



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΧΩΡΩΝ:
ΟΡΙΑ ΡΥΠΩΝ ΣΕ ΕΔΑΦΟΣ ΚΑΙ
ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ**

*Ευγενία Ζαχαροπούλου
Δρ. Πολιτικός Μηχανικός ΕΜΠ*

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Επιβλέπων: Αναπληρωτής Καθηγητής Δ. Δερματάς

Αθήνα, Νοέμβριος 2018

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract	vi
1. Εισαγωγή	7
2. Ρύπανση εδαφών και υπόγειων νερών	8
2.1. Πηγές Ρύπανσης.....	9
2.2. Είδη Ρύπων.....	11
2.2.1. Ανόργανοι Ρύποι	12
2.2.2. Οργανικοί Ρύποι.....	16
2.2.3 Πτητικές Οργανικές Ενώσεις	28
3. Νομοθετικό Πλαίσιο	33
3.1 Η Οδηγία 2010/75/ΕΕ (Industrial Emissions Directive - IED)	33
3.2 Το Μητρώο Έκλυσης και Μεταφορών Ρύπων (E – PRTR).....	34
3.3 Κατευθυντήριες γραμμές της Ε.Ε σχετικά με τις βασικές εκθέσεις βάσει του άρθρου 22 παράγραφος 2 της οδηγίας 2010/75/ΕΕ περί βιομηχανικών εκπομπών.....	34
3.4 Κανονισμός 1272/2008/ΕΚ (CLP)	36
3.5 Κανονισμός 1907/2006 (REACH).....	37
3.6. Αποδεκτές τιμές ρύπων στα υπόγεια νερά	38
3.7 Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων (ΗΜΑ)	38
3.8 Κατηγορίες και Περιεχόμενο Χρήσεων Γης	39
4. Όρια ρύπων στο έδαφος και το υπόγειο νερό.....	41
4.1 Γενικά.....	41
4.2 Χώρες.....	42
4.2.1 Ελλάδα	42
4.2.2 Αυστρία.....	42
4.2.2.1 Όρια για το έδαφος.....	42
4.2.2.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	43
4.2.3 Βέλγιο	43
4.2.3.1 Όρια για το έδαφος.....	44
4.2.3.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	47
4.2.4 Δανία.....	48
4.2.4.1 Όρια για το έδαφος.....	48

4.2.4.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	49
4.2.5 Ολλανδία	50
4.2.5.1 Όρια για το έδαφος	50
5.2.5.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	51
4.2.6 Σουηδία.....	52
4.2.6.1 Όρια για το έδαφος	52
4.2.6.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	53
4.2.7 Ηνωμένο Βασίλειο	53
4.2.7.1 Όρια για το έδαφος	53
4.2.7.2 Όρια για τα υπόγεια ύδατα.....	55
4.2.8 Νορβηγία	55
4.2.8.1 Αποδεκτές τιμές για το έδαφος	55
4.2.8.2 Όρια για τα υπόγεια ύδατα.....	56
4.2.9 Γερμανία	56
4.2.9.1 Όρια για το έδαφος	56
4.2.9.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	57
4.2.10 Τσεχία	58
4.2.10.1 Όρια για το έδαφος	58
4.2.10.2 Όρια για τα υπόγεια νερά	59
4.3 Σύγκριση ορίων ρύπανσης εδάφους και υπογείων νερών σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες.....	59
4.3.1 Σύγκριση ορίων ανά χρήση για το έδαφος	61
➤ Αστική χρήση	61
➤ Αγροτική χρήση	62
➤ Βιομηχανική χρήση	63
4.3.2 Περαιτέρω έρευνα για τα υπόγεια νερά.....	63
5. Συμπεράσματα	65
6. Προτάσεις.....	67
Βιβλιογραφικές αναφορές	68

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Δραστηριότητες που έχουν συμβάλει στη ρύπανση με βάση τα καταγεγραμμένα περιστατικά.....	10
Σχήμα 2: Οι κύριες κατηγορίες ρύπων στο έδαφος και στα υπόγεια νερά.....	10
Σχήμα 3: Η τύχη οργανικού ρύπου στο νερό και στα ιζήματα.....	17
Σχήμα 4: Δομή βενζοπ(α)υρενίου και του καρκινογόνου παραγώγου του.....	19
Σχήμα 5: Δομή PCPs και PCBs.....	21
Σχήμα 6: Δομή διοξινών.....	22
Σχήμα 7: Δομή TNT.....	24
Σχήμα 8: Δομή DDT και Methoxyclor αντίστοιχα.....	25
Σχήμα 9: Δομή της διοξίνης TCDD.....	26
Σχήμα 10: Δομή οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων.....	26
Σχήμα 11: Δομή καρβαμιδικών εντομοκτόνων.....	27
Σχήμα 12: Δομή Chrysanthemum cinerariaefolium.....	28

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Τυπικοί πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs).	19
Πίνακας 2: Τυπικά πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).	20
Πίνακας 3: Τυπικές διοξίνες και φουράνια.	22
Πίνακας 4: Τυπικές αρωματικές νιτροενώσεις.....	23
Πίνακας 5: Χαρακτηριστικές νιτροαμίνες.....	24
Πίνακας 6: Τυπικά καρβαμιδικά εντομοκτόνα.....	27
Πίνακας 7: Τυπικά πυρεθροειδή εντομοκτόνα.....	28
Πίνακας 8: Ρόλος και υποχρεώσεις αρμόδιων χρηστών χημικών ουσιών.	36
Πίνακας 9: Όρια υπόγειων νερών Αυστρίας σε mg/l.....	43
Πίνακας 10: Όρια εδάφους για τιμές ελέγχου στις Βρυξέλλες σε mg/kg.....	45
Πίνακας 11: Όρια εδάφους για τιμές ελέγχου στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/kg.....	45
Πίνακας 12: Όρια εδάφους για τιμές επέμβασης στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/kg.....	46
Πίνακας 13: Όρια εδάφους για τιμές επέμβασης στη Φλαμανδική περιοχή σε mg/kg.....	47
Πίνακας 14: Όρια υπόγειων νερών στις Βρυξέλλες σε mg/l.....	47
Πίνακας 15: Όρια υπόγειων νερών στη Φλαμανδική περιοχή σε mg/l.....	47
Πίνακας 16: Όρια υπόγειων νερών στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/l.....	48
Πίνακας 17: Όρια εδάφους στη Δανία σε mg/kg.....	49
Πίνακας 18: Τιμές επέμβασης εδάφους στην Ολλανδία σε mg/kg.....	51
Πίνακας 19: Τιμές στόχου και επέμβασης στο υπόγειο νερού στην Ολλανδία σε mg/l.....	51
Πίνακας 20: Όρια εδάφους στη Σουηδία σε mg/kg.....	53
Πίνακας 21: Όρια εδάφους στο Ηνωμένο Βασίλειο σε mg/kg.....	54
Πίνακας 22: Κατηγοριοποίηση των ορίων εδάφους στη Νορβηγία.....	55
Πίνακας 23: Όρια εδάφους στη Νορβηγία σε mg/kg.....	56
Πίνακας 24: Όρια υπόγειων νερών στη Γερμανία σε mg/l.....	57
Πίνακας 25: Όρια εδάφους στην Τσεχία για αγροτική περιοχή σε mg/kg.....	58
Πίνακας 26: Όρια εδάφους στην Τσεχία στις κατηγορίες Α, Β, Γ σε mg/kg.....	58
Πίνακας 27: Μέθοδος ορίων στο έδαφος και στο υπόγειο νερό σε διάφορες χώρες.....	61

Πίνακας 28: Όρια εδάφους για την αστική χρήση σε mg/kg	62
Πίνακας 29: Όρια εδάφους για την αγροτική χρήση σε mg/kg	62
Πίνακας 30: Όρια εδάφους για τη βιομηχανική χρήση σε mg/kg	63
Πίνακας 31: Τιμές επέμβασης στο υπόγειο νερό για Ολλανδία, Αυστρία, Φλαμανδική και Βαλλωνική περιοχή σε mg/l.....	64

Περίληψη

Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα στη σημερινή εποχή, για την αντιμετώπιση της οποίας θα πρέπει ο κάθε ένας από εμάς να συμβάλει στον μέγιστο βαθμό. Διεθνώς, το πρόβλημα της ρύπανσης του περιβάλλοντος άρχισε να διερευνάται πρώτα στις χώρες που είχαν σημαντική βιομηχανική δραστηριότητα. Στη χώρα μας, λόγω της οικονομικής κατάστασης που επικρατεί τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανική δραστηριότητα έχει μειωθεί σημαντικά, με επακόλουθες συνέπειες και για την περιβαλλοντική διαχείριση των μονάδων.

Η παρούσα εργασία με τίτλο «Αποκατάσταση ρυπασμένων χώρων: Όρια ρύπων σε έδαφος και υπόγειο νερό» έχει ως αντικείμενο τη μελέτη των ορίων των αρωματικών ενώσεων βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο και ξυλένιο, γνωστά και ως ΒΤΕΧ, στο έδαφος και στο υπόγειο νερό. Στο πλαίσιο αυτό μελετήθηκαν τα όρια σε εννέα χώρες της Ευρώπης και συγκεκριμένα στη Γερμανία, Ολλανδία, Νορβηγία, Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Τσεχία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο και έγινε σύγκριση μεταξύ τους ανάλογα τη μεθοδολογία που ακολουθεί η κάθε χώρα. Από την έρευνα αυτή πρέκυψε ότι κάθε χώρα χρησιμοποιεί δικά της όρια ρύπανσης για το έδαφος και το υπόγειο νερό πιθανότερα λόγω της οικονομίας που έχει αναπτύξει και λόγω της διαφορετικής πολιτικής που ακολουθεί ως προς το περιβάλλον. Ανάλογα τον σκοπό, τη χρήση και τη μέθοδο υπολογισμού τα όρια ποικίλουν.

Στην Ελλάδα δεν έχουν οριστεί όρια ρύπων για το έδαφος, ενώ αναφορικά με το υπόγειο νερό ακολουθούνται συνήθως οι μέγιστες τιμές για το υπόγειο νερό καλής χημικής κατάστασης που προδιαγράφονται στην ΚΥΑ 1811/2011 ή οι μέγιστες τιμές για το πόσιμο νερό (ΚΥΑ 67322/2017). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν μια πρώτη προσέγγιση ορίων για τα ΒΤΕΧ στο έδαφος και το υπόγειο νερό στην Ελλάδα, η οποία δεν έχει θεσπίσει όρια για τους συγκεκριμένους αρωματικούς ρύπους (ΒΤΕΧ).

Βασικό συμπέρασμα της εργασίας αυτής είναι ότι λόγω της ιδιαιτερότητας της Ελλάδας απαιτείται περαιτέρω έρευνα για τον καθορισμό των ορίων των αρωματικών ρύπων στο έδαφος και στο υπόγειο νερό, ανάλογα τη χρήση, τη θέση και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που κάθε φορά επικρατούν.

Abstract

Environmental pollution is a matter of major significance today, the mitigation of which is something each of us should contribute to. Internationally, the problem of environmental pollution has first begun to be explored in countries with significant industrial activity. In our country, due to the economic situation that has prevailed in recent years, industrial activity has declined significantly, with consequences also for the environmental management of the industrial plants.

The present thesis entitled "Rehabilitation of Polluted Sites: Pollutant Thresholds in Soil and Ground Water" aims at studying the thresholds of the aromatic compounds benzene, toluene, ethylbenzene and xylene, also known as BTEX, in soil and groundwater. In this context, the thresholds were studied in nine countries in Europe, namely Germany, the Netherlands, Norway, Austria, Belgium, Denmark, the Czech Republic, Sweden and the United Kingdom, and were compared on the basis of each country's methodology. This study has shown that each country uses its own thresholds for soil and groundwater probably due to the different economy it has developed and because of its different environmental policy. Depending on the purpose, use and method of calculation, the thresholds vary.

In Greece, no thresholds have been generally set for soil, while for groundwater the maximum values of good chemical status prescribed in Joint Ministerial Decision 1811/2011 or the maximum values for drinking water (Joint Ministerial Decision 67322/2017) are usually followed. The purpose of this preliminary study is to come to a conclusion for BTEX thresholds in soil and groundwater in Greece.

The main conclusion of this study is that due to specific conditions of Greece, further research is needed to determine the thresholds of aromatic pollutants in soil and groundwater, depending on site-specific conditions such as the use, the location and the environmental conditions that prevail.

1. Εισαγωγή

Ο όρος “γεω-περιβάλλον” περιλαμβάνει τους εδαφικούς σχηματισμούς (έδαφος και υπέδαφος) και τα υπόγεια νερά που συναντώνται εντός των υδροφορέων. Η προστασία του γεωπεριβάλλοντος περιλαμβάνει την προστασία εδαφών και υδροφορέων από τη ρύπανση αλλά και γενικότερα την προστασία των υπογείων νερών από την υποβάθμιση της ποιότητάς τους.

Διεθνώς, το πρόβλημα της ρύπανσης του γεωπεριβάλλοντος άρχισε να διερευνάται πρώτα στις χώρες που, αφενός είχαν σημαντική βιομηχανική και στρατιωτική δραστηριότητα, αφετέρου είχαν ήδη αντιμετωπίσει νομοθετικά και τεχνικά τα πιο επείγοντα προβλήματα της ρύπανσης των επιφανειακών νερών, του εδάφους και της ατμόσφαιρας.

Στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι μέσα από την ανάλυση των ορίων ρύπανσης στο έδαφος και στο υπόγειο νερό και των μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη να προταθεί για την Ελλάδα μια αντίστοιχη μέθοδος αξιολόγησης. Είναι προφανές ότι η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή. Στο σημείο αυτό πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η συλλογή των δεδομένων της νομοθεσίας μιας σειράς χωρών ήταν μια δύσκολη διαδικασία και ο έλεγχος των θεσμοθετημένων τιμών που εμφανίζονταν στη βιβλιογραφία όχι πάντα δυνατός. Για τον λόγο αυτό τα όρια ρύπων στο έδαφος και στο υπόγειο νερό διαφόρων χωρών που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο για να δείξουν την τάση που κάθε χώρα έχει στο θέμα της θεσμοθέτησης ορίων αλλά όχι για να προταθούν συγκεκριμένα όρια ρύπων. Ωστόσο, ακόμα και με τον τρόπο αυτό η αξία τους είναι σημαντική καθώς σκιαγραφούν τη γενικότερη κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην Ευρώπη σε αυτό το αντικείμενο. Ίδια θε πρέπει να είναι η προσέγγιση του αναγνώστη της διπλωματικής.

Η δομή της παρούσας εργασίας έχει ως εξής:

Στο Κεφάλαιο 2 αναλύεται η ρύπανση των εδαφών και των υπόγειων νερών, καθώς επίσης και τα κύρια είδη των ρύπων τόσο στο έδαφος όσο και στα υπόγεια νερά.

Στο Κεφάλαιο 3 γίνεται εκτενής αναφορά στο νομοθετικό πλαίσιο σε Εθνικό επίπεδο.

Στο Κεφάλαιο 4 παρουσιάζονται τα όρια των ρύπων ως προς το έδαφος και το υπόγειο νερό σε διάφορες χώρες της Ευρώπης.

Στο Κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας εργασίας και στο Κεφάλαιο 6 προτάσεις που προέκυψαν μέσα από την έρευνα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

2. Ρύπανση εδαφών και υπόγειων νερών

Η ρύπανση του γεωπεριβάλλοντος (έδαφος και υπόγεια νερά) αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα θέματα της εποχής μας με σημαντικές οικονομικές προεκτάσεις (Dermatas and Panagiotakis, 2011).

Η έννοια της “ρύπανσης” δεν είναι επακριβώς και σαφώς καθορισμένη. Συγκεκριμένα, ο όρος “ρύπανση περιβάλλοντος” συχνά αναφέρεται στη “διάθεση εντός του περιβάλλοντος, με οποιοδήποτε τρόπο, ουσιών, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στον άνθρωπο ή σε άλλους ζώντες οργανισμούς που εξαρτώνται από το περιβάλλον” (The Environmental Protection Act of the United Kingdom, 1990). Στον ανωτέρω ορισμό δεν καθορίζονται σαφώς οι ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στον άνθρωπο, δεδομένου ότι σχεδόν όλες οι ουσίες μπορούν δυνητικά να καταστούν επικίνδυνες. Στη σύγχρονη και τεχνολογικά εξελισσόμενη κοινωνία παράγεται καθημερινά ένας υψηλός αριθμός οργανικών αλλά και ανόργανων ενώσεων, οι οποίες συχνά εξαιτίας ακατάλληλων πρακτικών διαχείρισης καταλήγουν στο έδαφος και στους υπόγειους υδροφορείς.

Η ποιότητα του εδάφους και του υπόγειου νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών που όμως είναι δυνατόν να επηρεάζονται και από την ανθρώπινη παρέμβαση, η οποία αφορά είτε στην απευθείας εισαγωγή χημικών ουσιών είτε στην έμμεση επέμβαση στις φυσικές διεργασίες (π.χ. υπεράντληση υπόγειου νερού αποτέλεσμα της οποίας μπορεί να είναι η εισροή θαλασσινού νερού).

Μια από τις κυριότερες πηγές ρύπανσης εδάφους και υπόγειου νερού είναι η βιομηχανική δραστηριότητα. Η ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου νερού σε βιομηχανικούς χώρους προκαλείται, συνήθως, από διαρροές σε αποθηκευτικούς χώρους, ατυχήματα, βλάβες στα δίκτυα μεταφοράς χημικών ουσιών και αποβλήτων, ακατάλληλη αποθήκευση και διάθεση αποβλήτων στο έδαφος, όπου τα στραγγίσματα δύναται να αποτελέσουν αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών σε περίπτωση διαρροής τους κ.α.. Επίσης, τα ζωικά απόβλητα (κοπριές), καθώς και τα αγροχημικά και φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία αποτελούν σημαντικές πηγές ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών. Η ρύπανση εδάφους και υπόγειων νερών μπορεί να είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη, καθώς είναι δυνατόν να αφορά σε ουσίες τοξικές και επικίνδυνες για τον άνθρωπο και το φυσικό περιβάλλον, ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Επιπλέον, οι ουσίες αυτές είναι δυνατόν να παραμένουν στο έδαφος και τα υπόγεια νερά για μεγάλο χρονικό διάστημα, αποτελώντας μακροχρόνιες πηγές ρύπανσης. Σε γενικές γραμμές ο βαθμός επικινδυνότητας της ρύπανσης του εδάφους και υπόγειων νερών από οργανικές και ανόργανες ενώσεις καθορίζεται από μια σειρά παραμέτρων, όπως την τοξικότητά τους, την ποσότητά τους, την ικανότητά τους να κινούνται και να μεταφέρονται στο υπέδαφος, τον χρόνο παραμονής τους στο έδαφος κ.α. Για την αποτελεσματικότερη και ορθότερη αντιμετώπιση αυτής της ρύπανσης απαιτείται προσεκτική επιλογή των στόχων αποκατάστασης και της κατάλληλης αντιρρυπαντικής τεχνολογίας, η οποία θα πρέπει να είναι αποδοτική, απλή αλλά και οικονομική, ώστε να είναι τελικά βιώσιμη.

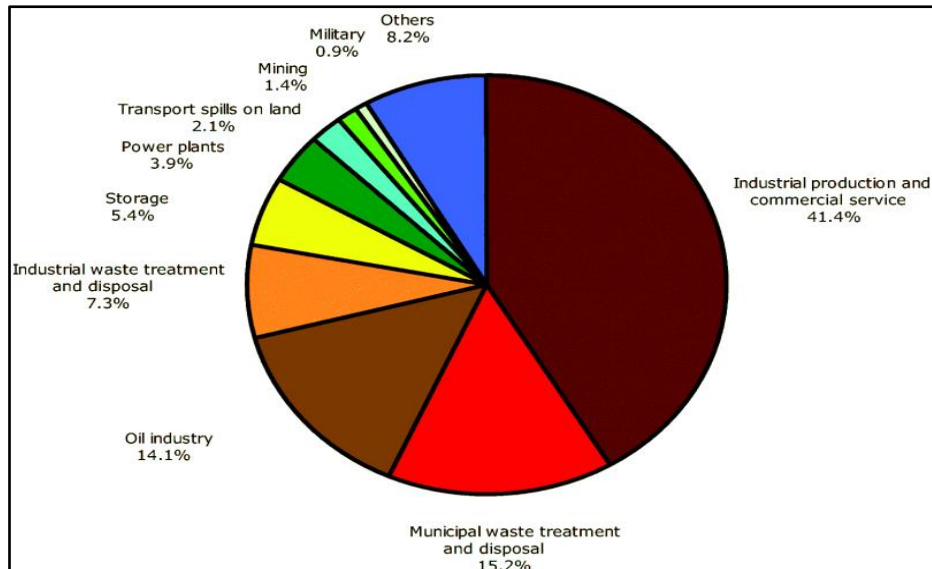
2.1. Πηγές Ρύπανσης

Ένας ενδεικτικός κατάλογος των πηγών ρύπανσης του εδάφους και του υπόγειου νερού είναι ο εξής (Παπασιώπη, 2008α):

- Εξόρυξη και επεξεργασία μεταλλευμάτων
- Χύτευση, επεξεργασία και επιφανειακή κατεργασία μετάλλων
- Δωλιστήρια και χώροι αποθήκευσης πετρελαιοειδών
- Ενεργειακές βιομηχανίες
- Χημικές βιομηχανίες
- Φαρμακευτικές βιομηχανίες
- Σφαγεία, βυρσοδεψία
- Βαφεία, στεγνοκαθαριστήρια, βενζινάδικα, συνεργεία αυτοκινήτων
- Αγροτική χρήση εντομοκτόνων, φυτοφαρμάκων
- Καύση ορυκτών καυσίμων
- Ανεξέλεγκτη διάθεση βιομηχανικών και αστικών υγρών και στερεών αποβλήτων

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι δραστηριότητες που έχουν συμβάλει στη ρύπανση εδάφους και υπόγειου νερού, με βάση τα καταγεγραμμένα περιστατικά, σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος για το έτος 2006. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά, οι δραστηριότητες που έχουν συμβάλει περισσότερο στη ρύπανση εδάφους και υπόγειου νερού είναι οι βιομηχανίες παραγωγής και οι υπηρεσίες (41,4 %), η διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων (15,2 %), η βιομηχανία ελαίων (14,1 %), η διάθεση και επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων (7,3 %), οι αποθηκευτικοί χώροι (5,4 %), οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (3,9 %), οι διαρροές κατά τη χερσαία μεταφορά (2,1 %), οι εξορύξεις (1,4 %), οι στρατιωτικές δραστηριότητες (0,9 %) και άλλες δραστηριότητες (8,2 %).

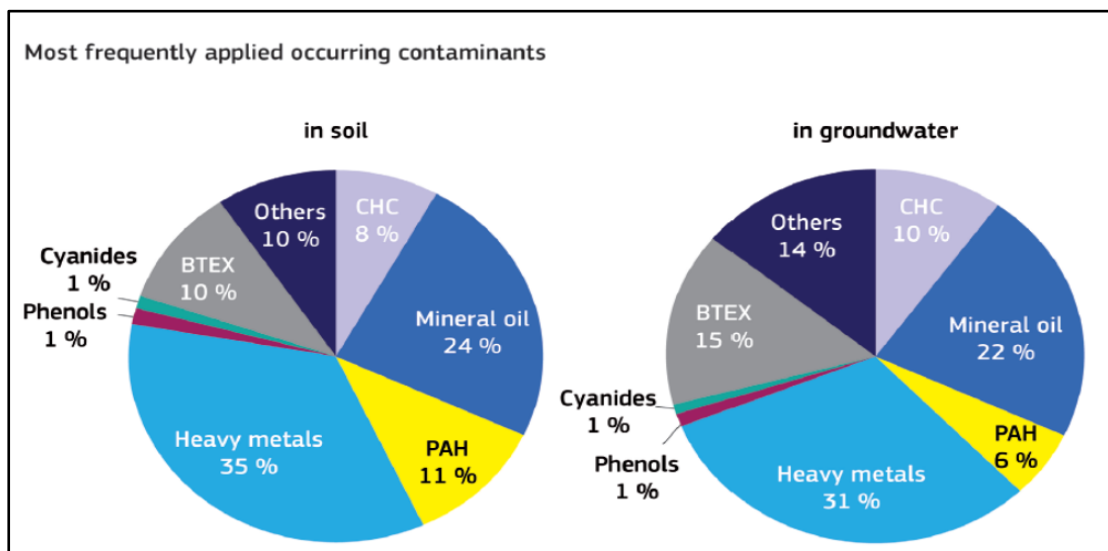
Οι ρύποι που συνήθως ανιχνεύονται στο έδαφος και στο υπόγειο νερό παρουσιάζουν ποικιλία. Οι σημαντικότεροι από αυτούς είναι οι πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs), τα ζιζανιοκτόνα (DDT), οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (π.χ. PCBs), οι μονοκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (π.χ. βενζόλιο και παράγωγα), οι φθαλικοί εστέρες, τα βαρέα μέταλλα (π.χ. Hg, Pb), τα κυανιούχα κ.α. Οι ρύποι αυτοί, ανάλογα με τις ιδιότητες που παρουσιάζουν, μπορούν να αποτελούν παραμένουσα σοβαρή ρύπανση, π.χ. λόγω της περιορισμένης διαλυτότητάς τους στο νερό, της μειωμένης κινητικότητάς τους και της μειωμένης αποδομησιμότητάς τους.



