

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΩΝ ΝΕΡΟΥ.



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ ΑΜ: 4663

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ: Δρ. Θεοδωροπούλου Π. Μαρία.

Πάτρα 2012

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μου με κάθε τρόπο και με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερω την καθηγήτρια Δρ. Θεοδωροπούλου Π. Μαρία επειδή μου ανέθεσε αυτήν την πτυχιακή εργασία, καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της κατά την διάρκεια εκπόνησης αυτής.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εμμονή του ανθρώπου να θέλει να διευκολύνει την καθημερινότητα του όσο περισσότερο μπορεί, χωρίς να υπολογίζει τις επιπτώσεις, η αλόγιστη κατανάλωση υλικών αγαθών καθώς και η ματαιοδοξία που τον κατέχει κοντεύει να καταστρέψει όχι μόνο την ζωή του αλλά και ολόκληρο τον πλανήτη.

Αναπτύσσονται τεράστιες Βιομηχανικές Περιοχές χωρίς να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα προστασίας επιβαρύνοντας το περιβάλλον με ρύπους. Οι Βιομηχανικές δραστηριότητες δεν είναι οι μόνες που προκαλούν ρύπανση, οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως η υπερβολική χρήση λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων, προκαλούν την ρύπανση του υπεδάφους με ουσίες που είναι επιβλαβείς και πολλές φορές τοξικές για τον άνθρωπο.

Οι ουσίες όπως οργανικές ενώσεις, ανόργανοι ρύποι, βαρέα μέταλλα ρυπαίνουν τους υδροφόρους ταμιευτήρες και αργά ή γρήγορα εισχωρούν στην τροφική αλυσίδα. Το πρόβλημα εντείνεται με την πάροδο του χρόνου και γι' αυτό στις αναπτυγμένες χώρες γίνεται προσπάθεια περιορισμού της ρύπανσης, λαμβάνοντας διάφορα μέτρα.

Η κατάσταση «έφτασε» στο απροχώρητο βάζοντας σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή και κατά συνέπεια ολόκληρο τον πλανήτη μας. Στα χέρια της λοιπόν, παίρνει την κατάσταση η Ευρωπαϊκή Ένωση δημιουργώντας μια νομοθεσία που προστατεύει το περιβάλλον. Ιδιαίτερα μετά το 1980 τα μέτρα έγιναν πιο αυστηρά και εντάθηκαν σχεδόν σε όλα τα κράτη της.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι οι τρόποι απορρύπανσης του εδάφους, του υπεδάφους, των υπογείων νερών που οδηγούνται και συνδέονται με ταμιευτήρες νερού. Αναφέρονται οι βασικές διαφορές μεταξύ φυσικών και τεχνικών ταμιευτήρων νερού, καθώς και οι λόγοι που είναι απαραίτητοι στην φύση αλλά και τον άνθρωπο.

Η ρύπανση που έχει προκληθεί σε μερικά από αυτά τα συστήματα είναι ανεπανόρθωτη και επιβλαβής για τον άνθρωπο. Στόχος της εργασίας είναι να επισημάνω τους τρόπους ρύπανσης αλλά και τους τρόπους με τους οποίους μπορούμε κάποιες φορές να την ανακαλύψουμε. Λύση στο πρόβλημα της ρύπανσης έρχονται να δώσουν οι διάφοροι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί για το σκοπό αυτό. Κάθε περίπτωση εξετάζεται ξεχωριστά και επιλέγεται ο κατάλληλος τρόπος απορρύπανσης της εξεταζόμενης περιοχής.

Σε όλη αυτή τη διαδικασία το κράτος έρχεται να δώσει «ένα χέρι βοήθειας» θεσπίζοντας νόμους και βάζοντας όρια θέλοντας να προστατεύσει όσο περισσότερο μπορεί το περιβάλλον αλλά και ότι ζει μέσα του.

Στο κεφάλαιο 1 αναφέρονται οι όροι του εδάφους του υπεδάφους και η υποβάθμισή αυτών. Επίσης η εξάρτηση του εδάφους με την δημιουργία ταμιευτήρων αποθήκευσης νερού και ο διαχωρισμός των φυσικών με των τεχνικών ταμιευτήρων. Οι λόγοι για τους οποίους χρησιμοποιούνται τα οφέλη αλλά και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται οι τρόποι ρύπανσης. Οι διαφορές μεταξύ έμμεσης και άμεσης, ανθρωπογενής και φυσικής, καθώς και ο διαχωρισμός τους που σε μερικές περιπτώσεις είναι δύσκολός. Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται οι βασικές αιτίες ρύπανσης του εδάφους και του νερού. Απόβλητα στερεής ή υγρής μορφής εμπλουτισμένα από θρεπτικές ουσίες και μικροοργανισμούς μέχρι και βαρέα μέταλλα ρυπαίνουν το έδαφος – υπέδαφος υπόγεια ύδατα και φτάνουν σε ταμιευτήρες νερού. Υπάρχουν διάφοροι μηχανισμοί ρύπανσης οι οποίοι έχουν διάφορες επιπτώσεις ειδικά στη ποιότητα του νερού.

Στα κεφάλαιο 3 αναλύονται οι τρόποι απορρύπανσης και τα στοιχεία από τα οποία εξαρτώνται όπως είναι Θρεπτικές ουσίες, Δέκτες ηλεκτρονίων, Υγρασία, Θερμοκρασία, pH, Τοξικότητα, Μικροοργανισμοί και οργανικές ενώσεις. Περιγράφεται κάθε μέθοδος ξεχωριστά, αναφέρονται τα μειονεκτήματα και τα πλεονεκτήματα αλλά και το κόστος της κάθε μίας.

Τέλος το κεφάλαιο 4 επεκτείνεται στη σημασία του πόσιμου νερού, την ποιότητα τον καθαρισμό του αλλά και τον τρόπο απορρύπανσης του.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1		
1.1	Γενικά	1
1.2	Έδαφος και Υπέδαφος.	2
1.3	Διαμόρφωση εδάφους - υπεδάφους .	2
1.4	Εδαφικές στρώσεις.	4
1.5	Εδαφική υποβάθμιση	5
1.6	Ταμιευτήρας	6
1.7	Χαρακτηριστικά των Ταμιευτήρων.	9
1.8	Υπόγειοι ταμιευτήρες νερού.	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2		
2.1.	Τι είναι ρύπανση.	13
2.2.	Πηγές ρύπανσης	16
2.3.	Μηχανισμοί ρύπανσης υπεδάφους και υπόγειων νερών	22
2.3.1.	Φυσικοί μηχανισμοί μεταφοράς ρύπων	23
2.4.	Επιπτώσεις ρύπανσης	26
2.5.	Το πρόβλημα της στάθμης νερού σε Ταμιευτήρες.	28
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3		
3.1	Απορρύπανση	29
3.1.1	Θρεπτικές ουσίες	29
3.1.2	Δείκτες ηλεκτρολυτών	29
3.1.3	Υγρασία	30
3.1.4	Θερμοκρασία	31
3.1.5	pH	31
3.1.6	Τοξικότητα	31
3.1.7	Μικροοργανισμοί και οργανικές ενώσεις	33
3.2	Τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας	34
3.3	Μέθοδοι απορρύπανσης	36
3.3.1	Ενεργητικοί μέθοδοι απορρύπανσης εδάφους – υπόγειων νερών	36
3.3.2	Ανάλυση μεθόδων	37
3.4.	Προστασία από την επέκταση της ρύπανσης.	52
3.5.	Προστασία των υδατικών πόρων	54
3.6.	Επιλογή τεχνικών απορρύπανσης μολυσμένων περιέχων.	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4		
4.1	Σημασία υδάτινων πόρων	57
4.2	Ρύπανση πόσιμου νερού	57
4.3	Στάδια επεξεργασίας ύδατος	58
4.4	Έλεγχος ποιότητας νερού	59
4.5	Καθαρισμός πόσιμου νερού	60
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		63
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ		65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Γενικά

Η σχέση μεταξύ ανθρώπου και περιβάλλοντος είναι άκρως εξαρτημένες μεταξύ τους. Το φυσικό περιβάλλον είναι η φύση γύρω μας, η γη, το έδαφος και το υπέδαφος, ο αέρας, το νερό, η θάλασσα, τα ποτάμια, οι λίμνες και γενικά ο χώρος μέσα στον οποίο ζει και κινείται ο άνθρωπος.

Με τον όρο ρύπανση του περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται η είσοδος στο φυσικό περιβάλλον οποιασδήποτε ουσίας (από τη βιομηχανική δραστηριότητα, τα δημοτικά και οικιακά λύματα κ.τ.λ.) η οποία υποβαθμίζει τα χαρακτηριστικά του.

Τα τελευταία χρόνια έχει πάρει επικίνδυνες και πολλές φορές καταστροφικές διαστάσεις απειλώντας ολόκληρο τον πλανήτη. Διακρίνεται σε αστική και βιομηχανική, σε ρύπανση της ατμόσφαιρας, του νερού και του εδάφους. Η ρύπανση του περιβάλλοντος δεν είναι τίποτα άλλο παρά αλλοίωση της μορφής του περιβάλλοντος και της ισορροπίας του ανθρώπου με τη φύση.

Οι αιτίες που προκαλούν την ρύπανση του περιβάλλοντος είναι αναρίθμητες. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση πάρα πολλών φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων με τα οποία ο άνθρωπος υπολόγισε στην αύξηση της παραγωγής. Η δημιουργία πολλών εργοστασίων χωρίς τα κατάλληλα μέτρα προστασίας μπορεί να έδωσαν στον άνθρωπο όλα όσα χρειαζόταν όμως του στέρησαν το μεγαλύτερο αγαθό, ένα υγιές περιβάλλον.

Βασικό πρόβλημα αποτελεί η ρύπανση των εδαφών. Αυτή περιλαμβάνει την απόθεση στο έδαφος στερεών καταλοίπων όπως παλιά αυτοκίνητα, κουτιά από κονσέρβες, μπουκάλια, πλαστικά δοχεία, σακούλες και χαρτιά που δεν μπορούν να αποικοδομηθούν γρήγορα ή σε μερικές περιπτώσεις καθόλου με τη δράση οργανικών και ανόργανων παραγόντων.

Η ρύπανση του εδάφους περιλαμβάνει επίσης τη συσσώρευση ουσιών σε στερεή ή υγρή κατάσταση που είναι βλαβερές για τη ζωή. Αφορά ιδιαίτερα εκείνα τα χημικά προϊόντα, φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται για την καταπολέμηση παρασίτων, αλλά κατόπιν συσσωρεύονται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να βλάπτουν κι άλλες μορφές ζωής.

Η εδαφική υποβάθμιση είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα των ημερών μας. Η κακή διαχείριση από τον άνθρωπο, η αλόγιστη χρήση χημικών ουσιών για την διευκόλυνση μας χωρίς να σκεφτόμαστε τις επιπτώσεις, οδηγούν στην ρύπανση του περιβάλλοντος και την καταστροφή του εδάφους και των υπόγειων υδάτων.

Η ρύπανση μπορεί να καταστρέψει ακόμα και τις δημιουργίες του ανθρώπου όπως είναι τα ύδατα των ταμιευτήρων, παρόλο που δημιουργήθηκαν για την εξυπηρέτηση του.

1.2. Έδαφος και Υπέδαφος.

Ως έδαφος νοούνται οι άνω στρώσεις του φλοιού της γης που μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη φυτών. Το υπέδαφος είναι οι υποκείμενες του εδάφους στρώσεις του ανώτερου φλοιού. Το έδαφος αποτελείται κατά το μισό περίπου του όγκου του από στερεά συστατικά τα οποία είναι ανόργανα και οργανικά, και κατά το άλλο μισό του εδάφους από αέρα και νερό.

Το εδαφικό νερό προέρχεται από τις βροχές και τις χιονοπτώσεις που παρουσιάζονται κατά την πάροδο του χρόνου. Οι εδαφικοί πόροι είναι γεμάτοι με νερό. Τα άλατα του εδάφους διαλύονται στο νερό και έτσι δημιουργείται το εδαφικό διάλυμα που έχει μεγάλη σημασία κυρίως ως μέσο τροφοδότησης των φυτών με θρεπτικά συστατικά.

Η σύσταση του εδαφικού νερού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η θερμοκρασία του εδάφους, η ποσότητα ανόργανων συστατικών, η χρήση λιπασμάτων, τα ποτίσματα ακόμα και η εποχή του χρόνου.

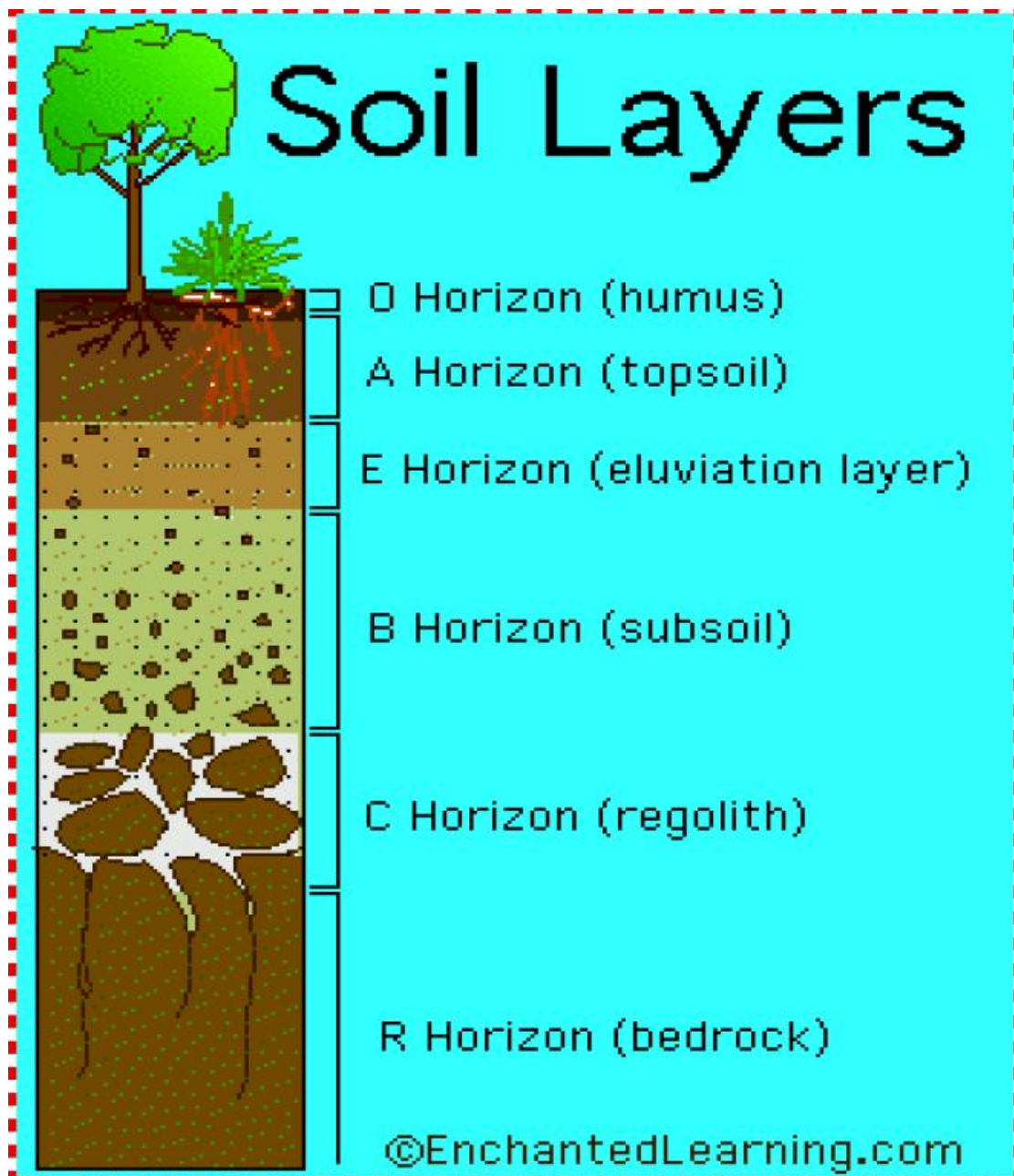
Στο έδαφος υπάρχει και αέρας ο οποίος περιέχεται στους πόρους που είναι ακάλυπτοι δηλαδή στους πόρους που δεν είναι γεμάτοι με νερό. Περιέχει ποσότητα οξυγόνου απαραίτητη για τη δράση των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια για την ανάπτυξη των φυτών.

1.3. Διαμόρφωση εδάφους - υπεδάφους.

Εδαφικοί ορίζοντες ονομάζονται τα οριζόντια στρώματα τα οποία διακρίνονται όταν κάνουμε μια κάθετη τομή στο έδαφος. Οι ορίζοντες αυτοί διαφέρουν ως προς το χρώμα τους, το μέγεθός τους και τη σύστασή τους. Το έδαφος αποτελείται από τρεις βασικούς ορίζοντες (A,B,C).

Κάνοντας μια κατακόρυφη τομή του εδάφους μπορούμε να διακρίνουμε τους εξής εδαφικούς ορίζοντες (εικόνα 1):

- Επιφανειακός ορίζοντας 0: Στρώμα νεκρής οργανικής ύλης
- Ορίζοντας A: Ανάμειξη οργανικής και ανόργανης ύλης
- Ορίζοντας B: Εμπλουτισμένος με κολλοειδή και θρεπτικές ουσίες
- Ορίζοντας C: Ημιαποσαθρωμένο υλικό
- Ορίζοντας R: Βραχώδες υπόθεμα κάτω από το έδαφος

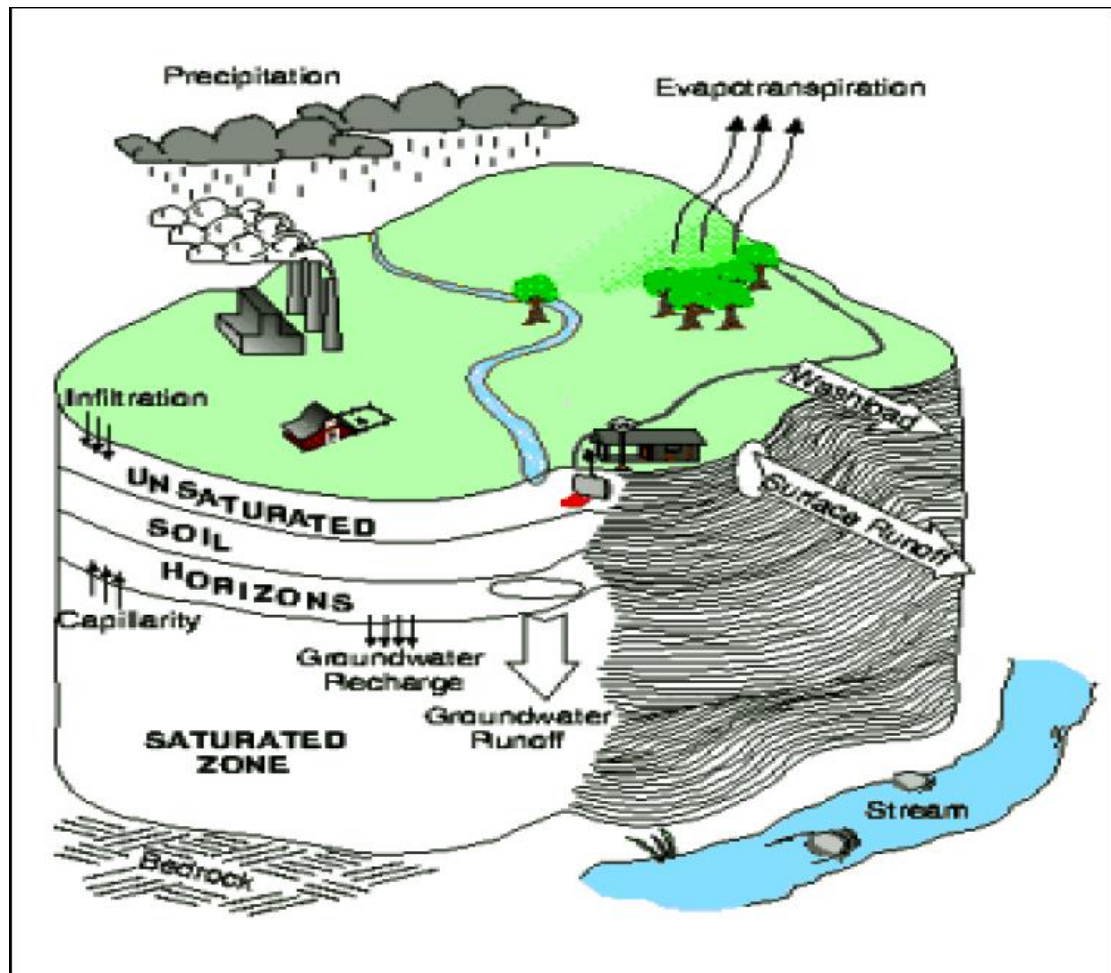


Εικόνα 1: Κατακόρυφη τομή του εδάφους όπου διακρίνονται οι εδαφικοί ορίζοντες.

1.4. Εδαφικές στρώσεις.

Το υπέδαφος μπορεί να χωριστεί σε ζώνες

- i. σε ακόρεστη ή σε μερικώς κορεσμένη ζώνη
- ii. σε κορεσμένη



Εικόνα 2: Ακόρεστη, μερικώς κορεσμένη και κορεσμένη ζώνη.

Οι εδαφικές στρώσεις που παρεμβάλλονται μεταξύ αυτών των ζωνών μπορεί να είναι :

- i. αδιαπέρατες
- ii. αδιαπέρατες στεγανές στρώσεις
- iii. υδροφορείς
- iv. ημιδιαπερατές στρώσεις .

Δύο κατηγορίες διακρίνουμε στην κορεσμένη ζώνη στους υδροφορείς ανάλογα με το είδος των στρωμάτων:

1. Υδροφορείς υπό πίεση (εγκιβωτισμένης ροής):

Αυτή η κατηγορία είναι οι στεγασμένοι υδροφορείς προς τα άνω και κάτω αδιαπέρατου σχήματος με ροή ανάλογη της ροής σε κλειστούς αγωγούς. Αρτεσιανό υδροφορέα έχουμε όταν το πιεζομετρικό ύψος βρίσκεται πιο ψηλά της επιφάνειας του εδάφους.

2. Φρεάτιους υδροφορείς (ελεύθερης ροής):

Αυτή η κατηγορία είναι οι στεγασμένοι υδροφορείς μόνο προς τα κάτω από αδιαπέρατους σχηματισμούς και με ελεύθερη επιφάνεια προς τα πάνω. Η ροή του υπόγειου νερού μέσω αυτών είναι ανάλογη της ροής σε ανοιχτούς αγωγούς.

Το σύνολο σχεδόν του νερού που περιέχεται στο έδαφος, (υπόγειο νερό) που τροφοδοτεί τους υδροφορείς προέρχεται από τα επιφανειακά νερά όπως βροχόπτωση, χιόνι, ποταμοί, λίμνες, νερό τεχνητής άρδευσης μέσω της κατείσδυσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ή της διήθησης των συγκεντρωμένων επιφανειακών υδάτων. Ο συντελεστής κατείσδυσης εκφράζει το ποσοστό του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που κατεισδύει εντός του εδάφους.

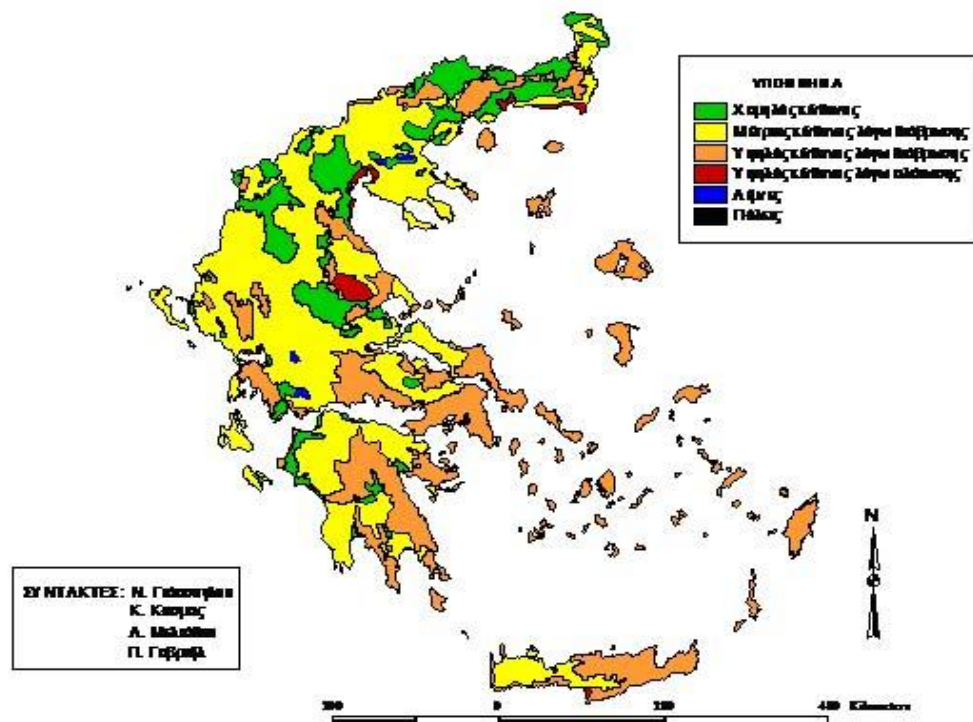
Από το νερό που κατεισδύει στο έδαφος, ένα μέρος μόνον τροφοδοτεί τους υδροφορείς. Το υπόλοιπο είτε χάνεται μέσω της εξάτμιση του νερού που συγκρατείται στις ανώτερες εδαφικές στρώσεις ή ανέρχεται μέσω της τριχοειδούς ανύψωσης, απορρόφηση από τα φυτά, είτε χάνεται κινούμενο προς βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες, είτε συγκρατείται στην ανώτερη μερικώς κορεσμένη ζώνη για να αντικαταστήσει προηγούμενες απώλειες στη ζώνη αυτή λόγω εξάτμισης.

