



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά  
μαθήματα ΠΠ

# ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ενότητα 4: Μορφομετρικά χαρακτηριστικά κόκκων-  
Δομική ωριμότητα-Πορώδες & Διαπερατότητα  
ιζηματογενών πετρωμάτων

Δρ. Αβραμίδης Παύλος  
Σχολή Θετικών Επιστημών  
Τμήμα Γεωλογίας

# Σκοποί ενότητας

Σκοπός της ενότητας 4 είναι να κατανοήσει ο φοιτητής τα μορφομετρικά και ιστολογικά χαρακτηριστικά των ιζημάτων / ιζηματογενών πετρωμάτων, όπως το σχήμα, η στρογγύλωση, η σφαιρικότητα των κόκκων, το επιφανειακό ανάγλυφο, η συνεκτικότητα και τέλος το πορώδες και η διαπερατότητα, καθώς επίσης και τους τρόπους και τις μεθόδους υπολογισμού τους.



# Περιεχόμενα ενότητας

- Μορφομετρικά χαρακτηριστικά κόκκων
- Σφαιρικότητα
- Στρογγύλωση
- Σχήμα
- Επιφανειακό ανάγλυφο
- Δομική ωριμότητα ιζηματογενών πετρωμάτων
- Προσανατολισμός κλαστικών ιζημάτων
- Συνεκτικότητα κλαστικού ιστού
- Πορώδες
- Διαπερατότητα



# Μορφομετρικά χαρακτηριστικά κόκκων

1. Σφαιρικότητα (sphericity)
2. Στρογγυλότητα (roundness)
3. Σχήμα (shape)
4. Επιφανειακό ανάγλυφο (surface textures)



# 1. Σφαιρικότητα

$$y_w = \sqrt[3]{\frac{V_p}{V_{cs}}}$$

όπου το  $V_p$  είναι ο πραγματικός όγκος του κλαστικού κομματιού (που μετριέται με τη βύθισή του στο νερό) και  $V_{cs}$  είναι ο όγκος της πιο μικρής σφαίρας που περικλείει ακριβώς το κλαστικό κομμάτι (Wadel 1935)

$$y_i = \sqrt[3]{\frac{L.I.S.}{L^3}}$$

όπου  $L$  η μέγιστη διάμετρος,  $I$  η ενδιάμεση διάμετρος και  $S$  η μικρότερη διάμετρος (Krumbein 1941).

$$\Psi_\rho = \sqrt[3]{\frac{S^2}{L.I.}}$$

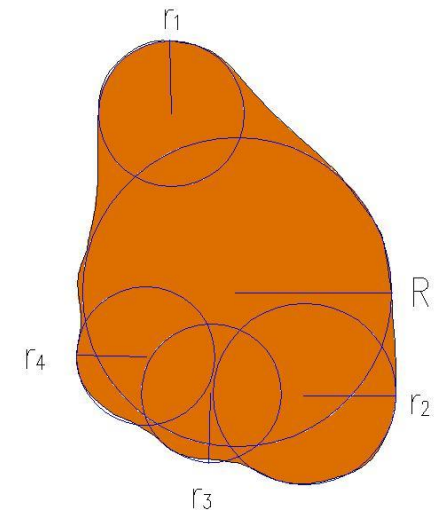
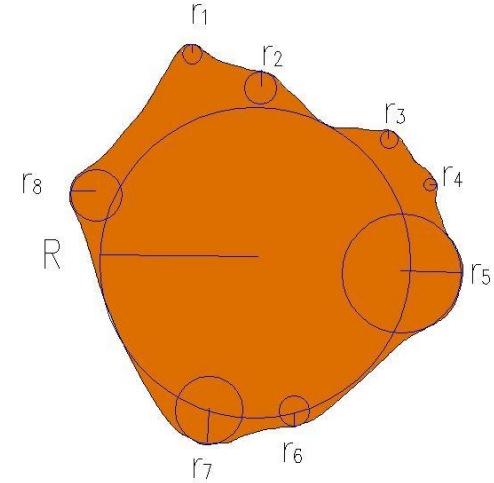
όπου  $L$  η μέγιστη διάμετρος,  $I$  η ενδιάμεση διάμετρος και  $S$  η μικρότερη διάμετρος (Sneed & Folk 1958).



## 2. Στρογγύλωση

Με τον όρο **στρογγύλωση** (roundness) δίνουμε απάντηση στο ερώτημα πόσο κοφτερές (μυτερές) είναι οι κορυφές και οι γωνιές ενός κλαστικού κομματιού (clastic fragment). Η στρογγύλωση (roundness) είναι ανεξάρτητη από τη σφαιρικότητα (sphericity).

