



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα ΠΠ

ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Ενότητα 13: Γεωχημεία των υπόγειων νερών -
Υδρογεωχημεία

Ζαγγανά Ελένη

Σχολή : Θετικών Επιστημών

Τμήμα : Γεωλογία

Σκοποί ενότητας

- Χημισμός του νερού της βροχής και του νερού του εδάφους
- Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα διάφορα πετρώματα (κρυσταλλικά, ιζηματογενή, μεταμορφωμένα)



Περιεχόμενα ενότητας

- 1) Χημική σύσταση του νερού της βροχής
- 2) Χημική σύσταση του νερού εδάφους
- 3) Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα κρυσταλλικά πετρώματα
- 4) Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα ιζηματογενή πετρώματα
- 5) Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα μεταμορφωμένα πετρώματα
- 6) Ποιοτικές ταξινομήσεις των φυσικών νερών



ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ

Γεωχημεία των υπόγειων νερών -
Υδρογεωχημεία

Χημική σύσταση του νερού της βροχής

Το νερό της βροχής περιέχει διαλυμένα αλατα, κύρια πηγή των οποίων είναι η θάλασσα.

Οι συγκεντρώσεις των αλάτων μειώνονται από την ακτή προς το εσωτερικό, σαν αποτέλεσμα της απομάκρυνσης των μεγαλύτερων σε μέγεθος θαλάσσιων συστατικών της βροχής.

- Εποχή του έτους
- Χρονική στιγμή δειγματοληψίας
- Αρχή ή τέλος μιας βροχόπτωσης
- Ρύπανση



Σχέση της χημικής σύστασης του νερού της βροχής και της θάλασσας

Σύγκριση του νερού της βροχής και της θάλασσας, στη βάση του παράγοντα κλασματοποίησης (**fractionation factor**).

$$F_{Na} = (Cl/Na)_{rain} / (Cl/Na)_{sea}$$

	Mg^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Cl^{-}	SO_4^{2-}	
F_{Na}	Αν Όριο	1.07	1.22	0.89	1.0	
	Κατ. Όριο	0.98	0.97	0.84	0.93	1



Σχέση της χημικής σύστασης του νερού της βροχής και της θάλασσας (συνέχεια 1)

- Μία σαφή διακύμανση για τα Ca^{2+} , που ξεπερνά τη μονάδα, δείχνοντας μια σαφή αύξηση του ασβεστίου στη βροχή, αυτή μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση των εδαφικών στοιχείων.



Χημική σύσταση του νερού του εδάφους

- Η σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο εδαφικό νερό, οφείλεται, κατά κύριο λόγο στην παρουσία του οργανικού κόσμου.
- Κατά το μεταβολισμό των οργανισμών παράγεται CO_2 που δρα ως ανθρακικό οξύ, προσβάλλοντας έτσι χημικά τα διάφορα ορυκτά.



Επίδραση της απόστασης που διανύει το νερό με το βάθος

- Οι συγκεντρώσεις των αλάτων αυξάνονται, όσο επιμηκύνεται η διαδρομή του μέσα στα πετρώματα.
- Ανώτερη ζώνη – Χαρακτηρίζεται από ενεγό υπόγειο νερό, HCO_3^-
- Ενδιάμεση ζώνη – SO_4^{2-}
- Κατώτερη ζώνη



Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα κρυσταλλικά πετρώματα

- Το βασικό χαρακτηριστικό των κρυσταλλικών πετρωμάτων μαγματικής ή μεταμορφωμένης προέλευσης (γρανίτες, διορίτες, βασάλτες, γνεύσιοι, και αμφιβολίτες) είναι η αφθονία του χαλαζία και των αργιλοπυριτικών ορυκτών (άστριοι – μαρμαρυγίες). Τα ορυκτά αυτά μέχρι τα βάθη των συνηθισμένων υδροφόρων είναι θερμοδυναμικά ασταθή και τείνουν να διαλυθούν όταν έρχονται σε επαφή με το νερό. Έτσι προκαλείται ορυκτολογική εξαλλοίωση των πετρωμάτων και το νερό εμπλουτίζεται με τα προϊόντα της εξαλλοίωσης.



