995	38.35	53.79	7.86	0.83	22.70	1332	322	84	624	1322	42086	1098	472	28839	421	260	409	2002	299	1216
A34	7.435	90.07	8.00	1.93	0.51	4.600	1686	1116	347	682	645	38119	547	201	13396	381	378	358	976	75	1764
A35	7.765	92.45	6.23	1.32	0.32	11.4	1697	1874	471	633	1140	36438	451	1165	15565	397	157	424	1304	185	1733

ΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΙΖΗΜΑΤΩΝ

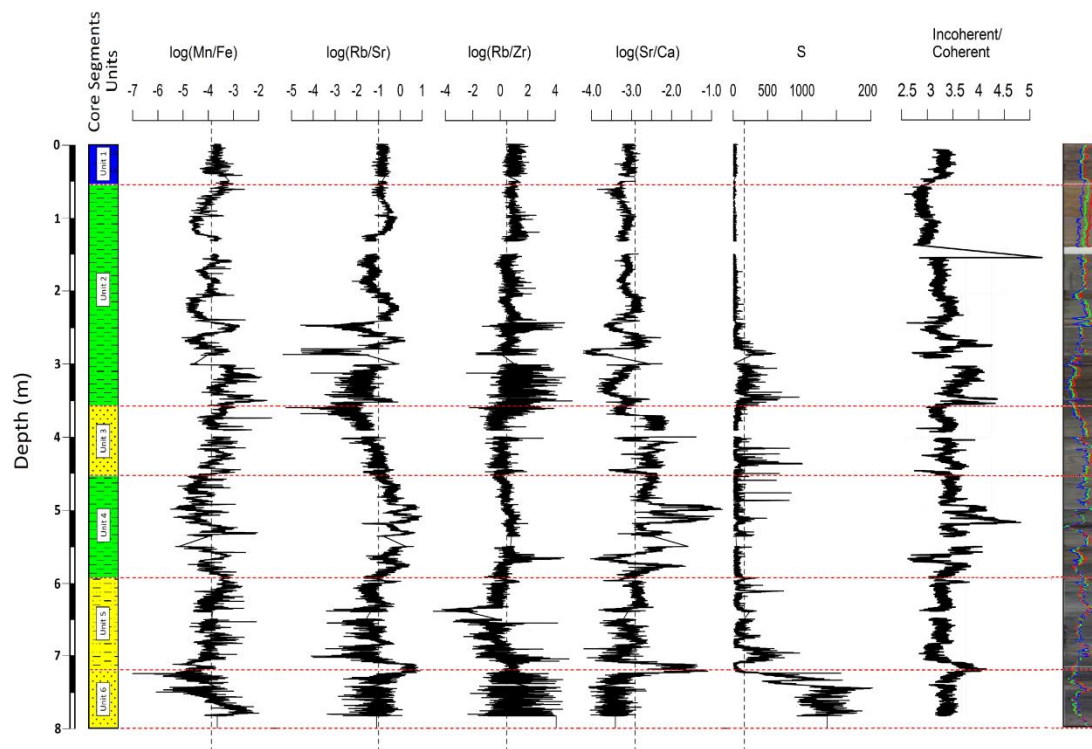
Σε μια Ιζηματολογική μελέτη, η χημική σύσταση των ιζημάτων παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ερμηνεία όλων των διαδικασιών που έλαβαν χώρα κατά την διαδικασία της ιζηματογένεσης. Οι παράγοντες από τους οποίους εξαρτάται η χημική σύσταση των ιζημάτων είναι:

1. Ο τύπος του μητρικού πετρώματος.
2. Οι συνθήκες μεταφοράς και απόθεσης.
3. Οι διαγενετικές διαδικασίες που έδρασαν σε αυτά.

