



Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

Ενότητα 4: Πηγές και διάδοση ρύπανσης

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



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.





Πηγές και διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

Ρύπανση, μόλυνση, πηγές και διάδοση της
ρύπανσης, εξασθένιση ρύπανσης.



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 ενότητας

1. Ορισμοί.
2. Ιδιότητες ρύπων.
3. Πηγές ρύπανσης.
4. Αλληλεπίδραση ρύπων εδάφους.
5. Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά.
6. Εξασθένηση ρύπανσης.



Σκοποί ενότητας

- Να κατανοηθεί η διαφορά ρύπανσης και μόλυνσης.
- Να γίνουν γνωστές οι κυριότερες πηγές ρύπανσης.
- Να μελετηθούν οι νόμοι κίνησης των ρύπων.
- Να κατανοηθούν οι έννοιες προσρόφηση και ιοντοανταλλαγή και ο ρόλος τους στη φυσική απορρύπανση.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ορισμοί

Ορισμοί 1/3

Ρύπανση θεωρείται οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού.

Σύμφωνα με την Οδηγία της Ε.Ε 2000/60 ρύπανση ορίζεται: η, συνεπεία ανθρώπινων δραστηριοτήτων, άμεση ή έμμεση εισαγωγή, στον αέρα, το νερό ή το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που μπορούν να είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου ή την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από υδατικά οικοσυστήματα, συντελούν στη φθορά υλικής ιδιοκτησίας, ή επηρεάζουν δυσμενώς ή παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος (Βουδούρης Κ., ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009).



Ορισμοί 2/3

Η **μόλυνση** περιορίζεται στη ρύπανση εκείνη που αποτελεί κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Έχει μικροβιακό χαρακτήρα και συνδέεται με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

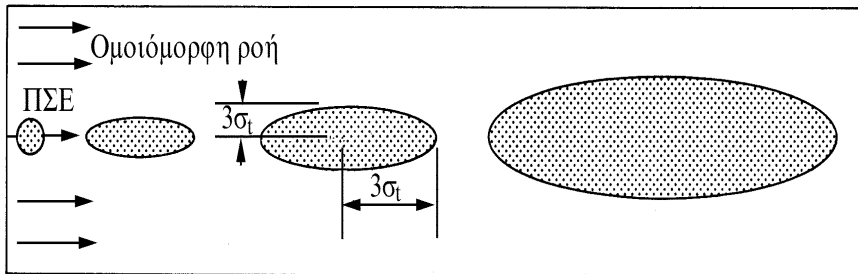
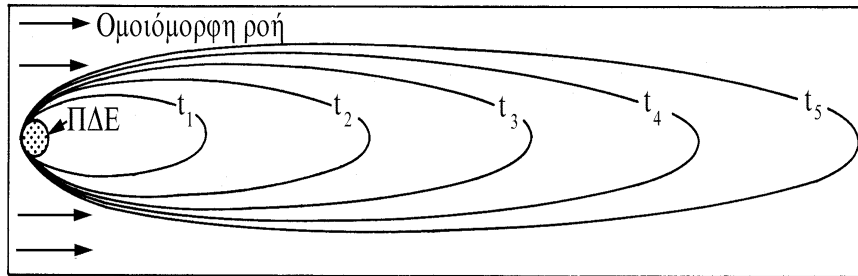
Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία είναι κάθε διαλυτή ή αδιάλυτη στο νερό, ουσία, η οποία όταν εισάγεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες, προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Από τους πιο συνηθισμένους ρυπαντές είναι:

- Βαρέα μέταλλα π.χ. Hg.
- Τοξικά στοιχεία και ενώσεις, π.χ. As.
- Οργανικές ενώσεις, όπως απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, προϊόντα πετρελαίου.
- Ραδιενεργές ουσίες.
- Παθογόνοι μικροοργανισμοί (βακτήρια και ιοί).



Ορισμοί 3/3



Το γεωμετρικό σχήμα της ρύπανσης ονομάζεται **πλούμιο** ή **θύσανος**.

Εικ.4.1: Πλούμιο ρύπανσης σε ισότροπο υδροφορέα από σημειακή πηγή συνεχούς εκπομπής ρυπαντή ΠΔΕ (επάνω) και στιγμιαίας εκπομπής ρυπαντή ΠΣΕ (κάτω).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Ιδιότητες ρύπων

Ιδιότητες ρύπων 1/2

- **Συντελεστής κατανομής.** Περιγράφει τον τρόπο κατανομής ενός ρύπου μεταξύ δύο μέσων, π.χ. στερεού-υγρού.
- **Η διαλυτότητα.** Είναι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλυτή, σε ορισμένες συνθήκες.
- **Πτητικότητα.** Είναι η ικανότητα που έχουν τα μόριά τους να διαφεύγουν από την επιφάνεια του υγρού και να μεταβαίνουν στην αέρια φάση.
- **Πίεση των ατμών.** Είναι η πίεση που ασκείται πάνω στο υγρό σε συνθήκες ισορροπίας και εκφράζεται με το νόμο του Raoult.
- **Προσοφητικότητα.** Εκφράζει την ικανότητα προσρόφησης μιας ουσίας από τα σωματίδια του εδάφους.



