



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Ενότητα 7: Χημική προσβολή των ασβεστόλιθων

Ζαγγανά Ελένη

Σχολή : Θετικών Επιστημών

Τμήμα : Γεωλογίας

Σκοποί ενότητας

- Κατανόηση της Υδροχημικής διαδικασίας σαν αποτέλεσμα της χημικής προσβολής (χημικής διάλυσης, καρστικής διάβρωσης) των ασβεστολιθικών πετρωμάτων



Περιεχόμενα ενότητας

- 1) Τα ανθρακικά ορυκτά
- 2) Το φαινόμενο της καρστικοποίησης
- 3) Χημική προσβολή σε ανοικτό και κλειστό σύστημα



ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Χημική προσβολή των ασβεστόλιθων

Τα ανθρακικά ορυκτά

- Τα πλέον συνήθη ανθρακικά ορυκτά δίνονται στο παρακάτω πίνακα όπου φαίνονται επίσης ο χημικός τύπος των ορυκτών καθώς και η σταθερά του γινομένου διαλυτότητας.
- Τα ανθρακικά πετρώματα που σχηματίζονται από τα ανθρακικά ορυκτά έχουν μεγάλη σημασία για τη χώρα μας επειδή καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση στην επιφάνεια της, και φιλοξενούν σημαντικούς υδροφόρους.



Τα ανθρακικά ορυκτά και οι χημικοί τύποι τους

	Χημικός	-log K		Χημικός	-log
Ασβεσίτης	CaCO ₃	8.48	Αραγωνίτης	CaCO ₃	8.34
Μαγνησίτης	Mg CO ₃	8.24	Στροντιανίτης	SrCO ₃	9.27
Σιδερίτης	Fe CO ₃	10.89	Κερουσίτης	PbCO ₃	13.1
Ροδοχρωσίτης	Mn CO ₃	11.13			
Δολομίτης	CaMg(CO ₃) ₂	17.09			



Το πορώδες των ανθρακικών πετρωμάτων

- Το πορώδες των ανθρακικών πετρωμάτων είναι κυρίως δευτερογενές και έχει δημιουργηθεί από διαδικασίες χημικής προσβολής (καρστική διάλυση) οι οποίες θα περιγραφούν παρακάτω.



Το φαινόμενο της καρστικοποίησης

- Ο ασβεστίτης είναι ορυκτό που διαλύεται πολύ λίγο στο νερό, 14 με 15 mg/l περίπου στους 25°C. Η παρουσία του όμως σε σημαντικές ποσότητες στο νερό, οφείλεται στη χημική προσβολή του από το διοξείδιο του άνθρακα που είναι διαλυμένο στο νερό με τη μορφή του ανθρακικού οξέος.