Κατά τη διαδικασία επεξεργασίας γεωχημικών αποτελεσμάτων έχει γίνει ευρέως διαδεδομένη η χρήση γεωχημικών λόγων (Εικόνα 1, 2), δηλαδή ο λόγος ενός στοιχείου με κάποιο άλλο, με σκοπό να χαρακτηριστούν οι αλλαγές οι οποίες παρατηρούνται σε πυρήνες ιζημάτων. Ο κάθε γεωχημικός λόγος μπορεί να μας δώσει πληροφορίες για **αλλαγές στο κοκκομετρικό μέγεθος των ιζημάτων, κλιματικές αλλαγές που έλαβαν χώρα στην μελετώμενη περιοχή, ένταση χημικής αποσάθρωσης, αλλαγές σε οξειδωτικές και αναγωγικές συνθήκες κ.α.**



Εικόνα 1. Γεωχημικοί λόγοι στοιχείων με παράγοντα το Ti.



Εικόνα 2. Διάφοροι γεωχημικοί λόγοι οι οποίοι μπορεί να χρησιμοποιηθούν κατά τη διάρκεια μιας ιζηματολογικής έρευνας.

Όπως φαίνεται και στα παραπάνω σχήματα, σε κάθε μελέτη μπορούμε να χρησιμοποιούμε πληθώρα γεωχημικών λόγων με σκοπό να παρατηρήσουμε ποιοι από αυτούς μας παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για το μελετώμενο σύστημα.

Οι γεωχημικοί λόγοι οι οποίοι θα χρησιμοποιήσετε στην παρούσα άσκηση είναι οι Mn/Fe, Si/Ti και Rb/Sr. Πιο συγκεκριμένα οι λόγοι αυτοί μας βοηθούν να αναγνωρίσουμε τις εξής αλλαγές:

Mn/Fe: Τα διαγράμματα κατανομής των στοιχείων Fe και Mn μας παρέχουν πληροφορίες για τις οξειδωτικές συνθήκες. Η καλή μίξη της υδάτινης στήλης έχει σαν αποτέλεσμα την καλή οξυγόνωση των υδάτων. Γενικά αναερόβιες συνθήκες συμβαίνουν όταν τα ύδατα είναι θερμικώς και χημικώς στρωματοποιημένα. Οι οξειδωαναγωγικές συνθήκες μπορούν να επηρεαστούν από πολλούς παράγοντες όπως το βάθος του νερού, η βιολογική παραγωγικότητα, ταχεία απόθεση ιζήματος καθώς επίσης και κλιματικοί παράγοντες όπως θερμοκρασία, βροχόπτωση κ.α. Σε ένα αναγωγικό περιβάλλον, η διαλυτότητα του Fe και Mn αυξάνεται, με το Mn να επηρεάζεται σε μεγαλύτερο ποσοστό από το Fe και σαν αποτέλεσμα, μια αύξηση του λόγου Mn/Fe αποτυπώνει οξειδωτικές συνθήκες.

Si/Ti: Χρησιμοποιείται για την μελέτη του κοκκομετρικού μεγέθους των ιζημάτων. Το Si συνδέεται με τα πιο αδρομερή κλάσματα σε έναν πυρήνα (άμμος), ενώ το Ti συνδέεται με τα λεπτότερα κλάσματα (ιλύς).