Ιδιότητες ρύπων 2/2

- **Βαθμός αποσύνθεσης.** Είναι ο χρόνος που απαιτείται για να αποσυντεθεί μια ουσία σε άλλες ενώσεις.
- **Δείκτης βιοσυγκέντρωσης.** Εκφράζει την ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να συσσωρευτεί στους υδρόβιους μηχανισμούς.
- **Τοξικότητα.** Η τοξικότητα εκφράζεται με την μέση θανατηφόρα δόση (LD_{50}), που είναι η δόση στη οποία επιβιώνει μόνο το 50% των οργανισμών που εκτίθενται σε αυτή για ορισμένο χρονικό διάστημα.
- **Ίνες αμιάντου.** Ο αμιάντος είναι επικίνδυνος κυρίως όταν εισπνέεται και συσώρευση αμιάντου στον οργανισμό μπορεί να προκαλέσει καρκίνο. Κατά την μεταφορά του νερού με αμιαντοσωλήνες αυτό φθείρει το εσωτερικό των αγωγών. Έτσι οι παραγόμενες ίνες αμιάντου παρασύρονται και συγκεντρώνονται στο πόσιμο νερό.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Πηγές ρύπανσης

Πηγές ρύπανσης 1/11

Ταξινομούνται ανάλογα με την **γεωμετρία** σε:

- σημειακές (ΧΥΤΑ, βόθροι).
- γραμμικές (δρόμοι).
- διάχυτες (όξινη βροχή).

και ανάλογα με το **ρυθμό εκπομπής** σε:

- συνεχούς.
- στιγμιαίας (επαναλαμβανόμενα περιοδικά ή όχι).



Πηγές ρύπανσης 2/11

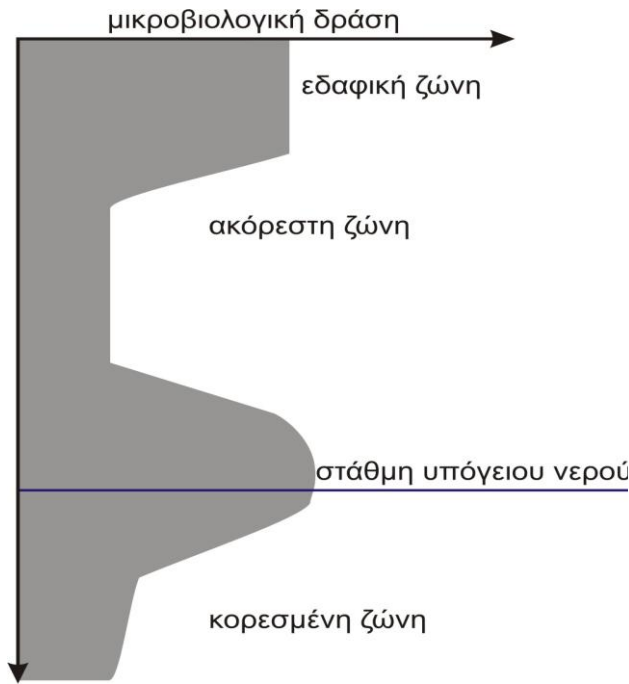
Οι περισσότερες πηγές ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών, προέρχονται από τις κάτωθι δραστηριότητες:

- απόρριψη υγρών και στερεών αποβλήτων (λύματα, σκουπίδια κ.ά.).
- χρήση λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων.
- διάθεση βιομηχανικών αποβλήτων.
- από προϊόντα μεταλλευτικής δραστηριότητας.
- διάθεση πυρηνικών αποβλήτων.
- άλλες πηγές.

Στις περιπτώσεις που η ρύπανση των υπόγειων νερών οφείλεται σε φυσικά αίτια, αυτό αποδίδεται: στην επίδραση ευδιάλυτων πετρωμάτων (γύψος, ορυκτό αλάτι κ.ά), στην έντονη εξάτμιση, που προκαλεί ανύψωση του υπόγειου νερού και απόθεση αλάτων, στην οξείδωση των πετρωμάτων και στη διεύδυση της θάλασσας.



Πηγές ρύπανσης 3/11



Εικ.4.2: Μικροβιολογική δράση σε σχέση με το βάθος. Είναι πιο ενεργή στην εδαφική ζώνη και στην στάθμη του υπόγειου νερού.

Λύματα

Ο όρος αναφέρεται στα υγρά απόβλητα από τις κατοικίες (οικιακά λύματα) και τα υγρά απόβλητα από τις συνήθεις δραστηριότητες μιας πόλης (αστικά λύματα). Αποτελούνται κατά μεγάλο ποσοστό από νερό, που περιέχει οργανικά και ανόργανα προϊόντα.

Τα οργανικά λύματα είναι συνήθως χαρτί, ούρα, κόπρανα, σαπούνια, απορρυπαντικά, λίπη, υπολείμματα τροφών. Τα ανόργανα συστατικά είναι αμμωνία, άλατα του αμμωνίου, άργιλος κ.α. Αποτελούν την κυριότερη πηγή μικροβιακής μόλυνσης, λόγω των εντερικών περιττωμάτων.



