

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΠΟΥΛΟΥ ΗΛΕΚΤΡΑ - ΓΚΟΛΦΩ  
ΚΟΤΤΑ ΑΔΑΜΑΝΤΙΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΠΑΤΡΑ 2014

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε ιδιαιτέρως την καθηγήτρια Δρ. Θεοδοροπούλου Μαρία κυρίως για την εμπιστοσύνη που μας έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση της, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα θέλαμε επίσης να απευθύνουμε τις ευχαριστίες μας στους γονείς μας, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μας με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μας. Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά και να εκφράσουμε την ειλικρινή μας ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μας με κάθε τρόπο και μας βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μας εργασίας.

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών:** Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές  
(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η αλόγιστη κατανάλωση υλικών αγαθών για τη διευκόλυνση της καθημερινότητας του ανθρώπου, καθώς και η ματαιοδοξία του για την απόκτηση χρημάτων, αναπτύσσοντας τεράστιες βιομηχανικές περιοχές, έχει οδηγήσει στην καταστροφή του περιβάλλοντος.

Πολλές βιομηχανικές δραστηριότητες, είτε κατεργασίας πρώτων υλών, είτε παραγωγής χημικών κυρίως προϊόντων, αλλά και ανθρωπογενείς δραστηριότητες, όπως η γεωργία, λόγω της υπερβολικής χρήσης λιπασμάτων και φυτοπροστατευτικών προϊόντων, προκαλούν την ρύπανση του υπεδάφους με ουσίες που είναι επιβλαβείς και πολλές φορές τοξικές για τον άνθρωπο. Οι ουσίες αυτές (οργανικές ενώσεις, ανόργανοι ρύποι, βαρέα μέταλλα, κλπ.) μολύνουν 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 στο υπέδαφος ή και καθαρισμού του υπεδάφους, όπου αυτό απαιτείται.

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 τα προβλήματα της ρύπανσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση και οι πολιτικές αντιμετώπισης τους. Αναλύονται οι τρόποι ρύπανσης όσον αφορά το έδαφος το υπέδαφος και η επέκταση του στα υπόγεια ύδατα προσβάλλοντας ποτάμια, θάλασσες και λίμνες. Στόχος είναι η αποτύπωση των κυριότερων ρυπογόνων παραγόντων και οι τρόποι αντιμετώπισης τους, στα πλαίσια των ενεργειών που κάνουν τα κράτη της Ευρωπαϊκής Ένωσης μέσω της νομοθεσίας τους για την προστασία του περιβάλλοντος.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναπτύσσονται οι όροι του εδάφους, του υπεδάφους, καθώς η σύσταση του και ο διαχωρισμός του ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του. Καταλήγοντας στις εδαφικές στρώσεις και την υποβάθμιση του.

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται ο γενικός όρος τη ρύπανσης και κατ' επέκταση πραγματοποιείται η ταξινόμηση των πηγών ρύπανσης. Η δημιουργία, οι επιπτώσεις και οι μηχανισμοί μεταφοράς της ρύπανσης είναι τα βασικά στελέχη του κεφαλαίου και αναπτύσσονται ανά κατηγορία προσβολής ρύπανσης, δηλαδή ρύπανση εδαφών, ρύπανση υδάτων και ατμοσφαιρική ρύπανση.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται οι πιο διαδεδομένοι μέθοδοι απορρύπανσης, όσον αφορά την απορρύπανση εδαφών, υδροφορέων ακόμα και μέθοδοι περιορισμού της ρύπανσης.

Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρεται η νομοθεσία που έχει αναπτυχθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση για την προστασία του περιβάλλοντος ανάλογα με την εκάστοτε πολιτική εκτίμηση επικινδυνότητας της ρύπανσης κάθε κράτους. Αναπτύσσεται κάθε χώρα ξεχωριστά, δίνοντας έμφαση στο πρόβλημα που την διέπει και τους τρόπους που το αντιμετωπίζει, βασιζόμενη όμως στην κοινή νομοθεσία. Τέλος, καταγράφονται τα συμπεράσματα που καταλήξαμε μετά την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>		1
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</b>	<b>ΈΔΑΦΟΣ</b>	
1.1	ΓΕΝΙΚΑ	3
1.2	ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	4
1.2.1	Ταξινόμηση των εδαφών	4
1.2.2	Χαρακτηριστικά εδάφους	9
1.3	ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	9
1.4	ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ	11
1.5	ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ	14
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</b>	<b>ΡΥΠΑΝΣΗ</b>	
2.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
2.2	ΡΥΠΑΝΣΗ	18
2.2.1	Άμεση Ρύπανση	18
2.2.2	Έμμεση Ρύπανση	18
2.2.3	Ρύπανση ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία	18
2.3	ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ	19
2.3.1	Ταξινόμηση πηγών ρύπανσης	20
2.4	ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ	22
2.4.1	Ρύπανση εδαφών και πηγες ρύπανσης	23
2.4.2	Δημιουργία ρύπανσης στο έδαφος	30
2.4.2.1	Επιπτώσεις από την ρύπανση του εδάφους	30
2.4.3	Κίνηση των ρύπων στο έδαφος	41
2.4.3.1	Μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων στο έδαφος	44
2.5	ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ	47
2.5.1	Πηγές ρύπανσης υδάτων	48
2.5.2	Ρύπανση υπόγειων νερών	49
2.5.3	Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών	50
2.5.4	Όξινα μετεωρικά κατακρημνίσματα	52
2.5.5	Ευτροφισμός των υδάτων	53
2.5.6	Επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων	54
2.6	ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ	56
2.6.1	Πηγές αερίων ρύπων	56
2.6.2	Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης	58
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:</b>	<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	

3.1	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (ΜΕΡΙΚΩΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ)	60
3.1.1	Προστασία και απορρύπανση των υπόγειων υδροφορέων	60
3.2	ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ)	62
3.3	ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	67
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:</b>	<b>ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ</b>	
4.1	ΓΕΝΙΚΑ	70
4.2	ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ	71
4.3	ΟΙ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΈΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΟΥΣ	72
4.3.1	Αυστρία	73
4.3.1.1	Χώροι με προσανατολισμό την αξιολόγηση μιας υπόθεσης	74
4.3.2.2	Τα υπόγεια ύδατα	75
4.3.2.3	Διασπορά των επικίνδυνων ουσιών στα υπόγεια ύδατα	76
4.3.2	Βέλγιο	77
4.3.2.1	Μέθοδοι προσεγγίσεις για την αξιολόγηση.	78
4.3.2.2	Υπολογισμός τιμών για την απορρύπανση του εδάφους	78
4.3.3	Ολλανδία	79
4.3.3.1	Πλήρης διερεύνηση του εδάφους.	81
4.3.4	Δανία	83
4.3.4.1	Τεχνικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των κινδύνων	84
4.3.4.2	Διαδικασίες αξιολόγησης του κινδύνου.	84
4.3.4.3	Η ρύπανση του εδάφους σε σχέση με τη χρήση της γης.	85
4.3.4.4	Ευαίσθητες και μη - ευαίσθητες χρήσεις γης.	86
4.3.4.5	Ευαίσθητη χρήση γης	86
4.3.4.6	Εκτίμηση των συγκεντρώσεων ρύπων.	87
4.3.4.7	Η ρύπανση του εδάφους σε σχέση με τα υπόγεια ύδατα	87
4.3.5	Φιλανδία	88
4.3.5.1	Σχέση των πτητικών ρύπων με τον αέρα	90
4.3.6	Γαλλία	91
4.3.6.1	Η αρχική διάγνωση και απλοποιημένη εκτίμηση του κινδύνου.	91
4.3.6.2	Ταξινόμηση των χώρων.	94
4.3.7	Ελλάδα	94
4.3.7.1	Πολιτικό πλαίσιο	96
4.3.7.2	Θεσμικά πλαίσια και όρια ρύπανσης στην Ελλάδα	97
4.3.7.3	Τεχνικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των κινδύνων	98
4.4	ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ	100
4.4.1	Ολλανδία	100
4.4.2	Ισπανία	103
4.4.2.1	Πρόσφατες εξελίξεις στην αξιολόγηση της έκθεσης μοντελοποίηση	104

4.4.3	Ηνωμένο Βασίλειο	105
4.4.3.1	Διαδικαστικές οδηγίες	107
4.4.3.2.	Γνωστοποίηση των κινδύνων	107
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5:</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	108
		109
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάλυση των προβλημάτων ρύπανσης στην Ευρωπαϊκή Ένωση και οι πολιτικές αντιμετώπισης τους. Στοχεύει στην αιτιολόγηση της ρύπανσης του εδάφους, των υδάτων και της ατμόσφαιρας και τους τρόπους αντιμετώπισης της. Επιπλέον, έχει σαν στόχο να ανάδειξη τα προβλήματα των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης και τους τρόπους που αντιμετωπίζουν ή περιορίζουν την ρύπανση.

## ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι μια ευρεία έννοια, η οποία περιλαμβάνει τη ρύπανση των διαφόρων βιολογικών συστατικών των φυσικών στοιχείων του πλανήτη, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Δεν είναι δηλαδή τίποτε άλλο, παρά η αλλοίωση της μορφής του περιβάλλοντος και της ισορροπίας του ανθρώπου με τη φύση. Ο ίδιος ο άνθρωπος είναι υπεύθυνος γι' αυτή την καταστροφή, ο οποίος από τα παλιά χρόνια μέχρι και σήμερα εκμεταλλεύεται αλόγιστα τη γη. Η ρύπανση του περιβάλλοντος συνήθως ταξινομείται σε διάφορες γνωστές κατηγορίες όπως η ρύπανση του αέρα, των υδάτων και του εδάφους. Η ρύπανση έχει βλαβερή επίδραση στους οργανισμούς, είναι επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία, αλλοιώνει την ποιότητα του νερού και υποβαθμίζει τις δυνατότητες χρήσης του.

Οι αιτίες που συμβάλλουν στη ρύπανση του περιβάλλοντος είναι αναρίθμητες. Αρχικά αξίζει να αναφερθεί η χρήση του μεγάλου αριθμού φυτοφαρμάκων, λιπασμάτων και άλλων χημικών ουσιών στις γεωργικές καλλιέργειες από τον άνθρωπο για την αύξηση της παραγωγής, που οδηγούν στην ολοένα και αυξανόμενη ρύπανση του εδάφους. Επιπλέον η δημιουργία πολλών εργοστασίων χωρίς την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων προστασίας, λόγω έλλειψης νομοθεσίας, έδωσαν στον άνθρωπο όλα όσα χρειαζόταν, όμως του στέρησαν ένα υγιές περιβάλλον. Έτσι λοιπόν, το μονοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τα εργοστάσια καθώς και η καύση ορυκτών καυσίμων, αποτελούν αιτίες για τη ρύπανση του αέρα, ενώ η ρύπανση των υδάτων συνδέεται άμεσα με τα βιομηχανικά απόβλητα που τις περισσότερες φορές χύνονται στις θάλασσες και τα ποτάμια και προκαλούν μόλυνση σε αυτά. Τα παραπάνω δεν είναι τίποτα άλλο παρά μια σύντομη εξήγηση, και κάθε μία από αυτές τις αιτίες της ρύπανσης αποδίδονται σε πολλαπλές ανθρώπινες δραστηριότητες.

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος εντοπίζονται στην ανθρώπινη υγεία. Οι περισσότερες ασθένειες που ταλαιπωρούν σήμερα τον άνθρωπο, όπως το άσθμα και ο καρκίνος ξεκινούν από την μόλυνση του περιβάλλοντος. Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στις γεωργικές καλλιέργειες, εισέρχονται στο σώμα μας μέσω των διαφόρων τροφίμων που καταναλώνουμε. Επιπλέον η κατανάλωση φρούτων ή λαχανικών που καλλιεργούνται σε μολυσμένο έδαφος προκαλούν συνεχείς πονοκεφάλους, ναυτία, και άλλα σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως βλάβη στον εγκέφαλο, το συκώτι, κλπ. Έτσι, στις μέρες μας γίνεται λόγος για μολυσμένες και νοθευμένες τροφές. Οι επιπτώσεις της ηχορύπανσης στον άνθρωπο δεν είναι άλλες παρά προβλήματα ακοής, διαταραχές ύπνου, ψυχικές ασθένειες κ.α. Το νερό που καταναλώνει ο άνθρωπος δεν θα μπορούσε να μείνει έξω από όλη αυτή την κατάσταση, καθώς οι χημικές ουσίες που πέφτουν σ' αυτό είναι περισσότερες από αυτές που μπορεί να διαλύσει.



Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναπτυχθούν ιδιαίτερα τα προβλήματα της ρύπανσης και οι πολιτικές αντιμετώπισεις τους από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Δίνεται βάση στην ρύπανση του εδάφους και των υπόγειων υδάτων διότι η επέκταση της ρύπανσης στον τομέα αυτό είναι ανεξέλεγκτη με αποτέλεσμα οι χώρες της Ευρώπης να δίνουν έμφαση στην άμεση αποκατάσταση των εδαφών και στον περιορισμό της ρύπανσης τους. Όπως θα αναπτυχθούν και στα επόμενα κεφάλαια πολλές χώρες του πλανήτη χρησιμοποιούν τα υπόγεια ύδατα ως πόσιμο νερό και είναι η μόνη πηγή για να καλυφθούν οι ανάγκες των κατοίκων.

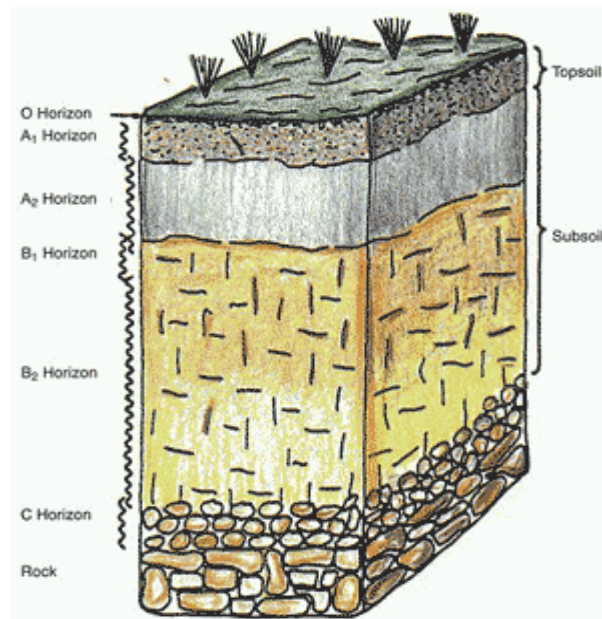
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΈΔΑΦΟΣ

## 1.1 . ΓΕΝΙΚΑ

Ως έδαφος ορίζονται οι άνω στρώσεις του φλοιού της γης που μπορούν να υποστηρίξουν την ανάπτυξη φυτών και υπέδαφος ορίζονται οι υποκείμενες στρώσεις του εδάφους του ανώτερου φλοιού. Συμπερασματικά λοιπόν, το επιφανειακό έδαφος είναι το επιφανειακό στρώμα του στερεού φλοιού της γης στο οποίο στηρίζονται και αναπτύσσονται τα φυτά (35 ως 50 cm). Το στρώμα κάτω από το επιφανειακό έδαφος λέγεται υπέδαφος. Το υπέδαφος φτάνει στο 1,5m ως 2m, ως εκεί δηλαδή που προχωρούν οι ρίζες των φυτών και μπορεί να γίνει γεωργική εκμετάλλευσή του.

Το έδαφος σχηματίζεται με φυσικό τρόπο από την αποσάθρωση των επιφανειακών πετρωμάτων της γης που συντελείται με την επίδραση ορισμένων παραγόντων όπως οι συνεχείς μεταβολές της θερμοκρασίας, η βροχή, ο παγετός, ο άνεμος, οι μικροοργανισμοί, τα ανώτερα φυτά και οι ζωικοί οργανισμοί.

Αν πραγματοποιήσουμε κάθετη τομή σε ένα έδαφος βάθους μερικών μέτρων θα διακρίνουμε διαφορετικά στρώματα, τα οποία ονομάζονται ορίζοντες.



**Εικόνα 1.1.:** Κάθετη τομή σε ένα έδαφος βάθους μερικών μέτρων. Απεικόνιση των διαφορετικών στρωμάτων.

(ΠΗΓΗ: <http://grfistiki.blogspot.gr>)

Επίσης, για να σχηματισθεί ένα εκατοστό έδαφους απαιτούνται δεκάδες χρόνια, που μπορεί να είναι και ένας αιώνας. Το έδαφος, είναι ένας φυσικός πόρος που χρειάζεται πάρα πολύ καιρό για να δημιουργηθεί, αποτελεί τη βάση για την παραγωγή τροφίμων και καταλαμβάνεται από ανθρωπογενείς κατασκευές, όπως πόλεις και γενικά κατοικημένες περιοχές. Είναι επίσης αναγκαίος πόρος για την οικοδόμηση πόλεων και χωριών, σύγχρονων έργων υποδομής, οδικών δικτύων κλπ.

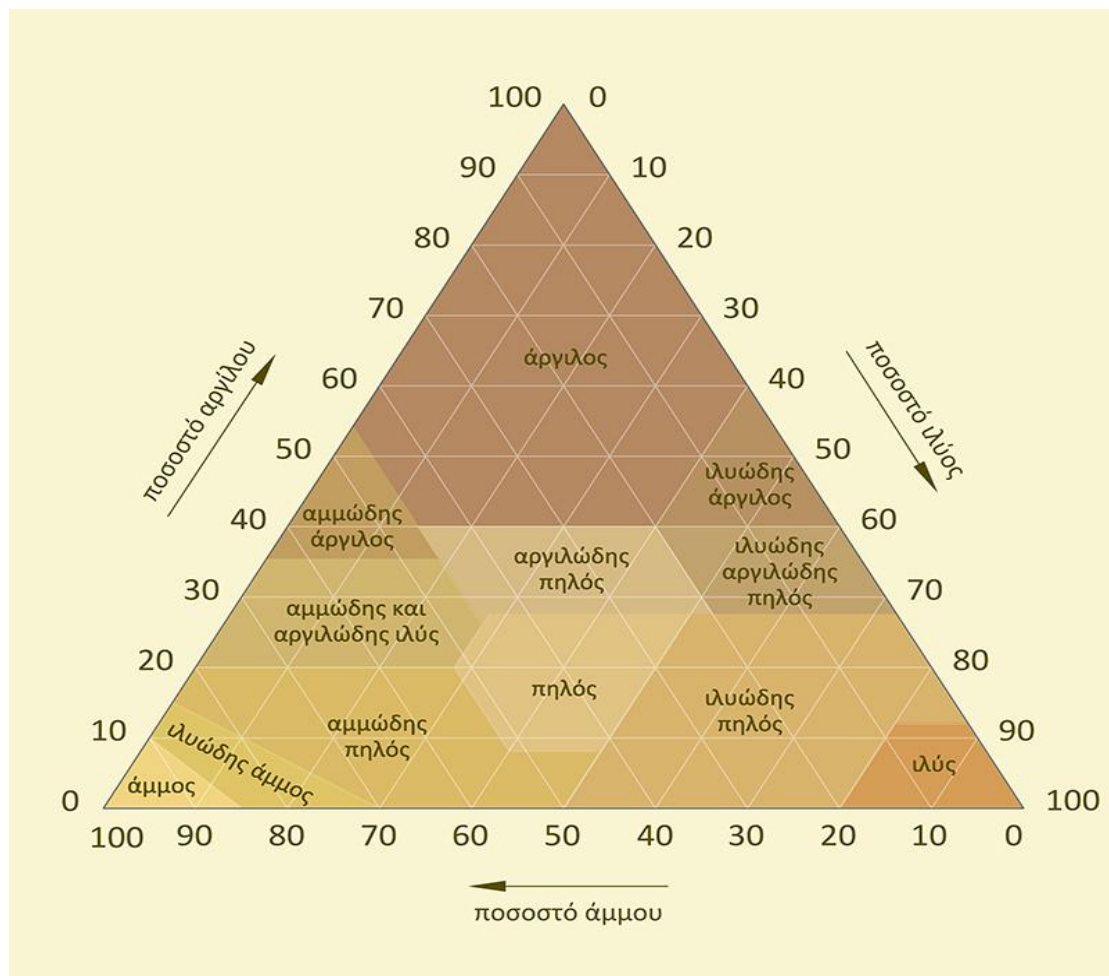
Συνεπώς το έδαφος καταλαμβάνεται και χρησιμοποιείται με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους. Πολλές φορές παρατηρείται σύγκρουση στόχων, όταν τροποποιείται η χρήση για την οποία προορίζονταν. Πολλά κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναγνωρίζουν στη νομοθεσία τους ότι η κοινωνία μπορεί να θεσπίσει κανόνες για την απαλλοτρίωση της γης, όταν πρόκειται για το γενικό συμφέρον.

Επομένως, η προστασία του εδάφους αφορά τόσο το έδαφος και τις ιδιότητές του όσο και τη χρήση για την οποία προορίζεται.

## 1.2. ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

### 1.2.1. Ταξινόμηση των εδαφών

Σύμφωνα με το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ τα εδάφη ταξινομούνται ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άμμο, άργιλο και ιλύς. Το διάγραμμα ταξινόμησης των εδαφών απεικονίζεται παρακάτω.



**Διάγραμμα 1.1.:** Διάγραμμα ταξινόμησης εδαφών ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε άμμο, άργιλο και ιλύς  
(ΠΗΓΗ: <http://www.anelixi.org>)

Το έδαφος λοιπόν αποτελείται κατά το μισό περίπου του όγκου του από στερεά συστατικά (ανόργανα και οργανικά) και κατά το άλλο μισό από αέρα και νερό.

Τα ανόργανα υλικά περιέχουν πέτρες, άμμο, πηλό και άργιλο σε διάφορα μεγέθη. Τα οργανικά υλικά περιέχουν υπολείμματα φυτών και ζώων. Το έδαφος περιέχει και ζωντανούς οργανισμούς που αποτελούνται από μικροοργανισμούς (βακτήρια, μύκητες) και ζώα που ζουν στο έδαφος όπως επίσης και σκουλήκια του εδάφους. Ένα τετραγωνικό μέτρο γόνιμου εδάφους συνήθως περιέχει πάνω από 1.000.000.000 μικροοργανισμούς. Οι οργανισμοί που συγκεντρώνονται στη φυλλοστρωμή αναλαμβάνουν το έργο της αποικοδόμησης (αποσύνθεσης). Μετατρέπουν τα νεκρά οργανικά υλικά αρχικά σε χούμο και στη συνέχεια σε ανόργανα συστατικά, που είναι απαραίτητα για τα φυτά.

Ο προσδιορισμός της εκατοστιαίας αναλογίας των ανόργανων υλικών γίνεται σε εδαφολογικά εργαστήρια και καλείται μηχανική ανάλυση του εδάφους. Ανάλογα με τα στοιχεία της μηχανικής ανάλυσης τα εδάφη κατατάσσονται σε κατηγορίες.

Όλα τα εδάφη δε σχηματίστηκαν με τον ίδιο τρόπο. Αλλού επέδρασε πιο πολύ το νερό και απόθεσε σε αυτά περισσότερη άμμο, αλλού έζησαν κατά εποχές περισσότερα ζώα και φυτά και πλούτισαν ανάλογα τα εδάφη με θρεπτικές ουσίες, πολλές απ' αυτές μεταφέρθηκαν με τα νερά των βροχών στις κοιλάδες, αλλού τα γύρω βουνά ήταν ασβεστολιθικά κλπ.

Έτσι σήμερα τα καλλιεργήσιμα εδάφη χωρίζονται στις παρακάτω γενικές κατηγορίες:

#### **▼ Αμμώδη:**



Αυτά έχουν για κύριο συστατικό τους την άμμο. Είναι χαλαρά, αφράτα και ευκολοκαλλιεργήτα. Το νερό, ο ήλιος και ο αέρας περνούν μέσα τους εύκολα και σε μεγαλύτερο βάθος. Όμως δε συγκρατούν υγρασία και οι θρεπτικές ουσίες της επιφάνειάς τους μπορούν να χαθούν γιατί ξεπλένονται με ιδιαίτερη ευκολία.

**Εικόνα 1.2.:** Αμμώδες έδαφος

Λόγω της μορφής τους το χειμώνα ψύχονται γρήγορα και το καλοκαίρι θερμαίνονται πολύ. Τα φυτά, που δεν έχουν βαθιές ρίζες, δε βρίσκουν πολλές θρεπτικές ουσίες στα εδάφη αυτά, δε στηρίζονται γερά και όταν φυσά δυνατός άνεμος, τα ρίχνει κάτω ή τα ξεριζώνει. Ενώ, όταν πιάνουν ζέστες, παύουν να αναπτύσσονται αν δεν ξεραθούν τελείως.

Τα αμμώδη εδάφη χάνουν τα μειονεκτήματά τους αν τα ανακατέψουμε με αργιλόχωμα, ή με χωνεμένη κοπριά.

### ▼ *Αργιλώδη ή Κοκκινοχώματα:*



**Εικόνα 1.3.:** Αργιλώδες έδαφος ή Κοκκινόχωμα.

Σε αυτά τα εδάφη πλεονάζει η άργιλος (χώμα που χρησιμοποιούν στην κεραμοποιία).

Τα εδάφη αυτά έχουν μεγάλη συνεκτικότητα και δύσκολα περνούν μέσα τους το νερό, ο ήλιος κι ο αέρας.

Το χειμώνα δεν τα διαπερνά το κρύο, αλλά στην επιφάνειά τους είναι ψυχρά. Το καλοκαίρι κρατούν υγρασία, αλλά στις μεγάλες ζέστες σκάζουν, δημιουργώντας βαθιές ρωγμές.

Οι ρίζες των φυτών δυσκολεύονται να προχωρήσουν βαθιά, υποφέρουν από ασφυξία και στις ξηρασίες, όταν εξατμίζεται όλη η επιφανειακή υγρασία, παύει κάθε ανάπτυξή τους και μαραζώνουν. Τα αργιλώδη εδάφη γίνονται κατάλληλα για καλλιέργεια, όταν ρίξουμε άμμο (όχι θαλασσινή, γιατί έχει αλάτι) ή κοπριά χωνεμένη ή και αχώνευτη.

### ▼ *Ασβεστολιθικά ή Ασπροχώματα.:*



**Εικόνα 1.4.:** Ασβεστολιθικά εδάφη ή Ασπροχώματα

Αυτά τα εδάφη προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα κι έχουν τα μειονεκτήματα των αργιλωδών εδαφών. Διορθώνονται αν τους προσθέσουμε άμμο ή κοπριά, όπως στα αργιλώδη. Όχι όμως ασβέστη, γιατί έχουν πάρα πολύ.

### ▼ *Χουμώδη ή Κηποχώματα ή Μαυροχώματα:*



**Εικόνα 1.5.:** Χουμώδη ή Κηποχώματα ή Μαυροχώματα

Τα εδάφη αυτά έχουν πολλές οργανικές ουσίες και το χρώμα τους είναι σκούρο (καστανό). Είναι αφράτα και ευκολοκαλλιεργήτα. Διατηρούν τη ζέστη το χειμώνα και τη δροσιά το καλοκαίρι. Απορροφούν και κρατούν τα νερά σαν σφουγγάρια, ενώ ο ήλιος και ο αέρας διαπερνάται εύκολα από μέσα τους.

Στο εσωτερικό τους ζουν ένα σωρό σκουλήκια, μικρόζωα και μικρόβια, που μεγαλώνουν τη γονιότητά του.

Θεωρούνται από τα πιο κατάλληλα εδάφη για καλλιέργεια και με το χρώμα τους μπορούμε να πλουτίσουμε άλλα εδάφη φτωχά (αργιλώδη, αμμώδη και ασβεστολιθικά) Η κοπριά πολλές φορές είναι περιττή και επιζήμια. Στα εδάφη αυτά, όταν τα φυτά (και πιο πολύ το σιτάρι και τα άλλα λεπτόκορμα δημητριακά) μεγαλώνουν πολύ και «πλαγιάζουν», χωρίς να καρποφορούν, τα πλουτίζουμε με φωσφορούχα χημικά λιπάσματα.

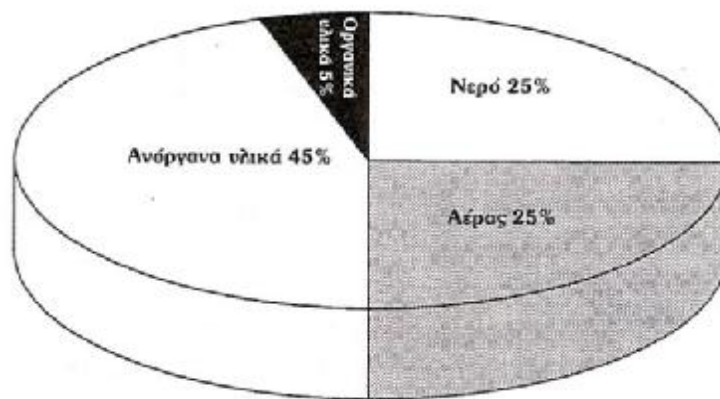
#### ✓ **Ανάμεικτα:**



Τα εδάφη έχουν όλα τα κύρια συστατικά (άργιλο, άμμο, ασβέστιο και οργανικές ουσίες) και παίρνουν διάφορες ονομασίες από τα συστατικά που πλεονάζουν σε αυτά, δηλαδή: «αργιλοαμμώδη» ή «αμμοαργιλώδη», «χουμαργιλώδη» ή «αργιλοχουμώδη», «χουμώδη» ή «αμμοχουμώδη» κλπ. Τα περισσότερα εδάφη που καλλιεργούνται στη πατρίδα μας είναι ανάμεικτα.

**Εικόνα 1.6.:** Ανάμεικτα εδάφη.

Ένα αντιπροσωπευτικό έδαφος αποτελείται κατά το μισό περίπου του όγκου του από στερεά συστατικά (ανόργανα και οργανικά) και κατά το άλλο μισό από αέρα και νερό αυτό παρατηρείται και στο Διάγραμμα 1.2. Ο αέρας και το νερό βρίσκονται στους εδαφικούς πόρους δηλαδή στα κενά ανάμεσα στους κόκκους των ανόργανων υλικών.



**Διάγραμμα 1.2.:** Η σύσταση κατ' όγκο ενός αντιπροσωπευτικού εδάφους κατάλληλου για την ανάπτυξη των φυτών.  
(ΠΗΓΗ: <http://users.sch.gr>)

Τα ανόργανα συστατικά του εδάφους κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις διαστάσεις τους και ανεξάρτητα από τη χημική και την ορυκτολογική σύστασή τους (μηχανική ή κοκκομετρική σύσταση των εδαφών) (Πίνακας 1). Οι κατηγορίες αυτές ονομάζονται μηχανικά κλάσματα του εδάφους και η εργαστηριακή διαδικασία με την οποία καθορίζεται το ποσοστό των κλασμάτων σε ένα δείγμα εδάφους ονομάζεται μηχανική ανάλυση.

Κλάσματα μηχανικής σύστασης	Όρια διαμέτρων σε mm	
	Αμερικανική κλίμακα	Διεθνής κλίμακα
Πολύ χονδρή άμμος	2,00-1,00	2,00-0,20
Χονδρή άμμος	1,00-0,50	0,20-0,02
Μέση άμμος	0,50-0,25	
Λεπτή άμμος	0,25-0,10	
Πολύ λεπτή άμμος	0,10-0,05	
Ίλύς	0,05-0,002	0,02-0,002
Άργιλος	<0,002	< 0,002
Λεπτή άργιλος	<0,0002	<0,0002

**Πίνακας 1.1.:** Η κατάταξη των εδαφικών σωματιδίων σε ομάδες μεγέθους κατά το Αμερικανικό και Διεθνές Σύστημα. (Φάλλσας Γ. , Χαλαμπίδου Φ., 2013)

Η ορυκτολογική σύσταση των ανόργανων συστατικών ενός εδάφους εξαρτάται από τη σύσταση του μητρικού πετρώματος και από τη δράση των εδαφογενετικών παραγόντων. Με τη σειρά της η ορυκτολογική αυτή σύσταση επηρεάζει τις φυσικές και τις χημικές ιδιότητες του εδάφους καθώς και την ικανότητα του να παρέχει θρεπτικά στοιχεία στα φυτά. Τα θρεπτικά στοιχεία είναι τα εξής:

• Άζωτο (N)	• Σίδηρο (Fe)
• Φώσφορο (P)	• Μαγγάνιο (Mn)
• Κάλιο (K)	• Χαλκό (Cu)
• Θείο (S)	• Βόριο (B)
• Ασβέστιο (Ca)	• Μολυβδαίνιο (Mo)
• Μαγνήσιο (Mg)	• Χλώριο (Cl)
• Ψευδάργυρο (Zn),	• Κοβάλτιο (Co)

Συνήθως στα εδάφη το εδαφικό νερό προέρχεται από τις βροχές και τις χιονοπτώσεις. Οι μισοί 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 διαλύματος 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. Επιπλέον, ο εδαφικός αέρας περιέχεται κυρίως στους πόρους του εδάφους που δεν είναι γεμάτοι με νερό. Περιέχει αρκετή ποσότητα οξυγόνου απαραίτητη για τη δράση των εδαφικών μικροοργανισμών, δηλαδή την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών και κατά συνέπεια για την ανάπτυξη των φυτών (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

### 1.2.2. Χαρακτηριστικά εδάφους

Τα χαρακτηριστικά που μας ενδιαφέρουν ιδιαίτερα στον τομέα της εδαφικής ρύπανσης είναι το πορώδες (porous), το οποίο ορίζεται ως ο λόγος του όγκου των κενών σε ένα εδαφικό δείγμα προς το συνολικό όγκο του δείγματος και η διαπερατότητα (permeability) που αναφέρεται στη δομή των κενών στο έδαφος και την ικανότητα για υδατική ροή μέσω αυτού.

### 1.3. ΟΡΙΖΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Παρατηρώντας μια κατακόρυφη τομή του εδάφους μπορούμε να διακρίνουμε τους εξής εδαφικούς ορίζοντες:

<b>Επιφανειακός ορίζοντας 0:</b>	Στρώμα νεκρής οργανικής ύλης
<b>Ορίζοντας A:</b>	Ανάμειξη οργανικής και ανόργανης ύλης
<b>Ορίζοντας B:</b>	Εμπλουτιζόμενος με κolloειδή και θρεπτικές ουσίες
<b>Ορίζοντας C:</b>	Ημιαποσαθρωμένο μητρικό
<b>Ορίζοντας R:</b>	Βραχώδες υπόθεμα κάτω από το έδαφος

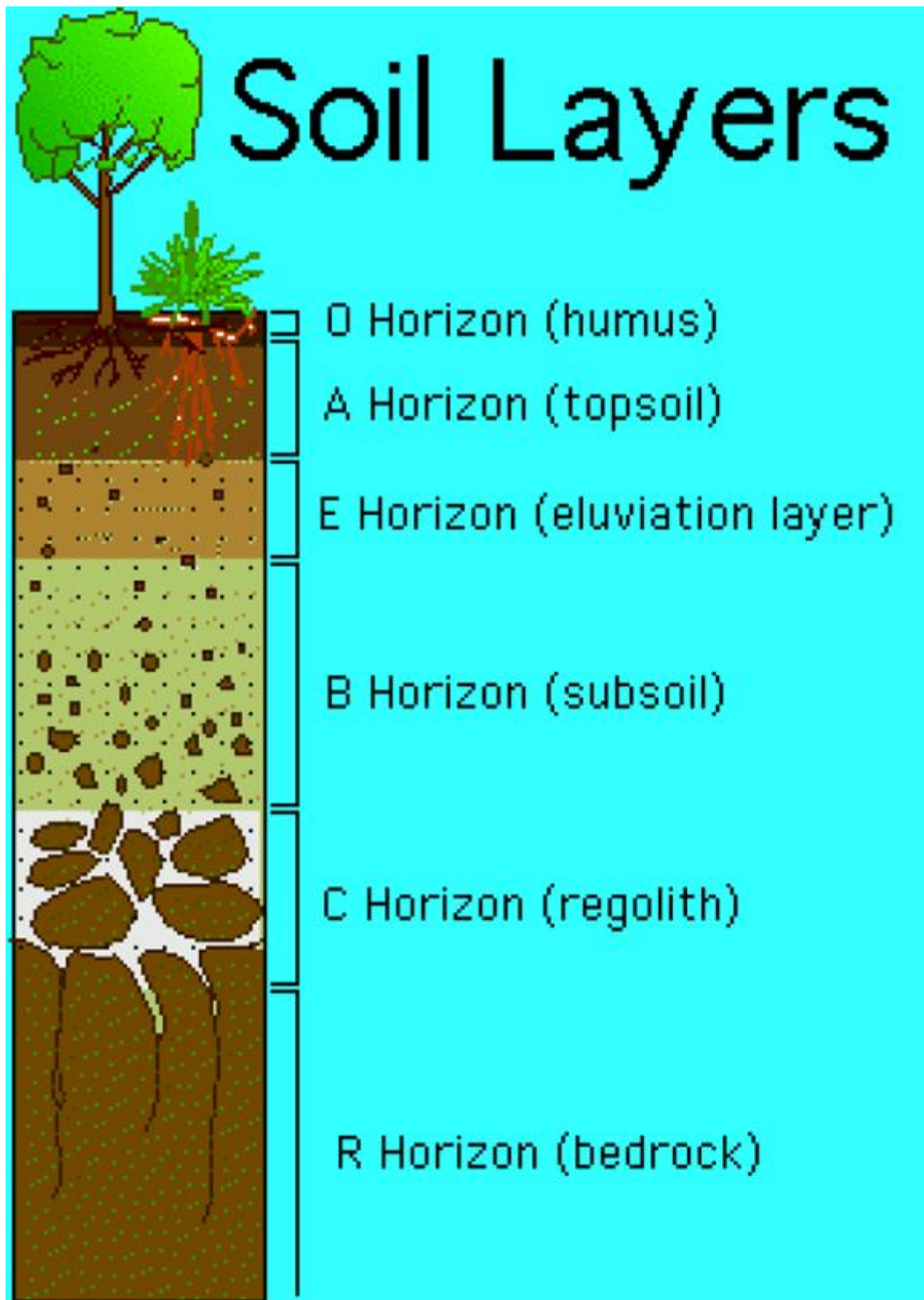
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι περιβαλλοντικά μας ενδιαφέρουν οι εδαφικοί ορίζοντες A, B και C.

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).

- *A* ορίζοντας: χαρακτηρίζεται το τμήμα από τη επιφάνεια του εδάφους (στρώμα 0) πλούσιο σε οργανικά υλικά, που έχουν αρχίσει να αποσυντίθενται, τα οποία βαθμιαία εξασθενούν, ενώ παράλληλα μπορούν να εμφανιστούν ανόργανα συστατικά.
- *B* ορίζοντας: ονομάζεται και εμπλουτισμένος, επειδή μεταφέρονται υλικά σε αυτόν από τον ορίζοντα A, αποτελείται από οξειδία του μαγνησίου, του σιδήρου και του αλουμινίου καθώς και αργιλικά υλικά. Σε αυτόν διεισδύουν οι ρίζες των φυτών και αντλούν θρεπτικά συστατικά.
- *C* ορίζοντας: αποτελείται από τα υλικά του μητρικού πετρώματος.
- *R* ορίζοντας: αποτελείται από βραχώδη υλικά.

Ακολουθεί η Εικόνα 1.7. με τους εδαφικούς ορίζοντες. Έχει πραγματοποιηθεί κατακόρυφη τομή του εδάφους με συνέπεια να γίνονται ευδιάκριτοι οι εδαφικοί ορίζοντες.





**Εικόνα 1.7.:** Κατακόρυφη τομή του εδάφους όπου διακρίνονται οι εδαφικοί ορίζοντες.  
(ΠΗΓΗ:<http://www.pe04.net/rep/eklib/pacs/chemg/common/doyouknow/chapt4/soillayers.htm>)

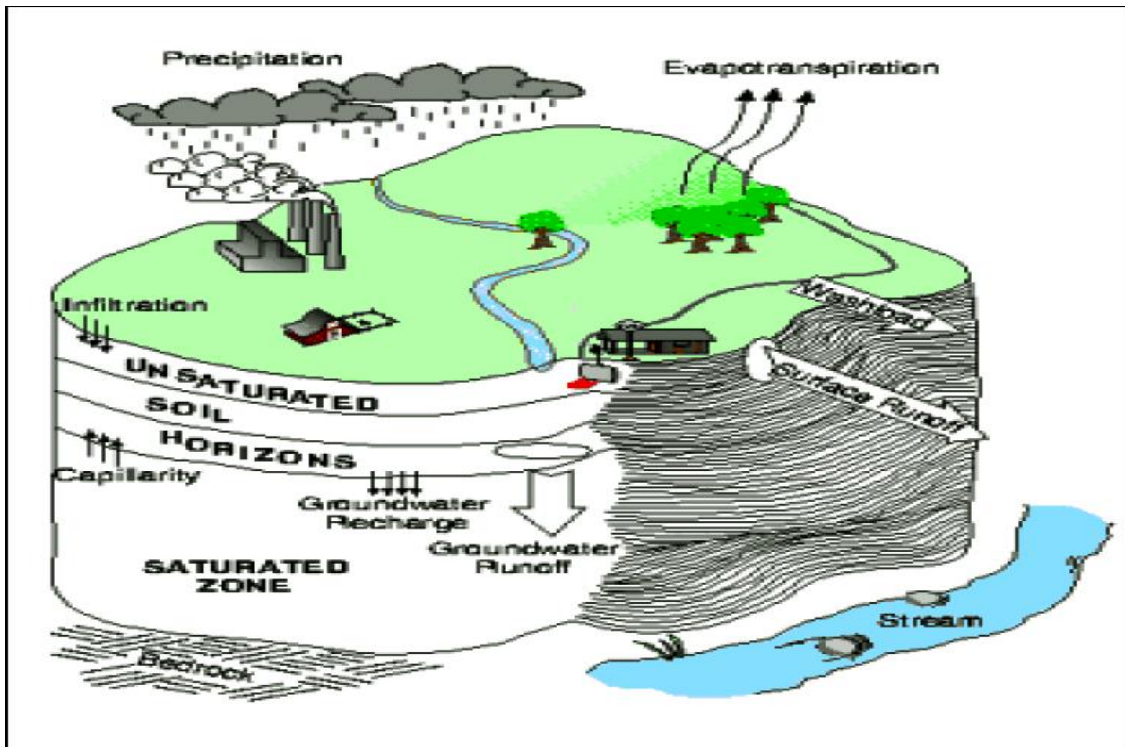
#### 1.4. ΕΛΑΦΙΚΕΣ ΣΤΡΩΣΕΙΣ

Το υπέδαφος μπορεί να χωριστεί σε:

- Ακόρεστη ή σε μερικώς κορεσμένη ζώνη (Unsaturated/ Vadosezone)
- Κορεσμένη (Saturatedzone)

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

- Αδιαπέρατες (aquiclude)
- Αδιαπέρατες στεγανές στρώσεις (aquifluge),
- Υδροφορείς (aquifer) ή Ημιδιαπερατές στρώσεις (aquitard).



Εικόνα 1.8.: Απεικόνιση ακόρεστη, μερικώς κορεσμένη και κορεσμένη ζώνη.  
(ΠΗΓΗ: <http://lap.physics.auth.gr>)

Ανάλογα με το είδος των στρώσεων διακρίνουμε δύο κατηγορίες υδροφορέων στην κορεσμένη ζώνη:

##### Ø Κατηγορία 1<sup>η</sup>: Περιορισμένους ή υπό πίεση υδροφορείς (εγκλιβωτισμένης ροής):

Υδροφορείς περιορισμένοι προς τα άνω και προς τα κάτω από αδιαπέρατους σχηματισμούς με ροή ανάλογη της ροής σε κλειστούς αγωγούς. Στην περίπτωση που το πιεζομετρικό ύψος βρίσκεται υψηλότερα της επιφάνειας του εδάφους τότε έχουμε αρτεσιανό υδροφορέα.

## Ø Κατηγορία 2<sup>η</sup>: Φρεάτιους ή μη περιορισμένους υδροφορείς (ελεύθερης ροής):

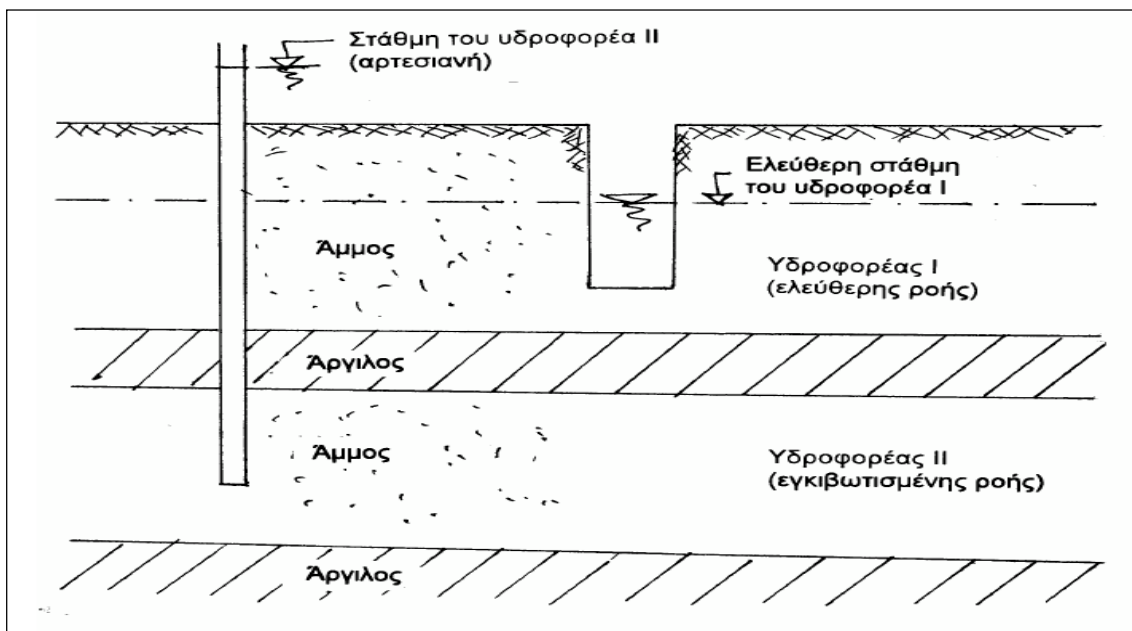
Υδροφορείς περιορισμένοι προς τα κάτω από αδιαπέρατους σχηματισμούς και με ελεύθερη επιφάνεια προς τα πάνω. Η ροή του υπόγειου νερού μέσω αυτών είναι ανάλογη της ροής σε ανοιχτούς αγωγούς.

Το σύνολο σχεδόν του νερού που περιέχεται στο έδαφος (υπόγειο νερό) και τροφοδοτεί τους υδροφορείς προέρχεται από τα επιφανειακά νερά όπως είναι:

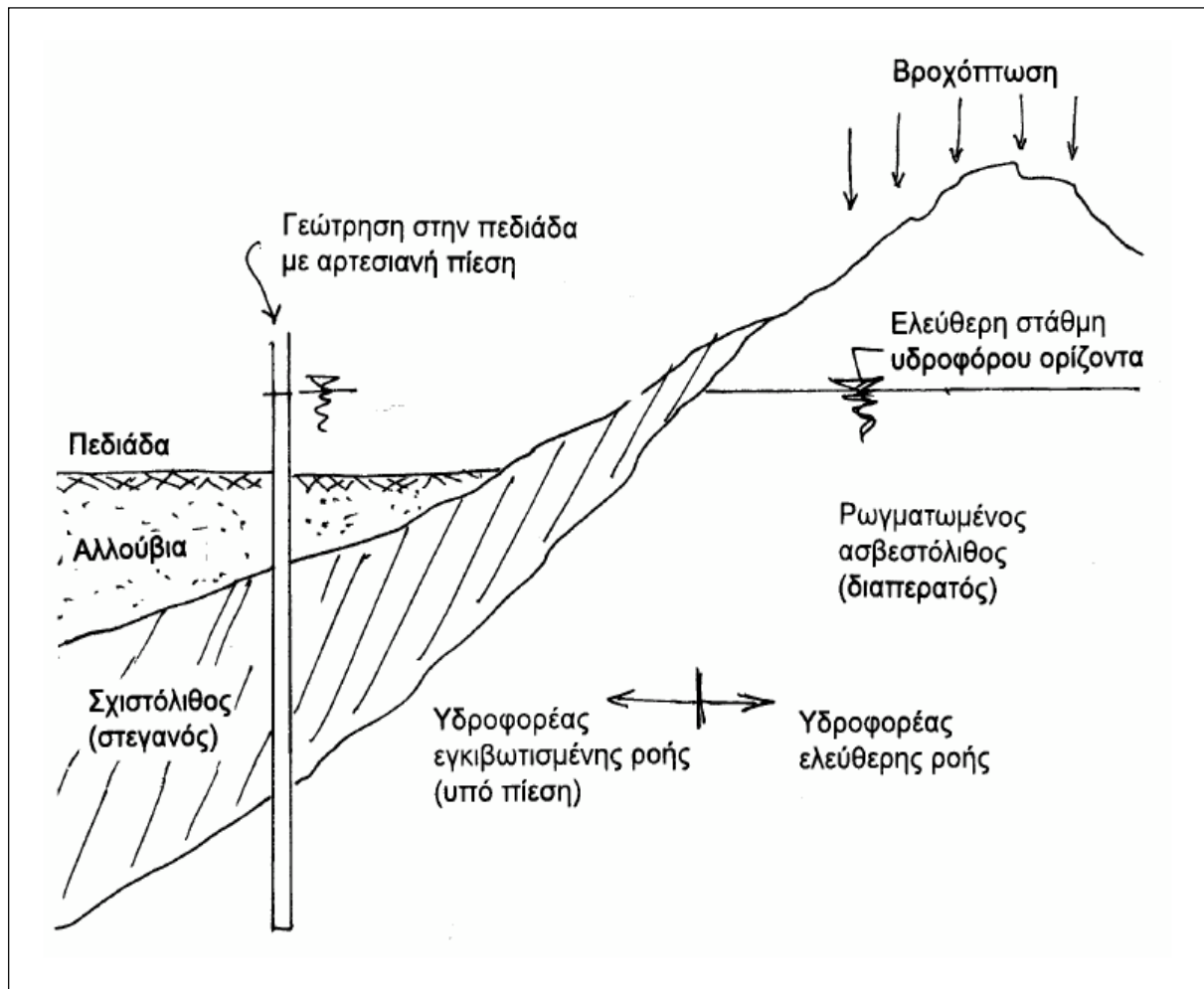
- Βροχόπτωση
- Χιόνι
- Ποταμοί
- Λίμνες
- Νερό τεχνητής άρδευσης

Τα επιφανειακά νερά προέρχονται από τις κατεΐσδυνσεις των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ή τις διήθησεις των συγκεντρωμένων επιφανειακών υδάτων. Ο συντελεστής κατεΐσδυσης εκφράζει το ποσοστό του όγκου των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που κατεΐσδύει εντός του εδάφους. Οι τιμές του συντελεστή κατεΐσδυσης εξαρτώνται από το είδος των επιφανειακών εδαφικών σχηματισμών, την κλίση του ανάγλυφου του εδάφους, τη βλάστηση αλλά και τη χρονική κατανομή και ένταση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι από το νερό που κατεΐσδύει στο έδαφος, ένα μέρος μόνον τροφοδοτεί (recharges) τους υδροφορείς. Το υπόλοιπο είτε χάνεται μέσω της εξατμισοδιαπνοής(εξάτμιση του νερού που συγκρατείται στις ανώτερες εδαφικές στρώσεις ή ανέρχεται μέσω της τριχοειδούς ανύψωσης, απορρόφηση από τα φυτά κλπ.), είτε χάνεται κινούμενο προς βαθύτερους υδροφόρους ορίζοντες (leakance), είτε συγκρατείται στην ανώτερη μερικώς κορεσμένη ζώνη για να αντικαταστήσει προηγούμενες απώλειες στη ζώνη αυτή λόγω εξατμισοδιαπνοής (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).