Πηγή: Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, 2006

Σχήμα 1: Δραστηριότητες που έχουν συμβάλει στη ρύπανση με βάση τα καταγεγραμμένα περιστατικά.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι κύριες κατηγορίες ρύπων στο έδαφος και στα υπόγεια νερά, σύμφωνα με στοιχεία της Ευρωπαϊκής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος για το 2011. Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά οι κυριότεροι ρύποι του εδάφους και του υπόγειου νερού είναι τα βαρέα μέταλλα (35 % στο έδαφος και 31 % στα υπόγεια νερά), τα ορυκτέλαια (24 % και 22 % αντίστοιχα), τα πτητικά οργανικά BTEX (10 % και 15 % αντίστοιχα), οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (11 % και 6 %), τα κυανούχα και οι φαινόλες (1 % στην κάθε περίπτωση) και άλλοι ρύποι (10 % και 14 % αντίστοιχα).



Πηγή: Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, 2011

Σχήμα 2: Οι κύριες κατηγορίες ρύπων στο έδαφος και στα υπόγεια νερά

Μια ακόμη σημαντική παράμετρος για τη ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου νερού είναι το είδος των πηγών ρύπανσης, οι οποίες μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τη γεωμετρία τους και τον ρυθμό εκπομπής ως εξής (Παπασιώπη, 2008β):

1. Γεωμετρία
 - i. Σημειακές, που είναι διακριτές και μικρής κλίμακας (ΧΥΤΑ, ΧΑΔΑ, βόθροι, υπόγειες δεξαμενές, κ.α.).
 - ii. Γραμμικές, που είναι διακριτές και με συγκεκριμένη γεωμετρία (δρόμοι, αύλακες, κ.α.).
 - iii. Διάχυτες ή Μη Σημειακές, οι οποίες προκαλούν εκτεταμένη, γεωμετρικά, σχετικά, διάχυτη ρύπανση, η οποία προέρχεται από περισσότερες μικρότερες πηγές, που η θέση τους συχνά είναι μη διακριτή (νιτρορρύπανση, όξινη βροχή, κ.α.).
2. Ρυθμός εκπομπής
 - i. Συνεχούς εκπομπής, όταν η πηγή εκπέμπει συνεχώς και αδιαλείπτως ρύπους, γεγονός που έχει ως συνέπεια να παραμείνει σταθερή η συγκέντρωση ρύπου με τον χρόνο.
 - ii. Στιγμιαίας εκπομπής, κατά την οποία ρύπος εκπέμπεται μια και μόνη φορά, π.χ. δεξαμενή ή χώρος αποθήκευσης, η δε διάρκεια της εκπομπής είναι μικρή, με αποτέλεσμα να παράγεται σταθερή συγκέντρωση ρύπου, αλλά για πολύ μικρό χρονικό διάστημα.

2.2.Είδη Ρύπων

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 ρύποι κατατάσσονται στις εξής τέσσερις κατηγορίες (Κουϊμτζή, κ.α., 1998):

- i. Ανόργανοι ρύποι (μέταλλα, ανιόντα).
- ii. Οργανικοί ρύποι (φαινόλες, χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες, απορρυπαντικά, παρασιτοκτόνα, χρώματα βαφής, προϊόντα πετρελαίου κ.α.).
- iii. Ραδιενεργοί ρύποι, οι οποίοι προκαλούν τοξική ρύπανση, όχι τόσο λόγω χημικών ιδιοτήτων, όσο λόγω της ραδιενεργού ακτινοβολίας που εκπέμπουν ως συνέπεια της μεταστοιχείωσής τους.
- iv. Μικροβιακοί ρύποι, βακτήρια και ιοί, που είτε αποβάλλονται από τους ζώντες οργανισμούς, είτε ενδημούν στους χώρους διάθεσης αποβλήτων κλπ.

Η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία επικεντρώνεται στην περίπτωση των οργανικών ρύπων και συγκεκριμένα των ΒΤΕΧ. Για τον λόγο αυτό γίνεται παρακάτω εκτενής αναφορά σε αυτή την ομάδα ρύπων.

2.2.1. *Ανόργανοι Ρύποι*

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται οι κυριότερες κατηγορίες ανόργανων ρύπων και πιο συγκεκριμένα τα ανιόντα, τα ραδιονουκλεΐδια και τα μέταλλα.

i. Ανιόντα / Κατιόντα

Νιτρικά-Νιτρώδη-Αμμωνιακά (ενώσεις αζώτου)

Οι ενώσεις του αζώτου παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην αξιολόγηση της ρύπανσης των νερών, κυρίως γιατί αποτελούν θρεπτικά συστατικά, τα οποία οδηγούν στην υπέρμετρη ανάπτυξη των υδρόβιων φυτών και ιδιαίτερα των αλγών, συντελώντας έτσι αποφασιστικά στη δημιουργία καταστάσεως ευτροφισμού. Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές αζώτου στα νερά είναι τα αστικά λύματα, οι ζωοτροφές και τα χημικά λιπάσματα.

Η αμμωνία συναντάται σε όλα τα επιφανειακά νερά και σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στα αστικά λύματα και τα βιομηχανικά απόβλητα. Η συγκέντρωσή της στα υπόγεια νερά είναι πολύ μικρή. Η παρουσία της αμμωνίας αποτελεί ένδειξη ρύπανσης από οργανικές ενώσεις και παρουσίας μικροοργανισμών. Για τον λόγο αυτό, τα πόσιμα νερά που περιέχουν ίχνη αμμωνίας κρίνονται ακατάλληλα. Τα ιόντα του αμμωνίου δεν είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο από τοξικολογικής πλευράς. Εντούτοις, τα ψάρια είναι πολύ ευαίσθητα στο αλκαλικό περιβάλλον (βασικό pH), το οποίο και επηρεάζεται από την αναλογία $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 1811/2011, που αφορά τις ανώτερες αποδεκτές τιμές για τα υπόγεια νερά καλής χημικής κατάστασης για τα αμμωνιακά η ανώτερη τιμή είναι 5 mg/l.

Τα νιτρικά ιόντα (NO_3^-) έχουν κατά κανόνα πολύ μικρή συγκέντρωση στα φυσικά νερά, σε αντίθεση με τα υπόγεια νερά όπου οι συγκεντρώσεις τους συχνά είναι αυξημένες. Τα νιτρικά από μόνα τους δεν είναι επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό και αποτελούν φυσιολογικό συστατικό των τροφών, και ιδίως των λαχανικών, των καπνιστών κρεάτων και των ψαριών. Εντούτοις, η πιθανή αναγωγή τους σε νιτρώδη (NO_2^-) μέσα στο στομάχι (μέσω αναγωγικής δράσης εντερικών βακτηριδίων) τα μετατρέπει σε εν δυνάμει επικίνδυνους ρύπους, για τους οποίους έχουν θεσπιστεί ανώτατες επιτρεπτές συγκεντρώσεις (50 mg/l, ΚΥΑ 1811/2011).

Τα νιτρώδη ιόντα (NO_2^-) είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό γιατί έχουν τη δυνατότητα να προσδένονται στην αιμοσφαιρίνη του αίματος οδηγώντας στο σχηματισμό μεθαιμοσφαιρίνης. Έτσι, το μόριο της αιμοσφαιρίνης απενεργοποιείται και αδυνατεί να προσλαμβάνει οξυγόνο και να το μεταφέρει στα κύτταρα. Ως συνέπεια, ο ανθρώπινος οργανισμός πάσχει από μεθαιμοσφαιριναιμία, μία πάθηση που ως κύριο κλινικό χαρακτηριστικό έχει την κυάνωση και η οποία παρατηρείται ιδιαίτερα σε βρέφη μέχρι 6 μηνών. Επίσης, τα νιτρώδη ιόντα μπορούν να αποβούν επικίνδυνα για τον οργανισμό, γιατί σε όξινο περιβάλλον (π.χ. στο pH του στομάχου) αντιδρούν με τις αμίνες σχηματίζοντας νιτροζαμίνες, οι οποίες είναι καρκινογόνες ενώσεις σε πολλά ζωικά είδη.

Φωσφορικά (ενώσεις φωσφόρου)

Οι ενώσεις του φωσφόρου συνιστούν (μαζί με αυτές του αζώτου) τα κύρια θρεπτικά συστατικά, τα οποία συντελούν στον ευτροφισμό του νερού. Στα νερά συναντώνται οι παρακάτω τρεις βασικές κατηγορίες φωσφορικών ενώσεων (και οι οποίες έχουν πηγές όμοιες με εκείνες των ενώσεων αζώτου): ορθοφωσφορικά ιόντα (PO_4^{3-}), πολυφωσφορικά ιόντα ($\text{P}_2\text{O}_7^{4-}$, $\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$, κ.α.) και οργανικός φώσφορος. Τα πολυφωσφορικά άλατα χρησιμοποιούνται συστηματικά ως πρόσθετα στα απορρυπαντικά.

Εκτός από τη συνεισφορά τους στο φαινόμενο του ευτροφισμού, τα πολυφωσφορικά ιόντα μπορούν να δράσουν ως υποκαταστάτες και να επηρεάσουν την κατανομή και την κινητικότητα των μετάλλων (σε διάφορες φυσικοχημικές μορφές) στα εδάφη ή τα ιζήματα. Έτσι, η παρουσία πολυφωσφορικών σε μια μικρή συγκέντρωση και συγκεκριμένα μικρότερη από αυτήν που απαιτείται για τον κορεσμό όλων των διαθέσιμων θέσεων πρόσδεσης ενός φυσικού μεταλλικού οξειδίου/υδροξειδίου στην επιφάνεια ενός πετρώματος, ευνοεί την προσρόφηση μεταλλικών ιόντων από το περιβάλλον επάνω στη στερεά φάση. Αντίθετα, αν η συγκέντρωση των πολυφωσφορικών είναι αρκετά μεγάλη, ώστε να υπερβαίνει την ποσότητα που απαιτείται για τον κορεσμό όλης της στερεάς επιφάνειας, τότε η παρουσία τους έχει το αντίθετο αποτέλεσμα, δηλαδή μειώνει την προσρόφηση των μεταλλικών ιόντων επάνω στη στερεά φάση και κατά συνέπεια ευνοεί τη διαλυτοποίησή τους (Evangelou, 2008).

ii. Ραδιονουκλεΐδια

Τα ραδιονουκλεΐδια, όπως το ουράνιο-238, το θόριο-228 και το πλουτόνιο-238, είναι στοιχεία με ασταθείς πυρήνες που μεταβάλλουν αυθόρμητα τη σύνθεσή τους μέσω ραδιενεργού αποσύνθεσης σε σειρά διαδοχικών πυρηνικών αντιδράσεων, τελικά οδηγώντας σε σταθερή διαμόρφωση. Οι πηγές ραδιενέργειας στο περιβάλλον είναι αφενός μεν φυσικές, αφετέρου δε ανθρωπογενείς ως προϊόντα της ανθρώπινης τεχνολογίας. Οι περιοχές όπου βρίσκονται συνήθως τα ραδιονουκλεΐδια περιλαμβάνουν τις περιοχές διάθεσης ραδιενεργών και μικτών αποβλήτων, ενώ οι πιο συνηθισμένες περιοχές όπου συνήθως εντοπίζονται είναι πεδία βολής, ρυπασμένα θαλάσσια ιζήματα, χώροι υγειονομικής ταφής (Dermatas and Panagiotakis, 2012). Οι πιο γνωστές πηγές ρύπανσης από ραδιονουκλεΐδια είναι:

- Η ελεγχόμενη ελευθέρωση υγρών αποβλήτων που προκύπτουν ως παραπροϊόντα σε εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας.
- Η απελευθέρωση φυσικών και τεχνητών ραδιονουκλεϊδίων κατά τις δεκαετίες 1950 και 1960, από την παραγωγή και δοκιμή πυρηνικών οπλικών συστημάτων, τα ατυχήματα σε εργοστάσια παραγωγής πυρηνικής ενέργειας, οι διαρροές από αποθηκευμένα πυρηνικά απόβλητα.

iii. Μέταλλα

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και τα βαρέα μέταλλα, η παρουσία των οποίων στο έδαφος και τα υπόγεια νερά μπορεί να έχει σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά και στον άνθρωπο.

Τα βαρέα μέταλλα περιλαμβάνουν μια ευρεία ομάδα μεταλλικών και μεταλλοειδών στοιχείων, τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στη βιολογία αλλά και τη βιομηχανία. Διάφορες διεργασίες, όπως, οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις, οι γεωθερμικές διεργασίες, η έκπλυση επιφανειακών εδαφών, η διάβρωση εδαφών και η διάσπαση ορυκτών έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων και των μεταλλοειδών στα υπόγεια νερά. Η παρουσία αυτών των μετάλλων στο έδαφος μπορεί να οφείλεται στη γεωχημεία του φλοιού της γης ή/και στην αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Επιπλέον, η χρήση λιπασμάτων και παρασιτοκτόνων, οι ατμοσφαιρικές αποθέσεις, και η τέλεια ή/και ατελής καύση φυσικών ορυκτών ή/και συνθετικών καυσίμων αποτελούν πηγές ρύπανσης των εδαφών από βαρέα μέταλλα.

Μέχρι σήμερα έχουν ταυτοποιηθεί πάνω από σαράντα στοιχεία ως μέταλλα, καθώς εμφανίζουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά μεταξύ τους. Από χημικής πλευράς λοιπόν, τα μέταλλα χαρακτηρίζονται σαν στοιχεία με υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα, έχουν χαρακτηριστική λάμψη, είναι ελατά και όλκιμα, σχηματίζουν κατιόντα, κι έχουν βασικά οξείδια. Τα περισσότερα είναι αρκετά σκληρά κι ανθεκτικά, με υψηλή πυκνότητα (Βαλαβανίδης, 2007).

Ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των βαρέων μετάλλων είναι, ότι, δεν αφομοιώνονται ούτε αποβάλλονται από τους ζωντανούς οργανισμούς. Αντίθετα, έχουν την ιδιότητα να συσσωρεύονται προοδευτικά από το έδαφος στους ιστούς των φυτικών και των ζωικών οργανισμών και με αυτό τον τρόπο εισέρχονται στην τροφική αλυσίδα, όπου φθάνουν μέχρι τον άνθρωπο (Βαλαβανίδης, 2007). Ο βαθμός τοξικότητας διαφέρει για κάθε μέταλλο και για κάθε διαφορετικό οργανισμό. Κάποια μέταλλα είναι ισχυρά τοξικά, ενώ ορισμένα άλλα θεωρούνται σημαντικά ιχνοστοιχεία για τη λειτουργία των οργανισμών. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων καθοριστικός παράγοντας για την τοξικότητα ή μη είναι το ποσοστό συγκέντρωσης του μετάλλου. Οι κυριότερες επιπτώσεις τους είναι νεφροτοξικές (π.χ. Pb, Hg, As, Cd), νευροτοξικές (π.χ. Hg, Pb, Sn) και καρκινογόνες (π.χ. As, Cr, Ni).

Έτσι λοιπόν, ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg) και το κάδμιο (Cd), ακόμη και σε εξαιρετικά μικρές συγκεντρώσεις, είναι ιδιαίτερα επιβλαβή και τοξικά στοιχεία, γεγονός το οποίο έχει αναγνωριστεί και από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), ο οποίος τα περιλαμβάνει στη λίστα των δέκα πιο επικίνδυνων χημικών για τη δημόσια υγεία. Από την άλλη μεριά, ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το κοβάλτιο (Co), το χρώμιο (Cr(III)), το βανάδιο (V) και το μολυβδαίνιο (Mo), σε χαμηλές συγκεντρώσεις αποτελούν απαραίτητα ιχνοστοιχεία για τους οργανισμούς (Βαλαβανίδης, 2007). Σε περίπτωση όμως που η συγκέντρωσή τους αυξηθεί, για κάποιο λόγο, πέραν της απαραίτητης πρόσληψης, καθίστανται εξίσου τοξικά κι επικίνδυνα.

Οι πηγές εισόδου των μετάλλων στο περιβάλλον διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς.

Η κυριότερη φυσική πηγή είναι οι γεωχημικές διεργασίες (αποσάθρωση, διάβρωση) στα εδάφη, όπου τα μέταλλα βρίσκονται ενσωματωμένα με τη μορφή ορυκτών στα μητρικά πετρώματα, ενώ σε μικρότερο βαθμό μέταλλα απελευθερώνονται κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Στην ατμόσφαιρα ποσότητες μετάλλων εισέρχονται υπό τη μορφή αιωρούμενων σωματιδίων κατά τη διάρκεια πυρκαγιών και ηφαιστειακών εκρήξεων. Δεδομένου ότι τα μέταλλα δεν αφομοιώνονται, κινούνται μέσα στα οικοσυστήματα μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, ξηρής απόθεσης και εδαφικής απορροής, μεταξύ της ατμόσφαιρας, των εδαφών και των νερών.

Η ανθρωπογενής συνεισφορά είναι τεράστια και περιλαμβάνει μια μεγάλη γκάμα βιομηχανικών, τεχνολογικών και γεωργικών δραστηριοτήτων, οι οποίες επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον με μέταλλα. Οι κυριότερες από αυτές τις δραστηριότητες είναι: η χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, η καύση ορυκτών και συνθετικών καυσίμων, οι εκπομπές και τα απόβλητα από χημικές και μεταλλουργικές βιομηχανίες, τα απόβλητα κτηνοτροφικών μονάδων, η ελλιπής επεξεργασία ή/και η ανεξέλεγκτη διάθεση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων, η χρήση πυρομαχικών, τα πυρηνικά ατυχήματα (Μήτσιος, 2004).

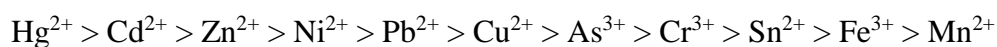
Από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ιδιαίτερη βαρύτητα έχουν οι όξινες απορροές των μεταλλείων, καθώς χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά χαμηλές τιμές pH και περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις μετάλλων (Fe, Mn, Zn, Cu, Ni, Co), γεγονός που τις καθιστά πολύ τοξικές για τα εδάφη και τα οικοσυστήματα.

Η προσρόφηση και η τελική συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων επάνω σε αυτές τις επιφάνειες επηρεάζεται επίσης από την παρουσία οργανικών και ανόργανων προσδετών. Οι προσδέτες μπορεί να είναι είτε βιολογικής προέλευσης, όπως χουμικά και φουλβικά οξέα ή ανθρωπογενούς προέλευσης όπως NTA, EDTA, πολυφωσφορικά, και άλλα, τα οποία πολύ συχνά υπάρχουν σε ρυπασμένα εδάφη και υγρά απόβλητα. Οι πιο σημαντικές παράμετροι που ελέγχουν την προσρόφηση των βαρέων μετάλλων και την κατανομή τους μεταξύ του εδάφους και του νερού είναι το είδος του εδάφους, το είδος και η συγκέντρωση των μετάλλων, το pH του εδάφους, η αναλογία μάζας στερεού διαλύματος και ο χρόνος επαφής (Bradl, 2004).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα μέταλλα, αντίθετα με οργανοτοξικές ενώσεις, έχουν την τάση να συσσωρεύονται στο περιβάλλον. Δεν μπορούν να αφομοιωθούν ούτε αποβάλλονται, καθώς είναι αδύνατο να αναγνωριστούν από τους οργανισμούς. Έτσι, λοιπόν, η συγκέντρωσή τους αυξάνεται προοδευτικά με την πάροδο του χρόνου μέσω της τροφικής αλυσίδας, δημιουργώντας τοξικότητα κι επιφέροντας σημαντικές βλάβες στους ζωντανούς οργανισμούς.

Ο βαθμός της τοξικότητας καθορίζεται ανάλογα με τη μορφή και το είδος του μετάλλου, τα είδη και τον ρυθμό πρόσληψης των οργανισμών, τη συγκέντρωσή τους,

την πιθανή παρουσία κι άλλων μετάλλων. Τα βαρέα μέταλλα υπό τη μορφή κατιόντων είναι ιδιαίτερα ευκίνητα και τοξικά. Η σειρά τοξικότητας για τα κυριότερα μέταλλα και μεταλλοειδή είναι η ακόλουθη (Βασιλείου, 2013):



Στους οργανισμούς, οι τοξικές επιδράσεις των μετάλλων καθορίζονται από μια ποικιλία παραγόντων μέσω μεταβολικών διεργασιών, απέκκρισης, σχηματισμού συμπλόκων, αντιδράσεων εξουδετέρωσης και ελευθέρων ριζών.

Η θερμοκρασία ρυθμίζει τον μεταβολισμό αλλά φαίνεται να επηρεάζει και την τοξικότητα των μετάλλων. Έτσι λοιπόν έχει παρατηρηθεί σε υδρόβιους οργανισμούς ότι με την άνοδο της θερμοκρασίας, αυξάνεται και η τοξικότητα (Βαλαβανίδης, 2007).

Το ηλιακό φως επηρεάζει επίσης την τοξικότητα στους οργανισμούς επειδή από αυτό εξαρτάται η δραστηριότητα εξειδικευμένων ενζύμων που δρουν κατασταλτικά έναντι τοξικών ουσιών. Η οξύτητα επίσης επηρεάζει καθοριστικά την τοξική επίδραση των μετάλλων. Σε όξινα περιβάλλοντα ευνοείται η κινητικότητα βαρέων μετάλλων στα εδάφη και η πρόσληψή τους από τα φυτά (Βαλαβανίδης, 2007).

Στον ανθρώπινο οργανισμό τα μέταλλα μπορούν να εισχωρήσουν μέσω κατανάλωσης ρυπασμένων τροφίμων και νερού, με την αναπνοή και με απλή δερματική επαφή. Κατόπιν απορροφώνται από τον οργανισμό στο αίμα και μέσω του κυκλοφορικού μεταφέρονται στους ιστούς και τα ζωτικά όργανα (Βασιλείου, 2013). Εκεί, τα μέταλλα συσσωρεύονται επιλεκτικά επιφέροντας σημαντικά προβλήματα πρωτίστως στα νεφρά και το νευρολογικό σύστημα. Πολύ συχνά ευθύνονται για καρκινογενέσεις, καθώς επιφέρουν σημαντικότερες οξειδωτικές βλάβες, αλλοιώσεις και μεταλλάξεις στο DNA των οργανισμών, μέσω της παραγωγής ελευθέρων ριζών (Βαλαβανίδης, 2007).

Από περιβαλλοντική τοξικολογική άποψη, τα στοιχεία αυτά κατατάσσονται σε τρεις διαφορετικές ομάδες. Στην πρώτη ομάδα περιλαμβάνονται τα μέταλλα, που από την άποψη αυτή, θεωρούνται λιγότερο σημαντικά, είτε γιατί η ρύπανση του περιβάλλοντος από αυτά περιορίζεται τοπικά, είτε γιατί είναι απαραίτητα σε μικροποσότητες στους οργανισμούς. Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα στοιχεία που χαρακτηρίζονται από καρκινογόνο και ραδιενεργό δράση. Στην τρίτη ομάδα περιλαμβάνονται τα σημαντικότερα από περιβαλλοντική - τοξικολογική άποψη, μέταλλα και ιδιαίτερα ο Pb, το Cd και ο Hg (Mantis, et al., 2005). Τα παραπάνω μέταλλα της τρίτης ομάδας, εκτός από την τοξική δράση που ασκούν στον ανθρώπινο οργανισμό, επηρεάζουν αρνητικά τις φυσιολογικές λειτουργίες των φυτών και κατ' επέκταση την παραγωγή, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις.

