



# Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

## Ενότητα 3: Αλληλεπίδραση υπογείου νερού και περιβάλλοντος

Κώστας Βουδούρης  
Επίκουρος Καθηγητής Γεωλογίας, Α.Π.Θ.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» 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.





# Αλληλεπίδραση υπογείου νερού και περιβάλλοντος

Σύστημα ροής, αλληλεπίδραση,  
υδρογεωλογικό περιβάλλον, υδρόσωμα.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

# Περιεχόμενα

1. Σύστημα υπόγειας ροής.
2. Υδρογεωλογικό περιβάλλον.
3. Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος.
4. Υδροχημικά υπόγεια συστήματα.



# Σκοποί ενότητας

- Η κατανόηση της αλληλεπίδρασης νερού και περιβάλλοντος.
- Αναφορά στις κύριες διαδικασίες αλληλεπίδρασης.
- Καθορισμός των εννοιών υδρογεωλογικό περιβάλλον-υδρόσωμα-υδροχημική φάση.



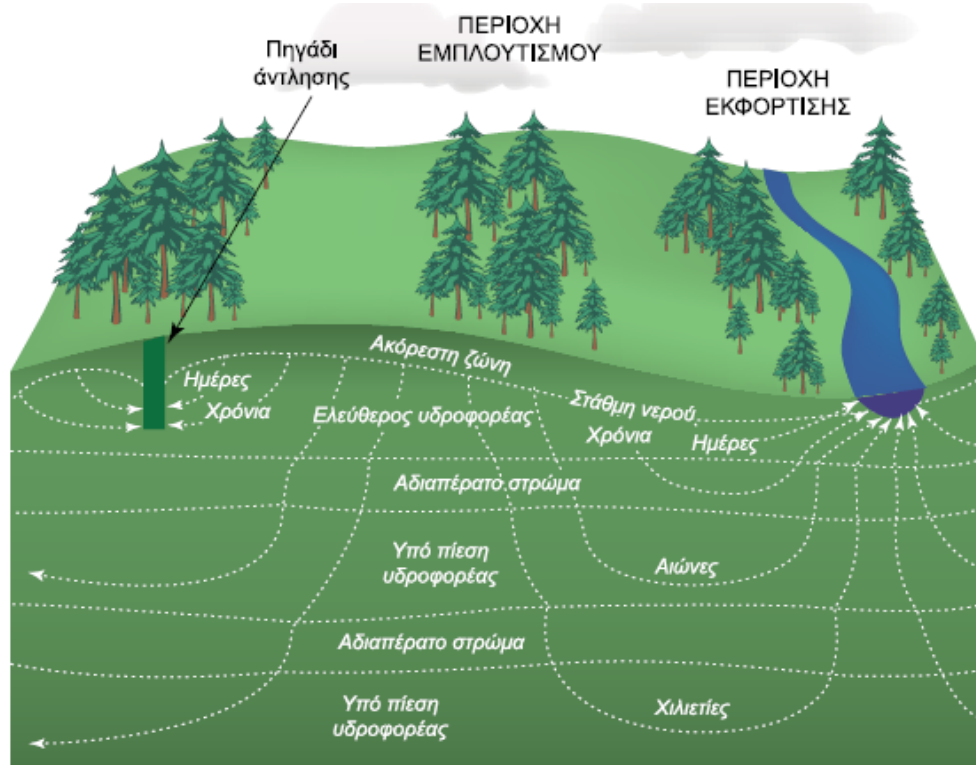


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σύστημα υπόγειας ροής

# Σύστημα υπόγειας ροής



Εικ.3.1: Περιοχές εμπλουτισμού και εκφόρτισης.

Ως σύστημα υπόγειας ροής ορίζεται μια συνεχής τρισδιάστατη μονάδα υπόγειας ροής με μια περιοχή τροφοδοσίας (εμπλουτισμού) και μία ή περισσότερες περιοχές εκφόρτισης (εκροής).

