ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά μαθήματα ΠΠ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Ενότητα 12:Μη-κλαστική ιζηματογένεση

Δρ. Αβραμίδης Παύλος
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας

Σκοποί ενότητας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται η βασικές χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην υδάτινη στήλη κατά τη μη – κλαστική / χημική ιζηματογένεση, ενώ παρουσιάζονται οι βασικές κατηγορίες μη κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων.

Περιεχόμενα ενότητας

- Ορισμός μη-κλαστικής ιζηματογένεσης
- Διαλελυμένα στερεά/αέρια στο νερό
- Φυσικοχημικές ιδιότητες
  - Ενεργός οξύτητα-pH
  - Δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh
    - Σχέση pH & Eh.
  - Θερμοκρασία
  - Αλατότητα
- Παραδείγματα μη-κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων

Ορισμός

Η **μη-κλαστική, χημική ή βιοχημική ιζηματογένεση** αφορά σε πολύπλοκες διεργασίες φυσικοχημικές ανόργανες, οργανικές και βιολογικές οι οποίες οδηγούν στο σχηματισμό μεγάλου αριθμού και ποικιλίας αποθέσεων.

Βασικό στοιχείο και μέσο της μη-κλαστικής ιζηματογένεσης αποτελεί **το νερό** (είτε επιφανειακό-ποτάμια ,λίμνες, θάλασσες) είτε υποεπιφανειακό.

Διαλυμένα στερεά

- Το νερό περιέχει ποικίλλα διαλυμένα χημικά στοιχεία και ενώσεις που διαφοροποιούν την συμπεριφορά του κάθε φορά.
- Τα στοιχεία αυτά προέρχονται από την ατμόσφαιρα, από τον στερεό φλοιό (ορυκτά και πετρώματα) και από τον ζωϊκό και φυτικό κόσμο.
- Η χημική σύσταση του νερού παρουσιάζει μεγάλες διαφορές ιδιαίτερα μεταξύ του θαλασσίνου και του γλυκού νερού των ποταμών και των λιμνών.

Διαλυμένα αέρια 1

Στο νερό βρίσκονται διαλυμένα και αέρια όπως:

- O_2 :προέρχεται από την ατμόσφαιρα ή τον βιόκοσμο, η ποσότητά του εξαρτάται από την θερμοκρασία, την πίεση και την αλατότητα του νερού, η ταχύτητα με την οποία διαφοροποιείται είναι πολύ μεγάλη.
- CO_2:προέρχεται από την αναπνοή και τον μεταβολισμό των οργανισμών ή και από την οξείδωση της οργανικής ύλης.
- Αυξάνεται με την αύξηση του βάθους
- Επηρεάζει το pH και πιο συγκεκριμένα η απώλεια H^+ προκαλεί μείωση του ph:

($H_20+CO \longleftrightarrow H_2CO_3$,

$H_2CO_3 \longleftrightarrow HCO_3+H^+$,

$HCO_3- \longleftrightarrow CO_3^{2-}+H^+$)

- Επηρεάζει την απόθεση και διάλυση των CaCo3 και $MgCO_3$:

$Ca^{2+} +2HCO_3^- \longleftrightarrow CaCO_3+H_2O+CO_2$

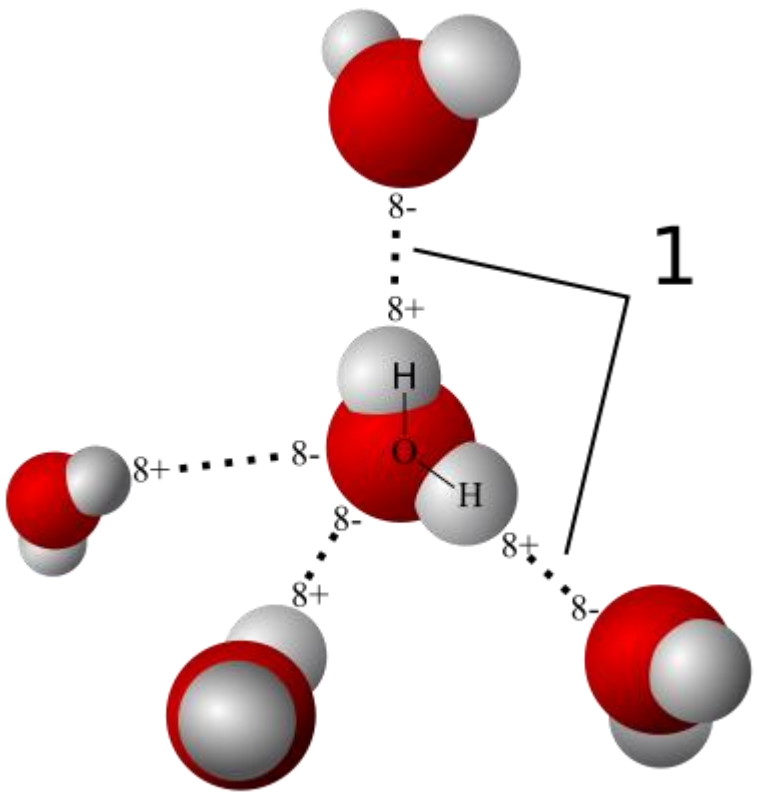
Διαλυμένα αέρια 2

- CH_4: προέρχεται από την δράση βακτηρίων, την αποσύνθεση οργανικών ουσιών και την διάσπαση των υδρογονανθράκων των στρωμάτων και διαφεύγει στην υδάτινη στήλη όπου αντιδρά με το διαλυμένο οξυγόνο και σχηματίζει CO_2.
- H_2S: προέρχεται από την δράση των αναερόβιων βακτηρίων μέσα στο νερό και αντιδρά με την βοήθειά τους με άλλα ιόντα (π.χ. με ιόντα σιδήρου οπότε δημιουργούνται σιδηροσουλφίδια)

Φυσικοχημικές ιδιότητες

Ιδιαίτερη σημασία στην ιζηματογένεση έχουν:

- Το pH
- Το Eh
- Η θερμοκρασία
- Η αλατότητα



Εικόνα 2: Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού

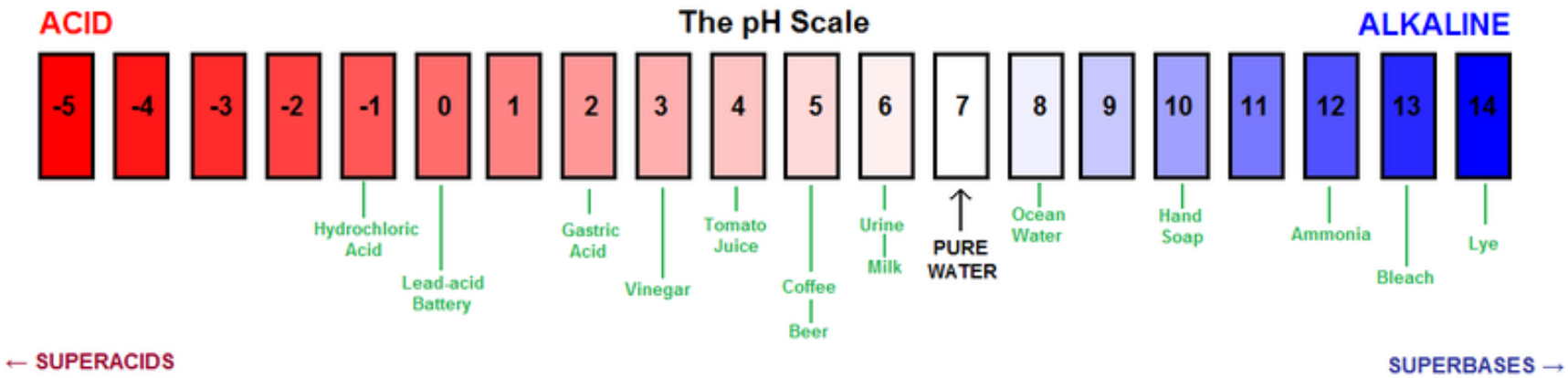
Η ενεργός οξύτητα-Ph 1

- Μέτρο αλακαλικότητας/οξύτητας ενός διαλύματος:

$$pH=-\log_{10}Kw(H^{+})$$

$Kw(H^{+})$=ενέργεια ιόντος υδρογόνου (25°C, 1Atm)

pH 0-7	όξινο
pH 7-7,8	ουδέτερο
PH 7,8-14	αλκαλικό



Εικόνα 2: Πεχαμετρική κλίμακα.