2.2.2. Οργανικοί Ρύποι

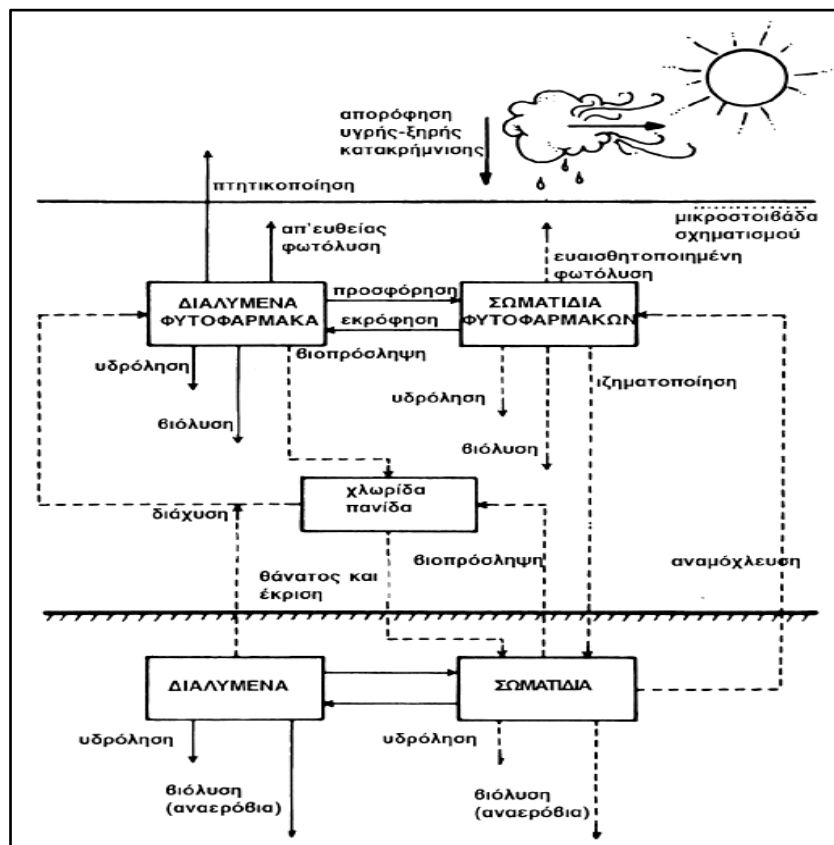
Όπως κάθε οργανική ένωση, έτσι και οι οργανικοί ρύποι (Σχήμα 3), από τη στιγμή που εναποτίθενται στο έδαφος και κατ' επέκταση και στα υπόγεια νερά, υφίστανται μια σειρά από φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες, οι οποίες καθορίζουν τη δυναμική

συμπεριφορά και την κατανομή τους στο χώρο. Οι διεργασίες αυτές εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του εδάφους και από τις φυσικοχημικές ιδιότητες των υπό εξέταση οργανικών ενώσεων.

Η προέλευση των οργανικών ουσιών που συναντούμε στο περιβάλλον μπορεί να είναι:

α) φυσική, και να προέρχεται από τη βιοαποδόμηση των φυτικών και ζωικών υπολειμμάτων ή

β) ανθρωπογενής, και να προέρχεται από τη χρήση τους στη γεωργία ως φυτοφάρμακα ή στη βιομηχανία (Αγγελόπουλος κ.α., 2004).



Πηγή: Schnoor I. (2003)

Σχήμα 3: Η τύχη οργανικού ρύπου στο νερό και στα ιζήματα

Οι κυριότεροι μηχανισμοί αλληλεπίδρασης των οργανικών ρύπων με τα συστατικά του εδάφους, έχουν σχέση με:

α) τις φυσικοχημικές ιδιότητες των μορίων, όπως:

- ιονισμό,
- χημικά ενεργές ομάδες,
- ποσότητα, είδος και ηλεκτρονιακή διαμόρφωση (κατανομή) του ηλεκτρικού φορτίου,
- πολικότητα μορίου, και

- μέγεθος μορίου.

β) το είδος των εδαφικών κolloειδών:

- Ανόργανα κolloειδή: όπως τα ορυκτά της αργίλου, π.χ. ο μοντμοριλλονίτης και ο βερμικουλίτης έχουν μεγαλύτερη προσροφητική ικανότητα, από τα οξειδία και υδροξείδια Al και Fe, συμβάλλοντας στην προσρόφιση ρύπων.
- Οργανική ύλη: περισσότερο από κάθε άλλη παράμετρο έχει σχέση με την προσρόφιση και τη βιολογική δράση των ουσιών αυτών. Χάρη στη μεγάλη ιοντα ανταλλακτική της ικανότητα και την ειδική επιφάνεια, η οργανική ύλη έχει τη μεγαλύτερη ικανότητα συγκράτησης (προσρόφισης) και διάλυσης ρύπων μέσα στο κolloειδές περιβάλλον της σε σχέση με τα υπόλοιπα εδαφικά κolloειδή.

γ) φυσικοχημικές μεταβλητές:

- pH του εδάφους: επηρεάζει τον ιονικό χαρακτήρα των οργανικών ρύπων (βασικών ή όξινων) και επομένως την προσρόφσή τους.
- Εδαφική υγρασία: είναι μια παράμετρος μέσω της οποίας η οργανική ουσία ανταγωνίζεται για τις ίδιες θέσεις προσρόφισης στα κolloειδή ή ενυδατώνοντας τα κolloειδή περιορίζει την προσρόφιση σημαντικά.
- Θερμοκρασία: επηρεάζει τη θερμική διάσπαση του μορίου και τη βιολογική δράση.

Οι οργανικοί ρύποι μπορεί να παρουσιάζονται ιδιαίτερα λιπόφιλοι ή να περιέχουν κάποια ομάδα που προσδίδει φορτίο στο μόριο τους και συνεπώς να είναι υδρόφιλοι. Οι υδρόφιλοι οργανικοί ρύποι είναι περισσότερο δραστικές ουσίες. Λιπόφιλοι οργανικοί ρύποι περιέχουν κυρίως δεσμούς C-C, C-Cl και C-H και γενικά θεωρούνται ιδιαίτερα σταθερές ουσίες.

Οι κυριότεροι οργανικοί ρύποι είναι οι παρακάτω (Χαμηλάκης, 2015):

- Πολυκυκλικό Αρωματικό Υδρογονάνθρακες (PAHs)
- Πολυχλωριωμένα Διφαινύλια (PCBs) και Χλωροφαινόλες (PCPs)
- Διοξίνες (PCDDs) και Φουράνια (PCDFs)
- Χλωριωμένα Αιθυλένια ή Χλωροαιθυλένια (PCE, TCE)
- Αρωματικές νιτρο - ενώσεις και αμίνες
- Γεωργικά φάρμακα και προϊόντα μεταβολισμού
- Οργανομεταλλικά σύμπλοκα

Πολυκυκλικό αρωματικό υδρογονάνθρακες (PAHs)

Είναι οργανικές χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο. Οι PAHs αφορούν κυρίως την αέρια ρύπανση, εντούτοις συναντώνται και στα φυσικά νερά, μέσω των υγρών αποβλήτων διαφόρων βιομηχανιών, διαρροών του αργού πετρελαίου. Τυπικοί PAHs δίνονται στον Πίνακα 1.

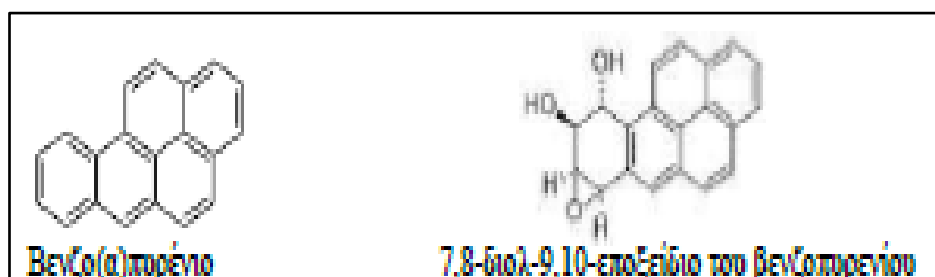
Πίνακας 1: Τυπικοί πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs).

Acenaphthene	Chrysene
Acenaphthylene	Dibenzo(a,h)anthracene
Anthracene	Benzo(a)anthracene
Benzo(a)pyrene	Naphthalene
Benzo(b)fluoranthene	Phenanthrene
Benzo(g,h,i)perylene	Pyrene

Οι PAHs αποτελούνται από τρεις ή περισσότερους συμπυκνωμένους βενζολικούς δακτυλίους και απαντώνται κυρίως υπό μορφή ατμών ή σωματιδίων. Είναι ελάχιστα διαλυτοί στο νερό και για τον λόγο αυτό ένα πολύ μεγάλο τμήμα τους προσροφάται στα αιωρούμενα στερεά σωματίδια του νερού. Εντούτοις, η παρουσία ανιονικών απορρυπαντικών μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη διαλυτότητά τους στο νερό. Οι PAHs είναι βιοαποδομήσιμοι κάτω από αερόβιες συνθήκες. Η βιοαποδόμηση δυσχεραίνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των δεσμών άνθρακα. Οι PAHs με αριθμό δεσμών άνθρακα μεγαλύτερο από 4 είναι θεωρητικά μη βιοαποδομήσιμοι.

Οι PAHs συνήθως από μόνοι τους δεν έχουν συνδεθεί με καρκινογένεσεις. Εντούτοις, είναι γνωστό ότι εμπλέκονται σε διάφορες δευτεροβάθμιες χημικές αντιδράσεις (π.χ. μέσω του μεταβολισμού, ή μέσω της αντίδρασής τους με το φως – φωτοοξειδωση), οι οποίες παράγουν συχνά επικίνδυνα μεταλλαξιγόνα. Με κριτήριο την κίνησή τους στο υπέδαφος, οι PAHs, ανήκουν στην κατηγορία των «βαρέων μη υδατικών υγρών» ή DNAPLs (Dense Non-aqueous Phase Liquids).

Η χαρακτηριστικότερη ένωση της κατηγορίας αυτής είναι το βενζο(α)πυρένιο. Στις φυσικές πηγές περιλαμβάνονται οι πυρκαγιές και η ηφαιστειακή δραστηριότητα. Στις ανθρωπογενείς πηγές περιλαμβάνονται η βιομηχανία (παραγωγής κωκ, αλουμινίου και επεξεργασίας ξύλου), η θέρμανση όταν χρησιμοποιούνται ξύλα και κάρβουνο, και τα οχήματα, κυρίως δε αυτά που χρησιμοποιούν πετρέλαιο ως καύσιμο. Ορισμένοι από τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες και κυρίως το βενζο(α)πυρένιο έχουν χαρακτηριστεί ως καρκινογόνες ενώσεις και το οποίο μπορεί μέσω μεταβολισμού να μετατραπεί στην καρκινογόνο ένωση 7,8-διολ-9,10-εποξειδίου του βενζο(α)πυρενίου (Σχήμα 4).



Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 4: Δομή βενζο(α)πυρενίου και του καρκινογόνου παραγώγου του

Ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO) έχει θεσπίσει τα 0,1 μg/l ως ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή για το άθροισμα του βενζο(β)φθορανθενίου, βενζο(λ)φθορανθενίου, βενζο(η,θ,ι)περυλενίου και ινδενο(1,2,3-γ,δ)πυρενίου.

Πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και Χλωροφαινόλες (PCPs)

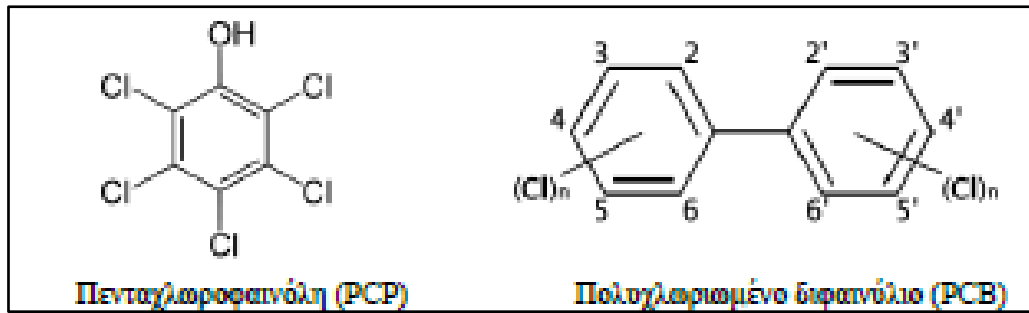
Δύο άλλες σημαντικές κατηγορίες ρύπων είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (Polychlorinated Biphenyls, PCBs) και οι χλωροφαινόλες (chlorophenols, PCPs) (Σχήμα 4). Οι ενώσεις αυτές έχουν μικρή περιεκτικότητα σε χλώριο και είναι υγρά ελαιώδη, σχεδόν αδιάλυτα στο νερό, άχρωμα ή ελαφρώς κιτρινωπά, με οσμή που πλησιάζει αυτή του χλωρίου. Οι ενώσεις αυτές παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή σε υψηλή θερμοκρασία, δεν είναι πτητικές και συγκεντρώνονται σε ιζήματα.

Οι χλωροφαινόλες, και πιο συγκεκριμένα η πενταχλωροφαινόλη χρησιμοποιείται συστηματικά ως συντηρητικό ξυλείας. Τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) με τις εμπορικές ονομασίες clophen, pyralene, aroclor, kanechlor, perchlor κ.λ.π. είναι μία κατηγορία χλωριωμένων υδρογονανθράκων που περιλαμβάνει πάνω από 200 μέλη. Τυπικά πολυχλωριωμένα διφαινύλια δίνονται στον Πίνακα 2. Με κριτήριο την κίνησή τους στο υπέδαφος, τα PCBs ανήκουν στην κατηγορία των DNAPLs.

Πίνακας 2: Τυπικά πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs)

Aceclor	Clophen	Hydol	Pydraul
Adkarel	Clophenharz	Inclor	Pyraclor
ALC	Clorinal	Inerteen	Pyralene
Apirolio	Delor	Kaneclor	Pyranol
Arochlor Delorene Leromoll Pyroclor	Delorene	Leromoll	Pyroclor
Arubren Diaclor Magvar Pyronol	Diaclor	Magvar	Pyronol
Asbestol Diconal Montar Saf-T-Kuhl	Diconal	Montar	Saf-T-Kuhl
Askarel Educarel Nepolin Santosol	Educarel	Nepolin	Santosol
Auxol Elaol Non-Flamol Santotherm	Elaol	Non-Flamol	Santotherm
Bakola Elinol Orophene Santovac	Elinol	Orophene	Santovac
Chlophen Eucael Phenoclor Solvol	Eucael	Phenoclor	Solvol
Chlorinated biphenyl Fenclor Plastivar	Fenclor	Plastivar	Terphenychlore
Chlorinol Gilotherm Prodelec Turbinol	Gilotherm	Prodelec	Turbinol
Cloresil			

Τα PCBs είναι μία κατηγορία χλωριωμένων υδρογονανθράκων τα οποία έχουν χαμηλή ευφλεκτότητα και είναι ιδιαίτερα σταθερά όταν απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Είναι μείγματα διφαινυλίων με 1 έως 10 άτομα χλωρίου ανά μόριο και είναι μόρια με μεγάλη χημική αντοχή. Έχουν χρησιμοποιηθεί ως μέσα πλαστικοποίησης σε πολυβινυλικά πολυμερή και ως διηλεκτρικά ρευστά σε μετασχηματιστές και πυκνωτές. Παρ' όλο που η χρήση τους αντικαθίσταται από άλλα υλικά (πχ. ρευστά σιλικόνης), η ποσότητα PCBs από ηλεκτρικό εξοπλισμό που έχει απορριφθεί στο περιβάλλον αποτελεί μεγάλο πρόβλημα.



Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 5: Δομή PCPs και PCBs

Τα PCBs είναι ιδιαίτερα λιπόφιλα μόρια και έχουν μικρή τάση ατμών. Λόγω της λιποφιλίας (ή υδροφοβικότητας) έχουν την τάση να συσσωρεύονται στην οργανική φάση του εδάφους και να βιοσυσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα (κρέας, γάλα, ψάρια). Παρ' όλη την υδροφοβικότητά τους ένα σχετικά σημαντικό τμήμα τους διαλύεται και στα νερά (με υποβοήθηση και από τη χαμηλή τάση ατμών). Ένα μικρό ποσοστό PCBs έχει ανιχνευθεί και στην αέρια φάση (ιδιαίτερα στην ατμόσφαιρα των αστικών κέντρων) και μάλιστα σήμερα πιστεύεται ότι η μεταφορά μέσω της ατμόσφαιρας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για την παγκοσμιοποίηση της ρύπανσης από PCBs, αφού έχουν ανιχνευθεί και στην ατμόσφαιρα περιοχών βόρεια του αρκτικού κύκλου.

Ειδικότερα το κλοφέν (clophen) θεωρείται από τις πλέον τοξικές ουσίες που περιέχονται στη λίστα των 129 επικίνδυνων ρυπαντών, η οποία έχει καταρτιστεί από την Υπηρεσία Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (USEPA).

Στον αντίστοιχο κατάλογο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα PCBs περιλαμβάνονται μαζί με άλλες 20 τοξικές ουσίες. Είναι υλικά που παρουσιάζουν άριστες μονωτικές ιδιότητες, δεν αναφλέγονται εύκολα, είναι χημικά σταθερά και εμφανίζουν υψηλή διηλεκτρική αντοχή. Αυτές ακριβώς οι ιδιότητες συνετέλεσαν στην ταχύτατη διάδοσή τους μέχρις ότου διαπιστώθηκε η τοξικότητά τους τόσο για τον άνθρωπο όσο και για τα οικοσυστήματα.

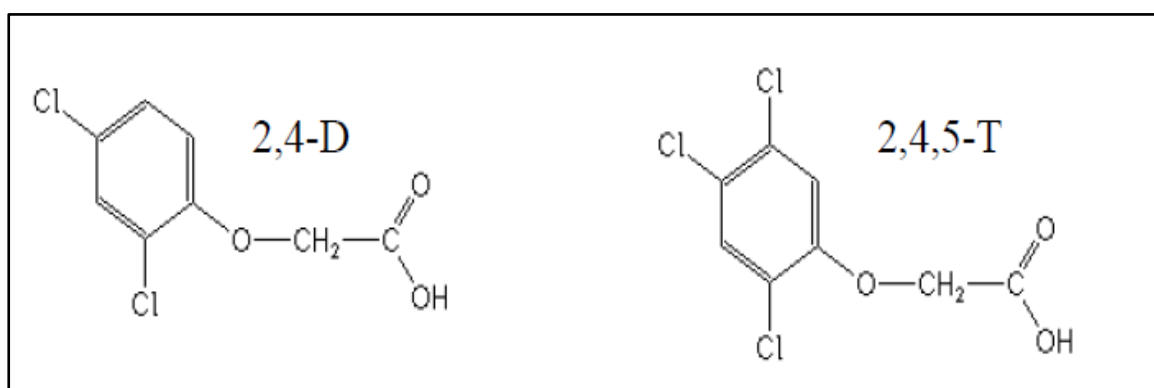
Διοξίνες (PCDDs) και Φουράνια (PCDFs)

Διοξίνες είναι ένας γενικός όρος ο οποίος περιλαμβάνει δύο μεγάλες ομάδες χημικών ενώσεων τις διοξίνες και τα φουράνια. Είναι άχρωμες και άοσμες τρικυκλικές αρωματικές οργανικές ενώσεις, οι οποίες περιέχουν άνθρακα, υδρογόνο, οξυγόνο και χλώριο. Διαφέρουν η μια από την άλλη από τη θέση και τον αριθμό των ατόμων χλωρίου στο μόριό τους. Αντιπροσωπεύουν μια ομάδα τοξικών ουσιών πολύ γνωστών στον επιστημονικό κόσμο με το όνομα πολυχλώριο - διβενζο - παρα - διοξίνες [polychloro - dibenzo - para - dioxins, PCDD] και πολυχλωριωμένα διβενζοφουράνια [polychloro - dibenzo - furans, PCDF]. Αμφότερες, είναι παραπροϊόντα χημικών βιομηχανιών παραγωγής παρασιτοκτόνων ουσιών, πολυχλωριωμένων διφαινυλίων, βιομηχανιών παραγωγής προϊόντων συντήρησης

ξύλου, βιομηχανιών οι οποίες εφαρμόζουν μεθόδους λεύκανσης χαρτοπολτού με χλώριο, αλλά είναι και αποτέλεσμα των διαδικασιών της διαχείρισης των στερεών αποβλήτων. Τυπικές διοξίνες και φουράνια δίνονται στον Πίνακα 3 και στο Σχήμα 6.

Πίνακας 3: Τυπικές διοξίνες και φουράνια.

Dibenzo-p-dioxins (PCDD)	2,3,7,8-TCDF
2,3,7,8-TCDD	1,2,3,7,8-PnCDF
1,2,3,7,8-PnCDD	1,2,3,4,7,8,-HxCDD
1,2,3,7,8,9-HxCDD	1,2,3,4,6,7,8,-HpCDD
Dibenzofurans (PCDFs)	



Πηγή: Evangelou (2008)

Σχήμα 6: Δομή διοξινών

Όλες οι διοξίνες (PCDDs) αλλά και τα φουράνια (PCDFs) έχουν την ίδια χημική διάταξη με 1 έως 8 άτομα χλωρίου, οι διάφοροι δε πιθανοί συνδυασμοί δίνουν 75 διαφορετικές ενώσεις διοξινών, ενώ για τα φουράνια δίνουν 135 διαφορετικούς συνδυασμούς. Οι διοξίνες έχουν μοριακό τύπο $C_{12}H_{(8-n)}O_2Cl_n$, όπου $n > 2$ και τα φουράνια $C_{12}H_{(8-n)}OCl_n$, όπου $n > 2$. Είναι γενικά αποδεκτό, ότι η ένωση 2,3,7,8 – τετραχλωρο – διβενζο – παρα - διοξίνη [2,3,7,8 - TCDD] είναι η περισσότερο τοξική χημική ένωση από όλες τις διοξίνες και τα φουράνια.

Η περιβαλλοντική τους συμπεριφορά, όπως και κάθε χημικής ένωσης, εξαρτάται από τις εγγενείς φυσικοχημικές τους ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, στο οποίο θα βρεθούν. Με τις λιποφιλικές τους ιδιότητες αλλά και με την αντίστασή τους ή όχι κατά της χημικής ή βιολογικής τους αποδόμησης, οι διοξίνες τείνουν να μεταφερθούν σε άλλο σημείο του περιβάλλοντος και να υποστούν ή όχι βιοσυγκέντρωση.

Η τεχνολογία λεύκανσης χαρτοπολτού, οι εγκαταστάσεις αποτέφρωσης, οι βιομηχανίες σιδήρου, τσιμέντου και άλλες, αποτελούν σημαντικές πηγές εκπομπής διοξινών και

φουρανίων στο περιβάλλον. Ακόμα εκπέμπονται από τα αυτοκίνητα κατά 5,5 %, τις βιομηχανίες μετάλλων, κατά 5,2 %, τις αποτεφρώσεις κατά 0,15 % και από όλες τις φυσικές πηγές πάνω από 80 %. Οι φωτιές των δασών ανήκουν στις φυσικές πηγές διοξινών και προκαλούν τη δημιουργία τους με εκτιμήσεις που ποικίλλουν από μερικά γραμμάρια έως αρκετά κιλά το χρόνο. Εκτιμάται ότι η παγκόσμια ετήσια εκπομπή των ολικών PCDDs/PCDFs από τις κυριότερες βιομηχανικές πηγές ανέρχεται σε 3000 kg ανά χρόνο (Χαμηλάκης, 2015).

Χλωριωμένα Αιθυλένια ή Χλωροαιθυλένια

Τα χλωριωμένα αιθυλένια ή χλωροαιθυλένια (chloroethenes) είναι κατά κανόνα ενώσεις ανθρωπογενείς που στο μόριο τους έχουν δύο άτομα άνθρακα συνδεδεμένα με διπλό δεσμό και ένα έως τέσσερα άτομα χλωρίου. Οι ενώσεις αυτές, των οποίων η ονομασία βασίζεται στον αριθμό των ατόμων του χλωρίου που διαθέτουν, είναι: α) το τετραχλωροαιθυλένιο (PCE), β) το τριχλωροαιθυλένιο (TCE), γ) τα ισομερή του διχλωροαιθυλενίου (1,1 - DCE, cis - DCE, trans - DCE) και δ) το βινυλοχλωρίδιο (VC).