Rb/Sr: Το Ρουβίδιο στα ιζήματα συνήθως συνυπάρχει με το Κάλιο μέσα σε Καλιούχα ορυκτά όπως είναι οι καλιούχοι Άστριοι, ο Βιοτίτης κ.α. Το Στρόντιο από την άλλη μεριά τείνει να εμπλουτίζει ασβεστιτικά ορυκτά όπως είναι για παράδειγμα ο ασβεστόλιθος, καθώς και πυριτικά ορυκτά πλούσια σε Ασβέστιο όπως είναι η κεροσίλβη, τα πλαγιόκλαστα κ.α. Καθώς τα Ασβεστιτικά ορυκτά υπόκεινται πιο εύκολα στη διάβρωση σε σύγκριση με τα Καλιούχα ορυκτά τα ζεύγη K-Rb και Ca-Sr είναι εύκολο να κλασματοποιηθούν και να χρησιμοποιηθούν για την ένταση φυσικοχημικών διαδικασιών. Συγκεκριμένα στην άσκηση τον λόγο Rb/Sr χρησιμοποιήστε τον σαν δείκτη έντασης χημικής αποσάθρωσης και κατεπέκταση σαν δείκτη κλιματικών συνθηκών. Η αύξηση του λόγου υποδεικνύει πιο υγρές συνθήκες ενώ η μείωση πιο ξηρές συνθήκες.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Σε παράκτιο περιβάλλον της νοτιοδυτικής Ελλάδας πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία βάθους 8 μέτρων με σκοπό την παλαιογεωγραφική/παλαιογεωμορφολογική και παλαιοκλιματική εξέλιξη της περιοχής. Στον Πίνακα που σας δίνεται παρουσιάζονται το όνομα του δείγματος με τα αντίστοιχα βάθη, το κοκκομετρικό μέγεθος (Mean Size) καθώς και 6 διαφορετικά στοιχεία που μετρήθηκαν μέσω στοιχειακής ανάλυσης με XRF core scanner.

1. Κατασκευάστε διαγράμματα κατανομής για τα: Depth - Mean Size, Depth - $\log(\text{Si/Ti})$, Depth - $\log(\text{Mn/Fe})$, Depth - $\log(\text{Rb/Sr})$.

2. Κατασκευάστε ένα συγκεντρωτικό διάγραμμα με τους παραπάνω γεωχημικούς λόγους και το κοκκομετρικό μέγεθος μαζί. Στη συνέχεια αναφέρετε όλες τις διακυμάνσεις που παρατηρείται στους λόγους και γιατί συμβαίνουν.

3. Σας δίνονται οι εξής ραδιοχρονολογήσεις:

Lab Code	Depth (cm)	Dated Material	14C AMS BP	Cal. yrs BP
Poz-73359	181	<i>C. mariscus</i> seeds	2225±30	2207
Poz-73360	291	<i>C. mariscus</i> & <i>Carex</i> sp. Seeds	2985±30	3246
Poz-73362	362	<i>Najas</i> sp. seeds	3080±35	3310
Poz-73363	537	Charcoals	46220±35	5385
Poz-73364	729	<i>C. mariscus</i> & <i>Carex</i> sp. Seeds	5380±40	6172

Αρχικά τοποθετήστε τις ραδιοχρονολογήσεις δίπλα στην στήλη του βάθους. Στη συνέχεια για την κατανομή του Rb/Sr αναγνωρίστε σε ποια σημεία καταγράφονται οι ακραίες τιμές. Χρονικά σε ποια στιγμή φαίνεται να έχουμε τις ποιο ακραίες κλιματικές συνθήκες; **Ποια είναι αυτή η εποχή;**

ΠΙΝΑΚΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

SAMPLES	DEPTH	Mean Size	Si	Ti	Mn	Fe	Rb	Sr
A1	0.59	3.678	966	2627	4272	161600	1039	2203
A2	0.725	4.863	906	2573	1940	127869	1169	2390
A3	0.775	5.891	1008	2822	2608	146422	1095	2200
A4	0.875	5.445	952	3291	2357	169586	1086	2006
A5	0.975	6.193	919	2705	3193	134673	1025	2522
A6	1.29	6.224	903	2575	3230	122129	862	3376
A7	1.54	6.315	747	2711	2838	111474	772	2873
A8	1.735	6.890	721	2683	1471	103358	949	2589
A9	1.95	6.122	672	2206	2288	120116	725	2951
A10	2.35	6.265	722	2856	1440	119303	1228	2396
A11	2.56	5.640	585	1927	2360	64226	622	2915
A12	2.75	6.819	758	2963	1559	88918	864	3714
A13	2.95	4.781	419	1245	938	53596	548	2564
A14	3.16	4.833	298	1383	7591	88150	421	2491
A15	3.61	5.869	308	1340	1921	57321	208	3629
A16	3.825	4.347	958	1696	913	50177	789	3934
A17	4.325	2.710	699	2981	3434	134118	1128	2297
A18	4.59	6.051	1189	3507	1560	89575	1121	2292
A19	4.795	6.832	944	3776	2253	119665	1194	2221
A20	4.96	6.825	693	3391	876	109467	1522	720
A21	5.115	7.191	564	3916	1338	148860	1783	960
A22	5.23	7.172	774	3827	3042	142124	1463	2073
A23	5.5	6.732	1208	5237	939	165236	1648	1283
A24	5.69	6.414	302	1386	10174	449387	774	1568
A25	5.825	5.911	710	3141	3247	143366	962	1626
A26	5.945	5.362	674	2526	4452	142262	579	2434
A27	6.225	5.639	931	2645	1206	72238	792	2394
A28	6.505	2.198	760	1023	707	33703	304	1466
A30	6.755	4.313	1918	2322	1893	34044	351	1977
A31	6.995	4.821	1332	1098	472	28839	409	2002
A34	7.435	2.330	1686	547	201	13396	358	976
A35	7.765	1.905	1697	451	1165	15565	424	1304

ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ - ΦΑΣΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ

Στον παρακάτω πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα 32 γεωτρήσεων από την περιοχή Great Plains των Η.Π.Α και του Καναδά. Στον πίνακα αναγράφονται οι λιθολογίες (σχιστόλιθος, ψαμμίτης, ανθρακικά πετρώματα και εβαπορίτες) καθώς και το συνολικό πάχος των σχηματισμών.

A) Να υπολογίσετε τους δείκτες “clastic ratio” (CR) και “evaporite ratio” (ER).

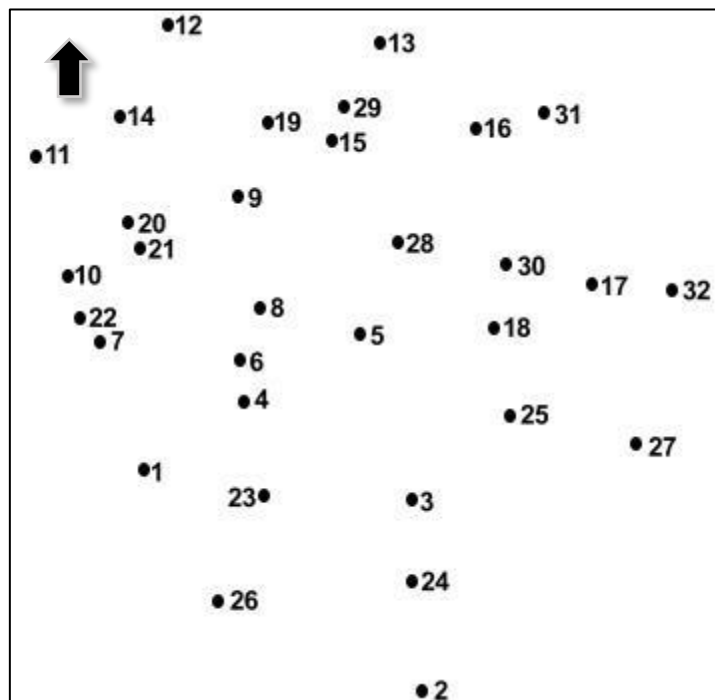
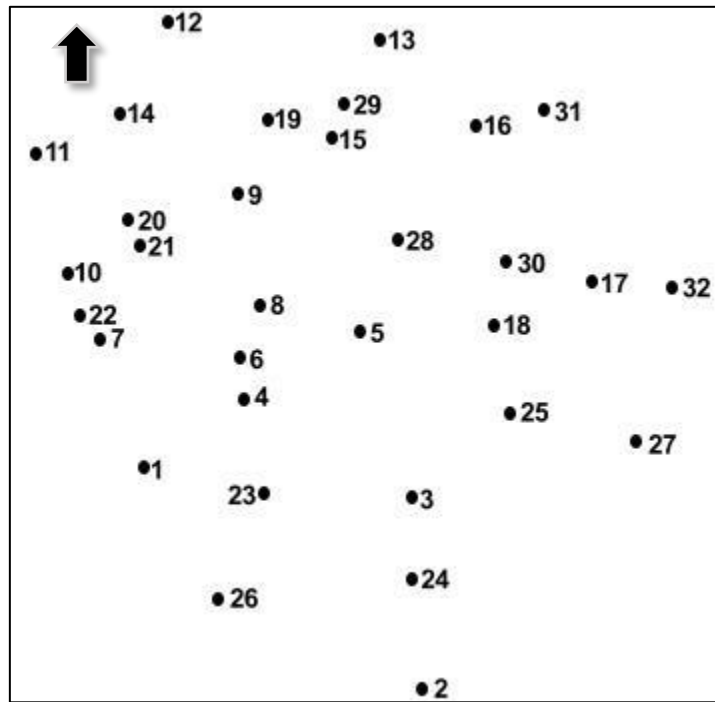
CR (clastic ratio) = sandstone + shale / carbonate + evaporite