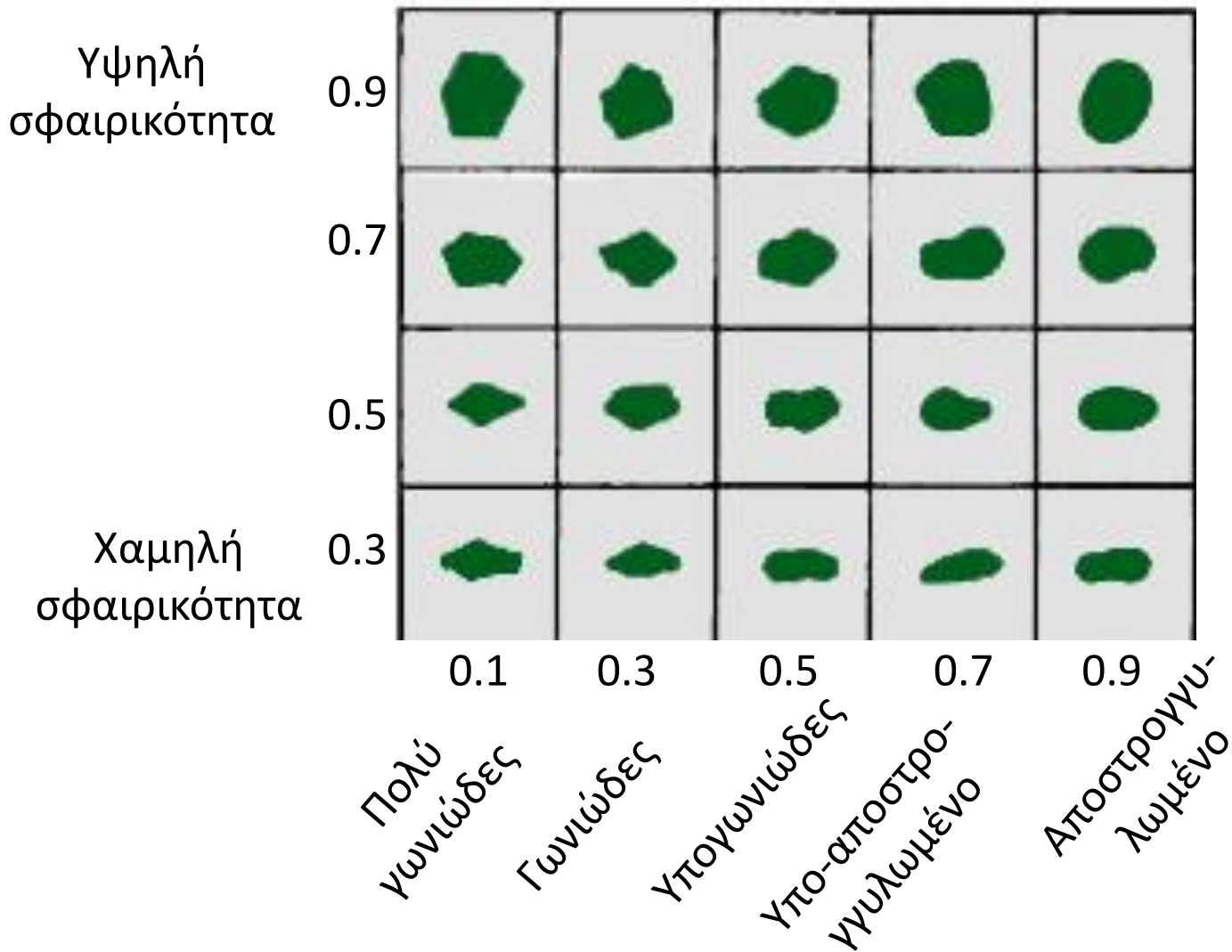
$$\text{Roundness} = \{(r_1 + r_2 + r_3 + r_4) / n\} / R$$