1.5. Εδαφική υποβάθμιση.

Εδαφική υποβάθμιση είναι η μείωση της παραγωγικότητας του εδάφους. Προκαλείται από φυσικά φαινόμενα και επιδεινώνεται από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως οι εντατικές καλλιέργειες, η υπεράντληση του υπόγειου νερού και οι εκχερσώσεις.

Υπάρχουν 4 τύποι υποβάθμισης του εδάφους οι οποίοι είναι:

1. Υδατική Υποβάθμιση: Η απώλεια του επιφανειακού χρώματος λόγω κίνησης του νερού.
2. Αιολική Διάβρωση: Όταν το επιφανειακό στρώμα παρασύρεται από τον άνεμο.
3. Χημική Υποβάθμιση: Ρύπανση, όξυνση, μείωση θρεπτικών συστατικών, αλατοποίηση.
4. Φυσική Υποβάθμιση: Όταν το έδαφος γίνεται συμπαγές έχει ως αποτέλεσμα την δυσκολία της βλάστησης των σπόρων, άρα μεγαλύτερη απορροή νερού, η οποία μπορεί να προκαλέσει διάβρωση.



Εικόνα 3 : Χάρτης Ελλάδος απεικονίζοντας την υποβάθμιση των εδαφών ανάλογα με το χρωματισμό.

1.6. Ταμιευτήρας.

Η δεξαμενή είναι μια λίμνη, μια περιοχή όπου το νερό διατηρείται έως ότου χρειαστεί. Μπορεί να είναι σε όλα τα σχήματα και μεγέθη. Η εικόνα 4 δείχνει έναν φυσικό ταμιευτήρα νερού στην επιφάνεια της γης.



Εικόνα 4: Φυσικός Ταμιευτήρας νερού.

Οι ταμιευτήρες είτε δημιουργούνται από τον άνθρωπο, (ανθρωπογενείς) είτε από το φύση (φυσικές). Οι Λίμνες είναι τα φυσικά αποθέματα, αυτές είναι μέρος της γης και δεν γίνονται από τους ανθρώπους. Το να δημιουργηθεί μια τεχνητή δεξαμενή όσο αφορά την οικοδόμηση της είναι μια μεγάλη δουλειά. Παίρνει από 5-8 χρόνια ώστε να γίνουν οι απαραίτητες μελέτες και να δημιουργηθεί το κατάλληλο σχέδιο, και τρία χρόνια για να κατασκευαστεί, το κόστος ενός ταμιευτήρα είναι μεγάλο.

Με τον όρο τεχνητή λίμνη αποκαλούμε κάθε λίμνη που σχηματίστηκε με κατασκευή φραγμάτων, συνήθως κατασκευάζονται στη ροή ποταμών, αλλά και πολύ μικρότερων υδάτινων ρευμάτων, που προέρχονται από την ίδια λεκάνη απορροής, όπως είναι η Λίμνη του Μαραθώνα. Ο σκοπός της δημιουργίας τέτοιων λιμνών είναι η παραγωγή ενέργειας, η άρδευση και η ύδρευση. Ο τεχνικός όρος που χρησιμοποιείται για την αναφορά στις τεχνητές λίμνες είναι Ταμιευτήρας.

Η διαχείριση των υδάτων στις δεξαμενές πολλές φορές τροφοδοτεί με νερό περιοχές που πλήττονται από λειψυδρία, ή έχουν έλλειψη νερού ώστε να καλύψουν τις ανάγκες των ανθρώπων, καθώς και να ανταποκριθούν στις ανάγκες αυτές στο μέλλον, που παρατηρείται όλο και περισσότερη ανάπτυξη.

Στις τεχνητές δεξαμενές εκτιμάται πόσο νερό χρειάζεται για τα επόμενα χρόνια σε μια περιοχή και στη συνέχεια προχωρούν στην κατασκευή φραγμάτων. Δυστυχώς, οι εκτιμήσεις μπορεί να είναι λανθασμένες, επειδή κανείς δεν μπορεί να υπολογίσει την ανάπτυξη της κάθε περιοχής.

Ο στόχος της δημιουργίας ενός ταμιευτήρα – δεξαμενής είναι να διασφαλίσουν την ύπαρξη νερού στις απαιτούμενες ποσότητες ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες μια περιοχής.

Ο σχεδιασμός είναι σημαντικός για την παρασκευή ενός ταμιευτήρα. Μόλις οι μηχανικοί βρίσκουν μια καλή πηγή νερού, αποφασίζουν πόσο μεγάλη πρέπει να είναι η δεξαμενή.

Οι ταμιευτήρες νερού έχουν δώσει λύσεις για πολλά χρόνια στην Ελλάδα και σε όλο τον κόσμο. Η χωρητικότητα αποθήκευσης που παρέχουν επιτρέπει να αποθηκεύει το νερό σε μεγαλύτερες ποσότητες από τις περιόδους αφθονίας για χρήση σε περιόδους που υπάρχει έλλειψη.

Η κατασκευή τους όμως, έχει προκαλέσει πολλές φορές σοβαρά περιβαλλοντικά προβλήματα. Για να κατασκευαστεί πλέον ένας ταμιευτήρας νερού λαμβάνονται πολλά μέτρα και πραγματοποιούνται περιβαλλοντικές μελέτες.

Υπάρχουν επιτροπές που καθορίζουν τη διαδικασία επιλογής ή απόρριψης ταμιευτήρων επιλογές δηλαδή για την αντιμετώπιση της ύδρευσης-ζήτησης του νερού, τον έλεγχο των πλημμυρών και άλλα προβλήματα.

Η παροχή καθαρού νερού που γίνεται κυρίως από ορεινές δεξαμενές υποστηρίζεται από την καλύτερη υγιεινή. Λίγες μεγάλες πόλεις σήμερα θα μπορούσαν να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια των περιόδων ξηρασίας, χωρίς τις δεξαμενές τους. Η αλλαγή του κλίματος δείχνει ότι πολλά μέρη του κόσμου θα έχουν εποχή ξηρασίας και οι ξηρασίες θα μπορούσε να γίνουν ακόμα πιο ακραίες.

Οι ταμιευτήρες μπορεί επίσης να παρέχουν νερό για την παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή είναι μια ανανεώσιμη και βιώσιμη πηγή, που δεν οδηγεί σε εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και συμβάλλει ελάχιστα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Οι υδροηλεκτρικοί σταθμοί παραγωγής ενέργειας, έχουν μακρά διάρκεια ζωής.



Εικόνα 5: Ταμιευτήρας νερού.

1.7.Χαρακτηριστικά των Ταμιευτήρων.

Τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα στον τομέα της εδαφικής ρύπανσης είναι το πορώδες που ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των κενών σε ένα εδαφικό δείγμα προς το συνολικό όγκο του δείγματος, η δομή των πόρων και η διαπερατότητα δηλαδή η ικανότητα για υδατική ροή μέσω αυτού.

Μερικούς από τους πιο σημαντικούς βασικούς παράγοντες που δίνουν μοναδικό χαρακτήρα σε κάθε ταμιευτήρα είναι :

- Κλίμα: Η θερμοκρασία, ο άνεμος, η βροχόπτωση, η ηλιακή ακτινοβολία που επηρεάζουν καθοριστικά όλες τις λίμνες και υπόγειους ταμιευτήρες, τα υδρολογικά και χημικά χαρακτηριστικά, που μπορεί να επηρεάσουν τη σύνθεση της βιολογικής κοινότητας. Το νερό της βροχής είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την απορροή και την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και ίζημα. Η Θερμοκρασία, η αιολική και η ενέργεια από τον ήλιο επηρεάζουν τη διαστρωμάτωση και την ανάμειξη, την ανάπτυξη των φυτών, και την εξάτμιση σε επιφανειακούς και υπόγειους ταμιευτήρες.
- Γεωλογικό υπόστρωμα και τα εδάφη της λεκάνης: Ο τύπος του εδάφους επηρεάζει τη δυνατότητα για την απορροή και τη διάβρωση. Τα φυσικά χαρακτηριστικά του υποστρώματος καθορίζουν την έκταση, τη φύση και την ποιότητα των υπογείων υδάτων, εισροές και εκροές. Αυτοί είναι οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν τη χημεία στους ταμιευτήρες, λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ του νερού και των ιζημάτων, και η συμβολή των ιζημάτων, τα ορυκτά και οι θρεπτικές ουσίες από τη λεκάνη απορροών καταλήγουν στο ταμιευτήρα.
- Χρήση γης: Το είδος, τη θέση, την έκταση, και η ιστορία της χρήσης της γης όπως είναι η γεωργία, οι αγροτικές, οι αστικές και οι ανεπτυγμένες περιοχές μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την ποσότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων εισροές και εκροές, καθώς και τα ποσά και τα είδη των θρεπτικών ουσιών στα ιζήματα, και τα χημικά προϊόντα (φυσικές ή συνθετικές), που μεταφέρονται στη λίμνη από τη λεκάνη απορροής.
- Μορφομετρία ταμιευτήρα: το μέγεθος, το σχήμα και το βάθος είναι τα χαρακτηριστικά ενός ταμιευτήρα και είναι ζωτικής σημασίας για τον προσδιορισμό των ρευμάτων.

1.8. Υπόγειοι ταμιευτήρες νερού.

Οι υδάτινοι πόροι δεν είναι μόνο αυτοί που είναι διακριτοί, συγκεντρώνονται στις λεκάνες απορροής και τα όρια τους είναι ευδιάκριτα και καλά ώστε να μπορούν να χαραχθούν με την βοήθεια τοπογραφικών χαρτών.

Οι υπόγειοι υδατικοί πόροι (υδροφόροι) δεν είναι ευδιάκριτοι και συχνά ούτε διακριτοί ανάμεσά τους. Τα όρια των υδροφόρων είναι φυσικά και όχι τοπογραφικά. Οι υδροφόροι μπορεί να έχουν διαφορετικά χημικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά. Επιπλέον, οι υπόγειοι υδροκρίτες δεν συμπίπτουν κατά κανόνα με τους επιφανειακούς υδροκρίτες.

Ο όγκος του νερού είναι μεταβλητός και σε αυτή την περίπτωση. Το σύστημα εμπλουτίζεται από τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις οι οποίες όμως δεν χάνονται με εξατμισοδιαπνόνη και με την απορροή όπως γίνεται στους επιφανειακούς υδροφορείς.

Οι υπόγειοι ταμιευτήρες νερού πρέπει να χρησιμοποιούνται με σωστό τρόπο και αυτό εξασφαλίζεται με την τήρηση κάποιων βασικών κριτηρίων και αρχών:

- Στην ανάπτυξη τεχνολογίας η οποία θα βελτιώσει την αποθηκευτική ικανότητα των υδροφόρων συστημάτων.
- Στην προστασία της ποιότητας του υπόγειου νερού.
- Στην αύξηση της ποσότητας του υπόγειου νερού.
- Στη χρησιμοποίηση των υπόγειων υδατικών πόρων για την ιεραρχική κάλυψη των αναγκών της κοινωνίας που έχουν την υψηλότερη προτεραιότητα.

Οι υδροφόροι έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν ως αγωγοί αλλά και να αποθηκεύουν ως υπόγειοι ταμιευτήρες, υπόγειο νερό. Το υπόγειο νερό χαρακτηρίζεται από την ιδιότητά του να ρέει υπογείως και να αποθηκεύεται στους υπόγειους ταμιευτήρες.

Τα κύρια χαρακτηριστικά των υδροφόρων συστημάτων είναι:

∅ Μεταβλητότητα της υπόγειας ροής και αποθήκευσης όπου είναι:

- Οι ελεύθεροι υδροφόροι περιέχουν 5-10πλάσιο όγκο νερού από τον όγκο νερού που δέχονται με φυσικό εμπλουτισμό πλέον εκείνου που διοχετεύουν στα υδρομαστευτικά έργα.
- Υπάρχουν υδροφόροι οι οποίοι έχουν μεγάλες αποδόσεις αλλά περιορισμένα αποθέματα, δηλαδή αποθηκευμένα μερικά εκατομμύρια m³ όγκου νερού.

∅ Μεταβλητότητα της αντίδρασης των ελεύθερων υδροφόρων στις μεταβολές των υδρομετεωρολογικών συνθηκών, ήτοι:

- Ο φυσικός εμπλουτισμός των ελεύθερων υδροφόρων είναι σημαντικός ενώ των αρτεσιανών υδροφόρων είναι ασήμαντος έως ανύπαρκτος.
- Ο μέσος φυσικός εμπλουτισμός κυμαίνεται ευρέως: είναι <25mm ετησίως στους ελεύθερους υδροφόρους με ημιπερατή οροφή και φθάνει ή ξεπερνά τα 800mm στα συστήματα.
- Οι πιθανότητες να είναι ο φυσικός εμπλουτισμός κατά 50% μικρότερος από τον μέσο, είναι 1 στα 3 χρόνια.
- Ένα στα 5 χρόνια πιθανολογείται και ένα στα 10 χρόνια είναι βέβαιος ο μηδενικός εμπλουτισμός.

∅ Μεταβλητότητα της σχέσης τους με τα επιφανειακά νερά, ήτοι:

- Η σχέση μεταξύ των επιφανειακών νερών και των υπόγειων ταμιευτήρων μπορεί να κυμαίνεται από πλήρη ανεξαρτησία, μέχρι άμεση εξάρτησή τους και είναι ανάλογα από πού προέρχεται τροφοδοσία των υδροφόρων νερών σε όλες τις δυνατές περιπτώσεις.
- Οι περισσότεροι υδροφόροι δρουν ως ένα ρυθμιστικό σύστημα του γενικού υδραυλικού συστήματος: απορροφούν ακραίες μεταβολές του υδρολογικού καθεστώτος.
- Το ισοζύγιο των ελεύθερων υδροφόρων σε ετήσια βάση σπανίως είναι ισοσκελισμένο. Κατά κανόνα παρουσιάζει είτε έλλειμμα είτε πλεόνασμα, που εκφράζεται σε έλλειμμα ή πλεόνασμα υπόγειου νερού. Για το λόγο αυτό παρουσιάζονται εναλλαγές θετικού ή αρνητικού υπολοίπου της διαφοράς Εμπλουτισμός - Εκφόρτιση.

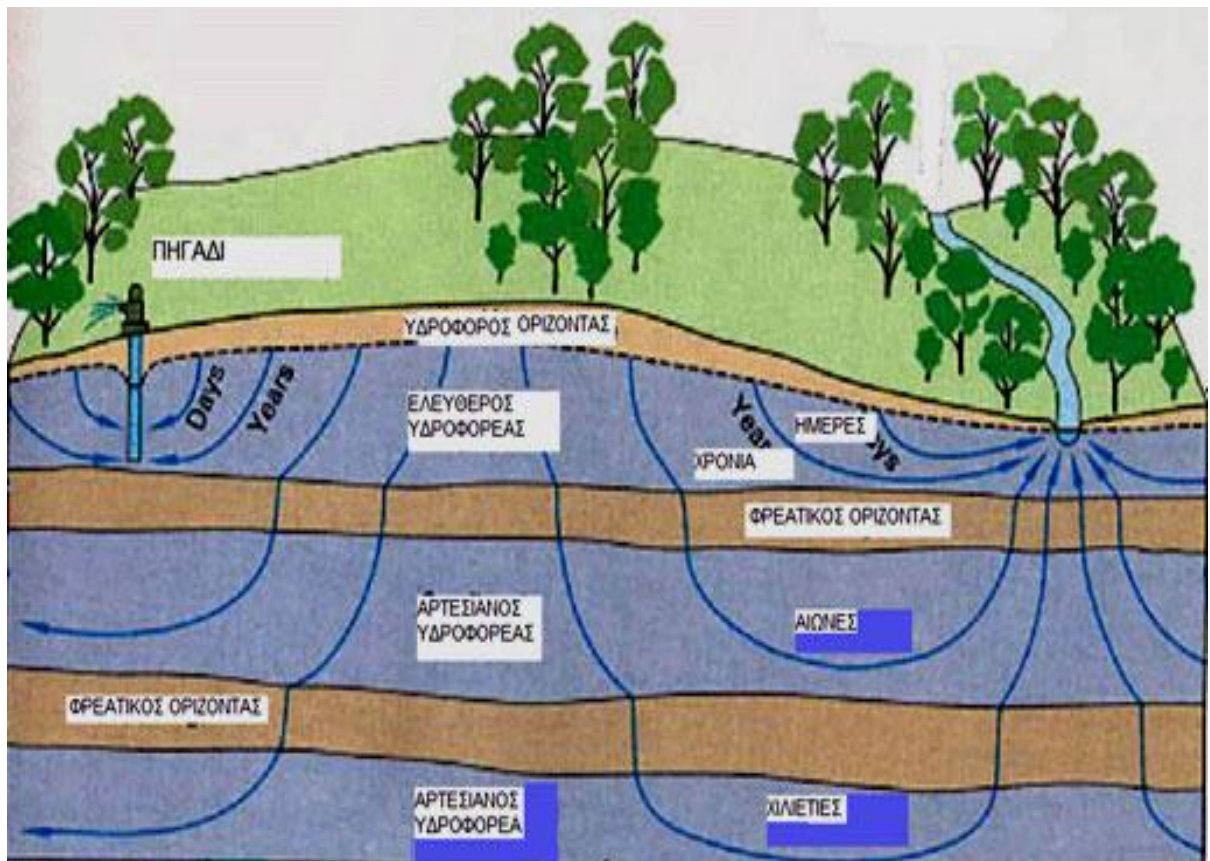
Από τα παραπάνω είναι προφανές ότι είναι επικίνδυνες οι γενικεύσεις όσον αφορά στην συμπεριφορά των υδροφόρων σε συνθήκες ξηρασίας.

∅ Ευαισθησία στην ξηρασία η οποία μπορεί να επηρεάσει:

- Την μεταβλητότητα του υδραυλικού φορτίου. Το υδραυλικό φορτίο και οι διάφορες μεταβολές αυτές καθορίζουν κατά βάση την εναλλαγή στην ποσότητα των νερών στους υδροφορείς. Το υδραυλικό φορτίο είναι η πλέον ευαίσθητη μεταβλητή στις μεταβολές των εξωτερικών συνθηκών και ιδιαίτερα των συνθηκών εμπλουτισμού των υδροφόρων. Αυτό έχει ως συνέπεια τα αποτελέσματα της ξηρασίας να είναι πιο έντονα στο υδραυλικό φορτίο από ότι σε άλλες μεταβλητές.
- Εποχικότητα του φυσικού εμπλουτισμού. Ο φυσικός εμπλουτισμός είναι εντόνως εποχικός και λαμβάνει χώρα κυρίως κατά την χειμερινή

περίοδο όπου τα υγρά φαινόμενα είναι πιο έντονα. Αυτή η εποχικότητα του εμπλουτισμού σε συνδυασμό με τις υπόγειες απορροές αλλά και τις απολήψεις αντανακλώνται από αντίστοιχες μεταβολές του υδραυλικού φορτίου.

Ο φυσικός εμπλουτισμός των υδροφόρων λαβαίνει χώρα κυρίως την περίοδο μεταξύ Οκτωβρίου-Μαρτίου έως και Απριλίου (Οκτώβριος: χαμηλές στάθμες, Απρίλιος ή Μάιος: υψηλές στάθμες).



Εικόνα 6: Υπόγεια ύδατα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΡΥΠΑΝΣΗ

2.1. Τι είναι ρύπανση.

Ρύπανση μπορεί να θεωρηθεί η μεταβολή των φυσικοχημικών και βιολογικών συνθηκών καθώς και η βραχυπρόθεσμη και μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευζωία ενός περιβάλλοντος. Δημιουργώντας κακή ποιότητα ζωής των ανθρώπων αλλά και των ζωικών οργανισμών του πλανήτη.

Η ρύπανση μπορεί να επηρεάσει την υλική και πολιτιστική βάση της ζωής, τους φυσικούς πόρους, ακόμα και τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Πολλά είδη ρύπανσης οφείλονται σε εισαγωγή επικίνδυνών βλαβερών τοξικών ουσιών (χημική ρύπανση). Η ρύπανση μπορεί να είναι βιολογική ακόμα και ηχητική.

Άμεση ρύπανση είναι αυτή που μπορεί να αντιληφθούμε άμεσα. Ένα παράδειγμα άμεσης ρύπανσης είναι η περίπτωση ενός ποταμού ή μιας λίμνης, όπου καταλήγουν τοξικά απόβλητα και προκαλείται άμεσος κι αιφνίδιος θάνατος ψαριών.

Έμμεση ρύπανση είναι η μορφή ρύπανσης, που δεν αντιλαμβανόμαστε εύκολα, επειδή δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα, όταν καταλήγουν σε ένα ποτάμι, σε μια λίμνη ή στη θάλασσα λύματα ή απόβλητα, σε ποσότητες που δεν μπορούν τα υδατικά οικοσυστήματα να καθαρίσουν, είναι πολύ πιθανό να προκληθούν σταδιακά αλλαγές στα είδη που υπάρχουν σε αυτό.

Μόλυνση είναι μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικρο οργανισμούς. Όταν καταλήγουν σε ποτάμια λίμνες ή στη θάλασσα βρώμικα νερά.



Εικόνα 7: Ρυπασμένα νερά, το αποτέλεσμα άμεσης και έμμεσης ρύπανσης είναι το ίδιο, νεκρά ψαριά και η καταστροφή του οικοσυστήματος.

Η ρύπανση των εδαφών και των υπόγειων νερών μπορεί να οφείλεται σε ποικίλους παράγοντες. Οι κυριότεροι παράγοντες που αναφέρονται είναι :

1. Φυσικές αιτίες

Η φυσική ρύπανση οφείλεται σε φυσικές διεργασίες οι οποίες ελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες ενώσεων είτε αερίων, υγρών είτε στερεών. Τα στοιχεία αυτά εισέρχονται στη θάλασσα με διάφορους μηχανισμούς όπως απευθείας είσοδος, αερομεταφορά, μεταφορά μέσω ποταμών.

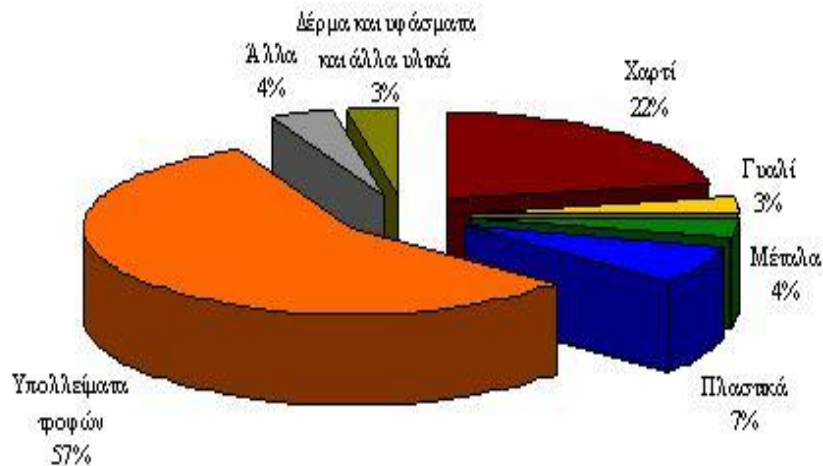
Οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι σεισμοί, οι πυρκαγιές, η διάβρωση των εδαφών, οι φυσικές αναβλύσεις πετρελαίου είναι φαινόμενα που προκαλούν αυτού του είδους τη ρύπανση.

Οι ανθρωπογενείς ρυπάνσεις μπορεί να διαχωριστούν σε:

- Αστική ρύπανση που συνδέεται με τους οικισμούς και τα λύματα των πόλεων. Αυτή την δημιουργεί ο άνθρωπος με την παρουσία του και τις βιολογικές του λειτουργίες.
- Βιομηχανική ρύπανση που οφείλεται στην αυξημένη βιομηχανική παραγωγή και την απελευθέρωση παραπροϊόντων και αποβλήτων. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνεται και ο όρος εμπορική ρύπανση με τον οποίο καλύπτονται οι διακινήσεις και μεταφορές που οφείλονται στην αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής και της κατανάλωσης.
- Αγροτική ρύπανση που προέρχεται από την εκτεταμένη χρήση φυτοφαρμάκων, ζιζανιοκτόνων και τις αγροτοκτηνοτροφικές δραστηριότητες γενικότερα.

Ο διαχωρισμός ανάμεσα σε φυσική και ανθρωπογενή ρύπανση, πολλές φορές δεν είναι αρκετά ξεκάθαρος. Η διάβρωση των εδαφών είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα όπου είναι ένα φυσικό φαινόμενο το οποίο όμως επιτείνεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Στο σύγχρονο κόσμο μάλιστα ο ανθρώπινος παράγοντας έχει επηρεάσει τον φυσικό, κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τις πυρκαγιές.

Γενικά, η ρύπανση μπορεί να είναι μικρής έκτασης «τοπική», και να αφορά μικρές περιοχές ή τοπικά οικοσυστήματα αλλά μπορεί να αναφέρεται σε ολόκληρο τον πλανήτη.



Σχήμα 1 : Ποσοστά ανθρωπογενούς ρύπανσης.

Η ρύπανση που οφείλεται σε φυσικές αιτίες μπορεί να οφείλεται σε διάλυση αλάτων κατά τη διήθηση υπογείων υδάτων διαμέσου των πετρωμάτων, και μέσω της εξατμισοδιαπνοής που συμβαίνει σε αβαθείς υδροφόρους ορίζοντες και οδηγεί στην αύξηση των αλάτων στο υπόγειο νερό, δηλαδή η αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων, θειικών, νιτρικών, ιόντων σιδήρου, ασβεστίου στο έδαφος και στο υπόγειο νερό.