Ο εμπλουτισμός λαμβάνει χώρα σε περιοχές όπου το νερό της βροχής και επιφανειακά νερά τροφοδοτούν τους υπόγειους υδροφορείς.

Η εκφόρτιση γίνεται σε πηγές, ποτάμια, λίμνες, θάλασσα καθώς και με τη διαπνοή των φυτών.







ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Υδρογεωλογικό περιβάλλον

# Υδρογεωλογικό περιβάλλον 1/2

Το υδρογεωλογικό περιβάλλον διαμορφώνεται από την επίδραση της γεωλογίας, της μορφολογίας και του κλίματος μιας περιοχής. Οι κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν το καθεστώς του υπόγειου νερού είναι:

- η ποσότητα του αποθηκευμένου νερού στο υπέδαφος.
- η γεωμετρία του συστήματος ροής.
- ο χημισμός του νερού.
- η ειδική παροχή (ρυθμός ροής).
- η θερμοκρασία.



# Υδρογεωλογικό περιβάλλον 2/2

Οι παράγοντες αυτοί ελέγχονται από τρεις συνιστώσες:

1. Κλίμα (καθορίζει την ποσότητα νερού σε μια περιοχή).
2. Γεωλογία (καθορίζει τις ποσότητες που αποθηκεύονται στο υπέδαφος, τον χημισμό).
3. Μορφολογία (καθορίζει την ενεργειακή κατάσταση του νερού για κίνηση).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Χημική, Φυσική, Μεταφορική

# **Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος**

# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 1/6

Το υπόγειο νερό κινείται ως συνέπεια της τάσης του για ισορροπία και μπορεί να:

- μεταφέρει ύλη και θερμότητα.
- κινεί και αποθέτει ύλη.
- παράγει και μεταβάλλει την πίεση στα πορώδη μέσα.
- ολισθαίνει ασυνεχείς επιφάνειες.

Όλα τα παραπάνω έχουν ως αποτέλεσμα, ανάλογα με τις φυσικοχημικές συνθήκες μιας περιοχής, η κίνηση του νερού να:

- αλλάζει το υδραυλικό φορτίο κατά τη διεύθυνση ροής, από τις περιοχές εμπλουτισμού προς τις περιοχές εκφόρτισης, που καθορίζεται από τον νόμο του Darcy.
- αλλάζει τη φάση των ανιόντων από  $\text{HCO}_3$  σε  $\text{SO}_4$  και σε  $\text{Cl}$ , κατά τη διεύθυνση ροής και το βάθος.



# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 2/6

- δημιουργεί συσσώρευση των μεταφερομένων μεταλλικών συστατικών ή υδρογονανθράκων και συστατικών ανθρώπινης προέλευσης αρχικά σε περιοχές, όπου το δυναμικό ροής είναι ελάχιστο ή σε περιοχές σύγκλισης της ροής.
- αλλάζει τον τύπο και την ποσότητα της βλάστησης, ανάλογα με τις θρεπτικές ουσίες και την υγρασία του εδάφους που επικρατούν σε διάφορα σημεία του συστήματος ροής.
- προκαλεί ανωμαλίες στη γεωθερμική βαθμίδα σε περιοχές ανοδικής και καθοδικής ροής.



# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 3/6

## Σε περιοχές εκφόρτισης:

- διαμορφώνει χημικά αναγωγικές συνθήκες.
- οδηγεί σε αυξημένη τρωτότητα της επιφάνειας του εδάφους και μηχανικές αστοχίες (διάβρωση, κατολισθήσεις κ.ά.).
- προκαλεί πλεόνασμα νερού.
- αυξάνει την περιεκτικότητα των αλάτων προς τον τελικό σταθμό του συστήματος ροής.

## Σε περιοχές εμπλουτισμού:

- διαμορφώνει χημικά οξειδωτικές συνθήκες.
- προξενεί σχετικά ξηρές συνθήκες υγρασίας εδάφους και επιφανειακού νερού.



# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 4/6

Τρεις είναι οι κύριοι τύποι αλληλεπίδρασης του υπόγειου νερού και του περιβάλλοντος:

- χημική αλληλεπίδραση.
- φυσική αλληλεπίδραση.
- μεταφορική αλληλεπίδραση.

Καθένας περιλαμβάνει επιμέρους διαδικασίες.  
Αυτές είναι:





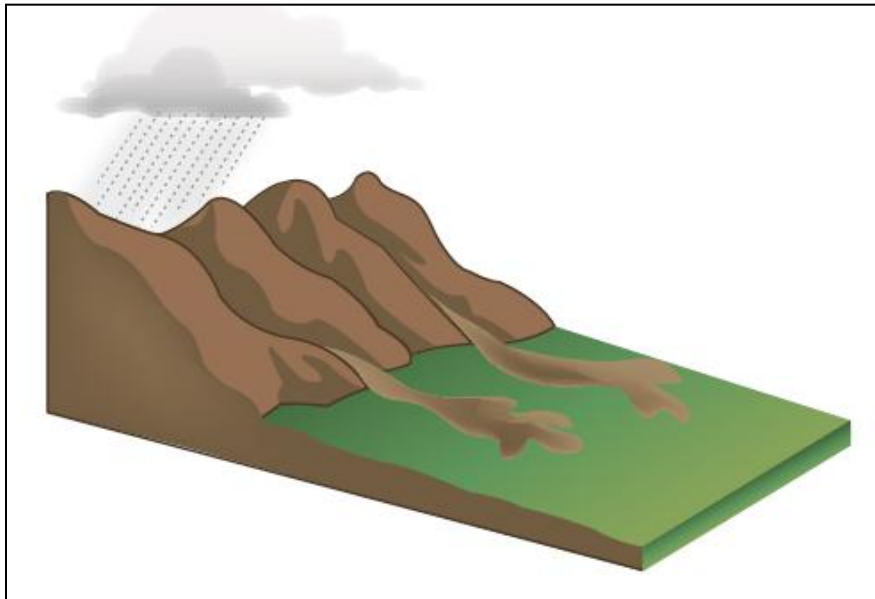
# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 5/6

## Χημική αλληλεπίδραση

- Διάλυση.
- Ενυδάτωση (είσοδος νερού στο πλέγμα).
- Υδρόλυση.
- Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.
- Ιοντοανταλλαγή.
- Προσρόφηση.



# Αλληλεπίδραση υπόγειου νερού και περιβάλλοντος 6/6



Εικ.3.2: Λασποροές, λόγω της αλλαγής της πίεσης του νερού των πόρων.

## Φυσική αλληλεπίδραση

- Ολισθήσεις.
- Μεταβολές στην πίεση του νερού των πόρων.

## Μεταφορική αλληλεπίδραση

- Μεταφορά υδατικής και μη υδατικής ύλης.
- Μεταφορά θερμότητας.