**Εικόνα 1.9.:** Υδροφορείς ελεύθερης και εγκιβωτισμένης ροής.  
(Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007)



**Εικόνα 1.10.:** Δημιουργία υδροφορέων ελεύθερης ροής και εγκιβωτισμένης ροής (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007)

Από πλευράς ευχέρειας στη διήθηση του υπόγειου νερού (δηλαδή ευχέρειας στην κίνηση του νερού εντός του εδάφους) οι γεωλογικοί σχηματισμοί (χαλαρά εδαφικά υλικά και βραχώδεις σχηματισμοί) όταν βρίσκονται κάτω από τη στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα, διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- *Τους υδροφορείς (aquifers):* επιτρέπουν την ευχερή διήθηση του υπόγειου νερού διαμέσου της μάζας τους, δηλαδή τους σχηματισμούς που έχουν υψηλή υδραυλική αγωγιμότητα. Είναι προφανές ότι η έννοια της “υψηλής” υδραυλικής αγωγιμότητας είναι σχετική και εξαρτάται από τη δυνατότητα εκμετάλλευσης του υδροφορέα. Συνεπώς, μπορεί να θεωρηθεί ότι υδροφορείς είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που επιτρέπουν την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού που διακινείται διαμέσου της μάζας τους.
- *Τους σχηματισμούς περιορισμένης υδροφορίας (aquitards):* επιτρέπουν την περιορισμένη κίνηση του υπόγειου νερού διαμέσου της μάζας τους, και συνεπώς δεν προσφέρονται πάντοτε για την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού που περιέχεται στη μάζα τους. Είναι προφανές ότι η διαφορά των

σχηματισμών περιορισμένης υδροφορίας με τους υδροφορείς είναι καθαρά θέμα κλίμακας. Έτσι, για παράδειγμα ένας σχηματισμός που μπορεί να χαρακτηρίζεται ως υδροφορέας για τις ανάγκες ύδρευσης μιας μικρής κοινότητας, μπορεί να έχει ανεπαρκή παροχευτικότητα για την ύδρευση μιας μεγάλης πόλης και να χαρακτηρίζεται ως σχηματισμός περιορισμένης υδροφορίας για τη μεγάλη πόλη.

- *Τους στεγανούς σχηματισμούς (aquifuges ή aquicludes):* πρακτικώς δεν επιτρέπουν την κίνηση του υπόγειου νερού διαμέσου της μάζας τους και συνεπώς δεν προσφέρονται για την εκμετάλλευση του υπόγειου νερού (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

## 1.5. ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

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.

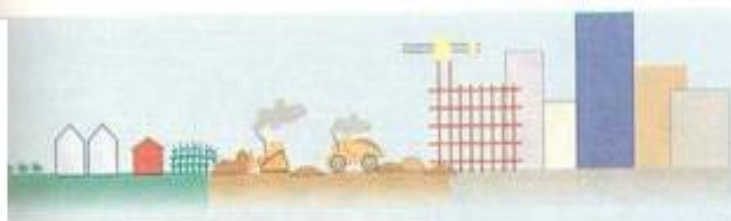
Υπάρχουν 4 τύποι υποβάθμισης του εδάφους οι οποίοι είναι:

- *Υδατική Υποβάθμιση:* Η απώλεια του επιφανειακού χώματος λόγω κίνησης του νερού.
- *Αιολική Διάβρωση:* Όταν το επιφανειακό στρώμα παρασύρεται από τον άνεμο.
- *Χημική Υποβάθμιση:* Ρύπανση, όξυνση, μείωση θρεπτικών συστατικών, αλατοποίηση.
- *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.

Ωστόσο, η υποβάθμιση του εδάφους οφείλεται στους εξής παράγοντες:

- Αστικοποίηση εδάφους
- Λανθασμένη διαχείριση γης
- Αλατοποίηση και κορεσμός σε νερό και έδαφος
- Καταστροφή των δασών
- Καταστροφή των υγροβιότοπων
- Υπερβόσκηση
- Μείωση της βιοποικιλότητας με τον περιορισμό ειδών
- Ρύπανση

Στην Εικόνα 1.11. απεικονίζονται οι παραπάνω παράγοντες.



**Αστικοποίηση γόνιμου εδάφους**



**Λανθασμένη διαχείριση γης**



**Αλατοποίηση και κορεσμός σε νερό και έδαφος**



**Καταστροφή των δασών**



**Καταστροφή των υγροβιότοπων**



**Μείωση των υπόγειων υδάτων**



**Ρύπανση**



**Υπερβόσκηση**



**Μείωση της βιοποικιλότητας με τον περιορισμό ειδών και ενδιαιτήματος**

**Εικόνα 1.11.: Είδη υποβάθμισης εδάφους.**  
(ΠΗΓΗ: <http://www.ncu.org.cy/MSc/projects/desertification/apeiles.html>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΡΥΠΑΝΣΗ

### 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λέξη περιβάλλον προέρχεται από το ρήμα περιβάλλω. Δηλαδή, είναι κάθε τι μέσα στο οποίο ζούμε και είναι στη φυσική του μορφή όπως η γη, ο αέρας, η θάλασσα, το νερό, τα δάση και τα ζώα. Βέβαια υπάρχει και το κοινωνικό περιβάλλον το οποίο έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος. Έτσι λοιπόν ανάμεσα στον άνθρωπο και το περιβάλλον υπάρχει μια μεγάλη εξάρτηση. Η ρύπανση - μόλυνση του περιβάλλοντος δεν είναι τίποτα άλλο παρά αλλοίωση της μορφής του περιβάλλοντος και της ισορροπίας του ανθρώπου με τη φύση. Πρόκειται για μια διαδικασία που την ευθύνη δεν την έχει μόνο η σημερινή γενιά αλλά ξεκίνησε πολύ παλιότερα εξαιτίας της έλλειψης, λογικής εκμετάλλευσης της γης από τους προγόνους μας.

Οι αιτίες είναι αναρίθμητες. Αρχικά αξίζει να αναφέρουμε την 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. Το μονοξείδιο του άνθρακα που βγαίνει από τα εργοστάσια μολύνει τον αέρα ενώ τα βιομηχανικά απόβλητα που τις περισσότερες φορές χύνονται στις θάλασσες και τα ποτάμια προκαλούν μόλυνση. Άλλη μια αιτία, οι πυρκαγιές των δασών που σχετίζονται με το μεγαλείο της ανθρώπινης ασυνειδησίας και μη. Ακόμα, η υπερβολική υλοτομία που σαν στόχο έχει την οικοπεδοποίηση.

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 μόλυνση του φυσικού περιβάλλοντος από τη βιομηχανική δραστηριότητα, τα δημοτικά και οικιακά λύματα. Τα τελευταία χρόνια έχει πάρει επικίνδυνες και πολλές φορές καταστροφικές διαστάσεις για τη γήινη βιόσφαιρα. Η ρύπανση διακρίνεται σε αστική και βιομηχανική, σε ρύπανση της ατμόσφαιρας, του νερού και του εδάφους. Η ρύπανση έχει την δυνατότητα να καταστρέψει την πανίδα και τη χλωρίδα της γης, τις θεμελιώδεις δηλαδή προϋποθέσεις της ζωής στον πλανήτη μας.

Για την κατανόηση της καταστροφής που μπορεί να προκαλέσει μπορούμε να σκεφτούμε τις χιλιάδες καμινάδες εργοστασίων εκλύουν σε 24ωρη βάση χιλιάδες τόνους δηλητηριωδών αερίων και σωματιδίων, με την υποστήριξη του κράτους, κάνοντας ανυπόφορη τη ζωή εκατομμυρίων κατοίκων των πόλεων. Η αλλοίωση της συστάσεως του ατμοσφαιρικού αέρα γίνεται με ξένες ουσίες, οι οποίες μπαίνουν στο κατώτερο μέρος της ατμόσφαιρας εξαιτίας των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, των καυσαερίων, των αυτοκινήτων, των κεντρικών θερμάνσεων και των πολυκατοικιών. Για τη βιομηχανική ρύπανση της ατμόσφαιρας όμως, δεν ευθύνεται μόνο η τεχνολογική πρόοδος αλλά κυρίως οι βιομήχανοι που για κερδοσκοπικούς λόγους αρνούνται να τοποθετήσουν φίλτρα και συστήματα καθαρισμού των δηλητηριωδών αερίων που εκπέμπουν οι επιχειρήσεις τους. Ωστόσο, η μεγαλύτερη απειλή από την ρύπανση αιωρείται κυριολεκτικά πάνω από την Αθήνα, η οποία καλύπτεται συχνά από ένα τεράστιο σύννεφο αιθαλομίχλης, το γνωστό νέφος. Ουσίες που το προκαλούν είναι παράγωγα του θείου και του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες.

Επιπλέον, η ρύπανση της ατμόσφαιρας σχετίζεται με χρόνιες και σοβαρές ασθένειες. Το μονοξείδιο του άνθρακα προκαλεί δυσκολίες στην αναπνοή, κεφαλαλγία, σπασμούς, μέχρι και θάνατο. Το διοξείδιο του θείου σε μεγάλες συγκεντρώσεις επίσης προκαλεί θάνατο σε

ηλικιωμένους, ενώ οι υδρογονάνθρακες προκαλούν τον καρκίνο. Επίσης μεγάλη απειλή για το περιβάλλον είναι οι πυρηνικές εκρήξεις, σαν κι αυτή που είχε συμβεί στο Τσερνομπίλ, οι διαρροές των πυρηνικών αντιδραστήρων και γενικά η ραδιενέργεια που αιωρείται στην ατμόσφαιρα κι απορροφάται από τα φυτά και προκαλεί μακροχρόνιες επιπτώσεις στο ζωικό και φυτικό βασίλειο. Τα τελευταία χρόνια οι ελληνικές θάλασσες και οι ακτές μολύνονται επικίνδυνα από τα βιομηχανικά λύματα και τα απόβλητα των υπονόμων των μεγάλων πόλεων. Πολλές λουτροπόλεις έχουν κηρυχθεί απαγορευμένες για τους λουόμενους και πολλές ιχθυοπαραγωγικές περιοχές έχουν τεθεί σε κίνδυνο.

Ωστόσο, ένα βασικό πρόβλημα αποτελεί και η ρύπανση των εδαφών, η οποία 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. Επιπλέον, περιλαμβάνει 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.

Τα κυριότερα προβλήματα που συνδέονται με τη ρύπανση του περιβάλλοντος στην Ελλάδα είναι ατμοσφαιρική ρύπανση, η ρύπανση των υδάτων, τα στερεά απόβλητα, η εξάντληση του εδάφους, οι πυρκαγιές, ηχητική ρύπανση και η απειλή της βιολογικής ποικιλίας αλλά και των φυσικών αποθεμάτων. Ο άνθρωπος αποτελεί μέρος του φυσικού περιβάλλοντος, που είναι μια ανεξάντλητη πηγή προσφοράς αγαθών απαραίτητων για τη διαβίωσή του. Αυτός είναι και ο σκοπός που πρέπει να προστατεύεται και να διαφυλάσσεται από τη ρύπανση και την καταστροφή για μια πιο ανθρώπινη διαβίωση στον πλανήτη μας. (Αντωνιάδης Β., 2001)



**Εικόνα 2.1.:** Ρύπανση εδαφών και υδάτων.  
(ΠΗΡΗ: <http://www.aqua-tek.gr>)



## 2.2. ΡΥΠΑΝΣΗ

Ρύπανση θεωρείται η δυσμενής μεταβολή των φυσικοχημικών ή βιολογικών συνθηκών ενός συγκεκριμένου περιβάλλοντος, καθώς η βραχυπρόθεσμη και η μακροπρόθεσμη βλάβη στην ευζωία την ποιότητα ζωής και την υγεία των ζωντανών οργανισμών (άνθρωποι, ζώα, φυτά κτλ). Η ρύπανση μπορεί να είναι χημική με την εισαγωγή επικίνδυνων ουσιών, ενεργειακή, βιολογική, αισθητική ηχητική και γενετική.

Ρύπανση νερού θεωρείται οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού. Σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60 της Ε.Ε ρύπανση ορίζεται: η συνεπεία ανθρώπινων δραστηριοτήτων, άμεση ή έμμεση εισαγωγή, στον αέρα, το νερό ή το έδαφος, ουσιών ή θερμότητας που μπορούν να είναι επιζήμια για την υγεία του ανθρώπου ή την ποιότητα των υδατικών οικοσυστημάτων ή των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από υδατικά οικοσυστήματα, συντελούν στη φθορά υλικής ιδιοκτησίας, ή επηρεάζουν δυσμενώς ή παρεμβαίνουν σε λειτουργίες αναψυχής ή σε λοιπές νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος

### 2.2.1. Άμεση Ρύπανση

Άμεση ρύπανση είναι αυτή που μπορούμε να αντιληφθούμε. Για παράδειγμα η απόθεση τοξικών αποβλήτων απευθείας σε μία θάλασσα ή ένα ποτάμι, προκαλώντας άμεσο και αιφνίδιο θάνατο στην υδρόβια ζωή.

### 2.2.2. Έμμεση Ρύπανση

Έμμεση ρύπανση είναι αυτή που δεν μπορούμε να αντιληφθούμε εύκολα και κυρίως δεν είναι ορατή. Για παράδειγμα η απόθεση αποβλήτων σε ποσότητες τέτοιες που το υδάτινο οικοσύστημα δεν μπορεί να καθαρίσει, προκαλεί σταδιακές αλλαγές στα είδη που υπάρχουν μέσα σε αυτό. Η ρύπανση μπορεί να προκαλέσει μείωση οξυγόνου και αύξηση άλλων αερίων (υδρόθειο, αμμωνία κ.ά.) επικίνδυνων για την ζωή.

### 2.2.3. Ρύπανση ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία

Ρυπαντής ή ρύπος ή ρυπαντική ουσία είναι κάθε διαλυτή (υδρόφιλη π.χ. ανόργανα άλατα) ή αδιάλυτη (υδρόφοβη, π.χ. υδρογονάνθρακες, PCBs, διαλύτες κ.λπ.) στο νερό, ουσία, η οποία όταν εισάγεται στο περιβάλλον από ανθρώπινες δραστηριότητες, προκαλεί δυσμενείς περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Οι πιο συνηθισμένοι ρυπαντές, που με διάφορους τρόπους καταλήγουν στα νερά είναι:

- Βαρέα μέταλλα (*Hg, Pd, Cd κ.α.*)
- Τοξικά στοιχεία και ενώσεις (*As, Se, CN κ.α.*)
- Ανόργανες ενώσεις ( $NO_3^-$ ,  $PO_4^{3-}$ ,  $NO_2^-$  κ.α.)
- Οργανικές ενώσεις (φαινόλες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, απορρυπαντικά,
- Παρασιτοκτόνα, χρώματα βαφής, προϊόντα πετρελαίου κ.α.).
- Ραδιενεργές ουσίες
- Παθογόνοι μικρο-οργανισμοί (βακτήρια και ιοί).

### 2.3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ

Οι κυριότερες φυσικοχημικές ιδιότητες των ρύπων είναι:

- **Διαλυτότητα:** Είναι η μέγιστη ποσότητα που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη, σε ορισμένες συνθήκες. Τα ευδιάλυτα μεταφέρονται στους ταμιευτήρες πιο εύκολα με τα επιφανειακά νερά.
- **Πτητικότητα:** Είναι η ικανότητα που έχουν τα μόρια να διαφεύγουν από την επιφάνεια ενός υγρού και να μεταβαίνουν στην αέρια φάση.
- **Προσροφητικότητα:** Εκφράζει την ικανότητα προσρόφησης μιας ουσίας από τα σωματίδια του εδάφους.
- **Βαθμός αποσύνθεσης:** Είναι ο χρόνος που απαιτείται για να αποσυντεθεί μια ουσία π.χ. παρασιτοκτόνο, σε άλλες ενώσεις.
- **Συντελεστής κατανομής:** Περιγράφει τον τρόπο κατανομής ενός ρύπου μεταξύ δύο μέσων, π.χ. στερεού-υγρού, ατμών-υγρού.
- **Πίεση ατμών:** Είναι η πίεση που ασκούν οι ατμοί ενός υγρού, όταν το υγρό βρίσκεται σε ισορροπία με τους ατμούς του και εκφράζεται με το νόμο του Raoult. Η σταθερά Henry (H) συνδέει τη μερική πίεση ( $P_m$ ) μιας πτητικής ουσίας σε ισορροπία πάνω από διάλυμα, με τη συγκέντρωσή της (C) στο διάλυμα:  $P_m = H \cdot C$  (νόμος Henry). Από αυτήν προκύπτει ότι η διαλυτότητα αερίου εντός υγρού (gr/L) υπό σταθερή θερμοκρασία είναι ανάλογη με την πίεση του αερίου σε ισορροπία με το υγρό.
- **Δείκτης βιοσυγκέντρωσης:** Εκφράζει την ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να συσσωρευθεί στους υδρόβιους οργανισμούς.
- **Τοξικότητα:** Είναι η πρόκληση δυσμενών επιπτώσεων στα οικοσυστήματα, όταν εκτεθούν στους ρύπους. Η έκθεση γίνεται μέσω της αναπνοής, της διατροφής και της επιδερμίδας. Η τοξικότητα εκφράζεται με τη μέση θανατηφόρα δόση (LD50), που είναι η δόση (mg/kg σωματικού βάρους) στην οποία επιβιώνει μόνο το 50% των οργανισμών που εκτίθενται σε αυτή για ορισμένο χρονικό διάστημα. Όταν η έκθεση γίνεται με την αναπνοή, η τοξικότητα εκφράζεται με τη μέση θανατηφόρο συγκέντρωση (LC50), που είναι η συγκέντρωση του ρύπου σε ορισμένο όγκο αέρα που εισπνέεται, στην οποία επιβιώνει μόνο το 50% των οργανισμών. Τοξικοί ρύποι στα επιφανειακά νερά είναι: βαρέα μέταλλα (Hg, Cd, Pb, Cr κ.ά), οργανικές ενώσεις (παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα, απορρυπαντικά, πολυχλωριωμένα διφαινύλια PCBs, διοξίνες), τοξικά αέρια ( $Cl_2$ ,  $NH_3$ ), τοξικά ανιόντα, οξέα και αλκάλια. Οι ρύποι εισάγονται στον οργανισμό μέσω τη

πεπτικής οδού, με την αναπνοή και μέσω του δέρματος. Συσσωρεύονται κυρίως στο λίπος (PCBs), τα οστά (Pb, F), τα νεφρά (Cd) και το πλάσμα του αίματος.

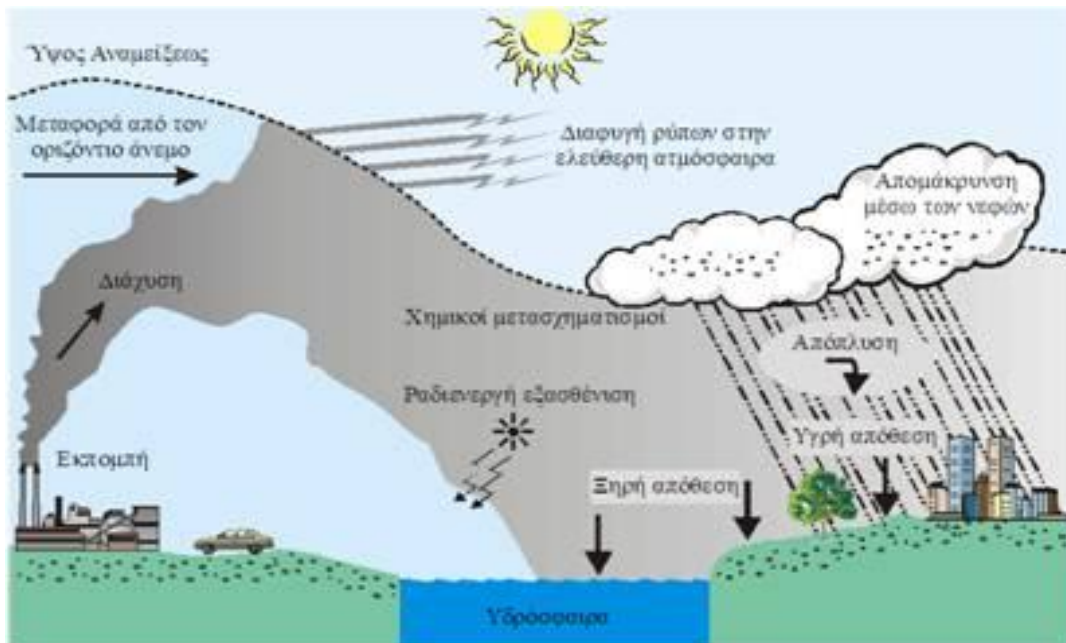
### 2.3.1. Ταξινόμηση πηγών ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης ταξινομούνται ανάλογα με την γεωμετρία και χαρακτηρίζονται:

- **Σημειακές:** όταν προέρχονται από μια μοναδική θέση (ΧΥΤΑ, χωματερές, βόθροι, υπόγειες δεξαμενές).
- **Γραμμικές:** όταν οι πηγές ή οι αιτίες της ρύπανσης παρουσιάζουν μία επικρατέστερη γραμμική διάταξη (δρόμοι, αύλακες).
- **Διάχυτες:** όταν η πηγή ρύπανσης κατέχει μία εκτεταμένη περιοχή (νιτρορρύπανση, όξινη βροχή).

Επίσης, ταξινομούνται με τον ρυθμός εκπομπής ρυπογόνων ουσιών και χαρακτηρίζονται:

- Συνεχούς εκπομπής
- Στιγμιαίας εκπομπής



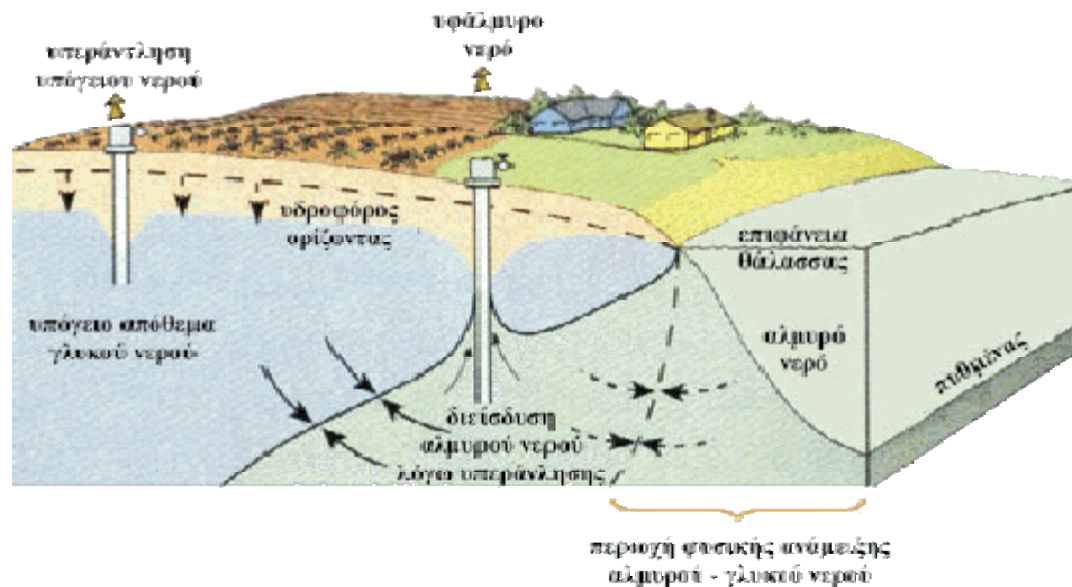
**Εικόνα 2.2.:** Εκπομπή ρύπων και η διαδικασία ρύπανσης του περιβάλλοντος.  
(ΠΗΓΗ: <http://lap.physics.auth.gr>)

## 2.4. ΡΥΠΑΝΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η εδαφική ρύπανση μπορεί να οφείλεται σε ποικίλους παράγοντες. Ωστόσο, οι κυριότεροι παράγοντες είναι οι εξής:

### Ø Φυσικές Διεργασίες:

Η ρύπανση οφείλεται σε φυσικές διεργασίες στο έδαφος. Σε τέτοιες περιπτώσεις η ρύπανση έχει την δυνατότητα να οφείλεται είτε σε διάλυση αλάτων κατά τη διήθηση υπογείων υδάτων διάμεσου των πετρωμάτων, είτε λόγω της εξατμισοδιαπνοής που συμβαίνει σε αβαθείς υδροφόρους ορίζοντες και οδηγεί στην αύξηση των αλάτων στο υπόγειο νερό. Τέτοιοι τύποι ρύπανσης, μπορεί να αναφέρονται στην αύξηση της συγκέντρωσης χλωριόντων, θειικών, νιτρικών, ιόντων σιδήρου, ασβεστίου στο έδαφος και στο υπόγειο νερό( Αντωνιάδης Β., 2001).



Εικόνα 2.3.: Ρύπανσης του περιβάλλοντος από φυσικές διεργασίες.  
(ΠΗΓΗ: <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>)

### Ø 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 (μεταλλεία), καθώς και σε διάθεση αποβλήτων κτηνοτροφικών μονάδων.



**Εικόνα 2.4.:** Βιομηχανικά απόβλητα που ρυπένουσ έδαφος - υπέδαφος και ύδατα.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.ypervasinews.gr>)

### Ø 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.



**Διάγραμμα 2.1.:** Ρύποι από ανθρώπινες δραστηριότητες.  
(ΠΗΓΗ: <http://ebooks.edu.gr>)

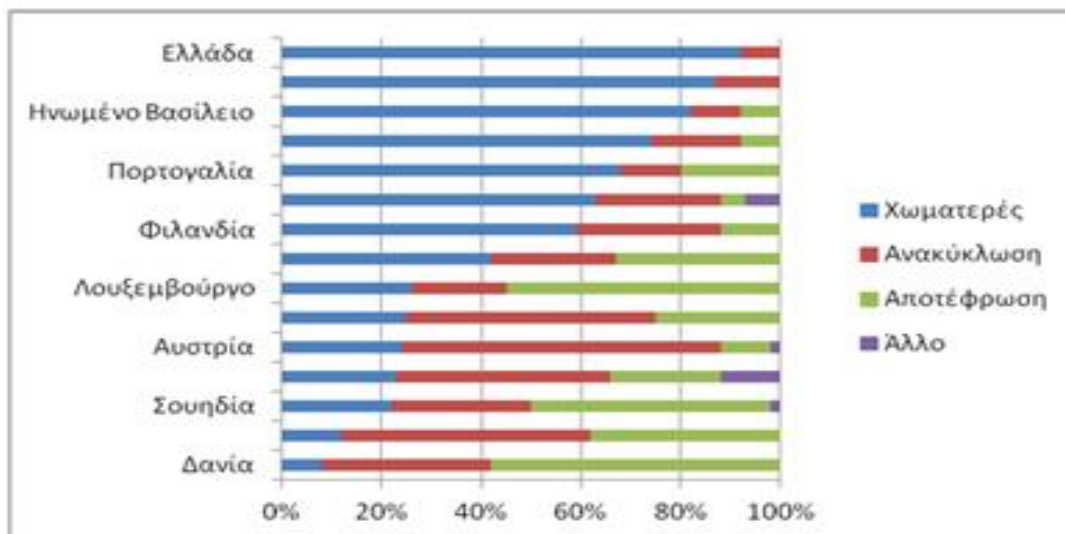
### 2.4.1. Ρύπανση εδαφών και πηγές ρύπανσης

Οι κυριότερες από τις πηγές ρύπανσης των εδαφών είναι:

#### Ø Στερεά απόβλητα:

Όταν αναφερόμαστε στην ρύπανση από στερεά απόβλητα εννοούμε την απόθεση στο έδαφος των στερεών καταλοίπων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα παλιά αυτοκίνητα, κουτιά από κονσέρβες, μπουκάλια, πλαστικά δοχεία και σακούλες που δεν μπορούν να αποσυντεθούν και να ανακυκλωθούν. Το αποτέλεσμα της εναπόθεσης τους στο έδαφος είναι η δημιουργία αφενός μεν αντιαισθητικών σωρούς, αφετέρου δε επηρεάζουν τους οργανισμούς.

Τα στερεά απόβλητα αποτελούν ένα σημαντικό φορέα ρύπανσης του εδάφους. Τα καθημερινά σκουπίδια που πετάγονται απερίσκεπτα στους δρόμους, στις παραλίες, στις αυλές των σχολείων, στις πλατείες και αλλού είναι φαινόμενα που θεωρούνται συνηθισμένα, αλλά με την πάροδο του χρόνου συμβάλουν στη ρύπανση και στη μελλοντική καταστροφή του εδάφους. Η οικονομική ανάπτυξη των τελευταίων χρόνων σε συνάρτηση με την άνοδο του βιοτικού επιπέδου όλο και μεγαλύτερου αριθμού ανθρώπων, έχει σαν συνέπεια μεταξύ άλλων, και την αύξηση των ποσοτήτων των στερεών απορριμμάτων, καθώς και την αλλαγή της σύστασής τους. Η ανεξέλεγκτη απόρριψη των στερεών αποβλήτων μπορεί να βλάψει το περιβάλλον και τον άνθρωπο με διάφορους τρόπους.

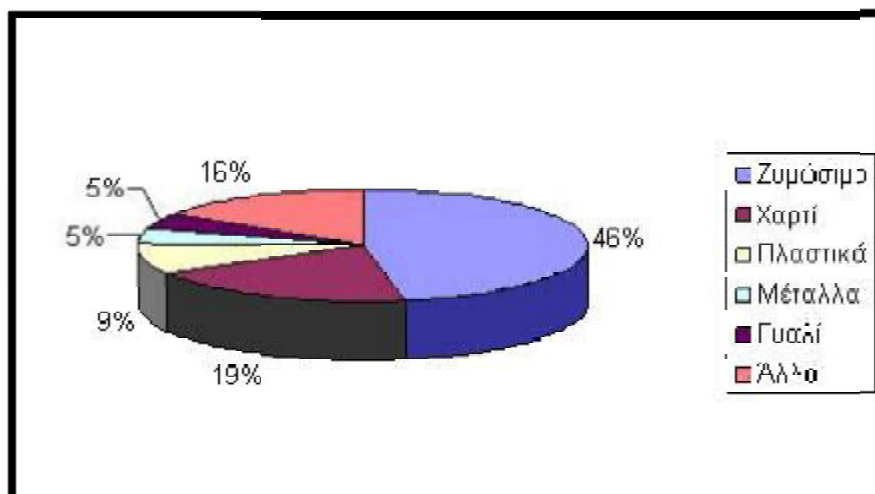


**Διάγραμμα 2.2.:** Διαχείριση των απορριμμάτων στην Ευρώπη για το 2004.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.flowmagazine.gr>)

Ωστόσο, οι επικίνδυντοι ρύποι που περιέχονται στα στερεά απόβλητα έχουν την δυνατότητα να εξατμιστούν στον αέρα, να εισχωρήσουν στο έδαφος, να φτάσουν στα υπόγεια νερά και στα επιφανειακά με συνέπεια να εισχωρήσουν στις τροφικές αλυσίδες μέσα από τα φυτά.

	Δυτική Ευρώπη	ΗΠΑ	Μέση Ανατολή
Οργανικά	21,3	22,6	60,0
Χαρτί	27,4	45,6	25,3
Υφάσματα	3,5	4,5	1,4
Πλαστικά	3,1	2,6	5,8
Γυαλί	9,5	6,2	1,0
Μέταλλα	8,5	9,1	2,8
Σκόνη, Αδρανή	19,8	7,6	2,3
Διάφορα	6,8	1,8	1,4

**Πίνακας 2.1.:** Μέση σύσταση των αστικών αποβλήτων για το 2004.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.flowmagazine.gr>)



**Διάγραμμα 2.3.:** Μέση ποιοτική σύσταση αστικών αποβλήτων στην Ελλάδα για το 2004.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.flowmagazine.gr>)

Τα στερεά απόβλητα περιέχουν:

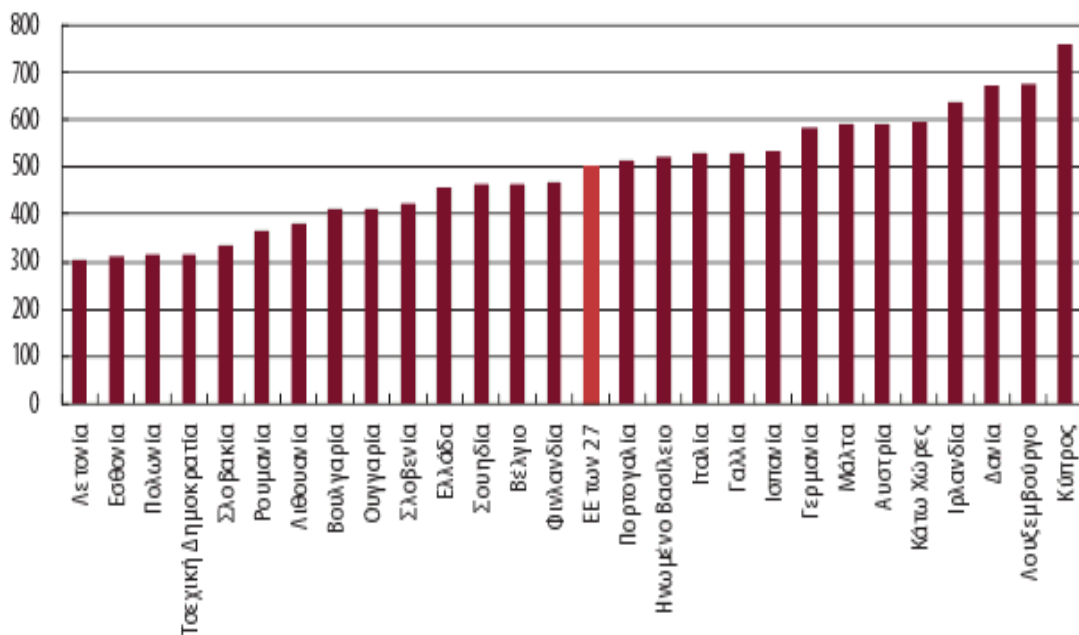
- Παθογόνους μικροοργανισμούς
- Βακτηρίδια
- Μύκητες
- Παράσιτα

Επιπλέον, φορείς των παθογόνων μικροοργανισμών μπορούν να γίνουν τα έντομα, τα πουλιά και τα τρωκτικά που μπορεί να έρθουν σε επαφή με τα απόβλητα.

Ένας σοβαρός παράγοντας μόλυνσης των εδαφών είναι τα πλαστικά τα οποία παράγονται από το πετρέλαιο, ένα φυσικό πόρο που δεν είναι ανανεώσιμος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα οι πλαστικές σακούλες οι οποίες δεν είναι «διασπώμενες». Ακόμα και οι «βιοδιασπώμενες» πλαστικές σακούλες ποτέ δε διαλύονται εντελώς αφού απλώς γίνονται μικρά κομματάκια.

Τα σκουπίδια είναι κι αυτά ένα μεγάλο πρόβλημα και ρυπαίνουν συνεχώς το περιβάλλον γύρω μας.

(σε κιλά/κεφαλήν)



**Διάγραμμα 2.4.:** Παράγωγη σκουπιδιών σε Ευρωπαϊκές χώρες σε κιλά/κεφαλήν για το 2010. (ΠΗΓΗ: <http://enotitasaronikou.wordpress.com>)

Έρευνες έχουν αποδείξει ότι μόνο στην Ελλάδα παράγονται κάθε χρόνο εκατομμύρια τόνοι σκουπιδιών. Ο κάθε Έλληνας παράγει καθημερινά ένα κιλό σκουπίδια. Επιπλέον παρόμοιες έρευνες έχουν δείξει ότι η Ελλάδα σε σύγκριση με κάποιες άλλες χώρες παράγει τα περισσότερα σκουπίδια.

Η εναπόθεση των σκουπιδιών ακόμα και σήμερα πραγματοποιείται με την παλαιότερη μέθοδο απόρριψης των σκουπιδιών, η οποία είναι της ανοιχτής χωματερής. Τα απορρίμματα εναποτίθενται σε ένα συγκεκριμένο χώρο, αλλά καμία μέριμνα δεν λαμβάνεται για την αποτροπή πιθανής ρύπανσης και οσμών, όσο και για τη δημόσια υγεία. Σε κάποιες περιπτώσεις τα απορρίμματα αυτά πυροδοτούνται και αφήνονται να καίγονται συνεχώς. Ωστόσο, έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες για την αντικατάσταση αυτής της μεθόδου από τη μέθοδο της υγειονομικής ταφής.

Η υγειονομική ταφή είναι ένας μηχανικός τρόπος απόθεσης στερεών αποβλήτων στο έδαφος, έτσι ώστε να προφυλάσσεται το περιβάλλον από τη ρύπανση. Τα απόβλητα, διασκορπίζονται σε λεπτά στρώματα και συμπιέζονται ώστε να αποκτήσουν το μικρότερο δυνατό όγκο, ενώ στο τέλος κάθε εργάσιμης μέρας, επικαλύπτονται με χώμα. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη δημιουργία χώρου υγειονομικής ταφής είναι η υδρογεωλογική μελέτη του χώρου, καθώς επίσης και η μελέτη των καιρικών συνθηκών της περιοχής. Αφού λοιπόν η καταστροφή του περιβάλλοντος είναι τόσο μεγάλη και αυτή οφείλεται αποκλειστικά και μόνο στον άνθρωπο, πρέπει όλοι μας να αναλογιστούμε τις ευθύνες μας και να αλλάξουμε συμπεριφορά. Έτσι, θα έχουμε την τύχη και την ευτυχία να ζούμε σε ένα καθαρό περιβάλλον και αυτό να το κληροδοτήσουμε και στις επόμενες γενιές.





**Εικόνα 2.5.:** 1<sup>η</sup> Μέθοδος εναπόθεση των σκουπιδιών ανοιχτής χωματερής (ΠΗΓΗ: <http://www.dinfo.gr>)



**Εικόνα 2.6.:** 2<sup>η</sup> Μέθοδος εναπόθεση των σκουπιδιών με υγειονομική ταφή (ΠΗΓΗ: <http://rethemnosnews.gr>)

### Ø Υγρά απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα αποτελούν μια πηγή ρύπανσης που απειλεί να καταστρέψει την ομορφιά και τη γαλήνη της φύσης. Με τον όρο υγρά απόβλητα, εννοούμε όλα τα οικιστικά και βιομηχανικά λύματα που διοχετεύονται στις λίμνες, στα ποτάμια και στις θάλασσες.

Τα υγρά απόβλητα περιέχουν ουσίες όπως:

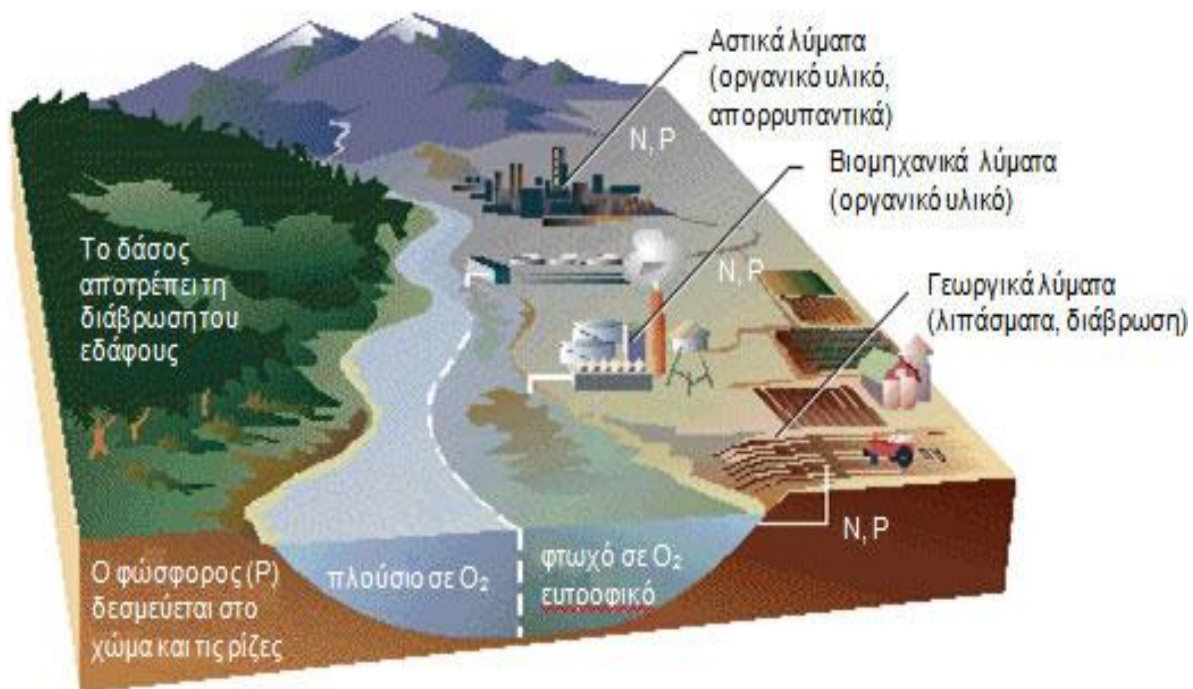
- Û Διαφορες οργανικες και ανοργανες ουσιες
- Û Βαρια μεταλλα
- Û Θρεπτικα αλατα
- Û Παραγωγα του πετρελαιου
- Û Απορρυπαντικα
- Û Παθογονους μικροοργανισμους
- Û Χλωριουμενους υδρογονανθρακες
- Û Αιωρουμενα σωματιδια

Βασικό πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχει η δυνατότητα να διασπαστούν από τους μικροοργανισμούς. Τα υγρά απόβλητα τα οποία ρυπαίνουν τα εδάφη είναι τα οικιστικά λύματα και τα λύματα από διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως λιοτρίβια, εργοστάσια, κτηνοτροφικές ομάδες κ.α. Οι επιπτώσεις στον άνθρωπο είναι σοβαρές.

Οι κατηγορίες υγρών αποβλήτων διαχωρίζονται ανάλογα τη χρήση από όπου προήλθαν και είναι οι εξής:

- Û **Οικιακά υγρά απόβλητα:** απόβλητα που παράγονται από τις διάφορες ατομικές δραστηριότητες όπως είναι το μπάνιο και τα απόνερα τόσο σε οικιακό και ξενοδοχειακό επίπεδο όσο και σε εμπορικό, για παράδειγμα υγρά απόβλητα αεροδρομίων και εμπορικών καταστημάτων.

- Ϊ **Βιομηχανικά υγρά απόβλητα:** απόβλητα που παράγονται σε διάφορες βιομηχανίες, για παράδειγμα μεταλλουργικές, ηλεκτροπαραγωγικές ή κλωστοϋφαντουργικές.
- Ϊ **Γεωργικά υγρά απόβλητα:** απόβλητα που παράγονται από κάθε γεωργική δραστηριότητα, όπως για παράδειγμα οι εντατικές κτηνοτροφικές μονάδες.



**Εικόνα 2.6.:** Ρύπανση εδαφών και υδάτων από αστικά, βιομηχανικά και γεωργικά λύματα. (ΠΗΓΗ: <http://opag1gydr.blogspot.gr>)

## Ø Φυτοφάρμακα

Φυτοφάρμακα ονομάζονται σειρά από φάρμακα, που κατασκευάζει η βιομηχανία γεωργικών φαρμάκων για την αποτελεσματική καταπολέμηση των εχθρών των φυτών. Τα φυτοφάρμακα είναι δυνατά δηλητήρια που έχουν την δυνατότητα να δρουν αμέσως πάνω στους εχθρούς της παραγωγής. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι αν δεν υπήρχαν δεν θα μπορούσαμε να καταναλώσουμε ούτε φρούτα ούτε λαχανικά λόγω των αυξημένων εντομών, ζιζανίων κ.λ.π.

Επιπλέον, τα φυτοφάρμακα είναι προϊόντα υψηλής τεχνολογίας, τα οποία χρειάστηκαν πολλά χρόνια ερευνών για να τελειοποιηθούν. Αρχικά δημιουργήθηκαν για να χρησιμοποιηθούν στις βιομηχανικές χώρες, αλλά η μεταγενέστερη εισαγωγή τους στις χώρες του Τρίτου Κόσμου δεν συμβιβάστηκε με τις συνθήκες ζωής και περιβάλλοντος που επικρατούσαν. Οι Η.Π.Α. χρησιμοποιούν το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής φυτοφαρμάκων, σχεδόν δύο φορές πάνω από το σύνολο των χωρών του Τρίτου Κόσμου.



**Εικόνα 2.7.:** Ψεκάσμος με φυτοφάρμακα (1<sup>ος</sup> τρόπος)  
(ΠΗΓΗ:<http://forum.kithara.gr>)



**Εικόνα 2.7.:** Ψεκάσμος με φυτοφάρμακα (2<sup>ος</sup> τρόπος)  
(ΠΗΓΗ:<http://forum.kithara.gr>)

Τα περισσότερα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται τα τελευταία χρόνια είναι συνθετικές οργανικές ουσίες και διακρίνονται σε:

- Ø **ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ:** τα οποία καταστρέφουν τα έντομα, που τρώνε τα διάφορα μέρη των φυτών, χωρίς να βλάπτουν τα ίδια.
- Ø **ΠΑΡΑΣΙΤΟΚΤΟΝΑ ή ΜΥΚΗΤΟΚΤΟΝΑ:** Καταστρέφουν τα ζωοπαράσιτα και τα φυτοπαράσιτα, που ζουν στα φυτά και τρέφονται εις βάρος του.
- Ø **ΖΙΖΑΝΙΟΚΤΟΝΑ:** Καταστρέφουν τα αγριόχορτα, που πνίγουν τα καλλιεργημένα φυτά. Τα τελευταία δεν παθαίνουν τίποτα και αναπτύσσονται κανονικά. Τα φυτοφάρμακα δεν δρουν απλώς επάνω στους "εχθρούς" των καλλιεργειών έχοντας μόνο μερικές μικρές δευτερογενείς συνέπειες, αλλά δρουν στο σύνολο του οικοσυστήματος, προκαλώντας σοβαρά οικολογικά προβλήματα. Αυτό οφείλεται στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους που είναι κοινά στις περισσότερες από αυτές τις ουσίες:
  - i. Η τοξικότητά τους για τα θερμόαιμα σπονδυλωτά και τα ποικιλόθερμα είναι συχνά αρκετά υψηλή.
  - ii. 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.
  - iii. Οι επιφάνειες στις οποίες διασπείρονται είναι πολύ μεγάλες και η διασπορά τους επεκτείνεται πέρα από το αγροοικολογικό σύστημα.
  - iv. Οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται είναι μεγαλύτερες από αυτές που χρειάζονται για την καταστροφή του "εχθρού".
  - v. Πολλά παραμένουν στο έδαφος για μήνες ή χρόνια. Τα φυτοφάρμακα μπορούν να δράσουν, από οικολογική άποψη με πολλούς τρόπους.

Ένας τρόπος δράσης των φυτοφαρμάκων είναι η άμεση μείωση του επιπέδου των πληθυσμών των ευαίσθητων ειδών, λόγω υψηλής τοξικότητας αυτών των ουσιών για τα συγκεκριμένα είδη. Η μείωση του μεγέθους των πληθυσμών είναι τόσο πολύ μεγάλη όσο η χρησιμοποιούμενη δόση είναι πιο ισχυρή. Για παράδειγμα, ένα φυτοφάρμακο που συσσωρεύεται κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας, εκδηλώνει τη χρόνια τοξικότητά του μόλις η συγκέντρωσή του στη λεία κάποιου σαρκοφάγου ζώου ξεπεράσει ένα κρίσιμο όριο. Ακόμη, οι συνέπειες της δράσης των φυτοφαρμάκων δεν περιορίζονται στα ευαίσθητα είδη, αλλά επεκτείνονται μέσα από ένα πολύπλοκο δίκτυο σχέσεων και σε άλλα είδη.