2. Διάθεση αποβλήτων από τον άνθρωπο

Η ρύπανση που προκαλείται από τα απόβλητα ανθρωπίνων δραστηριοτήτων εντοπίζεται στο έδαφος από την παραμονή βιομηχανικών υγρών αποβλήτων, αστικά και βιομηχανικά στερεά απόβλητα, αστικά λύματα που διατίθενται στο έδαφος είτε απευθείας, είτε μετά από κατάλληλη επεξεργασία, στερεών και υγρών παραπροϊόντων εκμετάλλευσης ορυκτών πόρων, καθώς και σε διάθεση αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων.

3. Λοιπές ανθρώπινες δραστηριότητες

Πηγές ρύπανσης του εδάφους μπορεί να είναι ανθρώπινες δραστηριότητες που συνδέονται με γεωργικές εκμεταλλεύσεις, ατυχήματα κατά τη μεταφορά ή αποθήκευση ρύπων, αστοχία τεχνικών έργων, ανεξέλεγκτη απόρριψη αποβλήτων στο έδαφος λόγω άγνοιας της επικινδυνότητας ή έλλειψη παιδείας και τυχούσες διαφυγές ρύπων από αποθηκευτικούς χώρους αποβλήτων.

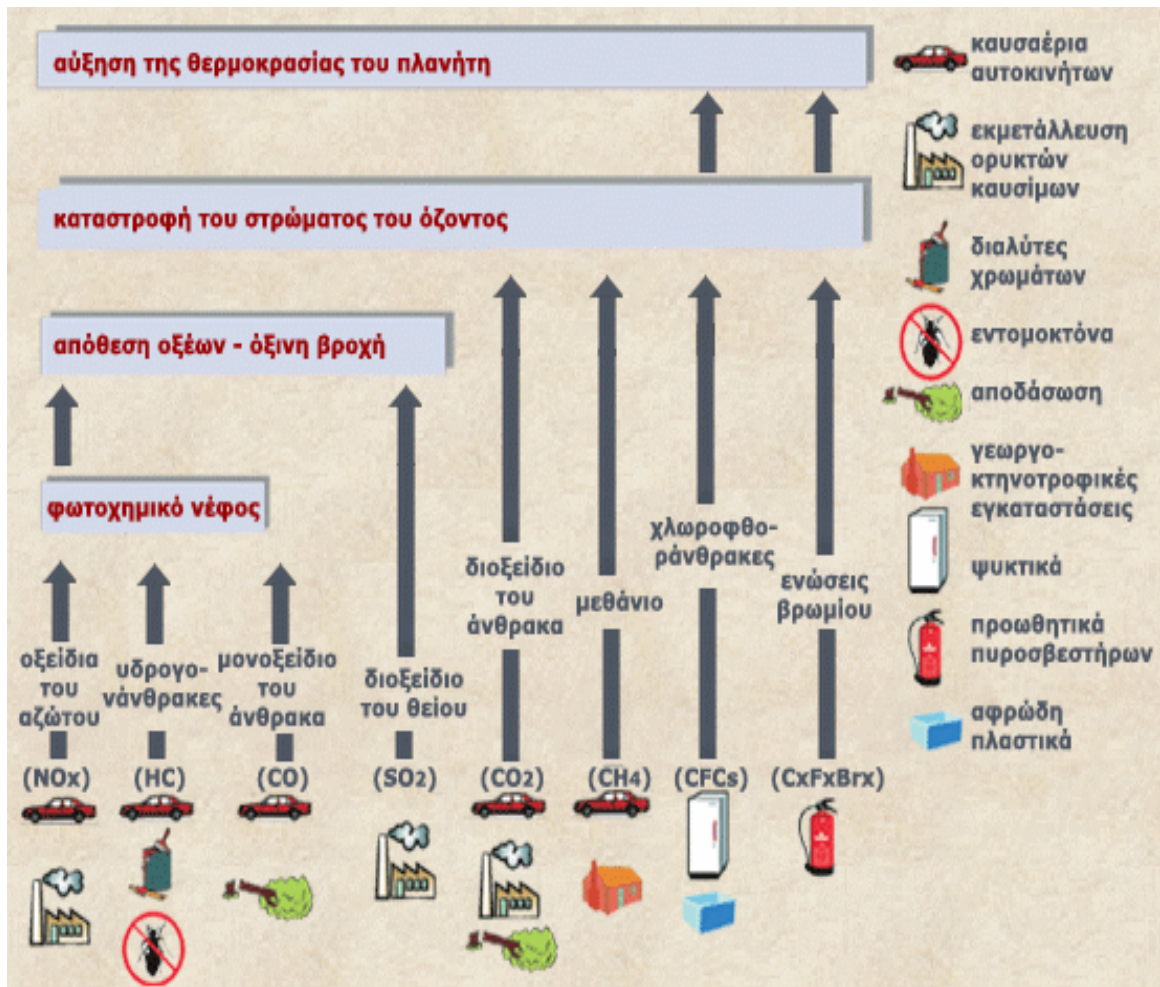
2.2. Πηγές Ρύπανσης.

Οι σπουδαιότερες πηγές ρύπανσης, οι οποίες επιβαρύνουν κατ' αρχήν τα επιφανειακά νερά και στη συνέχεια τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες:

- Αστικά λύματα, τα οποία είναι τα ακάθαρτα νερά πόλεων και οικισμών που προέρχονται από τις κατοικίες και διάφορες άλλες δραστηριότητες και μεταφέρονται μέσω των υπονόμων και του δικτύου διοχέτευσης σε χώρους που είναι επιφανειακοί ή υπόγειοι.
- Βιομηχανικά υγρά απόβλητα, που μπορεί να είναι παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία.
- Αέριοι ρύποι, οι οποίοι προσκολλώνται σε αιωρούμενα σωματίδια και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις και καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος και στο νερό.
- Ρύπανση από πετρελαιοειδή.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα, δηλαδή, τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα ή και φυτοφάρμακα.
- Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα, τα υγρά απόβλητα που προέρχονται από μεγάλες ή μικρότερες μονάδες εκτροφής ζώων.
- Διείσδυση θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης των υπόγειων νερών ή λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της αλλαγής του παγκόσμιου κλίματος
- Όξινη βροχή εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ή κατακρήμνισης των αέριων ρύπων με τη βροχή, το χιόνι, τον άνεμο ή λόγω βαρύτητας.

Ειδικότερα για το έδαφος και τα υπόγεια νερά οι κυριότερες από τις πηγές ρύπανσης είναι:

- 1) Η ρύπανση από στερεά απόβλητα.
- 2) Η ρύπανση από υγρά απόβλητα.
- 3) Τα φυτοφάρμακα.
- 4) Τα λιπάσματα και
- 5) Η όξινη βροχή.



Εικόνα 8: κυριότερες από τις πηγές ρύπανσης.

1. Ρύπανση από στερεά απόβλητα:

Ρύπανση από στερεά απόβλητα εννοούμε την απόθεση στο έδαφος των στερεών καταλοίπων. Κάποια από αυτά είναι παλιά μπουκάλια, κουτιά από κονσέρβες, σακούλες, δοχεία κτλ. Τα στερεά απόβλητα αποτελούν ένα σημαντικό φορέα ρύπανσης του εδάφους. Τα καθημερινά σκουπίδια που πετάγονται συμβάλουν στη ρύπανση και στη μελλοντική καταστροφή του εδάφους. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη μπορεί να βλάψει με διάφορους τρόπους.



Εικόνα 9: Μόλυνση από στερεά απόβλητα.

Οι επικίνδυνοι ρύποι που περιέχονται στα στερεά απόβλητα, μπορούν να εξατμιστούν στον αέρα, να εισχωρήσουν στο έδαφος, να φτάσουν στα υπόγεια νερά και στα επιφανειακά και να μπουν τελικά στις τροφικές αλυσίδες μέσα από τα φυτά. Τα στερεά απόβλητα περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς, βακτηρίδια, μύκητες και παράσιτα. Φορείς των παθογόνων μικροοργανισμών μπορούν να γίνουν τα έντομα, τα πουλιά και τα τρωκτικά που μπορεί να έρθουν σε επαφή με τα απόβλητα.

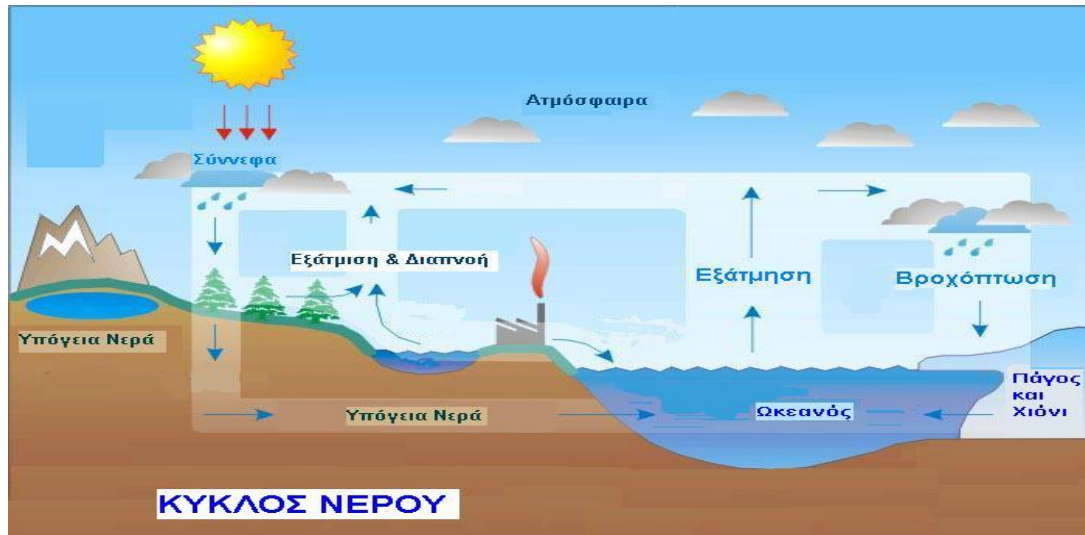
2. Υγρά απόβλητα.

Τα υγρά απόβλητα αποτελούν μια πηγή ρύπανσης που απειλεί να καταστρέψει τη ζωή μέσα στο νερό και όχι μόνο. Όταν λέμε υγρά απόβλητα, εννοούμε όλα τα οικιστικά και βιομηχανικά λύματα που διοχετεύονται στις λίμνες, στα ποτάμια, στους ταμειυτήρες και στις θάλασσες. Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ουσίες όπως:

- διάφορες οργανικές και ανόργανες ουσίες
- βαριά μέταλλα
- θρεπτικά άλατα
- παράγωγα του πετρελαίου
- απορρυπαντικά
- παθογόνους μικροοργανισμούς
- χλωρισμένους υδρογονάνθρακες
- αιωρούμενα σωματίδια

Κάποιες από αυτές τις ουσίες δε διασπώνται από τους μικροοργανισμούς.

Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο είναι σοβαρές με την ρύπανση του νερού. Τα οικιστικά λύματα που δεν συγκρατούνται σε στεγανούς βόθρους διαρρέουν μέσα στο χώμα και φτάνουν στα υπόγεια νερά και τα μολύνουν. Γι' αυτό τα λύματα πρέπει να συγκεντρώνονται σε δεξαμενές για να μπορούν με την κατάλληλη επεξεργασία να διασπούν τις οργανικές ουσίες που υπάρχουν μέσα.



Εικόνα 10: κύκλος νερού.

3. ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ

Έτσι ονομάζονται μια σειρά από χημικές ουσίες, που κατασκευάζει η βιομηχανία γεωργικών φαρμάκων για την αποτελεσματική καταπολέμηση των εχθρών των φυτών. Τα φυτοφάρμακα είναι δυνατά δηλητήρια, που δρουν αμέσως πάνω στους εχθρούς της παραγωγής και αν δεν υπήρχαν δεν θα μπορούσαμε να καταναλώσουμε ούτε φρούτα ούτε λαχανικά.



Εικόνα 11: Ψεκασμός με φυτοφάρμακα.

Τα φυτοφάρμακα είναι προϊόντα υψηλής τεχνολογίας, τα οποία χρειάστηκαν πολλά χρόνια ερευνών για να τελειοποιηθούν. Τα περισσότερα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια είναι συνθετικές οργανικές ουσίες.

Διακρίνονται σε:

- εντομοκτόνα
- Παρασιτοκτόνα ή μυκητοκτόνα.
- Ζιζανιοκτόνα

Από αυτές τις τρεις κατηγορίες τα σημαντικότερά προβλήματα που δημιουργούν είναι :

1. η τοξικότητά τους για τα θερμόαιμα σπονδυλωτά και τα ποικιλόθερμα είναι συχνά αρκετά υψηλή.
2. ο άνθρωπος χρησιμοποιεί αυτές τις ουσίες για να καταστρέψει ορισμένο αριθμό οργανισμών, μόλις το 0,5% του συνόλου των ειδών της βιόσφαιρας ενώ αυτές δρουν, σε διαφορετικό βαθμό, σε όλους τους οργανισμούς.
3. οι επιφάνειες στις οποίες διασπείρονται είναι πολύ μεγάλες και η διασπορά τους επεκτείνεται πέρα από το αγροοικοσύστημα.
4. οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται είναι μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται για την καταστροφή του "εχθρού".
5. χρησιμοποιούνται εναντίον πληθυσμών και
6. πολλά παραμένουν στο έδαφος για μήνες ή χρόνια. Τα φυτοφάρμακα μπορούν να δράσουν, από οικολογική άποψη με πολλούς τρόπους.

Ένας τρόπος δράσης όλων αυτών είναι η άμεση μείωση του επιπέδου των πληθυσμών των ευαίσθητων ειδών, και αυτό οφείλεται στην υψηλή τοξικότητα αυτών των ουσιών για τα συγκεκριμένα είδη. Η μείωση του μεγέθους των πληθυσμών είναι τόσο πολύ μεγάλη όσο η χρησιμοποιούμενη δόση είναι πιο ισχυρή.

Ένα φυτοφάρμακο συσσωρεύεται κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας, ακόμα και στη λεία κάποιου σαρκοφάγου ζώουξεπερνώντας ένα κρίσιμο όριο. Αξιοσημείωτο είναι ότι η δράση των φυτοφαρμάκων δεν περιορίζεται στα ευαίσθητα είδη, αλλά επεκτείνεται μέσα από ένα πολύπλοκο δίκτυο σχέσεων και σε άλλα είδη.

Έστω κι αν ένα είδος είναι εντελώς αδιάφορο για το συγκεκριμένο φυτοφάρμακο, το μέγεθος του πληθυσμού του, μπορεί να μειωθεί ισχυρά εξαιτίας της εξαφάνισης αυτών των φυτών ή των ζώων που είναι ευαίσθητα στη δράση του και τα οποία αποτελούν την τροφή του.

Το κακό είναι ότι η χρήση των φυτοφαρμάκων αυξάνεται. Ως δηλητήρια όμως δεν σκοτώνουν μονάχα τους βλαβερούς οργανισμούς αλλά και τον άνθρωπο αν από άγνοιά μας τα πιάσουμε ή τα βάλουμε στο στόμα μας. Κάθε χρόνο, σύμφωνα με τις έρευνες δηλητηριάζονται εκατομμύρια άνθρωποι.

Η έλλειψη ενημέρωσης και η αδιαφορία των γεωργών κοστίζει ζωές. Επίσης μια μακροπρόθεσμη χρησιμοποίηση τοξικών ουσιών, μπορεί να προκαλέσει διάφορες αρρώστιες στους οργανισμούς όπως καρκίνο, προβλήματα αναπνευστικού και νευρικού συστήματος, βλάβες στο συκώτι και τα νεφρά μέχρι και προβλήματα αναπαραγωγής.

4. ΛΙΠΑΣΜΑΤΑ

Τα φυτά παίρνουν τις τροφές τους από δύο πηγές:

- Τον αέρα, όπου παίρνουν τον άνθρακα
- Το έδαφος όπου παίρνουν τα άλατα, διαλυμένα μέσα στο νερό

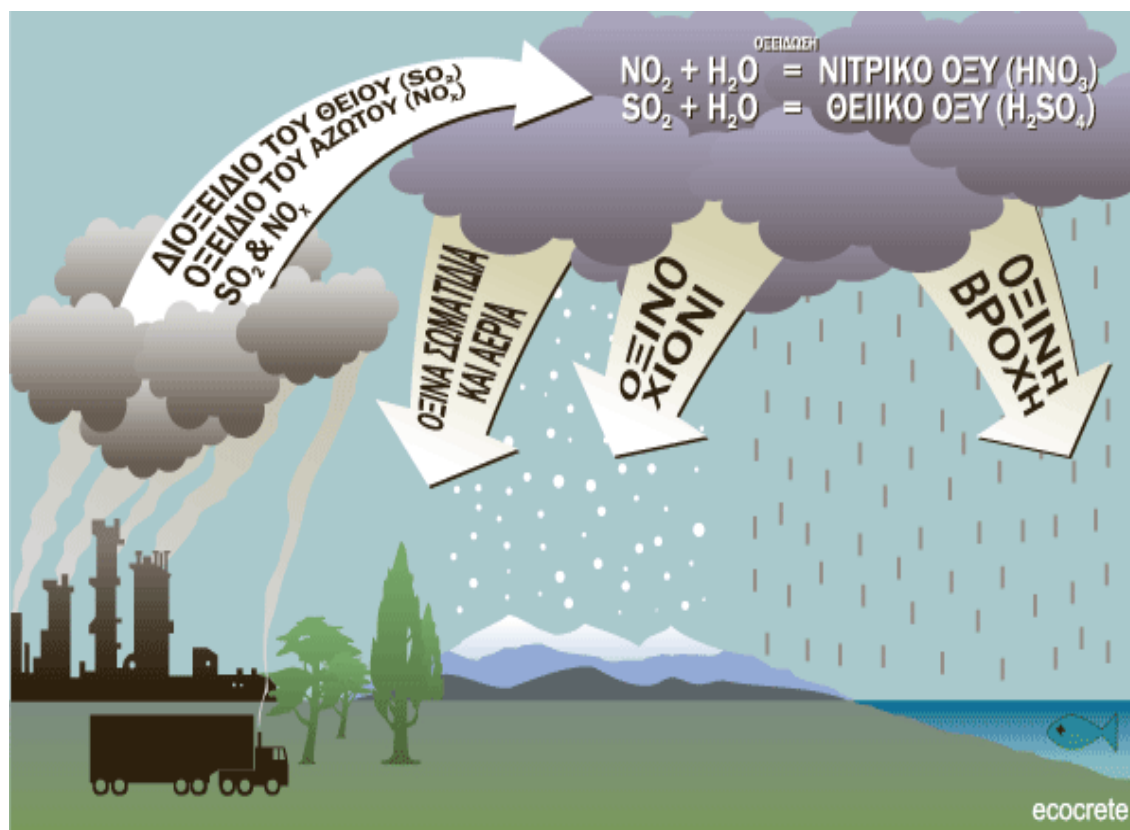
Σημαντικές όμως είναι και οι ουσίες που παίρνουν από τον αέρα όπου είναι άφθονες και ανεξάντλητες. Οι ουσίες όμως που παίρνουν από το έδαφος, εξαντλούνται αργά ή γρήγορα και χρειάζεται να τις αντικαθιστούμε. Τα λιπάσματα διακρίνονται σε φυσικά και τεχνητά.

5. ΟΞΙΝΑ ΜΕΤΕΩΡΙΚΑ ΚΑΤΑΚΡΗΜΝΙΣΜΑΤΑ.

Όξινη βροχή είναι μια σημαντική πηγή ρύπανσης των εδαφών και των λεκανών απορροής. Η όξινη βροχή, δημιουργείται από διάφορες βιομηχανίες, από τα αυτοκίνητα, τους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ως καύσιμες ύλες γαιάνθρακες ή πετρέλαια, δημιουργούν αέρια όπως διοξείδιο του θείου και αυτά ενώνονται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν θειικό οξύ.

Η όξινη βροχή απειλεί τη ζωή του πλανήτη μας και μολύνει τα νερά των ποταμών και των λιμνών θέτοντας σε κίνδυνο τη χλωρίδα και τη πανίδα. Σήμερα, πολλά κράτη καταβάλλουν προσπάθειες για τον περιορισμό των ρύπων που εκπέμπονται ιδιαίτερα σε βιομηχανικές περιοχές.

Λέγοντας όξινα μετεωρικά κατακρημνίσματα εννοούμε την βροχή, το χιόνι, το χαλάζι, την ομίχλη που έχουν pH λιγότερο από 5,6. Το pH με την επίδραση του ανθρακικού οξέος από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας μπορεί να είναι σε φυσιολογικές βροχές 5,6 -6.



Εικόνα 12: Απεικόνιση της όξινης βροχής

2.3. Μηχανισμοί Ρύπανσης Υπεδάφους και Υπόγειων Υδάτων.

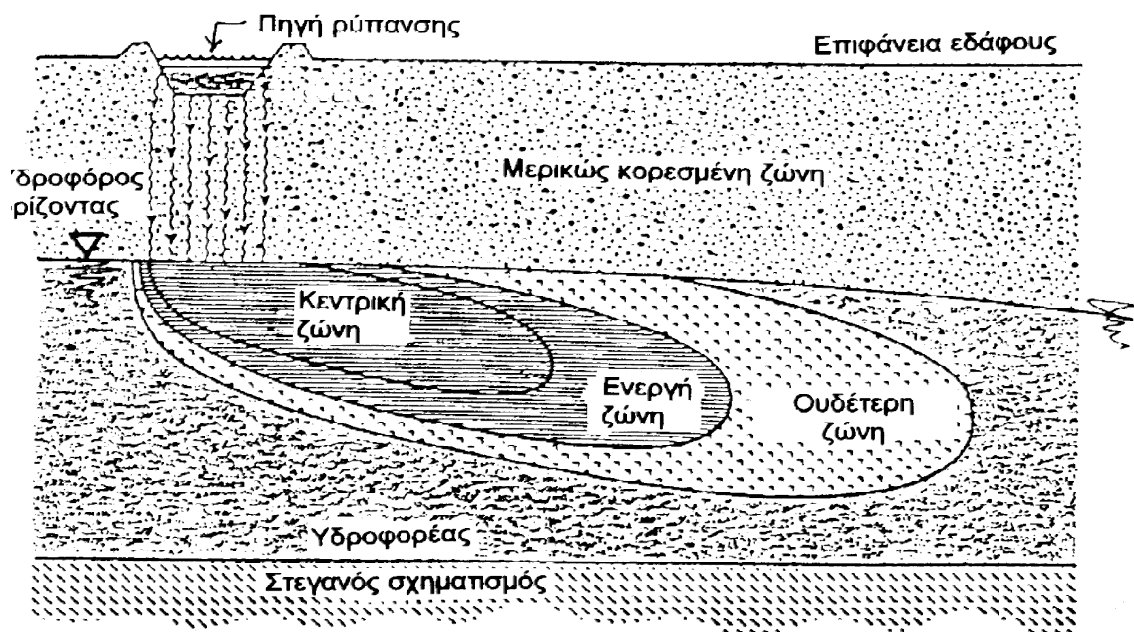
Όταν οι ρύποι διαφύγουν από ένα χώρο διάθεσης αποβλήτων, μια δεξαμενή αποθήκευσης ή άλλο χώρο εγκιβωτισμού κινούνται διαμέσου της μερικώς κορεσμένης ζώνης.

Ένα μέρος των ρύπων μπορεί να παραμείνει στην επιφάνεια των εδαφικών κόκκων και αυτό πραγματοποιείται λόγω γεωχημικής εισρόφησης και λόγω μηχανικής συγκράτησης μέσω τριχοειδών δυνάμεων. Στην συνέχεια οι ρύποι που απομένουν φθάνουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα.

Οι διαλυμένοι στο νερό ρύποι που φθάνουν στον υδροφόρο ορίζοντα παρασύρονται από το υπόγειο νερό κατά την κίνησή του και μεταφέρονται προς τα κατάντη ακολουθώντας ουσιαστικά την κίνηση του υπόγειου νερού.

Κατά την κίνησή τους οι ρύποι υπόκεινται σε διαφορές μηχανικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες που έχουν ως αποτέλεσμα την επέκταση της ρύπανσης, την αραίωση των ρύπων και την βαθμιαία υποβάθμιση και κατά συνέπεια την εξασθένηση του ρυπαντικού φορτίου.

Οι βασικές αρχές της προσομοίωσης της μεταφοράς των ρύπων στα εδάφη και τους υδροφορείς θα αναφερθούν παρακάτω.



Σχήμα 2 : Κίνηση ρύπων εντός του εδάφους.

2.3.1. Φυσικοί μηχανισμοί μεταφοράς ρύπων.

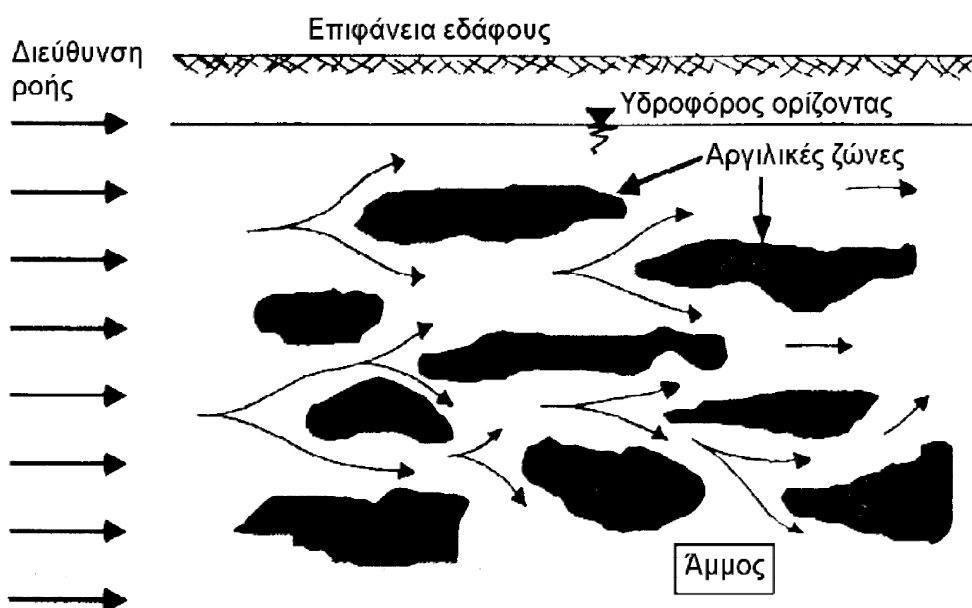
Οι μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων διακρίνονται σε κορεσμένα και μερικώς κορεσμένα εδαφικά υλικά. Είναι ρύποι που μπορούν να αναμειχθούν με το υπόγειο νερό, εξαιρούνται οι περιπτώσεις όπου οι ρύποι είναι επιπλέοντες όπως τα πετρελαιοειδή, των οποίων οι μηχανισμοί μεταφοράς διαφέρουν, καθώς και οι μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων εντός της μερικώς κορεσμένης ζώνης του εδάφους.