Εικόνα 1: Τρόπος υπολογισμού στρογγύλωσης σε δύο διαφορετικά κλαστικά κομμάτια



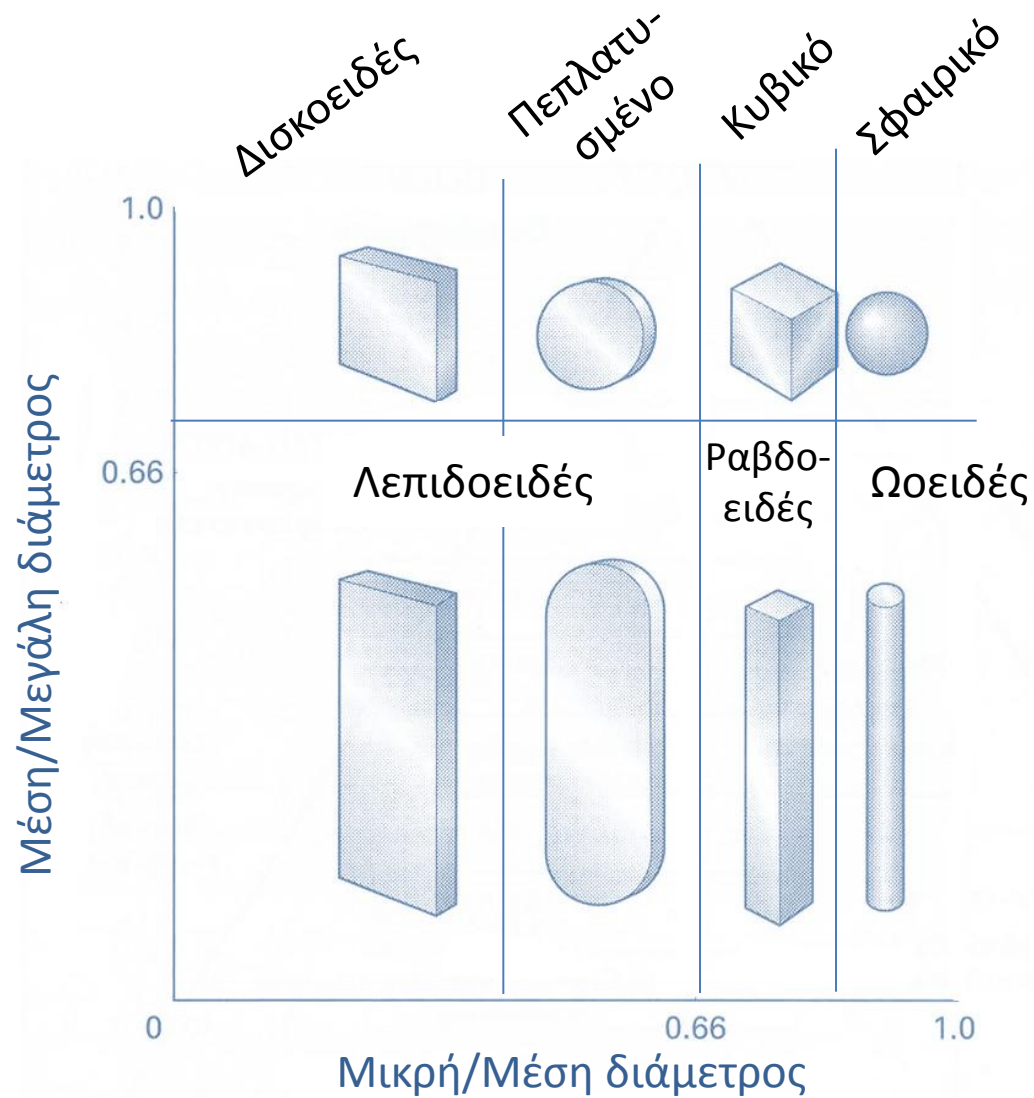
# Σφαιρικότητα - Στρογγύλωση



Εικόνα 2: Σύγκριση μεταξύ βαθμού σφαιρικότητας και βαθμού στρογγύλωσης διαφόρων ιζηματογενών κομματιών.



# Σχήμα



Εικόνα 3: Πιθανά σχήματα κόκκων ανάλογα με τις αναλογίες των διαμέτρων τους.





# 4.Επιφανειακό ανάγλυφο

1. Στιλπνότητα
2. Θάμπωμα
3. Ραβδώσεις

Α) Παγετώδες: κογχοειδής θραυσμός, παράλληλες γραμμώσεις,

Β) Παράκτιο: Κοιλώματα σχήματος V, προσανατολισμένα και τυχαίας διευθέτησης, διάλυση προκαλούμενη από τριβές.

Γ) Ποτάμιο: Όμοιο με το παράκτιο αλλά καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο.

Δ) Αιολικό: επίπεδα κοιλώματα, προσανατολισμένες κογχοειδείς επιφάνειες.



# Προσδιορισμός περιβαλλόντων ιζ/ης με βάση το επιφανειακό ανάγλυφο

**Θα πρέπει να τονιστεί ότι ο προσδιορισμός των περιβαλλόντων ιζηματογένεσης δεν μπορεί να γίνει μόνο με βάση τα διάφορα σημάδια της επιφάνειας του κόκκου της άμμου και αυτό γιατί υπάρχουν πολυάριθμοι παράγοντες που παραποιούν τα σημάδια του επιφανειακού ανάγλυφου.**



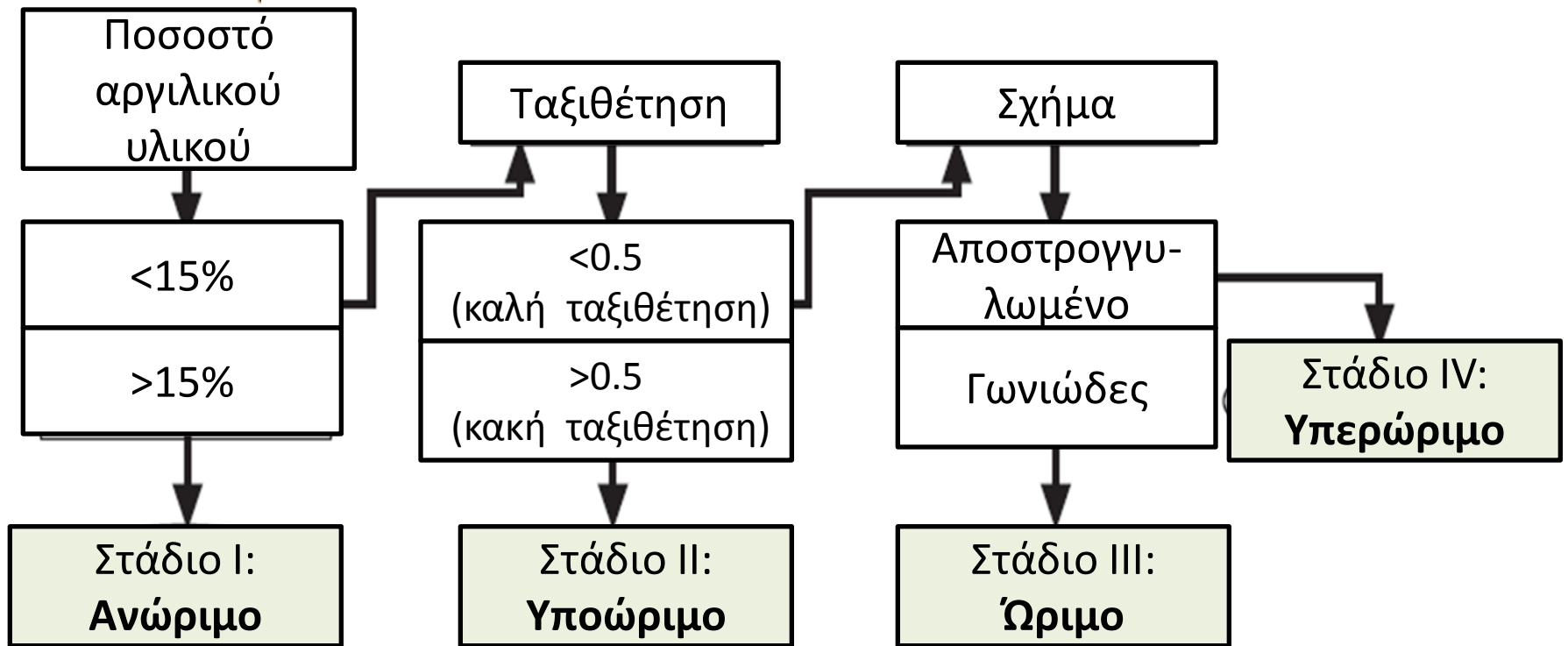
# Δομική ωριμότητα ιζηματογενών πετρωμάτων