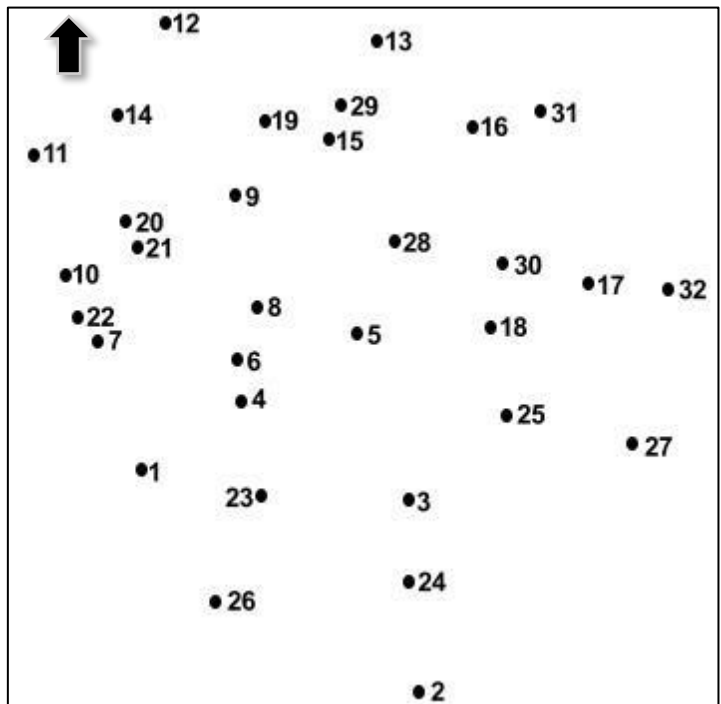
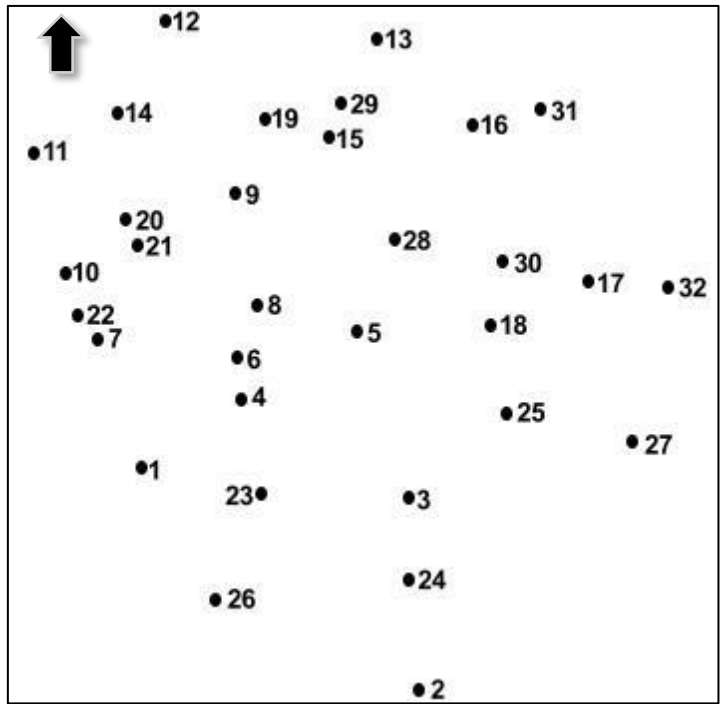
ER (evaporate ratio) = carbonate / evaporite