Οι ρύποι μεταφέρονται είτε σε διάλυση είτε σε αιώρηση εντός του ύδατος των εδαφικών πόρων μέσω των ακόλουθων τριών μηχανισμών:

1. Μεταγωγή ή υδραυλική μεταφορά, είναι αυτή όπου ο ρύπος παρασύρεται από το υπόγειο νερό. Γίνεται η κίνησή του διαμέσου των πόρων λόγω υδραυλικής κλίσης από περιοχές υψηλής ενέργειας προς περιοχές χαμηλής ενέργειας. Κατά τη μεταγωγή η συγκέντρωση του ρύπου σε μια συγκεκριμένη θέση μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου, καθώς από τη θέση αυτή διέρχονται συνεχώς νέα μόρια νερού στα οποία η συγκέντρωση του ρύπου γενικώς διαφέρει. Αντίθετα, κατά τη μεταγωγή η συγκέντρωση του ρύπου σε κάποιον συγκεκριμένο όγκο νερού δεν μεταβάλλεται καθώς ο όγκος αυτός μετακινείται ανάλογα με τη ροή, λόγω της αρχής διατηρήσεως της μάζας του ρύπου εντός του όγκου. Τέλος, αν δεν υπάρχει ροή του υπογείου νερού δηλαδή αν η υδραυλική κλίση είναι μηδενική, η μεταγωγή δεν προκαλεί μεταφορά του ρύπου από θέση σε θέση.
2. Διάχυση ή μοριακή διάχυση, είναι αυτή όπου ο ρύπος διαχέεται εντός του υπογείου νερού λόγω διαφοράς συγκέντρωσης από θέση σε θέση. Η κίνηση του ρύπου γίνεται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης προς περιοχές χαμηλής συγκέντρωσης, έως ότου τελικώς οι συγκεντρώσεις να εξισωθούν παντού. Με τον μηχανισμό αυτό, η διάχυση του ρύπου δεν εξαρτάται από την κίνηση του νερού, και συνεπώς η διάχυση συμβαίνει ακόμη και στην περίπτωση που το νερό των πόρων ηρεμεί.
3. Διασπορά ή μηχανική διασπορά είναι η κίνηση του ρύπου όπου οφείλεται στην παρουσία αλληλοσυνδεδεμένων πόρων του εδαφικού σκελετού με τυχαίες διευθύνσεις και σχήματα. Η ταχύτητα κίνησης του νερού μέσα στους πόρους μεταβάλλεται ακανόνιστα με αποτέλεσμα να αποκλίνει σημαντικά από τη μέση ταχύτητα της υπόγειας ροής. Αυτό έχει ως συνέπεια ο ρύπος όπου παρασύρεται από το νερό διασπείρεται κατά την διεύθυνση της κίνησης του υπογείου νερού. Το αποτέλεσμα της διάχυσης και της διασποράς είναι το ίδιο μακροσκοπικά. Για το συνδυασμένο μηχανισμό της διάχυσης και της διασποράς χρησιμοποιείται ο όρος υδροδυναμική διασπορά. Αυτό που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι η διάχυση είναι μοριακό φαινόμενο, ενώ η διασπορά πρόκειται ουσιαστικά για μεταγωγή σε μικροσκοπική κλίμακα.

Οι μηχανισμοί δρουν ταυτόχρονα και βέβαια μπορούν να δράσουν και ανταγωνιστικά, ο μηχανισμός της μεταγωγής προκαλεί κίνηση του ρύπου από δεξιά προς τα αριστερά (δηλαδή από την περιοχή υψηλού υδραυλικού φορτίου προς την περιοχή χαμηλότερου υδραυλικού φορτίου), ενώ η μοριακή

διάχυση προκαλεί κίνηση του ρύπου από αριστερά προς τα δεξιά (δηλαδή από την περιοχή υψηλής συγκέντρωσης του ρύπου προς την περιοχή χαμηλότερης συγκέντρωσης).

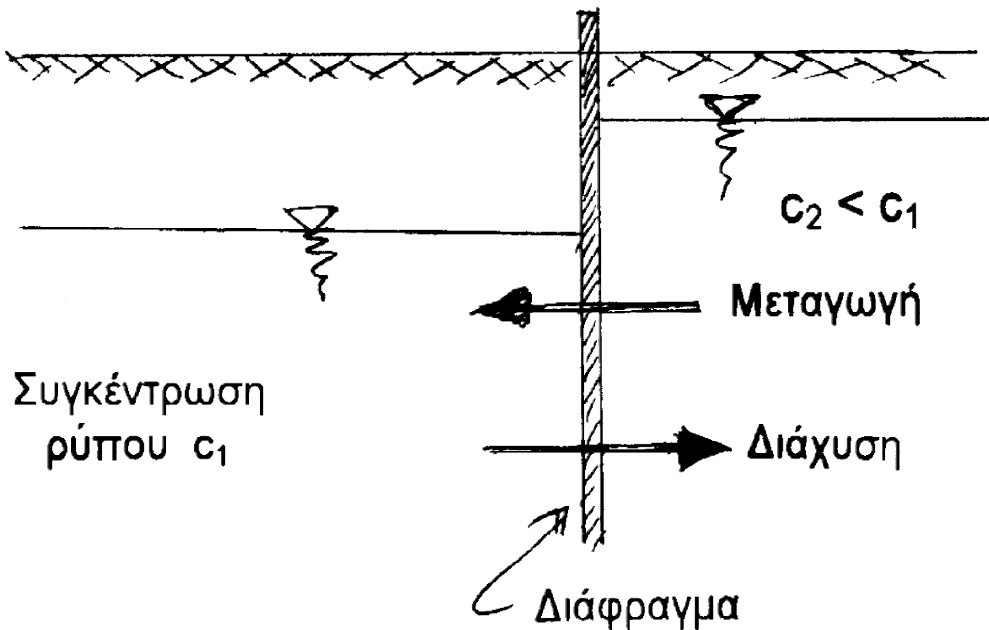


Σχήμα 3: Μηχανική διασπορά της ρύπανσης κατά την κίνηση του υπόγειου νερού διαμέσου των εδαφικών πόρων.

Εκτός από τους ανωτέρω φυσικούς μηχανισμούς που διέπουν τη μεταφορά των ρύπων σε πορώδη υλικά, η μεταφερόμενη μάζα των ρύπων επηρεάζεται και από άλλες μή-μηχανικές διεργασίες, που έχουν ως αποτέλεσμα τη βαθμιαία μείωση δηλαδή την υποβάθμιση του ρυπαντικού φορτίου.

Οι διεργασίες αυτές συνοπτικά είναι οι εξής:

1. Βιολογικές και βιοχημικές διεργασίες, όπως η αποσύνθεση των οργανικών ρύπων και η αποδόμηση ποικίλων ρύπων μέσω μικροοργανισμών, αερόβιων και αναερόβιων.
2. Χημικές διεργασίες, όπως η εισρόφηση ρύπων στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών που αποτελούν τους εδαφικούς κόκκους, η ανταλλαγή ιόντων μεταξύ ρύπων και εδαφικών κόκκων και η καθίζηση, οξειδωση και αναγωγή ρύπων ανάλογα με τις υδρογεωχημικές συνθήκες του υπόγειου νερού και των εδαφικών σχηματισμών.
3. Πυρηνικές διεργασίες, όπως η βαθμιαία διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων με την πάροδο του χρόνου.



Σχήμα 4: Ανταγωνιστική δράση των μηχανισμών μεταγωγής και διάχυσης ρύπων στο υπόγειο νερό.

2.4. Επιπτώσεις της ρύπανσης.

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης μπορεί να έχουν πολλές μορφές και να λαμβάνουν διαφορετική έκταση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό. Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από τη ρύπανση, τα νερά αποτελούνται συχνά με πλήρη ή μερική αποξυγόνωση (αναερόβιες συνθήκες).

Όσο αυξάνεται η ρύπανση των νερών, κυρίως, με οργανικές ύλες, και ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, τόσο μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, γιατί καταναλώνεται λόγω της αερόβιας αναπνοής των μικροοργανισμών που κάνουν αποσύνθεση. Παράλληλα η μείωση του οξυγόνου οφείλεται στην αύξηση θερμοκρασίας λόγω της οποίας μειώνεται η διαλυτότητα των αερίων στο νερό.

Όταν ρυπαίνονται τα επιφανειακά νερά με απόβλητα που περιέχουν ουσίες που αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς δηλαδή οργανικές ύλες εκτός των άλλων αφαιρείται από τα νερά και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών.

Οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, αφού κινδυνεύουν από ασφυξία. Έτσι, η ρύπανση με αστικά λύματα ή άλλα απόβλητα, που περιέχουν οργανικό φορτίο, μπορεί να απειλήσει με καταστροφή ένα ολόκληρο υδατικό οικοσύστημα.

Οι κλιματικές αλλαγές επίσης θα έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στους ταμιευτήρες νερού, στις πιο ζεστές και πιο κρύες περιοχές της Γης. Αυτό είναι το συμπέρασμα στο οποίο έφτασαν ερευνητές έπειτα από μελέτες.

- Η αύξηση της θερμοκρασίας στα στρώματα των βαθιών νερών των λιμνών και ταμιευτήρων.
- Η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στην ανταλλαγή των θρεπτικών ουσιών μέσα στο νερό.

Σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, η διαδικασία της κυκλοφορίας του νερού μπορεί να επηρεαστεί τόσο πολύ από την αύξηση της θερμοκρασίας και άλλους κλιματικούς παράγοντες ώστε οι παροχές οξυγόνου στα χαμηλότερα βάθη να είναι ανεπαρκείς για πολλούς οργανισμούς, οδηγώντας σε μια συσσώρευση θρεπτικών ουσιών στα βαθιά νερά.

Υπάρχουν δύο λόγοι για τους οποίους οι ταμιευτήρες αποτελούν ένα άριστο αντικείμενο έρευνας σχετικά με την παροχή γενικών πληροφοριών για την κυκλοφορία του νερού κάτω από ασταθείς κλιματικές συνθήκες.

Οι Ταμιευτήρες καλύπτουν ένα ευρύ κλιματικό φάσμα, η ανταλλαγή θρεπτικών ουσιών και οξυγόνου ανάμεσα στα βαθιά νερά και την επιφάνεια των ταμιευτήρων ελέγχεται αποκλειστικά από τις διαφορές της θερμοκρασίας.

Σχεδόν όλοι οι ταμιευτήρες που μελετήθηκαν έδειξαν μια καλή κατανομή των διαλυμένων θρεπτικών, παρά τα τεράστια βάθη (μέχρι 423 μέτρα).

Οι θερμοκρασίες των βαθιών νερών στις πιο κρύες λίμνες θα παραμείνουν ίδιες σε ζεστούς χειμώνες, κάτι που σημαίνει ότι οι αυξήσεις στη θερμοκρασία δε θα είναι υπερβολικές, ενώ οι θερμοκρασίες στα βαθιά νερά των πιο ζεστών περιοχών είναι πιο πιθανό να αυξηθούν.

Η ποιότητα των νερών στους ταμιευτήρες είναι ένας σημαντικός οικονομικός παράγοντας για τον τουρισμό, τις εταιρίες νερού και τις επιχειρήσεις αλιείας. Επομένως η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού κάτω από διαφορετικές συνθήκες είναι κάτι που απασχολεί τους ερευνητές.

2.5. Το πρόβλημα της στάθμης νερού σε Ταμιευτήρες.

Το πρόβλημα εξαρτάται από το γεγονός ότι το νερό δεν μπορεί να διαφύγει έγκαιρα με το άνοιγμα των θυρών του φράγματος σε μία τεχνητή λίμνη, καθώς οι διαστάσεις συνήθως που είναι φτιαγμένα μπορούν να δεχθούν μόνο μικρές ποσότητες νερού. Μεγαλύτερες ποσότητες θα επιφέρουν πλημμύρα στις χαμηλότερες από το φράγμα περιοχές.

Η προσπάθεια ώστε η ποσότητα των νερών που εξέρχονται από μία λίμνη να είναι τόση όση να μπορεί να παροχετεύσει η υπάρχουσα κοίτη, έχει ως συνέπεια να παραμένει για κάποια χρονικά διαστήματα μέσα στη λίμνη νερό περισσότερο από το απαιτούμενο για άρδευση.

Κατ' επέκταση, η στάθμη του ταμιευτήρα ανέρχεται, μερικές φορές πάνω από την ανώτατη στάθμη της άρδευσης. Οι προσπάθειες για εξοικονόμηση νερού με τη συγκράτηση των φερτών υλικών, με την ανακατασκευή, ολοκλήρωση και βελτίωση των αρδευτικών δικτύων, με την ανακύκλωση νερού και με την εφαρμογή νέων τεχνικών άρδευσης (π.χ. καλύτερη ισοπέδωση χωραφιών) θα βελτιώσουν την αρδευτική αποδοτικότητα, χωρίς να υπάρχει ανάγκη για υψηλή στάθμη των νερών της λίμνης.

Η επικείμενη ανύψωση των αναχωμάτων είναι πιθανό να αποβεί καταστροφική για έναν ταμιευτήρα, καθώς δεν διασφαλίζει τη μη άνοδο των νερών μέχρι το ύψος των νέων αναχωμάτων. Η ενδεχόμενη άνοδος της στάθμης του νερού θα έχει ως άμεση συνέπεια την καταστροφή του γύρου εδάφους και όχι μόνο.



Εικόνα 14: Ανεβασμένη στάθμη νερού.

Κεφάλαιο 3

3.1. Απορρύπανση.

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος που προκαλείται στο έδαφος, στα υπόγεια ύδατα αλλά και τους ταμιευτήρες αποθήκευσης νερού. Λύση σε αυτό το πρόβλημα έρχεται να δώσει η τεχνολογική ανάπτυξη με την βοήθεια του ανθρώπου.

Έχουν δημιουργηθεί δεκάδες μέθοδοι απορρύπανσης του κάθε είδους είτε πρόκειται για το έδαφος είτε για υπόγεια ύδατα κτλ. Υπάρχουν διάφοροι παράμετροι οι οποίοι παίζουν σημαντικό ρόλο για την επιλογή της απαραίτητης μεθόδου. Αυτοί οι παράμετροι είναι:

- Θρεπτικές ουσίες.
- Δέκτες ηλεκτρονίων
- Υγρασία
- Θερμοκρασία.
- pH
- Τοξικότητα
- Μικροοργανισμοί και οργανικές ενώσεις

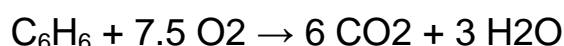
3.1.1.Θρεπτικές ουσίες.

Η ανάπτυξη των μικροοργανισμών απαιτεί την παρουσία θρεπτικών ουσιών (τροφών) οι οποίες αποτελούν συστατικά του κυττάρου, όπως το άζωτο (N), ο φωσφόρος (P), το κάλιο (K), το θείο (S) και διάφορα ιχνοστοιχεία. Τα στοιχεία αυτά συνήθως υπάρχουν στα εδαφικά υλικά. Σε περίπτωση έλλειψης τους, θα πρέπει να προστίθενται κατάλληλες ουσίες ώστε να μη διακόπτεται η ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

3.1.2. Δέκτες ηλεκτρονίων.

Κατά τον βιολογικό μεταβολισμό, οι διασπώμενες οργανικές ενώσεις χάνουν ηλεκτρόνια τα οποία μεταφέρονται σε κάποιον δέκτη ηλεκτρονίων. Κατά την αερόβια διάσπαση, ο τελικός αποδέκτης των ηλεκτρονίων είναι το οξυγόνο.

Έτσι, π.χ. η αερόβια αποσύνθεση (οξειδωση) του βενζολίου παρουσιάζεται από τη σχέση:



Εάν δεν υπάρχει διαθέσιμο οξυγόνο (δηλαδή υπό αναερόβιες συνθήκες), η νιτρική ρίζα (NO_3), ιόντα σιδήρου (Fe^{+3}), ιόντα μαγγανίου (Mn^{+2}) και η θειική ρίζα (SO_4^{-2}) μπορούν να δράσουν ως δέκτες ηλεκτρονίων, εάν βεβαίως στο σύστημα έχουν αναπτυχθεί μικροοργανισμοί που δύνανται να παράγουν τα κατάλληλα ένζυμα.

Όπως φαίνεται από την ανωτέρω χημική αντίδραση, η αερόβια οξειδωση των οργανικών ενώσεων αφαιρεί οξυγόνο από το σύστημα. Εάν το οξυγόνο δεν αναπληρωθεί (π.χ. με μηχανική ανάμειξη και αερισμό των υλικών, τεχνητή κυκλοφορία αέρα), τελικά το σύστημα θα μετατραπεί σε αναερόβιο, θα αναπτυχθούν αναερόβιοι μικροοργανισμοί και η αποσύνθεση θα δώσει και μεθάνιο (CH_4) αντί του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2).

Η αερόβια οξειδωση δίνει τα πλέον αβλαβή προϊόντα και συνεπώς είναι προτιμητέα. Έτσι, στα συστήματα απορρύπανσης μέσω της βιολογικής αποσύνθεσης θα πρέπει να γίνεται κατάλληλος μηχανικός αερισμός (με αναμόχλευση, ανάδευση κλπ), ώστε η συγκέντρωση του οξυγόνου να διατηρείται σε ικανοποιητικό επίπεδο. Ο χρόνος ημιζωής είναι ο χρόνος που απαιτείται για τη διάσπαση του ημίσεως των μορίων της οργανικής ένωσης.

3.1.3. Υγρασία

Η παρουσία υγρασίας είναι απαραίτητη για τη δράση των μικροοργανισμών. Το ιδανικό ποσοστό υγρασίας στο έδαφος είναι 15-30%. Εάν η υγρασία μειωθεί κάτω από το 15%, η δράση των μικροοργανισμών αναστέλλεται.

Επίσης, αν η υγρασία αυξηθεί πάνω από το 30%, όπου ο βαθμός κορεσμού του εδάφους είναι σχεδόν 100%, δεν γίνεται ικανοποιητικός αερισμός του εδάφους και το διαθέσιμο οξυγόνο μειώνεται.

Κατά συνέπεια, για τη βέλτιστη δράση των μικροοργανισμών, η υγρασία του εδάφους θα πρέπει να ρυθμίζεται στα ανωτέρω όρια. Είναι προφανές από τα παραπάνω ότι δεν είναι ευχερής η βιολογική αποσύνθεση των οργανικών ρύπων του υπογείου νερού κάτω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα λόγω έλλειψης οξυγόνου, εκτός εάν γίνεται κυκλοφορία αέρα με τεχνητά μέσα όπως εισπίεση αέρα μέσω γεωτρήσεων.

Κατά συνέπεια, η βιολογική αποσύνθεση των οργανικών ρύπων στο υπόγειο νερό γίνεται συνήθως υπό αναερόβιες συνθήκες και καταλήγει στην παραγωγή μεθανίου, υδρόθειου, το οποίο δίνει άσχημη οσμή στο νερό.

3.1.4. Θερμοκρασία.

Ο ρυθμός ανάπτυξης και δράσης των μικροοργανισμών επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία. Σε χαμηλές θερμοκρασίες κάτω των 5-10°C οι μικροοργανισμοί αδρανοποιούνται χωρίς όμως να καταστρέφονται, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες άνω των 60 °C οι μικροοργανισμοί καταστρέφονται.

3.1.5. pH.

Οι βέλτιστες τιμές του pH για τη δράση των μικροοργανισμών είναι 5.5-8.5, το ουδέτερο pH. Συνεπώς, η ρύθμιση του pH του εδάφους είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της βιολογικής αποσύνθεσης των οργανικών ρύπων.

3.1.6. Τοξικότητα.

Ορισμένες χημικές ενώσεις σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς, δηλαδή τους καταστρέφουν. Παρά όλα αυτά, η αντίληψη που συνήθως υπάρχει ότι δηλαδή οι ουσίες που είναι επικίνδυνες ή τοξικές για τον άνθρωπο είναι τοξικές και για τους μικροοργανισμούς είναι εσφαλμένη.

Αντίθετα, πολλές επικίνδυνες ή τοξικές ουσίες για τον άνθρωπο διασπώνται από μικροοργανισμούς. Στην περίπτωση που πρόκειται να εφαρμοσθεί η μέθοδος της βιολογικής απορρύπανσης σε ένα συγκεκριμένο έδαφος, θα πρέπει να ελέγχεται η τοξικότητα των χημικών ουσιών που περιέχονται στο έδαφος για διάφορους τύπους μικροοργανισμών.

Παίρνοντας ειδικές δοκιμές, κατά τις οποίες ένα πρότυπο σύστημα μικροοργανισμών εκτίθεται σε δείγμα του εδάφους και παρακολουθούνται οι πληθυσμοί των μικροοργανισμών για ενδείξεις τοξικότητας.

Στις περιπτώσεις αυξημένης τοξικότητας μπορεί να γίνει ανάμειξη του εδάφους με άλλα καθαρά εδαφικά υλικά ή να γίνει έκπλυση του εδάφους, ώστε να μειωθούν οι συγκεντρώσεις των τοξικών ουσιών για τους μικροοργανισμούς.

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η βιολογική απορρύπανση των εδαφών είναι μια πολύ αποτελεσματική μέθοδος για την εξουδετέρωση των οργανικών ρύπων. Βεβαίως, τονίζεται και πάλι ότι η δράση των μικροοργανισμών που διασπών τους οργανικούς ρύπους εξαρτάται από πολλούς παράγοντες.

Αν και η βιολογική αποσύνθεση των οργανικών ενώσεων υπό αναερόβιες συνθήκες είναι δυνατή, θα πρέπει να προτιμάται η αερόβια αποσύνθεση επειδή καταλήγει σε περισσότερα αβλαβή προϊόντα όπως διοξείδιο του άνθρακα αντί μεθανίου.

Συνεπώς, ο καλός αερισμός του εδάφους με έντονη μηχανική αναμόχλευση ή με τεχνητή κυκλοφορία αέρα είναι απαραίτητος ώστε να δημιουργηθούν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξη αερόβιων βακτηριδίων. Η βιολογική απορρύπανση εδαφών έχει εφαρμοσθεί με πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην αποσύνθεση πολύ-αρωματικών υδρογονανθράκων, πετρελαιοειδών και άλλων οργανικών ενώσεων.

Η μέθοδος είναι αποτελεσματική για την απορρύπανση εδαφών πάνω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα δηλαδή στη μερικώς κορεσμένη ζώνη, επειδή στα κορεσμένα εδάφη δεν είναι ευχερής ο αερισμός και συνεπώς ευνοούνται συνθήκες αναερόβιας αποσύνθεσης που γενικώς δεν είναι επιθυμητή.

Επίσης, η μέθοδος είναι αποτελεσματική σε χονδρόκοκκα εδάφη επειδή σε αυτά είναι ευχερής ο αερισμός. Συνήθως χρησιμοποιείται σε εδάφη με διαπερατότητα $k > 10^{-3}$ cm/sec.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι:

1. Η βιολογική απορρύπανση απαιτεί γενικώς μακροχρόνια επεξεργασία που μπορεί να φθάσει σε ορισμένες περιπτώσεις σταθερών ρύπων και τα 15-20 έτη. Επιπλέον, υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα ως προς τον απαιτούμενο χρόνο λόγω της εξάρτησης της δράσης των μικροοργανισμών από πολλούς παράγοντες.
2. Όταν το έδαφος περιέχει πολλούς οργανικούς ρύπους, είναι πιθανόν οι πλέοντοξικοί για τον άνθρωπο να διασπώνται δυσκολότερα, και συνεπώς η απορρύπανση του εδάφους από τους ρύπους αυτούς να καθυστερήσει, λόγω ευχερέστερης διάσπασης των άλλων οργανικών ουσιών οι οποίες όμως έχουν μικρότερο ενδιαφέρον από πλευράς ρυπαντικού φορτίου.
3. Η μέθοδος είναι ευαίσθητη σε πολλούς παράγοντες όπως παρουσία δεκτών ηλεκτρονίων, θρεπτικών ουσιών, υγρασία, θερμοκρασία, pH, οι οποίοι θα πρέπει να ελέγχονται και να ρυθμίζονται διαρκώς ώστε να επιτυγχάνονται βέλτιστοι ρυθμοί δράσης των μικροοργανισμών και συνεπώς βέλτιστη απόδοση της βιολογικής αποδόμησης των ρύπων.

4. Η μέθοδος είναι πρόσφορη για την αποδόμηση οργανικών κυρίως ρύπων, αν και ενίοτε χρησιμοποιείται και για την διάσπαση ανόργανων ουσιών όπως την μετατροπή θειικών ριζών σε θειούχες με την επίδραση μικροοργανισμών.

3.1.7. Μικροοργανισμοί και οργανικές ενώσεις.

Εφόσον πληρούνται οι προϋποθέσεις που περιγράφηκαν παραπάνω, αναπτύσσονται μικροοργανισμοί οι οποίοι μπορούν να διασπάσουν τις περισσότερες οργανικές ενώσεις που υπάρχουν στη φύση ή κατασκευάζονται από τον άνθρωπο.