Ως ωριμότητα κλαστικών ιζημάτων εννοείται ο βαθμός επεξεργασίας τους.

Η **δομική ωριμότητα** στα κλαστικά ιζήματα μετριέται με βάση την συμμετοχή αργιλικού υλικού σε ένα ίζημα, το βαθμό ταξινόμησης των κόκκων του και την στρογγυλότητά τους σε μια δεδομένη στιγμή.



# Στάδια δομικής ωριμότητας



Εικόνα 4: Τρόπος καθορισμού σταδίου δομικής ωριμότητας ψαμμιτών.

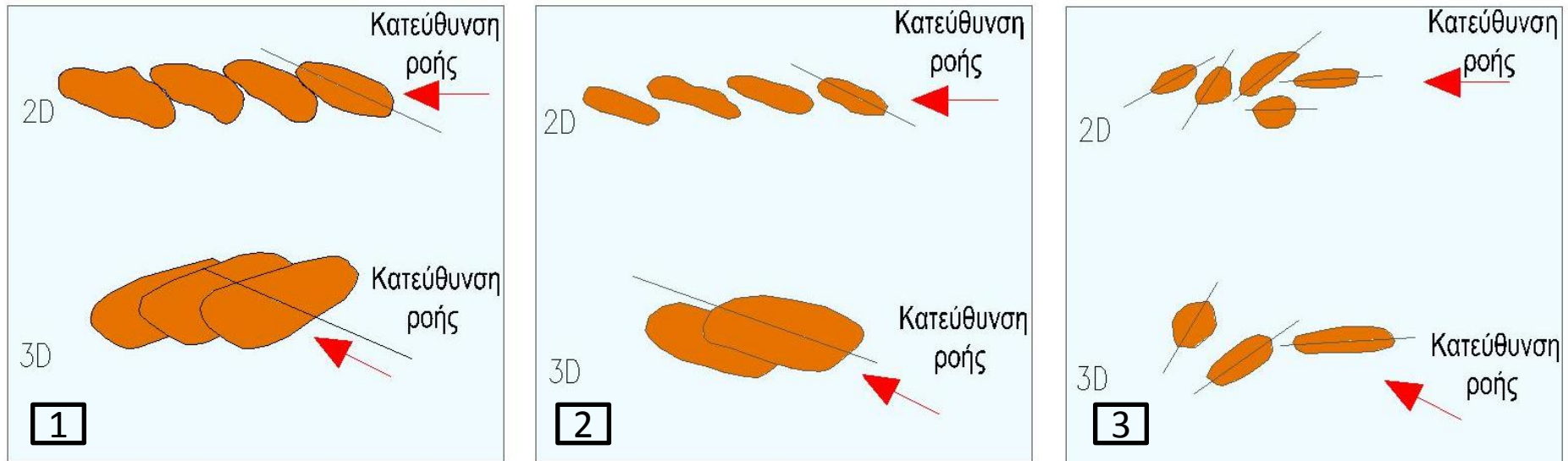


# Προσανατολισμός κλαστικών ιζημάτων

- «Κεραμωτή ταξιθέτηση» (imbricate structure) είναι πολύ συνηθισμένη σε ποτάμιες αποθέσεις η κλίση είναι σημαντικά ομοιόμορφη και στους θαλάσσιους σχηματισμούς είναι κάπως μεταβλητή στη διεύθυνση.
- Οι κροκάλες εκείνες που μεταφέρονται, ενώ βρίσκονται συνεχώς σε επαφή με ένα υπόστρωμα που προκαλεί τριβές, τείνουν να ακινητοποιούνται με τους μεγάλους άξονες εγκάρσια προς το ρεύμα. Αντίθετα, οι κροκάλες εκείνες που βυθίζονται (κολυμπάνε) μέσα στο μέσο μεταφοράς, όπως σ' ένα κινούμενο παγετώνα (glacialice) ή όπως στην ιλλυοροή (mud flow) κ.λ.π. τείνουν να προσανατολίζουν τους μεγάλους άξονες παράλληλα προς τη διεύθυνση της ροής (της κίνησης).
- Γενικά οι επιμηκυμένοι κόκκοι άμμου τείνουν να αποκτούν ένα ιδιαίτερο προσανατολισμό (ο μεγάλος άξονας L) παράλληλα προς τη διεύθυνση της ροής.