Πηγές ρύπανσης 4/11

Βιομηχανικά Απόβλητα

Ονομάζονται τα υγρά απόβλητα διάφορων βιομηχανιών που χρησιμοποιούν το νερό, που δεν περιέχουν απόβλητα από χώρους εξυπηρέτησης του προσωπικού. Διακρίνονται σε βιολογικά και μη βιολογικά. Τα βιολογικά περιλαμβάνουν τα απόβλητα των εργοστασίων παραγωγής τροφίμων, παραγωγής χαρτιού και επεξεργασίας υφαντικών ινών. Τα μη βιολογικά είναι απόβλητα χημικών βιομηχανιών και περιέχουν ρυπαντές όπως: οξέα, βάσεις, χλώριο, κυανιούχα, μέταλλα, άλατα, υδρογονάνθρακες, φωσφορικά. Ένα μέρος τους χαρακτηρίζονται ως **επικίνδυνα**, όπως τα νοσοκομειακά και ισχύουν αυστηροί περιβαλλοντικοί όροι για την διάθεσή τους.



Πηγές ρύπανσης 5/11

Γενικά τα επικίνδυνα απόβλητα κατατάσσονται σε τέσσερις κατηγορίες:

- Ανόργανα απόβλητα σε διάλυση ή αιώρηση που περιέχουν βαρέα μέταλλα.
- Οργανικά υδατο-διαλυτά απόβλητα. Ανήκουν τα απόβλητα της φαρμακευτικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας γεωργικών φαρμάκων, χρώματα.
- Οργανικά μη υδατο-διαλυτά απόβλητα, όπως λιπαντικά, ελαιοχρώματα, ελαιώδεις διαλύτες, προϊόντα πετρελαίου. Τα μη αναμείξιμα με πυκνότητα μικρότερη του νερού (βενζίνη, πετρέλαιο κ.ά) επιπλέουν στο νερό, συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του υδροφόρου ορίζοντα και διαχέονται μόνον οριζόντια. Παραμένουν για πολύ χρόνο, προσδίνοντας δυσάρεστη οσμή. Τα βαρύτερα (χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες) κινούνται κατακόρυφα στην ακόρεστη και κορεσμένη ζώνη και εγκαθίστανται πάνω στο αδιαπέρατο υπόβαθρο, ρυπαίνοντας έτσι τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες σε βάθος.



Πηγές ρύπανσης 6/11

- Απόβλητα με μορφή παχύρρευστων υγρών, ιλύος και στερεών, όπως απόβλητα διυλιστηρίων και απόβλητα καθαρισμού δεξαμενών πλοίων μεταφοράς πετρελαιοειδών.

Αστικά απορρίμματα

Περιλαμβάνονται τρόφιμα, χαρτί, γυαλί, πλαστικά, φύλλα, ξύλο, ύφασμα κ.ά. Είναι δυνατόν να υπάρχουν και μικρές ποσότητες επικίνδυνων αποβλήτων, όπως χρώματα, απορρυπαντικά κ.ά.

Απόβλητα μεταλλευτικής δραστηριότητας

Παράγονται κατά την εξόρυξη ορυκτών πόρων και αποτελούνται από ένα ετερογενές μείγμα νερού και κονιορτοποιημένου ορυκτού και πιθανά να περιέχουν και βαρέα μέταλλα. Οι εκσκαφές μετά το πέρας της εκμετάλλευσης χρησιμοποιούνται συνήθως σαν χώροι απόθεσης απορριμμάτων με μεγάλη πιθανότητα ρύπανσης των υπόγειων νερών.



Πηγές ρύπανσης 7/11

Απόβλητα γεωργο-κτηνοτροφικής δραστηριότητας

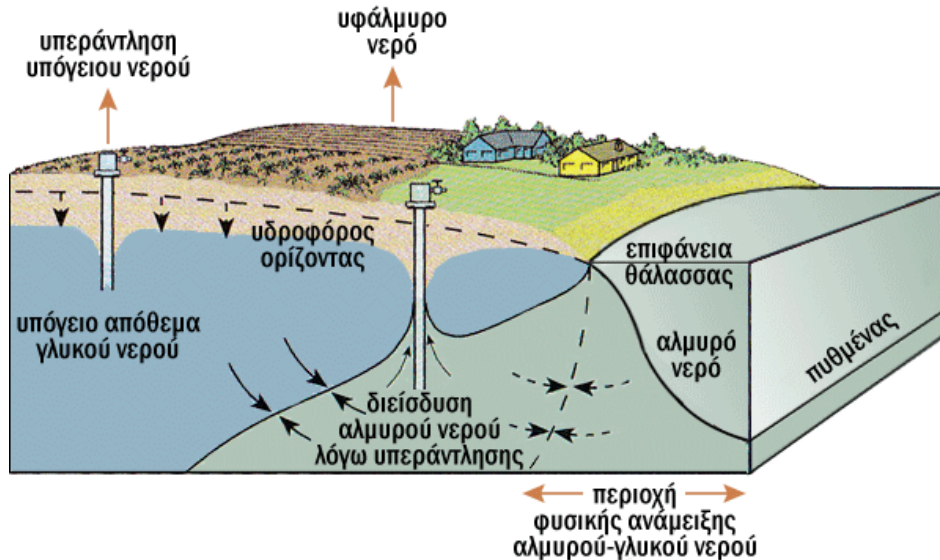
Το νερό που επιστρέφει από τις αρδεύσεις διηθείται παρασέρνοντας ουσίες στα υπόγεια νερά, έτσι στοιχεία που περιέχονται στα λιπάσματα οδηγούνται στο υπόγειο νερό. Οι πλέον επικίνδυνοι ρύποι είναι τα νιτρικά ιόντα, που είναι ευκίνητα και μετακινούνται από την ακόρεστη ζώνη στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην γεωργία αποτελούν σημαντικούς ρύπους. Ακόμη τα στερεά απόβλητα κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων αποτελούν και αυτά πιθανές πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Άλλες πηγές ρύπανσης