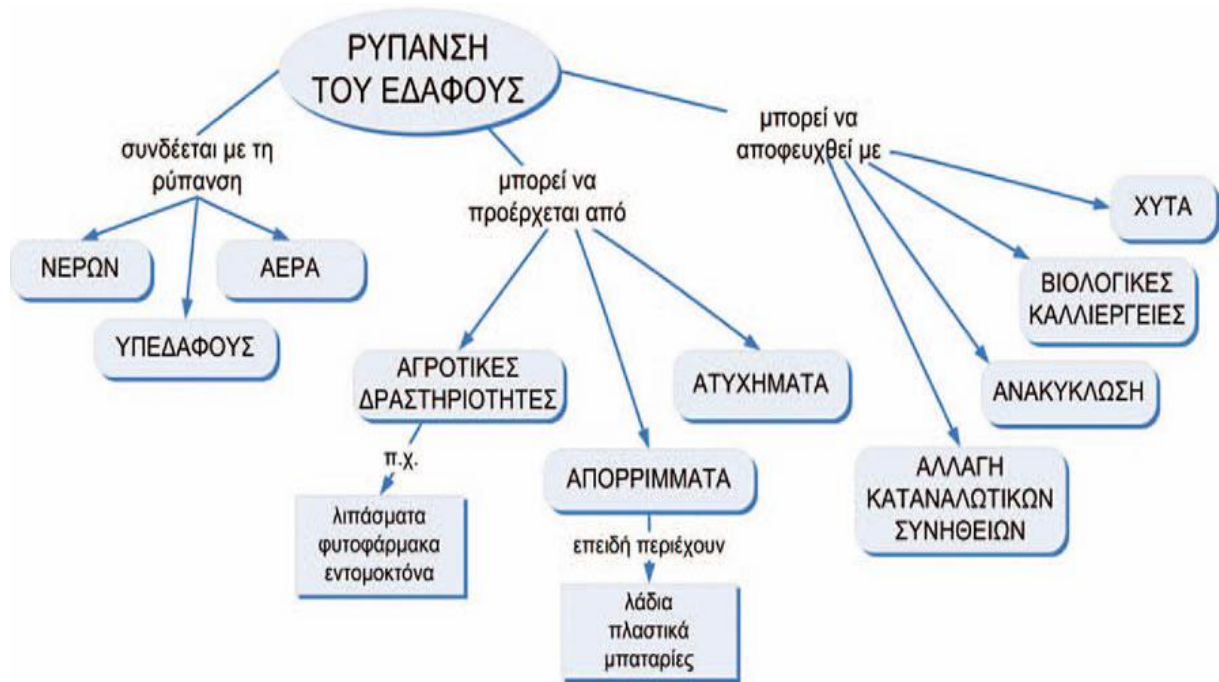
Πραγματικά, έστω κι αν ένα είδος είναι εντελώς αδιάφορο για το συγκεκριμένο φυτοφάρμακο, το μέγεθος του πληθυσμού του, μπορεί να μειωθεί ισχυρά εξαιτίας της εξαφάνισης αυτών των φυτών ή των ζώων που είναι ευαίσθητα στη δράση του και τα οποία αποτελούν την τροφή του. Κι ωστόσο, η χρήση των φυτοφαρμάκων 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 1,5 εκατομμύριο άνθρωποι, ενώ περίπου 20.000 πεθαίνουν από απρόσεκτη χρησιμοποίηση των φυτοφαρμάκων. 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. Ευτυχώς, υπάρχουν αποτελεσματικές φυσικές εναλλακτικές λύσεις. Πρέπει να προτρέπουμε τους αγρότες στη χρήση τους και να μάθουμε να τις εφαρμόζουμε και στα σπίτια μας. Αν θέλουμε να προστατέψουμε το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζούμε, πρέπει να αλλάξουμε τις κακές μας συνήθειες. Αν θέλουμε την υγεία μας θα πρέπει να έχουμε πρώτα σεβαστεί την υγεία του περιβάλλοντός μας.

### **Ø Λιπάσματα:**

Τα φυτά παίρνουν τις τροφές τους από δύο πηγές: από τον αέρα κι από το έδαφος. Από τον αέρα παίρνουν τον άνθρακα κι από το έδαφος τα άλατα, διαλυμένα μέσα στο νερό. Οι θρεπτικές ουσίες, που παίρνουν από τον αέρα είναι άφθονες κι ανεξάντλητες. Οι ουσίες όμως που παίρνουν από το έδαφος, εξαντλούνται αργά ή γρήγορα και χρειάζεται να τις αντικαθιστούμε. Αυτή ακριβώς η αντικατάσταση των θρεπτικών ουσιών του εδάφους, που τις εξαντλούν τα φυτά, γίνεται με τα λιπάσματα. Τα λιπάσματα όμως σιγά-σιγά γίνονται συνήθεια στα φυτά, κι όταν ξαφνικά σταματήσουμε να τους ρίχνουμε λίπασμα, δεν αποδίδουν καρπούς.

Τα λιπάσματα διακρίνονται σε φυσικά και τεχνητά. Τα πρώτα, αποτελούνται κυρίως από οργανική ουσία σε μικρό ποσοστό λιπαντικών συστατικών και έχουν ζωική και φυτική προέλευση. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την βελτίωση των ιδιοτήτων του εδάφους. Τα τεχνητά λιπάσματα, είναι συνθετικά προϊόντα που διαθέτουν μεγαλύτερη ποσότητα αλάτων. Ανάλογα με το κύριο στοιχείο που περιέχουν, τα χημικά λιπάσματα, λέγονται αζωτούχα, φωσφορούχα, καλιούχα. Τα λιπάσματα είναι χρήσιμα, αλλά και μπορούν να προκαλέσουν ανεπανόρθωτες ζημιές στο έδαφος όταν χρησιμοποιούνται σε αλόγιστη ποσότητα και χωρίς τη συνταγή ή την παρουσία γεωπόνου ή κάποιου άλλου ειδικού. Κάθε χρόνο χρησιμοποιούνται πολύ μεγάλες ποσότητες λιπασμάτων στη γεωργία. Στην Ελλάδα, η κατανάλωση χημικών λιπασμάτων στο διάστημα από το 1958 ως το 1978, πολλαπλασιάστηκε με 4,3% αύξηση από πριν. Σε ορισμένες χώρες έχουν θεσπιστεί ανώτατα επιτρεπόμενα όρια στη συνολική ποσότητα των χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων.



**Διάγραμμα 2.4.:** Συγκεντρωτικό Διάγραμμα πηγών ρύπανση.  
(ΠΗΓΗ: <http://ebooks.edu.gr>)

## 2.4.2. Δημιουργία ρύπανσης στο έδαφος

Η ρύπανση του εδάφους όπως προαναφέραμε δημιουργείται κυρίως από την χρήση ορισμένων τεχνικών της σύγχρονης γεωργίας, όπως τα χημικά λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα. Τα χημικά λιπάσματα έχουν την δυνατότητα να αυξάνουν την παραγωγή σε μεγάλο βαθμό, αλλά περιέχουν ίχνη από τοξικά μέταλλα και μεταλλοειδή τα οποία παραμένουν στο έδαφος και συσσωρεύονται στους επιφανειακούς ορίζοντες, ιδιαίτερα στις περιοχές κοντά στις ρίζες. Επιπλέον, τα εδάφη είναι εκτεθειμένα στους ρύπους που δημιουργούνται στην ατμόσφαιρα και οι οποίοι καταλήγουν σε αυτό με τις βροχές. Στην συνέχεια οι ρύποι οι οποίοι δημιουργούνται στο έδαφος ή απλά διέρχονται από αυτό, καταλήγουν αργά ή γρήγορα στην υδατόσφαιρα και μέσω των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων στις θάλασσες.

Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η ρύπανση του εδάφους είναι στενά συνδεδεμένη με την ρύπανση των χερσαίων υδάτων και των θαλασσών. Τέλος τα οικιακά απόβλητα όπως τα πλαστικά κουτιά, τα γυάλινα μπουκάλια και άλλα υλικά δηλαδή τα οποία αποδομούνται πολύ αργά ή καθόλου καθώς και τα βιομηχανικά τοξικά απόβλητα τα οποία πετιούνται σε αστικές ή υπαίθριες περιοχές προκαλούν ρύπανση των εδαφών αλλά και υποβαθμίζουν την αισθητική του περιβάλλοντος γενικότερα.

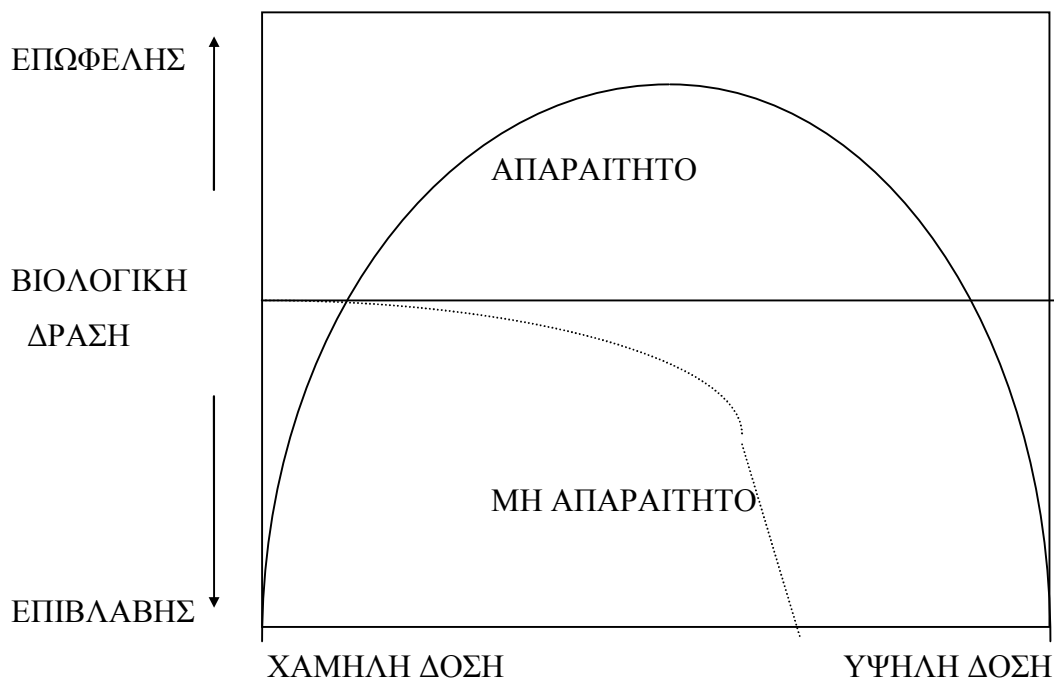
### 2.4.2.1. Επιπτώσεις από την ρύπανση του εδάφους.

Η ρύπανση του εδάφους έχει δυσάρεστες επιπτώσεις στην ζωή του ανθρώπου αφού οι τοξικές ουσίες του εδάφους μολύνουν τον υδροφόρο ορίζοντα και υπομονεύουν την υγεία του. Ακόμα ορισμένοι φυτικοί οργανισμοί όπως τα λαχανικά δεν μεταβολίζουν πλήρως αυτές

τις ουσίες (κυρίως τα νιτρικά) με αποτέλεσμα να αυξάνεται η συγκέντρωσή τους στην φυτική μάζα και διαμέσου των τροφικών αλυσίδων να περνούν στον άνθρωπο. Τα φυτοφάρμακα έχουν πολλά πλεονεκτήματα αλλά παρουσιάζουν όμως και σοβαρά μειονεκτήματα όπως την συσσώρευσή τους κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας και τα προβλήματα που δημιουργούν σε όλους τους οργανισμούς του οικοσυστήματος που επιδρούν και όχι μόνο στους εχθρούς των καλλιεργειών. Η αλόγιστη χρήση τους ακόμα έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ανθεκτικών στελεχών των εχθρών των καλλιεργειών και την εμφάνιση καινούργιων ασθενειών. Σημαντική είναι η αισθητική υποβάθμιση του περιβάλλοντος από τα διάφορα μη ανακυκλώσιμα απόβλητα.

Στη φύση λοιπόν έχουμε απαραίτητα και μη απαραίτητα στοιχεία για τη θρέψη φυτών και ζώων. Οι διαφορές τους είναι ότι τα απαραίτητα όταν είναι σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλούν τροφοπενίες, ενώ τα μη απαραίτητα και να μην υπάρχουν καθόλου δεν έχουν αρνητικές οι επιδράσεις τους. Σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις και τα μεν και τα δε προκαλούν τοξικότητες στους οργανισμούς. Τα απαραίτητα στοιχεία, λοιπόν, έχουν φυσιολογικές και βιολογικές δράσεις στους οργανισμούς μόνο σε ένα εύρος συγκεντρώσεων, ενώ προκαλούν προβλήματα έξω από αυτά τα όρια. Τα μη απαραίτητα, δεν έχουν αρνητικές επιδράσεις μέχρι μια ανώτατη τιμή συγκέντρωσης, πέρα από την οποία προκαλούν τοξικότητες. Όλα τα στοιχεία, δηλαδή, ακόμα και αυτά που ονομάζουμε τοξικά, δεν είναι τοξικά κάτω από όλες τις συνθήκες (Διάγραμμα 2.5.)

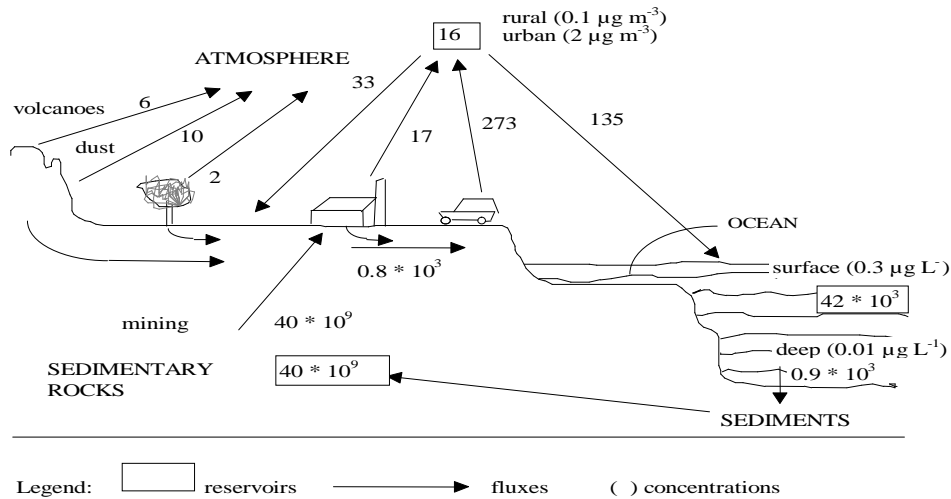
Μια ειδική κατηγορία τοξικών μετάλλων είναι τα βαρέα μέταλλα (heavy metals). Ως τέτοια ορίζουμε τα μέταλλα που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από  $6 \text{ g cm}^{-3}$ , και έχουν συγκεκριμένη βιομηχανική χρήση. Αυτά είναι τα As, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Hg και Zn. Πρέπει να τονιστεί ότι τα Cr, Cu και Zn είναι και απαραίτητα μικροστοιχεία για τη θρέψη των φυτών (Αντωνιάδης Β., 2001).



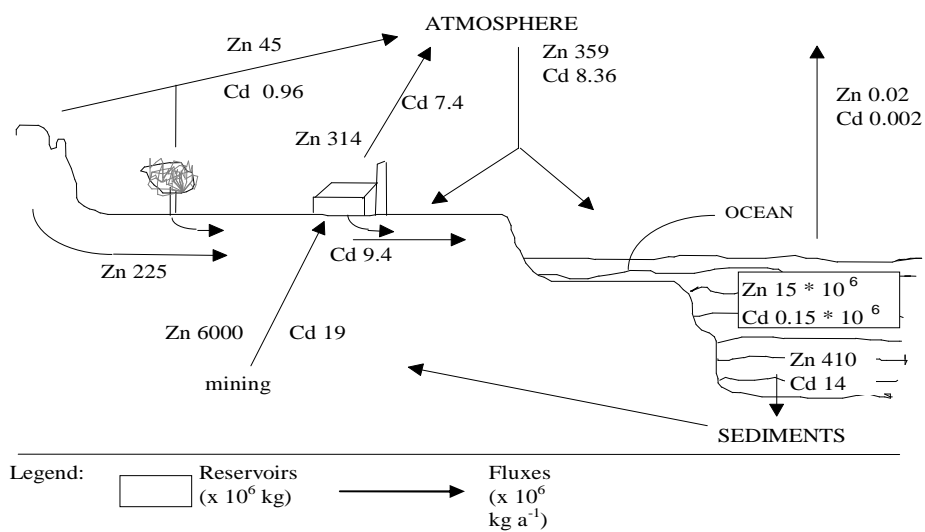
**Διάγραμμα 2.5.:** Παραστατική απεικόνιση βιολογικής δράσης απαραίτητων και μη απαραίτητων στοιχείων στους ζώντες οργανισμούς (Αντωνιάδης Β., 2001).

Τα βαρέα μέταλλα (BM) είναι αυτά που έχουν τη μεγαλύτερη σημασία στη ρύπανση των εδαφών. Αυτό οφείλεται στους εξής λόγους:

- Όλα τα βαρέα μέταλλα υπάρχουν στα πρωτογενή ορυκτά και κληροδοτούνται και στα εδάφη. Επομένως, είναι φυσιολογικό να μετράμε συγκεντρώσεις τους στο έδαφος χωρίς αυτό απαραίτητα να υποδεικνύει ρύπανση.



Σχήμα 2.1: Ο κύκλος του Pb (Αντωνιάδης Β., 2001).



Σχήμα 2.2.: Οι κύκλοι των Cd και Zn (Αντωνιάδης Β., 2001).

- ✓ Η μεγάλη βιομηχανική χρήση τους έχει αυξήσει τις συγκεντρώσεις τους στη δεξαμενή εκείνη, η οποία είναι κυρίως υπεύθυνη για τη ρύθμιση του κύκλου τους, δηλαδή το έδαφος (Πίνακας 2.2.).

Στοιχεία	Cd	Ni	Pb	Zn
Γαλβανισμός	+	+		
Χρώματα	+		+	+
Σταθεροποιητές πλαστικών	+			
Μπαταρίες	+	+	+	
Κέρματα		+		
Σωλήνες νερού			+	
Καύσιμα			+	
Αντισκωριακή προστασία		+		+
Στεγανοποίηση			+	
Απορροφητής ακτίνων-x			+	
Εξόρυξη μεταλλείων	+	+	+	+
	(ως παραπροϊόν)			
Κάλυμμα καλωδίων			+	

**Πίνακας 2.2.:** Οι πιο κοινές βιομηχανικές χρήσεις των Cd, Ni, Pb και Zn. (Αντωνιάδης Β., 2001).

- ✓ Η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων που προκύπτουν από τη χρήση τους, γίνεται με καλή κατανόηση των εδαφικών ιδιοτήτων.

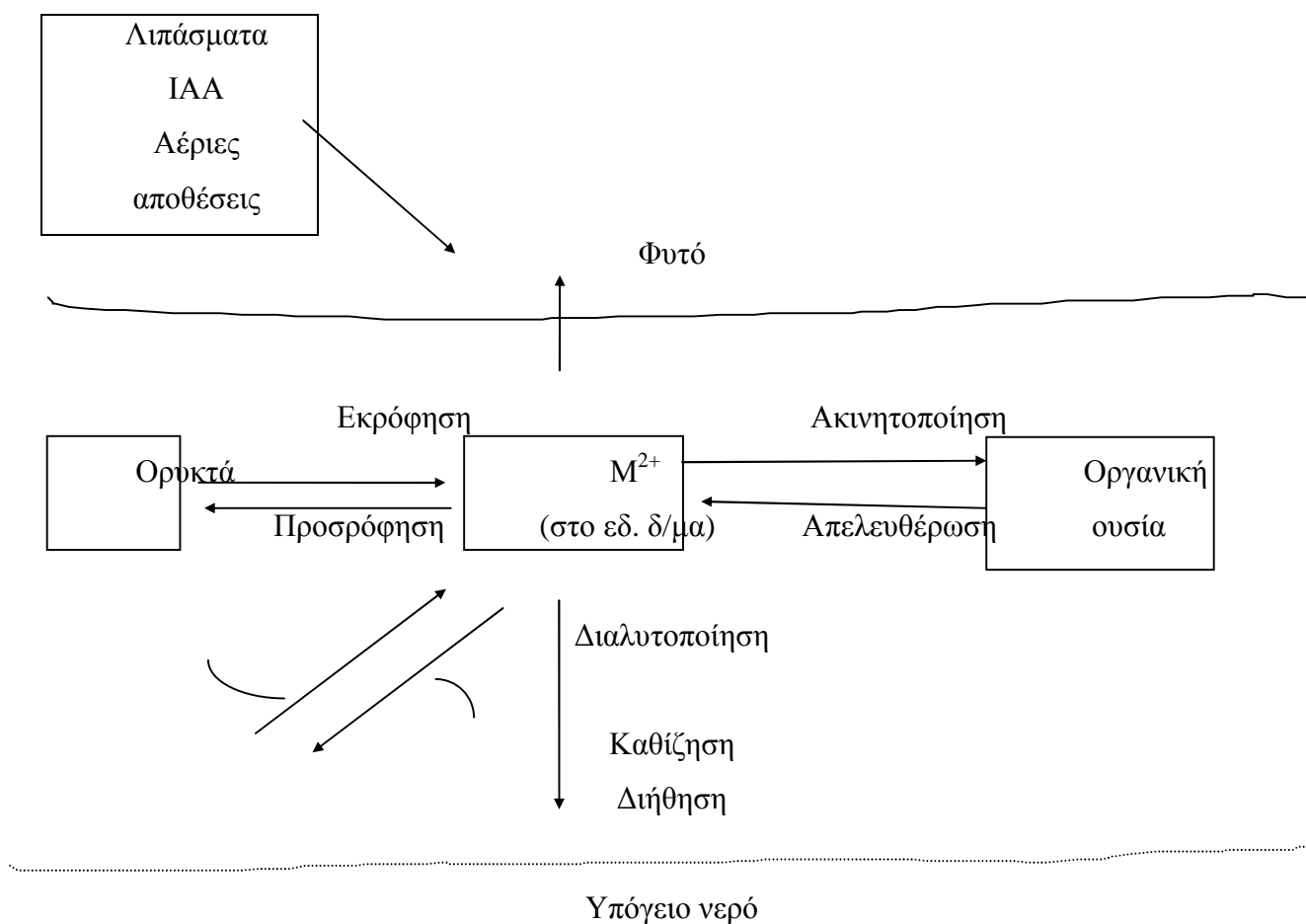
Οι τρόποι που εισάγονται τα βαρέα μέταλλα στο έδαφος είναι οι ακόλουθοι (Σχήμα 2.3.):

- Λιπάσματα (fertilisers) (π.χ. τοCd περιέχεται ως πρόσμιξη στα P-λιπάσματα. Αυτό αποτελεί μέγα πρόβλημα ιδίως στην Αυστραλία).
- Από αέρος (aerialdepositions), ιδίως σε ακτίνα μερικών χιλιομέτρων γύρω από περιοχές με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα.
- Από την εφαρμογή της ιλύος αστικών αποβλήτων (sewagesludge) στο έδαφος.

Από τη στιγμή της εισαγωγής των βαρέων μετάλλων στο έδαφος αρχίζει μια αλληλουχία φυσικών, χημικών και βιολογικών διεργασιών, οι οποίες θα έχουν αποφασιστικό ρόλο στο αν ένα μέρος της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων που εισήχθησαν στο έδαφος θα απολεσθούν. Δύο είναι οι οδοί για την απομάκρυνση βαρέων μετάλλων από το επιφανειακό και γόνιμο στρώμα εδάφους:

1. Η έκπλυσή τους προς τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες και
2. Η απορρόφησή τους από τη φυτομάζα.





**Σχήμα 2.3.:** Χημικές διεργασίες στο εδαφικό διάλυμα. (Αντωνιάδης Β., 2001)

Πρέπει να σημειωθεί ότι όλες οι ποσότητες των βαρέων μετάλλων που θα εισαχθούν στο έδαφος δεν θα είναι διαθέσιμες για απορρόφηση από τα φυτά και υπό τον κίνδυνο έκπλυσης. Αυτό εξαρτάται από το κλάσμα των ολικών συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που ονομάζουμε διαθέσιμο ή και βιο-διαθέσιμο (available ή bio-available).

Συγκεκριμένα ισχύει ότι μεγαλύτερη η διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων, τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος εμπλοκής των βαρέων μετάλλων στην τροφική αλυσίδα του ανθρώπου και τόσο μεγαλύτερος ο κίνδυνος έκπλυσής τους στα υπόγεια νερά (και τα δύο είναι ανεπιθύμητα). Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη η διαθεσιμότητα ενός μετάλλου, τόσο πιο κινητικό (mobile) θεωρούμε ότι είναι στο εδαφικό περιβάλλον. Από τα κάτωθι μέταλλα το Cd, ο Zn και λιγότερο το Ni θεωρούνται τα πιο κινητικά, ενώ ο Cu, ο Pb και ο Hg τα λιγότερο κινητικά μέταλλα.

Από τις παραπάνω διόδους εισαγωγής των βαρέων μετάλλων στο εδαφικό σύστημα, εκείνη της εφαρμογής της ΙΑΑ στο έδαφος είναι η κυριότερη. Και αυτό γιατί η ΙΑΑ είναι πολύ καλό οργανικό λίπασμα που περιέχει πολλά απαραίτητα στοιχεία σε ικανοποιητικές συγκεντρώσεις (Πίνακας 2.3). Χρειάζεται όμως προσοχή στη χρήση του, γιατί περιέχει φορτίο βαρέων μετάλλων (Πίνακας 2.4.), των οποίων η διαθεσιμότητα μπορεί να ποικίλει ανάλογα με το έδαφος, το γενότυπο των καλλιεργειών και τις κλιματικές συνθήκες της περιοχής (Αντωνιάδης Β., 2001).

	Οργ. ουσία <sup>a</sup>	Οργ. Άνθρακας <sup>a</sup>	N <sup>a</sup>	NH <sub>4</sub> -N <sup>b</sup>	NO <sub>3</sub> -N <sup>b</sup>	P <sup>a</sup>	S <sup>a</sup>
Εύρος	19-60	16-40	0.5-17.6	800-5600	79-160	0.5-14.3	0.6-1.5
Αριθμός IAA	na <sup>d</sup>	>300	>300	>300	>300	>300	28
	K <sup>a</sup>	Mg <sup>a</sup>	Ca <sup>a</sup>	Na <sup>a</sup>	Στερεά <sup>b</sup>	Διαλυμένα <sup>b</sup>	BOD <sup>b</sup>
Εύρος	0.2-7	0.18-0.27	0.5-3	0.23 <sup>c</sup>	720 <sup>c</sup>	500 <sup>c</sup>	220 <sup>c</sup>
Αριθμός IAA	>200	200	>200	200	na	na	na

**Σημείωση:** a: σε %, b: σε  $\mu\text{g g}^{-1}$ , c: μέση τιμή, d: μη διαθέσιμο

**Πίνακας 2.3.:** Θρεπτικά που περιέχονται στις IAA. (Αντωνιάδης Β., 2001)

Στοιχεία	Cd	Ni	Pb	Zn
Εύρος	<1-3,410	6-5,300	29-3,600	91-49,000
Τυπικές συγκεντρώσεις	3.2	37	217	889
Επιτρεπόμενα όρια στην ΕΕ	20-40	300-400	750-1,200	2,500-4,000
Επιτρεπόμενα όρια στις ΗΠΑ	85	420	840	7,500

**Πίνακας 2.4.:** ΒΜ που περιέχονται στις IAA (σε  $\text{mg kg}^{-1}$ ). (Αντωνιάδης Β., 2001)

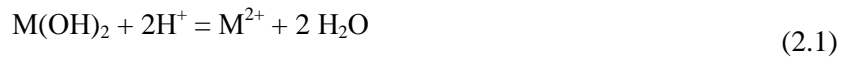
Η διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων στο έδαφος εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- pH
- Στερεές επιφάνειες του εδάφους
- Δυναμικό οξειδοαναγωγής (ή και συνθήκες υδρομορφίας) του εδάφους.
- Ανταγωνισμός μεταξύ των βαρέων μετάλλων του εδάφους
- Οργανική ουσία του εδάφους
- Αλατότητα του εδάφους
- Γενότυπος των φυτών.
- Κλιματικές συνθήκες

Αναλύοντας κάθε παράγοντα καταλήγουμε στα εξής:

## ▼ pH

Είναι η πρώτη και πιο σημαντική εδαφική ιδιότητα που επηρεάζει τη διαθεσιμότητα των ΒΜ. Η διαθεσιμότητα των ΒΜ αυξάνεται με την πτώση του εδαφικού pH. Αυτό εξηγείται ως εξής: η διαλυτότητα των ΒΜ εξαρτάται από το γινόμενο διαλυτότητας της στερεής ουσίας με την οποία τα ΒΜ δημιουργούν σύμπλοκα σε υψηλά pH (σε υψηλά pH τα ΒΜ δημιουργούν στερεές επιφάνειες με τις ρίζες  $-\text{OH}^-$ ,  $-\text{Cl}^-$ ,  $-\text{HCO}^-$ ,  $-\text{PO}_4^{3-}$ , άργιλο, οργανική ουσία κτλ.). Έτσι για τη ρίζα  $-\text{OH}^-$  ισχύει το εξής:



$$K = \frac{(\text{M}^{2+})}{(\text{H}^+)^2} \rightarrow (\text{M}^{2+}) = (\text{H}^+)^2 K \rightarrow \text{p}(\text{M}^{2+}) = 2\text{pH} + \text{p}K \quad (2.2.)$$

Η Εξίσωση 2.1 είναι μια τυπική αντίδραση υδρόλυσης. Η Εξίσωση 2.2 στην οποία αυτή καταλήγει έχει το pK σταθερό σε συνθήκες ισορροπίας. Έτσι, σύμφωνα με την Εξίσωση 2.2, όταν το pH του εδαφικού διαλύματος αυξάνεται, τότε το  $\text{p}(\text{M}^{2+})$  αυξάνεται, δηλαδή η ενεργότητα του διαλυμένου στο νερό μετάλλου  $\text{M}^{2+}$  μειώνεται. Και αυτό γίνεται λόγω της δημιουργίας της στερεής επιφάνειας  $\text{M}(\text{OH})_2$ . Το ίδιο συμβαίνει και με τις υπόλοιπες ρίζες που προαναφέρθηκαν. Και αντιστρόφως, όταν το pH μειώνεται η ενεργότητα του μετάλλου αυξάνεται. Ωστόσο, δεν πρέπει βέβαια να ξεχνάμε ότι η διαλυτότητα του ΒΜ (ή αλλιώς η ενεργότητα του ελεύθερου ιόντος του ΒΜ στο νερό) μειώνεται σε υψηλά pH για έναν ακόμα λόγο. Αυτός είναι ότι η ικανότητα των στερεών επιφανειών του εδάφους έχουν μεγαλύτερη ικανότητα να προσροφούν κατιόντα, επειδή με την αύξηση του pH αυξάνεται και η CEC του εδάφους.

## ▼ Στερεές επιφάνειες του εδάφους

Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό της αργίλου, της οργανικής ουσίας και των άλλων στερεών επιφανειών στο έδαφος, τόσο χαμηλότερη η διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων, σε σχέση με τις ολικές τους συγκεντρώσεις στο έδαφος.

## ▼ Δυναμικό οξειδοαναγωγής (ή και συνθήκες υδρομορφίας) του εδάφους.

Αναγωγικές συνθήκες (reducing conditions) έχουμε στα εδάφη που είτε είναι πλημμυρισμένα, είτε η στάθμη του υπόγειου νερού σε αυτά είναι υψηλή. Οξειδωτικές συνθήκες (oxidation conditions) επικρατούν στα καλά αεριζόμενα εδάφη. Στα εδάφη όπου κυριαρχούν οι αναερόβιες (δηλαδή οι αναγωγικές) συνθήκες, η διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην καθίζηση των βαρέων μετάλλων με S, που προέρχεται από την ένωση HS, η οποία επικρατεί υπό αυτές τις συνθήκες. Να πώς λειτουργεί αυτό:

Υπάρχει η ισορροπία  $\text{SO}_4^{2-} = \text{HS}^-$ , μεταξύ των θεικών ριζών στις δύο συνθήκες υδρομορφίας με σταθερά ισορροπίας την  $K_{\text{redox}}$ . Τότε το δυναμικό οξειδοαναγωγής (redox potential, από τη σύνθεση του 'red' = reduction και του 'ox' = oxidation) ισούται με:

$$E_h = \frac{RT}{8F} \ln(K_{\text{redox}}) + \frac{RT}{8F} \ln \frac{SO_4^{2-}}{HS^-} + \frac{9RT}{8F} \quad (2.3)$$

Η σχέση αυτή μας λέει ότι όταν το  $E_h$  μικραίνει (δηλαδή έχουμε αναγωγικές συνθήκες), αυξάνεται το  $HS^-$ . Αυτό γίνεται λόγω του ότι υπό αυτές τις συνθήκες τα βακτήρια του εδάφους αναπνέουν αναερόβια και ως τελικό προϊόν δεν έχουν το  $H_2O$  όπως συνήθως, αλλά το  $HS^-$ . Το  $HS^-$ , θα αντιδράσει με ΒΜ, π.χ. Cd και θα δώσει CdS, το οποίο καθιζάνει και έτσι μειώνει τις ποσότητες του Cd στο εδαφικό διάλυμα, και άρα και τη διαθεσιμότητά του. Επίσης, πρέπει να σημειωθεί ότι τα περισσότερα εδάφη είναι καλά αεριζόμενα λόγω των σύγχρονων μεθόδων της εκμηχανισμένης γεωργίας. Άρα υπάρχουν τάσης αύξησης της διαθεσιμότητας των βαρέων μετάλλων (Αντωνιάδης Β., 2001).

#### ▼ *Ανταγωνισμός μεταξύ των βαρέων μετάλλων του εδάφους*

Όταν έχουμε δύο μέταλλα, το Α και το Β που ανταγωνίζονται στο εδαφικό περιβάλλον, χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ότι για την κατάληψη ανταλλάξιμων θέσεων στις στερεές επιφάνειες, αν το ένα κυριαρχήσει τότε το άλλο θα αυξήσει την διαθεσιμότητά του κατά πολύ. Όταν σε ένα σύστημα η συγκέντρωση του Zn αυξάνεται, τότε η προσρόφηση του Cd μειώνεται, και άρα η κινητικότητα του Cd στο εδαφικό διάλυμα μεγαλώνει.

#### ▼ *Οργανική ουσία του εδάφους*

Η επίδραση της οργανικής ουσίας είναι πολύ σημαντική.

#### ▼ *Αλατότητα του εδάφους*

Όταν αυξάνεται η αλατότητα, αυξάνεται η συγκέντρωση των ανιόντων  $Cl^-$ , και τότε το Cd αντιδράει με αυτό για να δημιουργήσει  $CdCl_2$  ή  $CdCl^+$ . Αλλά και το ένα σύμπλοκο και το άλλο παραλαμβάνεται από τα ριζικά τριχίδια ως έχουν. Οπότε η βιο-διαθεσιμότητα του Cd αυξάνεται σε εδάφη με υψηλή αλατότητα. Το ίδιο συμβαίνει και με τα υπόλοιπα βαρέα μέταλλα (Αντωνιάδης Β., 2001).

#### ▼ *Γενότυπος των φυτών.*

Κάθε φυτό έχει την δυνατότητα να απορροφά διαφορετικές ποσότητες βαρέων μετάλλων, ακόμα και στην περίπτωση εδαφών με το ίδιο επίπεδο μόλυνσης. Τα βαρέα μέταλλα γενικά πολύ δύσκολα μετακινούνται από τις ρίζες στα υπέργεια τμήματα, οπότε φυτά από τα οποία καταναλώνουμε το υπόγειο τμήμα (πατάτες, καρότα κτλ.) είναι πιο επιρρεπή. Το ίδιο συμβαίνει και με φυτά με τρυφερό υπέργειο τμήμα (π.χ. μαρούλια). Ωστόσο, φυτά όπως τα οπωροφόρα είναι σε πιο ανθεκτικά και δεν μεταφέρουν στους καρπούς τους τα βαρέα μέταλλα.

Υψηλή απορρόφηση	Μέτρια απορρόφηση	Χαμηλή απορρόφηση	Πολύ χαμηλή απορρόφηση
Μαρούλι	Τεύτλα	Λάχανο	Φασολάκια
Σπανάκι	Σινάπι	Μπρόκολα	Οπωροφόρα
Καρότο	Πατάτα	Λαχανάκια Βρυξελλών	Κολοκυθοειδή

**Πίνακας 2.5.:** Φυτά καταναμημένα ανάλογα με την ικανότητά τους στην απορρόφηση ΒΜ (Αντωνιάδης Β., 2001).

### ▼ Κλιματικές συνθήκες

Οι κλιματικές συνθήκες υπαγορεύουν εδαφικές συνθήκες και για αυτό επηρεάζουν καθοριστικά τη διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων. Σε περιοχές με μεγάλα ετήσια ύψη βροχής ο κίνδυνος έκπλυσης των βαρέων μετάλλων είναι μεγαλύτερος από περιοχές με μικρότερα ύψη βροχής. Παρατηρούμε δηλαδή, ότι σε περιοχές που υπάρχει αυξημένη βροχόπτωση είναι πιο επιρρεπή στην εδαφική οξίνιση, λόγω έκπλυσης βασικών κατιόντων, οπότε η οξίνιση θα υποβοηθήσει την περαιτέρω αύξηση στη διαλυτότητα των βαρέων μετάλλων.

Επίσης, περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες, όπου η οργανική ουσία του εδάφους είναι πολύ πιθανό να αποικοδομείται με ταχύτερους ρυθμούς από ότι σε ψυχρότερα περιβάλλοντα, μπορεί να έχουν εντονότερα προβλήματα διαθεσιμότητας βαρέων μετάλλων. Αυτό οφείλεται στο ότι όταν αποικοδομείται η οργανική ουσία είναι πιθανό να απελευθερώνονται ποσότητες βαρέων μετάλλων, που πριν ήταν προσροφημένες στις χουμικές ομάδες, στο εδαφικό διάλυμα. Ακόμα, είναι πιθανό εποχές με έντονα υψηλές θερμοκρασίες να ακολουθούνται από έκλυση φουλβικών οξέων, τα οποία με τη σειρά τους έχουμε πει ότι αυξάνουν τη διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων.

Η διαθεσιμότητα των βαρέων μετάλλων την μετράμε ως εξής:

- Εδαφικές εκχυλίσσεις
- Μετρήσεις ΒΜ στη φυτομάζα
- Υπολογισμός του συντελεστή μεταφοράς
- Πειράματα προσρόφησης
- Πειράματα εκπλύσεων από εδαφικές στήλες

Στην συνέχεια αναλύονται οι τρόποι μετρήσεις των βαρέων μετάλλων κάθε μία ξεχωριστά.

### ▼ Εδαφικές εκχυλίσσεις

Αυτές γίνονται με αντιδραστήρια τα οποία έχουν βρεθεί ότι εκχυλίζουν ποσότητες των βαρέων μετάλλων που συσχετίζονται ισχυρά με τις φυτικές απορροφήσεις σε βαρέα μέταλλα. Τέτοια εκχυλιστικά είναι το DTPA, το οποίο δημιουργεί σταθερά οργανο-μεταλλικά σύμπλοκα με τα βαρέα μέταλλα και άλλα μέταλλα, και το  $0.05 \text{ M CaCl}_2$ , που εκτοπίζει τα βαρέα μέταλλα από τις ανταλλάξιμες θέσεις και τα οδηγεί στο εδαφικό διάλυμα.

### ✓ Μετρήσεις βαρέων μετάλλων στη φυτομάζα

Είναι ίσως η σημαντικότερη και «εγκυρότερη» μέτρηση διαθεσιμότητας των βαρέων μετάλλων, αφού αυτή εξ' ορισμού είναι η πρόσληψη ΒΜ από τη φυτομάζα (plantbiomass).

### ✓ Υπολογισμός του συντελεστή μεταφοράς

Ο συντελεστής μεταφοράς (transfercoefficient),  $T_c$ , ορίζεται από το λόγο:

$$T_c = \frac{[M]_{\text{φυτό}}}{[M]_{\text{ολικό, έδαφος}}} \quad (2.4)$$

Όπου:

$[M]_{\text{φυτό}}$  = Συγκέντρωση ενός μετάλλου στο φυτό

$[M]_{\text{ολικό, έδαφος}}$  = Ολική (όχι διαθέσιμη!) συγκέντρωση του ίδιου μετάλλου στο έδαφος όπου αυτό το φυτό συγκομίστηκε.

Όσο μεγαλύτερος ο  $T_c$ , τόσο μεγαλύτερη η διαθεσιμότητα ή κινητικότητα του υπό μελέτη των βαρέων μετάλλων. Ο  $T_c$  συνήθως μελετάται σε πειράματα σε γλάστρες (potexperiments) ή σε πειράματα στον αγρό (fieldexperiments) όπου ένα έδαφος ρυπασμένο από γνωστές ποσότητες βαρέων μετάλλων καλλιεργείται με φυτό, το οποίο ύστερα συγκομίζεται και μετριέται. Έτσι από την Εξίσωση 2.4 διερευνάται η διαθεσιμότητα του φυτού σε βαρέα μέταλλα.

### ✓ Πειράματα προσρόφησης

Από αυτά γίνονται συγκρίσεις για το ποια μέταλλα προσροφούνται καλύτερα σε εδαφικές επιφάνειες. Αυτά είναι σημαντικά είτε ως έχουν, είτε με τον υπολογισμό του  $R_d$ .  $R_d$  είναι ο παράγων υστέρησης (retardationfactor) που είναι μια έκφραση της κινητικότητας των βαρέων μετάλλων. Είναι καθαρός αδιάστατος αριθμός και εκφράζει το πόσο ένας διαλυμένος στο νερό ρυπαντής θα καθυστερήσει στην κίνησή του σε σχέση με την κίνηση του ίδιου του νερού. Αν δηλαδή το νερό στο έδαφος μετακινηθεί 100m και το Cd που είναι διαλυμένο στο νερό μετακινηθεί μόνο 2m (λόγω προσρόφησης του), τότε ο  $R_d$  θα είναι 50. Γίνεται αντιληπτό ότι όσο μεγαλύτερος ο  $R_d$ , τόσο λιγότερο κινητικό το υπό μελέτη ΒΜ. Στα πειράματα προσρόφησης (batchtests ή adsorptionexperiments) το  $R_d$  υπολογίζεται από τη παρακάτω σχέση:

$$R_d = 1 + \frac{\rho}{n} K_d \quad (2.5)$$

Όπου:

$\rho$  = Ειδικό βάρος του εδάφους σε  $\text{gcm}^{-3}$

$n$  = Πορώδες %

$K_d$  = Παράμετρος που υπολογίζεται με βάση τα αποτελέσματα των πειραμάτων προσρόφησης.

Πρέπει όμως να τονιστεί ότι υπάρχουν τουλάχιστον άλλοι δύο τρόποι υπολογισμού του  $R_d$ , κάτι που πολλές φορές κάνει δύσκολο τον αντικειμενικό του υπολογισμό.

#### ✓ Πειράματα εκπλύσεων από εδαφικές στήλες

Οι πειραματικές διαδικασίες διεξάγονται τροφοδοτώντας μια στήλη εδάφους με διάλυμα γνωστής συγκέντρωσης ρυπαντή,  $C_0$ . Τα εκπλύματα από κάτω συλλέγονται και μετράται σε αυτά η συγκέντρωση  $C$  του ρυπαντή. Μετά από κάποιους όγκους πόρου (porevolumes). Το porevolume χρησιμοποιείται για να μετρήσουμε την ποσότητα του εκπλυόμενου νερού σε mL, και ισούται με τον όγκο των πόρων του εδάφους σε mL στην στήλη του πειράματος) το  $C$  θα φτάσει την συγκέντρωση  $C_0$ . Το  $R_d$  είναι πολύ πιο εύκολο τώρα να μετρηθεί, γιατί αυτό θα ισούται με τον αριθμό των όγκων πόρου όταν  $C = C_0/2$  και υπολογίζεται και γραφικά (Αντωνιάδης Β., 2001).

Διατρέχουμε κίνδυνο για απορρόφηση βαρέων μετάλλων από τη φυτομάζα όταν έχουμε:

- Αμμώδη εδάφη
- Όξινα εδαφικά pH
- Υψηλές θερμοκρασίες
- Καλλιέργειες με φυτά υψηλής απορρόφησης
- Υψηλό ρυπαντικό φορτίο σεβαρέα μέταλλα, π.χ. από ΙΑΑ

Διατρέχουμε κίνδυνο για έκπλυση βαρέων μετάλλων στους υπόγειους υδραφορείς όταν έχουμε:

- Αμμώδη εδάφη
- Όξινα εδαφικά pH
- Υψηλές θερμοκρασίες
- Μεγάλα ετήσια ύψη βροχής
- Υψηλό ρυπαντικό φορτίο σε βαρέα μέταλλα, π.χ. από ΙΑΑ

Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν υπάρχει κίνδυνος όταν συμβαίνουν όλα τα παραπάνω. Πιο σωστά θα έπρεπε να πούμε ότι όσο πιο πολλά από τα παραπάνω ισχύουν και σε όσο μεγαλύτερο βαθμό ισχύουν, τόσο εντονότερος ο κίνδυνος από την ρύπανση από τα βαρέα μέταλλα.

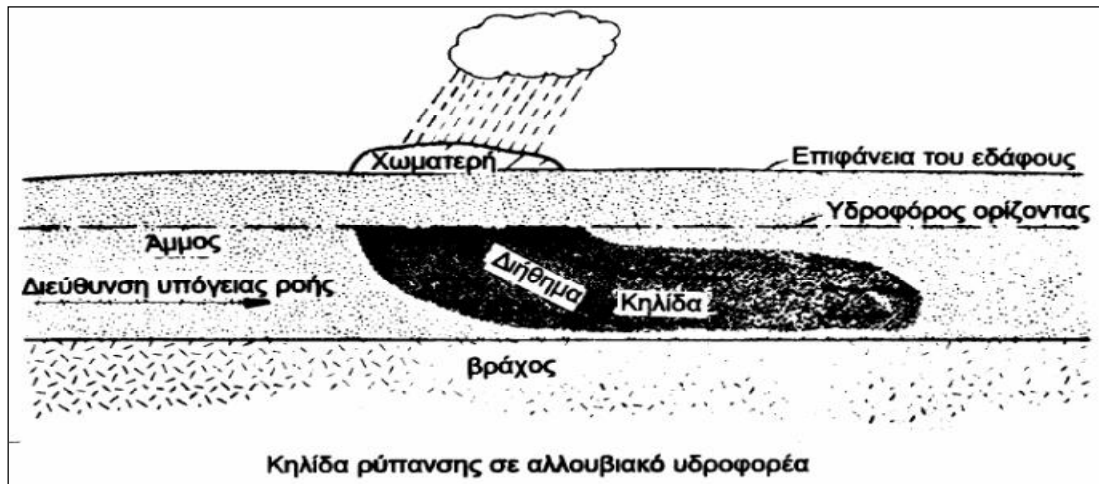


**Εικόνα 2.8.:** Αλλοίωση εδάφους από ρύπανση.

(ΠΗΓΗ: <http://www.ergonblog.gr>)

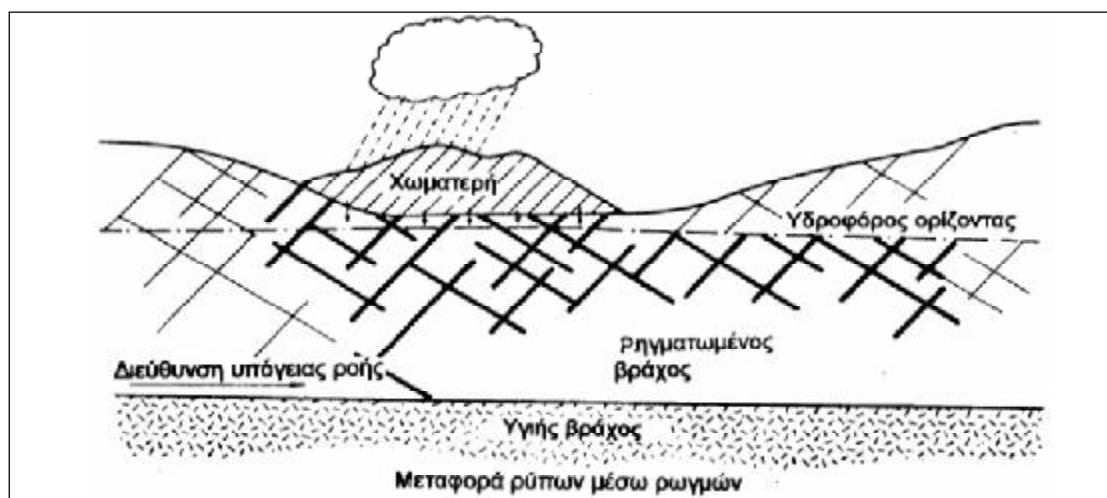
### 2.4.3. Κίνηση των ρύπων στο έδαφος

Μετά τη διαφυγή τους στο έδαφος οι ρύποι κινούνται στην μερικώς κορεσμένη ζώνη, η κίνηση αυτή είναι κατακόρυφη. Μέρος τους συγκρατείται από τους εδαφικούς κόκκους μέσω της εδαφικής υποβάθμισης, όπως περιγράψαμε παραπάνω, ή εξαιτίας του τριχοειδούς φαινομένου. Όταν φτάσουν στην κορεσμένη ζώνη, οι διαλυμένοι ρύποι στο νερό παρασύρονται από την υπόγεια ροή και μεταφέρονται προς τα κατόντη. Και πάλι κατά την κίνησή τους στο έδαφος το ρυπαντικό φορτίο βαθμιαία υποβαθμίζεται.