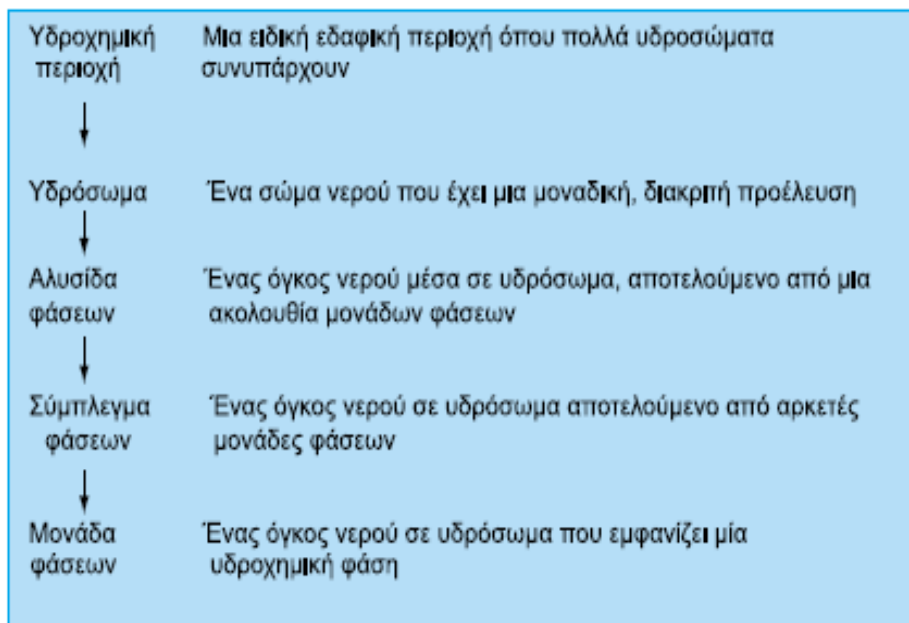




ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα

# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα 1/5



Εικ.3.3: Υποδιαίρεση ενός υδροσώματος σε υδροχημικές φάσεις.

Ως υδροχημικό υπόγειο σύστημα ή **υδρόσωμα** ορίζεται μια μονάδα υπόγειου νερού με ποικίλες διαστάσεις στο χώρο αλλά με συγκεκριμένη προέλευση. Οι διαφορές στην χημική σύσταση του νερού σε ένα υδρόσωμα, το υποδιαιρούν σε **υδροχημικές φάσεις**. Πολλές υδροχημικές φάσεις αποτελούν μια αλυσίδα φάσεων μέσα σε ένα υδρόσωμα. Πολλά υδροσώματα σε μία ειδική εδαφική περιοχή συνιστούν μία υδροχημική περιοχή, όπως: παράκτιες περιοχές, ηφαιστειακές, ανθρακικών πετρωμάτων κ.ά.



# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα 2/5

Αύξηση της μεταλλικότητας του υπόγειου νερού και μεταβολή από το κυρίαρχο  $\text{HCO}_3^-$  μέσω  $\text{SO}_4^{2-}$  σε  $\text{Cl}^-$  παρατηρείται στην κατεύθυνση:

- Από μεγάλα σε μικρά γεωγραφικά πλάτη, λόγω των μεγαλύτερων απωλειών εξατμισοδιαπνοής και της μεγαλύτερης παραγωγής  $\text{CO}_2$ .
- Από μικρά σε μεγαλύτερα βάθη, λόγω της μειούμενης κυκλοφορίας υπόγειου νερού και της αυξανόμενης αλληλεπίδρασης νερού-εδάφους.
- Από υψηλά σε χαμηλά υψόμετρα, λόγω μείωσης των βροχοπτώσεων, μεγαλύτερων απωλειών εξατμισοδιαπνοής και της μεγαλύτερης παραγωγής  $\text{CO}_2$ .