Το φαινόμενο της καρστικοποίησης συνέχεια 1



Εικόνα 1 : Χημική διάλυση του ασβεστόλιθου



Το φαινόμενο της καρστικοποίησης συνέχεια 2

- **Γεωμορφολογία του καρστικού συστήματος**

- Δολίνες
- Πόλγες
- Καταβόθρες
- Φαράγγια
- Άλλες Εξωκαρστικές μορφές



Εικόνα 2 : Χαρακτηριστική εμφάνιση δολίνης



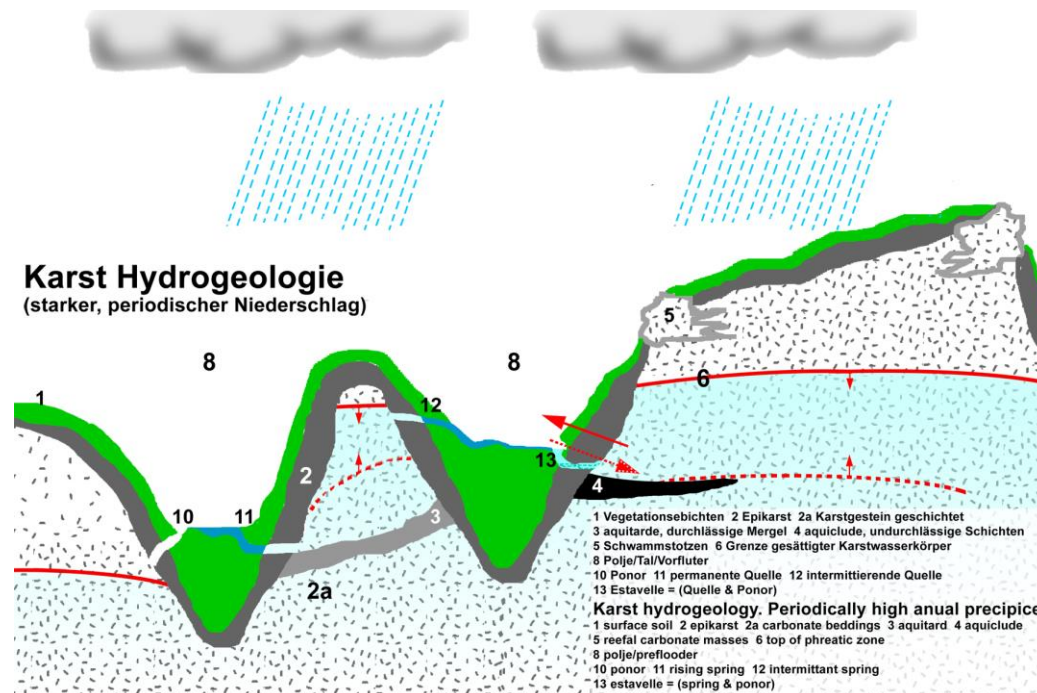
Το φαινόμενο της καρστικοποίησης συνέχεια 3



Εικόνα 3 : Καρστική μορφή



Το φαινόμενο της καρστικοποίησης συνέχεια 4



Εικόνα 4 : Το φαινόμενο της καρστικοποίησης



Σταλαγμίτες & Σταλακτίτες



Εικόνα 5 : Σταλαγμίτης και σταλακτίτης



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή P_{CO_2}) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας

- Όταν αναφερόμαστε σε διαλυμένα αέρια αναφερόμαστε στην μερική πίεση τους. Σύμφωνα με το νόμο του Henry σε αραιά διαλύματα (χαμηλές συγκεντρώσεις) η μερική πίεση των διαλυμένων αερίων είναι ανάλογη της γραμμομοριακότητας τους, έτσι από το νόμο δράσης των μαζών έχουμε.
- $CO_{2(g)} + H_2O \leftrightarrow CO_{2(aq)}$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 1

- Το υδατικό διάλυμα στο οποίο το διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα είναι σταθερό, εξαιτίας συνεχούς τροφοδοσίας από ένα περιβάλλον με σταθερή πίεση PCO_2 , όπως η ατμόσφαιρα, είναι ένα **ανοικτό σύστημα**. Εάν όμως το CO_2 που καταναλώνεται με τη μορφή H_2CO_3 δεν αναπληρώνεται το σύστημα είναι **κλειστό**.
- $H_2O + CO_{2(aq)} \leftrightarrow H_2CO_3$
- $K_{CO_2} = (H_2CO_3) / PCO_2$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 2

- Ένα ανοικτό σύστημα στο οποίο συμμετέχουν ασβεστολιθικά ορυκτά σε ισορροπία περιγράφεται από τις παρακάτω χημικές εξισώσεις.
- $CO_{2(g)} \leftrightarrow CO_{2(aq)}$
- $H_2O + CO_{2(aq)} \leftrightarrow H_2CO_3$
- $H_2CO_3 \leftrightarrow H^+ + HCO_3^-$
- $HCO_3^- \leftrightarrow H^+ + CO_3^{2-}$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 3

- $CaCO_3 \leftrightarrow Ca^{2+} + CO_3^{2-}$
- $H_2O \leftrightarrow H^+ + OH^-$

Από τη σχέση

- $K_{CO_2} = \frac{(H_2CO_3)}{PCO_2} = 10^{-1.47}$

Και δεδομένη την μερική πίεση του CO_2 στην ατμόσφαιρα που είναι ίση με $10^{-3.5}$, προκύπτει ότι

- $\langle (H_2CO_3) \rangle = PCO_2 * 10^{-1.5} = 10^{-3.5} * 10^{-1.5} = 10^{-5.0}$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 4

- Οι τιμές για υπόλοιπα είδη των ιόντων μπορούν να βρεθούν σε συνάρτηση με την (H^+) .