Η διάσπαση των οργανικών ουσιών από τους μικροοργανισμούς γίνεται με βάση τις εξής αρχές:

1. Σε περίπτωση παρουσίας πολλών οργανικών ενώσεων, αρχικώς διασπώνται οι απλούστερες ενώσεις επειδή είναι ευχερέστερη η ανάπτυξη μικροοργανισμών που παράγουν ένζυμα για τη διάσπαση των απλών ενώσεων.
2. Για τη διάσπαση των σύνθετων οργανικών ουσιών που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο, απλώς απαιτείται μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ώστε αφενός μεν να διασπασθούν προηγουμένως οι απλούστερες ενώσεις, αφετέρου δε να συμβεί προσαρμογή των μικροοργανισμών, δηλαδή να παραγάγουν τα κατάλληλα ένζυμα που διασπούν τις πλέον σύνθετες ενώσεις.
3. Η αποσύνθεση των οργανικών ουσιών γίνεται σε διαδοχικές φάσεις με τη δράση διάφορων μικροοργανισμών. Έτσι, μια ομάδα μικροοργανισμών διασπά την αρχική οργανική ένωση σε κάποια απλούστερη, η οποία στη συνέχεια διασπάται εκ νέου από άλλους μικροοργανισμούς και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται έως ότου τελικώς παραχθούν πολύ απλές ενώσεις (CO_2 , H_2O , CH_4).

Ο ρυθμός της βιολογικής διάσπασης των οργανικών ουσιών εξαρτάται από το είδος των βακτηριδίων που προκαλούν την αποδόμηση και τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως θερμοκρασία, pH που συχνά αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για την δράση των μικροοργανισμών.

Αρκετές συνήθεις βιολογικές διασπάσεις ακολουθούν τον γνωστό εκθετικό νόμο των πυρηνικών διασπάσεων, κατά τον οποίο ο ρυθμός της διάσπασης είναι ανάλογος του διαθέσιμου για την διάσπαση αριθμού μορίων.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω χρόνος που δίνεται είναι αρκετός, και προφανώς με τις κατάλληλες λοιπές συνθήκες, μπορούν να αναπτυχθούν μικροοργανισμοί που έχουν τη δυνατότητα να διασπάσουν και τις πλέον σταθερές συνθετικές οργανικές ενώσεις.

Λόγω της εξάρτησης του ρυθμού των βιολογικών διασπάσεων από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, υγρασία, pH), οι χρόνοι ημιζωής είναι ενδεικτικοί.

Πάντως από τις τιμές που αναγράφονται παρακάτω υπάρχουν και πολλοί τύποι βιολογικής αποδόμησης που δεν ακολουθούν τον εκθετικό νόμο, όπως οι περισσότερες διασπάσεις που προκαλούνται από μικρόβια καθίσταται σαφές ότι ορισμένες οργανικές ενώσεις είναι πολύ πιο εύκολα διασπείσιμες από άλλες.

ΤΥΠΙΚΟΙ ΧΡΟΝΟΙ ΗΜΙΖΩΗΣ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΑΠΟΔΟΜΗΣΗ ΥΠΟ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΙΝΗΤΙΚΗΣ ΠΡΩΤΗΣ ΤΑΞΕΩΣ

Οργανική Ένωση	Χρόνος ημιζωής (ημέρες)
Βενζόλιο	1 (ημέρα)
Τολουόλι	6.4(ημέρες)
Ανθρακένιο	30(ημέρες)
Ξυλόλιο	40(ημέρες)
Πυρένιο	40(ημέρες)
Ναφθαλένιο	95(ημέρες)
Βενζο-φθορο-ανθένιο	1290(ημέρες)
Βενζο-πυριλένιο	360(ημέρες)
Ιδενο-πυρένιο	600(ημέρες)

Πίνακα1: Χρόνος ημιζωής οργανικών ενώσεων

3.2. Τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας

Η απορρύπανση εδαφών και υπόγειων υδροφορέων αλλά και η προστασία τους από τη ρύπανση αποτελούν αντικείμενο με ιδιαίτερο ενδιαφέρον από γεωτεχνική άποψη. Τα θέματα απορρύπανσης αφορούν την ανάληψη ενεργειών για την περιβαλλοντική αποκατάσταση εδαφών και υδροφορέων που έχουν ήδη ρυπανθεί, ενώ τα θέματα προστασίας αφορούν τη λήψη μέτρων για να αποφευχθεί η περαιτέρω επέκταση της ρύπανσης από

περιοχές που έχουν ρυπανθεί προς άλλες περιοχές, για παράδειγμα μέσω της κίνησης του υπόγειου νερού.

Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένες κατηγορίες θεμάτων απορρύπανσης και προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων:

1. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την ανεξέλεγκτη ταφή χημικών αποβλήτων, όπως παραπροϊόντων της διύλισης πετρελαιοειδών (νάφθα, φαινόλες, χλωριωμένοι διαλύτες, κρεόζοτο, ΒΤΕΧ1 κλπ), τοξικών αποβλήτων (διοξίνη, τετραχλωράνθρακας, PCB2), γεωργικών φαρμάκων (π.χ. DDT, Aldrin, μαλαθείο, PCP3), βαρέων μετάλλων (υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο).
2. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από τυχαίες διαρροές υδρογονανθράκων όπως σε διυλιστήρια πετρελαιοειδών, σε δεξαμενές καυσίμων βιομηχανιών αλλά και κατοικιών, τυχαίες διαρροές επικίνδυνων και τοξικών ουσιών από τους ταμιευτήρες αποθήκευσής τους ή σε ατυχήματα κατά τη μεταφορά τους.
3. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την απόθεση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων σε παλαιότερες εποχές χωρίς να ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας έναντι διαρροής του υγρού στραγγίσματος στο υπέδαφος.
4. Προστασία από τη ρύπανση υδροφορέων που γειτνιάζουν με περιοχές που έχουν ρυπανθεί μέσω κάποιας από τις παραπάνω αιτίες.
5. Προστασία υδροφορέων από την υφαλμύρυνση, δηλαδή την αύξηση της περιεκτικότητας σε άλατα λόγω υπερεκμετάλλευσης, ανάμειξης με το θαλάσσιο νερό, έντονης εξάτμισης.

Οι λόγοι που συνήθως επιβάλλουν τη λήψη μέτρων απορρύπανσης και προστασίας εδαφών και υδροφορέων είναι:

1. Η διαπίστωση ότι ο βαθμός ρύπανσης είναι τέτοιος που προκαλεί σημαντικούς κινδύνους στη δημόσια υγεία. Γενικότερα είναι μη-αποδεκτή η υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Τα τελευταία χρόνια, τα μέγιστα όρια του αποδέκτη υποβάθμισης είναι συνήθως μίγμα των υδρογονανθράκων βενζολίου, τολουολίου και ξυλολίου που συχνά εμφανίζεται σε περιοχές που έχουν ρυπανθεί από πετρελαιοειδή.
2. Πολυ-χλωριωμένων διφαινυλίων (Poly-Chlorinated Biphenyls). Οι ουσίες αυτές, που είναι καρκινογόνες, χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία μετασχηματιστών ηλεκτρικού ρεύματος και έχουν προκαλέσει πολυάριθμες

ρυπάνσεις λόγω της ανεξέλεγκτης απόρριψής τους στο περιβάλλον. Έχουν μειωθεί σημαντικά κυρίως λόγω της ευαισθητοποίησης των κοινωνικών φορέων, με συνέπεια τη μεγάλη αύξηση των περιοχών στις οποίες υπάρχει ανάγκη απορρύπανσης και προστασίας.

3. Η ανάγκη βελτίωσης της ποιότητας του περιβάλλοντος σε μια περιοχή, έστω και εάν ο βαθμός ρύπανσης δεν προκαλεί σημαντικά προβλήματα δημόσιας υγείας.
4. Η ανάγκη αύξησης της εμπορικής αξίας των ακινήτων σε μια περιοχή.
5. Η ανάγκη ανάπτυξης μιας περιοχής σε συνδυασμό με την έλλειψη καθαρών χώρων για τη δημιουργία βιομηχανιών και οικισμών. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται και περιπτώσεις όπου διατίθενται μεν καθαροί χώροι για ανάπτυξη αλλά το κόστος τους υπερβαίνει το μικτό κόστος ανάπτυξης (αγορά συναπορρύπανση) άλλων χώρων στους οποίους επιβάλλεται απορρύπανση.

3.3. Μέθοδοι απορρύπανσης.

Στις μέρες μας το πρόβλημα της ρύπανσης είναι έντονο και πολύπλευρο, υπάρχουν διάφοροι τύποι ρύπανσης με διαφορετικές συνέπειες η κάθε μία. Για την αντιμετώπιση τους γίνονται έρευνες με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλαπλών μεθόδων. Κάποιες από αυτές θα αναλυθούν παρακάτω.

3.3.1 Ενεργητικοί μέθοδοι απορρύπανσης εδάφους – υπόγειων νερών

Υπάρχουν οι λεγόμενες μέθοδοι ενεργητικής απορρύπανσης που περιλαμβάνουν:

- Μεθόδους απορρύπανσης εδαφών, είναι :
 1. Η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation) μέσω της αποδόμησης των οργανικών ρύπων, είτε επιτόπου είτε μετά από εκσκαφή και αναμόχλευση.
 2. Η έκπλυση του εδάφους με χημικές ουσίες (soilwashing, chemical extraction, leaching).
 3. Η θερμική επεξεργασία είτε επιτόπου είτε μετά από μεταφορά σε ειδικούς κλιβάνους όπου επιβάλλεται απλή θέρμανση (heating), καύση (incineration) ή επεξεργασία με ατμό (steamstripping).

4. Η απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης (vacuumextraction) ή απλού αερισμού (soilventing).

- Μεθόδους απορρύπανσης υπογείων υδάτων, είναι:
 1. Η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation) μέσω της αποδόμησης των οργανικών ρύπων.
 2. Η μέθοδος άντλησης και απορρύπανσης (pumpandtreat) διαλυμένων και αιωρούμενων ρύπων.
 3. Η μέθοδος άντλησης επιπλεόντων ρύπων (freeproductrecovery), όπως ελαφρών πετρελαιοειδών.
 4. Η αφαίρεση πτητικών ρύπων με εφαρμογή υποπίεσης (vacuumextraction).
 5. Η αφαίρεση βαρέων μετάλλων με εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος (electroreclamation).

Η επιλογή μιας συγκεκριμένης από τις παραπάνω μεθόδους εξαρτάται από το είδος, τη συγκέντρωση και την ποσότητα του ρύπου, το είδος του εδάφους, το κόστος και τη διαθέσιμη τεχνολογία και τεχνογνωσία. Οι μέθοδοι αυτές εξετάζονται αναλυτικά παρακάτω.

Οι μέθοδοι προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων από την επέκταση της ρύπανσης υπάγονται στις εξής κατηγορίες:

- Μέθοδοι εγκιβωτισμού (containment) του εδάφους, είναι:
 1. Τα συστήματα κάλυψης της επιφάνειας.
 2. Τα περιμετρικά κατακόρυφα διαφράγματα.
 3. Τα οριζόντια διαφράγματα βάσης.
 4. Τα συστήματα σταθεροποίησης του εδάφους που έχει ρυπανθεί με χημικές μεθόδους (τσιμέντο, άσβεστο, πολυμερή, ασφαλτικά κλπ) ή με θερμικές μεθόδους (vitrification).
- Μέθοδοι υδραυλικής αναστροφής της κίνησης του υπόγειου νερού.

Οι μέθοδοι αυτές εξετάζονται αναλυτικά, στις τεχνολογίες απορρύπανσης και προστασίας των υπόγειων υδάτων. Επίσης αναφέρονται και οι μέθοδοι διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων (sewagesludge) στο έδαφος με τις μεθόδους άρδευσης και ταχείας διήθησης.

3.3.2. Ανάλυση Μεθόδων.

1) Μέθοδος μηδενική λύση.

Η απλούστερη και λιγότερο δαπανηρή μέθοδος περιβαλλοντικής αποκατάστασης είναι η λεγόμενη «μηδενική λύση», κατά την οποία δεν λαμβάνονται ειδικά μέτρα απορρύπανσης, αλλά η εξασθένηση του ρυπαντικού φορτίου επαφίεται στους φυσικούς μηχανισμούς υποβάθμισης, όπως η βιολογική αποδόμηση των ρύπων, η προσρόφησή τους στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών, η μείωση της συγκέντρωσης των ρύπων μέσω αραίωσης και εξάτμισης.

Οι μηχανισμοί αυτοί είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στις συνθήκες του περιβάλλοντος (pH, θερμοκρασία, υγρασία, παρουσία ουσιών που είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς) και συνεπώς η αποτελεσματική λειτουργία τους δεν είναι πάντοτε αξιόπιστη.

Επιπλέον, η δράση των μηχανισμών φυσικής εξασθένησης είναι πολύ βραδεία. Για τους λόγους αυτούς, στις περισσότερες περιπτώσεις έντονης ρύπανσης δεν συνιστάται η εφαρμογή της «μηδενικής λύσης».

2) Μέθοδος επιβολή περιορισμών

Μια δεύτερη μέθοδος αντιμετώπισης της ρύπανσης είναι η επιβολή περιορισμών στην πρόσβαση και χρήση της περιοχής που έχει ρυπανθεί μέσω περιφράξης, προειδοποιητικών πινακίδων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνον ως προσωρινό μέτρο και δεν αποτελεί οριστική λύση του προβλήματος.

3) Μέθοδος «αφαίρεση με εκσκαφή του εδάφους»

Μια τρίτη μέθοδος αντιμετώπισης είναι η αφαίρεση με εκσκαφή του εδάφους που έχει ρυπανθεί και η μεταφορά και απόρριψή του σε ελεγχόμενους αποδέκτες με σύγχρονα συστήματα προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης. Συστήματα στεγάνωσης του πυθμένα, συστήματα συλλογής και απομάκρυνσης του υγρού στραγγίσματος, συστήματα κάλυψης είναι μερικά από αυτά.

Αν και η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε ορισμένες περιπτώσεις, κυρίως σε περιπτώσεις εντοπισμένης ρύπανσης παρουσιάζει σημαντικά μειονεκτήματα όπως:

1. Η πιθανή διαφυγή ρύπων κατά την εκσκαφή και μεταφορά των εδαφικών υλικών προς τους χώρους απόρριψης κυρίως με τη μορφή σκόνης και υγρού στραγγίσματος.
2. Νομικοί περιορισμοί ως προς τη δυνατότητα μεταφοράς επικίνδυνων φορτίων απόορισμένους δρόμους.
3. Πολύ μεγάλο κόστος, ιδίως στις περιπτώσεις που οι ποσότητες των εδαφικών υλικών που πρέπει να αφαιρεθούν είναι μεγάλες.
4. Δεν αποτελεί λύση του προβλήματος, αλλά απλή μεταφορά του σε άλλη θέση.
5. Η έλλειψη κατάλληλων χώρων επαρκούς χωρητικότητας για την απόρριψη των ρυπανθέντων υλικών αλλά και το υψηλό κόστος κατασκευής των μέτρων προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης στους χώρους αυτούς.

Για τους ανωτέρω λόγους η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιείται παρά μόνον σε περιπτώσεις ρύπανσης με πολύ περιορισμένη έκταση.

4) Μέθοδος ελεγχόμενης διάθεση αποβλήτων στο έδαφος.

Η τεχνολογία της ελεγχόμενης διάθεσης αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους, της ανάμειξης των αποβλήτων με τις ανώτερες εδαφικές στρώσεις, βασίζεται στις φυσικές, χημικές και βιολογικές αντιδράσεις των ρύπων με τις οποίες το ρυπαντικό φορτίο των αποβλήτων σταδιακά ακινητοποιείται, υποβαθμίζεται και τελικώς μετατρέπεται σε ουσίες χωρίς δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Οι αντιδράσεις αυτές είναι:

1. Η εξασθένηση των ανόργανων ρύπων μέσω των φυσικών και χημικών μηχανισμών προσρόφησης στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών και ανταλλαγής ιόντων.

2. Η βιολογική υποβάθμιση των οργανικών ρύπων μέσω μικρο-οργανισμών. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ελεγχόμενη διάθεση αποβλήτων στο έδαφος είναι τελείως διαφορετική από την τυχαία απόρριψη των αποβλήτων σε χωματερές, δεδομένου ότι στις χωματερές η εξασθένηση του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων γίνεται με ανεξέλεγκτο τρόπο.

Το σύστημα προστασίας από τη ρύπανση με αντιστροφή της κίνησης του υπόγειου νερού το οποίο έχει αξιόλογο ρυπαντικό φορτίο.

Αντίθετα, η ελεγχόμενη διάθεση των αποβλήτων στο έδαφος αξιοποιεί τη διαθέσιμη τεχνολογία με σκοπό:

1. Να μεγιστοποιήσει το ρυθμό αδρανοποίησης του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων, ενισχύοντας τους παράγοντες εκείνους που ευνοούν τη βιολογική αποσύνθεση των οργανικών ουσιών, όπως με αερισμό, έλεγχο της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του pH και της τοξικότητας, με την παροχή θρεπτικών ουσιών, ακόμη και με την εισαγωγή γενετικώς τροποποιημένων μικροοργανισμών, οι οποίοι μπορούν να παράγουν τα κατάλληλα ένζυμα για τη διάσπαση των πολύ ανθεκτικών οργανικών ενώσεων.
2. Να ελαχιστοποιήσει τη ρύπανση της ατμόσφαιρας από σκόνη ή πτητικούς ρύπους.
3. Να ελαχιστοποιήσει τη ρύπανση του υπεδάφους περιορίζοντας την εισροή των επιφανειακών υδάτων μέσω συστημάτων περιμετρικής αποστράγγισης.

Η τεχνολογία της ελεγχόμενης διάθεσης αποβλήτων στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διάθεση διάφορων τύπων αποβλήτων (ακόμη και επικίνδυνων αποβλήτων), συνήθως όμως χρησιμοποιείται για την τελική διάθεση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων.

Είναι προφανές ότι κατά την εφαρμογή της μεθόδου, ο τρόπος ελέγχου των συνθηκών που ευνοούν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών οι οποίοι αποσυνθέτουν τις διάφορες οργανικές ενώσεις ποικίλει αναλόγως του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων.

Έτσι, στην περίπτωση επικίνδυνων αποβλήτων, συνήθως απαιτείται η επεξεργασία των αποβλήτων μέσα σε στεγανούς αποδέκτες με ειδικό σύστημα αποστράγγισης του στραγγίσματος, με στεγανωτική μεμβράνη στον πυθμένα κλπ.

Αντίθετα, στην περίπτωση διάθεσης βιολογικών επεξεργασμένων αστικών λυμάτων, οι περιορισμοί είναι πολύ λιγότεροι και γενικώς εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες (θερμοκρασία, εξάτμιση, βροχόπτωση), τις καλλιέργειες που εφαρμόζονται στην περιοχή (π.χ. το ρυθμό πρόσληψης του αζώτου από τα φυτά), και τη φύση του εδάφους (όξινα ή αλκαλικά εδάφη, περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο).

Η διάθεση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων στο έδαφος γίνεται συνήθως με δυο τρόπους:

1. Με τη μέθοδο της άρδευσης, κατά την οποία τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται στην επιφάνεια του εδάφους σε μεγάλη έκταση με καταιονισμό ή ακόμη και με κατάκλιση. Οι μέγιστες παροχές διάθεσης των λυμάτων εξαρτώνται από τις κλιματικές συνθήκες και τη χλωρίδα της περιοχής και μπορούν να φθάσουν μέχρι 10 cm την εβδομάδα σε ξηρές περιόδους και με καλλιέργειες υψηλής ταχύτητας πρόσληψης αζώτου.
2. Με τη μέθοδο της ταχείας διήθησης, κατά την οποία τα επεξεργασμένα λύματα διατίθενται εντός αβαθών λεκανών του εδάφους με κατάκλιση και παροχές που μπορούν να φθάσουν τα δύο μέτρα την εβδομάδα. Η μέθοδος βασίζεται αφενός μεν στην προσρόφηση των ανόργανων ρύπων κατά τη διήθηση των λυμάτων εντός της μερικώς κορεσμένης ζώνης του εδάφους, αφετέρου δε στην αερόβια αποσύνθεση των οργανικών ρύπων.

Για την αποκατάσταση αερόβιων συνθηκών, η εφαρμογή των λυμάτων στο έδαφος γίνεται ασυνεχώς με περίοδο επανάληψης της τάξεως των δυο εβδομάδων. Στο διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών εφαρμογών, αποκαθίστανται αερόβιες συνθήκες στο έδαφος και το ρυπαντικό φορτίο των λυμάτων βαθμιαία αποσυντίθεται.

5) Μέθοδος έκπλυση του εδάφους με χημικές ουσίες.

Η έκπλυση του εδάφους γίνεται με νερό υπό πίεση το οποίο συχνά περιέχει οξέα, βάσεις ή απορρυπαντικά για να διαλύσει ή να διασπάσει τους ρύπους. Κατά την επεξεργασία απαιτείται έντονη αναμόχλευση του εδάφους, ώστε οι ρύποι να εκπλυθούν.

Το κυριότερο πρόβλημα της μεθόδου είναι οι μεγάλες ποσότητες νερού που προκύπτουν ως παραπροϊόντα της έκπλυσης και περιέχουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο. Το νερό αυτό πρέπει να υποστεί ειδική επεξεργασία για την αφαίρεση των ρύπων και στη συνέχεια να ανακυκλωθεί.

Επίσης υπάρχει κίνδυνος διήθησης του νερού στο υπέδαφος και επέκτασης της ρύπανσης. Συχνά αντί για νερό χρησιμοποιούνται οργανικοί διαλύτες, οι οποίοι όμως γενικώς είναι τοξικοί και συνεπώς απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή στη χρήση τους.

6) Μέθοδος Θερμικής επεξεργασίας.

Η θερμική επεξεργασία του εδάφους συνήθως γίνεται σε κλιβάνους και έχει σκοπό την αφαίρεση των πτητικών ρύπων σε αυξημένη θερμοκρασία. Εάν η θερμοκρασία αυξηθεί σημαντικά προκαλείται καύση των περισσότερων οργανικών ουσιών.

Η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί για την απορρύπανση εδαφών ρυπανθέντων με PCBs. Ο τρόπος θέρμανσης θα πρέπει να ελέγχεται απόλυτα επειδή υπό ορισμένες συνθήκες είναι δυνατόν να παραχθούν δηλητηριώδη προϊόντα και να διαφύγουν στην ατμόσφαιρα.

Μια άλλη μέθοδος θερμικής επεξεργασίας του εδάφους επιτόπου είναι η παροχή υπέρθερμου ατμού στο έδαφος μέσω γεωτρήσεων που θεωρείται πολύ αποτελεσματική και αναπτύσσεται ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια.

Με τον τρόπο αυτό:

- (α) εξατμίζονται οι πτητικοί ρύποι και συλλέγονται με άλλες γεωτρήσεις, στις οποίες ασκείται αναρρόφηση,
- (β) οι ρύποι διαλύονται στο νερό του ατμού και αφαιρούνται μαζί με το νερό με σύστημα αποστράγγισης.

7) Μέθοδος σταθεροποίησης του εδάφους.

Οι μέθοδοι σταθεροποίησης του εδάφους χρησιμοποιούνται ευρέως για τον περιορισμό επέκτασης της ρύπανσης. Η λειτουργία τους βασίζεται στην ανάμειξη του εδάφους που έχει ρυπανθεί με κάποιο υλικό, ώστε το μίγμα που δημιουργείται να αποκτά μηχανική αντοχή, δηλαδή να στερεοποιείται.

Με τον τρόπο αυτό ακινητοποιείται το ρυπαντικό φορτίο εντός της στερεοποιημένης εδαφικής μάζας και η ρύπανση εγκιβωτίζεται. Το σταθεροποιημένο εδαφικό υλικό έχει επίσης μικρή διαπερατότητα και δεν επιτρέπει την κίνηση του υπόγειου νερού διαμέσου της μάζας του, οπότε περιορίζεται και ο κίνδυνος επέκτασης της ρύπανσης λόγω μεταγωγής των ρύπων.

Τέλος, ακόμη και στην περίπτωση που η σταθεροποίηση του εδάφους δεν είναι πλήρης, το σταθεροποιημένο υλικό εγκιβωτίζει τυχόν μη σταθεροποιημένες εδαφικές μάζες και περιορίζει την επέκταση της ρύπανσης.

Τα υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση εδαφών που έχουν ρυπανθεί είναι:

1. Το τσιμέντο. Η ανάμειξη του εδαφικού υλικού με τσιμέντο δημιουργεί ένα υλικό του οποίου η αντοχή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε τσιμέντο.
2. Οι ποζολάνες και η άσβεστος (CaO). Η ανάμειξη των εδαφικών υλικών με τα ανωτέρω δημιουργεί υδραυλικά κονιάματα που αποκτούν αυξημένη μηχανική αντοχή.
3. Διάφορα ασφαλτικά υλικά καθώς και συνθετικές ουσίες .

8) Μέθοδος απορρύπανσης με εφαρμογή υποπίεσης.

Η απορρύπανση με εφαρμογή υποπίεσης είναι μια πρόσφατη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απορρύπανση της μερικώς κορεσμένης ζώνης εδαφών από πτητικούς υδρογονάνθρακες.

Η μέθοδος συνίσταται στη διάνοιξη γεωτρήσεων εντός της μερικώς κορεσμένης ζώνης και στην εφαρμογή αναρρόφησης, με την οποία εξατμίζονται οι πτητικοί υδρογονάνθρακες και συλλέγονται μαζί με τον αναρροφούμενο αέρα.

Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί σε χονδροκόκκα εδάφη ($k > 10^{-4}$ cm/sec), επειδή τα λεπτόκοκκα έχουν μικρή αγωγιμότητα και δεν είναι ευχερής η εφαρμογή της υποπίεσης σε μεγάλη ζώνη γύρω από τη γεώτρηση.

Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απορρύπανση υπόγειων υδροφορέων από επιπλέοντα ελαφρά πετρελαιοειδή. Με την εφαρμογή της υποπίεσης, τα πτητικά πετρελαιοειδή που επιπλέουν στην επιφάνεια του υπόγειου νερού εξατμίζονται και συλλέγονται μαζί με τον αναρροφούμενο αέρα.

Σύγκριση των αποτελεσμάτων αυτής της μεθόδου με αποτελέσματα της μεθόδου της διπλής άντλησης για την ανάκτηση ελαφρών πετρελαιοειδών από την επιφάνεια υπόγειων υδροφορέων δείχνει ότι συχνά η μέθοδος της υποπίεσης είναι ταχύτερη και έχει μικρότερο κόστος όταν αναφερόμαστε σε ρύπους που βρίσκονται πάνω από την στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα.

Επιπλέον, η μέθοδος της υποπίεσης πλεονεκτεί στο ότι μπορεί να απορρυπάνει ταυτοχρόνως τόσο τη μερικώς κορεσμένη ζώνη όσο και τους επιπλέοντες υδρογονάνθρακες, ενώ η μέθοδος της διπλής άντλησης περιορίζεται στην ανάκτηση των υδρογονανθράκων που επιπλέουν στο υπόγειο νερό.

Το κυριότερο μειονέκτημα της μεθόδου εφαρμογής υποπίεσης είναι η ανάγκη απομόνωσης της μερικώς κορεσμένης ζώνης του εδάφους από τον ατμοσφαιρικό αέρα, ώστε να είναι αποδοτική η εφαρμογή της υποπίεσης. Συνήθως γίνεται με προσωρινή κάλυψη της επιφάνειας του εδάφους με συνθετική μεμβράνη, αν και συχνά οι χώροι είναι ήδη καλυμμένοι επιφανειακά με ασφαλτοτάπητα ή κτίρια οπότε η απαίτηση αυτή δεν ισχύει.

Η μέθοδος αυτή είναι ανάλογη της μεθόδου για την απορρύπανση της μερικώς κορεσμένης ζώνης των εδαφών από πτητικούς ρύπους.

Στην περίπτωση υδροφορέων, είναι προφανές ότι η εφαρμογή της υποπίεσης δεν μπορεί να γίνει κάτω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα αλλά μόνον εντός της μερικώς κορεσμένης ζώνης, με συνέπεια να επηρεάζεται μόνον η επιφάνεια του υδροφορέα. Έτσι, η μέθοδος είναι αποδοτική για την απορρύπανση από επιπλέοντες πτητικούς ρύπους όπως είναι τα ελαφρά κλάσματα της απόσταξης των πετρελαιοειδών π.χ. βενζίνη.

Η εφαρμογή της σε άλλες χώρες κατά την τελευταία δεκαετία δείχνει ότι συχνά η μέθοδος αυτή πλεονεκτεί σε σχέση με τη μέθοδο της διπλής άντλησης των επιπλεόντων ρύπων ως προς το κόστος και τον απαιτούμενο χρόνο.

9) Μέθοδος με άντληση επιπλεόντων ρύπων.

Μια από τις πλέον συνήθεις ρυπάνσεις είναι η ρύπανση του εδάφους με ελαφρά πετρελαιοειδή λόγω τυχαίων διαφυγών από δεξαμενές αποθήκευσης σε διυλιστήρια, βιομηχανίες αλλά και κατοικίες. Τα πετρελαιοειδή που διαφεύγουν στο έδαφος συνήθως κατακρατούνται στους πόρους του εδάφους εντός της μερικώς κορεσμένης ζώνης, λόγω τριχοειδών κυρίως δυνάμεων.

Εάν τα πετρελαιοειδή είναι σε μεγάλες ποσότητες, τελικώς υπερβαίνουν τη δυνατότητα συγκράτησης των εδαφικών πόρων, φθάνουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα και συγκεντρώνονται στην επιφάνειά του δημιουργώντας μια κηλίδα.

Με την πάροδο του χρόνου, η κηλίδα διαχέεται στην οριζόντια διεύθυνση και μπορεί να καταλάβει μεγάλη έκταση φθάνοντας σε μεγάλη απόσταση από το σημείο της διαρροής. Εάν η στάθμη του υπόγειου ορίζοντα υπόκειται σε εποχιακές διακυμάνσεις, η επιπλέουσα κηλίδα παρακολουθεί τη διακύμανση της στάθμης του υπόγειου ορίζοντα και ρυπαίνει τη μερικώς κορεσμένη ζώνη του εδάφους καθ' ύψος σε μεγάλη απόσταση από την πηγή της ρύπανσης.

Η ρύπανση αυτού του τύπου είναι πολύ συνήθης σε περιοχές διυλιστηρίων αλλά παρουσιάζεται και σε βιομηχανικές ακόμη και σε αστικές περιοχές. Η διαπίστωση της έκτασης της ρύπανσης από επιπλέοντα πετρελαιοειδή μπορεί να γίνει με ερευνητικές γεωτρήσεις που φθάνουν μέχρι τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα.

Κατά τη διάρκεια εκτέλεσης της γεώτρησης λαμβάνονται εδαφικά δείγματα από τη μερικώς κορεσμένη ζώνη στα οποία προσδιορίζεται η περιεκτικότητα σε πετρελαιοειδή με χημικές μεθόδους

Με την πάροδο επαρκούς χρόνου, εντός της γεώτρησης συγκεντρώνονται επιπλέοντα πετρελαιοειδή και τελικώς αποκαθίστανται συνθήκες υδροστατικής ισορροπίας, οπότε το πάχος της στρώσης των υδρογονανθράκων στην επιφάνεια του νερού ισούται πρακτικά με το πάχος της πλήρως κορεσμένης με πετρελαιοειδή στοιβάδας εντός του εδάφους.

Πάνω από τη ζώνη του εδάφους που είναι κορεσμένη με πετρελαιοειδή, υπάρχει μια μερικώς κορεσμένη ζώνη, όπου στους πόρους του εδάφους συγκρατείται πετρέλαιο, λόγω τριχοειδών δυνάμεων και πρόσφυσης των υδρογονανθράκων στην επιφάνεια των εδαφικών κόκκων.

Ο υπολογισμός του όγκου της κηλίδας των πετρελαιοειδών γίνεται με πολλαπλασιασμό του πάχους της που μετράται στο εσωτερικό της γεώτρησης επί την επιφάνεια της κηλίδας που εκτιμάται με τη διάνοιξη πολλών γεωτρήσεων στην περιοχή που έχει ρυπανθεί.

Η απορρύπανση των υπόγειων υδροφορέων από επιπλέοντες ρύπους, συνήθως ελαφρά πετρελαιοειδή, γίνεται με το σύστημα της διπλής άντλησης του επιπλέοντος πετρελαιοειδούς.

Η μέθοδος συνίσταται στην άντληση νερού από τον υδροφορέα μέσω γεώτρησης, ώστε να δημιουργηθεί ένας κώνος ταπείνωσης της στάθμης του υδροφορέα. Ο επιπλέον ρύπος παρακολουθεί την επιφάνεια του κώνου ταπείνωσης και λόγω της υδραυλικής κλίσης που δημιουργείται, κινείται προς τη γεώτρηση, απ' όπου αντλείται με μια δεύτερη αντλία.

Είναι προφανές ότι λόγω της παρουσίας δυο αντλιών, η απόδοση της μεθόδου εξαρτάται από τη ρύθμιση των παροχών τους και ιδίως από την παροχή της αντλίας νερού, δηλαδή από την επιτυγχανόμενη ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα.

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται ότι όσο μεγαλύτερη είναι η ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα, τόσο αυξάνει η παροχή άντλησης του επιπλέοντος ρύπου και συνεπώς αυξάνει η απόδοση της μεθόδου.

Θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι αυξάνοντας την ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα, τα επιπλέοντα πετρελαιοειδή ρυπαίνουν τον υδροφορέα καθ' ύψος σε όλη την έκταση του κώνου ταπείνωσης και αυξάνεται η ποσότητα του ρύπου που συγκρατείται στους πόρους του υδροφορέα, χωρίς να μπορεί να ανακτηθεί με τη μέθοδο της άντλησης και να απαιτεί τη χρήση άλλων μεθόδων.

Για το λόγο αυτό, η ρύθμιση της ταπείνωσης της στάθμης θα πρέπει να γίνεται με προσοχή. Επιπλέον για μια συγκεκριμένη ταπείνωση της στάθμης του υδροφορέα, η αντλούμενη παροχή του επιπλέοντος ρύπου απαιτεί προσεκτική ρύθμιση.

Αν η αντλούμενη παροχή του ρύπου είναι πολύ μικρή, τότε η απόδοση της μεθόδου μειώνεται. Αντίθετα, αν η αντλούμενη παροχή του ρύπου είναι πολύ μεγάλη, τότε η ανώτερη αντλία θα αρχίσει να παράγει μίγμα πετρελαίου με νερό, τα οποία θα πρέπει να διαχωριστούν αυξάνοντας το κόστος λειτουργίας της μεθόδου.

10) Μέθοδος με υδραυλικά συστήματα.

Τα συστήματα αυτά βασίζονται στην τροποποίηση της πιεζομετρίας του υπόγειου νερού με σκοπό τη μεταβολή της κατεύθυνσης κίνησής του. Έτσι, συχνά γίνονται εκτεταμένες αντλήσεις σε κάποια περιοχή, ώστε να τροποποιηθεί το καθεστώς κίνησης του υπόγειου νερού και να μεταβληθεί η κατεύθυνση μετάδοσης της ρύπανσης.

Συχνά, μεταξύ της πηγής γένεσης της ρύπανσης και του σημείου εκμετάλλευσης του υπόγειου νερού κατασκευάζεται επίμηκες στραγγιστήριο στο οποίο συγκεντρώνεται το υπόγειο νερό που προέρχεται από την πηγή της ρύπανσης.

Ουσιαστικά, η περίπτωση αυτή βασίζεται επίσης στην αντιστροφή της κίνησης του υπόγειου νερού. Πράγματι πριν από την κατασκευή του στραγγιστηρίου, η κατεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού μεταξύ της θέσης του στραγγιστηρίου και του ταμιευτήρα ήταν από αριστερά προς τα

δεξιά και ευνοούσε την επέκταση της ρύπανσης προς τον ταμιευτήρα. Ενώ μετά την κατασκευή του στραγγιστηρίου η κατεύθυνση της κίνησης του υπόγειου νερού αναστράφηκε, με αποτέλεσμα τον περιορισμό επέκτασης της ρύπανσης προς τον ταμιευτήρα.

11) Μέθοδος με άντληση διαλυμένων ρύπων.

Κατά τη μέθοδο της άντλησης και απορρύπανσης υδροφορέων από διαλυμένους ρύπους που αναμειγνύονται με το νερό του υδροφορέα, το υπόγειο νερό αντλείται με σύστημα γεωτρήσεων και οδηγείται σε μονάδα επεξεργασίας για την απορρύπανσή του και τέλος επανατροφοδοτείται στον υδροφόρο ορίζοντα από άλλες γεωτρήσεις.

Η απορρύπανση των υπόγειων υδροφορέων από υγρούς ρύπους που είναι βαρύτεροι από το νερό και συνεπώς βυθίζονται χωρίς να αναμειγνύονται είναι δυσχερής

Τέτοιοι ρύποι είναι τα πυκνά πετρελαιοειδή (Dense Non-Aqueous Phase Liquids, DNAPLs), όπως οι χλωριωμένοι διαλύτες (τριχλωροαιθέριο-TCE, τετραχλωροαιθέριο-PERC), τα απόβλητα από τις ξυλουργικές βιομηχανίες (κρεόζοτο, πενταχλωροφαινόλη) τα εντομοκτόνα (DDT, Aldrin, Endrin) και άλλα.

12) Μέθοδος απορρύπανση υδροφορέων από βαρέα μέταλλα.

Η απορρύπανση υδροφορέων από βαρέα μέταλλα όπως υδράργυρος, μόλυβδος, συνήθως γίνεται μέσω των μεθόδων φυσικής εξασθένισης, με την προσρόφηση των ιόντων των βαρέων μετάλλων στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών και την ακινητοποίησή τους.

Η μέθοδος αυτή είναι αποτελεσματική και κυρίως δεν έχει κόστος. Μια άλλη μέθοδος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η απορρύπανση με εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος. Κατά τη μέθοδο αυτή, στον υδροφορέα εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού μέσω ηλεκτροδίων και τα βαρέα μέταλλα συλλέγονται κατά την άνοδο.

13) Μέθοδοι με διαφράγματα.

A) Κατακόρυφα περιμετρικά διαφράγματα.

Σε περίπτωση διαφυγής επικίνδυνων ή τοξικών ρύπων από κάποιο χώρο χρήσης ή αποθήκευσης προς το έδαφος, υπάρχει κίνδυνος ρύπανσης του υπόγειου νερού, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να μεταφέρει τους ρύπους προς τα κατάντη και να προκληθεί επέκταση της ρύπανσης.

Τυπική περίπτωση ρύπανσης αυτού του τύπου ήταν η διαφυγή ραδιενεργών ουσιών στο υπέδαφος. Το πιο γνωστό πυρηνικό ατύχημα είναι αυτό στο Chernobyl το Μάιο 1986.

Η τυπική διάταξη περιμετρικών διαφραγμάτων γίνεται για την απομόνωση του εδάφους που έχει ρυπανθεί από επικίνδυνα ή τοξικά απόβλητα. Οι περιπτώσεις αυτές είναι συνήθως και η κατασκευή βαθιών περιμετρικών διαφραγμάτων για την απομόνωση του εδάφους κάτω από τη θέση της διαρροής είναι η καλύτερη λύση.

Τα διαφράγματα πρέπει να φθάνουν μέχρι κάποιο αδιαπέραστο υπόστρωμα και συνήθως κατασκευάζονται με τους ακόλουθους τρόπους:

1. Συμβατικά διαφράγματα (πάχους 60-100 cm) με τμηματική εκσκαφή και αφαίρεση του εδαφικού υλικού. Η συγκράτηση των τοιχωμάτων της εκσκαφής και η αποφυγή καταπτώσεων συνήθως γίνεται με χρήση υδατικού αιωρήματος μπεντονίτη εντός της εκσκαφής.
2. Σύστημα αλληλοτεμνόμενων πασσάλων από σκυρόδεμα. Το σύστημα αυτό αποτελείται από έγχυτους φρεατοπασσάλους που εφάπτονται μεταξύ τους και συνεπώς είναι ελαφρά βαρύτερο από το νερό (10 kN/m³) η στάθμη του αιωρήματος εντός της εκσκαφής διατηρείται πάντοτε υψηλότερα από τη στάθμη του υπόγειου νερού στο έδαφος που συχνά υπάρχει και μικρή επικάλυψη των διατομών των πασσάλων για την εξασφάλιση της στεγανότητας.
3. Συστήματα διαφραγμάτων από προκατασκευασμένες μεταλλικές πασσαλοσανίδες, η στεγανότητα του οποίου βελτιώνεται με συστοιχία τσιμεντενέσεων ακριβώς ανάντη του διαφράγματος.
4. Συστήματα διαφραγμάτων που δημιουργείται μέσω της πήξης του υπόγειου νερού δια ψύξεως.

Τα διαδοχικά στάδια κατασκευής περιμετρικού διαφράγματος χρησιμοποιείται μόνον ως προσωρινό μέτρο απομόνωσης λόγω του κόστους διατήρησης της ψύξεως.

B) Οριζόντια διαφράγματα βάσης.

Η κατασκευή κατακόρυφων περιμετρικών διαφραγμάτων σε μια περιοχή που έχει ρυπανθεί περιορίζει τη δυνατότητα επέκτασης της ρύπανσης στην οριζόντια διεύθυνση.

Τα διαφράγματα αυτά συνήθως φθάνουν μέχρι το βάθος κάποιας οριζόντιας εδαφικής στρώσης με μικρή διαπερατότητα, η οποία εξασφαλίζει τη στεγανότητα του συστήματος έναντι επέκτασης της ρύπανσης με κίνηση των ρύπων στην κατακόρυφη διεύθυνση.

Εάν δεν υπάρχει κάποια πρακτικώς αδιαπέραστη εδαφική στρώση σε λογικό βάθος, μια λύση είναι η στεγάνωση της βάσης με τεχνητά μέσα. Οι μέθοδοι κατασκευής οριζόντιων στεγανωτικών διαφραγμάτων χωρίς αφαίρεση των υπερκείμενων εδαφικών υλικών είναι περιορισμένες, η στεγάνωση που προσφέρουν δεν είναι αξιόπιστη και επιπλέον έχουν υψηλό κόστος.

Γ) Διαπερατό φράγμα.

Η μέθοδος του διαπερατού φράγματος είναι ένας καινούργιος τρόπος ο οποίος χρησιμοποιείται για παθητική επιτόπου απορρύπανση των νερών του εδάφους. Η τεχνική αυτή βασίζεται στην απορρόφηση και καθίζηση των βαρέων μετάλλων και στην απορρόφηση και αποσύνδεση των οργανικών ενώσεων. Ο τρόπος απορρύπανσης των μολυσμένων περιοχών μπορεί να γίνει με την βοήθεια του διαπερατού φράγματος.

Οι αντιδραστήρες διαπερατού φράγματος κατασκευάζονται κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, κάθετα στην διεύθυνση ροής των υπόγειων πηγών. Οι μολυσματικές ουσίες απομακρύνονται από της πηγές μέσω γεωχημικών διαδικασιών. Το κόστος καθορίζεται από το κόστος εγκατάστασης του αντιδραστήρα και της συντήρησης κατά την διαδικασία της απορρύπανσης το οποίο έχει εκτιμηθεί ότι είναι μικρότερο κατά 50% σε σχέση με τις άλλες μεθόδους.

Ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για την κατασκευή και την εγκατάσταση του αντιδραστήρα του διαπερατού φράγματος πρέπει να περιλαμβάνει επί τόπου αναλύσεις σε συνδυασμό με διάφορα πειράματα που έχουν γίνει για να μπορούν να λαμβάνονται υπόψη όλες οι παράμετροι.

14) Μέθοδος φυσικής απομάκρυνσης.

Η φυσική απομάκρυνση του μολυσμένου εδάφους και των υπόγειων υδάτων υπήρξε, και συνεχίζει να είναι, μια κοινή πρακτική καθαρισμού. Ωστόσο, η σωματική απομάκρυνση δεν μπορεί να εξαλείψει την ρύπανση, αλλά τη μεταφέρει σε μια άλλη θέση. Σε ιδανικές περιπτώσεις, η άλλη θέση θα είναι μια εγκατάσταση που έχει σχεδιαστεί ειδικά για να περιέχουν αυτή τη ρύπανση για αρκετό χρονικό διάστημα.

Με τον τρόπο αυτό, η σωστή απομάκρυνση μειώνει τον κίνδυνο από την μείωση ή την κατάργηση των δυνατοτήτων για την έκθεση στη ρύπανση. Η απομάκρυνση της ρύπανσης και οι επιλογές ποικίλουν δραματικά για το έδαφος και τα υπόγεια ύδατα.

15) Μέθοδος βιολογικής αποκατάστασης.

Η μέθοδος της βιολογικής αποκατάστασης (bio-remediation) αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους απορρύπανσης των εδαφών και των υπόγειων υδροφορέων και βασίζεται στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών και την τελική μετατροπή τους σε αβλαβείς ουσίες μέσω της δράσης μικροοργανισμών.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται επί αρκετές δεκαετίες κατά την επεξεργασία των αστικών λυμάτων με συστήματα βιολογικής επεξεργασίας, ενώ η εφαρμογή της στην ελεγχόμενη αποδόμηση των οργανικών ρύπων του εδάφους και των υπόγειων υδάτων είναι πολύ πρόσφατη.

Κατά την τελευταία δεκαπενταετία, η μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί για την απορρύπανση εδαφών από πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες (polyaromatic hydrocarbons, PAH), πτητικές οργανικές ουσίες (όπως το γνωστό BTEX5) χλωριούχους οργανικούς ρύπους (όπως οτετραχλωράνθρακας, οι πενταχλωροφαινόλες - PCP και τα επίσης γνωστά PCBs6) και άλλες οργανικές ενώσεις.

Η βιολογική αποδόμηση των οργανικών ενώσεων γίνεται μέσω της δράσης μικροοργανισμών κυρίως βακτηριδίων και μυκήτων οι οποίοι αναπτύσσονται χρησιμοποιώντας τον άνθρακα και την ενέργεια που απελευθερώνεται κατά τον μεταβολισμό των οργανικών ουσιών δηλαδή κατά την αποσύνθεση .

Οι μικροοργανισμοί αποσυνθέτουν τις οργανικές ενώσεις χρησιμοποιώντας ως καταλύτες κατάλληλα ένζυμα πρωτεΐνες τα οποία παράγουν οι ίδιοι. Το τελικό προϊόν της αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών μέσω των μικροοργανισμών είναι ανόργανες ουσίες (διοξείδιο του άνθρακα και νερό) που συνήθως θεωρούνται λιγότερο επιβλαβείς από τις αρχικές ενώσεις, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ατελούς αποσύνθεσης παράγονται και άλλες απλές ενώσεις όπως μεθάνιο, υδρόθειο, νιτρικά και θειικά άλατα.

Για να συντελεσθεί η αποσύνθεση των οργανικών ουσιών μέσω μικροοργανισμών απαιτούνται οι εξής προϋποθέσεις:

α. Η παρουσία κατάλληλων μικροοργανισμών, δηλαδή μικροοργανισμών που παράγουν ένζυμα κατάλληλα για τον μεταβολισμό της συγκεκριμένης οργανικής ουσίας.

β. Η παρουσία οργανικών ουσιών οι οποίες με την αποσύνθεσή τους θα παράσχουν την απαιτούμενη ενέργεια στους μικροοργανισμούς για να αναπτυχθούν.

γ. Η παρουσία θρεπτικών ουσιών, όπως το άζωτο, ο φωσφόρος, το κάλιο, το θείο που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών.

δ. Η παρουσία δεκτών ηλεκτρονίων, δηλαδή ατόμων και ριζών τα οποία δέχονται τα ηλεκτρόνια που προκύπτουν κατά την οξειδωση των οργανικών ουσιών.

ε. Η παρουσία κατάλληλων συνθηκών για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών και συγκεκριμένα με κατάλληλη υγρασία, θερμοκρασία, pH και η απουσία ορισμένων χημικών ουσιών σε συγκεντρώσεις που είναι τοξικές για τους μικροοργανισμούς και τους καταστρέφουν.

Συνεπώς, οι τεχνολογίες βιολογικής αποκατάστασης έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν και να ενισχύσουν με ελεγχόμενο τρόπο τις ανωτέρω απαιτήσεις ώστε να συντελεσθεί η αποσύνθεση των οργανικών ουσιών που αποτελούν το ρυπαντικό φορτίο του εδάφους και του υπόγειου νερού.

Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη αφενός μεν η κατανόηση της λειτουργίας των μηχανισμών βιολογικής αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών, αφετέρου δε η ανάπτυξη της σχετικής τεχνολογίας ώστε θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε ορισμένες περιπτώσεις τα ενδιάμεσα προϊόντα της αποδόμησης των οργανικών ουσιών είναι εξίσου ή και περισσότερο επιβλαβή από τα αρχικά.

Συνεπώς, κατά την εφαρμογή των μεθόδων βιολογικής αποκατάστασης, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επίτευξη πλήρους αποδόμησης των ρύπων ώστε να αδρανοποιηθεί πλήρως το ρυπαντικό φορτίο.

Η μέθοδος της βιολογικής αποκατάστασης χρησιμοποιείται για την απορρύπανση υπόγειων υδροφορέων που βασίζονται στις ίδιες αρχές με την ανάλογη μέθοδο που χρησιμοποιείται για την απορρύπανση των εδαφών πάνω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα.

Η κύρια διαφορά οφείλεται στο ότι κάτω από τη στάθμη του υπόγειου ορίζοντα είναι δυσχερής ο αερισμός δηλαδή η παρουσία οξυγόνου, και συνεπώς υπάρχει κίνδυνος να συμβεί αναερόβια αποσύνθεση, η οποία καταλήγει στην παραγωγή μεθανίου και υδροθείου, που προσδίδουν άσχημη οσμή στο νερό.

Για το λόγο αυτό, στις περιπτώσεις που προβλέπεται να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος της βιολογικής αποκατάστασης υπόγειων υδροφορέων, χρησιμοποιείται τεχνητός αερισμός με την εισπύση αέρα μέσω βαθιών γεωτρήσεων.

Η μέθοδος αυτή σπανίως χρησιμοποιείται για την απορρύπανση υδροφορέων και αν χρησιμοποιείται γίνεται σε συνδυασμό με κάποια άλλη μέθοδο απορρύπανσης.

3.4. Προστασία από την επέκταση της ρύπανσης.

Οι τεχνολογίες προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης εδαφών και υδροφορέων αποτελούν ένα πολύ σημαντικό αντικείμενο της Περιβαλλοντικής μελέτης μέσω εφαρμογής υποπίεσης σε σύστημα γεωτρήσεων. Συμβάλλουν στην πρόληψη των δυσμενών περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την επέκταση της ρύπανσης.

Επιπλέον, το κόστος των συστημάτων προστασίας είναι σημαντικά μικρότερο τουλάχιστον κατά μια τάξη μεγέθους από το κόστος της αντίστοιχης απορρύπανσης.

Οι μέθοδοι προστασίας από την επέκταση της ρύπανσης εδαφών και υδροφορέων περιλαμβάνουν:

1. Συστήματα κάλυψης της επιφάνειας περιοχών που έχουν ρυπανθεί με σκοπό τον εγκιβωτισμό των ρύπων, ώστε αφενός μεν να μη διασπείρονται στο περιβάλλον με τη μορφή σκόνης, αφετέρου δε να περιορίζεται η κατείδυση των επιφανειακών υδάτων, γεγονός που μπορεί να καταλήξει στη ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής.
2. Κατακόρυφα περιμετρικά διαφράγματα με σκοπό τον περιορισμό της επέκτασης της ρύπανσης μέσω της κυκλοφορίας του υπόγειου νερού στην οριζόντια διεύθυνση.