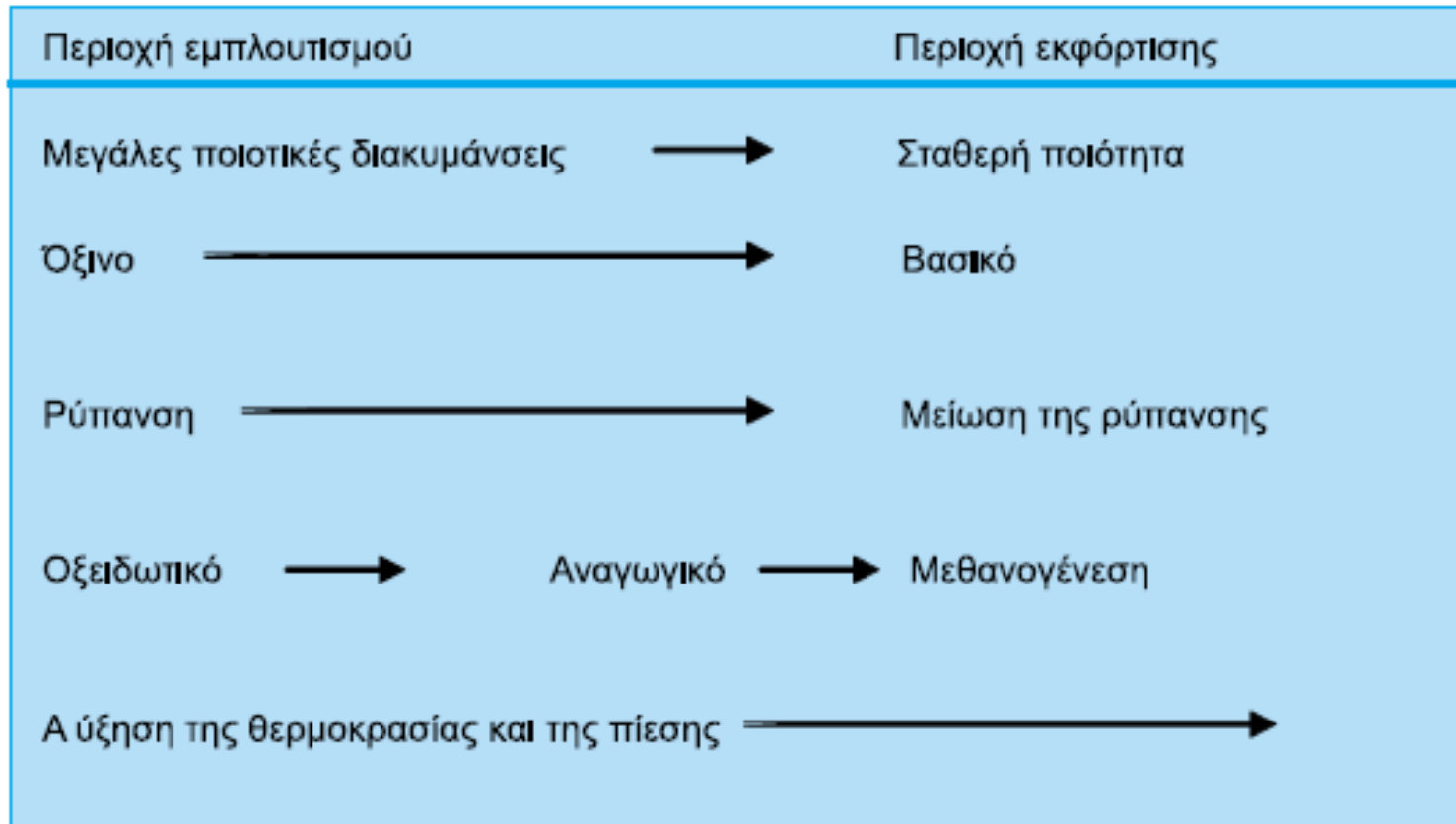
# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα 3/5

Σύμφωνα με τον Stuyfzand (1999), η κανονική υδροχημική εξέλιξη ενός υδροσώματος **κατά τη διεύθυνση της υπόγειας ροής** είναι η ακόλουθη:

- Από μεγάλες ποιοτικές διακυμάνσεις σε σταθερή ποιότητα.
- Από όξινο σε βασικό.
- Από ρυπασμένο σε μη ρυπασμένο λόγω των μηχανισμών εξασθένησης.
- Από οξειδωτικές συνθήκες σε αναγωγικές έως μεθανογένεσης.
- Από χαμηλές σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες.