- Η σταδιακή αποσύνθεση των πτωμάτων στα νεκροταφεία δημιουργεί ρευστά με υψηλό ρυπαντικό φορτίο που αν αναμιχθούν με τα νερά της βροχής και κατεισδύσουν στους υπόγειους υδροφορείς προκαλούν επικίνδυνες μολύνσεις. Το υπέδαφος ενός νεκροταφείου πρέπει να πληρεί συγκεκριμένες προϋποθέσεις.



Πηγές ρύπανσης 8/11



Οι παράκτιοι υδροφόροι ορίζοντες, υπό φυσικές συνθήκες, αποστραγγίζονται προς τη θάλασσα. Οι πολλές αντλήσεις στις παράκτιες ζώνες ελαττώνουν ή αναστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς αυτήν με συνέπεια τη διείσδυση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα.

Από πολλούς η υφαλμύριση θεωρείται η σύγχρονη «ασθένεια» των υπόγειων νερών.

Εικ.4.3: Η υπεράντληση παράκτιων υδροφορέων οδηγεί στην υφαλμύριση των νερών τους λόγω διείσδυσης θαλασσινού νερού.

Στον Πίνακα 4.1 που ακολουθεί αναφέρονται οι κυριότερες πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών, το είδος των ρύπων και η επίδραση στο περιβάλλον.



Πηγές ρύπανσης 9/11

Πηγή	Είδος ρύπου	Επίδραση
Χημικές βιομηχανίες Μεταλλουργεία	Cu, Pb, Zn, Cd, Hg, Co, Cr, Ag, As, CN	Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Χημικές βιομηχανίες Βιομηχανίες τροφίμων Φαρμακευτικές βιομηχανίες Χαρτοποιεία	Φαινόλες, Αμμωνία, Απορρυπαντικά, Ίνες χαρτιού	Ελαττώνουν το οξυγόνο, Φαινόμενα ευτροφισμού, Τοξικά προϊόντα, Ελάττωση της οικολογικής ποικιλότητας
Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ)	Βαρέα μέταλλα, Αέρια, Οργανικές και Ανόργανες ενώσεις	Ρύπανση υπόγειων υδροφόρων
Αγροτικές δραστηριότητες	Λιπάσματα, Εντομοκτόνα, Παρασιτοκτόνα	Αύξηση νιτρικών ιόντων, Καρκινογενέσεις
Κτηνοτροφικές δραστηριότητες, Σφαγεία	Άζωτο, Φωσφόρος, Βακτήρια, Μύκητες	Ρύπανση και μόλυνση υπόγειων και επιφανειακών νερών



Πηγές ρύπανσης 10/11

Πηγή	Είδος ρύπου	Επίδραση
Όξινη βροχή	Οξειδία S και N	Καταστροφή καλλιεργιών, δασών κ.λπ.
Πυρηνικοί σταθμοί	Ραδιενέργεια στο νερό	Γενετικές αλλοιώσεις, Συσσώρευση στις τροφικές αλυσίδες
Διυλιστήρια, Διαρροές υδρογονανθράκων	Υδρογονάνθρακες, Πετρέλαιο, Άσφαλτος	Καταστροφή πανίδας και χλωρίδας, Εμποδίζουν την οξυγόνωση του νερού
Μεταλλευτικές Δραστηριότητες	Αιωρούμενα στερεά, Ορυκτές ενώσεις, Όξινα απόβλητα	Ρύπανση αέρα και υπόγειων νερών, Καθιζήσεις εδάφους
Ενεργειακοί σταθμοί, Βιομηχανίες	Θερμό νερό	Θανάτωση των αυγών των ψαριών, Ελάττωση του O ₂ , αύξηση του ρυθμού μεταβολισμού των οργανισμών

Πίνακας 4.1.



Πηγές ρύπανσης 11/11

Η ρύπανση του υπόγειου νερού αλλά και του επιφανειακού έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων και ανιχνεύεται με πολλούς τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι:

- Από την περιεκτικότητα σε παθογόνους μικροοργανισμούς.
- Από τα αιωρούμενα στερεά.
- Από την περιεκτικότητα σε διαλυμένο οξυγόνο.
- Από το φαινόμενο του ευτροφισμού.
- Από την περιεκτικότητα σε τοξικά μέταλλα και ενώσεις.
- Από τη θερμική αλλοίωση.
- Από την περιεκτικότητα σε διαλυμένα άλατα.
- Από ραδιενεργές ουσίες.
- Υφαλμύριση (συντελεστής Revelle, ιοντική ισχύς κ.ά.).