- $$K_{H_2CO_3} = \frac{\langle H^+ \rangle * \langle HCO_3^- \rangle}{\langle H_2CO_3 \rangle} = 10^{-6.4}$$

- $$\langle HCO_3^- \rangle = \frac{10^{-6.4} * 10^{-5.0}}{\langle H^+ \rangle} = 10^{-11.4} / \langle H^+ \rangle$$

- $$K_{HCO_3^-} = \langle H^+ \rangle * \langle CO_3^{2-} \rangle / \langle HCO_3^- \rangle = 10^{-10.3}$$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 5

- $CO_3^{2-} = 10^{-21.7} / \langle H^+ \rangle^2$
- $K_{CaCO_3} = \langle Ca^{2+} \rangle * \langle CO_3^{2-} \rangle / \langle CaCO_3 \rangle = 10^{-8.4}$

Επειδή έχουμε : $\langle CaCO_3 \rangle = 1$

- $\langle Ca^{2+} \rangle = \frac{10^{-8.4}}{\frac{10^{-21.7}}{\langle H^+ \rangle^2}} = 10^{13.4} * \langle H^+ \rangle^2$



Χημική προσβολή σε ανοικτό σύστημα (σταθερή PCO_2) και σε κατάσταση χημικής ισορροπίας συνέχεια 6

- $\langle OH^- \rangle = 10^{-14} / \langle H^+ \rangle$
- Στο διάλυμα αυτό ισχύει η συνθήκη της ηλεκτρικής ουδετερότητας, δηλαδή
- $\sum m_+ * z_+ = \sum m_- * z_-$
- $2 * \langle Ca^{2+} \rangle + \langle H^+ \rangle \geq 2 \langle CO_3^{2-} \rangle + \langle HCO_3^- \rangle + \langle OH^- \rangle \rightarrow \langle H^+ \rangle = 10^{8.4}$



Συμπέρασμα

- Καταλήγουμε λοιπόν, ότι το pH ενός διαλύματος ανοικτού στο ατμοσφαιρικό CO_2 , το οποίο είναι σε χημική ισορροπία με τον ασβεστίτη είναι 8.4. Το pH ενός διαλύματος το οποίο δεν έχει εξωτερική τροφοδοσία με το διοξείδιο του άνθρακα (κλειστού) είναι περίπου 9.9. Γίνεται λοιπόν κατανοητή η ανάγκη μέτρησης του pH στο ύπαιθρο, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για δειγματοληψίες νερού από βαθιά γεώτρηση.



Βιβλιογραφία

- Εισαγωγή στην Υδροχημεία , Ν. Λαμπράκης, Πάτρα, 2010



Τέλος Ενότητας

Χημική προσβολή των ασβεστόλιθων

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 1.0.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών,
Ζαγγανά Ελένη. «Υδροχημεία, Χημική προσβολή των
ασβεστόλιθων». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη
δικτυακή διεύθυνση:

<https://eclass.upatras.gr/courses/GEO360/>



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 (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 1:

<https://www.flickr.com/photos/49059422@N06/4496580438>

Εικόνα 2:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Karst>

Εικόνα 3:

<https://www.flickr.com/photos/jsjgeology/16442539152>

Εικόνα 4:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karst_Hydrogeologie_Schema1.jpg



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 5:

<https://pixabay.com/el/%CF%83%CF%84%CE%B1%CE%BB%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%AF%CF%84%CE%B5%CF%82-%CF%83%CF%80%CE%AE%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF-114559/>