Πίνακας 1 : Συνολικό πάχος γεωτρήσεων και υπαρχόντων λιθολογιών

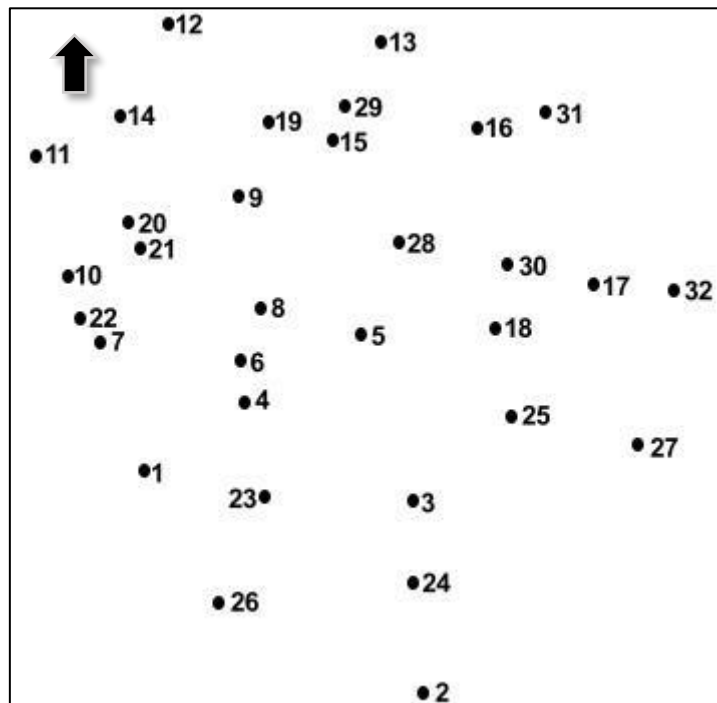
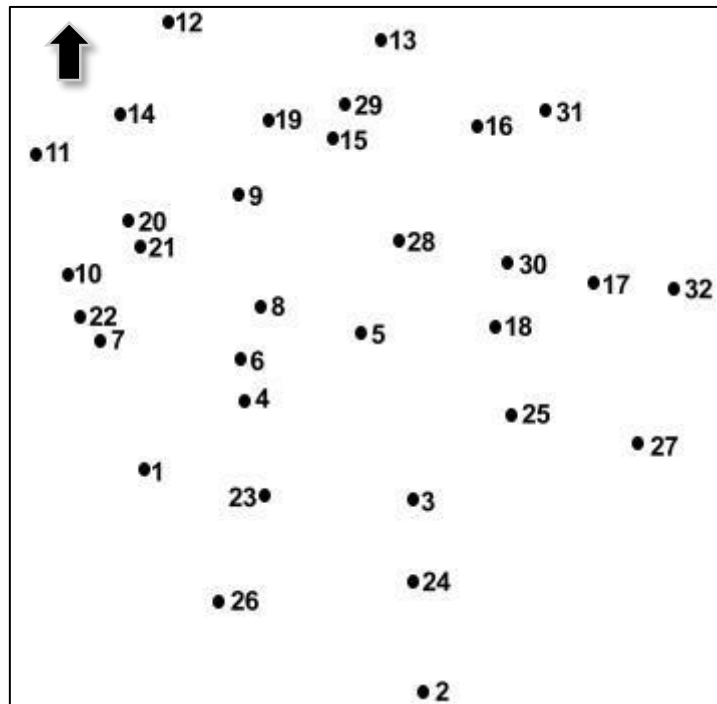
Drill number	Total thickness (m)	Shale (m)	Sandstone (m)	Carbonate (m)	Evaporite (m)	Clastic ratio	Evaporite ratio
1	52	10	3	33	6		
2	133	25	10	82	16		
3	550	60	23	118	349		
4	420	42	21	89	268		
5	740	50	24	100	566		
6	160	20	4	116	20		
7	85	16	5	54	10		
8	490	41	18	73	358		
9	746	51	26	101	568		
10	240	35	10	70	125		
11	651	40	11	150	450		
12	157	10	3	124	20		
13	120	28	10	71	11		
14	310	30	12	179	89		
15	340	35	17	189	99		
16	140	10	4	113	13		
17	150	16	6	112	16		
18	360	42	19	75	224		
19	550	60	28	140	322		
20	450	38	7	134	271		
21	220	18	6	163	33		
22	140	11	4	100	25		
23	253	31	10	142	70		
24	345	29	6	176	134		
25	190	12	7	130	41		
26	110	21	7	62	20		
27	140	21	14	63	42		
28	400	30	10	151	209		
29	195	15	5	145	30		
30	197	16	4	133	44		
31	44	3	1	33	7		
32	41	4	1	32	4		