# Ορθο/παρα-κροκαλοπαγή



Εικ.5

1: Ορθοκροκαλοπαγές, περιστροφή των τεμαχών γύρω από τον άξονα. Η κίνηση των τεμαχών περιορίζεται από τα τεμάχια που βρίσκονται πιο μπροστά.

2. Παρακροκαλοπαγές. Η απόθεση πραγματοποιήθηκε σε υψηλού ιξώδους υγρό. Τα τεμάχια αιωρούνται στο ίζημα και τοποθετούνται στη θέση με την λιγότερη αντίσταση στην ροή.

3. Μη ταξιθετημένο παρακροκαλοπαγές. Τα τεμάχια που πέφτουν κατευθείαν προς τα κάτω δεν επηρεάζονται υδροδυναμικά από μικρή ροή. Οι κατεύθυνση των αξόνων δεν παρουσιάζει καμία ομοιότητα. Οι ροές υψηλού ιξώδους και πυκνότητας «παγώνουν» τα τεμάχια.



# Συνεκτικότητα κλαστικού ιστού

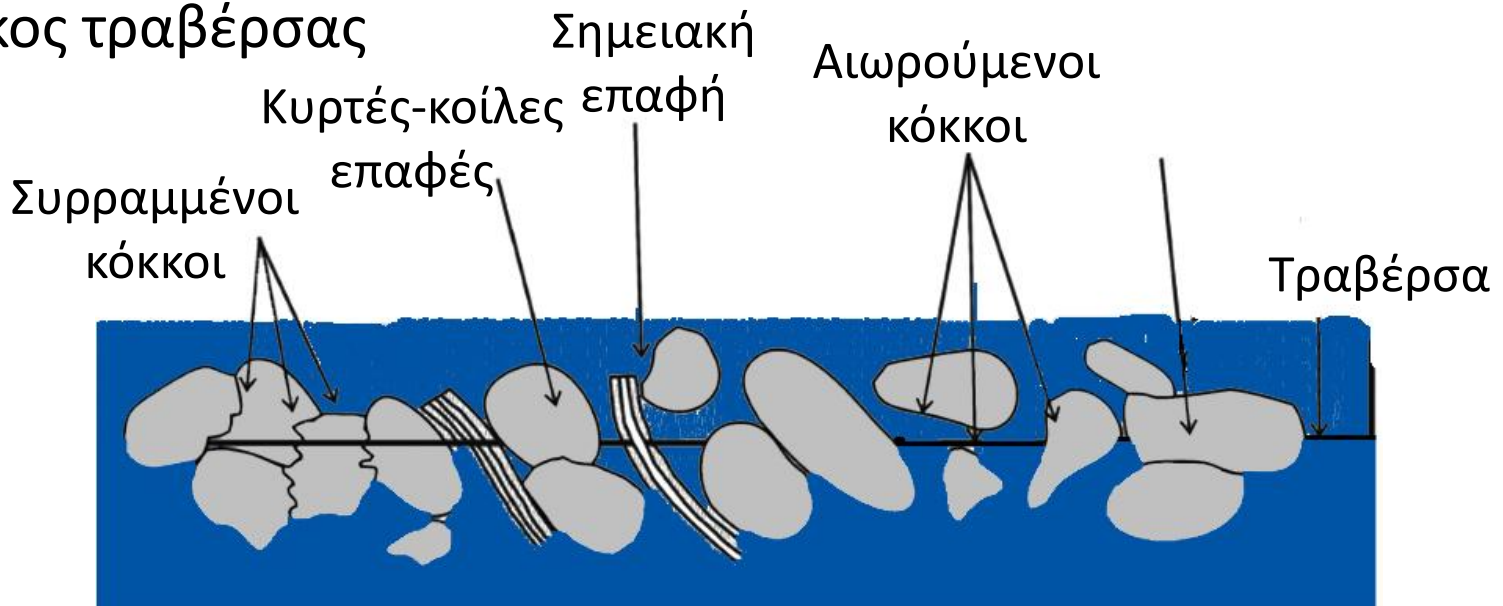
Με τον όρο συνεκτικότητα (packing) αναφερόμαστε στον τρόπο με τον οποίο ταξιθετούνται (τακτοποιούνται) στο χώρο τα συστατικά στοιχεία ενός κλαστικού ιστού, όπου κάθε στοιχείο του στηρίζεται και κρατιέται, μέσα στο πεδίο βαρύτητας, με τα γειτονικά του με μια σημειακή ή επαπτομενική επαφή. (Craton και Fraser, 1935).