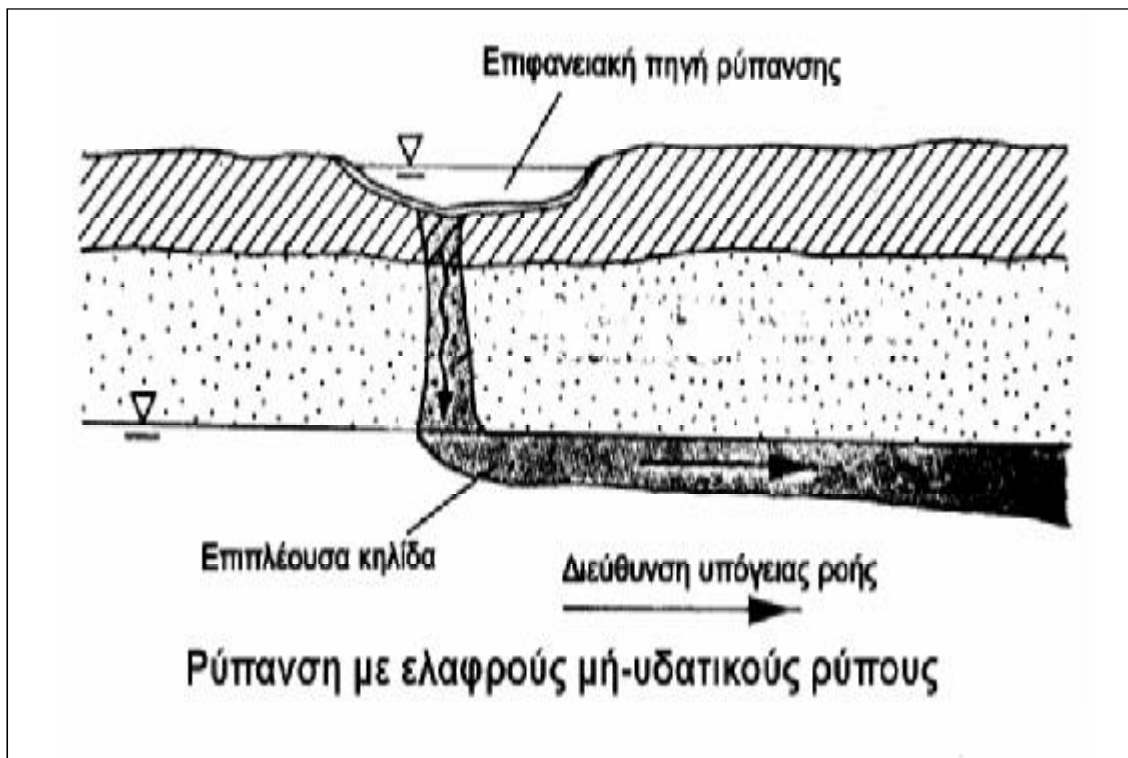
**Εικόνα 2.9.:** Περίπτωση ενός αλλουβιακού υδροφορέα (π.χ. ενός χαλαρού εδαφικού σχηματισμού) (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

Η διαδικασία ρύπανσης του εδάφους και η κίνηση των ρύπων παρουσιάζεται στις παρακάτω εικόνες. Συγκεκριμένα οι εικόνες παρουσιάζουν τη μεταφορά ρύπων από ένα χώρο απόθεσης στερεών αποβλήτων (χωματερή), διαμέσου της μερικώς κορεσμένης ζώνης του εδάφους, προς τον υδροφόρο ορίζοντα και στη συνέχεια προς τα κατόντη

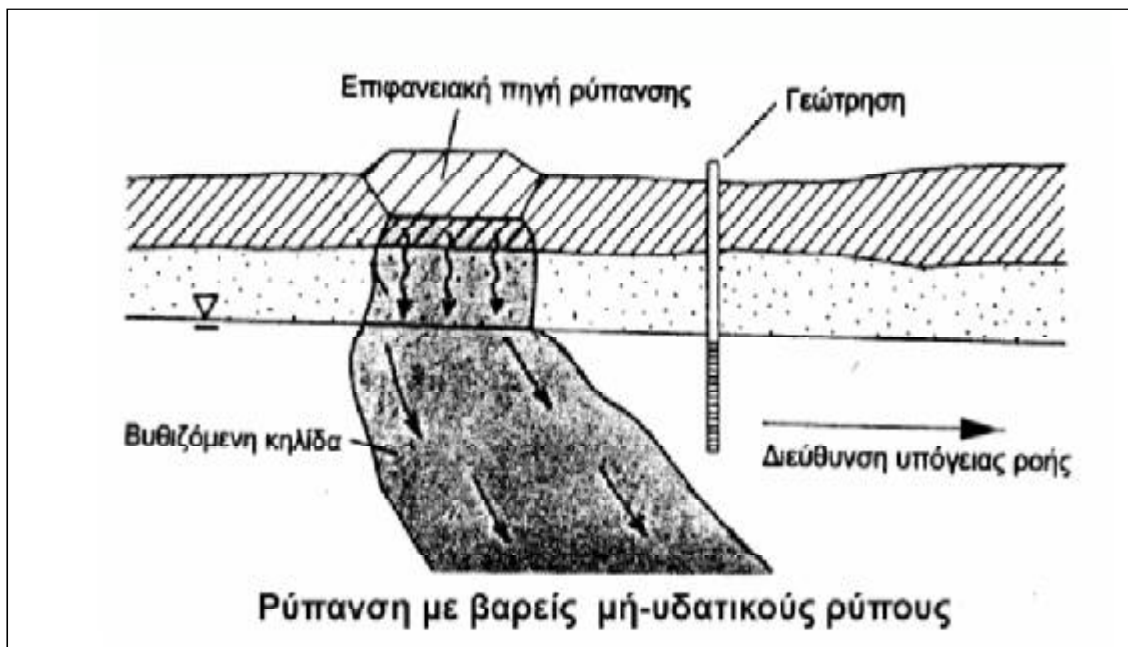


**Εικόνα 2.10.:** Περίπτωση ενός ρηγματωμένου βραχώδους σχηματισμού. (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007)

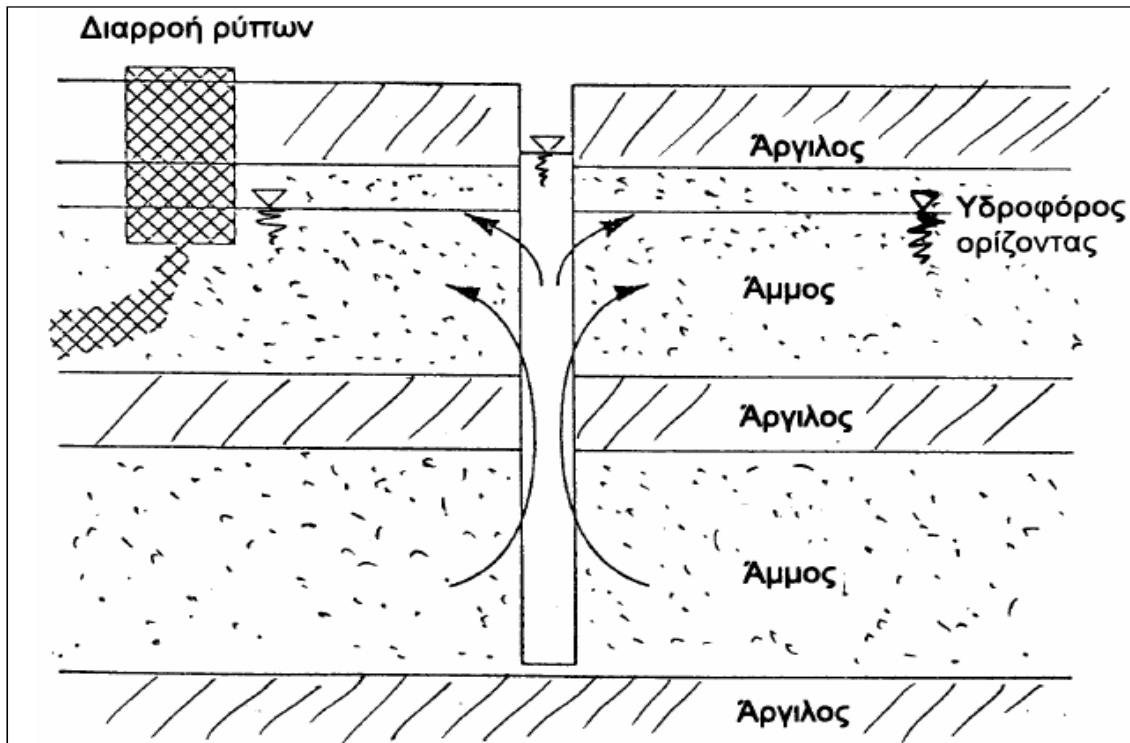




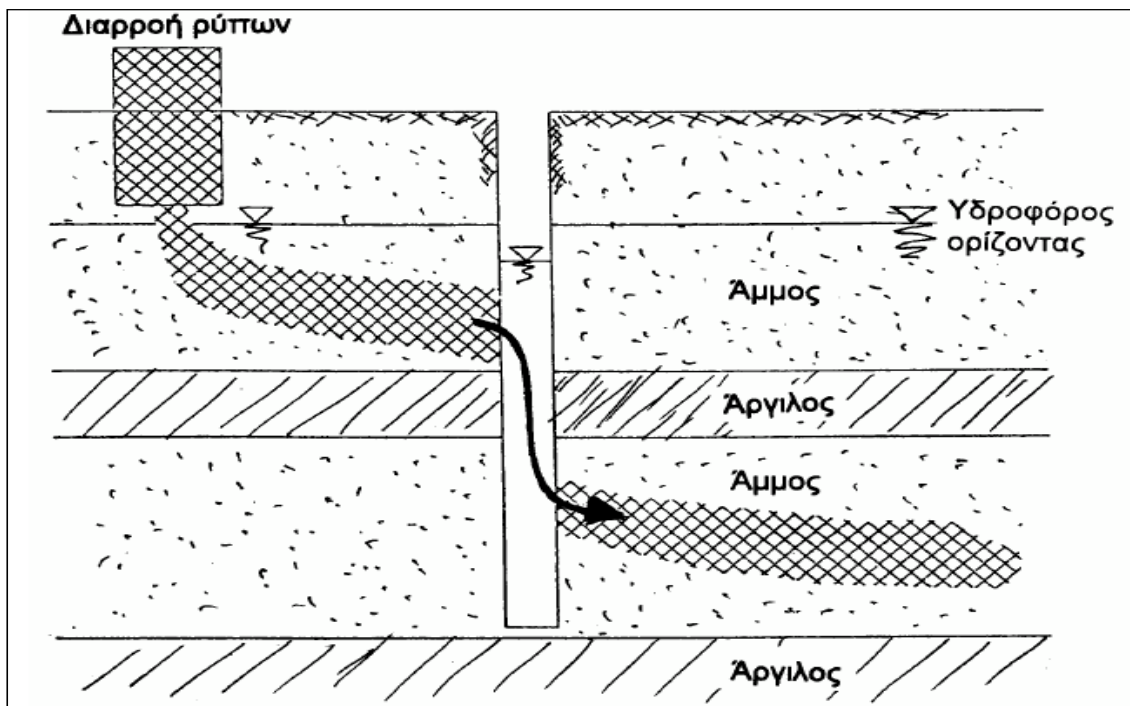
**Εικόνες 2.11.:** Τρόποι μεταφοράς ελαφρών και βαρέων ρύπων που δεν αναμειγνύονται με το νερό (LNAPLs και DNAPLs), τόσο στην ακόρεστη όσο και στην κορεσμένη ζώνη, λόγω διαφυγών από χώρους απόθεσης (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).



**Εικόνες 2.12.:** Τρόποι μεταφοράς ελαφρών και βαρέων ρύπων που δεν αναμειγνύονται με το νερό (LNAPLs και DNAPLs), τόσο στην ακόρεστη όσο και στην κορεσμένη ζώνη, λόγω διαφυγών από χώρους απόθεσης (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).



**Εικόνα 2.13.:** Επικοινωνία μεταξύ επάλληλων υδροφορέων μέσω της οπής της γεώτρησης. (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007)



**Εικόνα 2.14.:** Επέκταση της ρύπανσης προς βαθύτερους υδροφορείς μέσω της οπής της γεώτρησης (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

### 2.4.3.1. Μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων στο έδαφος

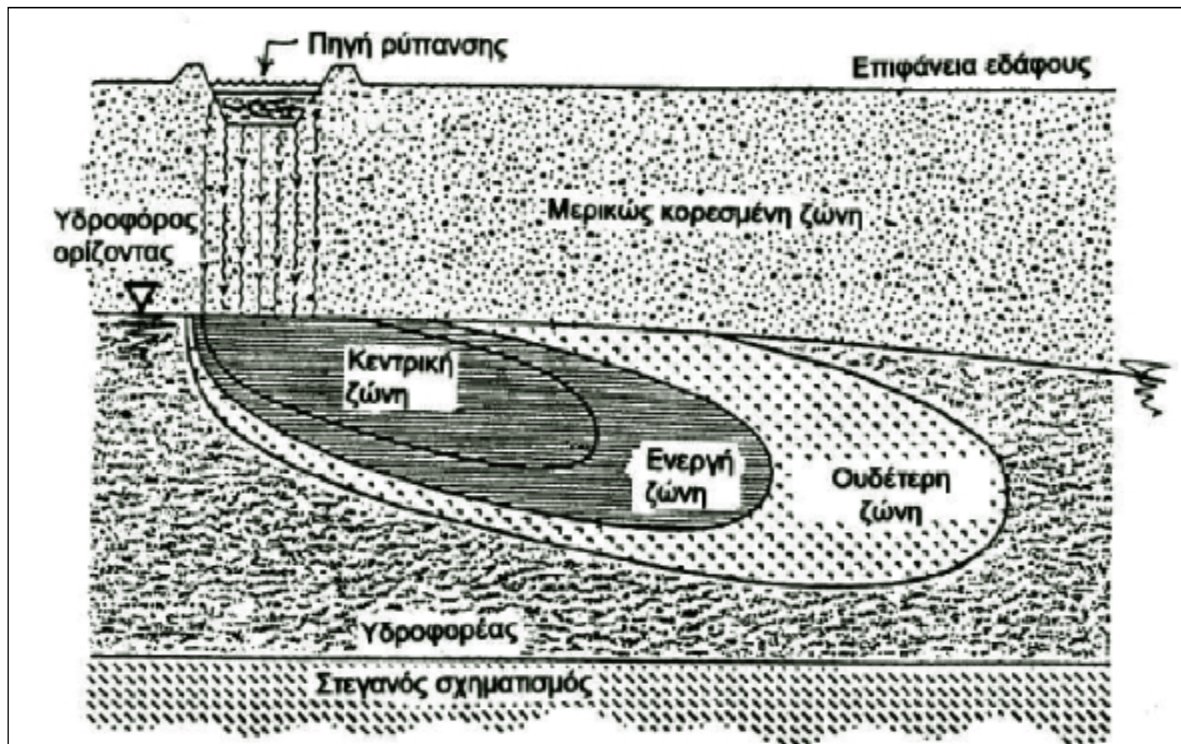
Οι μηχανισμοί μεταφοράς των ρύπων στο έδαφος είναι οι εξής:

- Μεταγωγή (advection)
- Διάχυση (moleculardiffusion)
- Διασπορά (mechanicaldispersion)

Στην συνέχεια ακολουθεί αναλύσει των τριών μηχανισμών.

#### Ø Μεταγωγή (advection)

Κατά τη μεταγωγή ο ρύπος παρασύρεται από το υπόγειο νερό και ακολουθεί την κίνηση του μέσω των εδαφικών πόρων. Η συγκέντρωση του ρύπου μεταβάλλεται από θέση σε θέση. Στο σύνολο του όγκου του νερού η συγκέντρωση του ρύπου παραμένει σταθερή (αρχή διατήρησης μάζας). Αν δεν υπάρχει υπόγεια ροή ύδατος, η μεταγωγή δεν προκαλεί μεταφορά ρύπων.



Εικόνα 2.15.: Κίνηση των ρύπων μέσα στους πόρους του υδροφορέα.  
(Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007)

#### Ø Διάχυση (moleculardiffusion)

Ο ρύπος διαχέεται εντός του υπόγειου νερού λόγω διαφοράς συγκέντρωσης από θέση σε θέση. Ο ρύπος κινείται από περιοχές υψηλής συγκέντρωσης σε περιοχές με χαμηλότερη συγκέντρωση. Με τον μηχανισμό αυτό η μετακίνηση του ρύπου δεν εξαρτάται από την κίνηση του νερού επομένως, η διάχυση συμβαίνει και στην περίπτωση που το νερό είναι στάσιμο.

Άρα ισχύει ο νόμος του Fick δηλαδή όταν η συγκέντρωση της ύλης δεν είναι ομοιόμορφη σε ένα χώρο, τότε αυτή ρέει σε αυτόν τον χώρο. Το αποτέλεσμα της ροής είναι να μεταβάλλεται η συγκέντρωση μέχρις ότου να δημιουργηθεί μια δυναμική ισορροπία. Άρα, δεν μεταβάλλεται η συγκέντρωση, ωστόσο εξακολουθούν να υπάρχουν ροές οι οποίες αλληλοεξουδετερώνονται. Ο νόμος Fick περιγράφεται από το παρακάτω τύπο:

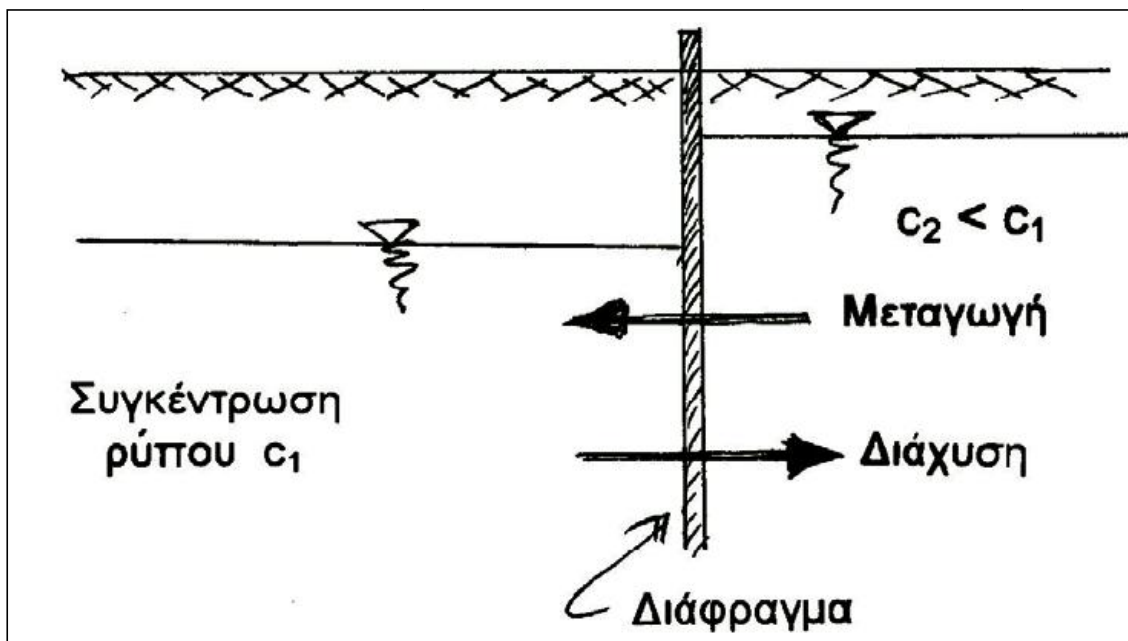
$$J = -D \frac{\partial c}{\partial x}$$

Όπου:

$J$  = Η ποσότητα της ύλης που διέρχεται ανά μονάδα επιφάνειας,

$\frac{\partial c}{\partial x}$  = Η μεταβολή της συγκέντρωσης ανά μονάδα απόστασης και  $D$  η σταθερά διάχυσης.

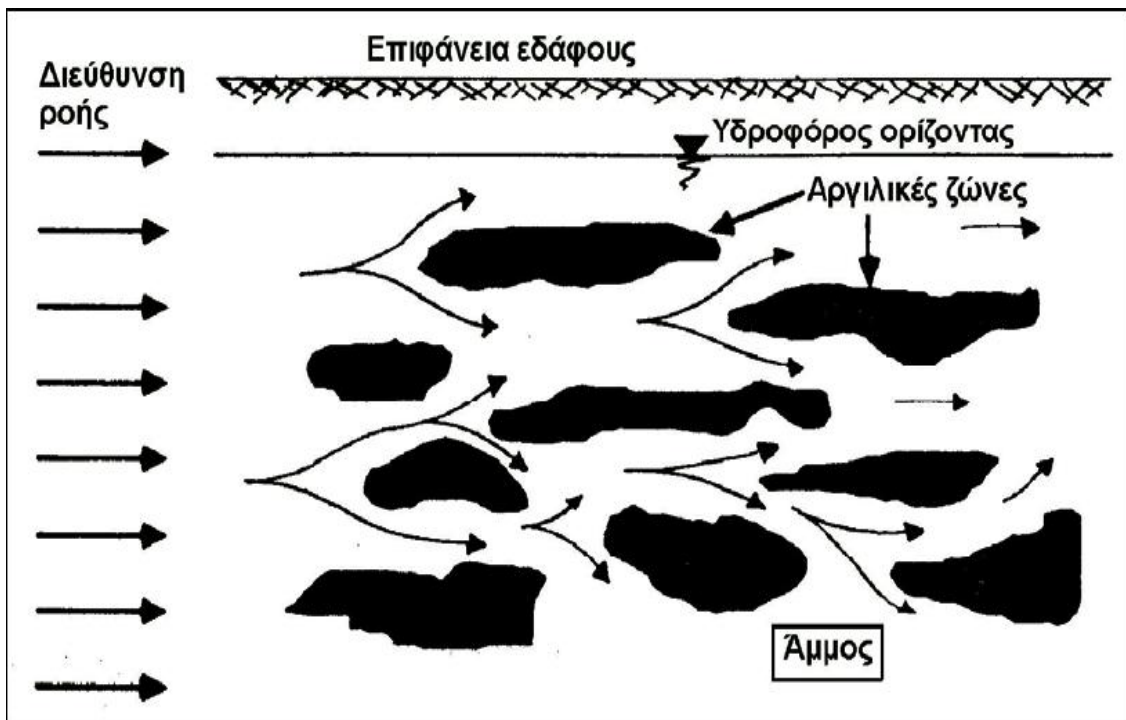
$D$  = Η σταθερά διάχυσης



Εικόνα 2.16.: Διάχυση και μεταγωγή (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

### ∅ Διασπορά (mechanical dispersion)

Η διασπορά του ρύπου οφείλεται στην τυχαία διάταξη των κόκκων του εδάφους. Έτσι η κίνηση του νερού είναι μη ομοιόμορφη και εμφανίζονται διαφορετικές ταχύτητες ροής στο έδαφος. Η διασπορά πραγματοποιείται τόσο κατά μήκος όσο και εγκάρσια. Σχηματικά φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



**Εικόνα 2.17.:** Μηχανική διασπορά της ρύπανσης κατά την κίνηση του υπόγειου νερού διαμέσου των εδαφικών πόρων (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007).

Οι μηχανισμοί μπορούν να δράσουν ταυτοχρόνως αλλά και ανταγωνιστικά (σχήμα 2.17.), 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).

Οι φυσικοί μηχανισμοί 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:

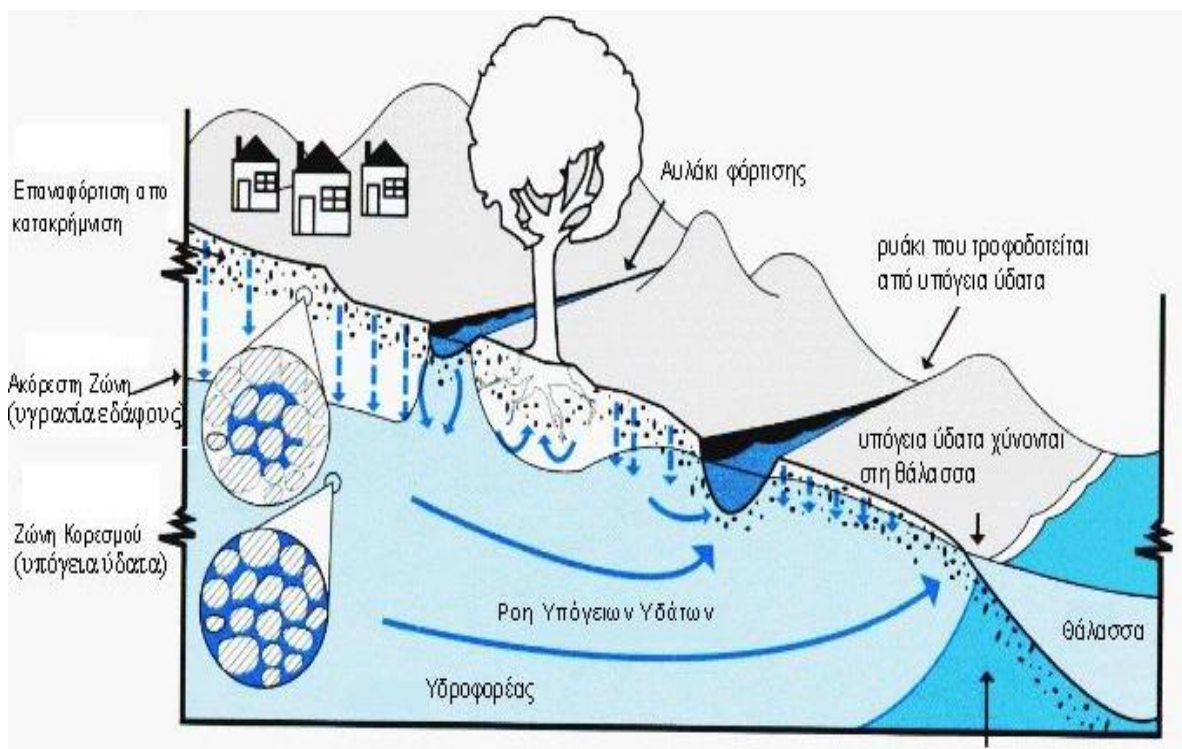
- Ø **Βιολογικές και βιοχημικές διεργασίες:** Η αποσύνθεση των οργανικών ρύπων και η αποδόμηση ποικίλων ρύπων μέσω μικρο-οργανισμών, αερόβιων και αναερόβιων.
- Ø **Χημικές διεργασίες:** Η εισρόφηση ρύπων στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών που αποτελούν τους εδαφικούς κόκκους, η ανταλλαγή ιόντων μεταξύ ρύπων και εδαφικών κόκκων και η καθίζηση, οξείδωση και αναγωγή ρύπων ανάλογα με τις υδρογεωχημικές συνθήκες του υπόγειου νερού και των εδαφικών σχηματισμών.
- Ø **Πυρηνικές διεργασίες:** Η βαθμιαία διάσπαση των ραδιενεργών ισοτόπων με την πάροδο του χρόνου.

## 2.5. Ρύπανση υδάτων

Με τον όρο ρύπανση υδάτων εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού των θαλασσών, λιμνών ή ποταμών, η οποία είναι ή μπορεί υπό προϋποθέσεις να γίνει ζημιογόνος για τον άνθρωπο, τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς αλλά και τις βιομηχανικές διαδικασίες και τις συνθήκες ζωής. Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα. Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολύ και αυτό γιατί στον υδάτινο ορίζοντα καταλήγουν και οι ρύποι από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους μέσω των βροχών και της απορροής.

Με την απελευθέρωση της ενέργειας στο νερό υπό την μορφή θερμότητας ή ραδιενέργειας δημιουργείται η θερμική ρύπανση των υδάτων η οποία προκαλεί άνοδο στην θερμοκρασία του νερού. Ρύπανση των υδάτων είναι δυνατόν να δημιουργηθεί από μικροοργανισμούς των οικιακών αποβλήτων, από οργανικές ουσίες όπως το πετρέλαιο και τα προϊόντα του και από τοξικά μέταλλα.

Η ρύπανση των υδάτων έχει μεγάλες επιπτώσεις στην ζωή του ανθρώπου και των υπόλοιπων ζωικών και φυτικών οργανισμών αφού η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού υπονομεύει την υγεία τους αλλά και γίνεται ακατάλληλο για άλλες γεωργικές ή βιομηχανικές χρήσεις. Η άνοδος της θερμοκρασίας από την θερμική ρύπανση έχει τραγικές συνέπειες για τους υδρόβιους οργανισμούς, οι οποίοι έχουν μικρές ανοχές στις αλλαγές της θερμοκρασίας (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

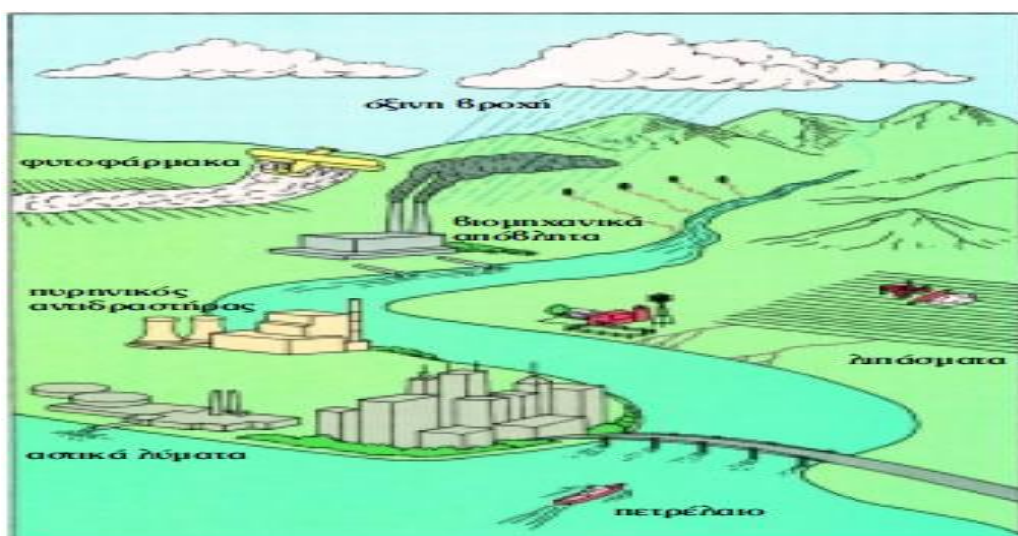


**Εικόνα 2.18.:** Ροή Υπόγειων Υδάτων  
(ΠΗΓΗ: <http://kireas.org/smf/index.php?topic=685.0>)

### 2.5.1. Πηγές ρύπανσης υδάτων

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

- Αστικά λύματα: 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: παρόμοια με τα αστικά λύματα ή να περιέχουν και επικίνδυνα ή και τοξικά στοιχεία.
- Ρύπανση από πετρελαιοειδή.
- Αέριοι ρύποι: προσκολλώνται σε αιωρούμενα σωματίδια και μεταφέρονται σε μεγάλες αποστάσεις και καταλήγουν στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος και στο νερό.
- Γεωργικά υγρά απόβλητα: τα νερά απορροής εντατικά καλλιεργούμενων εκτάσεων που μπορεί να περιέχουν λιπάσματα - φυτοφάρμακα.
- Κτηνοτροφικά υγρά απόβλητα: 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. (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011)



**Εικόνα 2.19.:** Πηγές ρύπανσης.  
(ΠΗΓΗ:<http://ebooks.edu.gr>)

Στην συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 2.6 από πηγές ρύπανσης σε διάφορους τομείς.

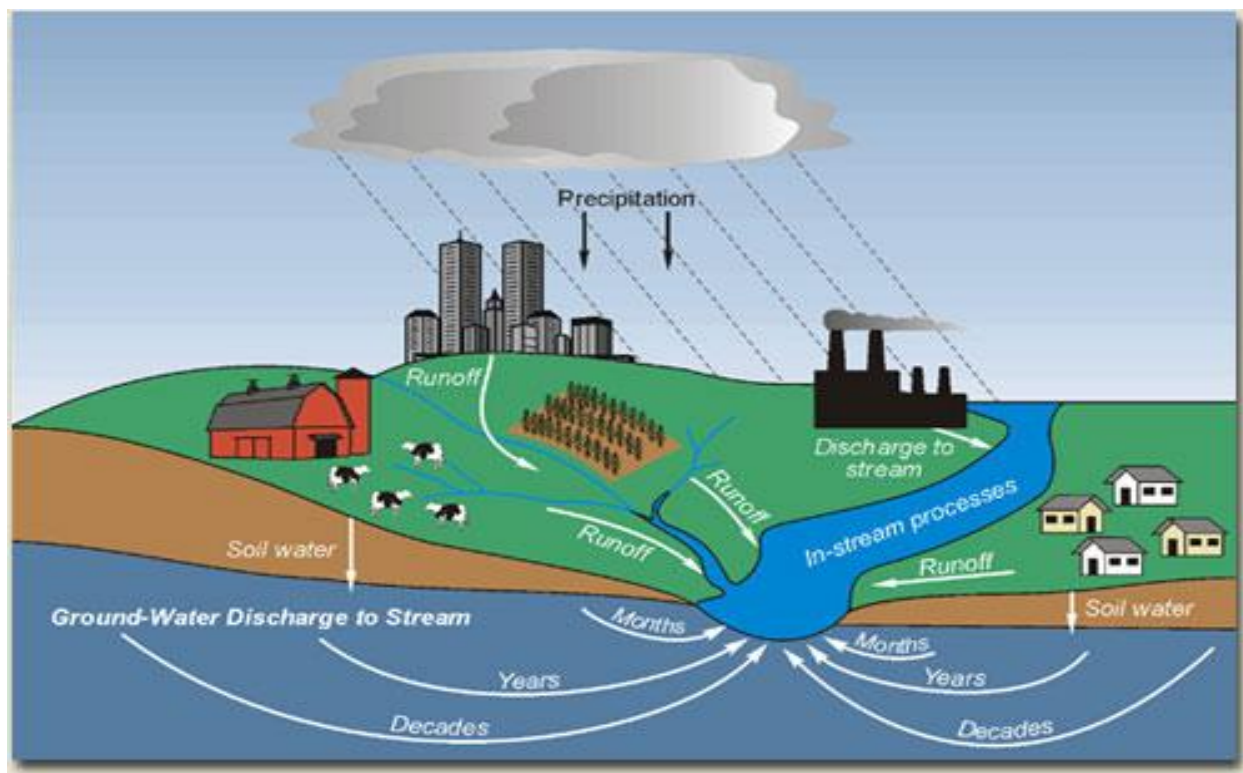
				
Έλεγχος της ρύπανσης από τα αστικά απόβλητα	Έλεγχος της ρύπανσης από τα βιομηχανικά απόβλητα	Έλεγχος της ρύπανσης από τα κτηνοτροφικά απόβλητα	Έλεγχος της ρύπανσης από τα απόβλητα της εξορυκτικής βιομηχανίας	Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχος της Ρύπανσης
				
Διαχείριση των Νερών Κολύμβησης	Νιτρορύπανση	Χρήση Λάσπης στη Γεωργία.	Προστασία των υπόγειων υδάτων	Επικίνδυνες ουσίες και Ουσίες Προτεραιότητας

**Πίνακας 2.6.:** έλεγχος ρύπανσης σε διάφορους τομείς  
(Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α.,2011)

### 2.5.2. Ρύπανση υπόγειων νερών

Τα υπόγεια νερά είναι πολύ ευαίσθητα στη ρύπανση και έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτό-καθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς. Τα νιτρικά, ενώσεις του αζώτου, είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο αν ξεπεράσουν τα 50 mg/l στο πόσιμο νερό και στα 500 mg/l γίνονται επικίνδυνα και για τα ζώα. Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαρίσουμε τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες.



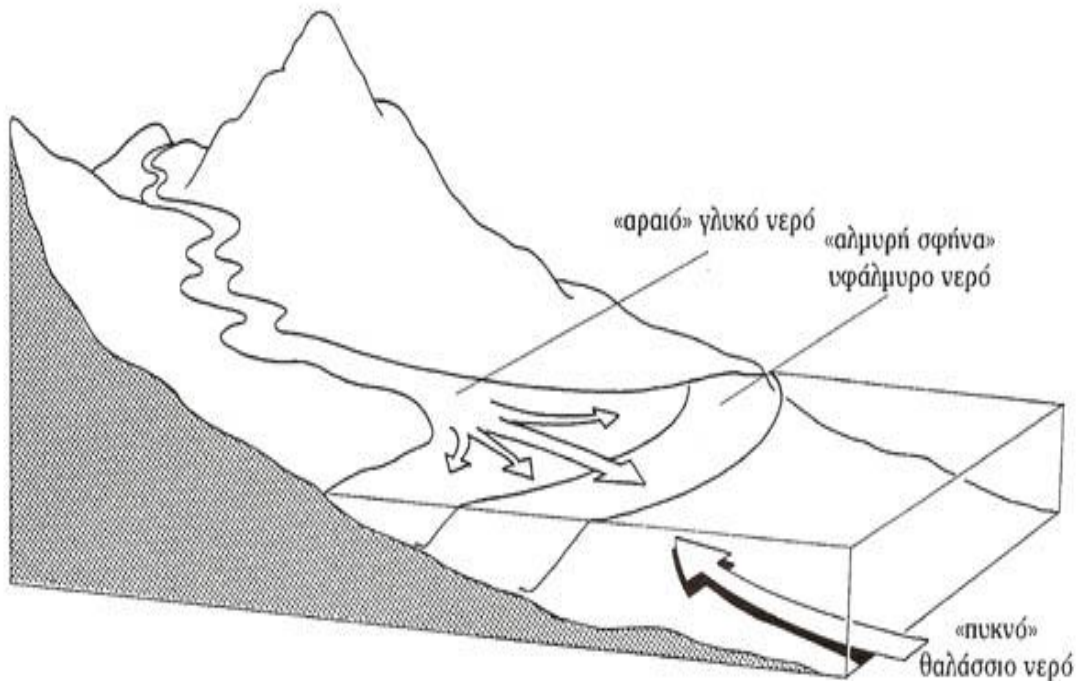


**Εικόνα 2.20:** Κίνηση υπογείων υδάτων  
 «κύκλος νερού με την παρέμβαση του ανθρώπου» (ΠΗΓΗ: <http://www.env-edu.gr>).

Ωστόσο, μια άλλη μορφή επιβάρυνσης των επιφανειακών και των υπόγειων νερών είναι η μόλυνσή τους, δηλαδή η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα νερά. Αυτή οφείλεται κατά κανόνα σε αστικά ή κτηνοτροφικά λύματα. Η ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να γίνει και έμμεσα, μέσω της μέτρησης, για παράδειγμα, των κολοβακτηριδίων.

### 2.5.3. Υφαλμύριση υπόγειων νερών

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό, που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφορείς. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον υπόγειο υδροφόρο στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα να εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αλμυρό νερό αναμένεται να εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες) λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων.



**Εικόνα 2.21.:** Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών, κίνηση υδάτων  
(ΠΗΓΗ: <http://www.env-edu.gr>).

#### 2.5.4. Όξινα μετεωρικά κατακρημνίσματα

Όξινη βροχή, όπως προαναφέραμε είναι μια από τις βασικότερες πηγές ρύπανσης των εδαφών και κατά συνέπεια και των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων αφού εισέρχεται σε αυτά. Η όξινη βροχή, δημιουργείται όταν από διάφορες βιομηχανίες, από τα αυτοκίνητα, τους σταθμούς ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ως καύσιμες ύλες γαιάνθρακες ή πετρέλαια, βγαίνουν αέρια όπως διοξείδιο του θείου και αυτά ενώνονται με τους υδρατμούς της ατμόσφαιρας και σχηματίζουν θειικό οξύ. Η όξινη βροχή δημιουργεί φθορά με την πάροδο των χρόνων στα κτίρια, αγάλματα και σε άλλα μαρμάρινα μνημεία. Επίσης 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.

Οι καταστροφικές επιπτώσεις της όξινης βροχής παρατηρήθηκαν για πρώτη φορά στα δάση του Μέλανα Δρυμού (Γερμανία κατά τις αρχές της δεκαετίας του 1970). Η όξινη βροχή έχει αποτελέσει σήμερα μια από τις σοβαρότερες μορφές ρύπανσης του περιβάλλοντος σε πολλές περιοχές της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Μπορεί να εκδηλωθεί μακριά σε άλλες περιοχές και να απειλήσει τις γειτονικές περιοχές. Οι ομίχλες με υψηλή οξύτητα μολύνουν κυρίως τις λίμνες και τους χείμαρρους, γεγονός εξαιρετικά επικίνδυνο για την επιβίωση των ψαριών και των άλλων υδρόβιων οργανισμών. Γενικά όλες οι μορφές όξινων κατακρημνισμάτων, αποδείχτηκε ότι είναι εξαιρετικά επιζήμιες για πολλά είδη βλάστησης, όπως είναι οι αγροτικές καλλιέργειες και τα δάση, κυρίως επειδή δυσχεραίνουν τη πρόληψη του αζώτου από τα φυτά και παρασύρουν τα θρεπτικά συστατικά από τα φύλλα τους.

Ωστόσο όταν αναφερόμαστε στα όξινα μετεωρικά κατακρημνίσματα εννοούμε την βροχή, χιόνια, χαλάζι, 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 .

Η όξινη βροχή και η ρύπανση γενικά προκαλούν στα δασικά δένδρα ελάττωση της αύξησης επειδή προκαλεί βλάβη στα στομάτια των φύλλων και φυλλόπτωση, με αποτέλεσμα η ζωτικότητα των δένδρων να ελαττώνεται, ελαττώνεται επίσης η αύξησή τους και τελικά έχουμε νέκρωση των δένδρων. Ακόμη η ρύπανση του εδάφους προκαλεί εξασθένηση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους και μαζί με ξηρές χρονιές και φυλλόπτωση των δένδρων. Μάλιστα βρήκαν ότι σε χρονιές με μεγάλη ρύπανση και με λιγότερη ίσως συμμετοχή της ξηρασίας, τα δένδρα κυρίως το κατώτερο τμήμα του δένδρου, παύουν να δημιουργούν ετήσιους δακτυλίους.

Οι προσβολές των δασών της Ευρώπης από την όξινη βροχή έχουν πάρει μεγάλες διαστάσεις και απειλούν τα δάση των ανεπτυγμένων χωρών της Ευρώπης. Οι κύριοι παράγοντες της νέκρωσης των δασών είναι:

- ▼ *Η αλλαγή του «χημικού» κλίματος:* Στη Γερμανία από το 1850 έως το 1990 η έκλυση διοξειδίων του θείου και οξειδίων αζώτου αυξήθηκε κατά 10-100 φορές. Φαίνεται ότι η όξυνση των εδαφών πρέπει να άρχισε από την τελευταία δεκαετία του περασμένου αιώνα.
- ▼ *Αποσταθεροποίηση των δασικών οικοσυστημάτων:* Στα δασικά οικοσυστήματα ο κύκλος των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος είναι σταθερός. Με την εισαγωγή όμως όξινης βροχής δημιουργείται αποσταθεροποίηση του κύκλου.
- ▼ *Βλάβες δένδρων και αλλαγές αύξεσης:* Το 1971 παρατηρήθηκε μεγάλη νέκρωση κορυφών ερυθρελάτης σε περιοχή της Γερμανίας, το 1980 παρουσιάστηκε εκτεταμένη πτώση των βελονών ενώ το 1984 στα μισά δάση της Γερμανίας υπήρχαν ορατές απώλειες βελονών. Η ελάττωση της ετήσιας αύξεσης των δένδρων άρχισε από το 1950, δηλαδή μετά την βιομηχανική έκρηξη και την αύξεση των ρυπαντών της περιόδου 1945-1950.
- ▼ *Αλλαγή στο έδαφος:* Με την εισροή όξινων κατακρημισμάτων στο δάσος έχουμε έκπλυση των βασικών θρεπτικών στοιχείων ασβεστίου, μαγγανίου, καλίου και μερικές φορές αύξεση τοξικών κατιόντων αλουμινίου, σιδήρου και άλλων βαρέων μεταλλικών ιόντων. Βρέθηκε σε δάσος οξιός που φύτεται σε ασβεστολιθικά εδάφη ότι από την απορροή των όξινων βροχών που ξεπλένουν τους κορμούς σε εισέρχονται στο έδαφος, επήλθε τελικά όξυνση του εδάφους στην περιοχή των ριζών.
- ▼ *Αλλαγή της δράσης των αποσυνθετών:* Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξεση της επικαθήμενης φυλλάδας, που οφείλεται στο ότι οι αποσυνθέτες μικροοργανισμοί επηρεάστηκαν από τις όξινες βροχές δυσμενώς.

Όλα τα παραπάνω λοιπόν αποδεικνύουν ότι μετά την εκβιομηχάνιση έχουμε αλλαγή του χημικού κλίματος ελάττωση της αύξεσης των δένδρων, αλλαγή της μικροπανίδας, ενώ το πιο σπουδαίο είναι η όξυνση και η πτώση της παραγωγικότητας των εδαφών.



**Εικόνα 2.22.:** Καταστροφή δέντρων από την όξινη βροχή.  
(ΠΗΓΗ: <http://perivallon.pblogs.gr>)

### **2.5.5. Ευτροφισμός των υδάτων**

Ανάλογα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φώσφορο, που περιέχονται συνήθως σε λιπάσματα, απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα. Το σημαντικότερο πρόβλημα, που δημιουργεί το άζωτο και ο φώσφορος είναι ο ευτροφισμός, η υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλακτόν) στα επιφανειακά νερά από την υπερβολική τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδατικού οικοσυστήματος με διάφορες δυσμενείς συνέπειες, μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος όλων των άλλων, η μείωση ή και εξαφάνιση της ποικιλίας ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους.

Η υπέρμετρη ανάπτυξη ορισμένων ειδών και η θανάτωσή τους προκαλούν μείωση του οξυγόνου στο νερό. Όταν μειώνεται δραματικά το διαλυμένο οξυγόνο στα νερά ευνοείται η ανάπτυξη αναερόβιων βακτηρίων τα οποία παράγουν υδρόθειο και συνήθως, μυρίζουν μια οσμή κλούβιων αυγών (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011)



**Εικόνα 2.23.:** Ευτροφισμός των υδάτων  
(ΠΗΓΗ: <http://perivallon.pblogs.gr>).

### 2.5.6. Επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων

Οι επιπτώσεις της ρύπανσης μπορεί να έχουν πολλές μορφές και να λαμβάνουν διαφορετική έκταση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό. Σε μείωση αντίθεση με τη 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 (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.



2.24.: Επιπτώσεις ρύπανσης των υδάτων  
(ΠΗΓΗ: <http://perivallon.pblogs.gr>)

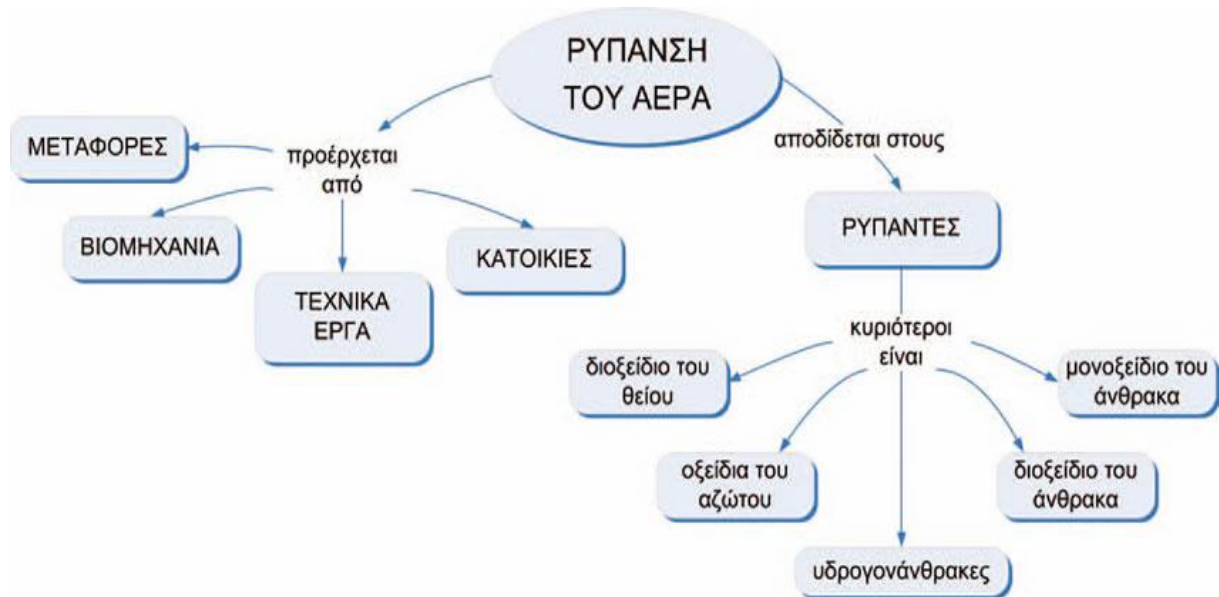
Στην συνέχεια ακολουθεί συγκεντρωτικός πίνακας κατάταξης των πηγών ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων υδάτων. Διαχωρίζει τις κατηγορίες των ενώσεων, τις τυπικές τοποθεσίες που παρουσιάζεται η ρύπανσης καθώς και την κινητικότητα και την αρνητική δράση των ενώσεων.

Κατηγορία ενώσεων	Τυπικές τοποθεσίες	Κινητικότητα	Αρνητική δράση
Αγροχημικά	Βιομηχανίες, Αγροτικές εκμεταλλεύσεις	Χαμηλή	Καρκίνος, ασθένειες του νευρικού συστήματος
Βενζίνη και Πετρέλαιο	Διυλιστήρια, Πρατήρια, Στρατιωτικές βάσεις	Μέτρια ως Χαμηλή	Καρκινογενέσεις
Διαλύτες	Βαφεία αυτοκινήτων, Στρατ. Βάσεις	Υψηλή ως Μέτρια	Καρκινογενέσεις
PAHs	Εργοστάσια	Μέτρια ως Χαμηλή	Καρκινογενέσεις
PCBs	Εργοστάσια	Χαμηλή	Καρκίνος
Διοξίνες	Χημική βιομηχανία, Καύση αστικών απορριμμάτων	Χαμηλή	Καρκίνος
Βαρέα μέταλλα	Εργοστάσια, Βιομηχανίες, Ηλεκτρονικά απόβλητα, Στρατιωτικές βάσεις	Υψηλή ως Χαμηλή	Καρκίνος, προσβολή μυελού οστών και ερυθρών αιμοσφαιρίων, ασθένειες του νευρικού συστήματος, δερματικές παθήσεις
Αντιβιοτικά και άλλα φαρμακευτικά προϊόντα	Αστικά λύματα	Υψηλή	Διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος, υπό έρευνα
Μικροβιακή ρύπανση	Αστικά λύματα, Χωματερές	Υψηλή ως Χαμηλή	Διαταραχές του ανοσοποιητικού συστήματος, ασθένειες του νευρικού συστήματος, υπό εξερεύνηση
Πτώση της στάθμης των υδροφορέων	Υπεράντληση των υδροφορέων	Υψηλή ως Χαμηλή	Έμμεση

**Πίνακας 2.7.:** Κατάταξη των πηγών ρύπανσης εδαφών και υπόγειων νερών (Δερματάς Δ., 2013)

## 2.6. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ

Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, δηλαδή η προσθήκη ουσιών (ρύπων) στην ατμόσφαιρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δε θα υπήρχαν. Στη σύγχρονη εποχή, συχνά η ρύπανση είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η ανθρωπογενής ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλείται κυρίως από τρεις ανθρώπινες δραστηριότητες, τη βιομηχανία, τις μεταφορές και τα νοικοκυριά. Σε μια τυπική πόλη, η βιομηχανία ευθύνεται για το 50% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, τα μέσα μεταφοράς για το 35%, ενώ τα νοικοκυριά για το 15%.



Διάγραμμα 2.5.: Σχηματική αναπαράσταση αιτιών της ρύπανσης του αέρα.  
(ΠΗΓΗ: <http://ebooks.edu.gr>)

### 2.6.1. Πηγές αερίων ρύπων

Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αερίων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Με τον όρο φυσικές πηγές αναφερόμαστε στις πηγές εκπομπών αερίων ρύπων που δεν οφείλονται στην ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγάλα περιβαλλοντικά προβλήματα που εμφανίσθηκαν. Αυτό οφείλεται βεβαίως στην ανατροπή της φυσικής ισορροπίας αλλά επίσης και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές οι οποίες συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές (κυρίως αστικές περιοχές και βιομηχανικές ζώνες). Αντίθετα, η καλή διασπορά των φυσικών πηγών ανά την υφήλιο προσφέρει τη δυνατότητα καλύτερης ανάμιξης των ρύπων με τον καθαρό αέρα. Κατά συνέπεια, με κάποιες μικρές εξαιρέσεις, οι εκπομπές αερίων ρύπων από φυσικές πηγές από μόνες τους δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις.