Η ενεργός οξύτητα-pH 2

- Οι χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην απελευθέρωση H^+ ελαττώνουν το pH (π.χ. $H_2S \longleftrightarrow HS^- + H^+$) ενώ αυτές που χρησιμοποιούν H^+ ή απελευθερώνουν OH^- αυξάνουν το pH (π.χ. $CaCO_3 + H_2O \longleftrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$).
- Εξαρτάται από την θερμοκρασία, την κυκλοφορία, την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, το βάθος κ.α.
- Σε ποτάμια/λίμνες είναι ελαφρά αλκαλικό έως ελαφρά όξινο ενώ στην θάλασσα είναι αλκαλικό (=8,3)
- Σε αλκαλικό pH αποτίθεται $CaCO_3$ (αραγονίτης και μετά ασβεστίτης), σε ουδέτερο ή όξινο pH πραγματοποιείται διάλυση $CaCO_3$.

Η ενεργός οξύτητα-pH 3

- Το $CaCO_3$ αρχίζει να διαλύεται στο νερό καθώς καθιζάνει στον πυθμένα των θαλασσών (λυσοκλινές). Σε συγκεκριμένο βάθος νερού η συγκέντρωση του $CaCO_3$ μειώνεται πολύ γρήγορα (**Carbonate compensation depth**), όπου η τιμή διάλυσης του $CaCO_3$=τιμή τροφοδοσίας $CaCO_3$.
- Παράλληλα έχει παρατηρηθεί η ταυτόχρονη διάλυση SiO_2 και απόθεση $CaCO_3$ σε υψηλό pH (9-10), στα ρηχά νερά των θαλασσών και ωκεανών εξαιτίας βιολογικών διεργασιών.
- Όρια pH σε ιζηματογενή περιβάλλοντα: 2 (ισχυρά όξινο) σε έλη ή στάσιμα γλυκά νερά έως 11 (ισχυρά αλκαλικό) σε εβαποριτικές λίμνες.

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής REDOX ή Eh 1

- Το δυναμικό οξειδοαναγωγής-REDOX ή Eh ρυθμίζει τις διεργασίες οξείδωσης ή αναγωγής που συντελούνται στο νερό των θαλασσών και ωκεανών:

$2Fe^{2+} + O_2 \rightarrow 2Fe_2O$ (προσφορά οξυγόνου-οξείδωση)

$2Fe_2O \rightarrow 2Fe^{2+} + O_2$ (απουσία οξυγόνου-αναγωγή)

$S + H_2 \rightarrow H_2S$ (προσθήκη H_2, χωρίς απομάκρυνση O_2, αναγωγή)

- Οξείδωση= διεργασία αύξησης του λόγου των ηλεκτραρνητικών φορτίων-παραγώγων

Αναγωγή= διεργασία μείωσης του λόγου των ηλεκτροθετικών φορτίων –παραγώγων:

$Fe^{2+} \longrightarrow Fe^{3+} + e^-$ (οξείδωση) $Fe^{3+} + e^- \longrightarrow Fe^{2+}$ (αναγωγή)

Το δυναμικό οξειδοαναγωγής REDOX ή Eh 2

- **Eh= μέτρο της συγκέντρωσης των ηλεκτρονίων σε ένα υδατικό διάλυμα.**
- Μετράται με ηλεκτρόδιο και οι τιμές του εξαρτώνται από την αντίδραση:

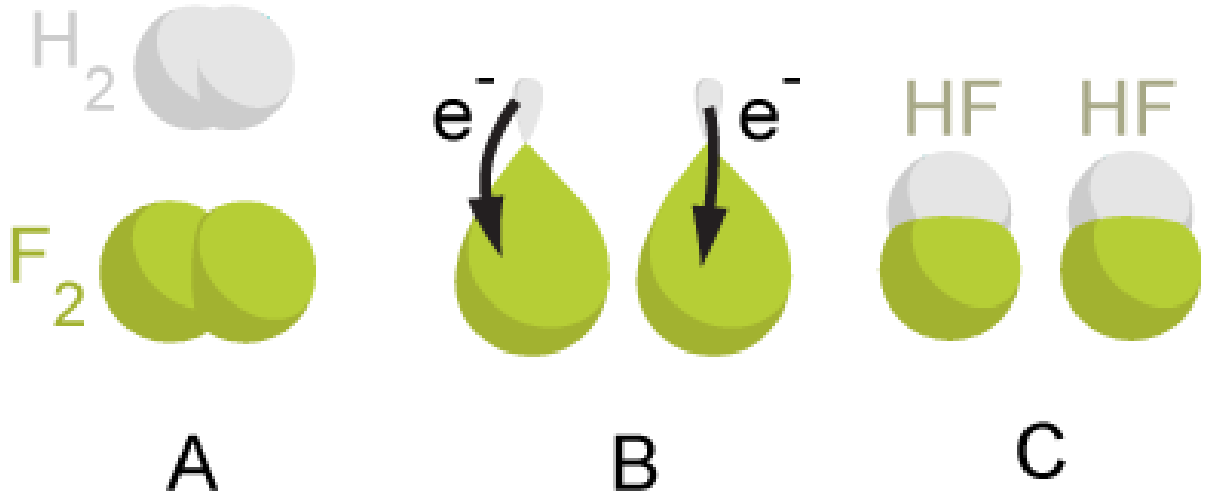
$$2H^+ + 2e^- \longleftrightarrow H_2$$

- Eh=0 (25°C, 1Atm)

  Eh>0=οξειδωτικές συνθήκες

  Eh<0=αναγωγικές συνθήκες
- Όρια Eh σε ιζηματογενή περιβάλλοντα: -0,6Volt έως -600 mVolt (έντονα αναγωγικό) (βαθύτερα τμήματα του νερού, απομονωμένα με ελάχιστη κυκλοφορία και τροφοδοσία) και -1,4Volt έως +1400 mVolt (έντονα οξειδωτικό) (ρηχότερα τμήματα νερού με ελεύθερη κυκλοφορία και καλή τροφοδοσία).