- **Packing Proximity** = Αριθμός επαφών κόκκων / Αριθμός τεμνόμενων κόκκων
- **Packing Density** = άθροισμα μηκών τεμνόμενων κόκκων / μήκος τραβέρσας



# Υπολογισμοί συνεκτικότητας κλαστικού ιστού

- **Packing Proximity** = Αριθμός επαφών κόκκων / Αριθμός τεμνόμενων κόκκων
- **Packing Density** = άθροισμα μηκών τεμνόμενων κόκκων / μήκος τραβέρσας



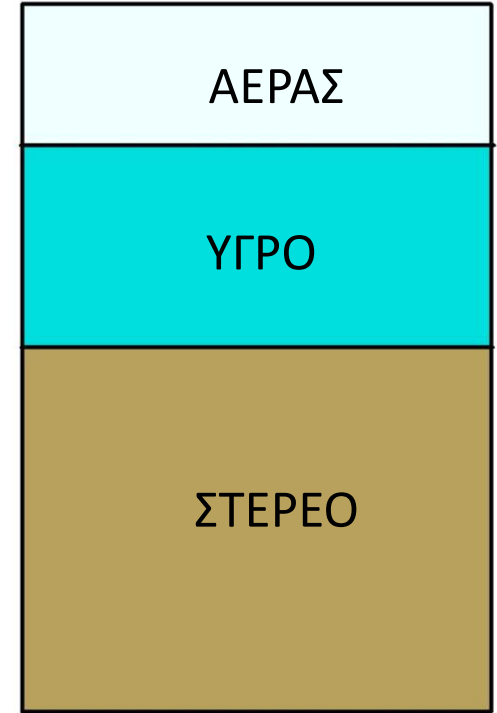
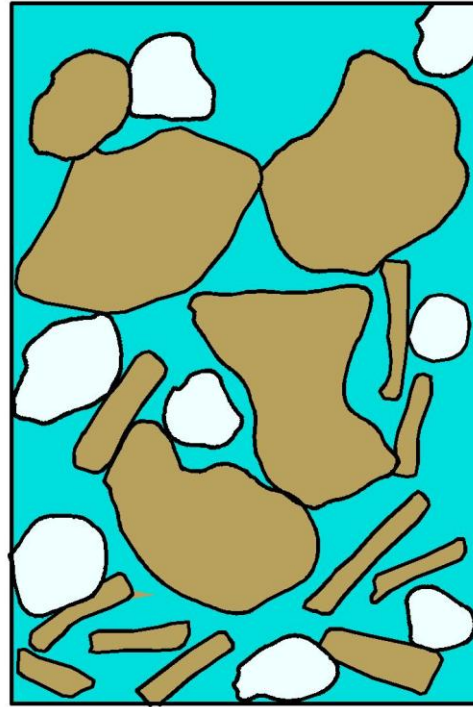
Εικ.6: Σχεδιάγραμμα τομής σε ιζηματογενές πέτρωμα και τραβέρσα AB για τον υπολογισμό της συνεκτικότητας του κλαστικού ιστού.





# ΠΟΡΩΔΕΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑ

Τα ιζηματογενή πετρώματα είναι πολυφασικά υλικά, που αποτελούνται αφενός μεν από στερεούς κόκκους αφετέρου δέ από τα κενά (πόρους) που δημιουργούνται μεταξύ των κόκκων και περιέχουν νερό ή/και αέρα.



Εικόνα 7: Οι τρεις φάσεις ενός ιζηματογενούς πετρώματος



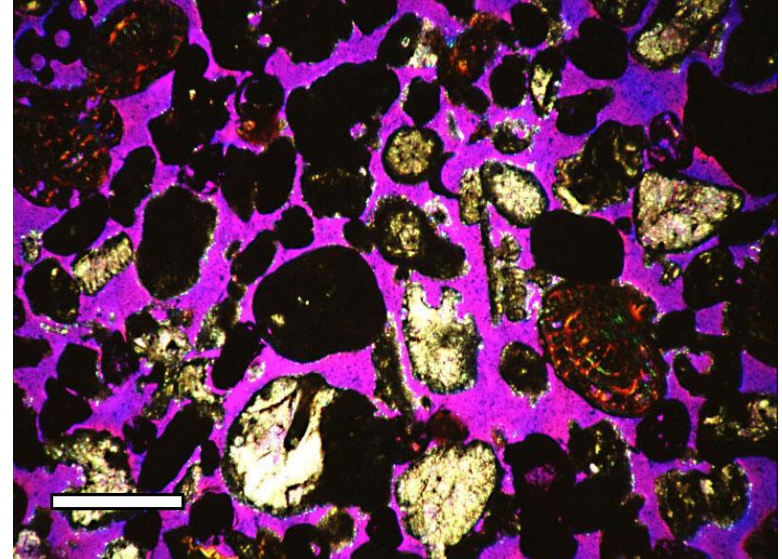
# Πορώδες 1

Το πορώδες (porosity) ενός πετρώματος καθορίζεται σαν το επί της % όγκου των πόρων (κενών που δεν καταλαμβάνονται από στερεό υλικό) στο συνολικό όγκο του πετρώματος:

$$n = \frac{V_v}{V}$$

Διακρίνεται σε:

- Ενεργό πορώδες
- Πρωτογενές πορώδες
- Δευτερογενές (ανθρακικά)



Εικόνα 8: Λεπτή τομή σε γύψο όπου το πορώδες είναι χρωματισμένο μωβ ενώ τα υπόλοιπα ανθρακικά είναι λευκόχρωμα. Κλίμακα 500μ.