Από τις παραπάνω οργανικές ενώσεις, τα PCE και TCE χρησιμοποιούνται ευρέως ως διαλύτες σε μεγάλο αριθμό δραστηριοτήτων για βιομηχανικούς, εμπορικούς και στρατιωτικούς σκοπούς (Παναγιωτάκης, 2010). Η ευρεία χρήση τους σε πληθώρα εφαρμογών, όπως για παράδειγμα στο στεγνό καθάρισμα των ρούχων και στην απολίπανση εξαρτημάτων αεροσκαφών και αυτοκινήτων από τη δεκαετία του 1930, σε συνδυασμό με πρακτικές αμελούς διαχείρισης και ακατάλληλης αποθήκευσης, είχαν ως αποτέλεσμα τη διαρροή μεγάλων ποσοτήτων PCE και TCE στους υπόγειους υδροφορείς και τη ρύπανση χιλιάδων υπόγειων υδροφορέων στον εκβιομηχανισμένο κόσμο (Löffler and Edwards, 2006).

Με κριτήριο την κίνησή τους στο υπέδαφος, τα PCE και TCE ανήκουν στην κατηγορία των DNAPLs. Η ευρεία χρήση του TCE, σε συνδυασμό με τη συνήθη πρακτική της ακατάλληλης αποθήκευσης ή αμελούς διάθεσής του και την καθυστέρηση της αναγνώρισης του προβλήματος διαρροών TCE στο υπέδαφος, κατέστησε τη ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων με TCE ένα από τα πιο διαδεδομένα γεωπεριβαλλοντικά προβλήματα στον εκβιομηχανισμένο κόσμο (Παναγιωτάκης, 2010).

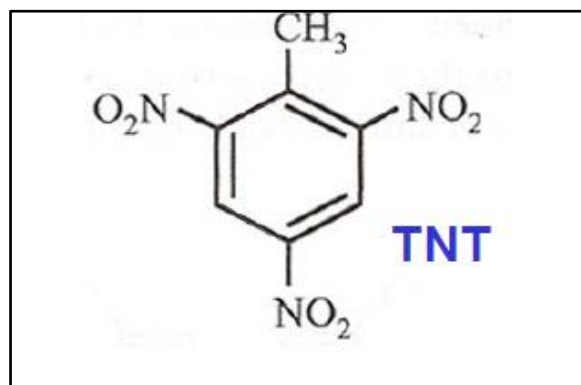
Αρωματικές νιτρο-ενώσεις και αμίνες

Οι αρωματικές νιτροενώσεις είναι καρκινογόνες ενώσεις που εντοπίζονται σε στρατιωτικές περιοχές. Η πλειοψηφία τους είναι βιομηχανικές χημικές ενώσεις, όπως εκρηκτικές ύλες, αφροί πολυουρεθάνης, βαφές, ζιζανιοκτόνα, παρασιτοκτόνα και διαλύτες. Περισσότερες νιτροομάδες προσδίδουν αντοχή στην μικροβιακή διάσπαση και τοξικότητα. Τυπικές αρωματικές νιτροενώσεις δίνονται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Τυπικές αρωματικές νιτροενώσεις.

2,4,6-Trinitrotoluene (TNT)
2,4-dinitrotoulene (DNT)
1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine (RDX)
cyclotetramethylene tetranitramine (HMX)

Από τις βασικότερες αρωματικές νιτροενώσεις είναι οι εκρηκτικές ύλες TNT (2,4,6-τρινιτροτολουόλη) και η νιτρογλυκερίνη. Το TNT (Σχήμα 7) χρησιμοποιήθηκε κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο και αποτελεί σήμερα σημαντικό οργανικό ρύπο ιδιαίτερα σε περιοχές γύρω από εργοστάσια παραγωγής του, καθώς και σε περιοχές όπου δοκιμάστηκε η χρήση του. Είναι υδρόφοβο και αδρανές αρωματικό μόριο που αποδομείται ελάχιστα από μικροοργανισμούς στο περιβάλλον.



Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 7: Δομή TNT

Οι αμίνες είναι αζωτούχες οργανικές ενώσεις, οι οποίες δομικά προκύπτουν με την αντικατάσταση ενός ή περισσότερων ατόμων υδρογόνου του μορίου της αμμωνίας από αλκυλομάδες. Η χαρακτηριστική ομάδα των αμιμών επομένως είναι το άτομο του αζώτου. Ανάλογα με τον αριθμό των υδρογόνων της αμμωνίας που έχουν αντικατασταθεί από αλκυλομάδες, οι αμίνες διακρίνονται σε πρωτοταγείς, δευτεροταγείς και τριτοταγείς. Οι περισσότερες από τις αμίνες, όπως η φαινυλαμίνη είναι επικίνδυνες για το περιβάλλον και για την ανθρώπινη υγεία. Χαρακτηριστικές νιτροαμίνες δίνονται στον Πίνακα 5.

Πίνακας 5: Χαρακτηριστικές νιτροαμίνες.

Methylamine	CH_3NH_2
Propylamine	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$
2-propylamine	$(\text{CH}_3)_2\text{CHNH}_2$
Diethylamine	$(\text{CH}_3)_2\text{NH}_2$
Aniline	$\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$
4-methylphenylamine	$4\text{-CH}_3\text{C}_6\text{H}_4\text{NH}_2$

Γεωργικά φάρμακα και προϊόντα μεταβολισμού

Στην κατηγορία των γεωργικών φαρμάκων και προϊόντων μεταβολισμού εντάσσονται τα εντομοκτόνα, μυκητοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, νηματωδοκτόνα, ακαρεοκτόνα, διάφορα τρωκτικοκτόνα, φερομόνες κ.τ.λ. Υπάρχουν περίπου 22 οικογένειες συνθετικών υδατοδιαλυτών φαρμάκων με τις κυριότερες να είναι τα οργανοχλωριωμένα, τα οργανοφωσφορικά και τα καρβαμιδικά.

Τα εντομοκτόνα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες:

- Οργανοχλωριωμένα (DDT, lindane)

Τα οργανοχλωριωμένα είναι από τα πιο διαδεδομένα εντομοκτόνα στον πλανήτη. Είναι ενώσεις που δύσκολα αποδομούνται στο περιβάλλον και συνήθως βιοσυσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα. Είναι γενική παραδοχή ότι η εκτεταμένη έκθεση του ανθρώπου σε χλωριωμένους υδρογονάνθρακες προκαλεί εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος και καρκινογενέσεις. Στη βιομηχανία χρησιμοποιούνται ως διαλύτες και στην κατασκευή πλαστικών υλών. Πολλές από αυτές τις ενώσεις θεωρήθηκαν απαγορευμένες λόγω της τοξικότητάς τους. Ακόμη, παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα στο έδαφος. Λόγω της υψηλής τάσης ατμών, είναι εξαιρετικά πτητικοί και μεταφέρονται μέσω του εδαφικού αέρα. Η πυκνότητά τους είναι μεγαλύτερη από αυτή του νερού. Το χαμηλό ιξώδες βοηθάει στην κάθετη μετανάστευσή τους μέσα στην υποεπιφάνεια και στη δυνατότητά τους να υπάρξουν ως φάση DNAPL μέσα στη κορεσμένη ζώνη. Παράλληλα, καθώς η διαλυτότητα τους στο νερό μπορεί να χαρακτηριστεί από μέτρια έως καλή, μπορούν να μεταναστεύσουν στα υπόγεια νερά. Η βιοαποδόμηση των παραπάνω ρύπων είναι σχετικά μικρή, παρόλα αυτά όμως επειδή η έκταση (πλούμιο) της ρύπανσης μπορεί να είναι μεγάλη, οι ενώσεις με υψηλά ποσοστά χλωρίου αποδομούνται σε αναερόβιες συνθήκες, ενώ οι ενώσεις με μικρότερα ποσοστά χλωρίου σε αερόβιες συνθήκες.

Το πιο γνωστό οργανοχλωριωμένο φυτοφάρμακο είναι το DDT (Σχήμα 8). Σε μικρές συγκεντρώσεις δεν έχει ιδιαίτερα υψηλή τοξικότητα. Εντούτοις είναι μη βιοαποδομήσιμο και έχει τάση υψηλής βιοσυσσώρευσης, πράγμα που το κάνει ιδιαίτερα τοξικό σε μεγάλες συγκεντρώσεις. Η παραγωγή και χρήση του απαγορεύθηκε το 1972 στις ΗΠΑ (και το 1977 στην Ελλάδα).



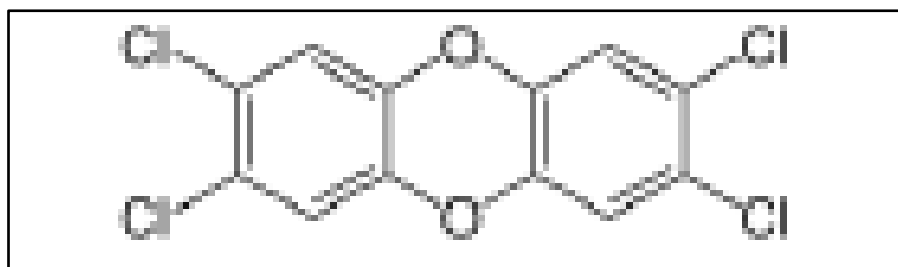
Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 8: Δομή DDT και Methoxychlor αντίστοιχα

Άλλα χρησιμοποιούμενα οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα είναι τα Aldrin, Dieldrin, Heptachlor, Chlordane, Kepone και το Endosulfan. Γενικά, τα φυτοφάρμακα που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία απαιτούν μεγάλο χρονικό διάστημα για να διασπαστούν και συσσωρεύονται στους λιπώδεις ιστούς. Ως αποτέλεσμα, οι

οργανισμοί που βρίσκονται στις ανώτερες βαθμίδες της τροφικής αλυσίδας συσσωρεύουν υψηλές συγκεντρώσεις αυτών των ουσιών.

Ένα άλλο οργανοχλωριωμένο ζιζανιοκτόνο το οποίο χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα από τον αμερικανικό στρατό στο Βιετνάμ και θεωρήθηκε ύποπτο για τερατογενέσεις είναι γνωστό με το όνομα «Agent orange». Εντούτοις, αργότερα διαπιστώθηκε ότι η τοξική ουσία που ήταν υπεύθυνη για τις τερατογενέσεις ήταν ένα ιχνοσυστατικό του ζιζανιοκτόνου με την ονομασία 2,3,7,8 – τετραχλωρο – διβενζο – p - διοξίνη (TCDD) (Σχήμα 9).

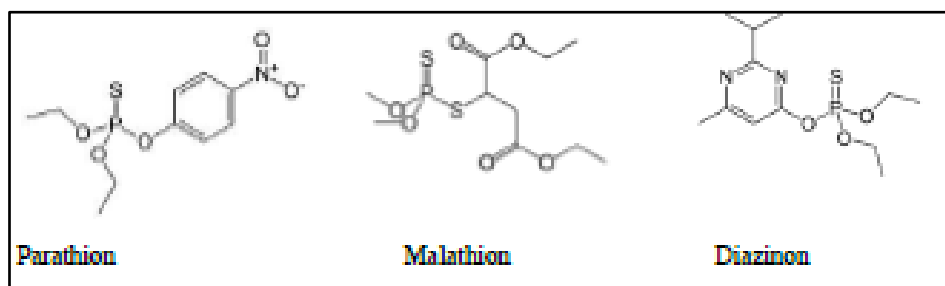


Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 9: Δομή της διοξίνης TCDD

- Οργανοφωσφορικά (parathion)

Τα οργανοφωσφορικά φυτοφάρμακα βιοδιασπώνται πιο γρήγορα από τα οργανοχλωριωμένα αλλά εμφανίζουν υψηλότερη τοξικότητα και απορροφούνται γρήγορα από το δέρμα, τους πνεύμονες και το πεπτικό σύστημα. Τέτοια φυτοφάρμακα είναι το parathion, malathion και diazinon (Σχήμα 10). Πολλά από τα παρασιτοκτόνα αυτά είναι εξαιρετικά δηλητηριώδη, παρόλα αυτά δεν παραμένουν αρκετό διάστημα στο περιβάλλον.



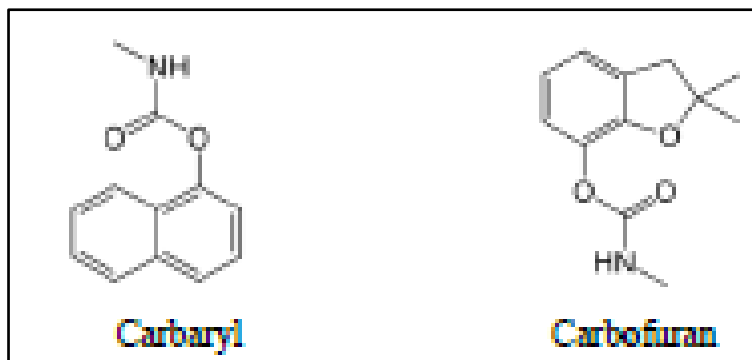
Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 10: Δομή οργανοφωσφορικών εντομοκτόνων

- Καρβαμιδικά (carbaryl)

Στην ομάδα των καρβαμιδικών εντομοκτόνων ανήκουν τα εντομοκτόνα που συναντώνται με τις εμπορικές ονομασίες Furadan και Curater (δραστική ουσία carbofuran) και το εντομοκτόνο με την εμπορική ονομασία Mesuro (δραστική ουσία methiocarb). Είναι παράγωγα του καρβαμικού οξέος (H_2NCOOH), είναι ακόμα πιο

βιοαποδομήσιμα (χαμηλή βιοσυσσώρευση) και για αυτό η χρήση τους αυξάνεται διαρκώς. Εμφανίζουν βέβαια και αυτά υψηλή τοξικότητα. Παραδείγματα τέτοιων φυτοφαρμάκων είναι το carbofuran (Furadan) και το carbaryl (Sevin). (Σχήμα 11), καθώς και άλλα τυπικά καρβαμυδικών εντομοκτόνων δίνονται στον Πίνακα 6.



Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 11: Δομή καρβαμυδικών εντομοκτόνων

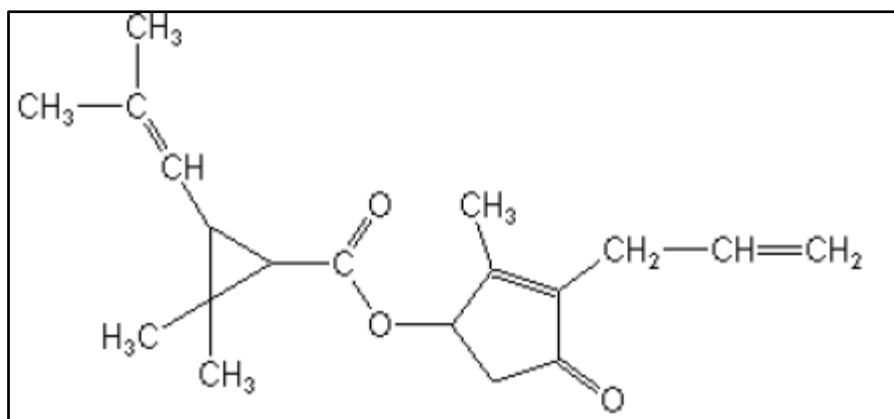
Πίνακας 6: Τυπικά καρβαμυδικά εντομοκτόνα

Aldicarb
Carbaryl
Carbofuran
Fenoxycarb Ethyl
Methiocarb
Methomyl
Oxamyl
Thiodicarb

- Πυρεθροειδή (permethrin)

Τα φυσικά πυρεθροειδή είναι χημικές ενώσεις με ιδιότητες εντομοκτόνου που υπάρχουν στο φυτό *Chrysanthemum cinerariaefolium* (Σχήμα 12).

Ο συνδυασμός της πρόκλησης αναισθησίας στα έντομα με την πολύ χαμηλή τοξικότητά τους κάνουν τα πυρεθροειδή ιδανικά οικιακά εντομοκτόνα, παρότι η αναισθησία στα έντομα δεν σημαίνει και θάνατο. Συνήθως χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με κάποιο άλλο εντομοκτόνο (οργανοφωσφορικό, καρβαμικό) για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα. Έχουν παρόμοιο τρόπο-μηχανισμό δράσης με τα οργανοχλωριωμένα, αλλά δεν είναι ιδιαίτερα υπολειμματικά στο περιβάλλον και δεν έχουν δημιουργήσει ιδιαίτερα περιβαλλοντικά προβλήματα. Τυπικά πυρεθροειδή εντομοκτόνα δίνονται στον Πίνακα 7.



Πηγή: Evangelou, 2008

Σχήμα 12: Δομή *Chrysanthemum cinerariaefolium*

Πίνακας 7: Τυπικά πυρεθροειδή εντομοκτόνα.

Allethrin	Bifenthrin
Cyfluthrin	Cyhalothrin
Cypermethrin	Deltamethrin
Esfenvalerate	Fenpropathrin
Fluvalinate	Permethrin
Resmethrin	Tefluthrin
Tetramethrin	Tralomethrin

Οργανομεταλλικά σύμπλοκα

Τα οργανομεταλλικά σύμπλοκα είναι ενώσεις στις οποίες ένα οργανικό μόριο σχηματίζει σύμπλοκο με κάποιο μεταλλικό ιόν, όπως τα Cu, Hg, Sn. Πτητικές Οργανικές Ενώσεις.

Πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile organic compounds ή VOCs) είναι οργανικές ενώσεις που έχουν υψηλή τάση ατμών σε συνηθισμένη θερμοκρασία δωματίου. Η υψηλή τάση ατμών τους προκύπτει από το χαμηλό σημείο βρασμού, που προκαλεί την εξάτμιση μεγάλου αριθμού μορίων ή την εξάχνωση από την υγρή ή την αέρια μορφή της ένωσης και την είσοδο της στον περιβάλλοντα αέρα. Παραδείγματος χάρη, η μεθανάλη, που εξατμίζεται από τη βαφή, έχει σημείο ζέσης μόλις $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Οι VOCs είναι πολυάριθμες, ποικίλες, και πανταχού παρούσες. Περιλαμβάνουν χημικές ενώσεις που παρασκευάστηκαν από τον άνθρωπο ή εμφανίζονται στη φύση. Οι VOCs παίζουν σημαντικό ρόλο στην επικοινωνία μεταξύ φυτών, και στα μηνύματα από τα φυτά προς τα ζώα. Κάποιες VOCs είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία ή βλάπτουν το φυσικό περιβάλλον. Οι επιβλαβείς VOCs δεν είναι συνήθως πολύ τοξικές, αλλά έχουν σύνθετες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία. Επειδή οι συγκεντρώσεις είναι συνήθως χαμηλές και τα συμπτώματα αργούν να αναπτυχθούν, η έρευνα στις VOCs και στις επιπτώσεις τους είναι δύσκολη. Πολλές πτητικές οργανικές

ενώσεις έχουν χαρακτηριστεί τοξικές και έχουν συνδεθεί με την εμφάνιση καρκίνου στον άνθρωπο.

Οι σχετιζόμενες με την οδική κυκλοφορία οργανικές πτητικές ενώσεις είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικές για τη δημόσια υγεία (Γούναρης, 2013). Αυτές οι αρωματικές χημικές ενώσεις ονομάζονται ΒΤΕΧ και είναι το βενζόλιο που έχει συνδεθεί άμεσα με τη λευχαιμία και τις αρνητικές επιπτώσεις στο αίμα και τα αιμοποιητικά όργανα, το τολουόλιο που προκαλεί βλάβες στο συκώτι και το νευρικό σύστημα, τα ισομερή του ξυλολίου που προκαλεί αιματολογικές και ανοσοποιητικές βλάβες, καθώς και βλάβες στο νευρικό σύστημα και το αιθυλοβενζόλιο (Vlachokostas et al., 2009). Η παρούσα εργασία ασχολείται κυρίως με τα όρια των ενώσεων αυτών στο έδαφος και το υπόγειο νερό και γι' αυτό παρακάτω γίνεται εκτενής αναφορά για το καθένα ξεχωριστά.

- **Βενζόλιο**

Το βενζόλιο (benzene) είναι οργανική ένωση με μοριακό τύπο C_6H_6 και είναι συστατικό του αργού πετρελαίου (1-5%). Είναι ένα εξαιρετικά εύφλεκτο υγρό με χαρακτηριστική οσμή "βενζίνης" και αρκετά πτητικό. Η καρκινογόνος και μεταλλαξιογόνος δράση του βενζολίου, γνωστή εδώ και πολλές δεκαετίες, καθιστά επικίνδυνη τη μακροχρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις ατμών του σε εργασιακούς χώρους. Ωστόσο, το βενζόλιο χρησιμοποιείται ευρύτατα ως βιομηχανικός διαλύτης, καθώς και ως πρώτη ύλη για την παραγωγή πλήθους ενώσεων (πλαστικών, ελαστικών, χρωμάτων, φαρμάκων). Το βενζόλιο προστίθεται σε μικρές αναλογίες στα καύσιμα μηχανών εσωτερικής καύσης για να βελτιώσει την ποιότητά τους (αύξηση του αριθμού οκτανίων), ιδιαίτερα μετά την κατάργηση του αντικροτικού τετρααιθυλιούχου μολύβδου, που δεν ήταν πλέον συμβατός με τους τριοδικούς καταλύτες καθαρισμού των καυσαερίων. Το βενζόλιο λόγω της τοξικότητάς του, όπου είναι δυνατόν, αντικαθίσταται με άλλους διαλύτες, με σχεδόν παρόμοιες διαλυτικές ή εκχυλιστικές ικανότητες, όπως το τολουόλιο (μεθυλοβενζόλιο), το κ-εξάνιο και το κυκλοεξάνιο.

Το βενζόλιο αποτελεί την πρώτη ύλη ή την ενδιάμεση χημική ένωση για την παρασκευή πλήθους αρωματικών ενώσεων, όπως στυρόλιο, φαινόλη, νιτροβενζόλιο και ανιλίνης, αλκυλοβενζόλια, γλωροβενζολία, αλλά και μη αρωματικών ενώσεων, όπως κυκλοεξάνιο και μηλεϊνικό ανυδρίτη. Με τη σειρά τους αυτές οι χημικές ενώσεις χρησιμοποιούνται στη χημική βιομηχανία για την παραγωγή αφθονίας υλικών και ουσιών όπως πλαστικά, ρητίνες, χρώματα, εντομοκτόνα, φαρμακευτικά προϊόντα κ.λπ.

Οι πρώτες έρευνες για την επίδραση του βενζολίου στην υγεία του ανθρώπου, αφορούσαν εργαζόμενους στις χημικές βιομηχανίες που εκτίθονταν σε υψηλές συγκεντρώσεις (λόγω της πτητικότητάς του) και για μεγάλο χρονικό διάστημα. Εισπνοή μεγάλων ποσοτήτων ατμών του για σύντομο χρονικό διάστημα του προκαλεί ζάλη, ταχυκαρδία, πονοκέφαλο, εμετό και σπασμούς. Το βενζόλιο εισέρχεται στον οργανισμό κυρίως μέσω της εισπνοής των ατμών του και δευτερευόντως μέσω της

απορρόφησής του από το δέρμα. Το βενζόλιο είναι γνωστό ως καρκινογόνο του αιμοποιητικού συστήματος, αυξάνει τον κίνδυνο για λευχαιμία, λεμφογενή λευχαιμία και μυελογενή λευχαιμία.

Όπως προαναφέρθηκε το βενζόλιο είναι μια "ανθεκτική" χημική ένωση, που δύσκολα μετέχει σε χημικές αντιδράσεις σε ήπιες συνθήκες, ωστόσο υπόκειται σε μεταβολισμό και η τοξικότητά του εντοπίζεται στα προϊόντα μεταβολισμού του και όχι στο ίδιο.