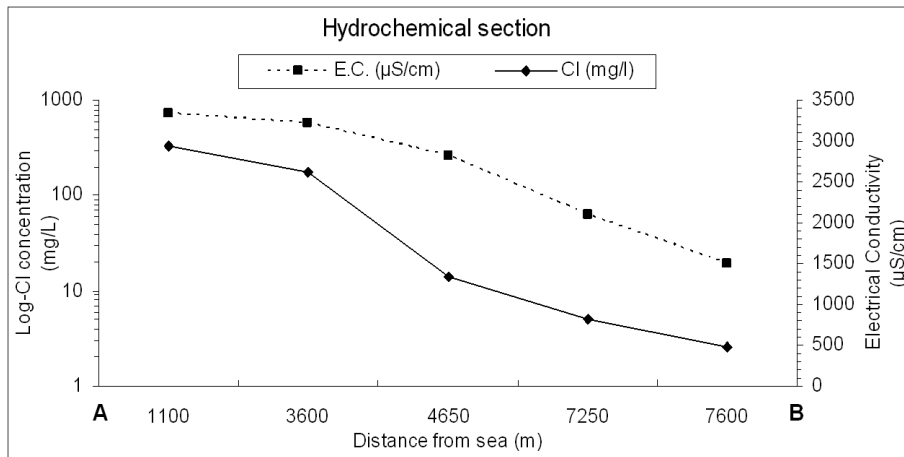
# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα 4/5



Εικ.3.4: Κανονική υδροχημική εξέλιξη ενός υδροσώματος κατά τη διεύθυνση της υπόγειας ροής.



# Υδροχημικά υπόγεια συστήματα 5/5



Εικ.3.5: Υδροχημική τομή.

Με τις υδροχημικές τομές μιας ή περισσότερων παραμέτρων φαίνεται ακριβώς η μεταβολή της ποιότητας του υπόγειου νερού ως ένα ή περισσότερα χαρακτηριστικά του κατά την διεύθυνση της ροής του.

Στην εικόνα φαίνεται η αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και των χλωριόντων όσο πλησιάζουμε τη θάλασσα.





# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 3.1: <Περιοχές εμπλουτισμού και εκφόρτισης><Άδεια από εκδότη>  
<σύνδεσμος><ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009><Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 3.2: <Λασποροές, λόγω της αλλαγής της πίεσης του νερού των πόρων><[www.usgs.com](http://www.usgs.com)><Όπως αναφέρεται σε ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009, Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 3.3: <Υποδιαίρεση ενός υδροσώματος σε υδροχημικές φάσεις>< Άδεια από εκδότη>  
<σύνδεσμος><ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009><Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 3.4: <Κανονική υδροχημική εξέλιξη ενός υδροσώματος κατά τη διεύθυνση της υπόγειας ροής><Άδεια από εκδότη> <ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009><Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 3.5: <Υδροχημική τομή><[https://www.academia.edu/168946/Methods\\_to\\_define\\_the\\_areal\\_distribution\\_of\\_the\\_salt\\_intrusion\\_Examples\\_from\\_South\\_Greece](https://www.academia.edu/168946/Methods_to_define_the_areal_distribution_of_the_salt_intrusion_Examples_from_South_Greece)><Methods to define the areal distribution of the salt intrusion: Examples from South Greece. Groundwater and saline intrusion.><Selected papers from the 18th Salt Water Intrusion Meeting. Cartagena, Spain. Publ. Geological Survey of Spain (ed. L. Araguas, E. Custodio, M. Manzano), 465-480><VOUDOURIS K., MANDILARAS D., ANTONAKOS A.><2004>



# Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

## Άλλες Αναφορές

Toth J., A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basin, Journal of Geophysical Research Vol. 68, No. 16, 1963,  
<http://timecapsule.iah.org/files/2012/09/toth1963.pdf>, 14/12/2014

STUYFZAND, P.J. 1999. Patterns in groundwater chemistry reflecting groundwater flow. Hydrogeol. J. 7, Theme issue 'Groundwater as a geologic agent', J. Tóth (ed), Hydrogeology J. (7), 15-27.



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Κώστας Βουδούρης.  
«Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων. Αλληλεπίδραση υπογείου νερού  
και περιβάλλοντος». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη  
δικτυακή διεύθυνση: <http://eclass.auth.gr/courses/OCRS190/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Δέσποινα Σιμελετίδου  
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο, 2014-2015



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη Δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