# Πορώδες 2

Μέγεθος υλικού	Πορώδες %
Χονδρόκοκκη άμμος	39 μέχρι 41
Μέτρια χονδρόκοκκη άμμος	41 μέχρι 48
Λεπτός αμμούχος πηλός (ασβεστιτικός)	50 μέχρι 54
Λεπτή άμμος	44 μέχρι 47

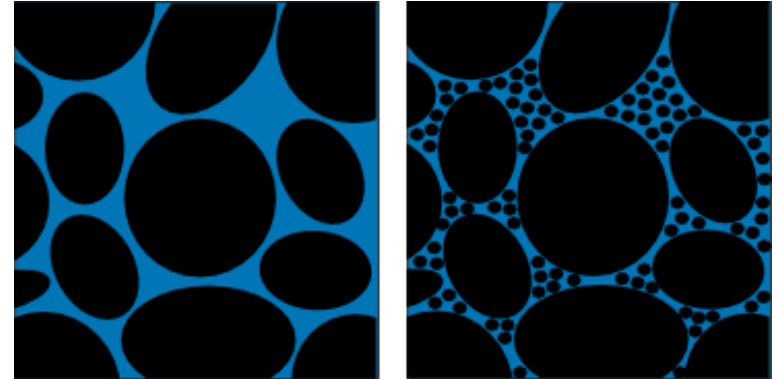
Πίνακας 1.

Λεπτότεροι άμμοι τείνουν να είναι περισσότερο γωνιώδεις και να γίνονται περισσότερο ικανές για να στηρίξουν μια χαλαρότερη συνεκτικότητα και επόμενα μπορούν να έχουν ένα υψηλότερο πορώδες απ' ότι οι χονδρότερες άμμοι.



# Πορώδες 3

- Το πορώδες αυξάνει με το βαθμό ομοιομορφίας (sorting). Το πιο υψηλό πορώδες γενικά πετυχαίνεται όταν οι κόκκοι είναι όλοι του ίδιου μεγέθους. Αν σε τέτοιου είδους πληθυσμούς άλλοι κόκκοι άμμου είτε μεγαλύτεροι είτε μικρότεροι προστεθούν, τότε το πορώδες τείνει να ελαττωθεί.



Εικόνα 9: Αποτέλεσμα της ταξιθέτησης στο πορώδες (μπλε χρώμα).



# Πορώδες 4

- Κόκκοι με υψηλή σφαιρικότητα τείνουν να διατάσσονται μ' ένα ελάχιστο χώρο κενών.
- Ο τρόπος διάταξης των κλαστικών συστατικών (packing) έχει μια αξιοσημείωτη επίδραση πάνω στο πορώδες. Οι υπολογισμοί με βάση ομοιόμορφες σφαίρες έδωσαν τιμές που ξεκινούσαν από 26% για κλειστή συνεκτικότητα και έφθαναν στο 48% για ανοικτή συνεκτικότητα



# Διαπερατότητα 1

- Η διαπερατότητα (permeability) είναι η ιδιότητα εκείνη του πετρώματος που επιτρέπει τη διέλευση (το πέρασμα) των ρευστών χωρίς να καταστρέφεται ο ιστός του ή να μετακινούνται τμήματά του. Λέμε, λοιπόν, ότι ένα πέτρωμα είναι διαπερατό, όταν επιτρέπει να περνά μέσα απ' αυτό μια εκτιμητή ποσότητα ρευστού και αδιαπέρατο όταν ο ρυθμός διέλευσης είναι ασήμαντος.
- Η διαπερατότητα (permeability) σ' ένα μέσο με πόρους μπορεί να εκφραστεί σαν τη ποσότητα του ρευστού  $Q$  ( $\text{cm}^3/\text{sec}$ ) που περνά μέσα από μια δοσμένη διατομή  $C$  ( $\text{cm}^2$ ) καθώς μέσα από ένα δοσμένο μήκος  $L$  ( $\text{cm}$ ). Αυτή η ποσότητα είναι απ' ευθείας ανάλογη προς τη διαφορά της πίεσης,  $P$  (σε ατμόσφαιρες), στα δυο άκρα του συστήματος και αντιστρόφως ανάλογη προς το ιξώδες του ρευστού,  $V$  (σε  $\text{cm poises}$ ) δηλαδή είναι .

$$Q = \frac{K * C * P}{V * L}$$



# Διαπερατότητα 2

- Ο συντελεστής διαπερατότητας μεταβάλλεται ανάλογα προς το τετράγωνο της διαμέτρου και αντίστροφα προς το λογάριθμο της σταθερής απόκλισης.
- Επί πλέον, στην περίπτωση των ψαμμιτών η διαπερατότητα δείχνει μια πιο κλειστή σχέση με το κοκκομετρικό μέγεθος και αυξάνεται εφόσον αυξάνεται το κοκκομετρικό μέγεθος.
- Ενα υψηλά πορώδες πέτρωμα δεν είναι απαραίτητο να είναι διαπερατό. Λεπτόκοκκα πετρώματα αν και υψηλού πορώδους έχουν μικρή διαπερατότητα.