**Εικόνα 2.25.: Πηγές ρύπανσης**  
(Κοντακος Α., Τζιάκος Κ., 2013)

### Ø Φυσικές Πηγές

Η χλωρίδα της γης αποτελεί την μεγαλύτερη φυσική πηγή εκπομπής αερίων ρύπων. Τα δέντρα και τα φυτά, παρά την συμβολή τους στην μετατροπή, μέσω της φωτοσύνθεσης, του διοξειδίου του άνθρακος της ατμόσφαιρας σε οξυγόνο, αποτελούν τα ίδια τη μεγαλύτερη πηγή υδρογονανθράκων του πλανήτη. Οι ωκεανοί αποτελούν τη δεύτερη σημαντικότερη πηγή «φυσικών» ρύπων. Η δράση των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών οδηγεί στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων θειούχων ενώσεων. Επιπλέον, η μηχανική δράση των κυμάτων προκαλεί τη διάβρωση των πετρωμάτων και την παραγωγή σωματιδίων με μέγεθος ικανό ώστε να είναι δυνατή η αιώρησή τους στην ατμόσφαιρα. Τέλος, ο άνεμος συμπαρασύρει υδροσταγονίδια που περιέχουν άλατα αποτελώντας, έτσι, συνεχή πηγή ατμοσφαιρικών αιωρημάτων (αεροζόλ).

Ατμοσφαιρικά αιωρήματα δημιουργούνται ωστόσο και από την επίδραση του ανέμου στο έδαφος και τα στοιχεία που βρίσκονται στην επιφάνειά του. Σε κάποιες περιπτώσεις, τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να φτάσουν ή και να ξεπεράσουν τα θεσπισμένα όρια προστασίας. Αποτέλεσμα των υψηλών συγκεντρώσεων αποτελεί η μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας

Επιπλέον, μια άλλη σημαντική πηγή φυσικών ρύπων αποτελεί και η καύση της βιομάζας, δηλαδή στις εκτεταμένες πυρκαγιές που λαμβάνουν χώρα σε δάση και λειβαδικές εκτάσεις και που δεν οφείλονται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Ωστόσο, φυσική πηγή ρύπανση μπορούν να θεωρηθούν και τα ηφαίστεια. Η έκρηξη ενός ηφαιστείου παράγει μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων αλλά και αερίων όπως διοξείδιο του θείου, μεθάνιο και υδρόθειο. Τα σύννεφα που σχηματίζονται από τα σωματίδια και τα αέρια εκτοξεύονται σε μεγάλο ύψος και μπορεί να παραμείνουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Οι εκπομπές σωματιδίων από την πρόσφατη έκρηξη του Pinatubo είχε σαν αποτέλεσμα να καταγραφεί ελαφρά μείωση στη θερμοκρασία του πλανήτη.



## Ø Ανθρωπογενείς Πηγές.

Οι κυριότερες κατηγορίες ανθρωπογενών πηγών ρύπανσης:

- Βιομηχανική δραστηριότητα (συμπεριλαμβανομένου και του τομέα παραγωγής ενέργειας): Η βιομηχανία αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή αερίων ρύπων καθώς το μεγαλύτερο μέρος της αποτελείται από σταθμούς παραγωγής ενέργειας. Οι μεγάλες ποσότητες ορυκτών καυσίμων που χρησιμοποιούνται οδηγούν στην παραγωγή εξίσου μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του θείου και οξειδίων του αζώτου. Επίσης, είναι η κυριότερη πηγή βαρέων μετάλλων σε ποσοστό που πλησιάζει το 100%.
- Μεταφορές (μέσα μαζικής μεταφοράς, αυτοκίνητα, πλοία, αεροπλάνα): Οι υδρογονάνθρακες και τα οξείδια του αζώτου που εκπέμπονται κατά τις μεταφορές από τα αυτοκίνητα κτλ., με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας, σχηματίζουν το όζον, ίσως το πιο επικίνδυνο συστατικό του φωτοχημικού νέφους των πόλεων. Συμπληρωματικά, το διοξείδιο του άνθρακα, αν και ακίνδυνο για την υγεία είναι το σημαντικότερο αέριο με μεγάλη συνεισφορά στην παγκόσμια μεταβολή του κλίματος (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

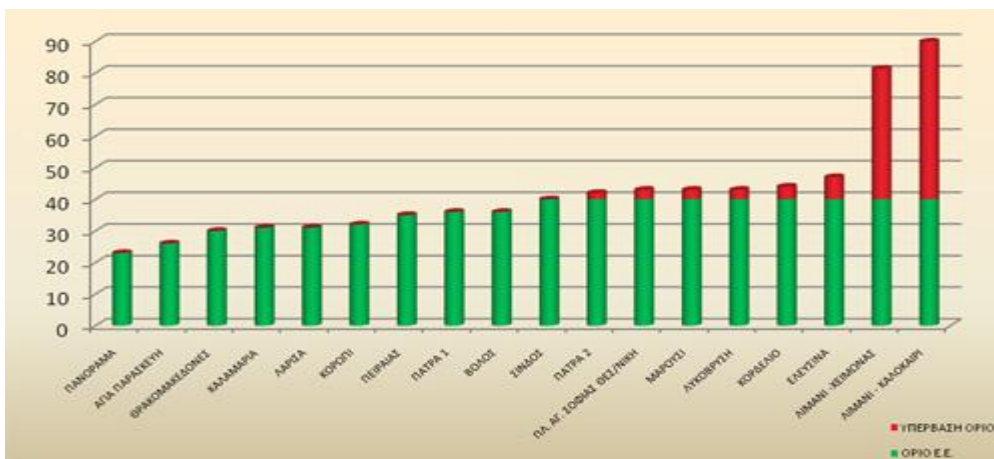


Εικόνα 2.26.: Πηγές ρύπανσης και επιπτώσεις στον άνθρωπο.

(ΠΗΓΗ: <http://daskalabm.blogspot.gr/2010/04/1.html>)

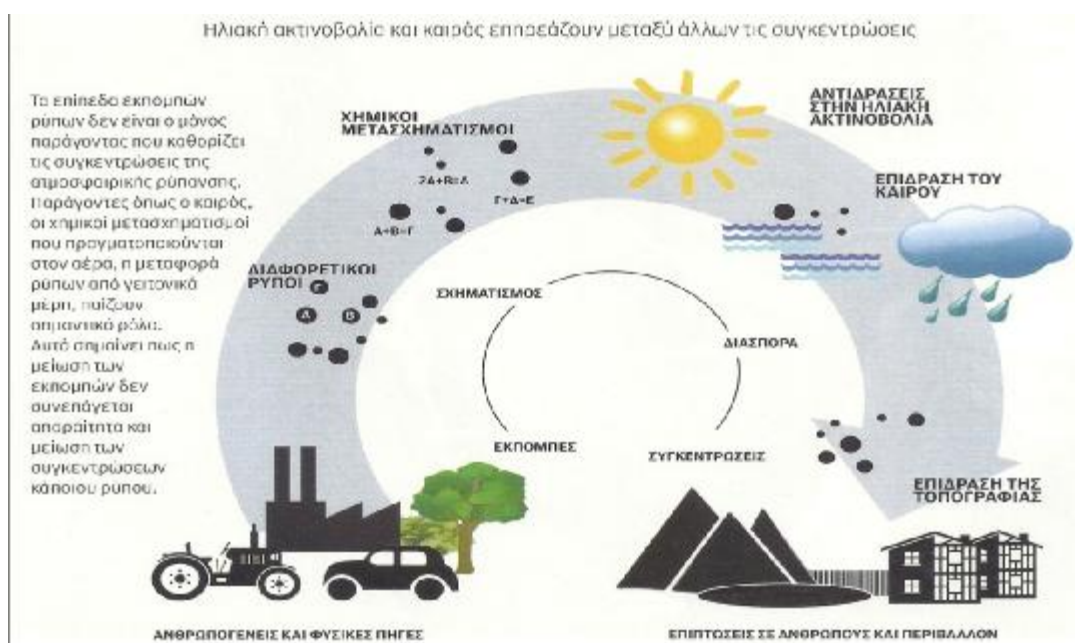
### 2.6.2. Επιπτώσεις ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας αποτελεί σοβαρό υγειονομικό, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό πρόβλημα, γιατί τα αέρια που τη ρυπαίνουν, όπως το διοξείδιο του άνθρακα έχουν σοβαρές συνέπειες, όπως την υπερθέρμανση της γης, αναπνευστικά προβλήματα και άλλα προβλήματα υγείας. Η τρύπα του όζοντος προκλήθηκε από τη χρήση των χλωροφθορανθράκων, απαγορευμένων σήμερα χημικών ενώσεων που χρησιμοποιούνταν στην ψυκτική και τα σπρέι.



**Διάγραμμα 2.6.:** Μέτρηση ατμοσφαιρικών ρύπων σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και το όριο που έχει θεσπιστεί από την Ευρωπαϊκή ένωση. ( ΠΗΓΗ: <http://www.airetos.gr>)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση γίνεται κυρίως από οξείδια, όπως οξείδια του αζώτου, του θείου, του άνθρακα και άλλα, και από αιθάλη (άκαυστος άνθρακας σε αέρια μείγμα αέρα). Τα οξείδια του αζώτου προκαλούν το φωτοχημικό νέφος, συνήθως στα κέντρα μεγαλουπόλεων ή και στις γύρω περιοχές. Τα οξείδια του θείου και του άνθρακα αντιδρούν με τους υδρατμούς των νεφών δημιουργώντας όξινη βροχή, η οποία προσβάλλει τα δάση, ενώ το θειικό οξύ (συστατικό της όξινης βροχής) προσβάλλει τα μάρμαρα μετατρέποντάς τα σε γύψο. Το διοξείδιο του άνθρακα, αλλά και άλλα αέρια που παράγονται από ατελείς καύσεις, όπως άκαυστοι υδρογονάνθρακες, συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στις πόλεις που βρίσκονται κοντά σε εργοστάσια παραγωγής ενέργειας όπου γίνεται καύση ορυκτών καυσίμων, όπως το πετρέλαιο ή ο λιγνίτης, υπάρχουν αρκετά αναπνευστικά περιστατικά, ενώ τα κρούσματα καρκίνου του πνεύμονα είναι αυξημένα.



**Εικόνα 2.26.:** Κύκλος των ρύπων.  
(ΠΗΓΗ: <http://blogs.sch.gr/geortsolbio>)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ

### 3.1. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (ΜΕΡΙΚΩΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ)

Η απορρύπανση των εδαφών εφαρμόζεται σε εδάφη που έχουν ρυπανθεί από:

- Ταφή χημικών αποβλήτων
- Διαρροές αποβλήτων
- Απόθεση αστικών
- Βιομηχανικών αποβλήτων

Ωστόσο απορρύπανση εδαφών εφαρμόζεται και σε υδροφορείς που διέρχονται από εδάφη που έχουν ρυπανθεί και υδροφορείς που έχουν υποστεί υφαλμύριση. Η μεταφορά ρύπων διαμέσου του εδάφους αλλά και πολλές από τις μεθόδους απορρύπανσης εδαφών και υδροφορέων βασίζονται στη ροή νερού ή άλλου ρευστού διαμέσου του εδάφους. Παρακάτω αναφέρονται οι κυριότερες μέθοδοι απορρύπανσης εδαφών και υδροφορέων. (Τζιάκος Κ., Κοντάκος Α, 2014)

#### 3.1.1. Προστασία και απορρύπανση των υπόγειων υδροφορέων

Η απορρύπανση ή εξυγίανση αποσκοπεί στην ανάληψη ενεργειών και δράσεων για την αποκατάσταση των υπόγειων υδροφορέων που έχουν ρυπανθεί ή τον περιορισμό της επέκτασης της ρύπανσης σε άλλες περιοχές, μέσω της κίνησης του νερού. Η πλήρης αποκατάσταση των υπόγειων υδροφορέων και του εδάφους είναι αδύνατο να επιτευχθεί. Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου εξαρτάται από τη φύση, τη συγκέντρωση και ποσότητα του ρυπαντή, το είδος της πηγής ρύπανσης (σημειακή ή διάχυτη, συνεχής ή παροδική), το πάχος της ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης, το κόστος και τη διαθέσιμη τεχνολογία, καθώς και τη μελλοντική χρήση γης.

Η επιτόπια παρακολούθηση (sitemonitoring) αποτελεί το πρώτο βήμα για την επιλογή της τεχνικής απορρύπανσης και περιλαμβάνει χημικές αναλύσεις δειγμάτων νερού και αερίων με σκοπό να καθορισθούν οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ρυπαντών. Για σοβαρά επεισόδια ρύπανσης η παρακολούθηση διαρκεί για αρκετό καιρό (3 δεκαετίες) μετά την ολοκλήρωση των εργασιών απορρύπανσης. Η απλούστερη και μη δαπανηρή «λύση» είναι η μηδενική λύση. Κατ' αυτήν δεν αναλαμβάνονται δράσεις και μέτρα για την απορρύπανση, αλλά η εξασθένηση ή εξαφάνιση των ρύπων επαφίεται στους φυσικούς μηχανισμούς, όπως η προσρόφιση στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών, η βιολογική αποδόμηση, η αραίωση κ.λπ. Επειδή όμως οι μηχανισμοί φυσικής απορρύπανσης δρουν σχετικά αργά, δεν συνιστάται η μέθοδος της μηδενικής λύσης.

Η εκσκαφή και απομάκρυνση του εδάφους μαζί με τον ρύπο είναι αποτελεσματική μέθοδος, αλλά απαιτεί μεγάλο κόστος και επιπλέον τίθεται πρόβλημα με την εξεύρεση κατάλληλης θέσης για την απόθεση του ρυπασμένου εδάφους. Γενικά οι υγροί ρυπαντές που είναι ελαφρύτεροι από το νερό και δεν αναμειγνύονται με αυτό (LNAPLs, Light Non-Aqueous Phase Liquids) απομακρύνονται σχετικά εύκολα. Αντίθετα οι υγροί ρυπαντές που είναι βαρύτεροι από το νερό και συνεπώς καταβυθίζονται χωρίς να αναμειγνύονται (DNAPLs, Dense Non – Aqueous Phase Liquids) είναι δυσχερείς. Τέτοιοι ρυπαντές είναι τα βαριά πετρελαιοειδή, οι χλωριομένοι διαλύτες, εντομοκτόνα κ.ά. Πρέπει να τονισθεί ότι η πρόληψη της ρύπανσης αποτελεί την αποτελεσματικότερη και οικονομικότερη μέθοδο αντιμετώπισης της ρύπανσης. Επίσης επιβάλλεται η λήψη άμεσων μέτρων από τη

διαπίστωση της ρύπανσης πριν προκληθούν ανεπανόρθωτες βλάβες στους υπόγειους υδροφορείς.

Η εξάπλωση της ρύπανσης εξαρτάται από τα υδραυλικά χαρακτηριστικά (πορώδες, συντελεστής υδροπερατότητας), την παρουσία μικροοργανισμών, την παρουσία αργιλικών φακών κλπ. (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

### **Ø Αφαίρεση εδάφους (εκσκαφή)**

Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει τη μεταφορά και απόρριψη του σε ελεγχόμενους αποδέκτες. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις εντοπισμένης ρύπανσης. Η μέθοδος αυτή έχει μειονέκτημα ότι διαφεύγουν ρύποι κατά την εκσκαφή και τη μεταφορά, υπάρχουν νομικοί περιορισμοί ως προς τη μεταφορά επικίνδυνων φορτίων στους δρόμους, το κόστος μπορεί να γίνει πολύ μεγάλο (ανάλογα με το μέγεθος των εκσκαφών), δεν αποτελεί οριστική λύση του προβλήματος απλά μία μεταφορά του σε άλλη θέση ενώ υπάρχει πρόβλημα ανεπάρκειας και υψηλού κόστους κατασκευής των χώρων απόθεσης.

### **Ø Βιολογική αποκατάσταση**

Η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως για αποδήμηση οργανικών ρύπων σε αβλαβής ουσίες μέσω δράσης μικρο-οργανισμών, με τη δράση ενζύμων. Οι μικρο-οργανισμοί χρησιμοποιούν τον άνθρακα είτε ως τροφή και μετατρέπουν τις οργανικές ουσίες σε CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>O είτε για μερική αποσύνθεση όπου παράγεται μεθάνιο, υδρόθειο, νιτρικά και θειικά άλατα. Οι κυριότεροι ρύποι που αναφέρεται η βιολογική αποκατάσταση είναι οι εξής:

- Û Πολυαρωματικοί υδρογονάνθρακες
- Û Πτητικές οργανικές ουσίες
- Û Χλωριούχους οργανικούς ρύπους.

Για την εφαρμογή της μεθόδου πρέπει να πληρούνται κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες είναι η καταλληλότητα των μικροοργανισμών, η παρουσία οργανικών ουσιών για την παροχή ενέργειας στους μικροοργανισμούς, η παρουσία θρεπτικών ουσιών (N, P, K, S κ.α.), η παρουσία δεκτών ηλεκτρονίων για οξείδωση των ρύπων και οι κατάλληλες συνθήκες υγρασίας, θερμοκρασίας, pH, τοξικότητας στο έδαφος. Ωστόσο, σημαντικός είναι και ο αερισμός του εδάφους, αφού προτιμώνται οι αερόβιες διεργασίες. Η μέθοδος αυτή έχει ως μειονέκτημα την απαίτηση μακροχρόνιας επεξεργασίας με αβεβαιότητα της επιτυχίας, η υστέρηση στην διάσπαση των πλέων τοξικών ρύπων λόγω μεγαλύτερης δυσκολίας, η ευαισθησία της σε πολλούς παράγοντες. Η βιολογική αποκατάσταση αναφέρεται σε αποδήμηση οργανικών ενώσεων. Όμως υπάρχουν και περιπτώσεις, σπάνιες, που χρησιμοποιείται για ανόργανες ουσίες.

### **Ø Έκπλυση με χημικά**

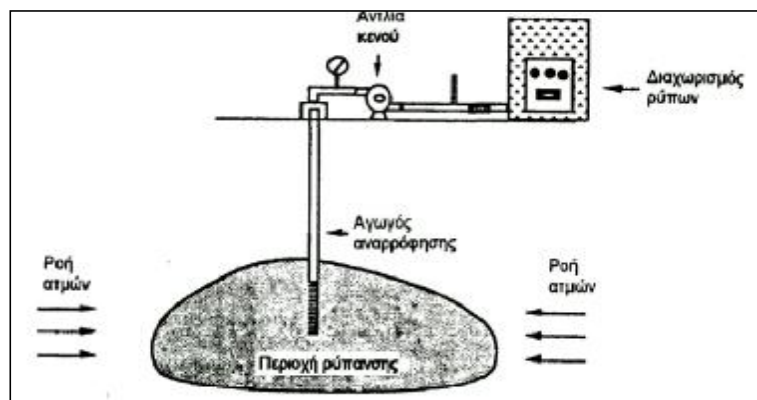
Η μέθοδος αυτή γίνεται με εφαρμογή νερού υπό πίεση που περιέχει οξέα, βάσεις ή απορρυπαντικά στο έδαφος. Απαιτείται αναμόχλευση του εδάφους για καλύτερη κατανομή των χημικών. Υπάρχει πρόβλημα στη μετέπειτα διάθεση του νερού έκπλυσης αφού αυτό περιέχει σημαντικό ρυπαντικό φορτίο ενώ μεγάλος είναι ο κίνδυνος διήθησης του νερού στην κορεσμένη ζώνη. Συχνά γίνεται χρήση οργανικών διαλυτών αντί νερού, οι οποίοι είναι επίσης επικίνδυνοι.

### Ø Θερμική επεξεργασία

Σκοπός της μεθόδου είναι η αφαίρεση πτητικών ουσιών σε αυξημένη θερμοκρασία. Ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε καύση των ρύπων. Η θερμική επεξεργασία γίνεται με δύο τρόπους. Μία μορφή της είναι η εκσκαφή εδάφους και μετέπειτα επεξεργασία του μέσα σε κλίβανους. Άλλη μορφή είναι η παροχή υπέρθερμου ατμού in-situ στο έδαφος. Έτσι οι πτητικών ρύπων που εξατμίζονται συλλέγονται με γεωτρήσεις ή διαλύονται στο νερό και αναιρούνται με σύστημα αποστράγγισης. Απαιτείται προσεκτική θέρμανση για την αποφυγή έκλυσης επικίνδυνων αερίων.

### Ø Εφαρμογή υποπίεσης

Με την εφαρμογή υποπίεσης επιτυγχάνουμε απορρύπανση από πτητικούς υδρογονάνθρακες. Η μέθοδος αναφέρεται στη διάνοιξη γεώτρησης και εφαρμογή αναρρόφησης, ώστε να εξατμιστούν οι πτητικοί υδρογονάνθρακες. Εφαρμόζεται σε χονδρόκοκκα εδάφη, καθώς στα λεπτόκοκκα έχουμε μειωμένη αγωγιμότητα. Εφαρμογή και σε υδροφορείς για αναρρόφηση ρύπων που επιπλέουν. Είναι γρήγορη και μικρότερου κόστους μέθοδος. Όμως μειονεκτεί στην ανάγκη απομόνωσης της περιοχής από τον ατμοσφαιρικό αέρα για αποτελεσματικότερη απορρόφηση.



Εικόνα 3.1.: Εφαρμογή υποπίεσης. (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

### 3.2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΕΔΑΦΩΝ (ΚΟΡΕΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ)

Οι μέθοδοι απορρύπανσης περιλαμβάνουν την απομάκρυνση των ρυπαντών ή την επεξεργασία των ρύπων επιτόπου και αναφέρονται σαν μέθοδοι ενεργητικής απορρύπανσης. Ρυπαντές, όπως έχει προαναφερθεί είναι:

- Υδρογονάνθρακες
- Αλκοόλες
- Υγρά καύσιμα
- Εστέρες
- Αιθέρες
- Νιτροαρωματικές ενώσεις
- Αλογονωμένες
- Αρωματικές και Αλιφατικές ενώσεις
- Μέταλλα(Cr, Ni, Cd, Zn, Pb, Hg).

Αναλυτικά οι μέθοδοι απορρύπανσης εδαφών (κορεσμένη ζώνη) είναι:

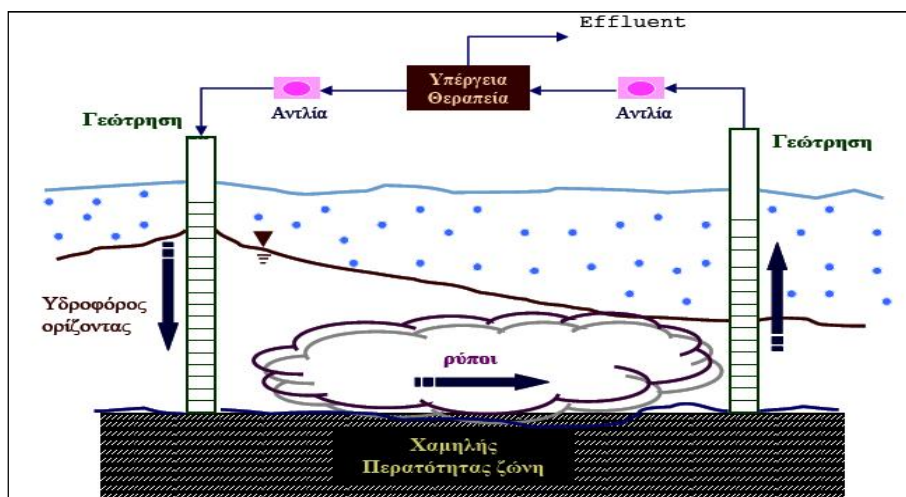
### Ø Βιολογική αποκατάσταση

Η μέθοδος είναι ανάλογη της μεθόδου στη μερικώς κορεσμένη ζώνη που αναφέραμε παραπάνω. Εδώ είναι εντονότερο το πρόβλημα της δυσχέρειας στον αερισμό της κορεσμένης ζώνης για αποφυγή των αναερόβιων διεργασιών. Έτσι, συχνά, γίνεται τεχνητός αερισμός με εισπίαση αέρα μέσω γεωτρήσεων. Επίσης είναι δυσχερής ο έλεγχος των άλλων συνθηκών που επιδρούν στην ανάπτυξη των μικρο-οργανισμών. Έτσι η μέθοδος παρουσιάζει μικρή αποτελεσματικότητα και χρησιμοποιείται σπάνια.

### Ø Άντληση διαλυμένων ρύπων

Η μέθοδος άντλησης και απορρύπανσης διαλυμένων ρυπαντών (pumpand treat) Κατά την εφαρμογή της μεθόδου στην περίπτωση διαλυμένων ρυπαντών που αναμειγνύονται με το υπόγειο νερό, γίνεται άντληση του υπόγειου νερού με σύστημα γεωτρήσεων και στη συνέχεια οδηγείται σε μονάδα επεξεργασίας. Μετά την επεξεργασία είναι δυνατή η επανεισαγωγή του επεξεργασμένου νερού στον υδροφόρο, ή η διάθεση στο έδαφος, ή τέλος η διοχέτευσή του σε γειτονικό υδρόρευμα.

Η βέλτιστη απόσταση των γεωτρήσεων απορρύπανσης είναι συνάρτηση της ταχύτητας ροής του υπόγειου νερού, του πάχους του υδροφόρου, της μεταβιβαστικότητας, του συνολικού αριθμού γεωτρήσεων και της παροχής άντλησης καθεμιάς εξ' αυτών. Ο συνδυασμός γεωτρήσεων άντλησης-έκχυσης (εμπλουτισμού) δίνει καλύτερα αποτελέσματα, ιδιαίτερα όταν διατάσσονται κατάλληλα. Η πλέον αποτελεσματική διάταξη είναι αυτή στην οποία υπάρχουν δύο γεωτρήσεις άντλησης και μία γεώτρηση έκχυσης στο μέσο των δύο πρώτων, όλες σε ευθεία γραμμή (κεντροαξονική διάταξη. Η επεξεργασία του αντλούμενου ρυπασμένου νερού μπορεί να γίνει με προσρόφηση από ενεργό άνθρακα.).



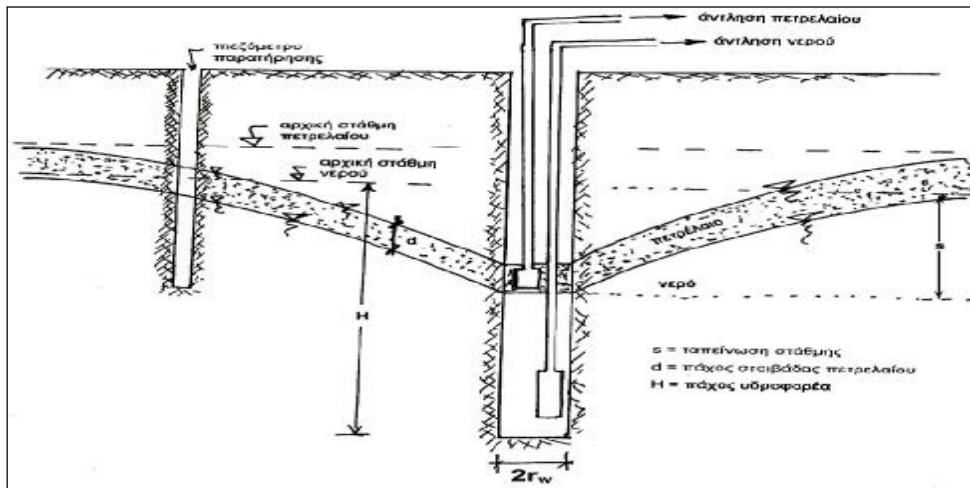
Εικόνα 3.2.: Άντληση διαλυμένων ρύπων.  
(Τζιάκος Κ., Κοντάκος Α, 2014)

### Ø Άντληση επιπλέοντων ρύπων

Οι ελαφριοί ρύποι συνήθως κατακρατούνται στη μερικώς κορεσμένη ζώνη. Αν διατεθούν μεγάλες ποσότητες τότε διαφεύγουν στο υπόγειο νερό και δημιουργούν μια κηλίδα (plume). Η κηλίδα διαχέεται προς τα κατάντη και ακολουθεί τη διακύμανση του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Έτσι, ρυπαίνετε η μερικώς κορεσμένη ζώνη σε μεγάλες αποστάσεις από την

πηγή. Είναι συνήθης τρόπος ρύπανσης του εδάφους σε περιοχές διυλιστηρίων. Για διαπίστωση της έκτασης της ρύπανσης πραγματοποιούνται γεωτεχνικές έρευνες του υπεδάφους.

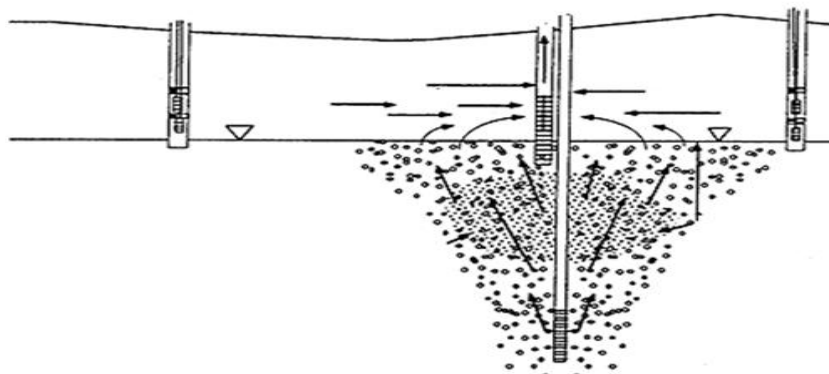
Για την απορρύπανση γίνεται χρήση του συστήματος διπλής άντλησης. Αυτή η μέθοδος απαιτεί άντληση του νερού από τον υδροφόρα μέσω γεώτρησης ώστε να δημιουργηθεί κώνος ταπείνωσης της στάθμης. Έτσι ο ρύπος που επιπλέει ακολουθεί την επιφάνεια του κώνου και κινείται προς τη γεώτρηση και με χρήση δεύτερης αντλίας αντλούνται οι ρύποι. Η απόδοση της μεθόδου είναι ανάλογη των παροχών των δύο αντλιών. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να γίνεται προσεκτική ταπείνωση υδροφόρου ορίζοντα ώστε να μη συγκροτούνται ρύποι στους πόρους του εδάφους (Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).



**Εικόνα 3.3.:** Άντληση επιπλεόντων ρύπων.  
(Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007).

### Ø Εφαρμογή υποπίεσης.

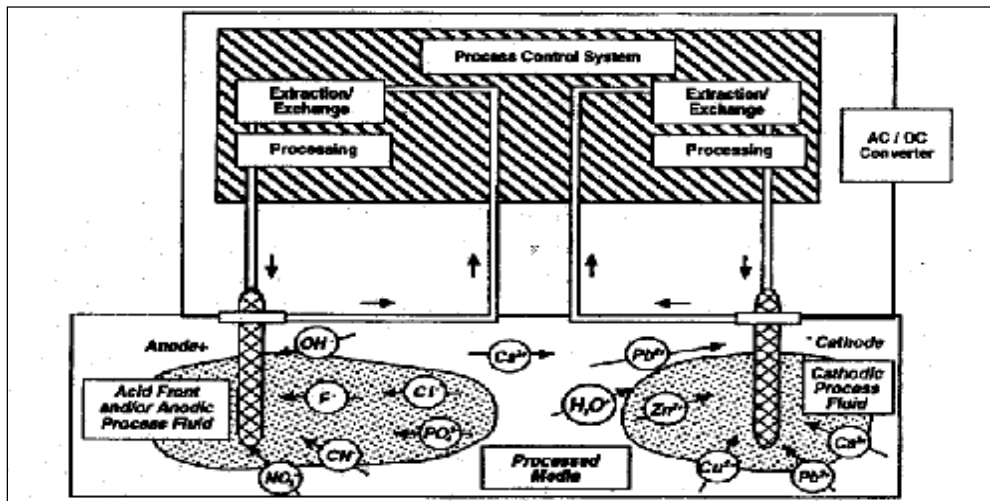
Η μέθοδος είναι ανάλογη της ήδη αναφερθείσας μεθόδου στη μερικώς κορεσμένη ζώνη. Η υποπίεση και εδώ εφαρμόζεται στην μερικώς κορεσμένη ζώνη και όχι στην κορεσμένη με συνέπεια να επηρεάζεται και η επιφάνεια. Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση επιπλεόντων πτητικών ρύπων. Έχει μικρότερο κόστος και απαιτεί λιγότερο χρόνο σε σχέση με διπλή άντληση ενώ επιτυγχάνεται ταυτόχρονη άντληση ρύπων στο έδαφος και επιπλεόντων ρύπων στο υπόγειο νερό. Ως μειονέκτημα είναι η απαίτηση για απομόνωση από τον ατμοσφαιρικό αέρα, όπως και στην εφαρμογή υποπίεσης στην μερικώς κορεσμένη ζώνη.



**Εικόνα 3.4.:** Τυπική διάταξη εφαρμογής απορρύπανσης με υποπίεσης.  
(Τζίακος Κ., Κοντάκος Α, 2014)

### Ø Απορρύπανση από βαρέα μέταλλα.

Η μέθοδος αναφέρεται σε ρύπους όπως υδράργυρος, μόλυβδος και άλλα βαρέα μέταλλα. Γίνεται με δύο τρόπους. Ο ένας είναι η χρήση μεθόδων φυσικής εξασθένισης, δηλαδή προσρόφηση των ιόντων των μετάλλων στην επιφάνεια αργιλικών ορυκτών και ακινητοποίηση τους. Αυτός ο τρόπος έχει μικρό κόστος. Ένας άλλος τρόπος είναι η εφαρμογή διαφοράς δυναμικού (ηλεκτρικού ρεύματος) μέσω ηλεκτροδίων ώστε τα βαρέα μέταλλα να συλλεχθούν στην άνοδο. Σχηματική αναπαράσταση του τελευταίου φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007)

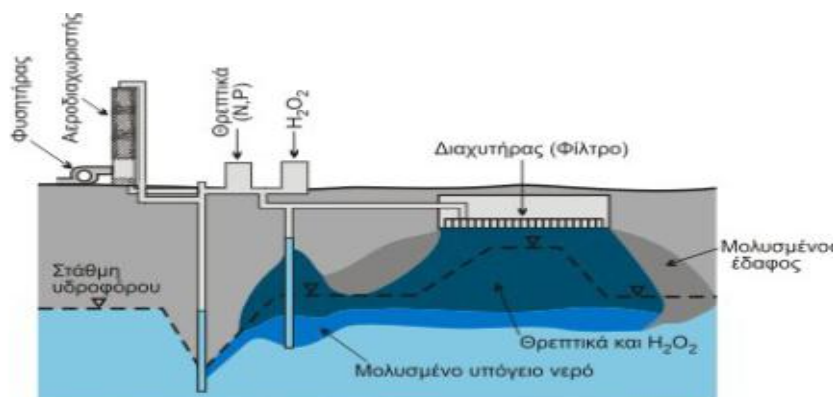


Εικόνα 3.5.: Μέθοδος απορρύπανσης από βαρέα μέταλλα.

Αφαίρεση βαρέων μετάλλων με εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος. Τα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται κυρίως με την προσρόφηση των ιόντων τους στην επιφάνεια των αργιλικών ορυκτών (φυσική απορρύπανση). Επιπλέον για την αφαίρεση βαρέων μετάλλων εφαρμόζεται τάση μέσω ηλεκτροδίων και τα ιόντα των μετάλλων οδεύουν και συλλέγονται στην άνοδο.

### Ø Αεροδιαχωρισμός (air stripping)

Η μέθοδος εφαρμόζεται κύρια για την απορρύπανση από επιπλέοντες πτητικούς ρυπαντές (βενζίνη, πτητικοί υδρογονάνθρακες κ.λπ.). Στον αεροδιαχωριστή προκαλείται εξάτμιση των πτητικών ουσιών σύμφωνα με τον νόμο Henry, λόγω διαβίβασης αέρα από φουσητήρα. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η μεταφορά της ρύπανσης στην ατμόσφαιρα.



Εικόνα 3.5.: Μέθοδος βιοαποκατάστασης με αεροδιαχωρισμό.



### **Ø Αεροδιασπορά (airsparging).**

Κατά την αεροδιασπορά ο ρυπαντής εξαερώνεται μετά από διαβίβαση αέρα από αεροσυμπιεστή. Η διαβίβαση αέρα γίνεται μέσα από κατακόρυφο σωλήνα στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η ταυτόχρονη απορρύπανση κορεσμένης και ακόρεστης ζώνης.

### **Ø Η βιολογική αποκατάσταση (bio-remediation)**

Ανήκει στις μη συμβατικές (εναλλακτικές) τεχνικές επεξεργασίας που εφαρμόζονται επιτόπου και στηρίζεται στην αποδόμηση των οργανικών ουσιών με τη δράση μικροοργανισμών (βακτήρια, μύκητες). Βασικό κριτήριο για την εφαρμογή της μεθόδου αποτελεί η επιδεκτικότητα του ρυπαντή στη βιοδιάσπαση από τους μικροοργανισμούς που ενδημούν ή εισάγονται στη θέση της ρύπανσης.

Οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν ως καταλύτες κατάλληλα ένζυμα, που παράγουν οι ίδιοι. Η δράση των μικροοργανισμών εξαρτάται από το είδος και την πυκνότητα της μικροβιακής κοινότητας, καθώς και τις συνθήκες που ευνοούν ή αναστέλλουν την ανάπτυξή τους (τοξικότητα, pH, θερμοκρασία). Η βιοαποκατάσταση εφαρμόζεται σήμερα στην απορρύπανση των υδρογονανθράκων, αν και οι μικροοργανισμοί μπορούν να διασπάσουν όλους τους οργανικούς ρυπαντές. Το τελικό προϊόν είναι ανόργανες ουσίες (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, νιτρικά και θειικά άλατα). Για να γίνει αερόβια αποσύνθεση διαβιβάζεται αέρας, μέσω βαθιών γεωτρήσεων.

Η μέθοδος έχει μικρό κόστος και για να είναι πιο αποτελεσματική χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους απορρύπανσης. Στις περισσότερες περιπτώσεις απαιτείται η τεχνητή δημιουργία συνθηκών που θα εξασφαλίσουν τα απαραίτητα υλικά για τροφή και παροχή ενέργειας στους μικροοργανισμούς (μηχανική βιοαποκατάσταση-engineeredbioremediation). Αν η βιοαποκατάσταση γίνεται χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου ονομάζεται ειδική βιοαποκατάσταση-intrinsicbioremediation). Η μηχανική είναι ταχύτερη από την ειδική. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι η πιθανή απόφραξη (clogging) των γεωτρήσεων από τη συγκέντρωση των μικροοργανισμών σε μια θέση.

Για την αντιμετώπιση της απόφραξης χρησιμοποιούνται πρωτόζωα, τα οποία καταστρέφουν τα βακτήρια ή γίνεται χρήση υπεροξειδίου του υδρογόνου αντί οξυγόνου. Η χημική επεξεργασία με κατάλληλα μέσα αποτελεί μια επιπλέον μέθοδο που εφαρμόζεται *insitu*, αλλά σε περίπτωση αποτυχίας επιβάλλεται η απομάκρυνση εκτός του ρύπου και των χημικών ουσιών, που χρησιμοποιήθηκαν (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011)

### **Ø Συστήματα κάλυψης.**

Πραγματοποιείται κάλυψη της επιφάνειας εδαφών που έχουν ρυπανθεί με ασφαλτικά υλικά, σκυρόδεμα ή και «καθαρό» έδαφος. Το πάχος της κάλυψης απαιτείται να είναι αρκετό έτσι ώστε οι ρίζες των φυτών που θα φυτρώσουν να μην εισέρχονται στο ρυπασμένο στρώμα και να μην υπάρχει κίνδυνος αποκάλυψης του στρώματος αυτού σε περίπτωση εκσκαφών για τεχνικά έργα. Ακόμη σημαντικό είναι να ληφθούν υπόψη οι διακυμάνσεις του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα. Η λύση είναι απλή και φτηνή αλλά προσωρινή.

### **Ø Λοιπές μέθοδοι.**

Ωστόσο υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που χαρακτηρίζονται ως προσωρινές:

- Η επιβολή περιορισμών στην πρόσβαση και χρήση της περιοχής μέσω περίφραξης, πινακίδων κ.λπ.
- Η «Μηδενική λύση» κατά την οποία δε λαμβάνονται ειδικά μέτρα προστασίας αλλά επαφιόμαστε στην απορρυπαντική δράση των φυσικών μηχανισμών υποβάθμισης. Ως πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το μηδενικό κόστος αλλά η μέθοδος είναι αναξιόπιστη λόγω της ευαισθησίας των μηχανισμών υποβάθμισης στις συνθήκες του περιβάλλοντος και βραδεία.

### 3.3. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Για τον περιορισμό της επέκτασης της ρύπανσης χρησιμοποιούνται:

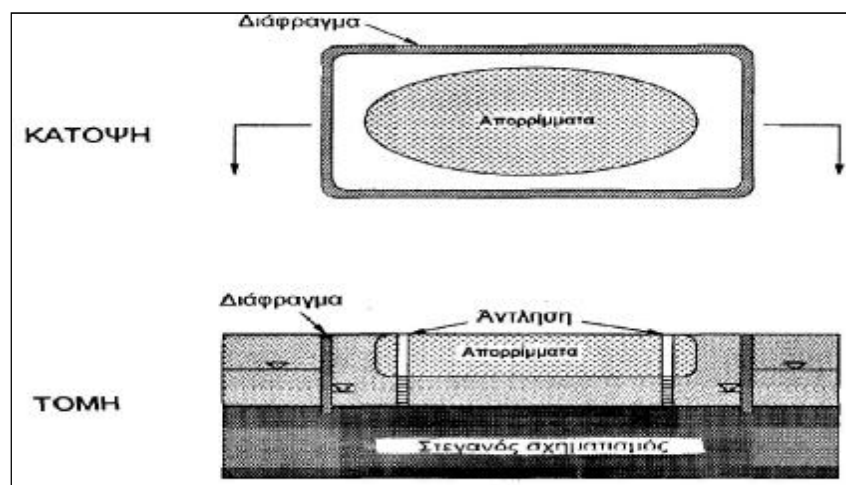
#### i. Μέθοδοι εγκιβωτισμού (διαφράγματα).

Τα διαφράγματα κατασκευάζονται από υλικά στεγανοποίησης (μπετονίτη, τσιμέντο), από σιδερένιους πασσάλους ή από γεωμεμβράνες. Τα διαφράγματα μπορεί να τοποθετηθούν υπόγεια ή και επιφανειακά για να εμποδίσουν τη διήθηση της βροχής. Αρχικά είναι απαραίτητη η οριοθέτηση της ρυπασμένης περιοχής και αυτό γίνεται με γεωτρήσεις δειγματοληψίας σε διαφορετικά βάθη.

Πραγματοποιείται κατασκευή βαθιών περιμετρικών διαφραγμάτων για απομόνωση του εδάφους που έχει ρυπανθεί. Διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους διαφραγμάτων:

- Συμβατικά διαφράγματα: τμηματική εκσκαφή και αφαίρεση εδαφικού υλικού. Πλήρωση με μίγμα μπετονίτη - τσιμέντου.
- Σύστημα αλληλοτεμνόμενων πασσάλων από σκυρόδεμα (εφαπτόμενοι φρεατοπάσσαλοι)
- Σύστημα προκατασκευασμένων μεταλλικών πασσαλοσανίδων
- Διάφραγμα τσιμεντενέσεων με εισπίεση ενέματος υπό υψηλή πίεση ή ανάμιξη εδαφικού υλικού με τσιμεντένεμα.

Ακόμη μπορεί να εφαρμοστεί και παρεμπόδιση επέκτασης της ρύπανσης με πήξη δια ψύξεως του υπόγειου νερού, ως προσωρινό μέτρο. Σχηματικά τα κατακόρυφα περιμετρικά διαφράγματα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007)



**Εικόνα 3.6.:** Κατακόρυφα περιμετρικά διαφράγματα. (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007)

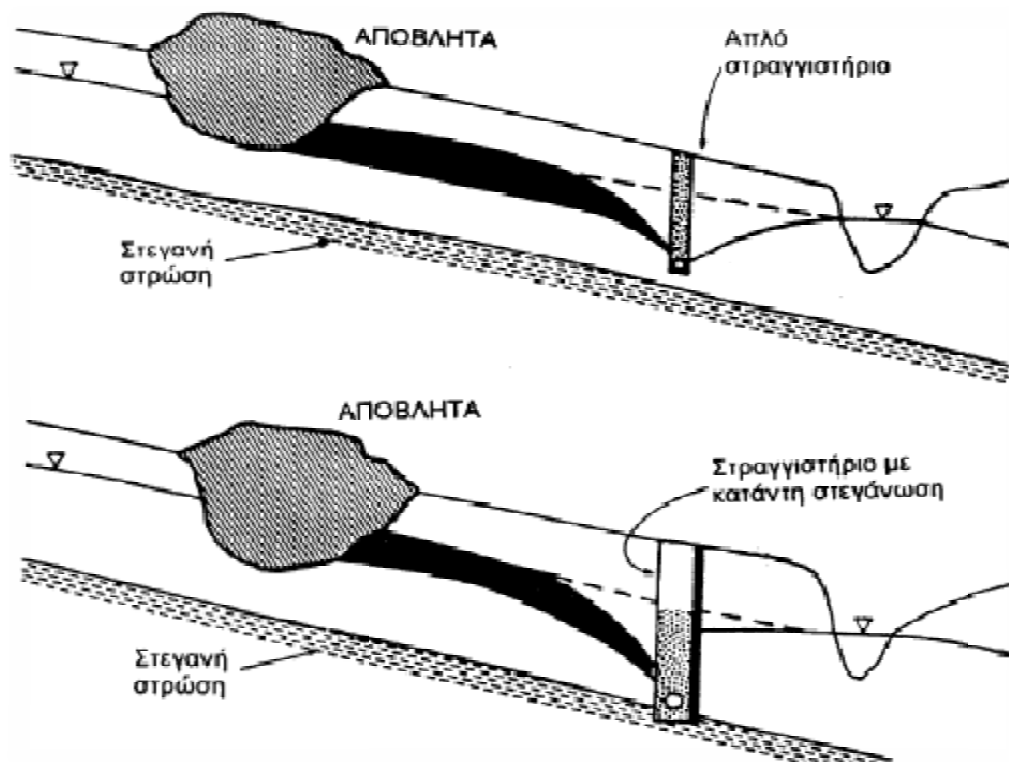
Συχνά χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικά στα κατακόρυφα διαφράγματα τα οριζόντια διαφράγματα βάσης. Η κατασκευή γίνεται σε περίπτωση μη ύπαρξης κάποιας στεγανής στρώσης σε λογικό βάθος. Ωστόσο, τα οριζόντια διαφράγματα βάσης παρουσιάζουν δυσκολία στην κατασκευή, ανεπαρκή στεγάνωση και υψηλό κόστος. Μία συνήθης μέθοδος κατασκευής τους είναι να γίνουν ως διαφράγματα τσιμεντενέσεων με εισπίεση ενέματος υπό υψηλή πίεση (highpressurejetgrouting).

Επιπλέον, αποτελεί μέθοδο insitu καθαρισμού επικίνδυνων αποβλήτων με ταυτόχρονη προστασία από επέκταση της ρύπανσης. Γίνεται με εφαρμογή φυσικών μηχανισμών προσρόφησης, καθίζησης και ιοντοεναλλαγής κατά τη διέλευση των ρύπων μέσα από ειδικά διαφράγματα. Συχνά γίνεται χρήση φίλτρων ενεργού άνθρακα, τα οποία είναι αποτελεσματικά για απομάκρυνση υδροφοβών, υψηλού μοριακού βάρους οργανικών ενώσεων από υγρά απόβλητα. Σχηματική αναπαράσταση φαίνεται παρακάτω.

## ii. Υδραυλικές μέθοδοι αναστροφής της κίνησης του υπόγειου νερού.

Περιλαμβάνουν ρύθμιση της στάθμης ώστε να αποφευχθεί εκφόρτιση των ρυπασμένων νερών σε υδάτινους αποδέκτες (λίμνες, ποτάμια) ή αραιώση των ρύπων. Οι υδραυλικοί φραγμοί δημιουργούνται με τον συνδυασμό γεωτρήσεων άντλησης και εμπλουτισμού.

Στόχος των υδραυλικών συστημάτων είναι η μεταβολή της κίνησης του υπογείου νερού μέσω τροποποίησης της πιεζομετρίας. Γίνονται εκτεταμένες αντλήσεις σε κάποια περιοχή ενώ κατασκευάζεται επίμηκες στραγγιστήριο μεταξύ της πηγής ρύπανσης και του σημείου εκμετάλλευσης του υπόγειου νερού.



**Εικόνα 3.6.:** Σύστημα προστασίας από τη ρύπανση με αντιστροφή της κίνησης του υπόγειου νερού (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007)

### **iii. Μέθοδος σταθεροποίησης του εδάφους (soil stabilization, solidification)**

Η μέθοδος σταθεροποίησης του εδάφους (soil stabilization, solidification) χρησιμοποιείται ευρέως για τον περιορισμό επέκτασης της ρύπανσης. Η μέθοδος βασίζεται στην ανάμιξη του ρυπασμένου εδάφους με κάποιο υλικό, με στόχο την σταθεροποίηση του εδάφους αφού το μίγμα του δημιουργείται έχει υψηλή μηχανική αντοχή.

Σκοπός της σταθεροποίησης του εδάφους είναι ο «εγκλωβισμός» του ρυπαντικού φορτίου μέσα στην σταθεροποιημένη εδαφική μάζα. Το έδαφος που δημιουργείται έχει μικρή υδροπερατότητα προκαλώντας την ακινητοποίηση των υπόγειων νερών και κατά συνέπεια μη επέκταση της ρύπανσης.

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

- ✓ Το τσιμέντο: Η ανάμιξη του εδαφικού υλικού με τσιμέντο δημιουργεί ένα υλικό του οποίου η αντοχή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε τσιμέντο.
- ✓ Η άσβεστος CaO: Η ανάμιξη των εδαφικών υλικών με τα ανωτέρω δημιουργεί υδραυλικά κονιάματα που αποκτούν αυξημένη μηχανική αντοχή.
- ✓ Διάφορα ασφαλτικά υλικά και συνθετικές ουσίες (πολυμερή): Όταν η σταθεροποίηση του εδάφους δεν είναι πλήρης, το σταθεροποιημένο υλικό εγκιβωτίζει τυχόν μη σταθεροποιημένες εδαφικές μάζες και περιορίζει την επέκταση της ρύπανσης.

Στις μεθόδους απορρύπανσης ανήκουν και οι μέθοδοι διάθεσης των λυμάτων στο έδαφος(άρδευση, διήθηση).

### **iv. Έπλυση του εδάφους**

Η αφαίρεση του ρύπου γίνεται με κατάκλυση του εδάφους με νερό με παράλληλη χρήση δραστικών ουσιών.