3. Οριζόντια διαφράγματα βάσης, με σκοπό τον περιορισμό της επέκτασης της ρύπανσης μέσω της κίνησης των ρύπων στην κατακόρυφη διεύθυνση.
4. Συστήματα σταθεροποίησης-στερεοποίησης του εδάφους που έχει ρυπανθεί μέσω ανάμειξής του με υδραυλικά κονιάματα όπως τσιμέντο, άσβεστο, πολυμερή, ασφαλτικά υλικά με έντονη θερμότητα.
5. Υδραυλικά συστήματα, όπως συστήματα αναστροφής της διεύθυνσης κίνησης του υπόγειου νερού κυρίως μέσω εκτεταμένων αντλήσεων, με σκοπό να αποφευχθεί η επέκταση της ρύπανσης προς περιοχές που πρέπει να προστατευθούν.

Οι μέθοδοι αυτές δεν αφορούν τα μέτρα προστασίας που λαμβάνονται για τον εγκιβωτισμό του ρυπαντικού φορτίου των αποβλήτων πριν από την απόθεσή τους σε “χωματερές” όπως στεγανωτικές στρώσεις του πυθμένα, συστήματα τελικής κάλυψης.

Η κάλυψη της επιφάνειας εδαφών που έχουν ρυπανθεί είναι ίσως ηαπλούστερη και φθηνότερη μέθοδος περιβαλλοντικής αποκατάστασης περιοχών που έχουν ρυπανθεί, αν και είναι προφανές ότι αποτελεί προσωρινό μέτρο κάλυψης του προβλήματος, παρά τρόπο αποτελεσματικής αντιμετώπισής του.

Η περιοχή καλύπτεται συνήθως με ασφαλτικά υλικά, σκυρόδεμα ή ακόμη και καθαρό έδαφος. Συχνά κάτω από τις στρώσεις αυτές τοποθετείται συνθετική γεω-μεμβράνη για τον περιορισμό της κατείσδυσης επιφανειακών υδάτων και της ανάβλυσης αερίων από το έδαφος.

Το είδος και το πάχος της σφραγιστικής στρώσης κάλυψης θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε οι ρίζες των δένδρων να μην εισέρχονται στο έδαφος που έχει ρυπανθείκαι επιπλέον να μην υπάρχει κίνδυνος να αποκαλυφθεί το έδαφος που έχει ρυπανθεί σε περίπτωση εκσκαφών για την τοποθέτηση δικτύων κοινής ωφέλειας, θεμελίωσης έργων.

Τέλος, κατά το σχεδιασμό των συστημάτων κάλυψης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η πιθανή ανύψωση του υπόγειου ορίζοντα και συνεπώς η μεταφορά ρύπων μέσω του υπόγειου νερού, το ύψος της τριχοειδούς ανύψωσης του υπόγειου νερού αλλά και οι πιθανές υποχωρήσεις της επιφάνειας λόγω πλημμελούς συμπίκνωσης του υποκείμενου εδάφους ιδιαίτερα στην περίπτωση που εκτιμάται ότι η βλάστηση αυτή μπορεί να εισέλθει στην τροφική αλυσίδα των ανθρώπων.

Για την άμβλυση των κλιματικών αλλαγών οι παρεμβάσεις επικεντρώνονται στη βελτίωση του ισοζυγίου των αερίων θερμοκηπίου κυρίως μέσω της μείωσης των εκπομπών οξειδίων του αζώτου και της αύξησης της φυτικής μάζας για την μείωση του CO₂ της ατμόσφαιρας. Στην επίτευξη αυτού του στόχου θα συμβάλλει το σύνολο των παρεμβάσεων για την προστασία του εδάφους και των νερών καθώς και αυτά που αφορούν την βελτίωση της οικολογικής σταθερότητας των δασών, ενώ ενδυναμώνονται από την προώθηση της καλλιέργειας ενεργειακών φυτών.

Οι πιο σημαντικές επιπτώσεις είναι οι εξής:

1. Αλλαγές στα μικρά και μεγάλα οικοσυστήματα.
2. Εξάπλωση των ασθενειών που σχετίζονται με το νερό.
3. Απότομες αυξομειώσεις της ροής των ποταμών.
4. Αλλαγές στην ποιότητα του νερού και των ιζημάτων.
5. Κίνδυνοι πλημμυρών.
6. Αλλαγές συνθηκών για ψάρεμα, καλλιέργεια, μεταφορά και άλλες οικονομικές δραστηριότητες.
7. Υποχρεωτική μεταφορά του πληθυσμού.
8. Σεισμική δραστηριότητα.
9. Παρεμπόδιση στις μετακινήσεις των πληθυσμών των ψαριών και άλλων οργανισμών.

3.5. Προστασία των υδατικών πόρων

Για την προστασία των υδατικών πόρων οι παρεμβάσεις θα επικεντρωθούν κυρίως σε περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ευπρόσβλητες στα νιτρικά και στα υγροτοπικά συστήματα με την προώθηση πρακτικών καλλιέργειας που θα συμβάλλουν στη μείωση των εισροών των λιπασμάτων, φυτοφάρμακων.

Οι παρεμβάσεις για την προστασία των υδατικών πόρων ενδυναμώνονται από τις αντίστοιχες παρεμβάσεις για την προστασία του εδάφους όπως η βιολογική γεωργία συμβάλλει στη μείωση της χημικής ρύπανσης των νερών, η δάσωση συμβάλλει στον εμπλουτισμό του υπόγειου υδροφορέα, καθώς και τα μέτρα που πρέπει να πάρουμε, όπως εκσυγχρονισμός αρδευτικών δικτύων, ταμειυτήρες.

Μέτρο	Υπομέτρο	Δράση
Γεωργοπεριβαλλοντικές ενισχύσεις	Γεωργοπεριβαλλοντικές δράσεις για την προστασία των υδάτινων πόρων	Προστασία των ευαίσθητων στα νιτρικά περιοχών
		Προστασία υδροτοπικών συστημάτων
		Ολοκληρωμένη Διαχείριση στην παραγωγή προϊόντων που δεν προορίζονται για τη διατροφή του ανθρώπου

Πινάκας 2: Προστασία των υδατικών πόρων.

3.6. Επιλογή τεχνικών απορρύπανσης μολυσμένων περιέχων.

Η σωστή επιλογή της κατάλληλης μεθόδου απορρύπανσης που θα εφαρμοστεί σε μια ρυπασμένη περιοχή είναι αρκετά δύσκολη διαδικασία. Ποιο συγκεκριμένα κατά την διαδικασία της επιλογής μια μεθόδου απορρύπανσης για να έχει η εφαρμογή τα βέλτιστα αποτελέσματα θα πρέπει να μελετούνται οι εξής παράγοντες:

- Οι αρχές και οι αιτίες εφαρμογής καθώς και οι στόχοι της μεθόδου απορρύπανσης.
- Η εκτίμηση της επικινδυνότητας της ρύπανσης.
- Οι απόψεις των ανθρώπων που επηρεάζονται από την εφαρμογή της μεθόδου απορρύπανσης.
- Το κόστος της εφαρμογής.
- Η τεχνική αποτελεσματικότητα της μεθόδου.

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι λόγοι εφαρμογής μιας μεθόδου απορρύπανσης είναι ένας από τους παρακάτω:

- Να προστατευτεί η ανθρωπινή υγεία και το περιβάλλον. Για αυτό και η νομοθεσία επιβάλλει άμεση απορρύπανση των περιοχών που παρουσιάζουν κίνδυνο για την ανθρωπινή υγεία ή απειλούν άλλους αποδέκτες της περιοχής.
- Να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των ήδη κατεστραμμένων περιοχών, που πραγματοποιείται κυρίως για οικονομικούς λόγους.
- Να αύξηση την αξία μια ρυπασμένης περιοχής μέσω της καθαρότητας του εδάφους.

Κύριος στόχος δεν είναι μόνο η απορρύπανση των μολυσμένων εδαφών και υπόγειων νερών αλλά κυρίως η πρόσληψη και η αποφυγή της ανάπτυξης της ρύπανσης.

Κεφάλαιο 4

4.1. Σημασία υδατικών πόρων.

Παρόλο που η Γη ονομάζεται γαλάζιος πλανήτης, το 97,5% του νερού έχει πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα, με αποτέλεσμα να μην είναι κατάλληλο για χρήση από τον άνθρωπο. Από το υπόλοιπο 2,5%, μεγάλο ποσοστό (περίπου 80%) σχηματίζει τα παγόβουνα της Αργεντινής και τις Γροιλανδίας, τα οποία είναι απαραίτητα για τη διατήρηση του κλίματος της Γης. Από το υπόλοιπο 20%, μόνο το 1% ανήκει στα επιφανειακά ύδατα, ενώ το περισσότερο βρίσκεται στους υπόγειους υδροφορείς.

Από το νερό που καταναλώνει ο άνθρωπος παγκοσμίως, το 65% χρησιμοποιείται στη γεωργία, το 25% στη βιομηχανία και μόλις το 10% στην οικιακή κατανάλωση. Όσον αφορά στην οικιακή κατανάλωση του νερού, το 30% χρησιμοποιείται για προσωπική υγιεινή, το 30% για πλυντήρια και πλυντήρια πιάτων, το 35% στο καζανάκι της τουαλέτας και μόνο το 5% για πόση και μαγείρεμα. Στο δυτικό κόσμο (Ευρώπη, Αμερική) για τις οικιακές χρήσεις καταναλώνονται περίπου 150 λίτρα νερού κατά άτομο, καθημερινά.

4.2. Ρύπανση πόσιμου νερού.

Το πόσιμο νερό είναι και θα έπρεπε να είναι το καλύτερο ελεγχόμενο μέσο διατροφής. Η νομοθεσία προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών, που επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στο πόσιμο νερό, ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, που απαιτούνται σε σχέση με το πιο σημαντικό για τη ζωή μας αγαθό.

Η τεχνολογία που διατίθεται σε αρκετές χώρες είναι σε θέση να ανιχνεύει στο νερό τα ιχνοστοιχεία, που βρίσκονται σε συγκεντρώσεις του δισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο.

Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, περίπου 1.200 χημικά είδη, που περιέχουν 230 δραστικές ουσίες κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ως φυτοφάρμακα, λιπάσματα ή ζιζανιοκτόνα. Πολλά από τα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και γι' αυτό εξαιρετικά επικίνδυνα, όταν καταλήγουν στο νερό.

Το όριο που έχει υιοθετηθεί για την περιεκτικότητα σε φυτοφάρμακα είναι 0,5 μικρογραμμάρια (εκατομμυριοστό του γραμμαρίου) ανά λίτρο συνολικά, και ειδικά για ορισμένα οργανοχημικά (τα ίδια ή τα προϊόντα αποικοδόμησής τους είναι ιδιαίτερα τοξικά) το όριο είναι το 0,1 μικρογραμμάρια ανά λίτρο.

Οι νιτρικές ενώσεις στα νερά προέρχονται, συνήθως, από τη χρήση λιπασμάτων και την απόρριψη λυμάτων και ιλύος. Οι νιτρικές ενώσεις είναι ουσίες, που υπάρχουν στη φύση. Η μακροχρόνια κατανάλωση αυτών των ουσιών μέσω της τροφικής αλυσίδας μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία.

4.3. Στάδια επεξεργασίας ύδατος.

Το νερό που φτάνει στους ταμιευτήρες είναι ακατέργαστο. Περιέχει διάφορα στερεά όπως κλαδιά, χώμα και λάσπη που έχει παρασύρει κατά το πέρασμά του, όπως επίσης περιέχει μικρόβια και μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατοί με γυμνό μάτι.

Το νερό το οποίο υποβάλλεται σε διαφορά στάδια επεξεργασίας όπως κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, απολύμανση, απαλλάσσεται από τα παραπάνω στοιχεία. Ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων στην επεξεργασία του νερού:

1^ο στάδιο: Προσθήκη χλωρίου και απολύμανση. Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.

2^ο στάδιο: Προσθήκη θειικού αργιλίου και διαύγαση. Το διάλυμα του θειικού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, (κροκίδες) να κατακαθίσουν. Η όλη διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση. Η κροκίδωση συντελείται σε δύο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) και με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουσή του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών).

3^ο στάδιο: Δεξαμενή καθίζησης. Σε αυτή τη δεξαμενή το νερό ηρεμεί και τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

4^ο στάδιο: Φίλτρα καθαρισμού (αμμόφιλτρα). Τα πολύ ελαφρά σωματίδια και τα κολλοειδή (20%) που δεν καθιζάνουν, κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό για να δοθεί στην κατανάλωση.

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την έξοδο του νερού από τις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης.

Σχεδόν όλα τα προβλήματα σε έναν ταμειυτήρα νερού είναι κοινά και σχετίζονται με τα θέματα όπως :

- ποσότητα - υπάρχει πολύ λίγο ή πάρα πολύ νερό,
- την ποιότητα - το νερό είναι πολύ υποβαθμισμένο (ρύπανση) για παρέχεται ως πόσιμο νερό, χρησιμοποιείται για άρδευση γεωργικών ή βιομηχανικών σκοπών.

Το πρόβλημα που έχει η σχέση με την ποσότητα του νερού δηλαδή αν είναι πολύ λίγο ή παρά πολύ είναι αποτέλεσμα είτε περιορισμένων βροχοπτώσεων και υπερβολικής χρήσης νερού είτε η ποσότητα είναι μεγάλη και εκδηλώνεται με πλημμύρες. Λύσεις σε αυτά τα προβλήματα είναι είτε η μείωση του τρεχούμενου νερού επομένως η χρήση του να είναι πιο μειωμένη είτε να υπάρξει ανάπτυξη του χώρου που αποθηκεύεται το νερό ή να εξέρχεται στην πιο κοντινή πηγή αντίστοιχα.

Το πρόβλημα της ποιότητας του νερού βασίζεται συνήθως σε ζητήματα ρύπανσής των υδάτων. Σημαντικοί ρύποι των νερών περιλαμβάνουν μια ποικιλία από οργανικές και ανόργανες χημικές ουσίες, όπως βαρέα μέταλλα και βιομηχανικές ενώσεις. Μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ανθρώπινη υγεία ή να παρεμποδίσουν με τη βιομηχανική ή γεωργική χρήση του νερού.

Εάν το επίπεδο του ρύπου υπερβαίνει το αποδεκτό επίπεδο για την συγκεκριμένη χρήση (π.χ. οικιακές ή βιομηχανικές παροχές νερού) το νερό δεν θεωρείται ασφαλές και είναι υποβαθμισμένο για την αντίστοιχη χρήση του.

4.4. Έλεγχος ποιότητας νερού.

Το νερό που φεύγει από τα διυλιστήρια για διανομή στην κατανάλωση είναι νερό ασφαλές και πόσιμο, ενώ πληρή τους όρους των σχετικών υγειονομικών διατάξεων.

Το νερό της Ελλάδας είναι αρίστης ποιότητας. Θεωρείται από τα καλύτερα της Ευρώπης, αν σκεφτούμε ότι στην Ευρώπη ως πόσιμο νερό χρησιμοποιείται κατά κόρον το εμφιαλωμένο.

Πόσιμο νερό χαρακτηρίζεται το νερό που είναι καθαρό από φυσική, χημική, βιολογική και μικροβιολογική άποψη και μπορεί να καταναλώνεται χωρίς να κινδυνεύει η υγεία του ανθρώπου. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άχρωμο, άοσμο, δροσερό και με ευχάριστη γεύση.

Δεν πρέπει να έχει μεγάλη σκληρότητα γιατί αυτή προκαλεί δυσκολίες στην καθημερινή αλλά και τη βιομηχανική του χρήση.

Δεν πρέπει να περιέχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών, βαρέων μετάλλων ούτε και παθογόνα παράσιτα ή μικρόβια. Η θερμοκρασία του νερού πρέπει να είναι σταθερή στους 10-15 βαθμούς °C (Κελσίου).

Κατά τον ποιοτικό έλεγχο του νερού ερευνώνται βασικά τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Οσμή – Γεύση – Χρώμα
- Θολότητα
- Θερμοκρασία
- Αλκαλικότητα - Οξύτητα – pH
- Μικρόβια
- Σκληρότητα
- Ερευνώνται εκτάκτως επίσης διάφορες ενώσεις χημικές, χλωριούχες, θειικές κτλ.

Έχουν σημειωθεί διαρθρωτικές ελλείψεις σε δεξαμενές οι οποίες οδηγούν στην άμεση μόλυνση του νερού με παθογόνους μικροοργανισμούς. Επίσης μπορεί να σχηματιστούν ιζήματα λόγω χαμηλών ταχυτήτων ροής στις δεξαμενές τα οποία είναι επικίνδυνα για την υγεία.

Προσοχή πρέπει να δίνεται και στην στάθμη των νερών γιατί όταν μειώνεται πολύ συσσωρεύονται τα ιζήματα όπου είναι δύσκολο να αφαιρεθούν και έχουν μεγαλύτερη επίδραση στο υπολειμματικό απολυμαντικό και γενικά έχουν μικροβιακή δραστηριότητα σε σχέση με τη δεξαμενή. Επίσης το νερό μπορεί να υποστεί μόλυνση από πετρώματα τα οποία μπορεί να βρίσκονται εκεί καθώς και από την κακή διαχείριση του συστήματος.

Η διαχείριση του νερού, η ζήτηση και η εφαρμογή των μέτρων εξοικονόμησης νερού μπορούν να παρέχουν ταχεία και μακράς διάρκειας λύσεις. Ωστόσο, αυτά τα μέτρα μπορεί να είναι και ανεπαρκής, όπου τότε η υποδομή πρέπει να ενισχυθεί, ή να γίνει κάποια πρόσθετη επισκευή, για την πρόληψη διαρροών και της σπατάλης στο σύστημα διανομής.

4.5. Καθαρισμός πόσιμου νερού

Ένα νερό χαρακτηρίζεται πόσιμο όταν η περιεκτικότητά του σε ξένες ουσίες είναι κάτω από τα επιτρεπτά όρια όπως αυτά ορίζονται από τις εκάστοτε ισχύουσες υγειονομικές διατάξεις



Εικόνα 14: ρυπασμένο πόσιμο νερό.

Οι ανάγκες του πληθυσμού για πόσιμο νερό αυξάνονται μέρα με την μέρα ανάλογα με την αύξηση του βιοτικού επιπέδου. Οι ανάγκες αυτές καλύπτονται στο μεγαλύτερο μέρος τους από επιφανειακά νερά δηλαδή τα ποτάμια και τις λίμνες.

Τα γλυκά νερά κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με την επεξεργασία που απαιτείται ώστε να είναι κατάλληλα για οικιακή χρήση. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

1. Νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από συνήθη φυσική επεξεργασία και απολύμανση.
2. Νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από συνήθη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση.
3. Νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από προχωρημένη φυσική επεξεργασία και απολύμανση.

Συνοπτικά οι κυριότερες διεργασίες καθαρισμού του πόσιμου νερού είναι:

- Αερισμός γίνεται με σκοπό την απομάκρυνση πτητικών ουσιών και οσμών. Γίνεται φυσικά με πρόκληση τυρβώδους ροής ή τεχνητά με την διαβίβαση φυσαλίδων στις δεξαμενές.
- Διήθηση πραγματοποιείται με διέλευση του νερού από αμμόφιλτρα που αποτελούνται από διαδοχικά στρώματα λεπτού χαλικιού, χονδρής και λεπτής άμμου. Σκοπός είναι η συγκράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων και η βιολογική αποικοδόμηση οργανικών ενώσεων.

- Κατακάθιση γίνεται με σκοπό την καθίζηση ιόντων μετάλλων, σωματίδια με λεπτό διαμερισμό και την εν μέρει απομάκρυνση των μικροοργανισμών. Η διεργασία πραγματοποιείται σε μεγάλες δεξαμενές με την προσθήκη θειικού αργιλίου ή χλωριούχου σιδήρου ,έχουμε ρύθμιση του pH. και ικανό χρόνο παραμονής.
- Οζονίωση, με αυτή την μέθοδο επιτυγχάνεται η απομάκρυνση των δυσάρεστων οσμών και γεύσης. Σκοπός η απολύμανση και οξειδωση τοξικών οργανικών μορίων από το νερό. Η οζονίωση γίνεται σε πύργους οι όποιοι γεμίζουν με αδρανές υλικό πλήρωσης.
- Προσρόφηση σε άνθρακα είναι η διέλευση από φίλτρα ενεργού άνθρακα μετά την οζονίωση και έχει στόχο την πλήρη απομάκρυνση των οργανικών ενώσεων από το νερό, τα φίλτρα του ενεργού άνθρακα έχουν ευρέα εφαρμογή στις περιπτώσεις που το φορτίο έχει μεγάλο τοξικό φορτίο όπως τα φυτοφάρμακα και οι φαινόλες. Η διεργασία γίνεται σε πύργους οι όποιοι γεμίζουν με ενεργό άνθρακα σαν υλικό πλήρωσης.
- Η χλωρίωση χρησιμοποιείται για αποστείρωση του νερού, δηλαδή για καταστροφή των διαφόρων μικροοργανισμών αλλά και σαν οξειδωτικό σε νερά πλούσια σε υδρόθειο, νιτρώδη άλατα, δισθενών ιόντων μαγγανίου και σιδήρου. Η μέθοδος αυτή δημιουργεί δυσοσμία λόγω σχηματισμού χλωραμινών, αυτός είναι και ο λόγος που συνδικάζεται προσρόφηση στον άνθρακα.
- Ακτινοβολία χρησιμοποιείται όπως και η χλωρίωση για αποστείρωση, έχει όμως το πλεονέκτημα ότι δεν δημιουργεί τοξικές ενέσεις και δυσοσμία, αφού δεν αφήνει υπολείμματα.



Εικόνα 15: Πόσιμο νερό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. SESOIL in Environmental Fate and Risk Modeling, Marc Bonazountas, David M. Hetrick, Paul T. KostECKI, Edward J. Calabrese.
- [2]. Groundwater Systems Planning and Management, Robert Willis, William W-G. Yeh, Prentice-Hall, Inc.
- [3]. Principles of Groundwater Engineering, William Walton
- [4]. Στοιχεία Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής, Μ. Καββαδάς, Μ. Πανταζίδου, ΕΜΠ, 2004.
- [5]. <http://www.europa.eu.int/eur-lex/el/index.html>
- [6]. KWANGJU Institute of Science and Technology, Soil Environment Lab, Korea.
- [7]. Freeze R.A. and J.A. Cherry (1979) "Groundwater", Prentice Hall.
- [8]. Hughes G.M., Landon R.A. and Farvolden R.N (1971) "Hydrogeology of solid waste disposal sites in northeastern Illinois", USEPA Solid Waste Management Series, SW-12d.
- [9]. Morris D.A. and Johnson A.I. (1967) "Summary of hydrologic and physical properties of rock and soil materials", as analysed by the Hydrologic Laboratory of the U.S. Geological Survey, 1948-1960, USGS Water Supply paper 1839-D.
- [10]. Quinlan J.F and Ewers R.O. (1985) "Groundwater flow in limestone terrains: strategy rationale and procedure for reliable, efficient monitoring of groundwater in karst areas". Proc. 5th National Symp and Exp. on Aquifer Restoration and Groundwater Monitoring, National Water Well Association, pp 197-234.

- [11]. Risk Assessment for Contaminated Sites in Europe volume 2 policy frameworks
- [12]. [http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5149/3/Nimertis_Tzovolou\(chem\).pdf](http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/bitstream/10889/5149/3/Nimertis_Tzovolou(chem).pdf)
- [13]. <http://users.ntua.gr/kavvadas/Books/Env%20Geotechnics/Ch-8.pdf>
- [14]. <http://blog-sta-thrania.pblogs.gr/rypansh.html>
- [15]. http://www.unep.or.jp/ietc/publications/short_series/lakereservoirs-1/6.asp
- [16]. http://www.e-yliko.gr/htmls/perivallon/kallisto_files_/edafos.pdf
- [17]. http://www.euwfd.com/html/lakes_and_reservoirs.html
- [18]. http://www.slb.com/services/industry_challenges/deep_water/technology/characterization/reservoir_extent.aspx
- [19]. http://www.civ.uth.gr/lessons/87/lectures/Reservoir_Water_Quality.pdf
- [20]. http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_9.pdf
- [21]. <http://users.ntua.gr/kavvadas/Books/Env%20Geotechnics/Ch-8.pdf>
- [22]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Reservoir>
- [23]. <http://postgrasrv.hydro.ntua.gr/gr/edmaterial/education/pantazidou/TexnologiesApokatastasis.pdf>
- [24]. http://www.kee.gr/perivallontiki/teacher4_5.html
- [25]. Εικόνες :
- http://www.google.gr/search?q=eikones+limnes+kai+tamieutires&hl=el&prmd=imvns&source=lnms&tbm=isch&ei=896TT-_cA4_qOcaNtYkE&sa=X&oi=mode_link&ct=mode&cd=2&ved=0CA4Q_AUoAQ&biw=1280&bih=641&sei=9d6TT7y4LoyhOvC5hlwE#hl=el&tbm=isch&sa=X&ei=9t6TT7a-EcaWOqOx8ZIE&ved=0CDkQBSgA&q=%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B5%CF%82+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CF%84%CE%B1%CE%BC%CE%B9%CE%B5%CF%85%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82&spell=1&bav=on.2,or.r_gc.r_pw.r_qf.,cf.osb&fp=387e493d09d2be20&biw=1280&bih=641

- http://www.google.gr/search?q=reservoirs&hl=el&prmd=imvns&tbn=isc&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=qeCTT8-MB83oOebLxfgD&sqi=2&ved=0CGUQsAQ&biw=1280&bih=641&sei=_eCTT6TDBoOcOork9PQD

Παράρτημα

Νομοθεσία περί υδάτων.