Τα γενικά χαρακτηριστικά των νερών στα κρυσταλλικά πετρώματα

- Χαμηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων στερεών.
- Μικρές συγκεντρώσεις ασβεστίου και μαγνησίου, εκτός από τα νερά των διοριτών και αμφιβόλων.
- Ο σίδηρος βρίσκεται στις αμφιβόλους, τον πυρίτη, τον μαγνητίτη και τίθεται σε διάλυση εξαιτίας του χαμηλού pH των νερών.
- Τα όξινα ανθρακικά απαντώνται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις από το χλώριο και τα θειικά, γενικά όμως όλα σε χαμηλές συγκεντρώσεις.
- Υπάρχει άφθονο SiO_2 .



Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα ιζηματογενή πετρώματα

- Τα ιζηματογενή πετρώματα, χαλαρά ή συνδεδεμένα αποτελούνται από συνδυασμούς διαφόρων ορυκτών, τα οποία μπορεί να προέρχονται από διαφορετικές, ιζηματογενείς, μαγματικές ή μεταμορφωμένες «πηγές». Αυτές οι διαφορές μπορεί να οδηγήσουν σε μεγάλες διαφορές στη γεωχημεία των υπόγειων νερών, από στρώμα σε στρώμα και από περιοχή σε περιοχή.



Τα γενικά χαρακτηριστικά των νερών στα ιζηματογενή

- Υψηλές συγκεντρώσεις TDS, υψηλότερες από εκείνες των κρυσταλλικών πετρωμάτων εξαιτίας της ευκολότερης διάλυσης των συστατικών των ιζηματογενών πετρωμάτων.
- Τα ιόντα των αλκαλίων κυμαίνονται σε συγκεντρώσεις χαμηλές στους ασβεστόλιθους, υψηλές στις αργίλους, τις μάργες και στη γύψο.
- Οι συγκεντρώσεις του ασβεστίου και μαγνησίου είναι πάντα ψηλότερες από ότι στα κρυσταλλικά πετρώματα εκτός από τις χαλαζιακές άμμους.
- Ο σίδηρος συναντιέται στα όξινα νερά.
- Οι συγκεντρώσεις του χλωρίου και των θεικών είναι χαμηλές στους ασβεστόλιθους και υψηλές στους αργίλους, στις μάργες και στη γύψο.
- Το SiO_2 είναι σε μικρότερες συγκεντρώσεις από ότι στα κρυσταλλικά πετρώματα.



Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα ιζηματογενή πετρώματα

- Τα ορυκτά που συμμετέχουν στη σύσταση των πετρωμάτων αυτών είναι τα εξής:
 - Οι άστριοι, SiO_2
 - Ο ασβεστίτης CaCO_3
 - Ο δολομίτης $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$
 - Η γύψος $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - Ο ανυδρίτης CaSO_4
 - Ο καολινίτης $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
 - Ο αλλοϊσίτης $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$
 - Οι ιλλίτες
- Επίσης απατούνται ενώσεις όπως NaCl συχνά στη γύψο και στον ανυδρίτη.

Όλες αυτές οι ενώσεις μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο στη χημική σύσταση του νερού.



Τα νερά των υδροφόρων των ασβεστολίθων

- Στα νερά των υδροφόρων των ασβεστολίθων η περιεκτικότητα σε CO_2 είναι αρκετά υψηλότερη από αυτή που θα δικαιολογούσε η πίεση του CO_2 της ατμόσφαιρας. Τούτο οφείλεται όπως έχει δειχθεί προηγουμένα στην περιεκτικότητα του εδάφους σε CO_2 εξαιτίας των ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν σε αυτό και έτσι στα υπόγεια νερά η περιεκτικότητα σε CO_2 κυμαίνεται από 20 – 50 mg/l, οποία συμβάλει σε μια διάλυση του ασβεστολίθου μεταξύ 150 και 300 mg. Γενικά η ταχύτητα της διάλυσης του ανθρακικού ασβεστίου εξαρτάται από τη φύση του ασβεστολίθου (συμπαγείς, μαργαϊκοί, πορώδεις).



Τα νερά των υδροφόρων των γύψων

- **Τα νερά των υδροφόρων των γύψων** φορτίζονται γρήγορα με άλατα, όχι μόνο εξαιτίας των μεγάλων επιφανειών που είναι σε επαφή με το νερό ή της μεγάλης διάρκειας της επαφής αυτής αλλά εξαιτίας της μεγάλης περιεκτικότητας σε ευδιάλυτα άλατα. Έτσι τα νερά των γύψων φορτίζονται σε CaSO_4 πολύ συχνά μέχρι κορεσμού. Το ίδιο συμβαίνει και με τα νερά άλλων αλατούχων υδροφόρων.