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Φυσική απορρόπηση

Αλληλεπίδραση ρύπων εδάφους

Αλληλεπίδραση ρύπων εδάφους 1/3

Οι ρυπαντές κινούμενοι στην ακόρεστη ζώνη, υφίστανται τη διαδικασία του φυσικού αυτοκαθαρισμού με αποτέλεσμα τη μείωση ή την εξουδετέρωση του ρυπαντικού τους φορτίου. Η φυσική αυτή διαδικασία απορρύπανσης είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης των ρυπαντών με το έδαφος και περιλαμβάνει τους εξής μηχανισμούς:

- **Ιοντοανταλλαγή.** Ανταλλάσσονται ιόντα μεταξύ των ρυπαντών και των ορυκτών του υδροφορέα, έτσι ιχνοστοιχεία όπως το As μπορεί να δεσμευτεί στην επιφάνεια του ιλλίτη ή του μοντμοριλλονίτη αντικαθιστώντας ιόντα Ca^{+2} . Η ικανότητα των αργιλικών ορυκτών να δεσμεύουν κατιόντα ονομάζεται ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων (Cation Exchange Capacity, CEC) και ισούται:

$\text{CEC (meq/100g)} = 0,7 (\% \text{ \u03b1ργιλος}) + 3,5 (\% \text{ C})$ όπου: C= η περιεκτικότητα (%) σε οργανικό άνθρακα.

Μετράται σε χιλιοστοϊσοδύναμα (meq) των κατιόντων που μπορούν να ανταλλαγούν σε 100g ξηρού δείγματος και προσδιορίζεται εργαστηριακά.

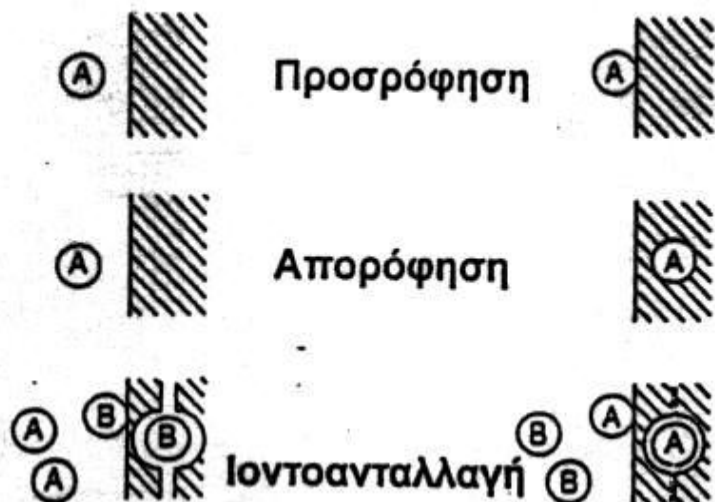


Αλληλεπίδραση ρύπων εδάφους 2/3

- **Προσρόφηση.** Ιόντα και οργανικές ουσίες (βαρέα μέταλλα, οργανικοί διαλύτες) δεσμεύονται στην επιφάνεια αργιλικών ορυκτών. Λαμβάνει χώρα σε βαθιά γεωλογικά στρώματα.
 - **Απορρόφηση.** Η χημική ουσία περνάει στο εσωτερικό των στερεών σωμάτων. Η προσρόφηση και απορρόφηση είναι δύο μορφές της ρόφησης.
- Η προσρόφηση και η απορρόφηση είναι μορφές της ρόφησης.



Αλληλεπίδραση ρύπων εδάφους 3/3



Εικ.4.4: Σχηματική αναπαράσταση διαδικασιών ρόφησης.

Η διαδικασία της ιοντοανταλλαγής χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση από το νερό ανόργανων φορτισμένων ιόντων και αλάτων Ca^{2+} και Mg^{2+} (αποσκλήρυνση).

Ως ιοντοανταλλάκτες χρησιμοποιούνται φυσικές ή συνθετικές ρητίνες και ο ζεόλιθος. Ο φυσικός ζεόλιθος εμφανίζει υψηλή ιοντοανταλλακτική ικανότητα, 226 meq/100g.

Οι παραπάνω διαδικασίες εξαρτώνται από τις συνθήκες περιβάλλοντος, την ορυκτολογική σύσταση του εδάφους και τη χημική σύσταση των ρυπαντών.



Μεταφορά, Διασπορά, Διάχυση

Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

1/5

Η κίνηση των ρυπαντών στο υπόγειο νερό επιτυγχάνεται με τους εξής τρόπους:

- Μεταφορά.
- Μοριακή διάχυση.
- Διασπορά.