REDOX



Εικόνα 3: Απεικόνιση μιας αντίδρασης REDOX

Σχέση Ph & Eh

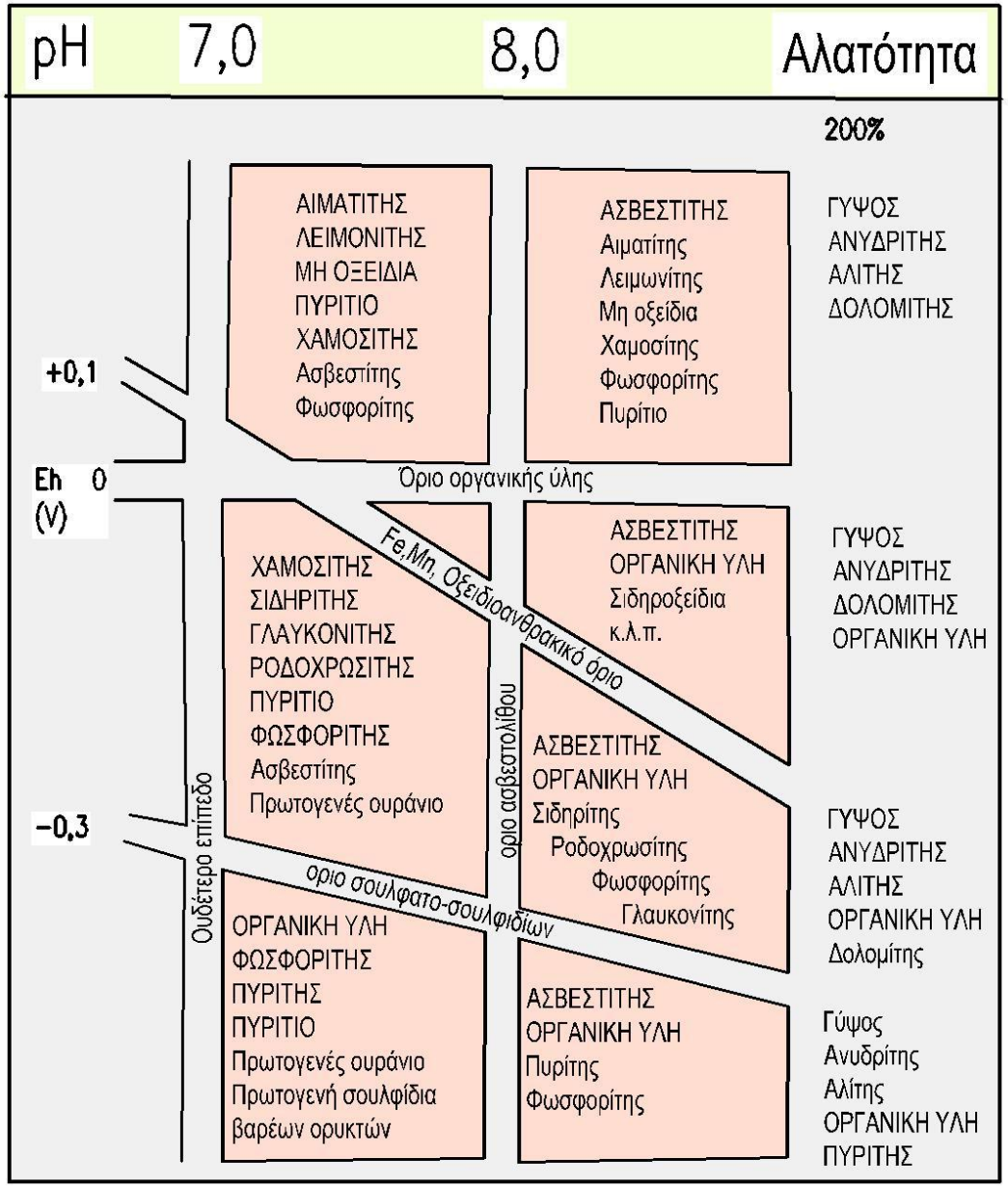
- Πολλές από τις αντιδράσεις που γίνονται στο νερό εξαρτώνται **ταυτόχρονα** από τις τιμές του pH και του Eh.
- **Διάγραμμα Krumbein & Carrels (1952):** βοηθά στην καλύτερη κατανόηση των σχέσεων pH και Eh σε συνδυασμό και προς την παραγωγή ιζηματογενών αποθέσεων.

Κεφαλαία γράμματα: Κύρια παράγωγα ιζηματογένεσης

Μικρά γράμματα: Δευτερογενή παράγωγα ιζηματογένεσης

Όρια: Διαχωριστικά όρια που προκύπτουν από τον συνδυασμό των τιμών Eh και pH και προσδιορίζουν σημαντικές αλλαγές στην απόθεση των ιζημάτων.

Διάγραμμα Krumbein &Carrels (1952)



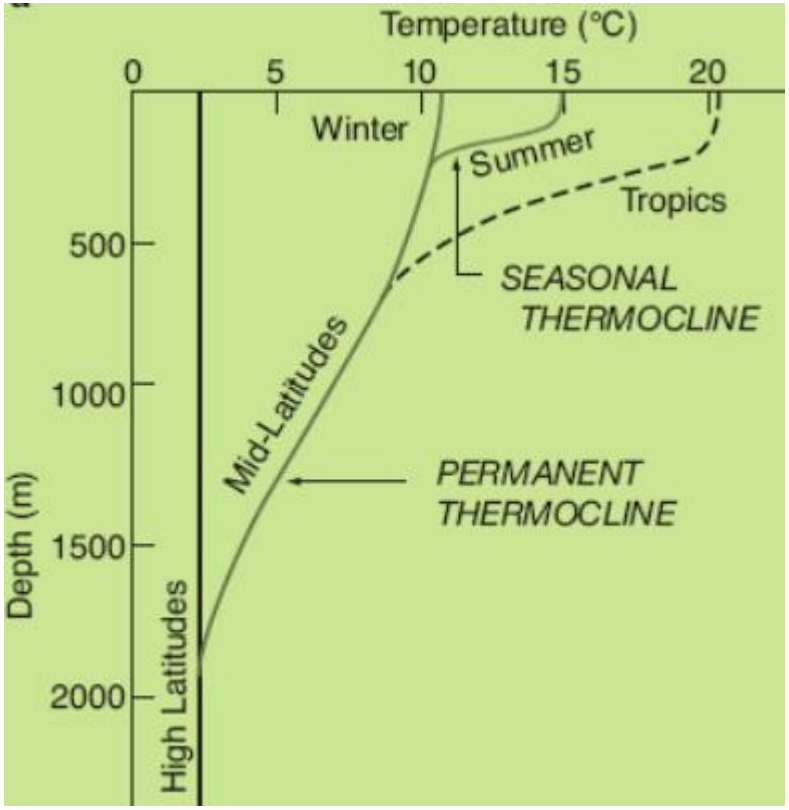
Εικόνα 4: Διάγραμμα Krumbein & Carrels (1952) που συσχετίζει τις παραμέτρους pH, Eh και αλατότητας με τις ιζηματογενείς αποθέσεις που προκύπτουν από τον συνδυασμό τους.