Εθνική Νομοθεσία :

- Υ.Α. οικ. 1811/2011 (ΦΕΚ 3322/Β`/30.12.2011) Ορισμός ανώτερων αποδεκτών τιμών για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια ύδατα, σε εφαρμογή της παραγράφου 2 του άρθρου 3 της υπ αριθμ 39626/2208/Ε130/2009 κοινής υπουργικής απόφασης (2075/Β).
- Υ.Α. Η.Π. 51354/2641/Ε103/2010 (ΦΕΚ 1909/Β`/8.12.2010) Καθορισμός Προτύπων Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) για τις συγκεντρώσεις ορισμένων ρύπων και ουσιών προτεραιότητας στα επιφανειακά ύδατα, σε συμμόρφωση προς τις διατάξεις της οδηγίας 2008/105/ ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2008 «σχετικά με Πρότυπα Ποιότητας Περιβάλλοντος (ΠΠΠ) στον τομέα της πολιτικής των υδάτων και σχετικά με την τροποποίηση και μετέπειτα κατάργηση των οδηγιών του Συμβουλίου 82/176/ΕΟΚ, 83/513/ΕΟΚ, 84/156/ΕΟΚ, 84/491/ΕΟΚ και 86/280/ΕΟΚ και την τροποποίηση της οδηγίας 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου», καθώς και για τις συγκεντρώσεις ειδικών ρύπων στα εσωτερικά επιφανειακά ύδατα και άλλες διατάξεις
- Αποφ. 30/οικ. 2885/2010 (ΦΕΚ 1079/Β`/15.7.2010) Καθορισμός χρήσεων επιφανειακών υδάτων και ειδικών όρων για τη διάθεση λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων σε κάθε αποδέκτη του Ν. Θεσσαλονίκης.
- Υ.Α. 20488/2010 (ΦΕΚ 749/Β`/31.5.2010) Καθορισμός ποιοτικών περιβαλλοντικών προτύπων στον ποταμό Ασωπό και οριακών τιμών εκπομπών υγρών βιομηχανικών αποβλήτων στη λεκάνη απορροής του Ασωπού.
- Υ.Α. Δ.ΥΓ2/Γ.Π.οικ. 133551/2008 (ΦΕΚ 2089/Β`/9.10.2008) Τροποποίηση της περίπτωσης (γ) της παρ. 1 του άρθρου 8 της υπ αριθμ. Ε1β/221/65 Υγειονομικής διάταξης.
- Υ.Α. ΔΥΓ2/Γ.Π. οικ 38295/2007 (ΦΕΚ 630/Β`/26.4.2007) Τροποποίηση της Υγειονομικής Διάταξης κοινής υπουργικής απόφασης Υ2/2600/2001 «Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης», σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998.
- Κ.Υ.Α 12044/613/2007 (ΦΕΚ 376/Β`/19.3.2007) Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες, λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων

- ουσιών, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2003/105/EK «για τροποποίηση της οδηγίας 96/82/EK του Συμβουλίου για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζομένων με επικίνδυνες ουσίες» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16ης Δεκεμβρίου 2003. Αντικατάσταση της υπ αριθμ. 5697/590/2000 κοινής υπουργικής απόφασης (405/B/29.3.2000)
- Π.Δ. 51/2007 (ΦΕΚ 54/A`/8.3.2007) Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/EK «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000.
 - Υ.Α. ΔΥΓ2/53320/2006 (ΦΕΚ 1255/B`/8.9.2006) Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη).
 - Υ.Α. ΔΥΓ2/31265/2006 (ΦΕΚ 1221/B`/5.9.2006) (Σχετ: 65414) Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη).
 - Υ.Α. ΔΥΓ2/26414/2006 (ΦΕΚ 1132/B`/21.8.2006) Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την υπ αριθμ. Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση για την «ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» (Υγειονομική διάταξη) .
 - Υ.Α. Η.Π. 4641/232/2006 (ΦΕΚ 168/B`/13.2.2006) Καθορισμός τεχνικών προδιαγραφών μικρών χώρων υγειονομικής ταφής αποβλήτων σε νησιά και απομονωμένους οικισμούς κατ εφαρμογή του άρθ. 3 παρ. 4 σε συνδυασμό με το άρθ. 20 (παράρτημα Ι) της υπ αριθ. 29407/3508/2002 κοινής υπουργικής απόφασης «Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων» (1572/B).
 - Υ.Α. Δ.ΥΓ2/5932/2006 (ΦΕΚ 141/B`/7.2.2006) Χορήγηση παρεκκλίσεων σύμφωνα με την Υ2/2600/2001 κοινή υπουργική απόφαση «για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης»
 - Υ.Α. Η.Π. 35308/1838/2005 (ΦΕΚ 1416/B`/12.10.2005) Ειδικό Πρόγραμμα μείωσης της ρύπανσης των νερών της λίμνης Κορώνειας από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στο Παράρτημα Ι παραγ. Β του άρθ. 6 της υπ αριθ. 2/1-2-2001 Πράξης Υπουργικού Συμβουλίου «Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο ΙΙ της Οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976» (15/A), όπως τροποποιήθηκε με την υπ αριθ. 50388/2003 κοινή υπουργική απόφαση (1866/B).

- Ν. 3393/2005 (ΦΕΚ 242/Α`/4.10.2005) Κύρωση της Σύμβασης για την αστική ευθύνη για ζημία ρύπανσης από πετρέλαιο κίνησης, 2001
- Υ.Α. 50388/2704/Ε103/2003 (ΦΕΚ 1866/Β`/12.12.2003) Τροποποίηση και συμπλήρωση της Πράξης Υπουργικού Συμβουλίου 2/1.2.2001 «καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976 (Α/15)»
- Ν. 3199/2003 (ΦΕΚ 280/Α`/9.12.2003) Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000
- Υ.Α. 48392/939/2002 (ΦΕΚ 405/Β`/3.4.2002) Συμπλήρωση της 19661/1982/99 κοινής υπουργικής απόφασης «τροποποίηση της 5673/400/97 κοινής υπουργικής απόφασης...κ.λπ.» (Β/192) - Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθ. 5 (παρ. 1) της απόφασης αυτής (Β/1811) και ειδικότερα του άρθ. 2 (παρ. Β) αυτής
- Ν. 3022/2002 (ΦΕΚ 144/Α`/19.6.2002) Κύρωση των τροποποιήσεων της Σύμβασης της Βαρκελώνης του 1976 «για την προστασία της Μεσογείου Θάλασσας από τη ρύπανση» και των τροποποιήσεων του πρωτοκόλλου του 1980 «για την προστασία της Μεσογείου Θάλασσας από τη ρύπανση από χερσαίες πηγές»
- Κ.Υ.Α Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892/Β`/11.7.2001) Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998
- Υ.Α. οικ. 4859/726/2001 (ΦΕΚ 253/Β`/9.3.2001) Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδατικού περιβάλλοντος από απορρίψεις και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο ΙΙ της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976
- Π.Υ.Σ. 2/2001 (ΦΕΚ 15/Α`/2.2.2001) Καθορισμός των κατευθυντήριων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον Κατάλογο ΙΙ της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976
- Κ.Υ.Α οικ. 5697/590/2000 (ΦΕΚ 405/Β`/29.3.2000) Καθορισμός μέτρων και όρων για την αντιμετώπιση των κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης σε εγκαταστάσεις ή μονάδες λόγω της ύπαρξης επικίνδυνων ουσιών
- Υ.Α. 19661/1982/1999 (ΦΕΚ 1811/Β`/29.9.1999) Τροποποίηση της 5673/400/97 κοινής υπουργικής απόφασης «Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων» (Β/192) - Κατάλογος ευαίσθητων περιοχών για τη διάθεση αστικών λυμάτων σύμφωνα με το άρθ. 5 (παρ. 1) της απόφασης αυτής

- Υ.Α. οικ. 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β`/14.3.1997) Μέτρα και όροι για την επεξεργασία αστικών λυμάτων
- Π.Δ. 68/1995 (ΦΕΚ 48/Α`/7.3.1995) Αποδοχή τροποποιήσεων των παραρτημάτων της Διεθνούς Σύμβασης 1972 «περί προλήψεως ρυπάνσεως της θάλασσης εξ απορρίψεως καταλοίπων και άλλων υλών άλλων τινών διατάξεων»
- Υ.Α. 90461/2193/1994 (ΦΕΚ 843/Β`/11.11.1994) Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 12 της υπ αριθ. 55648/2210/91 κοινής Υπουργικής απόφασης «μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα» (323/Β)
- Ν. 2252/1994 (ΦΕΚ 192/Α`/18.11.1994) Κύρωση Διεθνούς Σύμβασης «για την ετοιμότητα, συνεργασία και αντιμετώπιση της ρύπανσης της θάλασσας από πετρέλαιο, 1990» και άλλες διατάξεις.
- Π.Υ.Σ. 255/1994 (ΦΕΚ 123/Α`/21.7.1994) Συμπλήρωση του παραρτήματος του άρθρου 6 της υπ αριθ. 73/29-6-90 πράξης Υπουργικού Συμβουλίου «καθορισμός των κατευθυντηρίων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικινδύνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο Ι του παραρτήματος Α του άρθρου 6 της υπ αριθ. 144/2-11-87 πράξης του Υπουργικού Συμβουλίου (197/Α/87)
- Υ.Α. 77119/4607/1993 (ΦΕΚ 532/Β`/6.7.1993) Τροποποίηση και συμπλήρωση της κ.υ.α 18187/272/88 «καθορισμός μέτρων και περιορισμών για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες (126/Β)»
- Υ.Α. 55648/2210/1991 (ΦΕΚ 323/Β`/13.5.1991) Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος και ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών των επικίνδυνων ουσιών στα υγρά απόβλητα
- Π.Υ.Σ. 73/1990 (ΦΕΚ 90/Α`/11.7.1990) Καθορισμός των κατευθυντηρίων και οριακών τιμών ποιότητας των νερών από απορρίψεις ορισμένων επικινδύνων ουσιών, που υπάγονται στον κατάλογο Ι του παραρτήματος Α του άρθ. 6 της αριθ. π.υ.ς 144/2-11-87
- Υ.Α. Α5/5180/1988 (ΦΕΚ 891/Β`/13.12.1988) Τροποποίηση και συμπλήρωση Υγειονομικής Διάταξης Α5/2280/83
- Υ.Α. 5662/1988 (ΦΕΚ 464/Β`/7.7.1988) Τροποποίηση όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες: α) θάλασσα περιοχή νομού Πιερίας β) Αλιάκμονα ποταμό και καθορισμός των ανωτάτων επιτρεπτών ορίων ρυπαντών στο νομό Πιερίας
- Υ.Α. 26857/553/1988 (ΦΕΚ 196/Β`/6.4.1988) Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπογείων νερών από απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών

- Υ.Α. 18187/272/1988 (ΦΕΚ 126/Β`/3.3.1988) Καθορισμός μέτρων και περιορισμών για την αντιμετώπιση κινδύνων από ατυχήματα μεγάλης έκτασης που περικλείουν ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες
- Ν. 1739/1987 (ΦΕΚ 201/Α`/20.11.1987) Διαχείριση των υδατικών πόρων και άλλες διατάξεις
- Π.Υ.Σ. 144/1987 (ΦΕΚ 197/Α`/11.11.1987) Προστασία του υδάτινου περιβάλλοντος από τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται σ αυτό κι ειδικότερα καθορισμός οριακών τιμών ποιότητας του νερού σε κάδμιο, υδράργυρο και εξαχλωροκυκλοεξάνιο (HCH)
- Υ.Α. οικ. 46399/1352/1986 (ΦΕΚ 438/Β`/3.7.1986) Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για: «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά» και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/293/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ
- Υ.Α. Α5/288/1986 (ΦΕΚ 53/Β`/20.2.1986) Ποιότητα του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την 80/778 οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15-7-80
- Υ.Α. 71560/3053/1985 (ΦΕΚ 665/Β`/1.11.1985) Διάθεση των χρησιμοποιούμενων ορυκτελαίων σε συμμόρφωση προς την οδηγία 75/439/ΕΟΚ του Συμβουλίου Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 16.6.1975
- Υ.Α. Α5/2280/1983 (ΦΕΚ 720/Β`/13.12.1983) Προστασία των νερών που χρησιμοποιούνται για την ύδρευση της περιοχής πρωτεύουσας από ρυπάνσεις και μολύνσεις
- Υ.Α. 15549/1983 (ΦΕΚ 455/Β`/8.8.1983) Περί των όρων διάθεσης λυμάτων και υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε φυσικούς αποδέκτες και καθορισμού των ανωτάτων επιτρεπτών ορίων ρυπαντών
- Ν. 743/1977 (ΦΕΚ 319/Α`/17.10.1977) Περί προστασίας του θαλάσσιου περιβάλλοντος και ρυθμίσεως συναφών θεμάτων
- Υ.Α. Γ4/1305/1974 (ΦΕΚ 801/Β`/9.8.1974) Περί τροποποιήσεως των υπ αριθμ. Ε1β 221/22.1.1965 (ΦΕΚ 138/Β/24.2.1965) και Γ1/17831/7.12.1971 (ΦΕΚ 986/Β/10.12.1971) υγειονομικών διατάξεων, «περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων
- Υ.Α. Ειβ 221/1965 (ΦΕΚ 138/Β`/24.2.1965) Περί διαθέσεως λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων.

Ευρωπαϊκή Νομοθεσία :

- 2006/11/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 15ης Φεβρουαρίου 2006 , για τη ρύπανση που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας (Κωδικοποιημένη έκδοση) (Κείμενο που παρουσιάζει ενδιαφέρον για τον ΕΟΧ) (L64 4.3.2003)
- 1986/280/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 12ης Ιουνίου 1986 σχετικά με τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους για τις απορρίψεις ορισμένων επικίνδυνων ουσιών που υπάγονται στον κατάλογο I του παραρτήματος της οδηγίας 76/464/ΕΟΚ (L181 4.7.1986)
- 1984/491/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 9ης Οκτωβρίου 1984 σχετικά με τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους για τις απορρίψεις εξαχλωροκυκλοεξανίου (L274 17.10.1984)
- 1984/156/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 8ης Μαρτίου 1984 για τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους όσον αφορά τις απορρίψεις υδραργύρου σε τομείς άλλους εκτός του τομέα της ηλεκτρόλυσης των χλωριούχων αλάτων των αλκαλίων (L74 17.3.1984)
- 1983/513/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 26ης Σεπτεμβρίου 1983 για τις οριακές τιμές και τους ποιοτικούς στόχους για τις απορρίψεις καδμίου (L291 24.10.1983)
- 1980/68/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 17ης Δεκεμβρίου 1979 περί προστασίας των υπογείων υδάτων από τη ρύπανση που προέρχεται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες (L20 26.1.1980)
- 1976/464/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 4ης Μαΐου 1976 περί ρυπάνσεως που προκαλείται από ορισμένες επικίνδυνες ουσίες που εκχέονται στο υδάτινο περιβάλλον της Κοινότητας (L129 18.5.1976).

Νομοθεσία για πόσιμο νερό.

- ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (ΦΕΚ 892B/ 11-7-2001) «Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης» σε συμμόρφωση με την οδηγία 98/83 του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998
- ΚΥΑ 46399/1352/1988 (ΦΕΚ 438B/3-7-1988) «Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίβηση ψαριών σε γλυκά νερά», και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών» μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας, και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα» σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του

Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440, 76/160, 78/659, 79/923, και 79/869

- ΥΔ Γ3α/761 (ΦΕΚ 189Β/ 10-4-1968) «Περί ποιότητας του πόσιμου ύδατος» - δεν ισχύουν τα άρθρα 4,5,6 μετά την εφαρμογή της ΚΥΑ Υ2/2600/2001
- ΥΔ 5673/4-12-1957 (ΦΕΚ 5Β/9-1-58) «Περί απολυμάνσεως των υδάτων των υδρεύσεων.

Πίνακας 1. Προδιαγραφές πόσιμου νερού (Ευρωπαϊκή οδηγία 98/83)

Παράμετρος	Ανώτατη συγκέντρωση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001)	Παράμετρος	Ανώτατη συγκέντρωση (ΚΥΑ Υ2/2600/2001)
ρΗ	>6.5 και < 9,5	Κάλιο	12 mg/l
Αγωγιμότητα	2500 μS/cm	Αρσενικό	10 μg/l
Νιτρικά	50 mg/l	Αντιμόνιο	5 μg/l
Νιτρώδη	0,5 mg/l	Κάδμιο	5 μg/l
Αμμωνία	0,50 mg/l	Μόλυβδος	10 μg/l
Χλωριούχα	250 mg/l	Αργίλιο	200 μg/l
Θειικά	250 mg/l	Νικέλιο	20 μg/l
Φθοριούχα	1,5 mg/l	Χρώμιο	50 μg/l
Δείκτης υπερμαγγανικών	5 mg/l	Υδράργυρος	1 μg/l
Σίδηρος	200 μg/l	Σελήνιο	10 μg/l
Χαλκός	2000 μg/l	Βρωμικά	10 μg/l
Μαγγάνιο	50 μg/l	Υδρόθειο	Μη ανιχνεύσιμο οργανοληπτικά
Βόριο	1 mg/l	Ολικά διαλυμένα στερεά	1500 mg/l
Νάτριο	200 mg/l	Ολικά κολοβακτηριοειδή, E.Coli, Εντερόκοκκος, Κλωστηρίδιο perfringens	0 αποικίες / 100 ml

Θεσμικά πλαίσια και όρια ρύπανσης.

Η διάθεση αποβλήτων στο έδαφος και στο νερό πρέπει να είναι ελεγχόμενη ώστε να μειοστοποιείται ο ρυθμός αδρανοποίησης των ρύπων, να ελαχιστοποιείται η ρύπανση της ατμόσφαιρας από σκόνη ή πτητικούς ρύπους και να ελαχιστοποιείται η ρύπανση του υπεδάφους μέσω συστημάτων αποστράγγισης. Για το λόγο αυτό έχουν θεσπιστεί κάποια θεσμικά πλαίσια και έχουν καθοριστεί όρια για τον κάθε τύπο ρύπανσης.

Στην Ευρωπαϊκή ένωση έχουν θεσπιστεί Οδηγίες για διάθεση αποβλήτων, ρύπανση εδαφών και υπογείων υδάτων. Στην Ελλάδα η εφαρμογή αυτών των οδηγιών είναι υποχρεωτική. Σχετικά με τον τύπο των αποβλήτων διακρίνουμε τις Οδηγίες σε:

1. Οδηγίες σχετικά με τη ρύπανση υπογείων υδάτων:

- 80/68/EEC: Σχετικά με την προστασία του υπόγειου νερού έναντι συγκεκριμένων ρύπων.
- 2000/60/EC: Ενεργοποίηση ενός μεγάλου αριθμού κοινοτικών οδηγιών για τα υπόγεια νερά, με στόχο να συμπληρωθούν ή να αντικατασταθούν ώστε να δημιουργηθεί ένα πλαίσιο δράσης για τα υπόγεια νερά.

2. Οδηγίες για τη διάθεση και διαχείριση αποβλήτων:

- 75/442/EEC: Γενικό πλαίσιο για διάθεση αποβλήτων. Μέσω αυτής απαιτούνται άδειες από όλες τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας, αποθήκευσης και απόθεσης στερεών αποβλήτων
- 91/689/EEC: Διαχείριση τοξικών αποβλήτων
- 96/61/EC: Εκπομπές ρύπων από βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες
- 99/31/EC: Κατασκευή, λειτουργία και αποκατάσταση ΧΥΤΑ

3. Οδηγίες για τη διάθεση ειδικών κατηγοριών αποβλήτων:

- 75/439/EEC: Διάθεση πετρελαϊκών αποβλήτων
- 78/176/EEC: Διάθεση αποβλήτων βιομηχανίας T102
- 82/883/EEC: Προσομοίωση περιοχών διάθεσης ~Π02
- 83/29/EEC: Αναδιτύπωση της 78/176/EEC
- 86/278/EEC: Περί χρήσης αστικών λυμάτων στη γεωργία
- 87/217/EEC: Προστασία και διάθεση αμιάντου
- 89/428/EEC: Εναρμονισμός προγραμμάτων διάθεσης TiO2
- 96/59/EC: Διάθεση Πολυχλωριούχων υδρογονανθράκων.

4. Οδηγίες που αφορούν Ραδιενεργά κατάλοιπα:

- 75/406/Euroatom: Διαχείριση και αποθήκευση ραδιενεργών αποβλήτων
- 82/74/Euroatom: Αποθήκευση
- και επανεπεξεργασία απεμπλουτισμένων πυρηνικών αποβλήτων.
- 89/664/Euroatom: Αποδοχή συγκεκριμένης πολιτικής
- έρευνα και τεχνολογία για τη διάθεση ραδιενεργών αποβλήτων

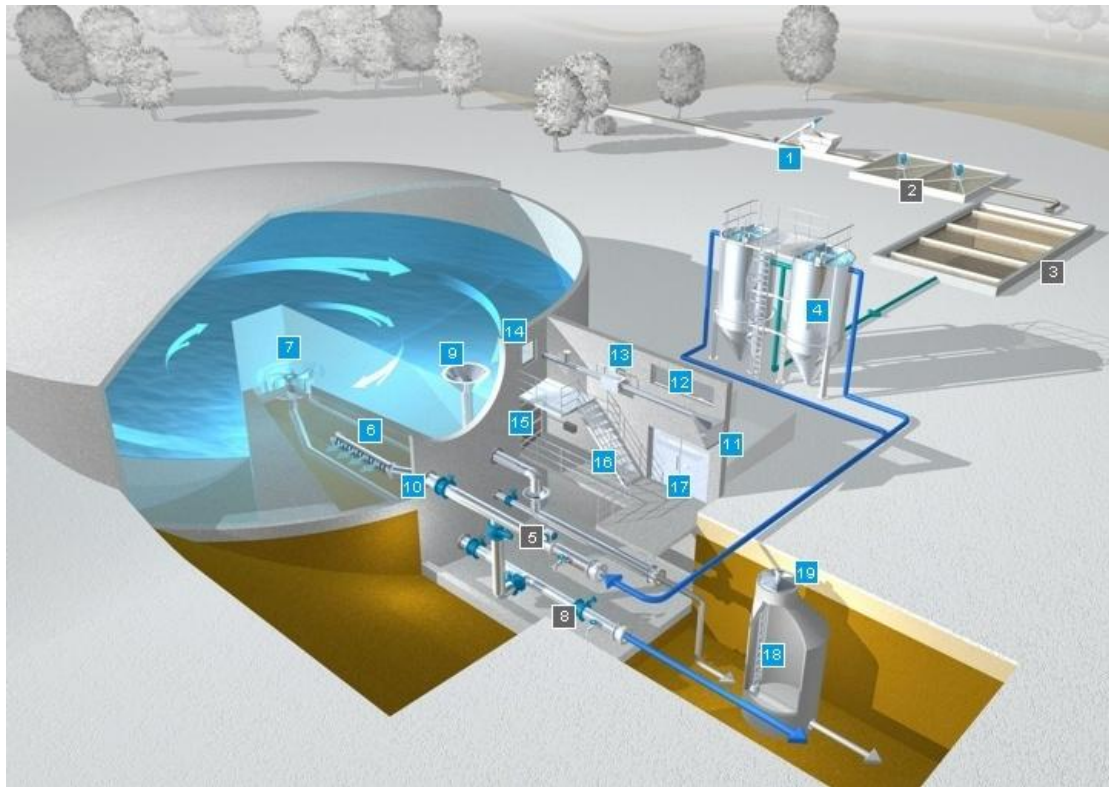
Στην Ελλάδα ισχύουν επιπλέον ορισμένες ειδικές διατάξεις. Αυτές είναι:

- Νόμος 1650/1986: Νόμος για την προστασία του περιβάλλοντος
- Κοινή υπουργική απόφαση 26857/553/1988: Μέτρα και περιορισμοί για την προστασία των υπόγειων νερών από απόρριψη ορισμένων επικίνδυνων ουσιών
- Κοινή υπουργική απόφαση 19396/1546/1997: Εφαρμογή της 91/689/EC στη διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων
- Κοινή υπουργική απόφαση 114218/1997: Προδιαγραφές προγραμμάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων (διατάξεις ΧΥΤΑ)
- Κοινή υπουργική απόφαση 29407/3508/2002: Μέτρα και όροι για την υγειονομική ταφή αποβλήτων με προσαρμογή κοινοτικών νομοθεσιών.

Όρια ρύπανσης

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο έλεγχος ρύπανσης με τον καθορισμό ορίων γίνεται με επιβολή Στόχων Ποιότητας του Περιβάλλοντος, δηλαδή με την επίδραση της ρύπανσης στη χρήση που γίνεται στο έδαφος και στο υπόγειο νερό και με επιβολή Ορίων Καθορισμού Ποιότητας του Περιβάλλοντος. Θέτοντας τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων ανάλογα με την χρήση τους, οι οποίες καθορίζονται από την κάθε χώρα χωριστά.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν δύο κατηγορίες ρύπων. Στην πρώτη κατηγορία (Blacklist) ανήκουν οι πλέον τοξικοί ρύποι και στην δεύτερη κατηγορία (Greylist) οι λιγότερο τοξικοί. Αυτός ο πίνακας παρατίθεται παρακάτω.



Εικόνα 1: κύκλος ενός ταμιευτήρα νερού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. http://www.elinyae.gr/el/category_details.jsp
2. http://www.moa.gov.cy/moa/wdd/wdd.nsf/legislation_gr/legislation_gr?OpenDocument
3. http://www.google.gr/search?q=cycle+of+a+water+reservoir&hl=el&prmd=imvns&source=lnms&tbm=isch&ei=X5CZT9r-EMTHtAba65TEAQ&sa=X&oi=mode_link&ct=mode&cd=2&sqi=2&ved=0CA4Q_AUoAQ&biw=1280&bih=641