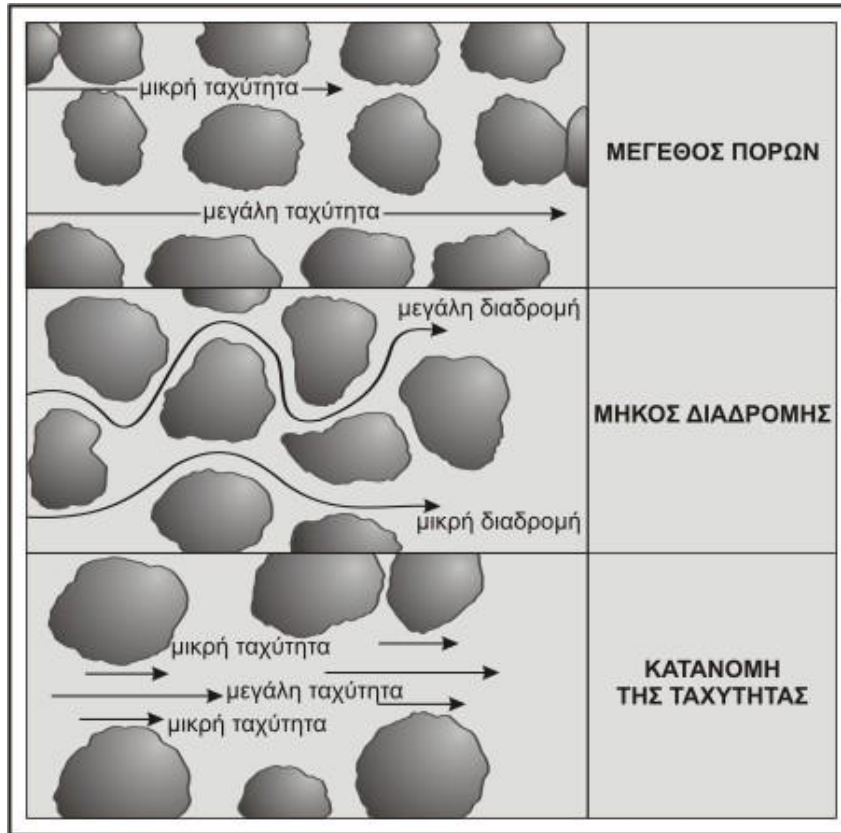
Κατά τη μεταφορά ο ρυπαντής ακολουθεί την κίνηση του υπόγειου νερού, η οποία υπακούει στον νόμο του Darcy δηλαδή κίνηση από θέσεις υψηλού σε θέσεις χαμηλού υδραυλικού φορτίου. Σε περιπτώσεις ρυπαντών μεγάλου ειδικού βάρους, παρατηρείται απόκλιση στη ροή του υπόγειου νερού από εκείνη του ρυπαντή.

Η μοριακή διάχυση συμβαίνει στη μικροκλίμακα των πόρων και οφείλεται στη διαφορά συγκέντρωσης του ρύπου από θέση σε θέση. Η διάχυση είναι η διαδικασία κατά την οποία ιοντικά μοριακά συστατικά διαλυμένα στο νερό κινούνται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης σε περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης. Η διάχυση μιας διαλυμένης ουσίας (ρύπου) περιγράφεται από τον νόμο του Fick.



Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

2/5



Εικ.4.5: Παράγοντες που προκαλούν την επιμήκη μηχανική διασπορά.

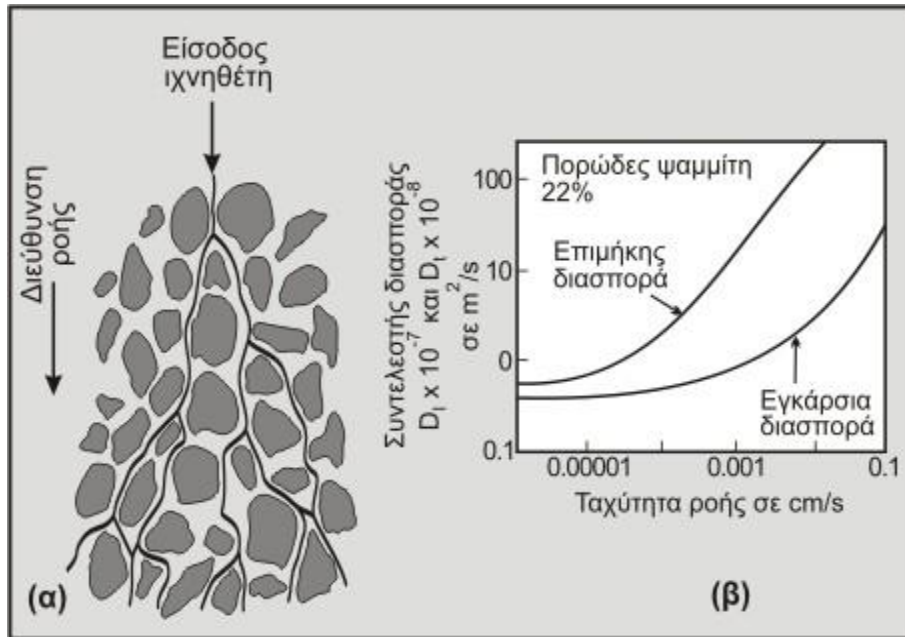
Διακρίνεται σε μηχανική και υδροδυναμική. Η μηχανική με τη σειρά της διακρίνεται στην επιμήκη και στην εγκάρσια διασπορά. Η επιμήκης οφείλεται:

- στο ότι η ταχύτητα ροής είναι μεγαλύτερη στο κέντρο των πόρων.
- στο ότι οι πόροι δεν έχουν όλοι την ίδια διάμετρο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται διαφορές μεταξύ των ταχυτήτων.
- στο ότι κάποια ποσότητα του κινούμενου υγρού κάνει μεγαλύτερες αποστάσεις. Έτσι οι ρύποι διασπείρονται τόσο κατά μήκος της κίνησης του υπόγειου νερού, όσο και εγκάρσια προς αυτήν.



Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

3/5



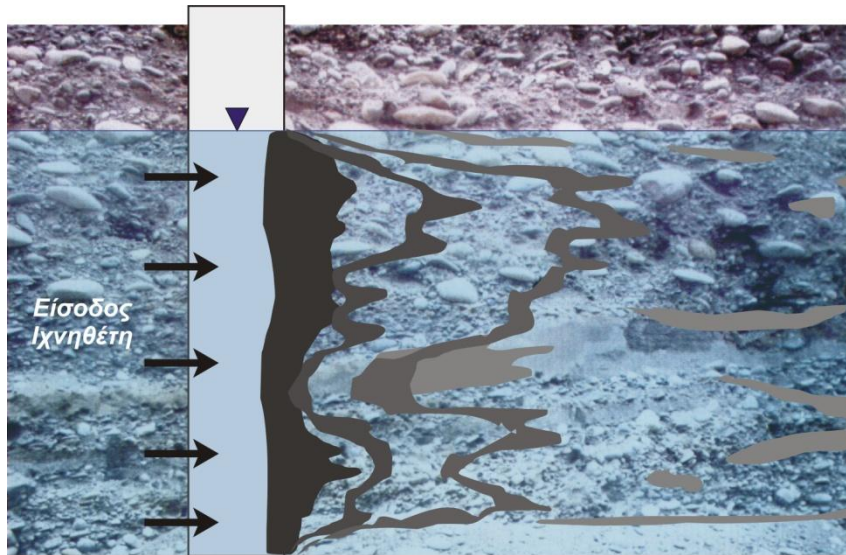
Η εγκάρσια μηχανική διασπορά οφείλεται στο ότι, καθώς κινείται το νερό σε ένα πορώδες μέσο, η ροή του διακόπτεται από τους κόκκους και διακλαδίζεται, διασπειρόμενη πλευρικά.

Εικ.4.6: Διασπορά ρυπαντή σε υδροφόρο. (α) πλευρική διασπορά, (β) συντελεστής επιμήκους και εγκάρσιας διασποράς σε ψαμμίτη για διάφορες ταχύτητες ροής.



Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

4/5



Εικ.4.7: Διαδοχικά στιγμιότυπα διασποράς ρυπαντή σε ένα ετερογενές μέσο.

Ο ιχνηθέτης είναι μια μη βλαπτική για το νερό χημική ένωση, εύκολα ανιχνεύσιμη στο εργαστήριο (αλλά και επί τόπου με μικρότερη όμως ακρίβεια), η οποία προστίθεται σε ορισμένη πολύ μικρή αναλογία για να μελετηθεί η κίνηση του υπόγειου νερού.

Διάδοση ρύπανσης στα υπόγεια νερά

5/5

Η υδροδυναμική διασπορά είναι το αποτέλεσμα της μηχανικής διασποράς και της μοριακής διάχυσης. Προκαλεί αραίωση της διαλυμένης ουσίας λόγω μηχανικής ανάμιξης, καθώς και λόγω μοριακής διάχυσης που οφείλεται στη θερμοκινητική ενέργεια των σωματιδίων του ρύπου.

Ο κύριος άξονας ανάμειξης συμπίπτει με τη διεύθυνση της ροής του υπόγειου νερού, καθόσον η επιμήκης συνιστώσα είναι μεγαλύτερη από την εγκάρσια (Βουδούρης Κ., ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009).





Μηχανισμοί

Εξασθένηση ρύπανσης

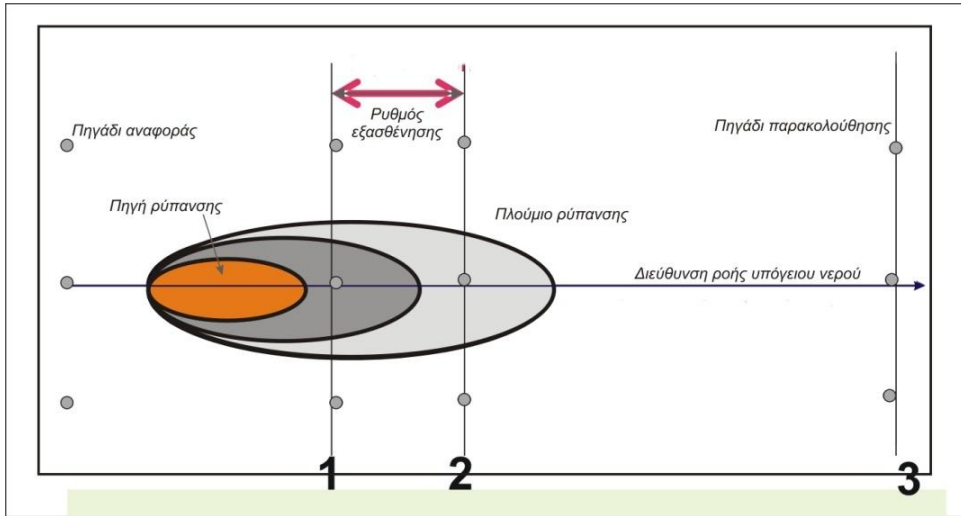
Εξασθένηση ρύπανσης 1/3

Διακρίνονται δύο μεγάλες κατηγορίες ρύπων. Οι συντηρητικοί και οι ενεργοί ή δραστικοί. Οι συντηρητικοί είναι αυτοί που δεν αντιδρούν με το έδαφος και/ή με το γειτονικό υπόγειο νερό ή δεν υφίστανται βιολογικές ή ραδιενεργές διασπάσεις. Το ιόν του **χλωρίου** είναι αντιπροσωπευτικό παράδειγμα συντηρητικού ιόντος. Στην περίπτωση αυτή, ο ρύπος ακολουθεί την κίνηση του υπόγειου νερού και μεταφέρεται κατάντη επεκτείνοντας τη ρύπανση.