Όρια

- Όριο οργανικής ύλης: προσδιορίζεται από το επίπεδο του μηδενικού Eh.Eh>0=οξειδωτικό περιβάλλον-παραγωγή οξειδίων, Eh<0=αναγωγικό περιβάλλον-σχηματισμός οργανικών και άλλων ενώσεων.
- Όριο ασβεστολίθου: Ph=7,8-αλκαλικό περιβάλλον-απόθεση ασβεστίτη
- Όριο Fe, Mn, οξειδίων-ανθρακικών ιζημάτων: συνδυασμός τιμών pH και Eh, (μπορούν να σχηματιστούν οξείδια και σε Eh αρνητικό εφόσον το pH είναι αλκαλικό!!!).
- Όριο των σουλφατο-σουλφιδίων: Eh<-0,2V=αναγωγικό περιβάλλον-απόθεση οργανικής ύλης, φωσφορίτη κλπ.
- Στην δεξιά πλευρά του διαγράμματος δίνονται τα παράγωγα της εβαποριτίωσης σε υπεραλατούχο περιβάλλον.

Θερμοκρασία

- Η ύπαρξη του θερμοκλινούς επηρεάζει σημαντικά την μη-κλαστική ιζηματογένεση
- Αυξομειώνει σημαντικά την διαλυτότητα πολλών στοιχείων και ενώσεων στο νερό.
- Επηρεάζει την ζωή των οργανισμών
- Συμβάλλει την δημιουργία ωκεάνιων ρευμάτων.



Εικόνα 5: Διάγραμμα διάφορων θερμοκλινών ανά εποχή.

Αλατότητα

- Αλατότητα= συνολική ποσότητα διαλελυμένων στερεών στο νερό
- Αυξομειώνεται είτε με καθαρά χημικές διεργασίες (οπότε προκύπτουν πολλές ενώσεις) είτε ως αποτέλεσμα της δράσης των υδρόβιων οργανισμών.

Η θερμοκρασία και η αλατότητα καθορίζουν:

- Το σημείο της μέγιστης πυκνότητας
- Το σημείο έναρξης της πήξης του νερού

Παράγοντες πολύ σημαντικοί για τις ιζηματογενής διεργασίες.

Παραδείγματα μη-κλαστικών ιζηματογενών πετρωμάτων

Χαρακτηριστικά μη-κλαστικά ιζηματογενή πετρώματα είναι:

- Οι ασβεστόλιθοι (μη-κλαστικό χημικό ή/και βιογενές ιζηματογενές πέτρωμα που αποτελείται από $CaCO_3$).
- Ο δολομίτης (Ασβεστιτικό ιζ/ές πέτρωμα που αποτελείται από $CaMg(CO_3)_2$)
- Οι εβαπορίτες (Χημικά ιζ/ή πετρώματα που δημιουργούνται από εξάτμιση υδατικού διαλύματος, π.χ. αλίτης, ανυδρίτης, γύψος κ.λ.π.)
- Τα οργανογενή ιζήματα (ιζ/ή πετρώματα που περιέχουν σημαντικά ποσοστά οργανικού υλικού, π.χ. κάρβουνο, λιγνίτης κλπ.)
- Τα βιογενή ιζήματα (αποτελούνται σε σημαντικό ποσοστό από σκελετικά υπολείμματα οργανισμών).