Από τα προϊόντα μεταβολισμού του βενζολίου, ενδιαφέρον παρουσιάζουν το μουκονικό οξύ και το S-φαινυλομερκαπτοουρικό οξύ. Σε αντίθεση με τη φαινόλη και τα άλλα υδροξυπαράγωγα του βενζολίου, το μουκονικό οξύ και το S-φαινυλομερκαπτοουρικό οξύ και το προϊόν της υδρόλυσής του, η S-φαινυλοκυστεΐνη, αποτελούν καλούς βιοδείκτες (biomarkers) του βενζολίου και η συγκέντρωσή τους στα βιολογικά υγρά μπορεί να χρησιμεύσει ως μέτρο της έκθεσης του οργανισμού σε βενζόλιο (Boogaard and van Sittent 1996). Ο μηχανισμός της καρκινογόνου δράσης του βενζολίου διαφέρει σημαντικά από την καρκινογόνο δράση άλλων γνωστών καρκινογόνων ενώσεων (π.χ. πολυκυρηνικών αρωματικών υδρογονανθράκων, των αφλατοξινών). Το ίδιο δεν μπορεί να συνδεθεί με οποιοδήποτε τρόπο με το DNA, οπότε η καρκινογόνος δράση αποδίδεται στα προϊόντα μεταβολισμού του (Smith 1996).

Η υπόθεση ότι το βενζόλιο μεταβολίζεται μέσω σχηματισμού του οξειδίου του βενζολίου είχε διατυπωθεί από το 1968, αλλά επιβεβαιώθηκε σχεδόν 30 χρόνια αργότερα. Οι μεταβολίτες αυτοί θεωρείται ότι μπορούν να δημιουργήσουν οξυγονούχες ελεύθερες ρίζες (ROS: reactive oxygen species) ικανές να προκαλέσουν οξειδωτικές βλάβες στο DNA.

Το βενζόλιο σε ίχνη αποτελεί φυσικό συστατικό της ατμόσφαιρας (κλάσμα του ppb ή λίγα ppb), αφού ποσότητες του παράγονται κατά φυσικό τρόπο κατά τις ηφαιστειακές εκρήξεις και τις πυρκαγιές των δασών. Το μεγαλύτερο ποσοστό (ίσως και >90%) του βενζολίου της ατμόσφαιρας οφείλεται σε ανθρωπογενείς πηγές. Έτσι, η χρήση βενζολίου στη βενζίνη για να αυξήσει τον αριθμό οκτανίων είναι φυσικό να προκαλεί εκπομπή σημαντικών ποσοτήτων βενζολίου και άλλων αρωματικών οργανικών ενώσεων σε αστικές περιοχές. Ορισμένοι επιστήμονες επικεντρώνουν την προσοχή τους στο γεγονός αυτό και θεωρούν ότι ένα μέρος της αύξησης των καρκίνων του αιμοποιητικού συστήματος, που δεν σχετίζονται με επαγγελματικές εκθέσεις, μπορεί να οφείλεται σε αυτό, δηλαδή τα καυσάερα των αυτοκινήτων και τη χρήση βενζίνης (Johnson et al. 2009).

Η βελτίωση των αναλυτικών μεθόδων επιτρέπει την ανίχνευση και μέτρηση του βενζολίου (αλλά και πολλών άλλων ρύπων) σε εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις και είναι φυσικό πλέον να ανιχνεύονται ρύποι εκεί που παλαιότερα πιστευόταν πως δεν υπήρχαν, όπως και να τίθενται ακόμη χαμηλότερα όρια από τους αρμόδιους εθνικούς και διεθνείς οργανισμούς ελέγχου.

- **Τολουόλιο**

Το τολουόλιο (αγγλικά toluene) είναι αρωματική οργανική χημική ένωση, που περιέχει άνθρακα και υδρογόνο, με μοριακό τύπο C_7H_8 , αλλά συμβολίζεται συχνά συντομογραφικά ως PhMe ή PhCH₃. Το χημικά καθαρό τολουόλιο, στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή σε θερμοκρασία 25 °C και υπό πίεση 1 atm, είναι διαυγές, δυσδιάλυτο στο νερό και εύφλεκτο υγρό, με έντονη οσμή αποχρωματικού, διαφορετική από τη γλυκιά οσμή του βενζολίου, και πιο συγκεκριμένα, μπορεί να θεωρηθεί ότι προέρχεται από το βενζόλιο με αντικατάσταση ενός ατόμου υδρογόνου του τελευταίου, δηλαδή από φαινύλιο, και από μεθύλιο (-CH₃). Η συστηματική ονομασία κατά IUPAC είναι «μεθυλοβενζόλιο».

Είναι αρωματικός υδρογονάνθρακας και χρησιμοποιήθηκε ευρύτατα ως διαλύτης, καθώς και ως πρόδρομη ύλη για άλλα προϊόντα της χημικής βιομηχανίας (Hogan 2011). Ωστόσο, οι εισπνεόμενοι ατμοί τολουολίου μπορούν να προκαλέσουν σημαντική ζημιά στο νευρικό σύστημα. Το τολουόλιο είναι σημαντικός οργανικός διαλύτης, αλλά είναι επίσης ικανό να διαλύσει και έναν αξιοσημείωτο αριθμό ανόργανων ουσιών, όπως (μεταξύ άλλων) τα χημικά στοιχεία θείο, ιώδιο, βρώμιο, φωσφόρος (Hogan 2011). Ως καύσιμο, σε κινητήρες εσωτερικής καύσης, έχει αριθμό οκτανίου (RON) 121, αλλά αποφεύγεται η χρήση του ως προσθετικό - ενισχυτικό βενζίνης, γιατί είναι γνωστό καρκινογόνο και ιδιαίτερα τοξικό, ιδιαίτερα για το νευρικό σύστημα (Streicher et al. 1981, Devathasan et al. 1984).

Το τολουόλιο βρίσκεται φυσικά σε χαμηλά επίπεδα στο αργό πετρέλαιο και είναι ένα παραπροϊόν της παραγωγής βενζίνης, κατά την καταλυτική αναμόρφωση νάφθας ή την πυρόλυση αιθενίου. Είναι επίσης παραπροϊόν της παραγωγής κοκ (coke) από γαιάνθρακα. Η τελική απομόνωση και ο καθαρισμός της ένωσης (όποτε αυτό απαιτείται) γίνεται με απόσταξη και με εκχύλιση, διεργασίες που χρησιμοποιούνται για το βενζόλιο, το τολουόλιο και τα τρία (3) ισομερή ξυλόλια. Το τολουόλιο αντιδρά ως κανονικός αρωματικός υδρογονάνθρακας.

Οι βιομηχανικές χρήσεις του τολουολίου περιλαμβάνουν την απομεθυλίωσή του προς βενζόλιο, τη μετατροπή του σε μίγμα βενζολίου – ξυλενίων. Όταν οξειδώνεται δίνει βενζαλδεΐδη ή βενζοϊκό οξύ, δυο σημαντικές ενδιάμεσες ύλες για την οργανική χημεία. Χρησιμοποιήθηκε ακόμη ως πηγή άνθρακα για την παραγωγή πολυτοιχικών νανοσωλήνων άνθρακα. Το τολουόλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανοίξει τα ερυθρά αιμοσφαίρια, προκειμένου να εξαχθεί αιμοσφαιρίνη για βιοχημικά πειράματα.

Το τολουόλιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αύξηση του βαθμού οκτανίων σε βενζίνη για κινητήρες εσωτερικής καύσης. Το τολουόλιο αποτελούσε το 86% κατ' όγκο των καυσίμων για τις ομάδες της Φόρμουλας 1 κατά τη δεκαετία του 1980, με πρωτοπόρα στον τομέα αυτό την ομάδα της Honda. Το τολουόλιο μπορεί να αποτελέσει ως και 100% το καύσιμο για δίχρονους και τετράχρονους κινητήρες, αλλά εξαιτίας της πυκνότητας του καυσίμου και εξαιτίας άλλων παραγόντων, το καύσιμο δεν εξατμίζεται εύκολα, εκτός αν προθερμαθεί στους 70 °C. Ωστόσο, το τολουόλιο ως καύσιμο προκαλεί παρόμοια προβλήματα με τα καύσιμα με αλκοόλες, καθώς «τρώει»

τους συνήθως λαστιχένιους σωλήνες καυσίμου και το μέταλλο των κινητήρων, στους οποίους δημιουργεί σταδιακά ρήγματα.

Η εισπνοή ατμών τολουολίου σε μικρά επίπεδα συγκέντρωσης μπορεί να προκαλέσει κόπωση, σύγχυση, αδυναμία, ενέργειες τύπου μέθης, απώλεια μνήμης, ναυτία, ανορεξία, απώλεια ακοής και αχρωματοψία. Αυτά τα συμπτώματα συνήθως εξαφανίζονται όταν παύσει η έκθεση στους ατμούς τολουολίου. Η εισπνοή υψηλών συγκεντρώσεων ατμών τολουολίου για σύντομο χρονικό διάστημα μπορεί να προκαλέσει ελαφρύ πονοκέφαλο, ναυτία, υπνηλία, αναισθησία, ή ακόμη και θάνατο. Ωστόσο, το τολουόλιο είναι πολύ λιγότερο τοξικό από το βενζόλιο, και ως επακόλουθο έχει αντικαταστήσει σε μεγάλο βαθμό το βενζόλιο ως αρωματικός διαλύτης στις χημικές συνθέσεις.

- **Αιθυλοβενζόλιο**

Το αιθυλοβενζόλιο ή αιθυλοβενζένιο ή αιθυλοκυκλοεξατριένιο ή φαινυλαιθάνιο είναι ένα αρένιο με σύντομο συντακτικό τύπο PhCH_2CH_3 . Αυτός ο αρωματικός υδρογονάνθρακας είναι ένα σημαντικό ενδιάμεσο της πετροχημικής βιομηχανίας, κυρίως για την παραγωγή στυρόλιου, που με τη σειρά του παράγει πολυστυρόλιο, ένα πολύ σημαντικό πολυερές.

Το αιθυλοβενζόλιο είναι άχρωμο, εύφλεκτο υγρό, βρίσκεται σε πίσσα άνθρακα, πετρελαίου, καθώς και στα βιομηχανοποιημένα προϊόντα, όπως μελάνια, εντομοκτόνα και χρώματα. Έκθεση σε αιθυλοβενζόλιο προκαλεί ζάλη, ερεθισμό στον λαιμό και στα μάτια.

- **Ξυλένιο**

Το ξυλένιο είναι αρωματικός υδρογονάνθρακας που κυκλοφορεί στο εμπόριο ως μίγμα τριών ισομερών του (ο-ξυλένιο, π-ξυλένιο, μ-ξυλένιο), ένα άχρωμο λεπτόρρευστο εύφλεκτο και τοξικό υγρό με πολλαπλές χρήσεις. Το ξυλένιο αποτελείται από ένα μείγμα ξυλενίων (ο-ξυλένιο, π-ξυλένιο, μ-ξυλένιο). Οποιοδήποτε από τα τρία ισομερή του ξυλενίου, μπορεί να είναι διαλύτης ή πιο συχνά πρόδρομη ουσία άλλων χημικών.

3. Νομοθετικό Πλαίσιο

3.1 Η Οδηγία 2010/75/ΕΕ (Industrial Emissions Directive - IED)

Η Οδηγία 2010/75/ΕΕ, σχετικά με την Ολοκληρωμένη Πρόληψη και Έλεγχο της Ρύπανσης, γνωστή ως Οδηγία ΙΕΑ (Industrial Emissions Directive), δημιούργησε ένα νέο πλαίσιο για την αδειοδότηση των βιομηχανικών εγκαταστάσεων και επηρέασε βιομηχανικές δραστηριότητες με ισχυρό δυναμικό ρύπανσης, όπως καθορίζονται στο παράρτημα Ι της οδηγίας (ενεργειακές βιομηχανίες, παραγωγή και επεξεργασία μετάλλων, βιομηχανία ορυκτών προϊόντων, χημική βιομηχανία, διαχείριση αποβλήτων, κτηνοτροφία κ.λπ.). Βρίσκεται σε ισχύ από το 2011 και είναι ο διάδοχος της οδηγίας IPPC και στην ουσία, αφορά τη μείωση της ρύπανσης από διάφορες βιομηχανικές πηγές σε ολόκληρη την ΕΕ. Μέσα από τη συγκεκριμένη Οδηγία προωθείται ο συνδυασμός της οικονομικής ευημερίας των επιχειρήσεων που εντάσσονται σε αυτήν, με τη μείωση της χρήσης φυσικών πόρων και ενέργειας, καθώς και της έκθεσης σε επικίνδυνες ουσίες και εκπομπές κάθε τύπου. Η Οδηγία 2010/75/ΕΕ έχει ενσωματωθεί στην ελληνική νομοθεσία μέσω της ΚΥΑ 36060/1155/Ε.103.

Η ολοκληρωμένη προσέγγιση σημαίνει ότι οι άδειες πρέπει να λαμβάνουν υπόψη το σύνολο της περιβαλλοντικής απόδοσης της εγκατάστασης, που καλύπτουν, π.χ. εκπομπές στον αέρα, το νερό και το έδαφος, την παραγωγή αποβλήτων, τη χρήση των πρώτων υλών, την ενεργειακή απόδοση, τον θόρυβο, την πρόληψη των ατυχημάτων, καθώς και την αποκατάσταση του χώρου μετά το κλείσιμο.

Σε περίπτωση που η δραστηριότητα περιλαμβάνει τη χρήση, παραγωγή ή έκλυση σχετικών επικίνδυνων ουσιών, δηλαδή ουσιών που δύναται να ρυπάνουν το έδαφος και το υπόγειο νερό, η IED απαιτεί από τους αρμόδιους να συντάξουν έκθεση (Βασική Έκθεση (B.E) – Baseline Report) πριν την έναρξη της λειτουργίας της εγκατάστασης και η άδεια να ανανεώνεται έχοντας υπόψη την πιθανότητα ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών και την εξασφάλιση της ολοκληρωμένης προσέγγισης. Επιπλέον, εισάγει την καινοτομία της πρόληψης της ρύπανσης, τα πρωτογενή δηλαδή μέτρα, με την εφαρμογή Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (ΒΔΤ) (Best Available Techniques, BAT's). Η πρόληψη της ρύπανσης δεν συνεισφέρει απλά στη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος, αλλά αποδεικνύεται και προσοδοφόρα για τις επιχειρήσεις, μια και η δημιουργία εκπομπών και αποβλήτων, καθώς και η σπατάλη ενέργειας και πρώτων υλών, φανερώνουν αδυναμίες στις παραγωγικές διαδικασίες.

Η οδηγία εξασφαλίζει ότι το κοινό έχει το δικαίωμα να συμμετέχει στη διαδικασία λήψης αποφάσεων, καθώς και να ενημερωθεί για τις συνέπειές της, έχοντας πρόσβαση (α) στις αιτήσεις χορήγησης άδειας, προκειμένου να εκφράσουν τις απόψεις, (β) στις άδειες, (γ) στα αποτελέσματα της παρακολούθησης των απορρίψεων και (δ) στο Ευρωπαϊκό Μητρώο Έκλυσης και Μεταφοράς Ρύπων (E - PRTR).

Οι εγκαταστάσεις που εντάσσονται στις διατάξεις της Οδηγίας αναφέρονται στο παράρτημα Ι της Οδηγίας και περιλαμβάνουν τις ακόλουθες κατηγορίες:

- Βιομηχανίες ενεργειακών δραστηριοτήτων
- Παραγωγή και μεταποίηση μετάλλων
- Βιομηχανία ορυκτών προϊόντων
- Χημική βιομηχανία
- Διαχείριση αποβλήτων
- Άλλες δραστηριότητες

3.2 Το Μητρώο Έκλυσης και Μεταφορών Ρύπων (E – PRTR)

Το Μητρώο Έκλυσης και Μεταφοράς Ρύπων (E – PRTR) περιέχει πληροφορίες σχετικά με τις εκπομπές στον αέρα, στο νερό και στο έδαφος, χημικών ουσιών και ρύπων που παράγονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Οι πληροφορίες αυτές, είναι διαθέσιμες στο ευρύ κοινό μέσα από την επίσημη ιστοσελίδα <http://prtr.ec.europa.eu/#/home>.

Το μητρώο αυτό παρέχει εύκολη πρόσβαση σε βασικά περιβαλλοντικά στοιχεία βιομηχανικών εγκαταστάσεων που αφορούν κράτη μέλη της ΕΕ. Το μητρώο περιέχει δεδομένα που αναφέρονται ετησίως σε 30.000 βιομηχανικές εγκαταστάσεις και καλύπτουν περίπου 65 τομείς οικονομικής δραστηριότητας σε όλη την Ευρώπη.

Πιο συγκεκριμένα, για κάθε εγκατάσταση παρέχονται πληροφορίες σχετικά με τα ποσά των ρύπων που εκλύονται στον αέρα, το νερό και το έδαφος, καθώς και εκτός του χώρου των εγκαταστάσεων. Περιγράφεται η μεταφορά των αποβλήτων και των ρύπων στα λύματα, από ένα κατάλογο που περιέχονται οι 91 πιο βασικοί ρύποι (βαρέα μέταλλα, αέρια θερμοκηπίου, φυτοφάρμακα, διοξίνες, κ.α.).

3.3 Κατευθυντήριες γραμμές της Ε.Ε σχετικά με τις βασικές εκθέσεις βάσει του άρθρου 22 παράγραφος 2 της οδηγίας 2010/75/ΕΕ περί βιομηχανικών εκπομπών

Κάθε βιομηχανική δραστηριότητα οφείλει να καταρτίσει Βασική Έκθεση (Β.Ε.), σύμφωνα με τις Κατευθυντήριες Γραμμές της ΕΕ και βάσει του άρθρου 22 παράγραφος 2 της οδηγίας 2010/75/ΕΕ.

Πιο συγκεκριμένα, οι Κατευθυντήριες Γραμμές καλύπτουν τα ακόλουθα στοιχεία:

- να προσδιοριστεί αν απαιτείται Βασική Έκθεση
- να σχεδιαστεί η Βασική Έκθεση
- να σχεδιαστεί η στρατηγική δειγματοληψίας
- να εκπονηθεί η Βασική Έκθεση.

Κατά την οριστική παύση των δραστηριοτήτων, ο φορέας εκμετάλλευσης αξιολογεί την κατάσταση της ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών από ουσίες που δύνανται να ρυπάνουν το έδαφος και τα υπόγεια νερά (Σχετικά Επικίνδυνες Ουσίες). Οι ουσίες αυτές χρησιμοποιούνται, παράγονται ή απελευθερώνονται από την εγκατάσταση, προκειμένου να ληφθούν τα αναγκαία μέτρα αντιμετώπισης της ρύπανσης και αποκατάστασης της ρυπασμένης περιοχής. Σε αυτό το σημείο είναι

σημαντική η συμβολή της ΒΕ, ούτως ώστε να μπορεί να γίνει ποσοτικοποιημένη σύγκριση της κατάστασης κατά την οριστική παύση των δραστηριοτήτων.

Κατά την κατάρτιση Βασικής Έκθεσης ακολουθούνται τα εξής οκτώ στάδια:

- Στάδια 1 - 3: να αποφασιστεί αν απαιτείται Βασική Έκθεση ή όχι
- Στάδια 4 - 7: να καθοριστεί πώς πρέπει να προετοιμαστεί μια Βασική Έκθεση
- Στάδιο 8: να καθοριστεί το περιεχόμενο της Βασικής Έκθεσης.

Στόχος κάθε Σταδίου είναι ο εξής:

- Στάδιο 1: Εντοπισμός επικίνδυνων ουσιών που χρησιμοποιούνται, παράγονται ή απελευθερώνονται στην εγκατάσταση και κατάρτιση καταλόγου των εν λόγω επικίνδυνων ουσιών.
- Στάδιο 2: Προσδιορισμός αν οι επικίνδυνες ουσίες του Σταδίου 1 είναι «Σχετικές Επικίνδυνες Ουσίες», δηλ. αν δύναται να ρυπάνουν το έδαφος και το υπόγειο νερό, με σκοπό να ληφθεί απόφαση σχετικά με την ανάγκη προετοιμασίας και υποβολής Βασικής Έκθεσης.
- Στάδιο 3: Προσδιορισμός πραγματικής δυνατότητας ρύπανσης του εδάφους ή των υπόγειων νερών στον χώρο της εγκατάστασης για κάθε σχετική επικίνδυνη ουσία που προωθείται από το Στάδιο 2, συμπεριλαμβανομένης της πιθανότητας απελευθέρωσης και των συνεπειών τους, και λαμβάνοντας υπόψη: τις ποσότητες κάθε σχετικής επικίνδυνης ουσίας ή ομάδων παρόμοιων σχετικών επικίνδυνων ουσιών, τον τρόπο και τον τόπο όπου οι σχετικές επικίνδυνες ουσίες αποθηκεύονται, χρησιμοποιούνται και μεταφέρονται μέσα στην εγκατάσταση, τον τόπο όπου θα παρουσιάσουν κίνδυνο αν απελευθερωθούν και στην περίπτωση υφιστάμενων εγκαταστάσεων, και τα μέτρα που έχουν ληφθεί για να εξασφαλιστεί ότι είναι στην πράξη αδύνατη η ρύπανση του εδάφους ή των υπόγειων νερών.
- Στάδιο 4: Παροχή του ιστορικού του χώρου και προσδιορισμός των πιθανών πηγών από τις οποίες ενδέχεται να προέρχονται οι σχετικές επικίνδυνες ουσίες που προσδιορίζονται στο Στάδιο 3 και είναι ήδη παρούσες στον χώρο της εγκατάστασης.
- Στάδιο 5: Ταυτοποίηση του περιβάλλοντος χώρου περιλαμβάνοντας τα εξής: τοπογραφία, γεωλογία, κατεύθυνση της ροής των υπόγειων νερών, άλλες πιθανές οδούς μετανάστευσης όπως αγωγοί και διάυλοι υπηρεσιών, περιβαλλοντικές πτυχές (π.χ. ενδαιτήματα, είδη, προστατευόμενες περιοχές κ.λπ.) και χρήση του περιβάλλοντος χώρου. Προσδιορισμός κατάληξης επικίνδυνων ουσιών αν ελευθερωθούν, περιβαλλοντικών μέσων και υποδοχέων που δυνητικά βρίσκονται σε κίνδυνο και ενδεχόμενης μετανάστευσης των ουσιών αυτών.
- Στάδιο 6: Χρησιμοποίηση των αποτελεσμάτων για τα Στάδια 3 έως 5 για την περιγραφή του χώρου, ειδικότερα καταδεικνύοντας τη θέση, τον τύπο, την έκταση και την ποσότητα της ιστορικής ρύπανσης και των πιθανών μελλοντικών πηγών εκπομπών, επισημαίνοντας τα στρώματα και τα υπόγεια

νερά που ενδέχεται να επηρεαστούν από τις εν λόγω εκπομπές, συσχετίζοντας τις πηγές εκπομπών, τις οδούς από τις οποίες μπορεί να κυκλοφορεί η ρύπανση και τους υποδοχείς που είναι πιθανόν να επηρεαστούν.

- Στάδιο 7: Συλλογή πρόσθετων πληροφοριών, κατά περίπτωση, ώστε να είναι δυνατή η ποσοτική αξιολόγηση της ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών από Σχετικές Επικίνδυνες Ουσίες.
- Στάδιο 8: Κατάρτιση Βασικής Έκθεσης για την εγκατάσταση, η οποία να ποσοτικοποιεί την κατάσταση ρύπανσης του εδάφους και των υπόγειων νερών.

3.4 Κανονισμός 1272/2008/ΕΚ (CLP)

Ο Κανονισμός 1272/2008/ΕΚ (Classification, Labeling, Packing: CLP) είναι ο νέος κανονισμός για την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία χημικών ουσιών και μειγμάτων. Δημιουργεί κατάλογο χημικών ουσιών με εναρμονισμένα στοιχεία ταξινόμησης και επισήμανσης σε κοινοτικό επίπεδο. Απευθύνεται σε εργαζόμενους και καταναλωτές και αφορά τη διάθεση και τη χρήση χημικών. Έγινε για να ενσωματωθεί το Παγκόσμιο Εναρμονισμένο Σύστημα (GHS - Global Harmonized System) για την Ταξινόμηση - Επισήμανση και Συσκευασία ουσιών και μειγμάτων στη νομοθεσία της Ε.Ε.

Στον όρο ταξινόμηση περιγράφεται η τάξη και η κατηγορία κινδύνου, π.χ. ερεθιστικό, διαβρωτικό, επικίνδυνο για το περιβάλλον. Τα κύρια κριτήρια ταξινόμησης αφορούν τις επιπτώσεις στην υγεία, στο περιβάλλον και στους φυσικούς κινδύνους. Στον όρο επισήμανση προδιαγράφεται η ετικέτα, οι πληροφορίες επικινδυνότητας (φράσεις, εικονογράμματα), τα στοιχεία προμηθευτή, οι χημικές ουσίες. Και στη συσκευασία αναφέρεται το είδος δοχείου, το πάμα ασφαλείας, η ανάγλυφη επισήμανση.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό ο παρασκευαστής, ο εισαγωγέας, ο μεταγενέστερος χρήστης και ο διανομέας θα πρέπει να έχουν τους ρόλους τους και να τηρούν ορισμένες υποχρεώσεις (Πίνακας 8).