### **v. Εκσκαφή του εδάφους**

Το ρυπασμένο έδαφος αφαιρείται και μεταφέρεται σε άλλη περιοχή για απόθεση ή ενταφιασμό μετά από επεξεργασία. Η επεξεργασία του ρυπασμένου εδάφους μπορεί να γίνει και επιτόπου και περιλαμβάνει αερισμό, βιοαπορρύπανση, θερμική επεξεργασία κ.λπ. Η επαναπλήρωση της εκσκαφής γίνεται με το επεξεργασμένο εδαφικό υλικό ή από υγιές υλικό μεταφερμένο από αλλού (Καββαδάς Μ., Πανταζίδου Μ., 2007)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

### 4.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το κοινό νομοθετικό Ευρωπαϊκό πλαίσιο διαχωρίζει τα απόβλητα σε κάποιες κατηγορίες οι οποίες είναι οι εξής:

- Υδαρή παραπροϊόντα μεταλλείων
- Πυρηνικά απόβλητα (ραδιενέργεια)
- Απόβλητα μη-συγκεντρωμένης διάθεσης
- Αστικά λύματα
- Στερεά απόβλητα

Στην εδαφική ρύπανση μας ενδιαφέρουν κυρίως τα στερεά απόβλητα. Σε αυτά περιλαμβάνονται όλα τα στέρεα και υγρά απόβλητα που ανήκουν στις άλλες κατηγορίες. Διακρίνονται σε επικίνδυνα ή τοξικά απόβλητα και σε λοιπά μη-επικίνδυνα απόβλητα.

Ωστόσο, ανάλογα με την πυγή της ρύπανσης τα στερεά απόβλητα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες.

- ✓ **Αστικά απορρίμματα:** Αποτελούνται από ετερογενή μίγματα αποβλήτων οικιακών ή εμπορικών δραστηριοτήτων. Μικρό ποσοστό τους ανήκει στα επικίνδυνα απόβλητα. Έχει απαγορευτεί η ταφή και διάθεση υγρών βιομηχανικών αποβλήτων σε χώρους σχεδιασμένους για στερεά αστικών αποβλήτων.
- ✓ **Απόβλητα ορυχείων:** Προέρχονται από τη διάθεση προϊόντων έκπλυσης ορυκτών πόρων. Πριν την απόρριψή τους στο έδαφος γίνεται διαχωρισμός σε χονδρόκοκκου κλάσμα και σε υδαρές λεπτόκοκκο κλάσμα τα οποία και διατίθενται ξεχωριστά. Στην Ελλάδα τέτοια προβλήματα αντιμετωπίζονται στη Μεγαλόπολη και την Πτολεμαΐδα όπου έχουμε τα λιγνιτωρυχεία.
- ✓ **Βιομηχανικά Απόβλητα:** Αποτελούνται από απόβλητα χημικών βιομηχανιών, γεωργικών και κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Ένα σχετικά μεγάλο ποσοστό τους (15% περίπου) ανήκει στα επικίνδυνα ή τοξικά απόβλητα. Τα τελευταία χρόνια έχει απαγορευτεί η ταφή τέτοιου είδους αποβλήτων σε υγρή κατάσταση.
- ✓ **Αλλά Επικίνδυνα Απόβλητα:** Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν απόβλητα σε αιώρηση ή διάλυση εντός ύδατος, οργανικά υδατοδιαλυτά απόβλητα, οργανικά μη-υδατοδιαλυτά απόβλητα (τα οποία διακρίνονται σε ελαφρότερα του νερού που επιπλέουν στην επιφάνεια υδροφορέων και βαρεία που βυθίζονται και εξαπλώνονται), απόβλητα με μορφή παχύρρευστων υγρών και νοσοκομειακά απόβλητα.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση ο έλεγχος ρύπανσης με τον καθορισμό ορίων γίνεται με επιβολή Στόχων Ποιότητας του Περιβάλλοντος, δηλαδή λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της ρύπανσης στη χρήση που γίνεται στο έδαφος και στο υπόγειο νερό και με επιβολή Ορίων Καθορισμού Ποιότητας του Περιβάλλοντος, δηλαδή καθορίζοντας τις μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις διαφόρων ρύπων ανάλογα με την επιδιωκόμενη χρήση, οι οποίες

καθορίζονται από την κάθε χώρα χωριστά. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Ένωση υπάρχουν δύο κατηγορίες ρύπων. Στην κατηγορία 1 (Blacklist) ανήκουν οι πλέον τοξικοί ρύποι και στην κατηγορία 2 (Greylist) οι λιγότερο τοξικοί.

Τοξικές ρυπαντικές ουσίες Κατηγορίας 1 (Black List)
1. Οργανο-αλογόνες (Organohalogen) ουσίες και ουσίες που μπορούν να τις παράγουν
2. Ουσίες που περιέχουν οργανικό φώσφορο ή οργανικό κασίτερο
3. Ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν καρκινογένεσεις
4. Ουσίες που περιέχουν υδράργυρο ή κάδμιο
5. Ανθεκτικά ορυκτέλαια και ανθεκτικοί υδρογονάνθρακες πετρελαιοειδών
6. Ανθεκτικές συνθετικές ουσίες (persistent synthetic compounds)
Τοξικές ρυπαντικές ουσίες Κατηγορίας 2 (Grey List)
1. Τα ακόλουθα μέταλλα: ψευδάργυρος, χαλκός, νικέλιο, χρώμιο, μόλυβδος, σελήνιο, αρσενικό, ανιμόνιο, μολυβδένιο, πτάνιο, κασσίτερος, βάριο, βηρύλιο, βόρον, ουράνιο, βανάδιο, κοβάλτιο, θάλλιο, τελλούριο, άργυρος
2. Οργανικές ενώσεις των ανωτέρω μετάλλων που δεν περιλαμβάνονται στην Κατηγορία 1
3. Ουσίες που μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς τη γέυση ή την οσμή του υπόγειου νερού, σε περίπτωση που πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση
4. Τοξικές ή ανθεκτικές οργανικές ενώσεις του πυριπίου που μπορούν να ανιχνευθούν στο υπόγειο νερό
5. Ανόργανες ενώσεις του φωσφόρου και καθαρός φώσφορος
6. Μη- ανθεκτικά ορυκτέλαια και υδρογονάνθρακες πετρελαιοειδών
7. Κυανιούχα και φθοριούχες ενώσεις
8. Ουσίες που έχουν δυσμενείς επιδράσεις στην ισορροπία του οξυγόνου όπως αμμωνία, νιτρικά, κλπ.

**Πίνακας 4.1.:** Κατηγορίες τοξικών ουσιών στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

## 4.2. ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΕΝΩΣΗ

Το Τμήμα Περιβάλλοντος, του Υπουργείου Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος συμβουλεύει για θέματα περιβαλλοντικής πολιτικής και συντονίζει τα προγράμματα για το περιβάλλον. Επιβλέπει έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η εφαρμογή της πολιτικής και ο συντονισμός των διαδικασιών για υιοθέτηση της Ευρωπαϊκής πολιτικής και νομοθεσίας για το περιβάλλον. Προεδρεύει της Επιτροπής για την εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, προωθεί, μεταξύ άλλων, την επιβολή των νόμων σχετικά με τον Έλεγχο της Ρύπανσης των Νερών και για τη Διαχείριση των Στερεών και Επικίνδυνων Αποβλήτων και ενθαρρύνει την περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση και πληροφόρηση.

Στο Τμήμα είναι, επίσης, το διοικητικό σκέλος του Συμβουλίου Περιβάλλοντος. Επιπλέον, είναι το Εθνικό Σημείο Επαφής για τους διακυβερνητικούς Οργανισμούς CSD, MCSD, SMAP, MAP, INFOTERRA και UNEP, και τις Συνθήκες CITES για το Διεθνές Εμπόριο Απειλούμενων Ειδών Χλωρίδας και Πανίδας, της Βέρνης για την Προστασία των

Απειλούμενων Ειδών Χλωρίδας και Πανίδας, της Βαρκελώνης για την Προστασία της Μεσογείου, της Βασιλείας για τις Διασυνοριακές Μεταφορές Επικίνδυνων Αποβλήτων, της Βιέννης και του Πρωτοκόλλου του Μοντρεάλ για τις Ουσίες που Καταστρέφουν τη Στοιβάδα του Όζοντος, της Βιολογικής Ποικιλομορφίας, της Καταπολέμησης της Ερημοποίησης, των Κλιματικών Αλλαγών, της Ramsar για την Προστασία των Υγροβιότοπων, της Εκτίμησης των Διασυνοριακών Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων, καθώς και του Άρχους για την Πρόσβαση του Κοινού σε Πληροφορίες Σχετικές με το Περιβάλλον. Στη συνέχεια δίνεται μια εικόνα των δραστηριοτήτων της Υπηρεσίας Περιβάλλοντος μέσα από τις οποίες εύκολα διαφαίνεται ο σημαντικός ρόλος που διαδραματίζει.



**Εικόνα 4.1.:** Η προστασία του περιβάλλοντος πρέπει να γίνει προτεραιότητα των ανθρώπων.  
(ΠΗΓΗ:<http://gr.freepik.com>)

#### **4.3. ΟΙ ΧΩΡΕΣ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΚΕΣ ΤΟΥΣ**

Κάθε χώρα αντιμετωπίζει διαφορετικά προβλήματα ρύπανσης. Μπορεί η Ευρωπαϊκή Ένωση να έχει ένα κοινό νομοθετικό πλαίσιο για την αντιμετώπιση τους ωστόσο, κάθε χώρα αναλαμβάνει να το προσαρμόσει στα δικά της μετρά με σκοπό να διαφυλάξει με τον καλύτερο τρόπο τους φυσικούς πόρους και την ανθρώπινη υγεία.

Στην συνέχεια του Κεφαλαίου θα αναπτυχθούν τα μέτρα που λαμβάνουν ξεχωριστά οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καθώς επίσης που επικεντρώνεται η κάθε μία βάση των προβλημάτων που αντιμετωπίζει.

### 4.3.1. Αυστρία



**Εικόνα 4.2.:** Αυστρία.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.quickbooker.com>)

Η Αυστρία συνορεύει από τα δυτικά της με το Λιχτενστάιν και την Ελβετία, με την Ιταλία και την Σλοβενία συνορεύει νότια, την Ουγγαρία και τη Σλοβακία ανατολικά και βόρεια με τη Γερμανία και την Τσεχία.

Η Αυστρία θεωρεί ότι ο ολοκληρωμένος έλεγχος της ρύπανσης του περιβάλλοντος σημαίνει προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, ως βάση για την ανθρώπινη ζωή, από τις δυσμενείς επιπτώσεις.

Η ολοκληρωμένη προστασία του περιβάλλοντος αποτελείται κυρίως από μέτρα που αποσκοπούν στη διασφάλιση καθαρού αέρα, των υδάτων και του εδάφους, και προετοιμάζει την ηχορύπανση. Ο νομικός στόχος για τη διατήρηση καθαρών υδάτων ορίστηκε «η διατήρηση του νερού όπως στη φυσική του κατάσταση».

Η Αυστρία χρησιμοποιεί τα υπόγεια ύδατα για την κάλυψη της σε πόσιμο νερό. Μελέτες έχουν αποδείξει ότι περισσότερο από το 99% του πόσιμου νερού προέρχεται από υπόγεια ύδατα με αποτέλεσμα η προστασία των υπόγειων υδάτων να είναι θεμελιώδους σημασίας για αυτή. Σύμφωνα με αυτό, τα υπόγεια ύδατα πρέπει να διατηρούνται καθαρά με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως, πόσιμα νερά. Όσον αφορά τους δυνητικούς κινδύνους από μολυσμένες τοποθεσίες και τα σχετικά μέτρα αποκατάστασης, η κύρια έμφαση πρέπει να δίνεται στην πρόληψη της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων. Άρα οι προσεγγίσεις για την εκτίμηση κινδύνου χαρακτηρίζονται από την αρχή της προφύλαξης.

Για την προστασία του περιβάλλοντος της και τους φυσικούς πόρους η Αυστρία λαμβάνει πολύ αυστηρά μέτρα για την έγκριση των βιομηχανικών δραστηριοτήτων ή το κλείσιμο βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Ωστόσο, τα μέτρα αυτά δεν λαμβάνονται μόνο για την προστασία των υδατικών συστημάτων αλλά και για την προστασία των «γειτονικών» συμφερόντων. Ο νόμος για τη διαχείριση των αποβλήτων χρησιμοποιείται για να καθοριστεί πότε η συλλογή και πότε η επεξεργασία αποβλήτων είναι απαραίτητη για το δημόσιο συμφέρον. Προκειμένου λοιπόν η Αυστρία να διασφαλισθεί ο δημόσιος τομέας και να μειώσει τους πιθανούς κινδύνους οι αρχές μπορούν να επιβάλλουν υποχρεώσεις για τη διάθεση των αποβλήτων και των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων με περιβαλλοντικά ορθό τρόπο.

Στο πλαίσιο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι το Σύνταγμα περιέχει διατάξεις για τη διατήρηση του εδάφους καθαρό, ωστόσο, δεν υπάρχει ειδική εθνική πράξη διατήρησης του εδάφους. Η διατήρηση των εδαφών είναι στην αρμοδιότητα των επαρχιακών αρχών, οι οποίες είναι αρμόδιες για την εφαρμογή της νομοθεσίας. Αυτοί οι νόμοι εστιάζονται αποκλειστικά στην αποκατάσταση και τη διατήρηση της γεωργικής γης και δεν ασχολούνται με την προστασία του εδάφους σε ένα ευρύτερο πλαίσιο.

Συνεπώς με το νομικό πλαίσιο, η αξιολόγηση κινδύνου των μολυσμένων χώρων πραγματοποιείται κυρίως από:

- Τις τοπικές αρχές στην εφαρμογή των υφιστάμενων νόμων (ιδίως εκείνων που αφορούν το νερό και πλωτές).



- Την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος στην εφαρμογή του νόμου για τον καθαρισμό των μολυσμένων εγκαταστάσεων ως βάση για τη χρηματοδότηση εργασιών καθαρισμού.

Επομένως, η Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Περιβάλλοντος της Αυστρίας όφειλε να αναπτύξει μια μεθοδολογία για την αξιολόγηση των κινδύνων η οποία ονομάζεται η «αρχή της επισκευής», λαμβάνοντας υπόψη τους στόχους της προληπτικής προστασίας του περιβάλλοντος.

Ο κύριος στόχος της προληπτικής προστασίας του περιβάλλοντος είναι η διατήρηση του περιβάλλοντος στη φυσική του κατάσταση. Αρχικά αυτό περιλαμβάνει μείωση των εκπομπών ρύπων στο ελάχιστο και τη διατήρηση ή την αποκατάσταση των υδάτων, του εδάφους και του αέρα σε ένα στάδιο χρησιμοποιήσιμης ποιότητας. Ιστορικά ρυπασμένοι τόποι πρέπει, σύμφωνα με την αρχή της επισκευής, να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά τόσο από οικολογική όσο και από οικονομική άποψη.

Όσον αφορά την αξιολόγηση των μολυσμένων χώρων και των συναφών μέτρων ασφάλειας και εξυγίανσης, οι παρακάτω στόχοι έχουν εντοπιστεί:

- Διατήρηση και αποκατάσταση της φυσικής κατάστασης του περιβάλλοντος ή των σχετικών περιβαλλοντικών μέσων μαζικής ενημέρωσης.
- Η διατήρηση ή η θέσπιση περιβαλλοντικής κατάστασης με τεχνητές επιρροές, αλλά και επιτρέποντας την πολύ λειτουργική αιεφόρο χρήση.
- Η διατήρηση ή η θέσπιση περιβαλλοντικής κατάστασης που επιτρέπει την παροντική ή μελλοντική χρήση του χώρου, ενώ περιέχει περαιτέρω απόρριψη επικίνδυνων ουσιών.

Με τον όρο «αρχή της επισκευής» εννοείται η ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος σύμφωνα με τις αντίστοιχες οικολογικές του λειτουργίες. Προσεγγίζοντας τα πράγματα με αυτόν τον τρόπο οδηγεί σε μια προσανατολισμένη προς τον χρήστη αξιολόγηση της εναπόθεσης αποβλήτων και των βιομηχανικών περιοχών.

#### **4.3.2.1. Χώροι με προσανατολισμό την αξιολόγηση μιας υπόθεσης**

Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του Νομοθετικού πλαισίου της Αυστρίας είναι ότι δεν υπάρχουν γενικές τιμές παρέμβασης για την αξιολόγηση των μολυσμένων εδαφών. Βασίζεται Είναι κυρίως στις αξιολογήσεις σχετικά με την διατήρηση των συνθηκών στη συγκεκριμένη τοποθεσία όσον αφορά το νερό και το έδαφος, ιδιαίτερα σε διαφορετικές γεωλογικές συνθήκες ή ανθρωπογενείς επιδράσεις στην ποιότητα του εδάφους. Ως εκ τούτου, κάθε περίπτωση της ζημίας πρέπει να αξιολογείται μεμονωμένα, αφού απαρτίζεται από διαφορετικά στοιχεία.

Η αξιολόγηση του κινδύνου πρέπει να λαμβάνει υπόψη τις εξής συνθήκες:

- Γεωλογικές
- Υδρογεωλογικές
- Γεωγραφικές
- Υδρολογικές

Αυτοί είναι και οι παράγοντες που λαμβάνουν υπόψη όταν πρόκειται να αποφασίσουν την ανάγκη και την έκταση των περαιτέρω μέτρων. Η εκτίμηση κινδύνου θεωρείται ως μια συνολική διαδικασία για την τεκμηρίωση και την αξιολόγηση των κινδύνων που απορρέουν

από τις καταθέσεις των αποβλήτων των βιομηχανικών περιοχών. Ωστόσο, η πραγματοποίηση ερευνών που αφορούν την δειγματοληψία και την ανάλυση των υπόγειων υδάτων και του εδάφους αποτελούν τη κύρια βάση για την αξιολόγηση του κινδύνου.

Για τον καθορισμό των κριτηρίων και τα πρότυπα που χρησιμοποιούνται για την λήψη αποφάσεων απαρτίζονται από κανόνες, κανονισμούς και κατευθυντήριες γραμμές με σκοπό την λύση των προβλημάτων με το βέλτιστο τρόπο. Γενικά κριτήρια που χρησιμεύουν ως σημείο εκκίνησης για την αξιολόγηση και μαζί με την εξέταση των επιτόπιων συνθηκών, χρησιμοποιούνται στην αξιολόγηση των κινδύνων και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με την ανάγκη για δράση.

#### 4.3.2.2. Τα υπόγεια ύδατα

Σύμφωνα με το Αυστριακό πρότυπο *ÖNORM S 2088-1* τα κριτήρια που αποτελούν τη βάση της αξιολόγησης του κινδύνου για τα υπόγεια ύδατα είναι τα εξής :

- Û Επιβλαβές δυναμικό των επικίνδυνων ουσιών.
- Û Γεωλογικές και υδρογεωλογικές συνθήκες.
- Û Διασπορά των επικίνδυνων ουσιών στα υπόγεια ύδατα.

Επιπλέον, η αξιολόγηση του επιβλαβούς δυναμικού των επικίνδυνων ουσιών θεωρείται από τα πιο σημαντικά στάδια για την προστασία των πόρων στην Αυστρία. Η κατάθεση επικίνδυνων ουσιών όπως απόβλητα ή ρύπανση του υπεδάφους, και της διασποράς τους στο σύστημα των τριών φάσεων αερίου, στερεού, εδάφους-νερού, αξιολογούνται με βάση τα αναλυτικά αποτελέσματα από την άμεση δειγματοληψία σε μολυσμένο ύποπτο τόπο.

Για την αξιολόγηση του επιβλαβούς δυναμικού των επικίνδυνων ουσιών οι τιμές αναφοράς που προβλέπονται είναι:

- Û Έκλουσμα συγκεντρώσεων
- Û Συγκεντρώσεων των αερίων του εδάφους
- Û Σύνολο των συγκεντρώσεων ρύπων

Οι τιμές αυτές προέκυψαν μετά από την επανεξέταση της σχετικής βιβλιογραφίας και τον έλεγχο ειδικών προτύπων. Τα υπόγεια ύδατα κατηγοριοποιούνται σε αυτά που θεωρούνται σημαντικά για την παροχή νερού και παρέχεται ιδιαίτερη προστασία, καθώς και εκείνων που δεν έχουν αξιοποιηθεί. Ωστόσο θα πρέπει να σημειωθεί ότι αυστηρότερες τιμές αναφοράς ισχύουν για τις πρώτες.



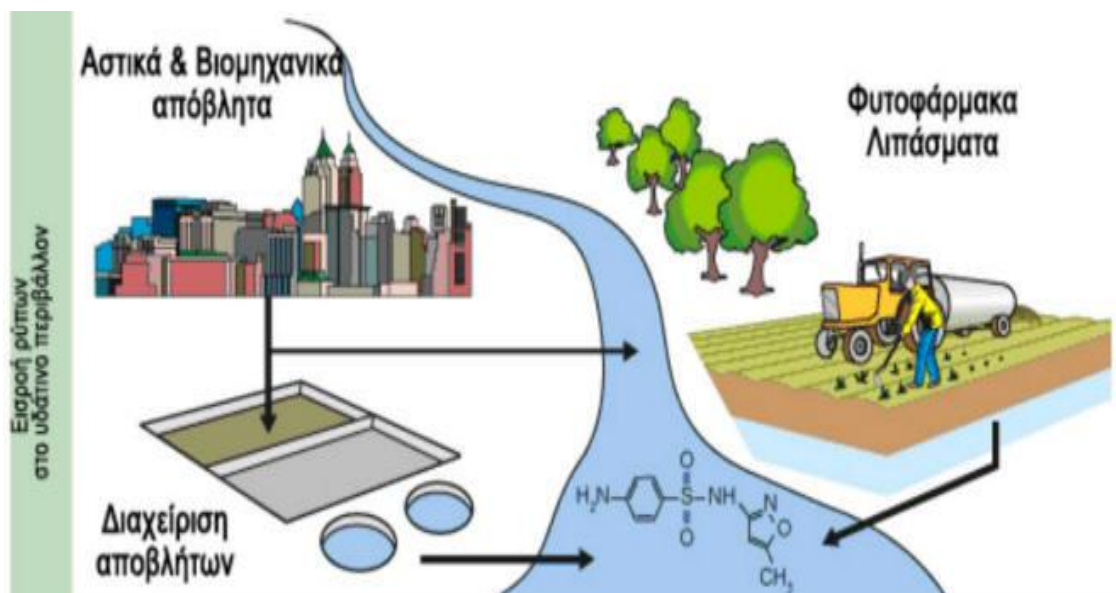
**Εικόνα 4.3.:** Η Αυστρία βασίζεται στην διατήρηση των υπογείων υδάτων καθαρών διότι χρησιμοποιείται έως πόσιμο. Το νομοθετικό πλαίσιο με το πέρασμα τω χρόνων γίνεται πολύ αυστηρό με σκοπό την διαφύλαξη των υδάτων. (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

Επίσης, οι μελέτες των υπογείων υδάτων περιλαμβάνουν πάντα μια αξιολόγηση της γεωλογίας και της υδρογεωλογίας των περιχώρων της σε σχέση με την ενδεχόμενη απελευθέρωση επικίνδυνων ουσιών στο υπέδαφος, συμπεριλαμβανομένου του προσδιορισμού των σχετικών οδών και των γεωλογικών φραγμών (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

#### 4.3.2.3. Διασπορά των επικίνδυνων ουσιών στα υπόγεια ύδατα

Η διασπορά των επικινδύνων ουσιών στα υπόγεια ύδατα εξετάζεται με ιδιαίτερη σημασία, αφού εμπεριέχει την αξιολόγηση του βαθμού κατάθεσης βιομηχανικών απορριμμάτων και τις αλλαγές στην ποιότητα που μπορεί να προκαλέσει στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Επιπλέον, απαντήσεις δίνουν η χημική ανάλυση που πραγματοποιείται καθώς και οι αξίες παρεμβατικού ελέγχου που είναι διαθέσιμες, αν και δεν σχετίζονται με τη χρήση των υπόγειων υδάτων. Σε αυτές τις περιπτώσεις αν υπερβαίνεται το όριο των τιμών που έχουν καθοριστεί από το νομοθετικό πλαίσιο της χώρας πραγματοποιείται περαιτέρω έλεγχος με σκοπό την ανάλυση των προβλημάτων που έχει δημιουργήσει η πηγή ρύπανσης.

Ωστόσο, οι ιστότοποι με προσμείξεις σε επίπεδα κάτω των ορίων των ελέγχων είναι αποφασισμένοι να μην παρουσιάζουν δυνητικούς κινδύνους. Όμως, όταν υπερβαίνει μια τιμή παρέμβασης συνεπάγεται υψηλότερους δυνητικούς κινδύνους και αυτό απαιτεί συνήθως την ασφάλεια των μέτρων εξυγίανσης, ή τουλάχιστον την εξέτασή τους. Οι τιμές παρέμβασης γενικά προσδιορίζονται σύμφωνα με τα πρότυπα πόσιμου νερού. Ωστόσο, πρέπει να σημειωθεί ότι οι τιμές αναφοράς στηρίζονται μόνο στην εκτίμηση των κινδύνων λόγω της εναπόθεσης αποβλήτων σε βιομηχανικές περιοχές. Οποιαδήποτε διαδικτυακή απόφαση πρέπει να γίνει υπό το πρίσμα των ειδικών συνθηκών.



**Εικόνα 4.4.:** Ρύπανση υδάτων από αστικά και βιομηχανικά απόβλητα καθώς και από φυτοφάρμακα (ΠΗΓΗ: <http://kireas.org/evoikos.htm>).

### 4.3.2. Βέλγιο



Το Βέλγιο είναι χώρα στην βορειοδυτική Ευρώπη. Συνορεύει με την Ολλανδία, τη Γερμανία, το Λουξεμβούργο και την Γαλλία.

Επίσης, το Βέλγιο είναι μια χώρα που προσπαθεί να διαφυλάξει και αυτή με την σειρά τους φυσικούς πόρους.

Ακολουθεί λοιπόν ένα σύστημα για την ταξινόμηση των χώρων εναπόθεσης αποβλήτων βάσει των κινδύνων για το νερό, την υγεία του ανθρώπου και τα οικοσυστήματα είναι απαραίτητο.

**Εικόνα 4.5.:** Βέλγιο  
(ΠΗΓΗ: <http://gr.dreamstime.com>)

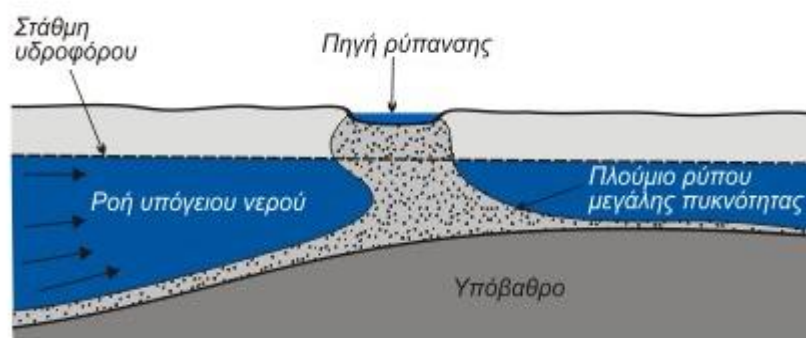
Η κατάταξη γίνεται με βάση έναν πίνακα ελέγχου και τα ταξινομεί ως εξής :

- Ü Την πηγή της ρύπανσης (χαρακτηριστικά τοποθεσίας)
- Ü Τα διανύσματα (οδοί)
- Ü Τους υποδοχείς (ομάδες κινδύνου).

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το μοντέλο αυτό είναι εν μέρει εγκεκριμένο, και τώρα θα επικυρωθεί.

Το Βέλγιο θεωρεί τα μολυσμένα εδάφη απόβλητα, με αποτέλεσμα να τα περιλαμβάνει νομοθετικό πλαίσιο με συγκεκριμένα βήματα επεξεργασίας και απορρύπανσης τους. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι ένα κομμάτι της μολυσμένης γης πρέπει να χαρακτηριστεί για την κατάθεση των αποβλήτων. Για την αποκατάσταση αυτών των τόπων είτε ο ιδιοκτήτης είτε ο υπεύθυνος για τη ρύπανση πρέπει να υποβάλλει σχέδιο έργου αποκατάστασης των εδαφών.

Ωστόσο, για την υλοποίηση του, το σχέδιο πρέπει να εγκριθεί από τον Υπουργό Περιβάλλοντος και στην συνέχεια υποχρεώνεται ο υπεύθυνος της ρύπανσης για την αποκατάσταση της ρυπασμένης περιοχής. Τέλος, η διοίκηση ακολουθεί βηματική μελέτη για να διασφαλίσει ότι το έργο έχει εκτελεστεί ορθά. Ένας ειδικός κανονισμός καθοδήγησης σχετικά με το έδαφος είναι υπό ανάπτυξη.



**Εικόνα 4.6.:** Εύρεση πηγής ρύπανσης με σκοπό την καταστροφή της και την απορρύπανση των περιοχών που έχει ρυπάνει. (ΠΗΓΗ: <http://exotaxyta.blogspot.gr>).

#### **4.3.2.1. Μέθοδοι προσεγγίσεις για την αξιολόγηση.**

Οι τεχνικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση του κινδύνου είναι ποικίλες. Η μεθοδολογία για την διεξαγωγή εκτιμήσεων κινδύνου είναι όμοια με τη μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για τα επίπεδα καθαρισμού του χώματος. Κατά συνέπεια, η εξήγηση της προσέγγισης που χρησιμοποιήθηκε για την εξυγίανση των τιμών είναι δεδομένη, πρωτίστως από την περιγραφή της σημερινής πρακτικής αξιολόγησης του κινδύνου σε πλήρη διερεύνηση του εδάφους (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

#### **4.3.2.2. Υπολογισμός τιμών για την απορρύπανση του εδάφους**

Η αξία απορρύπανσης του εδάφους ορίζεται ως το επίπεδο της ρύπανσης του εδάφους πάνω από το οποίο σοβαρές και επιβλαβείς επιπτώσεις στον άνθρωπο ή το περιβάλλον μπορεί να συμβούν, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του εδάφους. Ένα μοντέλο αξιολόγησης της έκθεσης έχει χρησιμοποιηθεί για να αντλήσει τις τιμές καθαρισμού του χώματος για τη στερεά φάση, η οποία έχει ως βάση τους τύπους που χρησιμοποιούνται στο Ολλανδικό υπόδειγμα HESP, με ορισμένες προσθήκες και τροποποιήσεις. Οι αλλαγές αυτές αφορούν κυρίως σε χημικές ειδικές παραμέτρους και σε σενάρια για τη χρήση της γης. Οι κατηγορίες χρήσης γης είναι οι εξής:

- Αγροτικές περιοχές,
- Κατοικημένες περιοχές,
- Χώρους αναψυχής και
- Βιομηχανικές περιοχές

Μια ειδική προσέγγιση για «φυσικές περιοχές» αναπτύσσεται επί του παρόντος. Κάθε τάξη χρήσης της γης έχει χαρακτηριστεί από την τυπική έκθεση οδών και από τυπικά ανθρώπινα μοτίβα δραστηριότητας. Οι τυπικές υποθέσεις έκθεσης για τα έξι σενάρια συνοψίζονται παρακάτω.

##### **Ø Γεωργικές:**

Οι ενήλικες και τα παιδιά είναι σχεδόν μόνιμα εκτεθειμένα στην περιοχή από τις γενικές γραμμές (κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με το έδαφος, τη σκόνη και το νερό) και με συγκεκριμένες διαδρομές (κατανάλωση λαχανικών, γάλακτος και κρέατος) η χρήση των μη επεξεργασμένων υδάτων ως πόσιμου νερού και νερού κολύμβησης.

##### **Ø Αστικές:**

Οι πολίτες, οι ενήλικες και τα παιδιά είναι σχεδόν μόνιμα εκτεθειμένα στην περιοχή από τις γενικές γραμμές (κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με το έδαφος, τη σκόνη και το νερό) και με συγκεκριμένες διαδρομές (κατανάλωση των λαχανικών, η χρήση της νερού βρύσης).

##### **Ø Αναψυχή:**

- a. Ενήλικες που εκτίθενται στο χώρο κατά τη διάρκεια αθλητικών δραστηριοτήτων για λίγες ώρες την ημέρα. Επίσης, για τα παιδιά που εκτίθενται κατά τη διάρκεια

δραστηριοτήτων ελεύθερου χρόνου για αρκετές ώρες την ημέρα κατά την διάρκεια του καλοκαιριού. Όπως επιπλέον, η έκθεση από τις γενικές γραμμές, δηλαδή κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με χώμα και σκόνη.

- b. Ενήλικες και παιδιά που εκτίθενται στο χώρο κατά τη διάρκεια του Σαββατοκύριακου από τις γενικές γραμμές (κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με χώμα και σκόνη) και από συγκεκριμένες εφαρμογές όπως για παράδειγμα χρήση νερού της βρύσης.

#### Ø Βιομηχανία:

- a. Ενήλικες που εκτίθενται κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων της εργασίας, της εξωτερικής φύσης, από τις γενικές γραμμές (κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με χώμα και σκόνη) και από συγκεκριμένες διαδρομές (χρήση νερού της βρύσης).
- b. Ενήλικες που εκτίθενται κατά τη διάρκεια των εργασιακών δραστηριοτήτων, κυρίως από μια εσωτερική φύση, από τις γενικές γραμμές (κατάποση και την εισπνοή του εδάφους και σκόνης, την εισπνοή των πτητικών ενώσεων, δερματική επαφή με χώμα και σκόνη) και από συγκεκριμένες διαδρομές (χρήση νερού της βρύσης).

### 4.3.3. Ολλανδία



**Εικόνα 4.7.:** Ολλανδία

(ΠΗΓΗ: <http://gr.dreamstime.com>)

Η Ολλανδία βρίσκεται στην βορειοδυτική Ευρώπη και περιβάλλεται από τη Βόρεια Θάλασσα, το Βέλγιο και την Γερμανία.

Η Ολλανδία είναι από τις πρώτες χώρες που έχουν επικεντρωθεί στην ρύπανση του περιβάλλοντος και βελτιώνουν διαρκώς τα μέτρα ελέγχου με σκοπό να την αποτρέψουν όσο το δυνατόν περισσότερο.

Πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ακολουθούν τα δικά της πρότυπα προστασία του περιβάλλοντος. Έτσι λοιπόν, η Ολλανδία βασίζεται σε κάποια μοντέλα.

Στο Ολλανδικό μοντέλο HESP για κάθε ρύπο πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί της έκθεσης για κάθε πιθανό σενάριο που έγιναν για τη δημιουργία συνολικής έκθεσης με σκοπό την ημερήσια πρόσληψη (TDI) για μη-καρκινικά αποτελέσματα. Επίσης, οι υπολογισμοί οδηγούν στα αποτελέσματα σε τυχόν ισόβια έκθεση του και τις πιθανότητες δημιουργίας και ανάπτυξης του καρκίνου. Οι τιμές αυτές δίνουν επιπλέον  $10^{-5}$  συμπληρωματικό κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου. Οι τιμές για TDI και μονάδα κινδύνου για τον καρκίνο προέρχεται από Διεθνώς Αναγνωρισμένες Βάσεις δεδομένων των είδη

υπαρχόντων από Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, Αμερικανική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (USEPA).

Συνολικά η έκθεση περιλαμβάνει τα εξής:

- ü Έκθεση στη μολυσμένη περιοχή,
- ü Έκθεση υποβάθρου από απροσδιόριστες πηγές.

Όπως επίσης και τα κριτήρια με βάση την έκθεση του ανθρώπου, πρόσθετα κριτήρια περιορισμού μπορεί να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τη χρήση της γης τύπου:

- **Γεωργία:**
  - ü Φυτοτοξικότητα
  - ü Τοξικότητα για τα γεωργικά ζώα
  - ü Νομικά πρότυπα για τα λαχανικά
  - ü Κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα
- **Αστικά :**
  - ü Φυτοτοξικότητας
  - ü Κατευθυντήριες γραμμές ποιότητας του αέρα
- **Αναμνηχή:**
  - ü Φυτοτοξικότητα (λιγότερο αυστηρές)
  - ü Κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα
- **Βιομηχανία:**
  - ü Φυτοτοξικότητα (λιγότερο αυστηρές)
  - ü Κατευθυντήριες γραμμές για την ποιότητα του αέρα.

Για «τη φύση των τομέων» έχει αναπτυχθεί πρόσφατα μια ξεχωριστή προσέγγιση. Μετά από διαφορές συγκρίσεις των προσεγγίσεων που χρησιμοποιούνται σε άλλες χώρες, πραγματοποιήθηκαν κάποιες τροποποιήσεις στην καναδική προσέγγιση που απορρέει για τις κατευθυντήριες γραμμές ποιότητας του εδάφους για τις περιοχές που η φύση έχει υιοθετήσει. Με αυτό το μοντέλο συλλέγονται στοιχεία για την τοξικότητα για τα ασπόνδυλα του εδάφους, τα φυτά και τους μικροοργανισμούς. Όλα τα δεδομένα που υφίστανται επεξεργασία είναι ασφαλή και ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται εξαρτάται από την ποιότητα των δεδομένων.

Στην καλύτερη δυνατή κατάσταση ασφαλούς αξίας υπολογίζεται με βάση το 25<sup>ο</sup> εκατοστημόριο της αθροιστικής καμπύλης όλων των δεδομένων τοξικότητας. Ωστόσο από αυτή την κατηγορία εξαιρούνται οι μικρο-οργανισμοί οι οποίοι υποβάλλονται σε επεξεργασία χωριστά. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα από αυτή την προσέγγιση για τα βαρέα μέταλλα εξετάζονται στο OVAM. Η μέθοδος αυτή τη στιγμή δεν ισχύει για οργανικές ενώσεις, λόγω της έλλειψης των οικοτοξικολογικών δεδομένων.

Ωστόσο, υπάρχουν προδιαγραφές στο μέλλον να υπάρξει μια εντελώς διαφορετική προσέγγιση. Οι μελέτες κάνουν λόγο για ένα μοντέλο που θα μπορεί να εφαρμοστεί με βάση τον αριθμό των δοκιμών τοξικότητας σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα και όχι χημική ανάλυση του εδάφους. Σκορ θα ανατεθεί με τα αποτελέσματα της κάθε δοκιμής και σε συνδυασμό με μια συνολική βαθμολογία, θα οδηγήσει σε ένα κριτήριο απόφασης. Επίσης, η απορρύπανση του εδάφους βασίζεται στις τιμές για τα υπόγεια ύδατα σύμφωνα με τα πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού (Αντζουλιάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

#### 4.3.3.1. Πλήρης διερεύνηση του εδάφους.

Επιστήμονες και μελετητές εκτελούν έρευνες στα εδάφη της χώρας με σκοπό να τηρούν τις προδιαγραφές του διατάγματος. Επίσης, κρίνουν σε ποιές περιοχές πρέπει να πραγματοποιηθεί απορρύπανση βασιζοντας τα αποτελέσματα τους στο OVAM. Ένας όρος της αναγνώρισής τους είναι ότι πρέπει να χρησιμοποιούν ένα μοντέλο υπόγειων νερών και αναγνωρισμένο πρότυπο αξιολόγησης του κινδύνου.

Από το τέλος του 1997 υπάρχει ένα αναγνωρισμένο πρότυπο αξιολόγησης των κινδύνων, που ονομάζεται VLIER-humaan (Φλαμανδική Μέσο για την Αξιολόγηση των κινδύνων για τους ανθρώπους), που αναπτύχθηκε από την Ολλανδική Van Hall Institute. Αποτελείται από τον ίδιο τύπο και τιμές παραμέτρων, όπως το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή αξιών της απορρύπανσης του εδάφους. Αυτό το μοντέλο είναι παρόμοιο με το Ολλανδικό HERB και C-εδάφους μοντέλο. Έχει προσαρμοστεί για τις ανάγκες που παρουσιάζουν τα εδάφη τους και οι υδροφόροι ορίζοντες. Επιπλέον, η αναγνώριση αυτού του μοντέλου δεν σημαίνει ότι θα χρησιμοποιηθεί επί του παρόντος αλλά είναι η βάση για την επιλογή και την χρήση άλλων μοντέλων. Σε εύθετο χρόνο τα άλλα μοντέλα μπορούν επίσης να λάβουν αναγνώριση από την OVAM.

Επιπλέον, το μοντέλο RBCA έχει σχεδιαστεί για τοποθεσίες διαφυγής πετρελαίου, εξετάζεται επί του παρόντος για την αναγνώριση του OVAM. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει σύγκριση των τύπων ANF φυσικοχημικών τοξικολογικών και το σενάριο που εξαρτάται από τις τιμές εισαγωγής. Η χρήση αναγνωρισμένων μοντέλων δεν εγγυάται την ποιότητα της πλήρους διερεύνησης του εδάφους, ωστόσο οι πειραματικές μελέτες έχουν αποδείξει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν αξιολογικά αποτελέσματα.

Συνέπεια όλως αυτών είναι ότι συνιστάται πρωτόκολλο για την πλήρη διερεύνηση του εδάφους και πραγματοποιείται ξεχωριστή μελέτη για κάθε περιοχή. Το πρωτόκολλο δεν έχει στόχο να παρέχει ένα αυστηρό πλαίσιο εντός του οποίου κάθε βήμα από την πλήρη διερεύνηση του εδάφους περιγράφεται με σαφήνεια. Θεωρείται περισσότερο ένα έγγραφο καθοδήγησης για την εγγύηση της ποιότητας και ταυτόχρονα δίνει στους σύμβουλους τη δυνατότητα να χρησιμοποιούν τη δική τους εμπειρία στη διεξαγωγή έρευνας.

Το πρωτόκολλο αποτελείται από δύο κύρια μέρη:

- Στρατηγικές έρευνας του χώρου
- Αξιολόγηση των κινδύνων

Τα βασικά χαρακτηριστικά κάθε μέρους αναλύονται στην συνέχεια.

#### **Ø Έρευνα χώρων:**

Ανάλογα με το είδος της ρύπανσης δηλαδή αν είναι ομοιογενής, ετερογενής, πλωτή ή σε βυθισμένα στρώματα, παρουσιάζονται διαφορετικές στρατηγικές έρευνας. Οι στρατηγικές αυτές έχουν ένα περίγραμμα με ελάχιστες απαιτήσεις, για παράδειγμα, καθορίζουν ένα σταθερό αριθμό δειγμάτων. Ο κύριος στόχος της έρευνας είτε ενός τόπου είτε μίας περιοχής είναι να περιγράψει την μολυσμένη περιοχή και τον όγκο και για τα δύο και για τη στερεά φάση και για τα υπόγεια ύδατα (υδάτινη φάση). Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η στρατηγική δειγματοληψίας πρέπει να είναι σαφώς προσανατολισμένη προς την εκτίμηση του κινδύνου.

#### **Ø Αξιολόγηση του κινδύνου ολλανδικό μοντέλο**

Το τμήμα αξιολόγησης των κινδύνων αποτελείται από τα εξής τμήματα:



- Κίνδυνος για τον άνθρωπο
- Τον κίνδυνο για τα ζώα
- Τα φυτά και τα οικοσυστήματα
- Τον κίνδυνο διασποράς των ρύπων.

Ένα μοντέλο αξιολόγησης της έκθεσης πρέπει να χρησιμοποιηθεί, ωστόσο θα πρέπει να έχει αναγνωριστεί από το OVAM. Κατά τη διεξαγωγή αξιολόγησης κινδύνου οι σύμβουλοι δεν έχουν πλήρη ελευθερία.

Η μεθοδολογία που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή απορρύπανσης του εδάφους, που δημοσιεύθηκε από το OVAM πρέπει να αποτελεί τη βάση για την κατάρτιση θέσης βασιζόμενη σε συγκεκριμένα σενάρια. Για χημικές ενώσεις που έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για την απορρύπανση του εδάφους, φυσικών - χημικών, βιολογικών και τοξικολογικών δεδομένων πρέπει να λαμβάνονται από τη δημοσίευση του OVAM. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αποκλίσεις είναι πιθανές, εάν υπάρχει μια καλή δικαιολογία για αυτές.

Το πρωτόκολλο δείχνει πώς να χρησιμοποιούν χημικές αναλύσεις εδάφους στους υπολογισμούς, ανάλογα με την ετερογένεια και το βάθος. Δηλαδή, πραγματοποιούνται μετρήσεις συγκεντρώσεων ρύπων σε περιβαλλοντικά συστήματα όπως:

- Αέρα
- Νερό
- Λαχανικά

Οι μετρήσεις αυτές πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ποιότητας όσον αφορά τη μέθοδο, τον αριθμό των μετρήσεων, τη συχνότητα και ούτω καθεξής. Με λίγες εξαιρέσεις, τα δείγματα των υπόγειων υδάτων πρέπει να αναλύονται καθώς και τα στοιχεία των μετρήσεων που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των κινδύνων. Αν ένα μοντέλο υπόγειων υδάτων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό διασποράς της μολυσματικής ουσίας, τα αποτελέσματα μπορούν επίσης να ενσωματωθούν στην αξιολόγηση του κινδύνου.

Το πρωτόκολλο προβλέπει επίσης τη δυνατότητα διύλισης της αξιολόγησης των κινδύνων με τη χρήση περισσότερο συγκεκριμένων μοντέλων για ορισμένους ρύπους ή με τη χρήση των πιο σύνθετων μοντέλων για την συμπεριφορά ρύπων στην ακόρεστη ζώνη.

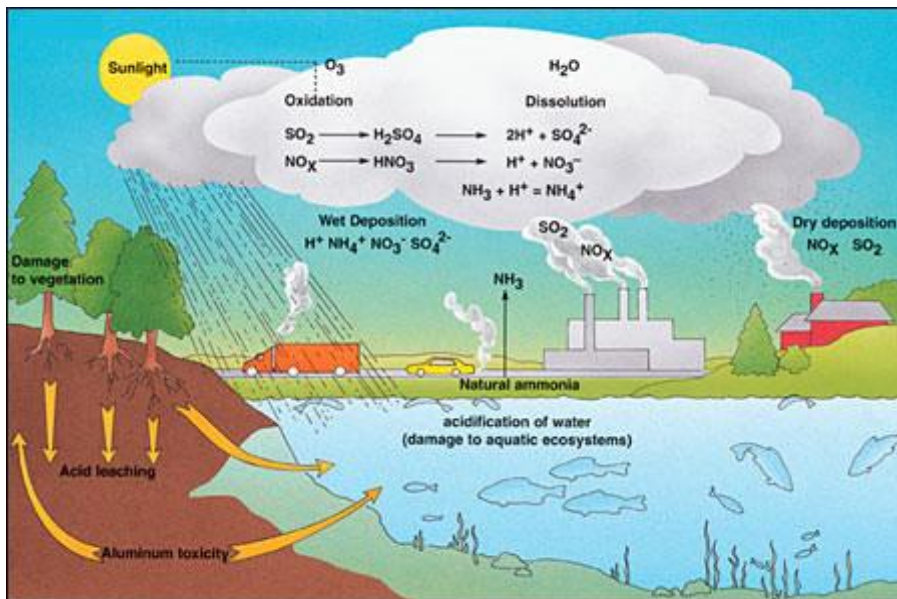
Οι εκτιμήσεις επικινδυνότητας πρέπει να διεξάγονται τόσο για τις παρούσες συνθήκες όσο και για τις πιθανές διαφορετικές καταστάσεις στο μέλλον. Η έκθεση του πληθυσμού στο ρυπασμένο χώρο υπολογίζεται για κάθε συστατικό που υπερβαίνει την αξία απορρύπανσης του εδάφους. Ωστόσο, πραγματοποιείται σύγκρισή τιμών και συνυπολογίζονται οι υπάρχουσες αξίες καθαρισμού.

Η συνολική ημερήσια πρόσληψη διαιρείται με τον αριθμό TDI. Στην περίπτωση των μη-καρκινογόνων ουσιών τα αποτελέσματα οδηγούν στον δείκτη κινδύνου (RI). Παιδιά και ενήλικες εξετάζονται χωριστά. Εάν ο RI για ενήλικες ή παιδιά είναι μεγαλύτερη από 1, πρέπει να συναχθεί το συμπέρασμα ότι μια σοβαρή απειλή είναι υπαρκτή. Για την καρκινογόνο δράση, μια ισόβια έκθεση (δόση) υπολογίζεται και διαιρείται με τη δόση που αντιστοιχεί σε πρόσθετο κίνδυνο καρκίνου κατά τη διάρκεια της ζωής του κατά  $10^{-5}$  (δηλαδή 1 στους 100.000 εκτεθειμένα πρόσωπα). Και αν πάλι, ο RI είναι μεγαλύτερο από 1, πρέπει να συναχθεί το συμπέρασμα ότι υπάρχει μια σοβαρή απειλή. Πρόσθετοι υπολογισμοί, συγκρίσιμοι με την παραγωγή των αξιών απορρύπανσης του εδάφους, μπορεί να γίνουν για τις συγκεντρώσεις σε άλλα σημεία του περιβάλλοντος.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλοί κίνδυνοι για τα φυτά, τα ζώα και τα οικοσυστήματα. Προς το παρόν δεν υπάρχει μεθοδολογία για την εκτίμηση των κινδύνων για τα φυτά, τα ζώα και τα οικοσυστήματα. Είναι προφανές ότι η εκτίμηση των κινδύνων για δυσμενείς επιπτώσεις στα φυτά και τα ζώα είναι πιο σημαντική σε γεωργικές και κατοικημένες περιοχές από ότι σε δραστηριότητες αναψυχής και βιομηχανικές περιοχές. Μια μελλοντική μεθοδολογία για

την αξιολόγηση των κινδύνων για τα οικοσυστήματα θα πρέπει να βασίζεται σε δοκιμές οικοτοξικότητας. Επιπλέον, η μεθοδολογία αυτή βρίσκεται υπό ανάπτυξη.

Ένας επιπλέον κίνδυνος είναι η διασπορά των ρύπων. Το τμήμα που αφορά τη διασπορά καλύπτει κυρίως τη μεθοδολογία για τον υπολογισμό της διασποράς των ρύπων στα υπόγεια ύδατα. Υποδεικνύει, πού τα μοντέλα πρέπει να χρησιμοποιούνται και τι είδους μοντέλα είναι κατάλληλα. Δεν είναι υποχρεωτικά συγκεκριμένα μοντέλα. Ωστόσο, αναφέρονται οι παράμετροι που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη όταν λαμβάνεται η απόφαση για σοβαρή απειλή. Επίσης, ο κίνδυνος διασποράς πρέπει να λαμβάνει υπόψη τους ρύπους από την μεταφορά που πραγματοποιείται μέσω του αέρα και των επιφανειακών νερών.



**Εικόνα 4.8.:** Κίνηση ρύπων στο περιβάλλον. Ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα και κατ' επέκταση του εδάφους και των υδάτων.