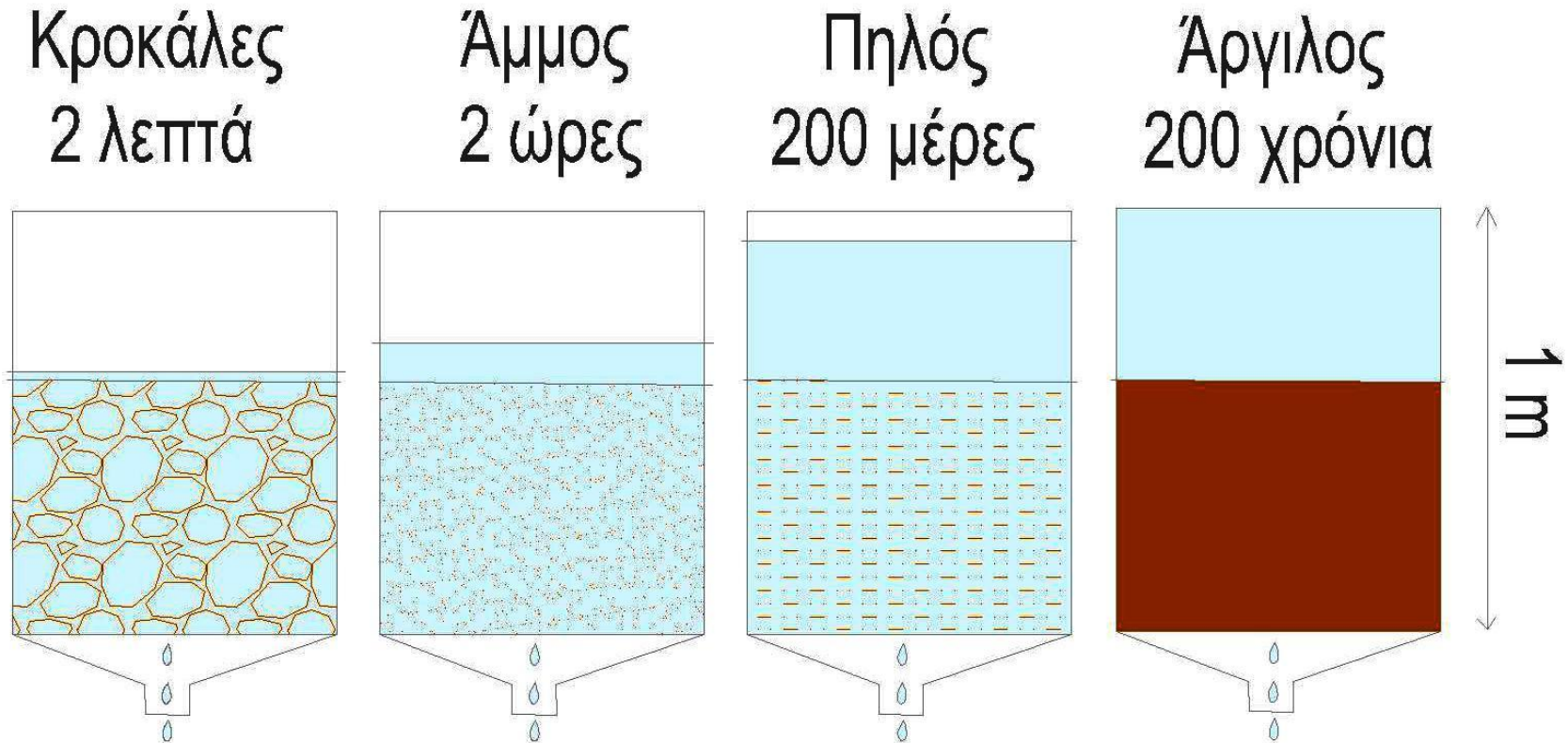
# Διαπερατότητα 3

- Ενα υψηλά πορώδες πέτρωμα δεν είναι απαραίτητο να είναι διαπερατό. Λεπτόκοκκα πετρώματα αν και υψηλού πορώδους έχουν μικρή διαπερατότητα.
- η διαπερατότητα είναι ανάλογη του πορώδους και αντιστρόφως ανάλογη του τετραγώνου της ειδικής επιφάνειας ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ), (που είναι η επιφάνεια που παρουσιάζουν τα συστατικά σε  $\text{cm}^3$  όγκου). Επομένως, όσο οι κόκκοι γίνονται λεπτότεροι (μικρότεροι) (και άρα μεγαλύτερη ειδική επιφάνεια) τόσο μικραίνει και η διαπερατότητα.





# Διαπερατότητα 4



Εικ.10: Σχηματική σύγκριση διαπερατότητας διαφορετικών τύπων ιζημάτων. Αναφέρονται τα χρονικά διαστήματα που θα χρειαζόταν το νερό για να «ταξιδέψει» σε απόσταση 1m μέσα από τα διαφορετικά ιζήματα.



Τέλος Ενότητας

# 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.



# Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αβραμίδης Παύλος. «Ιζηματολογία, Ενότητα 4: Μορφομετρικά χαρακτηριστικά κόκκων-Δομική ωριμότητα – Πορώδες & Διαπερατότητα ιζηματογενών πετρωμάτων». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO337/>



# 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.

# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/1)

Εικόνα 2: [https://en.wikipedia.org/wiki/Roundness\\_%28geology%29](https://en.wikipedia.org/wiki/Roundness_%28geology%29)

Εικόνα 8:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Porosity#/media/File:Porosity\\_thin\\_section\\_GP.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Porosity#/media/File:Porosity_thin_section_GP.jpg)

Εικόνα 9:

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Well\\_sorted\\_vs\\_poorly\\_sorted\\_porosity.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Well_sorted_vs_poorly_sorted_porosity.png)

Οι εικόνες και οι πίνακες για τα οποία δεν υπάρχει αναφορά είναι ιδιοκτησία του συγγραφέα.