Πίνακας 8: Ρόλος και υποχρεώσεις αρμόδιων χρηστών χημικών ουσιών

	Ταξινόμηση	Επισήμανση	Συσκευασία	Κοινοποίηση	Διατήρηση Πληροφοριών
Παρασκευαστής	✓	✓	✓	✓	✓
Εισαγωγέας	✓	✓	✓	✓	✓
Μεταγενέστερος χρήστης	Χ *εκτός και αν μεταβάλλει τη σύσταση του προϊόντος	✓	✓	Χ	✓
Διανομέας	Χ	✓	✓	Χ	✓

Στον Κανονισμό CLP οι δηλώσεις επικινδυνότητας και προφύλαξης έχουν ως εξής:

- Δηλώσεις Επικινδυνότητας: **Hazardous**
 - 200 – 299: Φυσικοχημική Επικινδυνότητα

- 300 – 399: Επικινδυνότητα για την υγεία
- 400 – 499: Επικινδυνότητα για το περιβάλλον
- Δηλώσεις Προφύλαξης: **Precaution**
 - 100: Γενικά
 - 200: Πρόληψη
 - 300: Απόκριση
 - 400: Αποθήκευση
 - 500: Διάθεση (απόβλητο)

3.5 Κανονισμός 1907/2006 (REACH)

Το αρκτικόλεξο REACH (Regulation for Registration, Evaluation, Authorization and Restriction of Chemicals) αναφέρεται στον κανονισμό για την καταχώριση, αξιολόγηση, αδειοδότηση και τους περιορισμούς των χημικών προϊόντων. Οι πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους που ενέχουν οι χημικές ουσίες και τον τρόπο αντιμετώπισής τους πρέπει να παρέχονται καθ' όλο το μήκος της αλυσίδας παραγωγής βάσει του ενιαίου συστήματος για την καταχώριση, αξιολόγηση και αδειοδότηση των χημικών ουσιών.

Ο κανονισμός REACH απαιτεί επίσης από τις επιχειρήσεις ή τα μεμονωμένα άτομα που χρησιμοποιούν, στο πλαίσιο των βιομηχανικών ή επαγγελματικών τους δραστηριοτήτων, μια χημική ουσία, είτε σε καθαρή μορφή είτε σε μείγμα, να απευθύνονται για πληροφορίες στους παραγωγούς των χημικών ουσιών ή στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Χημικών Προϊόντων (European Chemicals Agency “ECHA”).

Ο κανονισμός REACH θεσπίζει διαδικασίες για τη συλλογή και αξιολόγηση πληροφοριών που αφορούν τις ιδιότητες ουσιών και τους κινδύνους που ενέχουν οι ουσίες. Οι επιχειρήσεις χρειάζεται να καταχωρούν τις ουσίες τους και, για τον σκοπό αυτό, πρέπει να συνεργάζονται με τις άλλες επιχειρήσεις που καταχωρούν την ίδια ουσία. Ο ECHA λαμβάνει και αξιολογεί την κάθε καταχώριση ως προς τη συμμόρφωσή της προς τις απαιτήσεις πληροφοριών, τα δε κράτη μέλη της Ε.Ε. αξιολογούν επιλεγμένες ουσίες με σκοπό να αποσαφηνίζονται οι αρχικές ανησυχίες για την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον. Οι αρχές και οι επιστημονικές επιτροπές του ECHA εκτιμούν κατά πόσον είναι εφικτή η διαχείριση των κινδύνων που ενέχουν οι ουσίες. Οι αρχές μπορούν να απαγορεύσουν τις επικίνδυνες ουσίες όταν δεν είναι εφικτή η διαχείριση των κινδύνων που ενδέχεται να προκύψουν από τη χρήση τους. Μπορούν, επίσης, να αποφασίσουν τον περιορισμό κάποιας χρήσης ή να ορίσουν ότι μια χρήση υπόκειται σε πρότερη αδειοδότηση.

Το REACH αντικαθιστά πολυάριθμες νομικές πράξεις της ΕΕ που αφορούν τα χημικά και λειτουργεί συμπληρωματικά προς άλλες νομικές πράξεις σχετικά με το περιβάλλον και την ασφάλεια. Για κάθε ουσία αυτούσια ή ως συστατικό παρασκευάσματος ή αντικειμένου που παράγεται ή εισάγεται σε ποσότητα μεγαλύτερη του ενός τόνου το έτος πρέπει να γίνει καταχώριση δηλαδή υποβολή ενός τεχνικού φακέλου στον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Χημικών Προϊόντων (ECHA).

Ο Κανονισμός δεν εφαρμόζεται στις ραδιενεργές ουσίες, στις ουσίες υπό τελωνειακή επιτήρηση, στα μη απομονωμένα ενδιάμεσα προϊόντα, στη μεταφορά επικίνδυνων ουσιών, στα απόβλητα και στις εξαιρέσεις Κρατών-Μελών για λόγους άμυνας.

Ακόμη, συνδέεται άμεσα με τον Κανονισμό για την ταξινόμηση, την επισήμανση και τη συσκευασία ουσιών και μειγμάτων (CLP) (βλέπε Υποκεφάλαιο 3.4), ο οποίος θεσπίζει τις δηλώσεις κινδύνου και προφύλαξης, καθώς και τα εικονογράμματα ως σημαντική πηγή πληροφοριών για την προαγωγή της προστασίας στους χώρους εργασίας.

3.6. Αποδεκτές τιμές ρύπων στα υπόγεια νερά

Η ΚΥΑ 39626/2009 καθορίζει τις αποδεκτές τιμές για τη συγκέντρωση συγκεκριμένων ρύπων, ομάδων ρύπων ή δεικτών ρύπανσης σε υπόγεια νερά. Σκοπός είναι να επιτευχθεί ο στόχος πρόληψης ή περιορισμού της εισαγωγής ρύπων στα υπόγεια νερά. Η αρμόδια αρχή διασφαλίζει όλα τα μέτρα που απαιτούνται με σκοπό την πρόληψη της εισαγωγής οποιασδήποτε επικίνδυνης ουσίας στα υπόγεια νερά.

Τα θεσπιζόμενα μέτρα περιλαμβάνουν κυρίως: α) κριτήρια για την αξιολόγηση της καλής χημικής κατάστασης των υπόγειων νερών και β) κριτήρια για τον εντοπισμό και την αναστροφή σημαντικών και διατηρούμενων ανοδικών τάσεων και κριτήρια για τον καθορισμό σημείων εκκίνησης για την αναστροφή των τάσεων.

Για την αξιολόγηση της χημικής κατάστασης ενός συστήματος υπόγειων νερών ή μιας ομάδας συστημάτων υπόγειων νερών, η αρμόδια αρχή χρησιμοποιεί τα ακόλουθα κριτήρια: α) ποιοτικά πρότυπα υπόγειων νερών, β) ανώτερες αποδεκτές τιμές τουλάχιστον για τους ρύπους, τις ομάδες ρύπων και τους δείκτες, οι οποίοι, διαπιστώνεται ότι συμβάλλουν στον χαρακτηρισμό των συστημάτων ή ομάδων συστημάτων υπόγειων νερών ως απειλούμενα να μην επιτευχθεί η καλή χημική κατάσταση των υπόγειων νερών. Οι ανώτερες αποδεκτές τιμές καθορίζονται κατά τρόπον ώστε σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της παρακολούθησης σε αντιπροσωπευτικό σημείο ελέγχου υπερβαίνουν τις ανώτερες αποδεκτές τιμές, αυτό να καταδεικνύει τον κίνδυνο να μην πληρούνται ένας ή περισσότεροι από τους όρους για τη χημική κατάσταση των υπόγειων υδάτων. Στην ΚΥΑ αυτή καθορίζονται τα όρια για τα νιτρικά άλατα και τις δραστικές ενώσεις φυτοφαρμάκων, ενώ στην ΚΥΑ 1811/2011 καθορίζονται όρια για τις παραμέτρους pH, αγωγιμότητα, αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος, υδράργυρος, νικέλιο, ολικό χρώμιο, αργίλιο, αμμώνιο, νιτρώδη, χλωριούχα, θειικά ιόντα και άθροισμα τετραχλωροαιθυλενίου και τριχλωροαιθυλενίου.

3.7 Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων (ΗΜΑ)

Το Ηλεκτρονικό Μητρώο Αποβλήτων (ΗΜΑ) είναι μια ηλεκτρονική υπηρεσία που παρέχεται από το Υπουργείο και περιλαμβάνει την ηλεκτρονική εγγραφή των υπόχρεων φορέων (Επιχειρήσεις και Οργανισμοί) στο μητρώο και παράλληλα υποστηρίζει την καταχώριση των δραστηριοτήτων τους (Εγκαταστάσεις και Δραστηριότητες Συλλογής-Μεταφοράς) σε συνδυασμό με τη δήλωση των αποβλήτων

που διαχειρίζονται και των αδειών που τα τεκμηριώνουν. Καλύπτει επίσης την υποχρέωση για υποβολή της Έκθεσης Αποβλήτων. Επίσης παρέχει τη δυνατότητα στους διαχειριστές του ΗΜΑ, να παράγουν αναφορές με επεξεργασία των στοιχείων που έχουν εισαχθεί στο πληροφοριακό σύστημα από τους υπόχρεους χρήστες.

Το ΗΜΑ είναι στην ουσία μία online βάση δεδομένων, στην οποία γίνεται η ηλεκτρονική καταχώρηση, των αποβλήτων που παράγει μία επιχείρηση ή οργανισμός. Συγκεκριμένα, στο μητρώο αυτό γίνεται η καταχώρηση στοιχείων σχετικά με τα απόβλητα, όπως είναι η ποσότητα, ο τρόπος διαχείρισής τους, καθώς και το είδος τους. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι να αποτυπωθεί συνολικά η ποσότητα των αποβλήτων που παράγονται στην χώρα μας καθώς και η διανομή αυτών, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται ο έλεγχος τους από τους αρμόδιους φορείς.

Υποχρέωση εγγραφής στο Ηλεκτρονικό μητρώο αποβλήτων έχουν:

1. Επιχειρήσεις που παράγουν απόβλητα και είναι δικαιούχοι περιβαλλοντικών αδειών.
2. Αποθήκες και διάφορες μονάδες παραλαβής αποβλήτων, οι οποίες έχουν σχετικές άδειες.
3. Διανομείς αποβλήτων, οι οποίοι έχουν σχετικές άδειες.

3.8 Κατηγορίες και Περιεχόμενο Χρήσεων Γης

Τον Ιούνιο 2018 καθορίστηκε με το ΦΕΚ 114, τεύχος Α, «Κατηγορίες και Περιεχόμενο Χρήσεων Γης». Με τη νομοθετική αυτή πρωτοβουλία καθορίζονται το εύρος και το περιεχόμενο των νέων κατηγοριών χρήσεων γης. Το νέο Προεδρικό Διάταγμα προβλέπει 15 γενικές κατηγορίες χρήσεων γης, οι οποίες καλύπτουν τον αστικό και αγροτικό χώρο, σε αντιστοιχία με το πεδίο εφαρμογής των πολεοδομικών σχεδίων. Αντίστοιχα, οι προβλεπόμενες ειδικές χρήσεις έχουν εμπλουτιστεί, ώστε να αποτυπωθεί το εύρος των αλλαγών στον σύγχρονο τρόπο ζωής, των νέων αναγκών, καθώς και των κοινωνικο-οικονομικών δραστηριοτήτων που ο αστικός και εξωαστικός χώρος καλείται να ικανοποιήσει.

Στο ανωτέρω διάταγμα οι γενικές κατηγορίες χρήσεων είναι οι εξής:

- Αμιγής κατοικία
- Γενική κατοικία
- Πολεοδομικό κέντρο
- Κεντρικές λειτουργίες πόλης
- Τοπικό κέντρο συνοικίας-γειτονιάς
- Τουρισμός - αναψυχή
- Κοινοφελείς λειτουργίες
- Ελεύθεροι χώροι

- Αστικό πράσινο
- Παραγωγικές δραστηριότητες χαμηλής και μέσης όχλησης
- Χονδρεμπόριο - Τεχνόπολις
- Τεχνολογικό Πάρκο - Παραγωγικές δραστηριότητες υψηλής όχλησης
- Εγκαταστάσεις αστικών υποδομών κοινής ωφέλειας
- Ειδικές χρήσεις
- Αγροτική χρήση

4. Όρια ρύπων στο έδαφος και το υπόγειο νερό

4.1 Γενικά

Για την εκτίμηση του βαθμού ρύπανσης των εδαφών και των υπογείων νερών έχουν θεσπισθεί μέγιστα όρια για διάφορους ρύπους. Τα μέγιστα όρια ρύπανσης για κάθε ρύπο εξαρτώνται συνήθως από τις ιδιότητες του ρύπου, τη χρήση του πιθανά ρυπασμένου χώρου και τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό τους. Στη συγκεκριμένη εργασία θα ασχοληθούμε με τα όρια των αρωματικών ρύπων και συγκεκριμένα με αυτά των λεγόμενων ΒΤΕΧ, όπου περιλαμβάνονται το βενζόλιο, το τολουόλιο, το αιθυλοβενζόλιο και το ξυλένιο, και τα οποία συζητήθηκαν στο κεφάλαιο 2.

Στο πλαίσιο αυτό εξετάζονται τα όρια στο έδαφος και στα υπόγεια νερά σε 9 χώρες της Ευρώπης (Γερμανία, Ολλανδία, Νορβηγία, Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Τσεχία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εξαγωγή συμπεράσματος για την Ελλάδα, η οποία δεν έχει θεσπίσει όρια για τους συγκεκριμένους αρωματικούς ρύπους (ΒΤΕΧ).

Η επικρατέστερη μέθοδος όπου χρησιμοποιείται σε αρκετές χώρες είναι η μέθοδος της εκτίμησης κινδύνου, με σκοπό να προσδιοριστεί το μέγεθος και η φύση των κινδύνων για την υγεία του ανθρώπου και τα οικοσυστήματα από τη ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου νερού. Η εκτίμηση κινδύνου πραγματοποιείται ξεχωριστά για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα.

Μετά από το στάδιο σχεδιασμού και οριοθέτησης του πεδίου εφαρμογής, όπου αποφασίζεται ο σκοπός και το εύρος της εκτίμησης κινδύνου, η διαδικασία αρχίζει συνήθως με τη συλλογή μετρήσεων, που χαρακτηρίζουν τη φύση και την έκταση της ρύπανσης. Για τη διεξαγωγή εκτίμησης κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα, είναι απαραίτητο να μελετηθεί ο σκοπός, το πεδίο εφαρμογής και οι τεχνικές προσεγγίσεις που θα χρησιμοποιηθούν. Με βάση αυτό, ο μελετητής αξιολογεί τη συχνότητα και το μέγεθος των ανθρώπινων και οικολογικών εκθέσεων που μπορεί να προκύψουν ως επακόλουθο της επαφής με τους ρύπους, τόσο τώρα όσο και στο μέλλον. Αυτή η αξιολόγηση της έκθεσης στη συνέχεια συνδυάζεται με πληροφορίες σχετικά με την τοξικότητα της χημικής ουσίας για να προβλεφθεί η πιθανότητα, η φύση και το μέγεθος των δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία του ανθρώπου και τα οικοσυστήματα.

Στον ιδανικό κόσμο, η εκτίμηση κινδύνου θα βασίζονταν σε μια πολύ ισχυρή βάση δεδομένων (δηλαδή, αξιόπιστα και πλήρη στοιχεία σχετικά με τη φύση και την έκταση της ρύπανσης, την τύχη και τις διεργασίες μεταφοράς, το μέγεθος και τη συχνότητα της ανθρώπινης και οικολογικής έκθεσης). Ωστόσο, στην πραγματικότητα, οι πληροφορίες συνήθως περιορίζονται σε ένα ή περισσότερα από τα βασικά δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό της εκτίμησης κινδύνου. Αυτό σημαίνει ότι οι μελετητές συχνά πρέπει να κάνουν εκτιμήσεις κατά τη διενέργεια υπολογισμών κινδύνου και κατά

συνέπεια όλες οι εκτιμήσεις κινδύνου είναι αβέβαιες σε κάποιο βαθμό. Για τον λόγο αυτό, ένα βασικό μέρος μιας κατάλληλης εκτίμησης κινδύνου είναι η παρουσίαση της αβεβαιότητας στους υπολογισμούς και ο χαρακτηρισμός του πόσο αξιόπιστες είναι πραγματικά οι εκτιμήσεις κινδύνου που προκύπτουν.

4.2 Χώρες

4.2.1 Ελλάδα

Στην Ελλάδα δεν υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια ρύπων για το έδαφος. Αναφορικά με το υπόγειο νερό ακολουθούνται συνήθως οι μέγιστες τιμές για το υπόγειο νερό καλής χημικής κατάστασης που προδιαγράφονται στην ΚΥΑ 1811/2011 ή οι μέγιστες τιμές για το πόσιμο νερό (ΚΥΑ 67322/2017). Οι παράμετροι αυτοί είναι νιτρικά άλατα, δραστικές ουσίες φυτοφαρμάκων, pH, αγωγιμότητα, αρσενικό, κάδμιο, μόλυβδος, υδράργυρος, νικέλιο, ολικό χρώμιο, αργίλιο, αμμώνιο, νιτρώδη, χλωριούχα, θειικά ιόντα και άθροισμα τετραχλωροαιθυλενίου και τριχλωροαιθυλενίου. Για τις ουσίες στο υπόγειο νερό που δεν συμπεριλαμβάνονται παραπάνω, όπως επίσης και για τις ουσίες στο έδαφος, συνήθως χρησιμοποιούνται όρια άλλων χωρών και κατά κανόνα αυτά της Ολλανδίας.

4.2.2 Αυστρία

4.2.2.1 Όρια για το έδαφος

Το αυστριακό πρότυπο ON S 2088-2 έχει ως στόχο να καθορίσει κοινά κριτήρια για τη ρύπανση του εδάφους και τις πιθανές άμεσες επιπτώσεις του σε ανθρώπους και φυτά. Διακρίνονται δύο κατηγορίες τιμών, οι τιμές ελέγχου και οι τιμές επέμβασης. Στην περίπτωση που οι συγκεντρώσεις ρύπων είναι μεγαλύτερες από τις τιμές ελέγχου απαιτείται να γίνει περαιτέρω έρευνα, ενώ στην περίπτωση που είναι μεγαλύτερες από τις τιμές επέμβασης κρίνεται απαραίτητη η επέμβαση. Αυτό έχει κυρίως εφαρμογή στις πολύ ευαίσθητες χρήσεις (παιδικές χαρές, οικιστικές περιοχές). Τα όρια του εδάφους που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση κινδύνου ρυπασμένων περιοχών δεν έχουν υπολογιστεί κατά τη διάρκεια συγκεκριμένων σεναρίων έκθεσης ή χρήσης μοντέλων, αλλά έχουν προσδιοριστεί από ομάδα εργασίας εμπειρογνομόνων. Για κάποιους ρύπους αναφέρονται τιμές στο έδαφος, αλλά όχι για τα BTEX, με τα οποία ασχολείται η συγκεκριμένη εργασία. Απαιτείται εκτίμηση κινδύνου για να αποδειχθεί αν υπάρχει σοβαρός κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία ή για το περιβάλλον. Όσον αφορά την εφαρμογή εκτίμησης κινδύνου για τη ρύπανση του εδάφους, η οποία αποτελεί προϋπόθεση για τη χρηματοδότηση έργων αποκατάστασης ρυπασμένων περιοχών, χρησιμοποιείται ως τεχνική κατευθυντήρια γραμμή το αυστριακό πρότυπο ON S 2088-2 (Ρυπασμένες περιοχές - Εκτίμηση κινδύνου για τη ρύπανση του εδάφους).

4.2.2.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Ο Αυστριακός νόμος για τα νερά (Ομοσπονδιακή Εφημερίδα της Κυβερνήσεως αριθ. 215/1959, όπως τροποποιήθηκε), που τέθηκε σε ισχύ το 1959, βασίζεται στην αρχή της προφύλαξης. Ο γενικός στόχος της προστασίας των νερών καθορίζεται για τα υπόγεια νερά ως "διατήρηση του νερού στη φυσική του κατάσταση και ως πόσιμο νερό". Δεδομένου ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των αναγκών της Αυστρίας σε πόσιμο νερό καλύπτεται από υπόγειο νερό, η προστασία του είναι υψίστης σημασίας.

Τα όρια για τα υπόγεια νερά, σύμφωνα με το αυστριακό πρότυπο ON S 2088-1, αναφέρονται γενικά στις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO) για την ποιότητα του πόσιμου νερού. Εννοιολογικά, τα όρια για τα υπόγεια νερά σχετίζονται κυρίως με την ανθρώπινη χρήση ως πόσιμο νερό και καθορίστηκαν ανεξάρτητα από τα όρια για το έδαφος. Οι τιμές διακρίνονται σε δύο κατηγορίες και συγκεκριμένα σε τιμές ελέγχου και σε τιμές επέμβασης. Όπως και για το έδαφος, όταν οι τιμές ρύπων στο υπόγειο νερό υπερβαίνουν τις τιμές ελέγχου απαιτείται να γίνει περαιτέρω έρευνα, ενώ στην περίπτωση που υπερβαίνουν τα όρια επέμβασης κρίνεται απαραίτητη η επέμβαση, αυτό έχει κυρίως εφαρμογή στις πολύ ευαίσθητες χρήσεις (παιδικές χαρές, οικιστικές περιοχές).

Αναφορικά με τις ουσίες BTEX, στις οποίες εστιάζει η παρούσα διπλωματική, ισχύουν τα όρια του Πίνακα 9 στην Αυστριακή νομοθεσία. Από τα παρακάτω δεδομένα συμπεραίνουμε ότι τιμές δεν έχουν θεσμοθετηθεί για το ξυλένιο και το αιθυλοβενζόλιο, έχουν όμως θεσμοθετηθεί για το σύνολο των ουσιών (Σ BTEX). (Compilation of standards for contamination of surface water, ground water, sediments and soil, 12/2009)

Πίνακας 9: Όρια υπόγειων νερών Αυστρίας σε mg/l

Ουσίες	Τιμές ελέγχου	Τιμές επέμβασης
Βενζόλιο	0,0006	0,001
Τολουόλιο	0,006	0,01
Αιθυλοβενζόλιο	-	-
Ξυλένιο	-	-
Σ BTEX	0,03	0,05

4.2.3 Βέλγιο

Το Βέλγιο έχει αναπτύξει τρία είδη ορίων για την αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους και των υπόγειων νερών σε ρυπασμένους χώρους: "τιμές αναφοράς", "τιμές ελέγχου" και "τιμές επέμβασης". Η τιμή αναφοράς είναι ενδεικτική τιμή των αναμενόμενων συγκεντρώσεων υποβάθρου σε εδάφη και υπόγεια νερά της χώρας. Τόσο η τιμή ελέγχου όσο και η τιμή επέμβασης προκύπτει με βάση διαφορετικά

επίπεδα κινδύνου. Στο Βέλγιο οι τιμές αυτές έχουν θεσμοθετηθεί ξεχωριστά σε τρεις περιοχές (Βρυξέλλες, Βαλλωνική περιοχή και Φλαμανδική περιοχή).

Για τις Βρυξέλλες η διάκριση γίνεται για τρεις χρήσεις γης και με αναφορά σε τιμές ελέγχου. Για τη Φλαμανδική περιοχή, η διάκριση γίνεται σε πέντε χρήσεις γης και έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς και επέμβασης, ενώ για τη Βαλλωνική περιοχή έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης (Carlton et al. 2007).