Όταν ο ρυπαντής είναι ενεργός (μη συντηρητικός) αντιδρά με το υπόγειο νερό με αποτέλεσμα τη μείωση της μάζας του και η ταχύτητά του είναι μικρότερη από την ταχύτητα του υπόγειου νερού, προκαλώντας επιβράδυνση της ρύπανσης. (Βουδούρης Κ., ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009).



Εξασθένηση ρύπανσης 2/3



Εικ.4.8: Εξάπλωση του πλουμίου ρύπανσης στην κορεσμένη ζώνη.

Ο ρυθμός εξασθένησης της ρύπανσης κατά την μετανάστευσή της στην κορεσμένη ζώνη εκφράζει την μεταβολή της συγκέντρωσης του ρύπου στην μονάδα του χρόνου. Εξαρτάται από το είδος του ρύπου και τα Υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα.

Η ύπαρξη ακόρεστης ζώνης, πάχους μερικών μέτρων, αποτελούμενη από λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα υλικά προστατεύει ικανοποιητικά τους υδροφόρους από τη μόλυνση.



Εξασθένηση ρύπανσης 3/3

Οι κυριότεροι μηχανισμοί εξασθένησης της ρύπανσης:

- Προσρόφηση.
- Αραίωση.
- Διήθηση.
- Βιολογικές διασπάσεις.
- Χημικές αντιδράσεις (εξουδετερώσεις, ιοντοανταλλαγή, αντιδράσεις οξειδοαναγωγής κ.ά.).
- Φωτοχημικές αντιδράσεις.



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνα 4.1: <Πλούμιο ρύπανσης σε ισότροπο υδροφορέα από σημειακή πηγή συνεχούς εκπομπής ρυπαντή ΠΔΕ (επάνω) και στιγμιαίας εκπομπής ρυπαντή ΠΣΕ (κάτω)><Groundwater, Published by Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1979><R. Allan Freeze, John A. Cherry><Από Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Β΄, Εκδόσεις ΤΕΕ, 2000><Καλλέργης Γ.Α.>

Εικόνα 4.2: <Μικροβιολογική δράση σε σχέση με το βάθος><Cleanup of contaminated groundwater in Germany><Wohnlich, S.><Διάλεξη στο Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ>< 2005>

Εικόνα 4.3: <Η υπεράντληση παράκτιων υδροφορέων><άδεια από το ΚΠΕ Καστοριάς>
<http://kpe-kastor.kas.sch.gr/the_lake/water.htm/leipsydria.htm ><Living in the Environment ><Miller G. T., 1997><Προσαρμογή από το ΚΠΕ Καστοριάς, 2000>

Εικόνα 4.4: <Σχηματική αναπαράσταση διαδικασιών ρόφησης><Άδεια από εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ> <Geochemistry, Groundwater and Pollution, A.A. Balkema, Rotterdam, 1993><Appelo C. and Postma D.> <Από ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009, Βουδούρης Κ.>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (1/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Εικόνες/Σχήματα/Διαγράμματα/Φωτογραφίες

Εικόνα 4.5: <Παράγοντες που προκαλούν την επιμήκη μηχανική διασπορά>< Άδεια από εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ><Applied Hydrogeology, Published by Prentice Hall, 1994><Fetter, C.W.><Από ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009, Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 4.6: <Διασπορά ρυπαντή σε υδροφόρο>< Άδεια από εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ> α: <Groundwater Hydrology (2nd edn)><Wiley, New York, 1980>< Todd D.K.> β: <Transverse dispersion in granular media><Journal of Chemical Engineering data, Vol.6, 283><Crane F.E., Gardner G.H.F.><1961><Από Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Τόμος Β΄, Εκδόσεις ΤΕΕ, 2000><Καλλέργης Γ.Α.><Από ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009, Βουδούρης Κ.>

Εικόνα 4.7: <Διαδοχικά στιγμιότυπα διασποράς ρυπαντή σε ένα ετερογενές μέσο> <Cleanup of contaminated groundwater in Germany><Wohnlich, S.><Διάλεξη στο Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ>< 2005>

Εικόνα 4.8: <Εξάπλωση του πλουμίου ρύπανσης στην κορεσμένη ζώνη><Cleanup of contaminated groundwater in Germany><Wohnlich, S.><Διάλεξη στο Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ>< 2005>



Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (2/2)

Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:

Πίνακας 1: <Πηγές ρύπανσης των επιφανειακών και υπόγειων νερών><Άδεια από τον εκδότη><ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, Εκδόσεις ΤΖΙΟΛΑ, 2009 ><Βουδούρης Κ.>



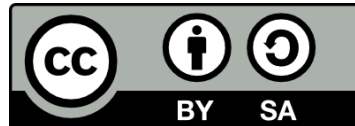
Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Κώστας Βουδούρης.
«Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων. Πηγές και διάδοση ρύπανσης».
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.