(ΠΗΓΗ: <http://www.kireas.org/information.htm>)

#### 4.3.4. Δανία



Η Δανία είναι μια χώρα που βρίσκεται στη Σκανδιναβία, δηλαδή στην βόρεια Ευρώπη. Συνορεύει από ξηρά μόνο με τη Γερμανία, ενώ από την θάλασσα γειτνιάζει με την Σουηδία, τη Βόρεια θάλασσα καθώς και με την Βαλτική.

Η Δανία είναι μια χώρα η οποία υποστηρίζει το νομοθετικό παλαιό την Ευρωπαϊκής Ένωσης και προσαρμόζει της ανάγκες της σε διαμορφωμένα μοντέλα.

**Εικόνα 4.9.:** Δανία

(ΠΗΓΗ: <http://gr.dreamstime.com>)

#### **4.3.4.1. Τεχνικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των κινδύνων**

Η Δανία αρχικά πραγματοποιεί διερεύνηση και καταγραφή των μολυσμένων χώρων. Το Διάταγμα και μια συνοδευτική κατευθυντήρια γραμμή για την εγγραφή και τη διαγραφή των μολυσμένων χώρων εισήχθησαν το 1993. Προβλέπεται μια σειρά διαδικασιών με διαδικαστικές απαιτήσεις για την καταχώρηση των χώρων αυτών καθώς επίσης και την ανάγκη για τεχνική τεκμηρίωση. Η καταχώριση ενός μολυσμένου τόπου γίνεται δημόσια, με ανακοίνωση στο Επίσημο Κτηματολόγιο. Η παρούσα ανακοίνωση έχει γενικά αρνητική επίδραση στην αξία της ιδιοκτησίας. Ωστόσο, προκειμένου να διατηρηθούν οι αξίες των ακινήτων, πρέπει κάθε περιοχή να πληροί κάποιες προϋποθέσεις, οι οποίες αναφέρονται στην συνέχεια.

Μετά την εγγραφή οποιαδήποτε αλλαγή στη χρήση γης πρέπει να έχει εγκριθεί εκ των προτέρων από τις περιφερειακές αρχές. Αρχικά έγινε συστηματική έρευνα στις ιστοσελίδες είτε που έχουν είτε που είχαν χρησιμοποιηθεί για τις δραστηριότητες που παρουσίασε ένα δυνητικό κίνδυνο μόλυνσης. Η διαδικασία περιλαμβάνει τα ακόλουθα στάδια:

- ▼ Μια ιστορική έρευνα που διενεργείται βασίζεται σε δημόσια αρχεία, παλιούς καταλόγους επιχειρήσεων, των τοπικών ιστορικών αρχείων και ανεπίσημα στοιχεία. Μια προκαταρκτική αξιολόγηση των εγκαταστάσεων γίνεται με βάση αυτό το υλικό.
- ▼ Όλες οι τοποθεσίες που δεν αποκλείονται με βάση την ιστορική έρευνα, στη συνέχεια, υποβάλλονται σε προκαταρκτική τεχνική έρευνα. Αυτό περιλαμβάνει την ανάλυση του εδάφους και κατ' επέκταση την ανάλυση δειγμάτων υπογείων υδάτων.
- ▼ Στην περίπτωση που η έρευνα αποκαλύπτει ότι ένας τόπος έχει μολυνθεί σε ένα επίπεδο που παρουσιάζει κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον μέσω της τρέχουσας χρήσης του ή της ρύπανσης των υδάτων, η περιοχή θεωρείται ότι είναι μολυσμένη και είναι εγγεγραμμένη ως τέτοια στον δανικό κατάλογο ρυπασμένων τόπων.

Επιπλέον, η αξιολόγηση του κινδύνου περιλαμβάνει επίσης την αξιολόγηση του κατά πόσον η περιοχή θα μπορούσε να θεωρηθεί κίνδυνος, εάν επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί για μια πιο ευαίσθητη χρήση, όπως η στέγαση. Αν αυτό θεωρηθεί αποφασισμένο τότε η περίπτωση αυτή πρέπει να εγγραφεί στον Δανικό κατάλογο ρυπασμένων τόπων. Αυτή είναι μια εθνική απογραφή που τηρείται από τη Δανική ΕΡΑ βάσει των εκθέσεων από τις χώρες. Ο κατάλογος περιέχει πληροφορίες για τον τόπο, τη χρήση γης, το είδος της μόλυνσης, κλπ.

#### **4.3.4.2. Διαδικασίες αξιολόγησης του κινδύνου.**

Οι δικτυακοί τόποι στον Δανικό Κατάλογο ρυπασμένων τόπων εμφανίζονται με προτεραιότητα ανάλογα με την ανάγκη τους για αποκατάσταση. Δεδομένου ότι σχεδόν όλο το πόσιμο νερό προέρχεται από υπόγεια ύδατα, η προστασία των υπόγειων υδάτων έχει μια πολύ υψηλή προτεραιότητα. Τα πρότυπα για τους πόρους των υπόγειων υδάτων που έχουν ή πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για πόσιμο νερό είναι ίδια με βάση τα πρότυπα του ποσίμου νερού. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι σε γενικές γραμμές δίνεται χαμηλότερη προτεραιότητα στα επιφανειακά ύδατα.

Υψηλότερη προτεραιότητα δίνεται σε τοποθεσίες που βρίσκονται εντός περιοχών που χαρακτηρίζονται ως περιοχές ειδικού ενδιαφέροντος για την παροχή νερού. Μεταξύ των χώρων που χρησιμοποιούνται σήμερα για ευαίσθητους σκοπούς, όπως η στέγαση και τα κέντρα παιδικής μέριμνας έχει δοθεί σε αυτές τις τοποθεσίες χαρακτηρισμός ως υψίστης προτεραιότητας. Επιπλέον, η υψηλή προτεραιότητα που δίνεται σε εκείνες τις περιοχές όπου υπάρχει δυνατότητα άμεσης επαφής με μόλυνση, είτε επειδή η μόλυνση βρίσκεται στο πάνω μέρος του εδάφους ή επειδή οι ατμοί του εδάφους μπορεί να μεταναστεύσουν σε κτίρια.

Μια ειδική περίπτωση είναι η παραγωγή αερίου μεθανίου στις παλιές χωματερές όπου η υψηλότερη προτεραιότητα δίνεται σε κτίρια που βρίσκονται μέσα ή κοντά στο χώρο. Σε αυτές τις περιπτώσεις η επιφανειακή μόλυνση είναι υψηλότερης προτεραιότητας και υποχρεούται να αναλυθεί με σκοπό την μείωση της επέκτασή της. Όμως, μόνο πολύ λίγες περιπτώσεις αποκατάστασης των επιφανειακών υδάτων έχουν συμβεί στη Δανία.

Γενικά, η αξιολόγηση των κινδύνων βασίζεται σε προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ρύπων και η σύγκρισή τους με τα ποιοτικά κριτήρια για το έδαφος, τα υπόγεια ύδατα ή τον αέρα. Εάν η συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων διαπιστωθεί ότι υπερβαίνουν το σχετικό κριτήριο, η περιοχή θεωρείται ότι παρουσιάζει κάποιο κίνδυνο για το περιβάλλον και για τους ανθρώπους. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα είτε να διεξαχθεί περαιτέρω έρευνα στον τομέα προκειμένου να ελεγχθεί ή να αντικρούσει την αρχική εκτίμηση του κινδύνου, είτε σε διορθωτικά μέτρα.

Η κατευθυντήρια γραμμή του 1998 είναι η εκτεταμένη μορφή της κατευθυντήριας γραμμής του 1992. Επιπλέον, παρέχει μία λεπτομερή και συγκεκριμένη περιγραφή της διαχείρισης των μολυσμένων περιοχών, συμπεριλαμβανομένων των μεθόδων έρευνας πεδίου, την συλλογή δειγμάτων, το χαρακτηρισμό τοποθεσίας, τη διεξαγωγή αξιολογήσεων των κινδύνων και την εφαρμογή και έλεγχο των διορθωτικών ενεργειών (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

#### **4.3.4.3. Η ρύπανση του εδάφους σε σχέση με τη χρήση της γης**

Οι χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατηγοριοποιούν την ρύπανση του εδάφους βάση της χρήσης που έχει. Ωστόσο, με το πέρασμα των χρόνων έχουν δημιουργηθεί κάποια κεντρικά στοιχεία και κάποιες κατευθυντήριες γραμμές και είναι οι εξής:

- Κριτήρια ποιότητας του εδάφους θα πρέπει να καλυφθούν σε βάθος σχετικά με την αξιολόγηση του κινδύνου, που ονομάζεται το βάθος της χρήσης. Το βάθος αυτό εξαρτάται από την χρήση της γης που κυμαίνεται από πολύ ευαίσθητη σε καθόλου ευαίσθητη.
- Ο χρόνος έκθεσης κυμαίνεται γενικά ανάλογα με τη χρήση γης. Δεν είναι η πρόθεση ότι ο χρόνος έκθεσης πρέπει να εκτιμηθεί στη συγκεκριμένη βάση.
- Τα κριτήρια που εξαρτώνται από το βάθος ποιότητας του εδάφους δεν χρησιμοποιούνται.

Όσον αφορά την κορυφή του εδάφους (0-1m) για πολύ ευαίσθητες χρήσεις γης, όπως η στέγαση με κήπους και παιδικές χαρές, τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους για περίπου 50 ουσίες έχουν εκπονηθεί με βάση τοξικότητα για τον άνθρωπο. Ο υποδοχέας στην αξιολόγηση είμαι συνήθως παιδιά δύο χρονών που υποτίθεται ότι καταναλώνει 0,2 g εδάφους την ημέρα, ή σε σπανιότερες περιπτώσεις έδαφος 10g.

Οι νέες κατευθυντήριες γραμμές εισάγουν ένα νέο τύπο με νέα κατευθυντήρια γραμμή για το έδαφος. Έτσι υποδηλώνοντας ότι αν η μόλυνση είναι κάτω από αυτή την κατευθυντήρια γραμμή η αποκατάσταση δεν είναι απαραίτητη, διότι η έκθεση μπορεί να μειωθεί σε αποδεκτά επίπεδα, μειώνοντας την επαφή με το έδαφος. Εάν η τιμή υπερβεί τα όρια σε χώρους που χρησιμοποιείται για οικιστικούς σκοπούς θα πρέπει να σταματήσει η έκθεση του χώρου είτε για αποκατάσταση και απορρύπανση είτε για την δημιουργία φράγματος με σκοπό τον περιορισμό της ρύπανσης.

Οι τιμές αποκοπής έχουν νόημα μόνο για συγκεκριμένες ουσίες που έχουν οριστεί. Σε ειδικές περιπτώσεις όπου τα ζητήματα της οικοτοξικότητας είναι σημαντικά έχουν δημιουργηθεί κριτήρια ποιότητας με σκοπό την αποτροπή τους και την προστασία του περιβάλλοντος όσο αυτό είναι δυνατόν.



**Διάγραμμα 4.1.:** Έδαφος και η διαδικασία ταξινόμησης του.  
(ΠΗΓΗ: <http://www.ekke.gr>)

#### 4.3.4.4. Ευαίσθητες και μη - ευαίσθητες χρήσεις γης

Πρόκειται για τις χρήσεις γης με δραστηριότητες άλλες από εκείνες που θα αναφερθούν στην πολύ ευαίσθητη χρήση γης, π.χ. πάρκα και τη βιομηχανία. Ο γενικός κανόνας είναι ότι τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους πρέπει να πληρούνται κατά το βάθος χρήσης. Ο διαχωρισμός μεταξύ μολυσμένων εδαφών επιτυγχάνεται με τα κριτήρια του εδάφους, αρκεί να πληρούνται μέχρι το βάθος του φράγματος.

Ωστόσο, η περιοχή δεν είναι ρυθμιζόμενη ακόμη διοικητικά. Το βάθος της χρήσης των χώρων στάθμευσης και άλλων παρόμοιων ανοιχτών χώρων γενικά αναμένεται να είναι 0,5m. Το βάθος της εκμετάλλευσης για κατοικημένες περιοχές, συμπεριλαμβανομένων των περιοχών κοντά στα δάση είναι 0.25m.

#### 4.3.4.5. Ευαίσθητη χρήση γης

Πολύ ευαίσθητη χρήση γης ορίζεται ως οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα σε μια μονοκατοικία με κήπο, σε παιδικές χαρές και στα νηπιαγωγεία. Δεν υπάρχει κανένας κίνδυνος που να συνδέεται με τις δραστηριότητες που εμπλέκονται αν τα κριτήρια ποιότητας

του εδάφους είναι σε ένα βάθος 3m κάτω από την επιφάνεια, οπότε δεν είναι αναγκαία κανενός είδος διοικητικού κανονισμού.

Εάν τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους είναι σε ένα βάθος 1m κάτω από την επιφάνεια, δεν υπάρχει κίνδυνος που συνδέεται με τις συνήθεις δραστηριότητες, αλλά η εγγραφή είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι οι εργασίες κατασκευής θα ληφθεί υπόψη η ρύπανση του εδάφους σε βαθύτερα επίπεδα.

Πολύ ευαίσθητη χρήση γης, είναι αν τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους συναντηθούν σε βάθος 300cm κάτω από την επιφάνεια και με ένα καθαρό δείκτη ή γεωύφασμα που θα χωρίζει την επιφάνεια εδαφών από το μολυσμένο υποκείμενο έδαφος. Τέτοιες περιπτώσεις πρέπει επίσης να είναι εγγεγραμμένες.

Τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους για μερικούς από τους συνηθέστερους μολυσματικούς παράγοντες σε σχέση με τη χρήση της γης. Πτητικές ενώσεις μπορούν να ενέχουν κινδύνους για τα υπόγεια ύδατα και την ποιότητα του αέρα, αλλά οι κίνδυνοι αυτοί αξιολογούνται χωριστά.

#### **4.3.4.6. Εκτίμηση των συγκεντρώσεων ρύπων**

Οι γενικές συστάσεις είναι οι εξής:

- ▼ Περιοχές με συγκεντρώσεις των ρύπων που υπερβαίνουν τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους παρουσιάζουν κίνδυνο, ακόμη και αν η υπέρβαση μπορεί να είναι μέτρια.
- ▼ Τα δείγματα από τα στρώματα περιοχής που μπορεί να εντοπιστεί στον τομέα (π.χ. τέρρα) δεν πρέπει να αναμιγνύονται με άλλα στρώματα, κατά πόσον πληρούνται κατά την αξιολόγηση του τα κριτήρια της ποιότητας του εδάφους.
- ▼ Τα δείγματα από τα σημεία αυτά θα πρέπει να αναμιγνύονται με εκείνο και από άλλες περιοχές όπου πρέπει να προσδιοριστούν και να χαρτογραφηθούν.

Η τοξική επίδραση των προσμείξεων υπόψη κατά την εκτίμηση του κινδύνου θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη, αν ένα μόνο μέρος από τα δείγματα πληρούνταν τα κριτήρια ποιότητας του εδάφους. Στην περίπτωση των ουσιών που προκαλούν χρόνιες επιδράσεις (π.χ. Pb και Cd) η μέση συγκέντρωση των δειγμάτων πρέπει να ικανοποιεί τα κριτήρια της ποιότητας του εδάφους.

Στην περίπτωση των ουσιών που θα μπορούσαν να προκαλέσουν οξείες τοξικές επιδράσεις (π.χ. Ni) η μέση συγκέντρωση πρέπει να πληροί τα κριτήρια της ποιότητας του εδάφους, αλλά όχι περισσότερο από το 10% των δειγμάτων μπορούν να υπερβαίνουν τα κριτήρια κατά περισσότερο από 50%. Εάν αυτός ο όρος δεν πληρείται οι περιοχές που εκπροσωπούνται από το δείγματα θεωρούνται ότι παρουσιάζουν σημαντικό κίνδυνο.

#### **4.3.4.7. Η ρύπανση του εδάφους σε σχέση με τα υπόγεια ύδατα**

Ο στόχος είναι η προστασία των υπογείων υδάτων ως πηγή πλούτου. Η περιοχή της ποιότητας των υπογείων υδάτων βασίζεται στις κατευθυντήριες τιμές για το πόσιμο νερό. Εξίσου και τα υπόγεια ύδατα, μετά από συνήθεις διαδικασίες καθαρισμού του νερού, πρέπει να πληρούν τα πρότυπα του πόσιμου νερού. Τα κριτήρια ποιότητας για τα υπόγεια ύδατα έχουν προκύψει για περίπου 50 ουσίες. Μερικές από τις γενικές αρχές είναι οι εξής:

- Σε περίπτωση υπέρβασης των κριτηρίων ποιότητας των υπογείων υδάτων σε επόμενο στάδιο της έρευνας μπορεί να χρειάζεται για να επιβεβαιώσει η αρχική εκτίμηση. Προχωρώντας σε αυτό το επόμενο στάδιο απαιτεί γενικά περισσότερα σχετικά με το χώρο δεδομένα.
- Η αξιολόγηση του κινδύνου μίας μολυσμένης περιοχής περιλαμβάνει τον καθαρισμό του χώρου εάν η μόλυνση επηρεάζει ή θα μπορούσε να επηρεάσει την ποιότητα των υπόγειων υδάτων σε διάφορες αποστάσεις από την τοποθεσία. Η εκτιμώμενη συγκέντρωση στον υδροφόρο ορίζοντα σε μια απομακρυσμένη περιοχή δίνει το στίγμα του κινδύνου, ένα η εκτιμώμενη συγκέντρωση των υπόγειων υδάτων υπερβαίνει τα κριτήρια ποιότητας αυτών.
- Η παρουσία της ελεύθερης φάσης ρύπων θεωρείται ότι εγκυμονεί κίνδυνο.

Τα κριτήρια ποιότητας των υπογείων υδάτων για μερικούς από τους συνηθέστερους μολυσματικούς παράγοντες απαριθμούνται. Για πτητικές ενώσεις είναι οι δυνητικές επιπτώσεις στην εσωτερική αέρια φάση του εδάφους εξετάζεται χωριστά.

#### 4.3.5. Φιλανδία



**Εικόνα 4.10.:** Φιλανδία  
(ΠΗΓΗ: <http://gr.dreamstime.com>)

Η Φινλανδία είναι μία χώρα της Βόρειας Ευρώπης. Βρίσκεται ανάμεσα στην Σουηδία, την Νορβηγία, την Ρωσία και την Βαλτική θάλασσα.

Όπως και οι προαναφερόμενες χώρες τις Ευρωπαϊκής Ένωσης έτσι και η Φιλανδία ακολουθεί πανομοιότυπες πολιτικές για την προστασία των φυσικών πόρων και κατ' επέκταση του περιβάλλοντος.

Η Φιλανδία είναι γνωστή για το μοντέλο των τριών βημάτων.

Η αξιολόγηση των κινδύνων από τη ρύπανση του εδάφους σε σχέση με τα υπόγεια ύδατα περιλαμβάνει τρία στάδια που περιλαμβάνουν όλο και πιο προηγμένες και ειδικές διαδικασίες για μια δεδομένη περιοχή. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως το Φιλανδικό μοντέλο. Τα τρία βήματα είναι τα εξής:

**Βήμα 1<sup>ο</sup> :** Μοντέλο ανάμειξης κοντά στην περιοχή της πηγή

Είναι μια απλή και εύκολη εκτίμηση των υπογείων υδάτων ακριβώς κάτω από ρύπων συγκέντρωση στην μολυσμένη περιοχή. Ο υπολογισμός λαμβάνει υπόψη την αραίωση σε συνάρτηση με τη ροή των υπογείων υδάτων. Η συγκέντρωση των πόρων νερού ρύπων στην

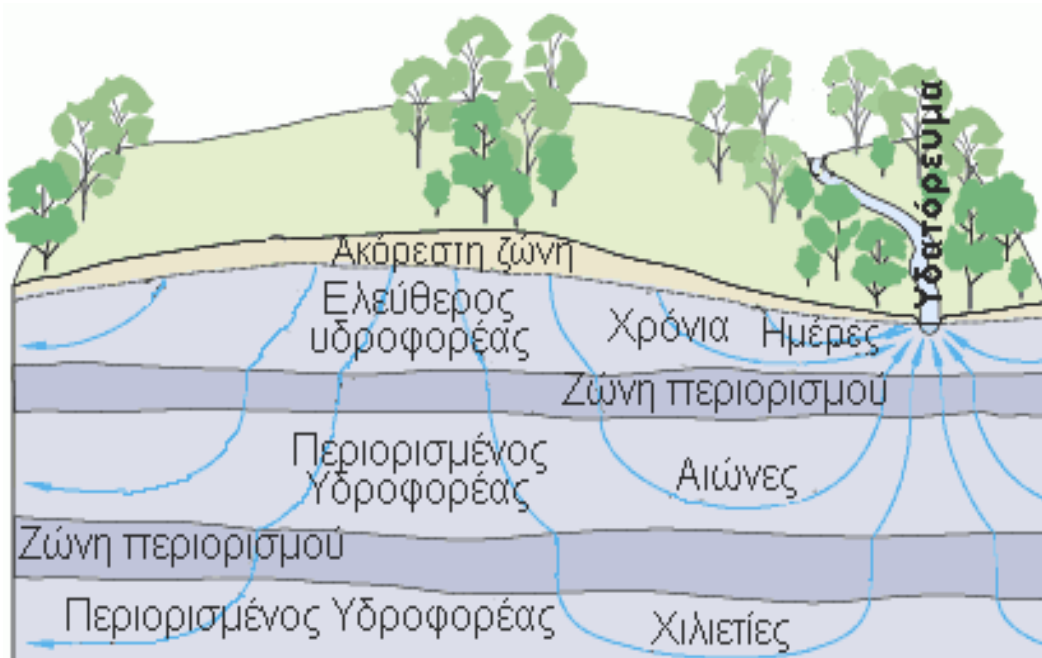
ακόρεστη πηγή ζώνη μπορεί να μετρηθεί άμεσα ή να υπολογιστεί από τις εξισώσεις που περιγράφουν τη στεγανοποίηση μεταξύ των φάσεων του εδάφους. Τα μολυσμένα υπόγεια ύδατα θεωρείται ότι αναμειγνύονται με την μεγάλη κατακόρυφη ζώνη 0,25m στον υδροφόρο ορίζοντα. Η συγκέντρωση στα υπόγεια ύδατα υπολογίζεται από τη μαζική ισορροπία. Αν δεν μπορεί να ανταποκριθεί στα κριτήρια ποιότητας των υπόγειων υδάτων, η περιοχή θεωρείται ότι έχει κίνδυνο. Η αξιολόγηση πρέπει να πραγματοποιείται είτε στο δεύτερο βήμα, ή πρέπει να ληφθούν διορθωτικά μέτρα.

**Βήμα 2<sup>ο</sup>** : Το μεταγενέστερο μοντέλο της περιοχής προέλευσης

Βασίζεται σε κριτήρια τήρησης των υπόγειων υδάτων στον υδροφόρο ορίζοντα σε ένα σημείο που βρίσκεται 10m κατάντη της πηγής ή σε απόσταση ίση προς τη διαδρομή της ροής των υπογείων υδάτων ενός έτους. Το βάθος της ζώνης ανάμειξης καθορίζεται από την εξέταση εγκάρσιας διασποράς στον υδροφόρο ορίζοντα.

**Βήμα 3<sup>ο</sup>** : Το μεταγενέστερο μοντέλο βασισμένο στη διασπορά και στην υποβάθμιση των φυσικών χαρακτηριστικών

Βασίζεται στην ποιότητα των υπογείων υδάτων με βάση τα κριτήρια στην ίδια απόσταση, όπως στο βήμα 2, αλλά οι συγκεντρώσεις μειώνονται λόγω της φυσικής εξασθένησης των ρύπων στον υδροφόρο ορίζοντα. Εάν τα κριτήρια ποιότητας υπολείπονται των εκτιμήσεων των συγκεντρώσεων ρύπων, το ποσοστό αποδόμησης που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό πρέπει να επιβεβαιώνεται με μετρήσεις είτε στον τομέα (insitu) είτε στο εργαστήριο (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).



**Εικόνα 4.11.:** Διαμόρφωση υπόγειων υδάτων.  
(ΠΗΓΗ: <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>)



#### 4.3.5.1. Σχέση των πτητικών ρύπων με τον αέρα

Η αξιολόγηση των κινδύνων από τη ρύπανση του εδάφους σε σχέση με πτητικές ουσίες στην εσωτερική αέρια φάση βασίζεται στην μεταφορά ρύπων από τη διάχυση μέσω πόρων στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους. Εάν η εκτιμώμενη συγκέντρωση ρύπων στον αέρα υπερβαίνει το κριτήριο της ποιότητας του αέρα, η μόλυνση θεωρείται ότι παρουσιάζει κίνδυνο. Ωστόσο, θα πρέπει να πραγματοποιηθεί η εκτίμηση των κινδύνων σε βάθος, σε μολυσμένες τοποθεσίες.

Σε βάθος ποσοτικές εκτιμήσεις των τοξικολογικών ή άλλων κινδύνων από μολυσμένες τοποθεσίες έχουν γίνει στη Φινλανδία. Με βάση μια πρόσφατη έρευνα της ποιότητας των εκτιμήσεων έχουν ως επί το πλείστον κακή άποψη όσο αφορά το στόχος της ρύθμισης, το πεδίο εφαρμογής, τη μεθοδολογία, τη συνολική συμπεριφορά, την τεκμηρίωση και την αξιοποίηση. Αυτές οι αδυναμίες, σε μεγάλο βαθμό προκαλούνται από την έλλειψη πόρων (συμπεριλαμβανομένου του χρόνου και της εμπειρίας), αλλά και από τις στάσεις και τη στενότητα της παρατήρησης (ορισμοί *insitu* του πεδίου εφαρμογής της αξιολόγησης). Η επιπλέον εκτίμηση κινδύνου έχει ενσωματωθεί επαρκώς και σε άλλους τομείς της αποκατάστασης της έρευνας και του σχεδιασμού. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ανεπαρκείς, μάταιες ή ακόμη και σε φαινομενικές εκτιμήσεις.

Λόγω του περιορισμένου πεδίου πολλών εκτιμήσεων, οι κίνδυνοι μπορεί να υπερτιμηθούν ή να υποτιμηθούν ή ακόμα και να παραμεληθούν εντελώς σε μια περιοχή με προβλήματα ρύπανσης και η διαχείριση του κινδύνου μπορεί να είναι δυσανάλογη προς τις πραγματικές ανάγκες.

Εν μέρει λόγω της εξάρτησης των μεθοδολογιών που ανέπτυξαν η τυπική αμερικανική μεθοδολογία εκτίμησης κινδύνου και τα εμπορικά μοντέλα, εμφάνισε μια υπερβολική έμφαση στις καρκινογόνες ουσίες σε αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία. Οι κίνδυνοι αυτοί συνήθως εκτιμώνται με συντηρητικές παραδοχές έκθεσης, με δεδομένα τοξικότητας των ζώων. Για άλλες ουσίες, η αξιολόγηση των κινδύνων για την υγεία βασίζονται στην παραδοχή ορίου κατά τη λειτουργία δόσης - απόκρισης, σε συνδυασμό με την τάση να λαμβάνονται υπόψη αλληλεπίδρασης μεταξύ των ειδών και ενδοεπικοινωνίες του είδους.

Οι οικολογικοί κίνδυνοι συνήθως αντιμετωπίζονται μόνο ποιοτικά. Ποσοτική σύγκριση των δημοσιευμένων στοιχείων τοξικότητας με συγκεντρώσεις που παρατηρούνται έχει επιχειρηθεί αλλά δεν έχουν αναλυθεί τα δεδομένα ευαισθησίας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, άμεσες αποδείξεις των επιπτώσεων έχουν προκύψει από βιολογική δοκιμασία του εργαστηρίου. Ωστόσο, αυτές οι δοκιμές σπάνια έχουν συνδεθεί με τα οικοτοξικολογικά μοντέλα ή χρησιμοποιούνται για την επικύρωση των εκτιμήσεων.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι λίγα πράγματα έχουν γίνει μέχρι στιγμής στη Φινλανδία ώστε να χρησιμοποιηθούν και να βελτιωθούν τα μοντέλα για την ανάλυση κινδύνου, π.χ. πρότυπο Μόντε Κάρλο αν και αυτό είναι το κλειδί για την πιο ρεαλιστική εκτίμηση για πιο ενημερωμένες αποφάσεις για τη διαχείριση. Η επικύρωση της έκθεσης και των μοντέλων επικινδυνότητας για τους ρυπασμένους τόπους παρουσιάζει μεγάλες προκλήσεις.

Οι αποφάσεις για τη διαχείριση κινδύνου γίνονται επίσης με βάση και άλλους παράγοντες, πολιτικές και κοινωνικές νόρμες. Αυτό δεν μειώνει τη σημασία της εκτίμησης κινδύνου ή τη μοντελοποίηση του κινδύνου. Όπως συμβαίνει με πολλές άλλες χώρες, που έχουν μολυνθεί η εκτίμηση των κινδύνων στο χώρο αξιολόγησης στη Φινλανδία δεν έχει ακόμη επαρκώς συνδεθεί με τη διαχείριση του κινδύνου. Υπήρξαν κάποιες προσπάθειες προς αυτή την κατεύθυνση, π.χ. σε μελέτες σκοπιμότητας για την απορρύπανση, στρατηγικές και λύσεις.

Θα ήταν χρήσιμο να γίνει καλύτερη χρήση των μεθοδολογιών και οι αποφάσεις να λαμβάνονται με γνώμονα την ανάλυση του κινδύνου που έχει αναπτυχθεί σε πιο προχωρημένους τομείς του περιβαλλοντικού τεχνολογικού εξοπλισμού, όπως για παράδειγμα την προστασία από την ακτινοβολία, την τεχνολογία οδικής ασφάλειας και την υγειονομική περιθάλψη. Πολυδιάστατη ανάλυση των κινδύνων, το κόστος, τα οφέλη (ή άλλα πλεονεκτήματα) και ο συνολικός αντίκτυπος των επιλογών διαχείρισης κινδύνου θα παρείχε μια πιο υγιή βάση για την ανάπτυξη στρατηγικής της απορρύπανσης και τη λήψη αποφάσεων σε περιφερικό και εθνικό επίπεδο.

Στο μέλλον τα ακόλουθα πεδία εφαρμογής θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμα για τη βελτίωση των εκτιμήσεων επικινδυνότητας.

- Τοπικά έναντι παγκόσμιων ζητημάτων, και συγκεκριμένα την εξέταση της σχέσης μεταξύ των κινδύνων από τις μολυσμένες περιοχές και εκείνων που προέρχονται από άλλες πηγές ρύπανσης.
- Επικινδυνότητα εκτίμησης σε σχέση με τη διαχείριση του κινδύνου. Αυτό αφορά βασικά ερωτήματα σχετικά με την αρχή της προφύλαξης (δικαιολογημένη σύνεση υπό συνθήκες αβεβαιότητας) και την ανάγκη να διαχειρίζονται τα προβλήματα με κόστος και με ένα χρονοδιάγραμμα που η κοινωνία μπορεί να αντέξει οικονομικά.

#### 4.3.6. Γαλλία



Εικόνα 4.12.: Γαλλία

(ΠΗΓΗ: <http://gr.dreamstime.com>)

Η Γαλλία βρίσκεται στα δυτικά άκρα της Ευρώπης. Βρέχεται από την Βόρεια Θάλασσα στον βορρά, από την Μάγγη στα βορειοδυτικά, από τον Ατλαντικό Ωκεανό στα δυτικά και από την Μεσόγειο Θάλασσα νοτιοανατολικά.

Συνορεύει με το Βέλγιο και το Λουξεμβούργο στα βορειοανατολικά, με την Γερμανία και την Ελβετία στα ανατολικά, με την Ιταλία και το Μονακό στα νοτιοανατολικά. Τέλος νοτιοδυτικά συνορεύει με την Ισπανία και την Ανδόρρα.

Βασίζεται και αυτή με την σειρά της στις προαναφερόμενες πολιτικές της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Προσαράζοντας τα όρια και τους κανόνες στα δικά της μέτρα, με σκοπό την καλύτερη διαφύλαξη του περιβάλλοντος.

##### 4.3.6.1. Η αρχική διάγνωση και απλοποιημένη εκτίμηση του κινδύνου.

Η αρχική διάγνωση, δηλαδή η μελέτη του εδάφους, είναι το δεύτερο βήμα κατά την εθνική διαδικασία για τον εντοπισμό των μολυσμένων τοποθεσιών. Ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί το πρώτο στάδιο, το οποίο είναι μια προκαταρκτική επίσκεψη στον τομέα, προκειμένου να εντοπιστούν οι περιοχές που παρουσιάζουν άμεσους κινδύνους που απαιτούν τη λήψη έκτακτων μέτρων (π.χ. τύμπανα διαρροή, εύφλεκτα, προϊόντα κλπ.)

Οι στόχοι της αρχικής μελέτης είναι οι εξής:

- ✓ Προσδιορισμός των ενδεχόμενων ρύπανσης και μια σύντομη περιγραφή των πιθανών επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον από παρελθοντικές ή από παροντικές δραστηριότητες στις τοποθεσίες αυτές.
- ✓ Συγκέντρωση των απαραίτητων πληροφοριών για την εφαρμογή μιας απλουστευμένης αξιολόγησης του κινδύνου, προκειμένου να κατατάξουν την ανάγκη παρέμβασης.

Η μελέτη του εδάφους περιλαμβάνει δύο κύρια στάδια:

### **1<sup>ο</sup> Στάδιο :**

Έγγραφες αποδείξεις σχετικά με τη δυνητική ρύπανση χρησιμοποιώντας εύκολα προσβάσιμες πληροφορίες, συμπληρώνεται από μία ή περισσότερες επισκέψεις στο πεδίο.

Οι κύριες φάσεις στο 1ου σταδίου είναι:

1. Ιστορική έρευνα για να καθορίσει τη διαδοχή των δραστηριοτήτων σε μια τοποθεσία, ακριβείς θέσεις τους και κάθε συναφές πρακτικό περιβαλλοντικής διαχείρισης.
2. Μελέτη της ευπάθειας του περιβάλλοντος ως προς τη ρύπανση, συμπεριλαμβανομένου του προσδιορισμού των παραμέτρων που θα καθορίσουν την τύχη και τη μεταφορά των ρύπων (ιδίως, παράγοντες που μπορεί να καθυστερήσουν ή να επιταχύνουν τη μετανάστευση) και τη δυνατότητα προβολής από τους υποδοχείς (ανθρώπους, κατοικίες, κλπ πόσιμο νερό προμήθειες).
3. Επίσκεψη στο χώρο και τα περίχωρά του. Αυτό πρέπει να περιλαμβάνει την επιβεβαίωση της τρέχουσας κατάστασης της περιοχής, την επαλήθευση των πληροφοριών που συγκεντρώνονται κατά τη διάρκεια της ιστορικής έρευνας, των προμηθειών, των πρόσθετων στοιχείων και τον προσδιορισμό των δυνητικών ή υφιστάμενων κινδύνων, και την προετοιμασία για τις μελλοντικές έρευνες πεδίου.
4. Μετά την ολοκλήρωση αυτού του βήματος ένα σχέδιο έκθεσης, όπως ένα εννοιολογικό μοντέλο του τόπου, θα πρέπει να περιλαμβάνει υποθέσεις εργασίας για:

- Τον προσδιορισμό και η θέση των πιθανών πηγών ρύπανσης.
- Τον κατάλογο των ρύπων που μπορεί να βρεθεί στην ιστοσελίδα.
- Την χωρική ετερογένεια της ρύπανσης.
- Τον βαθμό της ευπάθειας του περιβάλλοντος.
- Τους δυναμικούς υποδοχείς που έχουν εντοπιστεί.
- Το προσδιορισμό των μέσων που ενδέχεται να επηρεαστούν.
- Την παρατήρηση των πραγματικών επιπτώσεων.

### **2<sup>ο</sup> Στάδιο:**

Εάν θεωρηθεί απαραίτητο, σύντομες επιπλέον έρευνες πεδίου για τη συλλογή πληροφοριών που δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί στο παρελθόν.

Το 2<sup>ο</sup> στάδιο της αρχικής διάγνωσης περιλαμβάνει τη συλλογή δεδομένων που δεν είναι διαθέσιμη στο τέλος του 1<sup>ου</sup> σταδίου, αλλά απαιτείται η ταξινόμησή τους με βάση μια απλοποιημένη μέθοδο αξιολόγησης του κινδύνου. Αυτό συνήθως περιορίζεται σε επιβεβαίωση της ρύπανσης στα διάφορα μέσα μαζικής ενημέρωσης. Δεν είναι ο μόνος στόχος σε αυτό το στάδιο να διεξάγονται έρευνες για τη χωρική κατανομή της ρύπανσης,

τους μηχανισμούς μεταφοράς της, η έκταση της ζημίας ή την επιλογή των τεχνικών αποκατάστασης.

Η ερευνά θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη:

1. Το εννοιολογικό μοντέλο που αναπτύχθηκε στο τέλος του 1<sup>ου</sup> Σταδίου.
2. Η χρήση των πόρων ανάλογα με το μέγεθος του χώρου.
3. Η ασφάλεια των τεχνικών που έχουν επιλεγεί (π.χ. ασφάλεια των προσώπων και την προστασία του περιβάλλοντος).

Όλες οι πληροφορίες που συλλέγονται κατά τη διάρκεια της μελέτης του εδάφους θα χρησιμοποιούνται στην απλουστευμένη αξιολόγηση του κινδύνου. Ο στόχος της απλουστευμένης αξιολόγησης του κινδύνου είναι να γίνει διάκριση μεταξύ των χώρων που δεν έχουν σημαντικούς κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον και εκείνων που θα μπορούσαν να προκαλέσουν ουσιαστικές ή μακροχρόνιες βλαβερές συνέπειες. Αυτή η απλοποιημένη αξιολόγηση διενεργείται με την εξέταση των ανθρώπινων πόρων για την υγεία και το νερό ως βασικούς υποδοχείς, σε συνάρτηση με τις γνωστές χρήσεις του χώρου και τα περιχώρα της κατά το χρόνο των μελετών.

Η απλοποιημένη αξιολόγηση των κινδύνων χρησιμοποιεί μια μέθοδο βαθμολόγησης βασίζεται στο θεμελιώδες μοντέλο εκτίμησης του κινδύνου πηγή-μονοπάτι-στόχο. Δηλαδή, για τον κίνδυνο πρέπει να υπάρχει μια επικίνδυνη ή μη επικίνδυνη πηγή (D), ένα μονοπάτι για τη μεταφορά των δεδομένων (T), και έναν ή περισσότερους στόχους (Ta). Τεχνικά κριτήρια έχουν οριστεί για κάθε έναν από τους παράγοντες (D, T, Ta) δίνοντάς τους τη δυνατότητα να χαρακτηρίζεται με βάση τις πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν κατά την αρχική διάγνωση. Επίσης, έχουν οριστεί σαράντα εννέα κριτήρια τα οποία έχουν επιλεγεί για την απλουστευμένη αξιολόγηση του κινδύνου σε τέσσερις κατηγορίες:

- Πιθανό κίνδυνο από την πηγή
- Δυναμικό για την κινητοποίηση και τη μεταφορά των ρύπων.
- Στόχοι
- Παρατήρηση των επιπτώσεων

Κάθε κριτήριο βαθμολογείται σε συνάρτηση με τη μέγιστη δυνατή τιμή που θα μπορούσε να φτάσει. Τα βασικά αποτελέσματα στη συνέχεια συνδυάζονται για να παρέχουν μια συνολική βαθμολογία για κάθε οδό έκθεσης που έχει προσδιοριστεί για την περιοχή της μελέτης.

Πέντε πλέγματα βαθμολόγησης έχουν αναπτυχθεί έτσι ώστε να ταξινομούνται οι τόποι:

- |                                 |   |
|---------------------------------|---|
| 1. Υπόγεια ύδατα:               | • Παροχές πόσιμου νερού<br>• Άλλες χρήσεις<br>• Το μέλλον των πόρων |
| 2. Επιφανειακά ύδατα            | • Παροχές πόσιμου νερού<br>• Άλλες χρήσεις<br>• Το μέλλον των πόρων |
| 3. Έδαφος με την άμεση επαφή    |   |
| 4. Αέρας μέσω άμεσης επαφής     |   |
| 5. Κίνδυνος πυρκαγιάς / έκρηξης |   |

Στην πράξη, μόνο τα δίκτυα βαθμολόγησης που έχουν σημασία για την περιοχή. Αυτό το βήμα της επιλογής κριτηρίων για βαθμολόγηση πρέπει να συμφωνηθεί μεταξύ των

ενδιαφερομένων μερών (π.χ. το πρόσωπο που είναι υπεύθυνο για την τοποθεσία, ο σύμβουλος και ο επιθεωρητής των εγκεκριμένων εγκαταστάσεων).

#### 4.3.6.2. Ταξινόμηση των χώρων.

Η κατάταξη σε μία από τις τρεις κατηγορίες «κοινός τόπος» χώρους για την παρακολούθηση, και τοποθεσίες που χρειάζονται, πρόσθετη έρευνα και λεπτομερή εκτίμηση των κινδύνων πραγματοποιείται ανάλογα με τη χρήση της περιοχής σήμερα ή στο μέλλον ανάλογα με την περίπτωση. Η κατάταξη αυτή ισχύει για τις συνθήκες κατά τη στιγμή της μελέτης του εδάφους, δηλαδή η έκταση των επιστημονικών και τεχνικών γνώσεων, και η δηλωθείσα χρήση της περιοχής και των περιχώρων της. Εάν οποιαδήποτε από αυτές τις συνθήκες έχει αλλάξει, η απλοποιημένη αξιολόγηση κινδύνου πρέπει να αναθεωρηθεί.



Εικόνα 4.13.: Η ρύπανση του περιβάλλοντος εξαρτάται από τον άνθρωπο. (ΠΗΓΗ: [http://www.kireas.org/monada\\_fa.htm](http://www.kireas.org/monada_fa.htm))

#### 4.3.7. Ελλάδα



Εικόνα 4.14: Ελλάδα (ΠΗΓΗ: <http://www.europ-assistance.gr>)

Η Ελλάδα είναι μια χώρα της νοτιανατολικής Ευρώπης, στο νοτιότερο άκρο της Βαλκανικής χερσονήσου στην Ανατολική Μεσόγειο.

Συνορεύει βορειοδυτικά με την Αλβανία, βόρεια με τη Βουλγαρία την πρώην Γιουγκοσλαβική Δημοκρατία της Μακεδονίας (Π.Γ.Δ.Μ.) και βορειοανατολικά με την Τουρκία.

Βρέχεται στα ανατολικά από το Αιγαίο Πέλαγος, στα δυτικά από το Ιόνιο και νότια από τη Μεσόγειο Θάλασσα.

Ακολουθεί και αυτή με την σειρά της συγκεκριμένες πολιτικές αντιμετώπισης της ρύπανσης.

Προκειμένου να προστατευθεί η δημόσια υγεία και το περιβάλλον, το 1986 η Ελλάδα περιέλαβε στην εθνική της νομοθεσία τις βασικές Περιβαλλοντικές αρχές στο 1659-1686, ο νόμος ο οποίος καλύπτει όλες τις πτυχές της προστασίας του περιβάλλοντος. Σε αυτό το νόμο ειδικές διατάξεις που περιλαμβάνονται σχετικά με την προστασία του εδάφους από τη διάθεση των αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων, και από την υπερβολική χρήση των λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Παρά το γεγονός ότι δεν υπάρχει συγκεκριμένη νομοθεσία, οδηγίες και πρότυπα υπάρχουν άμεσα ή έμμεσα για τον έλεγχο του εδάφους και των υπόγειων υδάτων.

Η σπανιότητα της βαριάς βιομηχανίας και άλλων παραγωγικών δραστηριοτήτων που δημιουργούν τα επικίνδυνα απόβλητα έχει περιορίσει τον αριθμό των μολυσμένων τόπων στην Ελλάδα. Τέτοιες περιοχές είναι πιο πιθανό να σχετίζονται με την ακατάλληλη απόρριψη οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων, με περιοχές ορυχείων και των δεξαμενών υποδοχής απορριμμάτων, με τη διύλιση πετρελαίου και χώρους αποθήκευσης, καθώς και για τις εγκαταστάσεις για τον εμποτισμό ξύλου.

Μέχρι στιγμής δεν έχει υπάρξει συγκεκριμένη έρευνα για την αναγνώριση και την καταγραφή των ρυπασμένων τόπων στην Ελλάδα. Σύμφωνα με την πρώτη καταγραφή των χώρων διάθεσης οικιακών αποβλήτων, το 1988, περίπου 3.500 τοποθεσίες λειτουργούν χωρίς μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος, και περίπου 1.500 περιοχές με περιορισμένα μέτρα.

Από το 1990 όλα οι νέοι χώροι υγειονομικής ταφής θα πρέπει να ακολουθούν τις διαδικασίες που ορίζονται στην Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 69269/5387/90.

Η διάθεση των αποβλήτων θα πρέπει να γίνεται κάτω από συνεχή έλεγχο, σύμφωνα με τις περιβαλλοντικές διατάξεις που καθορίζονται από τις αρμόδιες αρχές. Οπουδήποτε οι χώροι Υγειονομικής Ταφής θα πρέπει να αποκατασταθούν κατά το τέλος της λειτουργίας τους, και οι τοπικές αρχές, στις οποίες οι διαδικασίες έπαυσαν πριν από το 1990 γιατί είναι γνωστό ότι προκαλούν σημαντική ρύπανση.

Η διάθεση επικίνδυνων και βιομηχανικών αποβλήτων στην Ελλάδα περιλαμβάνει συν - διάθεση σε δημοτικούς χώρους ταφής αποβλήτων για τα επικίνδυνα απόβλητα που είναι παρόμοια σε σύνθεση με τα οικιακά απορρίμματα. Άλλα είδη επικίνδυνων αποβλήτων μπορούν να αποθηκευτούν σε ελεγχόμενες περιοχές εντός της εγκατάστασης, όπου τα απόβλητα που παράγονται ή μπορούν να εξάγονται προς διάθεση σε ειδικούς χώρους σε τρίτες χώρες. Το τελευταίο εφαρμόζεται στις περιπτώσεις των αποβλήτων υψηλού κινδύνου, όπως, το κυάνιο, τα PCBs απόβλητα και τα φυτοφάρμακα.

Δύο προγράμματα που βρίσκονται σε εξέλιξη για την επιλογή του χώρου και των εγκαταστάσεων επεξεργασίας για την ελεγχόμενη διάθεση των επικίνδυνων αποβλήτων, το ένα για τη Βόρεια Ελλάδα και το άλλο για την Νότια Ελλάδα. Υπάρχει επίσης μια μελέτη σχετικά με την εγκατάσταση μιας μονάδας επεξεργασίας υγρών επικίνδυνων αποβλήτων και λάσπης, που παράγεται από τις βιομηχανίες των Νομών Αττικής και Βοιωτίας. Το μεγάλο πρόβλημα που έχει η πολιτεία είναι να αντιμετωπίσει τις ανησυχίες για τη δημόσια αποδοχή των προτεινόμενων τοποθεσιών.

Η έρευνα που διεξάγεται από πανεπιστήμια και ερευνητικά ινστιτούτα έχει προσδιορίσει μια σειρά βιομηχανικά μολυσμένων χώρων. Σήμερα, μια μελέτη που έχει ήδη προγραμματιστεί από το Υπουργείο Περιβάλλοντος για την ακριβή καταγραφή των χώρων υποψία του ντάμπινγκ επικίνδυνων αποβλήτων.

Σε γενικές γραμμές η έρευνα σχετικά με μολυσμένες τοποθεσίες χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση, την εθνική κυβέρνηση και δημοτικές επιχορηγήσεις. Τα τελευταία χρόνια έχει υπάρξει μεγάλο ενδιαφέρον για τις δραστηριότητες αποκατάστασης, κυρίως των δημοτικών χώρων διάθεσης αποβλήτων, καθώς επίσης και σε δραστηριότητες αξιολόγησης της επικινδυνότητας για τους ρυπασμένους τόπους. Σήμερα πολλά σχετικά έργα βρίσκονται σε εξέλιξη. Μερικά από τα έργα αυτά περιλαμβάνονται στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα

Περιβαλλοντικής στην Ελλάδα και χρηματοδοτούνται με επιχορηγήσεις από το 2ο Κοινοτικό Πλαίσιο Στήριξης. Άλλα έργα που χρηματοδοτούνται από το Ταμείο Συνοχής και, χρησιμοποιώντας αποκλειστικά εθνικούς πόρους, μέσω του ειδικού ταμείου για την εφαρμογή των διαρθρωτικών και των πολεοδομικών σχεδίων (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

#### 4.3.7.1. Πολιτικό πλαίσιο

Η εθνική προσέγγιση για την αξιολόγηση των κινδύνων μολυσμένου χώρου στην Ελλάδα βασίζεται στη γενική φιλοσοφία σχετικά με όλα τα περιβαλλοντικά θέματα, η οποία εισήχθη με το βασικό νόμο του Περιβάλλοντος Ν. 1650/86. Η βασική αρχή, σύμφωνα με τον τελευταίο νόμο, είναι ότι ο ρυπαίνων φέρει την ευθύνη για το κόστος αποκατάστασης.

Εκτός από το Νόμο 1650/86, αυτά είναι τα κύρια τμήματα της ελληνικής νομοθεσίας που αναφέρονται σε μόλυνση του εδάφους και των υπόγειων υδάτων και γενικά βασίζονται σε μετάφραση της νομοθεσίας της ΕΕ στην εθνική νομοθεσία:

- ΚΥΑ 72751/3054/1985: Τοξικά και επικίνδυνα απόβλητα και PCB / PCT (ΕΟΚ οδηγιών 78/319 και 76/403).
- ΚΥΑ 49541/1424/1986: Στερεά απόβλητα (οδηγία 75/442 ΕΟΚ).
- ΚΥΑ 26857/553/1988: Προστασία των υπογείων υδάτων για την απόρριψη επικίνδυνων ουσιών (οδηγία 80/68 ΕΟΚ).
- Ο κανονισμός 259/93 σχετικά με τις διασυνοριακές μεταφορές αποβλήτων.
- ΚΥΑ 69269/5387/1990: Ταξινόμηση των δραστηριοτήτων σε κατηγορίες και το περιεχόμενο των διαφορετικών τύπων περιβαλλοντική μελέτη αξιολόγησης των επιπτώσεων (ΕΟΚ οδηγία 86/278).
- ΚΥΑ 80568/4225/1991: Μέθοδοι και περιορισμοί για τη χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στη γεωργία (ΕΟΚ την οδηγία 86/278)
- ΚΥΑ 8243/1113/1991: Μέτρα και μέθοδοι για την πρόληψη της ρύπανσης του περιβάλλοντος από τον αμίαντο (οδηγία 87/217 ΕΟΚ).
- ΚΥΑ 98012/2001/1996: Μέτρα και διατάξεις για τη διαχείριση των χρησιμοποιημένων ορυκτελαίων (ΕΟΚ την οδηγία 87/101).
- Νερό προστασία πράξη 144/1987, η οποία ορίζει τις επικίνδυνες ουσίες και καθορίζει το ανώτερο παραδεκτές συγκεντρώσεις Cd, Hg, και HCH σε ουσίες που μπορούν να απορρίπτονται σε εσωτερικά ύδατα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα).
- ΚΥΑ 46399/1352/1986 ,η οποία ορίζει κατευθυντήριες τιμές για διάφορες παραμέτρους που αφορούν την επιφάνεια της ποιότητας του νερού για διάφορες χρήσεις (πόσιμο νερό, κολύμπι, ιχθυοκαλλιέργειες κλπ
- ΚΥΑ 16190/1335/1997: Μέτρα και διατάξεις για την προστασία των υδάτων από τη μόλυνση με νιτρικά γεωργικής προέλευσης.