Η γενική λειτουργία της τιμής ελέγχου και της τιμής επέμβασης είναι η ακόλουθη: κάτω από την τιμή ελέγχου το έδαφος μπορεί να αντιμετωπιστεί ως μη ρυπασμένο, ενώ πάνω απ' αυτή θα πρέπει να ξεκινήσει μια διεξοδική έρευνα. Πάνω από την τιμή ελέγχου απαιτείται πάντοτε να γίνει ενέργεια. Αυτό μπορεί να συνίσταται είτε σε επεξεργασία εδάφους για τη μείωση των συγκεντρώσεων των ρύπων, είτε σε μια τεχνική διαχείρισης κινδύνων, είτε ακόμη και, ανάλογα με την περίπτωση και τους ειδικούς κινδύνους, σε παρακολούθηση της εξέλιξης του κινδύνου. Από την άλλη, η τιμή επέμβασης αντιστοιχεί σε υψηλότερο (θεωρητικό) επίπεδο κινδύνου σε σχέση με την τιμή ελέγχου και όταν η τιμή είναι πάνω από το όριο, τότε απαιτείται άμεσα επέμβαση και προτείνονται μέτρα αποκατάστασης.

Οι τιμές βάσει του επιπέδου του κινδύνου (τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης) προκύπτουν λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες και συνδυάζοντας την εκτίμηση κινδύνου στον άνθρωπο, στα οικοσυστήματα και στο υπόγειο νερό. Η τελική τιμή βάσει του κινδύνου για συγκεκριμένο ρύπο και χρήση γης καθορίζεται στη μικρότερη τιμή μεταξύ των ανωτέρω. Παρουσιάζονται παρακάτω αναλυτικά τα θεσμοθετημένα όρια για το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

4.2.3.1 Όρια για το έδαφος

Για τις Βρυξέλλες η διάκριση γίνεται για τρεις χρήσεις γης και με αναφορά σε τιμές ελέγχου. Για τη Φλαμανδική περιοχή, η διάκριση γίνεται σε πέντε χρήσεις γης και έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς και επέμβασης, ενώ για τη Βαλλωνική περιοχή έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης.

Αναφορικά με τις τιμές αναφοράς, έχουν θεσμοθετηθεί τιμές για τη Βαλλωνική και τη Φλαμανδική περιοχή. Στη Βαλλωνική και τη Φλαμανδική περιοχή έχουν καθοριστεί πέντε τύποι χρήσης γης: φυσικό περιβάλλον, γεωργική, οικιστική, ψυχαγωγική / εμπορική και βιομηχανική. Στη Φλαμανδική περιοχή θεσμοθετείται μία τιμή αναφοράς για το έδαφος 0,1 mg/kg για όλους τους ρύπους και για όλες τις χρήσεις γης. Στην Βαλλωνική περιοχή θεσμοθετούνται τιμές αναφοράς, όπου για το βενζόλιο, τολουόλιο και αιθυλοβενζόλιο η τιμή είναι 0,1 mg/kg για όλες τις χρήσεις γης και για το ξυλένιο η τιμή είναι 0,2 mg/kg για όλες τις χρήσεις γης.

Αναφορικά με τις τιμές ελέγχου, έχουν θεσμοθετηθεί τιμές για τις Βρυξέλλες και για την Βαλλωνική περιοχή. Στους πίνακες 10 και 11 παρουσιάζονται οι τιμές ελέγχου για τις Βρυξέλλες και τη Βαλλωνική περιοχή αντίστοιχα.

Για τις Βρυξέλλες έχουν καθοριστεί τρεις χρήσεις γης: ειδική περιοχή, αστική περιοχή, βιομηχανική περιοχή, όπου η ειδική περιοχή είναι γενικά οι περιοχές πρασίνου, οι περιοχές προστασίας γεωργικών περιοχών και οι περιοχές άντλησης υπογείων νερών. Στα δεδομένα του πίνακα 10 παρατηρείται ότι το βενζόλιο παρουσιάζει τα χαμηλότερα όρια από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,5 mg/kg στην ειδική και αστική περιοχή έως 1 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 5 mg/kg στην ειδική περιοχή έως 200 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 1,5 mg/kg στην ειδική περιοχή έως 70 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Τέλος, το ξυλένιο κυμαίνονται από 3,5 mg/kg στην ειδική περιοχή έως 190 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή.

Πίνακας 10: Όρια εδάφους για τιμές ελέγχου στις Βρυξέλλες σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Ειδική περιοχή	Αστική περιοχή	Βιομηχανική περιοχή
Βενζόλιο	0,5	0,5	1
Τολουόλιο	5	15	200
Αιθυλοβενζόλιο	1,5	5	70
Ξυλένιο	3,5	15	190

Για τη Βαλλωνική περιοχή αντίστοιχα, έχουν καθοριστεί πέντε τύποι χρήσης γης: φυσικό περιβάλλον, γεωργική, οικιστική, ψυχαγωγική / εμπορική και βιομηχανική. Από τα δεδομένα του πίνακα 11 παρατηρείται ότι το βενζόλιο παρουσιάζει τα χαμηλότερα όρια από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα το όριο του βενζολίου είναι 0,20 mg/kg σε όλες τις χρήσεις γης εκτός από τη βιομηχανική που είναι 1 mg/kg. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 3,3 mg/kg στην αστική περιοχή έως 8,5 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 4,7 mg/kg στην αγροτική περιοχή έως 11,6 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Τέλος, το ξυλένιο κυμαίνονται από 1,1 mg/kg στην αγροτική περιοχή έως 2 mg/kg στην αστική, στο χώρο αναψυχής και στη βιομηχανική περιοχή.

Πίνακας 11: Όρια εδάφους για τιμές ελέγχου στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Φυσικό περιβάλλον	Αγροτική περιοχή	Αστική περιοχή	Χώρος αναψυχής	Βιομηχανική περιοχή
Βενζόλιο	0,2	0,2	0,2	0,2	4
Τολουόλιο	6	3,6	3,3	7,1	8,5
Αιθυλοβενζόλιο	7,8	4,7	5,6	5,6	11,6

Ξυλένιο	1,9	1,1	2	2	2
---------	-----	-----	---	---	---

Αναφορικά με τις τιμές επέμβασης έχουν θεσμοθετηθεί τιμές για τη Βαλλωνική και τη Φλαμανδική περιοχή. Στους πίνακες 12 και 13 παρουσιάζονται οι τιμές επέμβασης για τη Βαλλωνική και τη Φλαμανδική περιοχή αντίστοιχα και η διάκριση των ορίων γίνεται στις πέντε χρήσεις γης: φυσικό περιβάλλον, αγροτική περιοχή, αστική περιοχή, χώρος αναψυχής και βιομηχανική περιοχή. Στο πίνακα 12, για τη Βαλλωνική περιοχή, το όριο του βενζολίου είναι 0,40 mg/kg σε όλες τις χρήσεις γης εκτός από τη βιομηχανική που είναι 0,6 mg/kg. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 12 mg/kg στην αγροτική περιοχή έως 85 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 17 mg/kg στην αγροτική περιοχή έως 76 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Τέλος, οι τιμές για το ξυλένιο κυμαίνονται από 4,4 mg/kg στο φυσικό περιβάλλον έως 20 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή.

Πίνακας 12: Όρια εδάφους για τιμές επέμβασης στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Φυσικό περιβάλλον	Αγροτική περιοχή	Αστική περιοχή	Χώρος αναψυχής	Βιομηχανική περιοχή
Βενζόλιο	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6
Τολουόλιο	20	12	33	42	85
Αιθυλοβενζόλιο	28	17	28	28	76
Ξυλένιο	4,4	2,5	10	10	20

Στο πίνακα 13 για τη Φλαμανδική περιοχή το όριο του βενζολίου είναι 0,50 mg/kg σε όλες τις χρήσεις γης εκτός από τον χώρο αναψυχής και τη βιομηχανική περιοχή που είναι 1 mg/kg. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 5 mg/kg στην αγροτική περιοχή και στο φυσικό περιβάλλον έως 200 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 1,5 mg/kg στην αγροτική περιοχή και στο φυσικό περιβάλλον έως 70 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή. Τέλος, οι τιμές για το ξυλένιο κυμαίνονται από 3,5 mg/kg στην αγροτική περιοχή και στο φυσικό περιβάλλον έως 190 mg/kg στη βιομηχανική περιοχή.

Στη Φλαμανδική περιοχή παρατηρείται ότι στη χρήση γης, χώρος αναψυχής, οι τιμές επέμβασης είναι πολύ μεγαλύτερες, όπως και στη βιομηχανική περιοχή σε σχέση με την αντίστοιχη χρήση της Βαλλωνικής περιοχής. Οι παραπάνω διαφορές, αν και δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, πιθανόν οφείλονται σε διαφορετικό τρόπο υπολογισμού.

Πίνακας 13: Όρια εδάφους για τιμές επέμβασης στη Φλαμανδική περιοχή σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Φυσικό περιβάλλον	Αγροτική περιοχή	Αστική περιοχή	Χώρος αναψυχής	Βιομηχανική περιοχή
Βενζόλιο	0,5	0,5	0,5	1	1
Τολουόλιο	5	5	15	135	200
Αιθυλοβενζόλιο	1,5	1,5	5	25	70
Ξυλένιο	3,5	3,5	15	70	190

4.2.3.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Τα όρια για τα υπόγεια νερά στο Βέλγιο αποσκοπούν στην προστασία της ανθρώπινης υγείας. Τα όρια προσδιορίζονται σύμφωνα με τα πρότυπα για το πόσιμο νερό, ώστε τα υπόγεια νερά να πληρούν τα κριτήρια του πόσιμου νερού ή να μπορούν εύκολα να μετατραπούν σε πόσιμο νερό. Για τον προσδιορισμό των ορίων λήφθηκε υπόψη η Ευρωπαϊκή οδηγία 98/83/EK και τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO).

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το Βέλγιο έχει αναπτύξει τρία είδη ορίων για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπόγειων νερών σε ρυπασμένους χώρους: «τιμές αναφοράς», «τιμές ελέγχου» και «τιμές επέμβασης». Στα υπόγεια νερά η διάκριση δεν γίνεται ανάλογα με τις χρήσεις γης αλλά δίνεται μία τιμή για κάθε ένωση. Για τις Βρυξέλλες έχει θεσμοθετηθεί τιμή ελέγχου, για τη Φλαμανδική περιοχή τιμές αναφοράς και τιμές επέμβασης και για τη Βαλλωνική περιοχή τιμές αναφοράς, τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης. Στους πίνακες 14, 15 και 16 παρουσιάζονται τα όρια στα υπόγεια νερά σε mg/l.

Πίνακας 14: Όρια υπόγειων νερών στις Βρυξέλλες σε mg/l

Ουσίες	Τιμές ελέγχου
Βενζόλιο	0,01
Τολουόλιο	0,7
Αιθυλοβενζόλιο	0,3
Ξυλένιο	0,5

Πίνακας 15: Όρια υπόγειων νερών στη Φλαμανδική περιοχή σε mg/l

Ουσίες	Τιμές αναφοράς	Τιμές επέμβασης
Βενζόλιο	0,0005	0,01
Τολουόλιο	0,0005	0,7
Αιθυλοβενζόλιο	0,0005	0,3
Ξυλένιο	0,0005	0,5

Από τα δεδομένα που παρουσιάζονται στους πίνακες 15 και 16 παρατηρείται ότι οι τιμές ελέγχου για τις Βρυξέλλες και οι τιμές επέμβασης για τη Φλαμανδική περιοχή είναι ίδιες. Σημειώνεται δε ότι τα όρια αυτά είναι ίδια με τα όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας. Η Ευρωπαϊκή οδηγία προδιαγράφει τιμή μόνο για το βενζόλιο, το οποίο μάλιστα είναι 1 μg/l, και όχι 10 μg/l, που είναι το όριο του WHO, και υιοθετείται από το Βέλγιο, για τις Βρυξέλλες και τη Φλαμανδική περιοχή.

Για τη Βαλλωνική περιοχή θεσμοθετούνται τιμές αναφοράς, τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης χωρίς να γίνεται διάκριση και εδώ για τις χρήσεις γης (πίνακας 16). Παρατηρείται ότι οι τιμές επέμβασης είναι σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τις τιμές αναφοράς και ελέγχου.

Πίνακας 16: Όρια υπόγειων νερών στη Βαλλωνική περιοχή σε mg/l

Ουσίες	Τιμές αναφοράς	Τιμές ελέγχου	Τιμές επέμβασης
Βενζόλιο	0,00025	0,01	0,04
Τολουόλιο	0,002	0,7	5,85
Αιθυλοβενζόλιο	0,002	0,3	1,52
Ξυλένιο	0,004	0,5	2,175

4.2.4 Δανία

4.2.4.1 Όρια για το έδαφος

Στη Δανία ισχύει ο νόμος περί ρύπανσης του εδάφους, ο οποίος θεσμοθετήθηκε το 1999 και τροποποιήθηκε το 2006, αν και στην πράξη δεν ισχύει για το έδαφος που επηρεάζεται από τη γεωργική διάθεση ιλύος, λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων κ.λπ.

Η Δανία έχει θεσμοθετημένα όρια, τα οποία αν δεν τηρούνται θεωρείται ότι η περιοχή παρουσιάζει ορισμένο κίνδυνο για τον άνθρωπο ή / και το περιβάλλον. Αυτό θα οδηγήσει στη συνέχεια, είτε σε περαιτέρω έρευνα πεδίου, για τη βελτίωση της εκτίμηση του κινδύνου, είτε σε επέμβαση.

Η ρύπανση κρίνεται ότι δεν είναι σοβαρή εάν οι μετρήσεις των ρύπων είναι κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Εάν για παράδειγμα η συγκέντρωση ενός ρύπου είναι στο όριο ή κάτω από το όριο, και χαρακτηρίζεται το όριο αυτό ως τιμή ελέγχου, τότε η περιοχή

μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις πιο ευαίσθητες χρήσεις (π.χ. αγροτική, αστική). Εάν, ταυτόχρονα, το επίπεδο ρύπανσης στα υπόγεια νερά υπερβαίνει τα όρια τότε η ρύπανση θεωρείται υψηλή σε σχέση με την προστασία των υπογείων νερών. Η συμμόρφωση με τα όρια εδάφους δεν εξασφαλίζει αυτόματα την προστασία και των άλλων μέσων. Ο σκοπός είναι να αποφευχθεί κάθε κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία.

Ο κύριος στόχος της προστασίας για το ρυπασμένο έδαφος είναι η προστασία των υπογείων νερών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πόσιμο νερό και η πρόληψη των προβλημάτων υγείας που συνδέονται με τη χρήση ρυπασμένων περιοχών. Δεδομένου ότι σχεδόν όλο το πόσιμο νερό στη Δανία προέρχεται από υπόγεια νερά, η προστασία των υπογείων νερών έχει πολύ υψηλή προτεραιότητα. Τα όρια για τα υπόγεια νερά εξασφαλίζουν ότι το νερό, όταν φθάνει στον καταναλωτή, συμμορφώνεται με τα κριτήρια ποιότητας του πόσιμου νερού.

Τα όρια εδάφους προκύπτουν σε σχέση με τις πιο ευαίσθητες χρήσεις του εδάφους, δηλ. χρήση για κήπους, νηπιαγωγεία ή παιδικές χαρές. Σκοπός είναι η προστασία των μικρών παιδιών, καθώς τα παιδιά θεωρούνται ως η πιο ευαίσθητη ομάδα (κατάποση εδάφους, επαφή με το στόμα), αλλά και επειδή τα παιδιά είναι πιο ευαίσθητα από τους ενήλικες σε διάφορα είδη ρύπων (Carlson et al. 2007). Παρακάτω, παρουσιάζονται τα όρια για το έδαφος σε mg/kg και παρατηρείται ότι έχει θεσμοθετηθεί τιμή μόνο για το βενζόλιο.

Πίνακας 17: Όρια εδάφους στη Δανία σε mg/kg

Ουσίες	Τιμές ελέγχου
Βενζόλιο	1,5
Τολουόλιο	-
Αιθυλοβενζόλιο	-
Ξυλένιο	-

4.2.4.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Η εκτίμηση του κινδύνου ρύπανσης των υπογείων νερών βασίζεται σε υπολογισμούς της μεταφοράς ρύπων μέσω του εδάφους. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν τη ρύπανση των υπογείων νερών είναι το είδος και η συγκέντρωση του ρύπου. Επίσης, σημαντικό ρόλο έχει η γεωλογία του εδάφους και το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα.

Η εκτίμηση επικινδυνότητας βασίζεται στην αρχή ότι το υπόγειο νερό πρέπει να συμμορφώνεται με τα κριτήρια ποιότητας πόσιμου νερού. Δίνεται προτεραιότητα σε χώρους που χρησιμοποιούνται για κατοικίες, νηπιαγωγεία και δημόσιες παιδικές χαρές, διότι επηρεάζουν άμεσα την ανθρώπινη υγεία και ενέχουν υψηλό κίνδυνο σε πιθανότητα υψηλής ρύπανσης. Καταλήγουμε ότι γίνεται εκτίμηση κινδύνου για τα

υπόγεια νερά και σε περίπτωση που χρησιμοποιείται για πόσιμο, ακολουθούνται τα πρότυπα του πόσιμου της Ευρωπαϊκής Οδηγίας 98/83/ΕΚ.

4.2.5 Ολλανδία

4.2.5.1 Όρια για το έδαφος

Η Ολλανδία, πρωτοπόρος στην Ευρώπη, ήδη από το 1976 έχει εντάξει την προστασία του εδάφους στην εθνική περιβαλλοντική πολιτική της. Το 1994 άρχισε να αναθεωρεί τα μέγιστα αποδεκτά όρια ρύπανσης εδαφών και υπογείων νερών. Για κάθε έναν από τους ρύπους δίνεται μια τιμή, η τιμή επέμβασης. Η υπέρβαση των τιμών επέμβασης αποτελεί ένδειξη σοβαρής ρύπανσης του εδάφους και απαιτεί τη λήψη μέτρων απορρύπανσης, όπου και ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία, ανάλογα βέβαια την περίπτωση, και διακρίνεται σε τρία βήματα.

Βήμα 1: Προσδιορισμός εάν μια περίπτωση ρύπανσης είναι σοβαρή

Ο στόχος του βήματος 1 είναι να καθοριστεί εάν μια περίπτωση ρύπανσης σε μια περιοχή είναι σοβαρή ή όχι, το οποίο καθορίζεται από το αν η τιμή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την τιμή επέμβασης ενός ή περισσότερων ρύπων. Στην περίπτωση όπου η ρύπανση δεν είναι σοβαρή, άρα η συγκέντρωση ενός ή περισσότερων ρύπων είναι μικρότερη από την αντίστοιχη τιμή επέμβασης, δεν υπάρχει λόγος να προσδιοριστεί εάν υπάρχει κίνδυνος. Υπάρχουν, όμως περιπτώσεις όπου παρόλο που η τιμή είναι μικρότερη από την τιμή επέμβασης, κρίνεται απαραίτητο να γίνει το βήμα 2, για παράδειγμα λόγω ευαίσθητων χρήσεων γης. Στην περίπτωση όπου η ρύπανση είναι σοβαρή, ακολουθείται τότε το βήμα 2, δηλ. η εκτίμηση κινδύνου, μέθοδος που περιγράφεται παρακάτω.

Βήμα 2: Γενική εκτίμηση κινδύνου

Ο στόχος του βήματος 2 είναι να καθοριστεί εάν υπάρχει κίνδυνος για την περίπτωση σοβαρής ρύπανσης. Για τον σκοπό αυτό γίνεται εκτίμηση κινδύνου για την παρούσα ή/και τη μελλοντική χρήση του ρυπασμένου χώρου που θα είχε αντίκτυπο στους ανθρώπους και στο οικοσύστημα. Στην πρώτη περίπτωση, εάν ο κίνδυνος δεν είναι υψηλός, προκύπτει ότι η υφιστάμενη ρύπανση του εδάφους δεν ενέχει κινδύνους στην παρούσα ή τη μελλοντική χρήση του χώρου και δεν απαιτείται επέμβαση. Στη δεύτερη περίπτωση, εάν ο κίνδυνος είναι υψηλός, απαιτείται άμεση επέμβαση και ακολουθείται το βήμα 3, όπου είναι η εκτίμηση κινδύνου για τη συγκεκριμένη περιοχή.

Βήμα 3: Εκτίμηση κινδύνου για την περιοχή

Ο στόχος του βήματος 3 είναι να μελετηθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και να καθοριστεί με μεγαλύτερη σαφήνεια η ρύπανση και οι κίνδυνοι που μπορεί να προκληθούν και να καθοριστούν τα αναγκαία μέτρα επέμβασης. Υπάρχει περίπτωση, μέσα από την περαιτέρω έρευνα, να προκύψει ότι δεν απαιτείται άμεση επέμβαση και να αποφασισθεί να γίνουν πιο συχνά μετρήσεις, ώστε να ελέγχονται οι συγκεντρώσεις ρύπων και η φυσική εξασθένισή τους. Αν οι συγκεντρώσεις παραμένουν χαμηλότερα από τα θεσμοθετημένα όρια δεν απαιτείται να γίνει κάποια

επέμβαση. Στην περίπτωση, όμως, όπου αποδειχθεί ότι ο κίνδυνος είναι υψηλός τότε απαιτείται άμεση επέμβαση έτσι ώστε να ληφθούν μέτρα για την αποκατάσταση του εδάφους για να είναι κατάλληλο τουλάχιστον για τη λειτουργία που του έχει οριστεί μετά την αποκατάσταση και να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος για ανθρώπους και οικοσυστήματα. Επιπλέον, η αποκατάσταση πρέπει να ελαχιστοποιεί τους κινδύνους της εξάπλωσης των ρύπων, καθώς και την ανάγκη λήψης μέτρων και επιβολής περιορισμών στη χρήση μετά την αποκατάσταση (παρακολούθηση). Αυτό σημαίνει ότι η αποκατάσταση πρέπει να γίνεται με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, πράγμα που σημαίνει ότι οι δαπάνες πρέπει να είναι ανάλογες με τα οφέλη της αποκατάστασης (Soil Remediation Circular, 2013).

Στον πίνακα 18 παρουσιάζονται οι τιμές επέμβασης για τις ουσίες βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλένιο και αιθυλοβενζόλιο στο έδαφος σε mg/kg.

Πίνακας 18: Τιμές επέμβασης εδάφους στην Ολλανδία σε mg/kg

Ουσίες	Τιμές επέμβασης
Βενζόλιο	1,1
Τολουόλιο	32
Αιθυλοβενζόλιο	110
Ξυλένιο	17

5.2.5.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Αναφορικά με τα υπόγεια νερά, δίνονται δύο τιμές, η τιμή στόχου και η τιμή επέμβασης. Οι τιμές στόχου για τα υπόγεια νερά παρέχουν μια μακροπρόθεσμη ένδειξη για την περιβαλλοντική ποιότητα, υποθέτοντας ότι υπάρχει αμελητέος κίνδυνος για το οικοσύστημα. Επιπλέον, στην Ολλανδική νομοθεσία γίνεται διάκριση σε ρηχό (<10 μ.) και βαθύ υδροφορέα (>10 μ.). Παρόλα αυτά στην περίπτωση των οργανικών και συγκεκριμένα των BTEX, δεν γίνεται τέτοια διάκριση και δίνεται μία ενιαία τιμή στόχου και μία τιμή επέμβασης (Soil Remediation Circular, 2013). Παρακάτω παρουσιάζεται ο πίνακας 19, όπου αναφέρονται οι τιμές ελέγχου και επέμβασης αντίστοιχα των ρύπων σε mg/l. Παρατηρείται ότι από τα BTEX, το τολουόλιο έχει τη μεγαλύτερη τιμή στόχου και τιμή επέμβασης.

Πίνακας 19: Τιμές στόχου και επέμβασης στο υπόγειο νερού στην Ολλανδία σε mg/l

Ουσίες	Τιμές στόχου	Τιμές επέμβασης
Βενζόλιο	0,0002	0,03

Τολουόλιο	0,007	1
Αιθυλοβενζόλιο	0,004	0,15
Ξυλένιο	0,0002	0,07

4.2.6 Σουηδία

4.2.6.1 Όρια για το έδαφος

Στη Σουηδία η εκτίμηση κινδύνου αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον χαρακτηρισμό πιθανά ρυπασμένων χώρων και χρησιμοποιείται σε διάφορα στάδια της διαδικασίας, π.χ. προκειμένου να δοθεί προτεραιότητα μεταξύ διαφορετικών περιοχών, να εκτιμηθούν οι κίνδυνοι για την υγεία και το περιβάλλον, να εκτιμηθεί η ανάγκη για μείωση του κινδύνου και να αξιολογηθεί πόσο καλά οι διαθέσιμες τεχνικές αποκατάστασης μπορούν να ικανοποιήσουν αυτές τις απαιτήσεις (Eqs limitand guideline values for contaminated sites, 2012).