Ασβεστόλιθος & Δολομίτης

Εικόνα 6: Ασβεστόλιθος

Εικόνα 7: Δολομίτης

Εβαπορίτες

Εικόνα 8: Κώνοι γύψου.

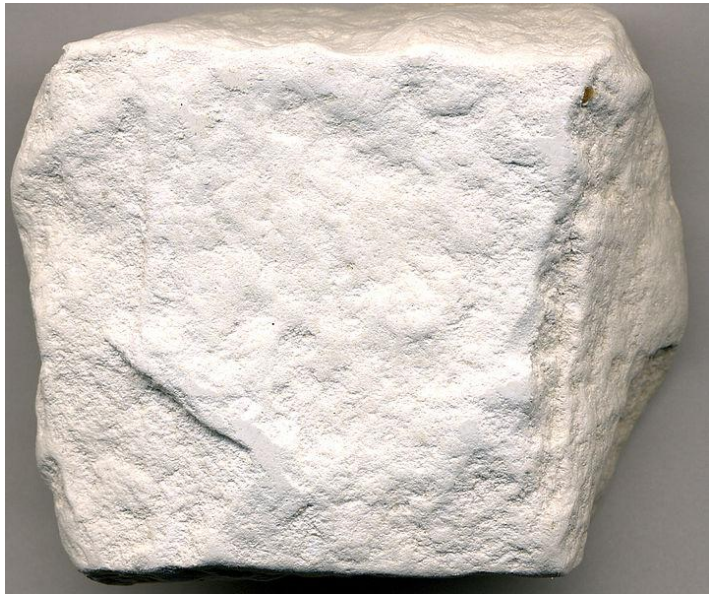
Εικόνα 9: Αλίτης που δημιουργήθηκε από την εξάτμιση αρχαίας λίμνης.

Οργανογενή ιζήματα

Εικόνα 10: Σχίστης κάτω από ασβεστόλιθο

Εικόνα 11: Στρώματα κάρβουνου

Βιογενή ιζήματα



Εικόνα 12: Διατομίτης

Εικόνα 13: Ραδιολαρίτης

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.

Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

ΕΣΠΑ 2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.

Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αβραμίδης Παύλος. «Ιζηματολογία, Ενότητα 12:Μη-κλαστική ιζηματογένεση». 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 (1/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 1: https://en.wikipedia.org/wiki/Properties_of_water#/media/File:3D_model_hydrogen_bonds_in_water.svg

Εικόνα 2: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PH_scale_2.png

Εικόνα 3: https://en.wikipedia.org/wiki/Redox#/media/File:Redox_reaction.png

Εικόνα 4: Τροποποιημένο από *Krumbein*, W. C. and *Carrels*, R. M. (1952): 'Origin and Classification of Chemical Sediments in Terms of pH and Oxidation-Reduction Potentials', J. Geol., 60,1-33.

Εικόνα 5: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermocline#/media/File:ThermoclineSeasonDepth.png

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 6: Limestone strata (Jonathan Wilkins) / CC BY-SA 2.0

Εικόνα 7: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dolomite_rock_and_calsite.jpg

Εικόνα 8: https://en.wikipedia.org/wiki/Messinian_salinity_crisis#/media/File:Yesares_gypsum.jpg

Εικόνα 9: https://en.wikipedia.org/wiki/Halite#/media/File:DevilsGolfCourse031411.jpg

Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (3/3)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 10: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Limestone_on_shale.jpg

Εικόνα 11: https://en.wikipedia.org/wiki/Coal#/media/File:Sydney_Mines_Point_Aconi_Seam_038.JPG

Εικόνα 12: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Diatomite_(diatomaceous_earth)_Monterey_Formation_at_a_diatomite_quarry_just_south_of_Lompoc.jpg

Εικόνα 13: https://en.wikipedia.org/wiki/Radiolarite#/media/File:Radiolarian_chert,_San_Simeon_state_park.jpg

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