Τα νερά των υδροφόρων των μαργών και των αργίλων

- **Τα νερά των υδροφόρων των μαργών και των αργίλων** βρίσκονται σε επαφή με μια επιφάνεια πολύ μεγάλη των περιβαλλόντων πετρωμάτων επειδή το πορώδες αυτών των πετρωμάτων φθάνει και το 50%. Η ταχύτητα του νερού σε αυτά τα πετρώματα που θεωρούνται εξάλλου στεγανά είναι πολύ μικρή.



Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα ιζηματογενή πετρώματα

- Κατά την εποχή σχηματισμού των ιζημάτων αυτών ή μετά την απόθεσή τους πολύ συχνά παγιδεύεται θαλασσινό νερό με αποτέλεσμα φυσικά νερά σε επαφή με αργιλικά πετρώματα να παρουσιάζουν πολύ υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων αλάτων.
- Οι περιεκτικότητες σε SO_4^{2-} και Cl^- είναι αυξημένες, έτσι είναι αυξημένες και οι περιεκτικότητες σε ασβέστιο και μαγνήσιο καθώς και σε νάτριο.



Γεωχημικός χαρακτήρας του νερού στα μεταμορφωμένα πετρώματα

Τα νερά των υδροφόρων των γνευσίων έχουν παρόμοια χημική σύσταση με αυτά των γρανιτών.

- Τα νερά των σχιστολιθικών και φυλλιτικών πετρωμάτων παρουσιάζουν μεγαλύτερη συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων (TDS) από ότι τα νερά των κρυσταλλικών πετρωμάτων.
- Σε σχιστόλιθους με πυρίτες η περιεκτικότητα σε SO_4^{2-} είναι μεγάλη με αποτέλεσμα μέρος της οξύτητας των νερών να οφείλεται στο σχηματισμό H_2SO_4 στο νερό.
- Το νερό των υδροφόρων των οφιολίθων είναι πλούσιο σε μαγνήσιο.



Ποιοτικές ταξινομήσεις των φυσικών νερών

Ταξινόμηση κατά Hem (1979)

TDS mg/l	Χαρακτηρισμός
<1000	Γλυκό νερό
1000 – 10000	Μέτρια αλατούχο νερό
10000 – 35000	Πάρα πολύ αλατούχο
>35000	Υπεραλατούχο



Ποιοτικές ταξινομήσεις των φυσικών νερών συνέχεια

Ταξινόμηση κατά Davis – De Wiest

TDS (mg/l)	Χαρακτηρισμός
0-1000	Γλυκό νερό
1000 – 10000	Υφάλμυρο νερό
10000 – 100000	Αλμυρό
> 100000	Υπεραλμυρό



Ποιοτικές ταξινομήσεις των φυσικών νερών με βάση την σκληρότητα

Χαρακτηρισμός	Ισοδύναμο CaCO_3 (mg/l)	Γαλλικοί βαθμοί
Μαλακό	0-60	0-6
Μέτρια σκληρό	61-120	6,1 – 12
Σκληρό	121 – 180	12,1 – 18
Πολύ σκληρό	>180	>18



Τα αλμυρά

- Τα απολιθωμένα νερά είναι τα νερά που δεν παρουσιάζουν καμία κίνηση.

- «Στάσιμων υδροφόρων οριζόντων»

Πρόκειται για νερά που δεν παρουσιάζουν καμία κυκλοφορία. Τα νερά δεν ανανεώνονται, έτσι βρίσκεται σε χημική ισορροπία με το πέτρωμα και η συγκέντρωση των αλάτων παίρνει τις μεγαλύτερες δυνατές τιμές.

- Συγγενετικά νερά



Βιβλιογραφία

- Εισαγωγή στην Υδροχημεία , Ν. Λαμπράκης, Πάτρα, 2010
- C.A.J. Appelo and D. Postma “Geochemistry groundwater and pollution”, 2 nd Edition 2005



Τέλος Ενότητας

Γεωχημεία των υπόγειων νερών -
Υδρογεωχημεία

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, Γεωχημεία των υπόγειων
νερών - Υδρογεωχημεία». 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.