B) Να κατασκευαστεί ο χάρτης των ισοπαχών χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες ισοπαχείς.

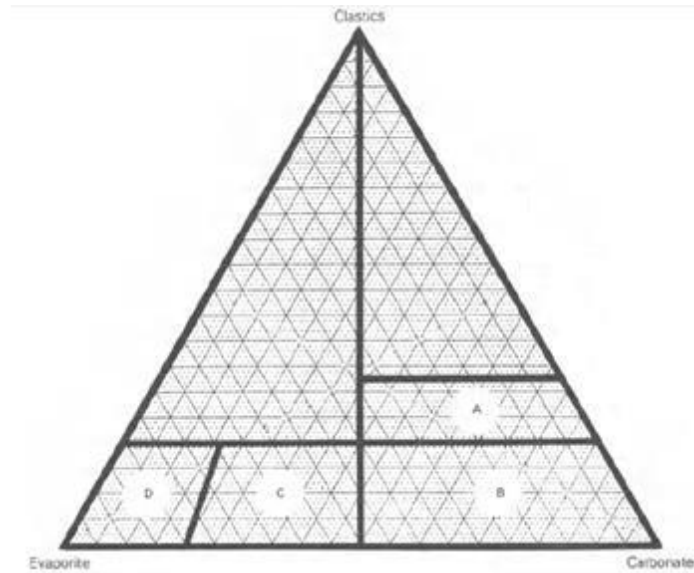




Γ) Να σχεδιαστούν οι φασικοί χάρτες με βάση το **CR** και το **ER** και να συμπληρωθεί το παρακάτω φασικό τριγωνικό διάγραμμα 1.



Δ) Οι περιοχές A,B,C,D αντιστοιχούν ως χρώματα σε κίτρινο, μπλέ, μώβ και κόκκινο αντίστοιχα στα πεδία του τριγωνικού διαγράμματος 1 (Εικόνα 1). Να κατασκευαστεί ο φασικός χάρτης του πλήθους των τιμών στα αντίστοιχα χρώματα. Ποια είναι η κύρια πηγή των χερσογενών ιζημάτων και ποια η κυρίαρχη λιθολογία της περιοχής?



Εικόνα 1: Φασικό τριγωνικό διάγραμμα. Τα κλαστικά περιλαμβάνουν τα κροκαλοπαγή, τον ψαμμίτη και το σχιστόλιθο