Σύμφωνα με τις διατάξεις του νέου Νόμου για τη διαχείριση αποβλήτων (ΚΥΑ 69728/824/1996), που θεσπίστηκε το Μάιο του 1996, τα αρμόδια Υπουργεία έχουν συντάξει κατευθυντήριες γραμμές για τον Εθνικό και Περιφερειακό Σχεδιασμό για τη διαχείριση των αστικών αποβλήτων.

Ένα σημαντικό θέμα είναι η διάθεση των παλαιών αποβλήτων και σταδιακή εξάλειψή τους μέσω ποιοτικής αποκατάστασης. Οι βασικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία αποκατάστασης είναι οι εξής:

##### 1. Γεωγραφικό πλαίσιο

2. Η τελική χρήση της γης
3. Αποστάσεις των οίκων από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις κλπ.
4. Το γενικό χαρακτήρα της περιοχής (γεωργία, βοσκότοποι κ.λπ.)
5. Η ανάγκη για σωστά τοπικά συστήματα μεταφόρτωσης απορριμμάτων
6. Η οικολογική συνοχή της ευρύτερης περιοχής

Σύμφωνα με την ΚΥΑ 69728/824/1996, οι τοπικές αρχές είναι υπεύθυνες για την ανάπτυξη των εγκαταστάσεων διαχείρισης των αποβλήτων. Η διαχείριση των αποβλήτων και η διάθεσή τους πρέπει να εκτελείται κατά τέτοιον τρόπο ώστε κάθε ρύπανση του περιβάλλοντος (σε έδαφος, νερό και αέρα) που προκύπτει από αυτές τις δραστηριότητες να προλαμβάνονται ή να περιορίζονται.

Η ΚΥΑ επιβάλλει υποχρεώσεις στις τοπικές αρχές όσον αφορά την ρύπανση του εδάφους από τα δημοτικά απόβλητα, διότι οι εν λόγω αρχές είναι οι αρμόδιες αρχές για τη διαχείριση των δημοτικών αποβλήτων σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία.

Επιπλέον, για τα επικίνδυνα απόβλητα Νόμος για τη διαχείριση (ΚΥΑ 19396/1546/1997) τέθηκε σε ισχύ τον Ιούλιο του 1997. Ο νόμος αυτός ορίζει τα επικίνδυνα απόβλητα και αναφέρει, μεταξύ άλλων, με τα καθήκοντα του παραγωγού ή του κατόχου των επικίνδυνων αποβλήτων να αποφευχθεί η μόλυνση του εδάφους στα σύνορα διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων.

Σύμφωνα με την προαναφερόμενη κοινοτική νομοθεσία, το πρόσωπο ή φορέα (π.χ. η τοπική αρχή), ο υπεύθυνος για τη διάθεση των αποβλήτων επιβαρύνεται με το κόστος της ενδεχόμενης αποκατάστασης τοποθεσίας και ανάκτησης, αλλά στην περίπτωση των ορφανών τοποθεσιών ότι το κόστος καλύπτεται από δημόσιους πόρους. Η ανάγκη για τους πόρους είναι πιο επιτακτική για την εξέταση και την αποκατάσταση των ορφανών περιοχών εξόρυξης.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι ΚΥΑ 69269/5387/1990, αναφέρθηκε προηγουμένως, ότι καθορίζει το περιεχόμενο, του πλαισίου μελετών εκτίμησης των επιπτώσεων και τη λήψη κατάλληλων μέτρων για την πρόληψη της ρύπανσης του εδάφους, του νερού ή αέρα. Ιδιωτικές και δημόσιες επιχειρήσεις πρέπει να υποβάλλουν μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων για τις αρμόδιες αρχές προκειμένου να λάβει άδεια εκμετάλλευσης.

#### **4.3.7.2.Θεσμικά πλαίσια και όρια ρύπανσης στην Ελλάδα**

Η διάθεση αποβλήτων στο έδαφος πρέπει να είναι ελεγχόμενη ώστε να μεγιστοποιείται 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 (Directives) για διάθεση αποβλήτων, ρύπανση εδαφών κ.λπ.. 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 ΤΙΟ2
- 82/883/EEC: Προσομοίωση περιοχών διάθεσης ~ΠΙΟ2
- 83/29/EEC: Αναδιατύπωση 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 ΤίΟ2
- 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 στην 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.

#### 4.3.7.3. Τεχνικές προσεγγίσεις για την αξιολόγηση των κινδύνων.

Στην Ελλάδα εθνικά κείμενα αναφοράς για την εκτίμηση κινδύνου δεν υπάρχουν. Η Ελλάδα δεν λόχοι καταχωρήσει ακόμα τους ρυπασμένους τόπους. Ωστόσο, υπάρχουν έγγραφα Προσανατολισμού που έχουν αναπτυχθεί από κάποιους οργανισμούς, αλλά δεν έχουν γενική ισχύ. Σε γενικές γραμμές, η προσέγγιση της εκτίμησης κινδύνου είναι στο συγκεκριμένο χώρο και εκτελείται σύμφωνα με το διεθνές (π.χ. Αμερικανική Υπηρεσία

Προστασίας Περιβάλλοντος) ή τα ευρωπαϊκά πρότυπα. Σε ορισμένες περιπτώσεις η ελληνική νομοθεσία απαιτεί ορισμένες διαδικασίες που πρέπει να πραγματοποιηθούν.

Για παράδειγμα, για τον χώρο ενός ξενοδοχείου η ερευνά και η ανάλυση των μεθόδων CEN ακολουθούνται. Αυτό σημαίνει ότι οι στρατηγικές για τη δειγματοληψία και την ανάλυση θα πρέπει να συμμορφώνονται με τις μεθόδους της CEN, τα οποία θεωρούνται ότι έχουν την εξουσία της νομοθεσίας. Υπάρχουν, επίσης, σχετικά με κατευθυντήριες γραμμές του ΟΟΣΑ αξίες διαλογής. Η επιλογή των ρύπων που πρέπει να αναλύονται βασίζεται σε προηγούμενη χρήση της περιοχής και των γνωστών περιστατικών μόλυνσης.

Επιπλέον, για την αξιολόγηση της ανθρώπινης τοξικότητας των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται είναι τα κριτήρια Περιβαλλοντικής Υγείας και Μονογραφίες της IARC για τις καρκινογόνες ουσίες. Οι τρέχουσες εξελίξεις στην Ελλάδα σχετικά με μολυσμένη γη περιλαμβάνουν μια σειρά από έργα E & A. Τα σχέδια αυτά αποσκοπούν είτε να εντοπίσουν προβληματικούς τομείς, να καθορίσουν την έκταση της ρύπανσης και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της, είτε για την ανάπτυξη τεχνολογιών για την επεξεργασία και τον καθαρισμό.

Τα έργα αυτά σχετίζονται με την εμφάνιση και τη διανομή των τοξικών ουσιών σε διάφορους γνωστούς και ύποπτους μολυσμένους χώρους που ερευνώνται. Η συνήθης διαδικασία είναι να γίνει ποιοτική σύγκριση με βάση τις διαθέσιμες πληροφορίες, λαμβάνοντας υπόψη ότι η ποσοτική εκτίμηση του κινδύνου γίνεται με τη σύγκριση των συγκεντρώσεων που παρατηρήθηκαν στο αντικείμενο της έρευνας (έδαφος, νερό) με αποδεκτά επίπεδα, που ορίζονται στα συνιστώμενα διεθνή πρότυπα, ή στην ελληνική νομοθεσία, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

Οι σχετικές μελέτες περιλαμβάνουν τη συλλογή ιστορικών στοιχείων που αφορούν σε μια τοποθεσία, γεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων, καθώς και των χημικών και φυσικών μετρήσεων των εδαφών και των υγρών (επιφανειακά ή υπόγεια ύδατα, εκπλύματα κ.λπ.) σε περιοχές που υπάρχουν υπόνοιες ότι έχουν μολυνθεί.

#### ***Τα σχέδια E & A όπως προαναφέρθηκε, περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:***

1. Η Λαυρεωτική χερσόνησος (περιοχή του Λαυρίου), όπου υπάρχουν συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων στο έδαφος, τον αέρα και το νερό έχουν διερευνηθεί. Η Λαυρεωτική χερσόνησος είναι μια από τις πιο αρχαίες μεταλλευτικές περιοχές με υψηλή περιεκτικότητα σε επιφανειακά εδάφη από τοξικά μέταλλα (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb και Zn). Η επιδημιολογική έρευνα που διεξάγεται σε διαφορετικές χρονικές στιγμές και στο παρελθόν έδειξαν υψηλά επίπεδα τοξικών στοιχείων στο αίμα και στα ούρα των παιδιών σχολικής ηλικίας.
2. Έρευνα σχετικά με το μολυσμένο έδαφος στο Λαύριο σχετίζεται με την ανάπτυξη μεθοδολογίας για τον περιβαλλοντικό χαρακτηρισμό του τόπου και τη μείωση των διαρροών των ορυχείων.
3. Η περιοχή του Θριασίου Πεδίου του Άρεως στο νομό Αττικής είναι μια από τις σημαντικότερες βιομηχανικές ζώνες, συμπεριλαμβανομένης της βαριάς βιομηχανίας, τις γεωργικές δραστηριότητες επίσης πρέπει να πραγματοποιηθεί η χωματερή των Άνω Λιοσίων που βρίσκεται σε αυτή την περιοχή, όπου τα αστικά λύματα της ευρύτερης περιοχής των Αθηνών απορρίπτονται. Το έργο ερευνά τη σύνθεση των επιφανειακών και υπογείων υδάτων, του εδάφους και των στραγγισμένων χώρων υγειονομικής ταφής (προσδιορισμός των διαφόρων ρύπων, όπως τα βαρέα μέταλλα, οργανικές τοξικές ουσίες, λάδια, υδρογονάνθρακες, BOD, COD κλπ).
4. Άλλες βιομηχανικές ζώνες (Σχηματαρίου - Οινοφύτων, τη βιομηχανική ζώνη της Θεσσαλονίκης), όπου διεξάγεται επίσης έρευνα συμπεριλαμβανομένων των

πληροφοριών των γεωλογικών δεδομένων και χημικές και φυσικές μετρήσεις στα νερά και εδάφη.

5. Η ποιότητα και η ποσότητα των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, όπου οι έρευνες αφορούν τον προσδιορισμό των τοξικών ουσιών, οι πηγές της ρύπανσης και την ανάπτυξη καθαρών διαδικασιών. Τα πιο σημαντικά προβλήματα ρύπανσης φαίνεται να σχετίζονται με την υπερβολική χρήση λιπασμάτων και τα στραγγίσματα χώρων υγειονομικής ταφής και βιομηχανικών αποβλήτων.
6. Η μεγάλη μεταλλευτική περιοχή της Βόρειας Εύβοιας. Το σχετικό έργο είναι σε πιλοτική κλίμακα μιας και αφορά την εκτίμηση του κινδύνου και την εξυγίανση του εδάφους.
7. Του Αλιάκμονα ποταμού, όπου η ποσότητα και η μεταφορά ινών αμιάντου στο ποτάμι πρέπει να διερευνηθεί με τη χρήση πεδίου και εργαστηριακές τεχνικές.

Μερικά άλλα ερευνητικά έργα σχετίζονται με την ποιότητα των υπόγειων υδάτων στις μεγάλες βιομηχανικές περιοχές της Θεσσαλονίκης, εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων στην κοιλάδα του ποταμού Ασωπού, το πετρέλαιο και το πετρέλαιο διασποράς της τοξικότητας σε θαλάσσιες παράκτιες περιοχές, περιβαλλοντική τοξικολογία, και την ανάπτυξη εργαλείων για την αξιολόγηση των υπόγειων υδάτων μόλυνσης από βιοχημικά δραστικές ουσίες.

Επιπλέον, αυτά τα μεγάλα έργα που αφορούν την αποκατάσταση χώρων διάθεσης απορριμμάτων βρίσκονται σε εξέλιξη:

- Η περιοχή του Σχιστού, η οποία σταμάτησε να λειτουργεί το 1992.
- Η χωματερή των Άνω Λιοσίων.
- Ο χώρος υγειονομικής ταφής της Θεσσαλονίκης (Ταγαράδες).

Για όλες τις τοποθεσίες, στο πλαίσιο των σχετικών έργων, οι μελέτες αποκατάστασης έχουν ολοκληρωθεί και τα έργα (συλλογή και αξιοποίηση του βιοαερίου, έργα αποκατάστασης) έχουν ήδη ξεκινήσει. Οι σχετικές ενέργειες, επίσης, αφορούν και άλλες περιοχές στην Ελλάδα όπου είναι ανεξέλεγκτη η απόρριψη αποβλήτων που έγινε στο παρελθόν. Άλλο ένα εκτεταμένο σχέδιο για την αποκατάσταση της χωματερής των απορριμμάτων κατεργασίας θείου στο Λαύριο έχει ολοκληρωθεί. Πρόκειται για την προσθήκη ασβεστόλιθου στο έδαφος για να εξουδετερώσει την ενδεχόμενη παραγωγή οξέων, που ακολουθείται από ένα στρώμα εδάφους για να απομονώσουν τα τοξικά υπολείμματα από το περιβάλλον και να δημιουργήσουν μια αισθητική κάλυψη της βλάστησης (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

## **4.4. ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗ**

### **4.4.1.Ολλανδία**

#### ***Η απορρύπανση του εδάφους***

Σύμφωνα με την πράξη για την προστασία του εδάφους τα ακόλουθα ερωτήματα πρέπει να απαντηθούν σε σχέση με την εξυγίανση των μολυσμένων χώρων:

1. Είναι η περιοχή σοβαρά μολυσμένη;
2. Είναι η απορρύπανση επείγουσα;
- 3 Πότε θα πρέπει να ξεκινήσει ο καθαρισμός;

#### 4. Ποιος είναι ο στόχος της απορρύπανσης;

**Ερώτηση 1:** Είναι η τοποθεσία σοβαρά μολυσμένη;

Μια περιοχή είναι σοβαρά μολυσμένη εάν υπάρχει υπέρβαση των τιμών παρέμβασης. Αυτό αξιολογείται με βάση την ακόλουθη προσέγγιση. Η ιστορία της περιοχής έχει μελετηθεί έτσι ώστε να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη φύση της πιθανής μόλυνσης. Υποπτες τοποθεσίες είναι τα πρώτα που υπόκεινται σε προκαταρκτική εξέταση και, αν επιβεβαιωθούν οι αρχικές υποψίες, μια περαιτέρω έρευνα γίνεται, όπου λαμβάνονται δείγματα εδάφους και των υπόγειων υδάτων. Εάν τα αποτελέσματα δείχνουν τα επίπεδα πάνω από τις τιμές παρέμβασης, η περιοχή είναι εγγεγραμμένη, «σοβαρά μολυσμένη» και πρέπει να προσδιορίζεται ο επείγοντας χαρακτήρας για την απορρύπανση.

**Ερώτηση 2:** Είναι η απορρύπανση επείγουσα;

Για να προσδιοριστεί η επείγουσα ανάγκη για απορρύπανση έχει αναπτυχθεί μια τυπική διαδικασία. Ο πυρήνας της διαδικασίας είναι ότι η εξυγίανση των σοβαρά μολυσμένων χώρων θεωρείται ότι είναι επείγουσα, εκτός αν ο κίνδυνος για τον άνθρωπο, ως αποτέλεσμα της SSC (τιμή παρέμβασης η οποία βασίζεται στην τοξικότητα για τον άνθρωπο). Η έκθεση εκτιμάται με μετρήσεις ή με τους υπολογισμούς του μοντέλου (C-μοντέλο εδάφους). Αν ο οικοτοξικολογικός κίνδυνος ως αποτέλεσμα της πραγματικής έκθεσης δεν υπερβαίνει τα HC50 (οικοτοξικολογικό κριτήριο παρέμβασης για τις αξίες που απορρέουν). Σε μια οικολογικά ευαίσθητη περιοχή, για παράδειγμα, μια προστατευμένη περιοχή, θεωρείται ότι είναι ευαίσθητη όταν μια επιφάνεια 50m<sup>2</sup> επηρεάζεται (αυτό σχετίζεται με το κριτήριο του όγκου για τις τιμές παρέμβασης για τη ρύπανση του εδάφους σε βάθος 0,5m). Αυτό είναι συνυφασμένο με ρεαλιστικά συστήματα για επίγεια όσο και υδρόβια εδάφη, και αν η ετήσια αύξηση (λόγω της διασποράς των ρύπων) των χωμάτων που περιέχουν συγκεντρώσεις των υπόγειων υδάτων πάνω από την τιμή παρέμβασης, είναι μικρότερη από 100m<sup>3</sup> (κριτήριο της έντασης των τιμών παρέμβασης για μόλυνση των υπόγειων υδάτων). Το επείγον πρέπει να επανεκτιμηθεί αν η χρήση γης ή η υδρογεωλογική κατάσταση αλλάξει.

**Ερώτηση 3:** Πότε θα πρέπει να ξεκινήσει ο καθαρισμός;

Στις αρχές του 1997 μια γενική διαδικασία για τον προσδιορισμό του πότε μια διαδικασία καθαρισμού θα πρέπει να ξεκινήσει τέθηκε σε ισχύ. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τα ίδια στοιχεία για τον καθορισμό του επείγοντος χαρακτήρα για την απορρύπανση (πραγματικούς ανθρώπινους κινδύνους, τους πραγματικούς κινδύνους της διασποράς), αλλά και κοινωνικοί και οικονομικοί παράγοντες λαμβάνονται επίσης υπόψη.

Σε σοβαρά μολυσμένες τοποθεσίες η απορρύπανση κρίνεται επείγουσα (με βάση την πραγματική ανθρώπινη, οικοτοξικολογική και διασπορά κινδύνων) και χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- Εκκίνηση απορρύπανσης εντός 4 ετών
- Μεταξύ 4 και 10 ετών
- Μετά από 10 χρόνια.

Εντός αυτών των ορίων, ένα χρονοδιάγραμμα καθορίζεται σύμφωνα με κοινωνικές και οικονομικές παραμέτρους. Η διαδικασία αποτελείται από δύο βήματα:

*Πρώτο βήμα:* Η πρώτη κατηγορία (έναρξη απορρύπανσης εντός 4 ετών) εφαρμόζεται στις ακόλουθες τοποθεσίες:

- Û Υπέρβαση των ορίων επικινδυνότητας για τον άνθρωπο.
- Û Πρόκειται για ένα σημαντικό φυσικό καταφύγιο.
- Û Η ετήσια αύξηση του μολυσμένου εδάφους λόγω της διασποράς έχει τουλάχιστον 5000 m<sup>3</sup>.
- Û Η μόλυνση φθάνει σε ευπαθείς στόχους εντός 4 ετών (π.χ. παροχή πόσιμου νερού).

Η δεύτερη κατηγορία (έναρξη απορρύπανσης μεταξύ 4 και 10 ετών) εφαρμόζεται στις ακόλουθες τοποθεσίες:

- Û Δεν υπάρχει υπέρβαση του κινδύνου για τον άνθρωπο.
- Û Πραγματικοί οικοτοξικολογικοί κίνδυνοι εμφανίζονται (σύμφωνα με τη διαδικασία για τον προσδιορισμό της επείγουσας απορρύπανσης), αλλά ο χώρος δεν είναι ένας σημαντικός βιότοπος.
- Û Η μόλυνση φθάνει στους ευπαθείς στόχους μεταξύ 4 και 10 ετών (π.χ. παροχή πόσιμου νερού).

Η τρίτη κατηγορία (έναρξη απορρύπανσης μετά από 10 χρόνια) περιέχει όλες τις επείγουσες τοποθεσίες που δεν έχουν ταξινομηθεί στην πρώτη ή τη δεύτερη κατηγορία.

*Δεύτερο βήμα:* Δεν υπάρχει λεπτομερής διαδικασία για τον προσδιορισμό του χρονικού πλαισίου (εντός των παραπάνω ορίων), σύμφωνα με κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες. Οι αρμόδιες αρχές (επαρχίες και μεγάλες πόλεις) καθορίζουν τα κριτήρια που θα χρησιμοποιηθούν στα σχέδια της πολιτικής τους. Τα κριτήρια αυτά παρέχουν ένα σημείο εκκίνησης για τις διαπραγματεύσεις ανάμεσα στις αρχές και τους ρυπαίνοντες ή τους ιδιοκτήτες, προκειμένου να αποφασίσει σε ποιο έτος της απορρύπανσης θα πρέπει να αρχίσει. Τα κριτήρια κυριαρχούνται από κοινωνικούς και οικονομικούς παράγοντες, αλλά και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες μπορούν επίσης να ληφθούν υπόψη.

Στα πλαίσια της παροχής υποστήριξης σε εκείνους τους ανθρώπους που έχουν να αντιμετωπίσουν αυτές τις μάλλον περίτεχνες διαδικασίες (καθορισμός του επείγοντος για την απορρύπανση και τον χρόνο απορρύπανσης πρέπει να ξεκινήσει), ένα πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή έχει γραφτεί από τον Van Hall Institute κατόπιν αιτήματος του Υπουργείου.

#### **Ερώτηση 4:** Ποιος είναι ο στόχος της απορρύπανσης;

Στο παρελθόν, η στρατηγική είχε επικεντρωθεί σε απορρύπανση των συγκεντρώσεων ρύπων στο επίπεδο των τιμών-στόχων (ή τοπικό υπόβαθρο) με αποτέλεσμα ένα πολύ λειτουργικό έδαφος, δηλαδή, εκτός από περιπτώσεις που η απορρύπανση:

- Û Είχε προκληθεί από περιβαλλοντικά προβλήματα
- Û Ήταν αδύνατη για τεχνικούς λόγους
- Û Ήταν πάρα πολύ ακριβή.

Αν μια συνολική απορρύπανση φαινόταν να είναι αδύνατη η περιοχή ήταν απομονωμένη, ελεγχόταν ή και παρακολουθούταν (ICM προσέγγιση). ICM λύσεις που θα μπορούσε να περιλαμβάνει μερική εκσκαφή του εδάφους και θα μπορούσε να σχετίζεται με την τρέχουσα ή την προβλεπόμενη χρήση του. Μία σταδιακή, βήμα προς βήμα προσέγγιση για την εξυγίανση ήταν επιτρεπτή εφ' όσον ο άμεσος κίνδυνος της περιοχής αντιμετωπιζόταν

όσο το δυνατόν συντομότερα. Στην πράξη, η διάκριση μεταξύ του συνολικού καθαρισμού και την ΜΠΕ βρέθηκε να είναι υπερβολικά αυστηρή και δεν είναι οικονομικώς αποδοτικό. Ως εκ τούτου άλλες πιθανές λύσεις πρέπει να διερευνηθούν. Πρόσφατα, το γεγονός αυτό οδήγησε σε μια νέα στρατηγική.

Για τις νέες τοποθεσίες (μολυσμένες κατά τη διάρκεια και μετά το 1987), ένα σύνολο μεθόδων απορρύπανσης πρέπει να εκτελείται, Για τα παλαιά ορυχεία (μολυσμένα πριν από το 1987) και με μεταφερόμενους ρύπους, η μόλυνση θα πρέπει να αφαιρεθεί σε όσο το δυνατόν περισσότερο βαθμό με οικονομικά αποδοτικό τρόπο. Για τις παλιές τοποθεσίες με μη μεταφερόμενους ρύπους, η μόλυνση θα πρέπει να αφαιρεθεί στο βαθμό που απαιτείται, αναγνωρίζοντας την τελική χρήση της περιοχής (λειτουργία - προσανατολισμένη προσέγγιση).

Το γενικό περίγραμμα της νέας προσέγγισης που εγκρίθηκε από το ολλανδικό Κοινοβούλιο το 1997. Συμβουλές για το πώς να ασχοληθεί με ορισμένες πτυχές αυτής της προσέγγισης (π.χ. σχέση κόστους -αποτελεσματικότητας, τα κριτήρια για την κινητικότητα) καθορίζεται από το χειμώνα του 1999.

#### 4.4.2. Ισπανία



Η Ισπανία είναι ένα κράτος της νοτιοδυτικής Ευρώπης, που καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της Ιβηρικής χερσονήσου. Προς Βορρά ορίζεται από τον Βισκαϊκό κόλπο και με τη Γαλλία από την οποία την χωρίζει η μεγάλη οροσειρά των Πυρηναίων.

Επίσης επί των Πυρηναίων και Βορειοανατολικά συνορεύει με την Ανδόρρα. Ανατολικά και νότια βρέχεται από τη Μεσόγειο Θάλασσα και νοτιοδυτικά βρέχεται από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Δυτικά συνορεύει με την Πορτογαλία.

**Εικόνα 4.15:** Ισπανία

(ΠΗΓΗ: <http://www.europ-assistance.gr>)

Ο στόχος της Ισπανίας για την προστασία των οικοσυστημάτων είναι να εξασφαλιστεί ότι θα λειτουργεί σωστά. Ο κίνδυνος ενός οικοσυστήματος που επηρεάζεται είναι άμεσα συνδεδεμένος με το πόσο καλά θα διατηρηθεί, και τα συστήματα που έχουν αναπτυχθεί για να εγγυηθεί την διατήρηση και την εξέλιξή τους, αν έχει επηρεαστεί αρνητικά. Υπό το πρίσμα αυτό, και λαμβάνοντας υπόψη την παρούσα κατάσταση των επιστημονικών γνώσεων, οι κατευθυντήριες τιμές έχουν προκύψει με βάση τα ακόλουθα κριτήρια.

#### **1<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Η αξιολόγηση εστιάζεται στο ΟΝΝ τις επιπτώσεις στη δομή των οικοσυστημάτων. Αυτό προϋποθέτει ότι η προστασία της δομής περιλαμβάνει επίσης την προστασία για την λειτουργία και το οικοσύστημα στο σύνολό του.

#### **2<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Τα επίπεδα κινδύνου ως εκ τούτου έχουν καθοριστεί σύμφωνα με τα ποσοστά των ειδών που επηρεάζονται. Το κρίσιμο ποσοστό μπορεί να ποικίλλει, συνήθως σύμφωνα με την

οικολογική σημασία των πιο ευαίσθητων ειδών. Στην περίπτωση των τιμών ελέγχου, τα επίπεδα Β και Γ έχουν καθοριστεί γενικά στην προστασία των αξιών 90% και 50% των ειδών, αντίστοιχα. Οι VIE-C αξίες ερμηνεύονται από την οπτική γωνία της προστασίας των οικοσυστημάτων ως ένα οικολογικό όριο (το ήμισυ του τα είδη που επηρεάστηκαν). Σκοπός τους στο πλαίσιο του συστήματος αξιολόγησης της ποιότητας είναι να χρησιμεύσει ως σήμα συναγερμού.

### **3<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Η αξιολόγηση βασίζεται κυρίως σε αποτελέσματα λόγω της άμεσης έκθεσης σε μολυσμένο έδαφος. Ασπόνδυλα του εδάφους, έχουν την κύρια εστίαση, αν και τα φυτά και μικροοργανισμοί μπορούν επίσης να συμπεριληφθούν. Η επιλογή βασίζεται στη σημασία των ασπόνδυλων στην οικολογία του εδάφους και σχετικά φτωχή ικανότητα προσαρμογής τους, που τους βάζουν σε μεγαλύτερο κίνδυνο. Όπως πρακτικά δύο θέματα, οι πιστοποιημένες εργαστηριακές δοκιμές και οι μέθοδοι παρέκτασης, εξετάζονται επίσης.

### **4<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Όταν υπάρχουν ενδείξεις για βιοσυσσώρευση μέσω της τροφικής αλυσίδας, πρέπει να ληφθούν και αυτοί οι παράμετροι υπόψη.

### **5<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Μόνο οι άμεσες συνέπειες για τα είδη που θεωρούνται, ευαίσθητα αφού τα δεδομένα οικοτοξικότητας που είναι διαθέσιμα κυρίως προέρχονται από υπολογιστικά μοντέλα και εργαστηριακές δοκιμές.

### **6<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Αν οι μολυσματικοί παράγοντες δρουν απευθείας σε άτομα, για τα χαμηλότερα οργανωτικά επίπεδα, ότι είναι σημαντικό σε επίπεδο οικοσυστήματος είναι το επίπεδο του πληθυσμού, κατά συνέπεια, η αξιολόγηση θα πρέπει να είναι συγκεκριμένη. Ως εκ τούτου, στα αποτελέσματα αυτά που αφορούν τα χαρακτηριστικά είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη η δυναμική των πληθυσμών.

### **7<sup>ο</sup> Κριτήριο:**

Έχει υποτεθεί ότι η ευαισθησία σε τοξικές ουσίες από τα είδη που συνθέτουν ένα οικοσύστημα ακολουθεί μια γνωστή κατανομή, και πρέπει να υπάρχει συγκεκριμένο υλικοτεχνικό πρωτόκολλο. Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα για να κατασκευάσει κάποιος αυτή τη λειτουργία, ακολουθείται ένα προσεγγιστικό μοντέλο.

#### **4.4.2.1. Πρόσφατες εξελίξεις στην αξιολόγηση της έκθεσης μοντελοποίηση**

Η Ισπανία προσπαθεί να ενσωματώσει τη διανομή με βάση τις τιμές (αντί των σταθερών τιμών) για τον χαρακτηρισμό των διαφόρων παραμέτρων που εμπλέκονται στην ανθρώπινη εκτίμηση επικινδυνότητας στην έκθεση της ρύπανσης. Η αρχική εργασία έγινε με τη βοήθεια του CRBE στο Nottingham Trent University, που προσάρμοζε το Ηνωμένο Βασίλειο Αξιολόγηση έκθεσης μολυσμένης γης (CLEA) μοντέλο για περιπτώσεις της Χώρας των Βάσκων. Η προσαρμοσμένη έκδοση ονομάζεται EUSCLEA.

#### 4.4.3. Ηνωμένο Βασίλειο



**Εικόνα 4.16.:** Ηνωμένο Βασίλειο  
(ΠΗΓΗ: <http://www.europ-assistance.gr>)

Το Ηνωμένο Βασίλειο της Μεγάλης Βρετανίας και της Βορείου Ιρλανδίας είναι κράτος της βορειοδυτικής Ευρώπης. Βορειοδυτικά συνορεύει με την Ιρλανδία και βρέχεται περιμετρικά από τη Βόρεια Θάλασσα.

Το συνολικό έδαφος της χώρας διαμοιράζεται ανάμεσα στις Βρετανικές Νήσους. Τα δύο μεγάλα νησιά του Βρετανικού Αρχιπελάγους και τα πολυάριθμα μικρά νησιά που βρίσκονται κοντά στις βρετανικές ακτές, όπως οι Ορκάδες, οι νήσοι Σέτλαντ και οι Εβρίδες, το Άνγκλεσι και το νησί Μαν στην Ιρλανδική θάλασσα. Τμήμα του Ηνωμένου Βασιλείου αποτελεί επίσης η νήσος Γουάιτ και τα Νησιά της Μάγχης.

Το Ηνωμένο Βασίλειο ακολουθεί πολιτικές που βασίζονται κυρίως στους εξής κινδύνους:

- Û Κίνδυνοι για την ανθρώπινη ζωή
- Û Κίνδυνοι για το υδάτινο περιβάλλον
- Û Οικολογικοί κίνδυνοι
- Û Κίνδυνοι για τα οικοδομικά υλικά

#### Ø Κίνδυνοι για την ανθρώπινη ζωή

Για πολλά χρόνια στο Ηνωμένο Βασίλειο έχει λειτουργήσει μια άμεση προσέγγιση για την αξιολόγηση των κινδύνων από μολυσμένο έδαφος στο οποίο οι τιμές ενεργοποίησης προφύλαξης στο κατώτατο όριο ορίζονται με βάση το έλεγχο του επιπέδου για μερικούς από τους πιο κοινούς ρύπους του εδάφους. Λεπτομερής αξιολόγηση των κινδύνων ειδικά για μια περιοχή, με βάση την έκθεση και την τοξικότητα, χρησιμοποιείται όταν αυτό είναι ιδιαίτερα περίπλοκο ή ευαίσθητες περιστάσεις το απαιτούν. Στο πλαίσιο των άμεσων κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου είναι αυτά που απαιτούν οι τιμές ορίου σταδιακά να αντικατασταθούν από κατευθυντήριες τιμές. Οι κατευθυντήριες τιμές προκύπτουν χρησιμοποιώντας τις ίδιες διαδικασίες και αλγορίθμους και χρησιμοποιούνται για την λεπτομερή αξιολόγηση των κινδύνων, ειδικά για μια περιοχή αλλά εφαρμόζεται σε τυπικά σενάρια γης που χαρακτηρίζονται από ειδικές υποθέσεις έκθεσης της ρύπανσης (DETR, στο πλαίσιο της προετοιμασίας).

Κατευθυντήριες τιμές μπορούν επομένως να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση του κινδύνου για όσο διάστημα ο εκτιμητής του χώρου έχει πεισθεί ότι:

- Οι παραδοχές στις οποίες βασίζονται οι τιμές είναι σχετικές με την πηγή-μονοπάτι-υποδοχέα περιστάσεις της εν λόγω τοποθεσίας.



- Έχουν οποιεσδήποτε άλλες συνθήκες σχετικές με τη χρήση των κατευθυντήριων τιμών που έχει παρατηρηθεί (π.χ. το καθεστώς δειγματοληψίας και τις μεθόδους προετοιμασίας του δείγματος και την ανάλυση)
- Έχουν πραγματοποιήσει κατάλληλες προσαρμογές για να καταστεί δυνατή η διαφορά μεταξύ των περιστάσεων της εν λόγω περιοχής και οι παραδοχές ή άλλοι παράγοντες που σχετίζονται με τις κατευθυντήριες τιμές.

Για να βοηθήσει κάποιος στη λήψη αυτών των αποφάσεων, έτσι ώστε να αντικατοπτρίζουν την «κατάλληλη για χρήση» πολιτική πρέπει κάποιος να λάβει υπόψη του ξεχωριστές κατευθυντήριες τιμές που προκύπτουν ως λειτουργίες από τον τύπο του εδάφους, pH του εδάφους, της περιεκτικότητας του εδάφους σε οργανική ύλη κλπ. Όταν οι κατευθυντήριες γραμμές δεν είναι διαθέσιμες ή η χρήση τους δεν είναι κατάλληλη, άλλες μέθοδοι εκτίμησης του κινδύνου μπορεί να χρησιμοποιηθούν εφ' όσον είναι σκόπιμο, έγκυρες και επιστημονικά τεκμηριωμένες (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

### **Ø Κίνδυνοι για το υδάτινο περιβάλλον**

Είναι πιο δύσκολο να προκύψουν γενικές οδηγίες για την προστασία των υπόγειων υδάτων σε σχέση με το έδαφος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το μεγαλύτερο μέρος των βασικών μεταβλητών (πάχος και εγγύτητα του εδάφους και βραχώδες υπόστρωμα, το βάθος, σε σημεία άντλησης, κλπ.) είναι συγκεκριμένες για κάθε περιοχή. Ο Οργανισμός Περιβάλλοντος αναπτύσσει επί του παρόντος οδηγίες σχετικά με μια κλιμακωτή προσέγγιση για την αξιολόγηση των κινδύνων για τα υπόγεια ύδατα. Αυτό περιλαμβάνει απλές μεθόδους ελέγχου και σταδιακά όλο και πιο εξελιγμένες μεθόδους αξιολόγησης του κινδύνου για τη χρήση, όταν οι περιστάσεις δικαιολογούν το πρόσθετο κόστος.

Οι νέες κατευθυντήριες γραμμές θα τονίσουν τη σημασία του επαρκούς εννοιολογικού μοντέλου της τοπικής και περιφερειακής υδρολογίας. Ομοίως, η μεταφορά των ρύπων από το έδαφος στα επιφανειακά ύδατα είναι ιδιαίτερα στο συγκεκριμένο χώρο και εξαρτάται από την απορροή όγκου, τη μέγιστη ταχύτητα ροής, το έδαφος, το μήκος των πρανών διαβρωσιμότητας και κλίσης, την απορροφητική ικανότητα του εδάφους, τη βλάστηση τύπου κάλυμμα και την απόσταση από την παραλαβή του σώματος.

Χώροι όπου η μεγαλύτερη απειλή είναι τα επιφανειακά ύδατα θα πρέπει να αξιολογηθούν σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Οδηγίες σχετικά με την εκτίμηση των επιπτώσεων της μολυσμένης γης για τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα έχει δημοσιευθεί από τον Οργανισμό Περιβάλλοντος (1996a, b), το υπουργείο (1994β) και Ciriá (1995). συγκεκριμένες οδηγίες και μια μεθοδολογία έχει επίσης αναπτυχθεί για την αποκατάσταση των μολυσμένων υπογείων υδάτων. Λαμβάνεται υπόψη η πορεία προς το πλησιέστερο υποδοχέα και τις δυνατότητες του φυσικού εξασθένισης, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις (Harris, 1997).

### **Ø Οικολογικοί κίνδυνοι**

Σε μερικές περιπτώσεις, είναι αναγκαίο να εξεταστεί βλάβη ή παρεμβολές στα οικοσυστήματα και ενδιαιτήματα που προστατεύονται από την Άγρια Ζωή και την ύπαιθρο σύμφωνα με το Νόμο του 1981, της κοινοτικής οδηγίας 79/409/ΕΟΚ περί της διατήρησης των αγρίων πτηνών και της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ για τους οικοτόπους. Η νέα νομοθεσία (Περιβάλλον Act 1995) προσδιορίζει ορισμένους ειδικά καθορισμένους χώρους που απαιτούν ρύθμιση από τον Οργανισμό Περιβάλλοντος όπου έχουν οριστεί ως μολυσμένη γη στο πλαίσιο του νόμου.

Εκτιμήσεις: Η αξιολόγηση του κινδύνου για τις εν λόγω περιοχές είναι, φυσικά διαφορετική για συγκεκριμένο χώρο. Γενικές οδηγίες για οικολογική αξιολόγηση του

κινδύνου παρέχονται στο Ciria (1995) και αποτελεί σήμερα αντικείμενο έρευνας του Οργανισμού Περιβάλλοντος.

### **Ø Κίνδυνοι για τα οικοδομικά υλικά**

Μερικοί ρυπαντές του εδάφους μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά τα οικοδομικά υλικά. Εντός του Ηνωμένου Βασιλείου το θέμα αυτό συνήθως γίνεται με αναφορά σε γενικές κατευθυντήριες τιμές, αν και αναγνωρίζεται ότι σήμερα υπάρχουν σχετικά λίγα χρήσιμα στοιχεία για τις επιπτώσεις των επικίνδυνων ουσιών για τα δομικά υλικά και τις κατασκευές. Καθοδήγηση παρέχεται από το Κέντρο Ερευνών Building (1994) και Ciria (1995).

#### **4.4.3.1. Διαδικαστικές οδηγίες**

Τα τελευταία χρόνια, έχει αναγνωριστεί ότι θα υπάρξουν οφέλη σε αυξημένο επίπεδο με συνέπεια στη λεπτομερή προσέγγιση για την αξιολόγηση των κινδύνων που εγκρίθηκε από τους ειδικούς στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ως εκ τούτου, παράλληλα με την ανάπτυξη εργασιών σχετικά με τα μοντέλα και κατευθυντήριες τιμές για τους σκοπούς της αξιολόγησης των κινδύνων, η ερευνητική προσπάθεια έχει επίσης επικεντρωθεί στην ανάπτυξη των κατευθύνσεων για τις κατάλληλες διαδικασίες που πρέπει να ακολουθούνται όταν ασχολείται κάποιος με μολυσμένες τοποθεσίες. Αυτές οι διαδικασίες που ορίζουν βήμα-βήμα τις κατευθύνσεις για τις δραστηριότητες που απαιτούνται και καθορίζουν τις σχέσεις μεταξύ των διαφόρων δραστηριοτήτων και πώς να χρησιμοποιούνται, τα διάφορα τεχνικά πρότυπα.

Οι διαδικαστικές οδηγίες που αναπτύσσονται δεν θα είναι υποχρεωτικές, αλλά θα ορίζονται από το πρωτόκολλο ορθών πρακτικών. Θα πρέπει να εφαρμόζονται σε όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των ρυθμιστικών αρχών, της βιομηχανίας, τους γαιοκτήμονες, προγραμματιστές και επαγγελματίες. Ειδικοί τομείς αναπτύσσουν τώρα τις δικές τους συγκεκριμένες στο Ηνωμένο Βασίλειο διαδικαστικές οδηγίες με βάση γενική καθοδήγηση.

#### **4.4.3.2. Γνωστοποίηση των κινδύνων**

Στις περισσότερες περιπτώσεις, διάφορα μέρη εμπλέκονται με ένα μολυσμένο χώρο. Η αποτελεσματική επικοινωνία σχετικά με τους διάφορους κινδύνους και τα θέματα είναι απαραίτητη για την επιτυχή έκβαση της απορρύπανσης. Ωστόσο, στο Ηνωμένο Βασίλειο η εμπειρία δείχνει ότι οι διαφορετικές αντιλήψεις, οι ανάγκες και οι στόχοι των διαφόρων μερών δεν ενθαρρύνουν πάντοτε τη σαφήνεια και τη συμβατότητα της κατανόησης σε συζητήσεις σχετικά με τους κινδύνους μόλυνσης. Η Υπηρεσία Περιβάλλοντος, τη Σκωτική Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος, και η Βόρεια Ιρλανδία Υπηρεσία Περιβάλλοντος και Κληρονομιάς χρηματοδοτούν από κοινού το ερευνητικό έργο με στόχο την εξεύρεση τρόπων για τη βελτίωση της επικοινωνίας επικινδυνότητας για τους ρυπασμένους τοποθεσίες (Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με την ρύπανση του περιβάλλοντος και τις πολιτικές αντιμετώπισης της από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Κατά την εκπόνηση της κατανοήθηκαν οι τρόποι επέκτασης της ρύπανσης στο έδαφος, στα ύδατα και στον αέρα. Αναλύθηκαν τα προβλήματα που δημιουργεί η ρύπανση αλλά και οι τρόποι αντιμετώπισης σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι η προστασία του περιβάλλοντος έχει καθοριστική σημασία για την ποιότητα ζωής των σημερινών και των μελλοντικών γενεών.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση με τις πολιτικές που ακολουθεί έχει σκοπό την ποιοτική αναβάθμιση ζωής του ανθρώπου, προσπαθώντας να τον προστατέψει από την καταστροφή που έχει πραγματοποιηθεί στον πλανήτη από τον ίδιο. Τα μέτρα που λαμβάνονται είναι αυστηρά. Ωστόσο, κάθε χώρα δίνει βάση και δημιουργεί το δικό της νομοθετικό πλαίσιο με σκοπό να δώσει έμφαση στα δικά της προβλήματα που αντιμετωπίζει, πάντα όμως βασιζόμενη στην ενιαία Ευρωπαϊκή πολιτική.

Αυτό που ωστόσο αποτελεί πρόκληση στην Ευρωπαϊκή Ένωση είναι ο συνδυασμός της προστασίας του περιβάλλοντος με τη συνεχή οικονομική ανάπτυξη, με βιώσιμο μακροπρόθεσμα τρόπο. Η περιβαλλοντική πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης βασίζεται στην πεποίθηση ότι η ύπαρξη υψηλών περιβαλλοντικών προτύπων τονώνει την καινοτομία και τις επιχειρηματικές δυνατότητες. Η οικονομική, η κοινωνική και η περιβαλλοντική πολιτική είναι στενά συνυφασμένες μεταξύ τους.



**Εικόνα 5.1.:** Το «καθαρό» μέλλον καθορίζεται από τον άνθρωπο.  
(ΠΗΓΗ: <http://glossologein.blogspot.gr/2010/10/blog-post.html>)

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Καββαδάς Μ. , Πανταζίδου Μ., 2007, *Στοιχεία περιβαλλοντικής γεωτεχνικής*, Έκδοση Ε.Μ. Πολυτεχνείο, Αθήνα.
2. Αντζουλάτου Α., Πετρίδη Α., 2011, *Εκτίμηση επικινδυνότητας ρύπανσης*, Έκδοση Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
3. Φάλλσας Γ. , Χαλαμπίδου Φ., 2013, *Συστήματα ορίων Atteberg*, Έκδοση Τ.Ε.Ι. Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
4. Τζιάκος Κ., Κοντάκος Α, 2014, *Ρύπανση ταμιευτήρων υπόγειων υδάτων: Μηχανισμοί ρύπανσης και Τεχνολογίες απορρύπανσης*, Έκδοση Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
5. Αντωνόπουλος, Β., 2001, *Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών*, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
6. Δρίβελας Α., 2009, *Διερεύνηση του αλλουβιακού υδροφορέα του Μυρτούς Λασιθίου για την δημιουργία υπόγειου ταμιευτήρα με διαφραγματικό τοίχο*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
7. Χριστόπουλος Ι., 2012, *Τεχνολογίες έλεγχου και αποκατάστασης ρυπασμένων εδαφών και υπόγειων ταμιευτήρων νερού*, Εκδόσεις ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
8. Χρυσικού Ε., 2010, *Τεχνητός εμπλουτισμός υπόγειων υδροφόρων με επεξεργασμένα λύματα – Περίπτωση εφαρμογής στο Θριάσιο πεδίο*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
9. Αϊνατζή Ο. και Πατεράκη Α., 2010, *Μέθοδοι διαχείρισης ρύπανσης εδαφών και υπόγειων υδάτων*, Εκδόσεις ΤΕΙ Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη.
10. Αντωνόπουλος, Β., 1999. *Υδρολογία της Ακόρεστης Ζώνης του Εδάφους*, Θεσσαλονίκη.
11. Αντωνιάδης Β., 2001, *Ρύπανση εδαφών: Αιτίες και τρόποι αντιμετώπισης*, Έκδοση Εθνικό Ίδρυμα Αγροτικής Έρευνας, Ινστιτούτο Χαρτογράφησης και Ταξινόμησης Εδαφών Λάρισα
12. Τσιούρης Σ., 2001, *Θέματα Προστασίας Περιβάλλοντος*, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
13. Καρβούνη Β., 2012, *Μόλυνση υπόγειων νερών στις περιοχές απόθεσης απορριμμάτων – Ισχύουσα σχετική Νομοθεσία – Η περίπτωση της Αττικής*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

14. Νταρλαδήμας Ι., 2007, *Η ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα στο Νομό Λάρισας. Διερεύνηση των δυνατοτήτων απορρύπανσης και τη προσπρικών βι΄ψιμης ανάπτυξης στο νόμο*, Εκδόσεις Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.
15. Χριστούλας Δ., 1991, *Ρύπανση των υδάτων και αντιρρυπαντική τεχνολογία*, Εκδόσεις Συμεών, Αθήνα.
16. Λατινόπουλος Π., 2007, *Εκμετάλλευση των υπόγειων υδάτινων πόρων*, Θεσσαλονίκη.
17. Γκερεδάκη Ε., 2008, *Προσομοίωση υπόγειας ροής και μεταφορά νιτρικών στην περιοχή Τυμπακίου, Ηράκλειο Κρήτης*, Εκδόσεις Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανία.
18. Freeze R.A. and J.A. Cherry, 1979, *Groundwater*, Prentice Hall.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. [http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_9.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_9.pdf)
23. [http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_5.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_5.pdf)
24. <http://alamedapointenvironmentalreport.wordpress.com>
25. [http://www.suk.gr/index.php?option=com\\_content&view=article](http://www.suk.gr/index.php?option=com_content&view=article)
26. <http://www.agronomist.gr>
27. <http://4.bp.blogspot.com/phges.jpg>
28. <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>
29. <http://dim-rizou.pel.sch.gr>
30. <http://dspace.lib.ntua.gr>
31. <http://www.watersave.gr/index.php>
32. <http://ilampos.wordpress.com>
33. <http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/water/water6.htm>

34. <http://www.skanska.co.uk/services/cementation-piling-and-foundations/sub>
35. <http://www.piedmontgeologic.com>
36. <http://www.epem.gr/projecttrash11.html>
37. <http://new.ims.forth.gr/water/sites/new.ims.forth.gr.water/files/documents/papers.pdf>
38. <http://el.wikipedia.org/wiki>.
39. <http://www.env-edu.gr>
40. <http://ebooks.edu.gr>
41. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>
42. [http://gr.freepik.com/free-vector/green-earth-green-theme-vectormaterial\\_512440.htm](http://gr.freepik.com/free-vector/green-earth-green-theme-vectormaterial_512440.htm)
43. <http://www.pi-schools.gr>
44. <http://glossologein.blogspot.gr>
45. <http://grfistiki.blogspot.gr>
46. <http://www.anelixi.org>
47. <http://users.sch.gr>
48. <http://www.pe04.net/rep/eklib/pacs/chemg/common/doyouknow/chapt4/soillayers.htm>
49. <http://www.ncu.org.cy/MSc/projects/desertification/apeiles.html>
50. <http://www.aqua-tek.gr>
51. <http://lap.physics.auth.gr>
52. <http://kpe-kastor.kas.sch.gr>
53. <http://www.ypervasinews.gr>
54. <http://www.flowmagazine.gr>
55. <http://enotitasaronikou.wordpress.com>
56. <http://www.dinfo.gr>
57. <http://rethemnosnews.gr>
58. <http://opag1gydr.blogspot.gr>

59. <http://forum.kithara.gr>
60. <http://www.ergonblog.gr>
61. <http://kireas.org/smf/index.php>
62. <http://www.env-edu.gr>
63. <http://perivallon.pblogs.gr>
64. <http://daskalabm.blogspot.gr>
65. <http://www.airetos.gr>
66. <http://blogs.sch.gr/geortsolbio>
67. <http://gr.freepik.com>
68. <http://gr.dreamstime.com>
69. <http://www.quickbooker.com>
70. <http://kireas.org/evoikos.html>
71. <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.htm>
72. [http://www.kireas.org/monada\\_fa.htm](http://www.kireas.org/monada_fa.htm)