Τα όρια για τους ρύπους στο έδαφος έχουν θεσμοθετηθεί για δύο τύπους χρήσης γης ανάλογα με τον βαθμό έκθεσης για την εκτεθειμένη ομάδα και τον βαθμό προστασίας που παρέχεται στο περιβάλλον. Οι δύο τύποι χρήσεις γης είναι οι εξής:

- Ευαίσθητη χρήση γης: όπου η χρήση της γης δεν περιορίζεται από την ποιότητα του εδάφους και η προστασία των υπόγειων νερών επιτρέπει τη χρήση υπογείων νερών για κατανάλωση. Τα παιδιά και οι ενήλικες μπορούν να μένουν μόνιμα την περιοχή. Η ευαίσθητη χρήση γης αντιστοιχεί γενικά σε κατοικίες και πάρκα.
- Λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης: Η ποιότητα του εδάφους περιορίζει τη χρήση γης στην εμπορική και βιομηχανική χρήση γης ή σε άλλες λιγότερο ευαίσθητες χρήσεις. Η εκτεθειμένη ομάδα ανθρώπων θεωρείται ότι καταλαμβάνει την περιοχή κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας. Τα παιδιά καταλαμβάνουν την περιοχή μόνο προσωρινά.

Σε μια ευρύτερη περιοχή μπορεί να εμφανιστούν διάφοροι τύποι χρήσης γης. Για παράδειγμα, σε μια κατοικημένη περιοχή μπορεί να υπάρχουν επίσης πάρκα, γραφεία, καταστήματα, χώροι στάθμευσης και δρόμοι. Ωστόσο, η Σουηδική Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας συνιστά να αποφευχθεί ο διαχωρισμός σε μικρές περιοχές με διαφορετική χρήση γης, διότι:

- Η έκθεση καθορίζεται από τη συνδυασμένη έκθεση από όλες αυτές τις περιοχές και όχι μόνο από μια μικρή περιοχή.
- Η μεταφορά των ρύπων επηρεάζεται όχι μόνο από τις περιβαλλοντικές συνθήκες στην περιοχή, αλλά και από τις συνθήκες στις γύρω περιοχές (π.χ. ροές υπόγειων νερών).
- Οι ρύποι σε μια περιοχή μπορεί να εξαπλωθούν σε γειτονικές περιοχές.
- Είναι δύσκολο να διασφαλιστεί ότι η χρήση γης στο μέλλον θα είναι ακριβώς όπως είναι σήμερα ή όπως σχεδιάζεται αυτή τη στιγμή.

Στην ιδανική περίπτωση, η περιοχή που εξετάζεται θα είναι ολόκληρη η περιοχή που εντοπίζονται οι ρύποι και η περιοχή που επηρεάζεται από την εξάπλωση τους από την πηγή. Ωστόσο, στην πράξη, συχνά πραγματοποιούνται εκτιμήσεις μιας συγκεκριμένης περιοχής που πρόκειται να αξιολογηθεί, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει μία ή περισσότερες σημειακές πηγές και ορισμένες μη ρυπασμένες περιοχές. Στον πίνακα 20 παρουσιάζονται τα όρια για το έδαφος για τις δύο χρήσεις γης που αναφέρθηκαν παραπάνω σε mg/kg.

Πίνακας 20: Όρια εδάφους στη Σουηδία σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Ευαίσθητη χρήση γης	Λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης
Βενζόλιο	0,012	0,04
Τολουόλιο	10	40
Αιθυλοβενζόλιο	10	50
Ξυλένιο	10	50

Από τα δεδομένα του πίνακα 20 παρατηρείται ότι στη Σουηδία γίνεται η διάκριση ανάλογα με τη χρήση γης αλλά δεν αναφέρονται συγκεκριμένες χρήσεις, όπως αστική, αγροτική κτλ. Ωστόσο γίνεται μια πιο γενική περιγραφή και συγκεκριμένα οι χρήσεις γης διακρίνονται σε ευαίσθητη και λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης. Παρατηρείται ότι τα όρια είναι μικρότερα για την ευαίσθητη χρήση γης από τα όρια στην λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης, όπως αναμένονταν.

4.2.6.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Οι γενικές συστάσεις από το κράτος αναφέρουν ότι τα υπόγεια νερά πρέπει να θεωρούνται περιορισμένος πόρος που πρέπει να προστατεύεται με ιδιαίτερη μέριμνα, ώστε να είναι κατάλληλα για την άντληση πόσιμου νερού, τώρα ή στο μέλλον. Ωστόσο, όρια χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση της ρύπανσης σε περιπτώσεις που οι τιμές που προκύπτουν από τις μετρήσεις προκαλούν ανησυχία. Αυτές οι τιμές αναφοράς βασίζονται στην Οδηγία 98/83/EK για το πόσιμο νερό όπου η τιμή για το βενζόλιο είναι 1,0 µg/l. Όταν υπάρχουν ρυπασμένα υπόγεια νερά, το κράτος συνιστά την εκτίμηση κινδύνου για τον χώρο και χρησιμοποιούνται τα Ολλανδικά πρότυπα (Eqs limitand guideline values for contaminated sites, 2012)

4.2.7 Ηνωμένο Βασίλειο

4.2.7.1 Όρια για το έδαφος

Στο Ηνωμένο Βασίλειο γίνεται εκτίμηση κινδύνου για να προσδιοριστεί αν μία περιοχή είναι ρυπασμένη ή όχι. Η διαδικασία που ακολουθείται, ανάλογα βέβαια με την περίπτωση, διακρίνεται σε τρία βήματα και εξαρτάται από τη χρήση γης. Η διάκριση

που γίνεται ως προς τη χρήση γης είναι αστική, αγροτική και εμπορική. Τα βήματα αυτά περιγράφονται παρακάτω.

Βήμα 1: Προσδιορισμός εάν μια περίπτωση ρύπανσης είναι σοβαρή

Ο στόχος του βήματος 1 είναι να καθοριστεί εάν μια περίπτωση ρύπανσης σε μια περιοχή είναι σοβαρή ή όχι, το οποίο καθορίζεται από το αν η τιμή είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από την τιμή που έχει οριστεί ως όριο. Στην περίπτωση όπου η ρύπανση δεν είναι σοβαρή δεν υπάρχει λόγος να προσδιοριστεί εάν υπάρχουν κίνδυνοι. Στην περίπτωση όπου η ρύπανση είναι σοβαρή ακολουθείται το βήμα 2, δηλ. η εκτίμηση κινδύνου, μέθοδος που περιγράφεται παρακάτω.

Βήμα 2: Γενική εκτίμηση κινδύνου

Ο στόχος του βήματος 2 είναι να καθοριστεί εάν υπάρχουν κίνδυνοι για την περίπτωση σοβαρής ρύπανσης. Για τον σκοπό αυτό γίνεται εκτίμηση κινδύνου για να προσδιοριστεί εάν υπάρχουν κίνδυνοι που εμπλέκονται στην παρούσα ή/και στην μελλοντική χρήση του ρυπασμένου χώρου και που θα είχε αντίκτυπο στους ανθρώπους και στο οικοσύστημα. Στην πρώτη περίπτωση, εάν ο κίνδυνος δεν είναι υψηλός, προκύπτει ότι η υφιστάμενη ρύπανση του εδάφους δεν ενέχει κινδύνους στην παρούσα ή τη μελλοντική χρήση του χώρου και δεν απαιτείται επέμβαση. Στη δεύτερη περίπτωση, εάν ο κίνδυνος είναι υψηλός, τότε απαιτείται άμεση επέμβαση και ακολουθείται το βήμα 3, όπου είναι η εκτίμηση κινδύνου για τη συγκεκριμένη περιοχή.

Βήμα 3: Εκτίμηση κινδύνου για την περιοχή

Ο στόχος του βήματος 3 είναι να μελετηθεί με μεγαλύτερη λεπτομέρεια και να καθοριστεί με μεγαλύτερη σαφήνεια η ρύπανση και οι κίνδυνοι που μπορεί να προκληθούν και να καθοριστούν τα μέτρα επέμβασης. Υπάρχει περίπτωση, μέσα από την περαιτέρω έρευνα, να προκύψει ότι δεν απαιτείται άμεση επέμβαση και να αποφασισθεί να γίνουν πιο συχνά μετρήσεις, ώστε να ελέγχονται οι συγκεντρώσεις των ρύπων.

Αναφορικά με τα όρια που θεσμοθετούνται στο Ηνωμένο Βασίλειο, παρατηρείται ότι για την ουσία ξυλένιο, δίνονται όρια για κάθε τύπο της ουσίας ξεχωριστά (ο-ξυλένιο, μ-ξυλένιο, π-ξυλένιο). Στον πίνακα 21 παρουσιάζονται τα όρια για το έδαφος σε mg/kg.

Πίνακας 21: Όρια εδάφους στο Ηνωμένο Βασίλειο σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Αστική	Αγροτική	Εμπορική
Βενζόλιο	0,33	0,07	95
Τολουόλιο	610	120	4400
Αιθυλοβενζόλιο	350	90	2800
ο-Ξυλένιο	250	160	2600
μ-Ξυλένιο	240	180	3500
π-Ξυλένιο	230	160	3200

Το Ηνωμένο Βασίλειο κάνει τη διάκριση σε αστική, αγροτική και εμπορική χρήση. Παρατηρείται ότι δίνει τιμές για το ξυλένιο και για τα τρία ισομερή του, ενώ στις άλλες χώρες που εξετάστηκαν δεν παρατηρείται κάτι τέτοιο. Η εμπορική χρήση έχει τα μεγαλύτερα αποδεκτά όρια, ακολουθεί η αστική και τέλος η αγροτική, όπου έχει τα μικρότερα όρια. Το βενζόλιο παρουσιάζει τα χαμηλότερα όρια από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,07 mg/kg στην αγροτική χρήση έως 95 mg/kg στην εμπορική χρήση. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 120 mg/kg στην αγροτική έως 4400 mg/kg στην εμπορική. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 90 mg/kg στην αγροτική χρήση έως 2800 mg/kg στην εμπορική χρήση. Τέλος, το ξυλένιο χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενώσεις (ισομερή), τα όρια των οποίων κυμαίνονται ως εξής, για το ο-ξυλένιο από 160 mg/kg στην αγροτική έως 2600 mg/kg στην εμπορική χρήση, για το μ-ξυλένιο από 180 mg/kg στην αγροτική έως 3500 mg/kg στην εμπορική χρήση και για το π-ξυλένιο από 160 mg/kg στην αγροτική έως 3200 mg/kg στην εμπορική χρήση.

4.2.7.2 Όρια για τα υπόγεια ύδατα

Το Ηνωμένο Βασίλειο για το υπόγειο νερό ακολουθεί την Ευρωπαϊκή οδηγία 2006/118/EK.

4.2.8 Νορβηγία

4.2.8.1 Αποδεκτές τιμές για το έδαφος

Η εκτίμηση κινδύνου των ρυπασμένων εδαφών στη Νορβηγία βασίζεται κατά κύριο λόγο στη χρήση γενικών ποιοτικών στόχων ή τιμών ελέγχου εδάφους. Οι τιμές ελέγχου για την πιο ευαίσθητη χρήση γης βασίζονται στη χαμηλότερη τιμή ελέγχου για την υγεία του ανθρώπου και την προστασία των οικοσυστημάτων. Οι τιμές αυτές είναι μια αξιολόγηση πρώτης βαθμίδας και η υπέρβαση αυτών είναι μια ένδειξη ότι χρειάζεται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να προκύψει μια εκτίμηση κινδύνου για τον αντίστοιχο χώρο. Τα όρια διακρίνονται σε 5 κατηγορίες, οι οποίες περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα 22 (Jensen and Hansen, 2012)

Πίνακας 22: Κατηγοριοποίηση των ορίων εδάφους στη Νορβηγία

Κατηγορίες	Περιγραφή	Όρια
1	Πολύ καλή τιμή	Τιμές ελέγχου
2	Καλή	Κριτήρια αποδοχής με βάση την ανθρώπινη υγεία
3	Μέτρια	
4	Κακή	
5	Πολύ κακή	Επίπεδο ρύπανσης όπου το έδαφος θεωρείται επικίνδυνο απόβλητο

Η εκτίμηση κινδύνου πραγματοποιείται βαθμιαία σε τρία βήματα που αρχίζει με μια αρχική μελέτη γραφείου, η οποία ακολουθείται από μια πρώτη έρευνα και τελειώνει με

μία κύρια και τελική έρευνα. Το αποτέλεσμα της πρώτης έρευνας εξαρτάται από τη χρήση γης.

Περίπου τα ίδια όρια ισχύουν για αγροτικές περιοχές και φυσικό περιβάλλον, ενώ το όριο είναι υψηλότερο για αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Εάν η ρύπανση του εδάφους υπερβαίνει τα όρια πρέπει να αντιμετωπιστεί ως επικίνδυνο απόβλητο. Τα ανωτέρω ισχύουν για βαρέα μέταλλα ενώ για αρωματικές ουσίες δεν υπάρχει κάποια κατηγοριοποίηση, αλλά αναφέρονται τα κάτωθι όρια ως τιμές ελέγχου.

Στον πίνακα 23 παρουσιάζονται τα όρια για το έδαφος σε mg/kg στις 5 κατηγορίες που περιγράφονται παραπάνω. Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι μόνο για το βενζόλιο δίνονται τιμές και για καμία άλλη ουσία.

Πίνακας 23: Όρια εδάφους στη Νορβηγία σε mg/kg

Ουσίες	Κατηγορία 1	Κατηγορία 2	Κατηγορία 3	Κατηγορία 4	Κατηγορία 5
Βενζόλιο	<0,01	0,01 - 0,015	0,015 - 0,04	0,04 - 0,05	0,05 - 1000
Τολουόλιο	-	-	-	-	-
Αιθυλοβενζόλιο	-	-	-	-	-
Ξυλένιο	-	-	-	-	-

4.2.8.2 Όρια για τα υπόγεια ύδατα

Δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για θεσμοθετημένα όρια για το υπόγειο νερό στη Νορβηγία.

4.2.9 Γερμανία

4.2.9.1 Όρια για το έδαφος

Ο ομοσπονδιακός νόμος για την προστασία του εδάφους άρχισε να ισχύει το 1998 και ενσωματώνει και τις δύο πτυχές της προστασίας του εδάφους: πρόληψη και αποκατάσταση. Η βασική ιδέα είναι η προστασία του εδάφους από επιβλαβείς αλλαγές.

Η αποκατάσταση πρέπει να πραγματοποιηθεί πριν προκληθούν κίνδυνοι από τους εναπομείναντες ρύπους. Εάν η αποκατάσταση δεν είναι δυνατή ή λογική, πρέπει τουλάχιστον να αποφευχθούν ή να μειωθούν οι επιπτώσεις των επιβλαβών αλλαγών στους ανθρώπους ή στο περιβάλλον και να ληφθούν προληπτικά μέτρα.

Κριτήρια αξιολόγησης

Η προστασία του εδάφους περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες κριτηρίων αξιολόγησης του εδάφους:

- «επίπεδα δράσης» που δείχνουν, κατά κανόνα, κίνδυνο που πρέπει να αποφευχθεί. Οι περαιτέρω έρευνες για να διαπιστωθεί ο κίνδυνος δεν είναι συνήθως απαραίτητες.
- «επίπεδα ενεργοποίησης» που ενεργοποιούν περαιτέρω έρευνες για να εξακριβωθεί εάν η ρύπανση του εδάφους συνεπάγεται κίνδυνο.

- «επίπεδα προφύλαξης» που υποδηλώνουν κάποια πιθανότητα μελλοντικών προβλημάτων, τα οποία πρέπει να αντιμετωπιστούν προκειμένου να αποφευχθούν οι επερχόμενες ζημιές.

Τα επίπεδα δράσης και τα επίπεδα ενεργοποίησης σχετίζονται με τη χρήση του αντίστοιχου χώρου. Η απόφαση κατά πόσο η ρύπανση του εδάφους συνεπάγεται κίνδυνο (ή όχι) πρέπει να λαμβάνει υπόψη τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιείται πραγματικά ο χώρος και ποια είναι η εύλογη αναμενόμενη μελλοντική χρήση.

Η Γερμανία κάνει τη διάκριση των ορίων του εδάφους ανάλογα τη χρήση γης και συγκεκριμένα: παιδικές χαρές, αστική περιοχή, χώροι αναψυχής, αγροτική περιοχή, φυσικό έδαφος και βιομηχανική περιοχή. Στη συγκεκριμένη περίπτωση δεν έχει τιμές για τα ΒΤΕΧ, για αυτό και δεν αναφέρονται.

4.2.9.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Τα υπόγεια νερά μπορούν να ταξινομηθούν ως μη ρυπασμένα, παρά την αύξηση της συγκέντρωσης ουσιών σε σύγκριση με τις τιμές ελέγχου, όταν:

- δεν παρατηρούνται σχετικές οικοτοξικολογικές επιπτώσεις και
- πληρούνται οι απαιτήσεις της νομοθεσίας για το πόσιμο νερό

Με τη χρήση των ορίων δεν επιδιώκεται να τεθεί ένας ποιοτικός στόχος για τα υπόγεια νερά, αλλά να διατηρηθεί μια κατάσταση υπόγειων νερών που δεν επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την ανθρώπινη δραστηριότητα. Η παραγωγή αυτών των ορίων βασίζεται σε τοξικολογικά (πόσιμο νερό) και οικοτοξικολογικά πρότυπα και λαμβάνει υπόψη τις συγκεντρώσεις του περιβάλλοντος. Τα κατώτατα όρια χρησιμοποιούνται κυρίως για την αξιολόγηση της ποιότητας των υπογείων νερών. Μπορούν επίσης να αποτελέσουν τη βάση για την αξιολόγηση της ανακύκλωσης των αποβλήτων και της χρήσης των προϊόντων.

Στον πίνακα 24 παρουσιάζονται τα όρια για το υπόγειο νερό σε mg/l και δίνεται τιμή μόνο για το βενζόλιο (1μg/l), αναφέρεται ως τιμή ελέγχου, και δίνεται και συνολική τιμή ΒΤΕΧ 20 μg/l (ΣΒΤΕΧ).

Πίνακας 24: Όρια υπόγειων νερών στη Γερμανία σε mg/l

Ουσίες	Τιμή ελέγχου
Βενζόλιο	0,001
Τολουόλιο	-
Αιθυλοβενζόλιο	-
Ξυλένιο	-
ΣΒΤΕΧ	0,02

4.2.10 Τσεχία

4.2.10.1 Όρια για το έδαφος

Στην Τσεχία για την προστασία του εδάφους έχουν θεσπιστεί νομοθετικά μέτρα σχετικά με τα όρια των ρύπων. Τα όρια για το έδαφος βασίστηκαν κυρίως στα αποτελέσματα δύο εθνικών προγραμμάτων παρακολούθησης και απογραφής εδαφών: Πρόγραμμα παρακολούθησης εδάφους και ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μητρώο ρυπασμένων χώρων (για γεωργική γη). Τα αποτελέσματα των δύο προαναφερθέντων προγραμμάτων, καθώς και τα αποτελέσματα μερικών μικρότερων τοπικών ερευνών, αξιολογήθηκαν στατιστικά. Περιοχές με φυσικά υψηλά όρια εξαιρέθηκαν από την αξιολόγηση.

Οι οριακές τιμές που δίνονται μπορούν να θεωρηθούν ως τιμές ελέγχου και διαφοροποιούνται στις κατηγορίες Α - Β - Γ.

Η κατηγορία Α σημαίνει το ανώτερο επίπεδο για το φυσικό υπόβαθρο ή το μη ρυπασμένο έδαφος, η κατηγορία Β σημαίνει περίπου την τιμή μεταξύ τιμής Α και ορίου ρύπανσης. Η κατηγορία Γ διαιρείται σε υποκατηγορίες ανάλογα με τον τύπο χρήσης γης: αστική, αναψυχής, βιομηχανική, γενικά (αξιοποίηση όλων των σκοπών).

Στον πίνακα 25 παρουσιάζονται τα όρια για τις ουσίες ΒΤΕΧ στην περίπτωση της αγροτικής περιοχής, η οποία εξετάζεται ξεχωριστά από τις άλλες χρήσεις και παρουσιάζει και πολύ μικρές τιμές.

Πίνακας 25: Όρια εδάφους στην Τσεχία για αγροτική περιοχή σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	Αγροτική περιοχή
Βενζόλιο	0,05
Τολουόλιο	-
Αιθυλοβενζόλιο	0,05
Ξυλένιο	0,05

Στον πίνακα 26 παρουσιάζονται τα όρια για τις ουσίες ΒΤΕΧ για τις υπόλοιπες χρήσεις γης. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται παρακάτω παρατηρείται ότι στο φυσικό περιβάλλον τα όρια είναι πολύ πιο χαμηλά σε όλες τις ουσίες από ότι στις άλλες χρήσεις γης.

Πίνακας 26: Όρια εδάφους στην Τσεχία στις κατηγορίες Α, Β, Γ σε mg/kg

Ουσίες / Χρήσεις	A	B	Γ			
	φυσικό περιβάλλον	φυσικό περιβάλλον	αστική περιοχή	χώρος αναψυχής	βιομηχανική περιοχή	γενική περιοχή

		- όριο ρύπανσης				
Βενζόλιο	0,03	0,5	0,8	1	5	1
Τολουόλιο	0,03	50	100	120	150	100
Αιθυλοβενζόλιο	0,04	25	50	60	75	50
Ξυλένιο	0,03	25	30	50	75	25

Στο πίνακα 26 παρατηρούμε ότι το ξυλένιο και το αιθυλοβενζόλιο ακολουθούν την ίδια πορεία στις χρήσεις γης, με μόνη διαφορά ότι στην γενική περιοχή το όριο για το ξυλένιο είναι σε ποσοστό 50% μικρότερο από το αιθυλοβενζόλιο. Και το τολουόλιο ακολουθεί την ίδια πορεία στα όρια ανάλογα τη χρήση γης αλλά τα όρια είναι σε ποσοστό 50% μεγαλύτερα από το ξυλένιο και το αιθυλοβενζόλιο, σε όλες τις χρήσεις εκτός από το φυσικό περιβάλλον όπου είναι σχεδόν το ίδιο. Τέλος, οι τιμές των ορίων στο βενζόλιο ακολουθούν την ίδια πορεία ανάλογα με τη χρήση γης, όπως και οι άλλες ουσίες, αλλά τα όρια είναι πολύ μικρότερα σε σχέση με τις άλλες ουσίες. Ως προς τις χρήσεις γης παρατηρείται ότι στη βιομηχανική περιοχή έχουμε τα μεγαλύτερα όρια, μετά ακολουθούν οι χώροι αναψυχής, η αστική περιοχή και στη συνέχεια η γενική περιοχή, το φυσικό περιβάλλον-όριο προστασίας, μετά η αγροτική περιοχή και τέλος το φυσικό περιβάλλον.

4.2.10.2 Όρια για τα υπόγεια νερά

Αναφορικά με τα υπόγεια νερά δεν έχουν θεσμοθετηθεί συγκεκριμένα όρια στην Τσεχία. Στην περίπτωση του πόσιμου νερού χρησιμοποιείται διάταγμα που έχει θεσμοθετηθεί.

4.3 Σύγκριση ορίων ρύπανσης εδάφους και υπογείων νερών σε διάφορες Ευρωπαϊκές χώρες

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κάθε χώρα χρησιμοποιεί δικά της αποδεκτά όρια ρύπανσης για το έδαφος και το υπόγειο νερό, πιθανότερα λόγω της οικονομίας που έχει αναπτύξει και της διαφορετικής πολιτικής που ακολουθεί ως προς το περιβάλλον. Ανάλογα τον σκοπό, τη χρήση και τη μέθοδο υπολογισμού τα όρια ποικίλουν. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκαν να εξεταστούν εννέα χώρες της Ευρώπης: Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Ολλανδία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Νορβηγία, Γερμανία, Τσεχία ως προς τα όρια της ρύπανσης που έχει θεσμοθετήσει η κάθε μία για το έδαφος και τα υπόγεια νερά. Σε όλες τις περιπτώσεις στόχος είναι η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας και η καλύτερη δυνατή εκμετάλλευση με τη λιγότερο δυνατή επιβάρυνση ως προς το περιβάλλον και τον άνθρωπο.

Στον Πίνακα 27 συνοψίζονται τα κυριότερα συμπεράσματα σύγκρισης μεταξύ των ορίων ρύπανσης στο έδαφος και το υπόγειο νερό που χρησιμοποιούνται στις χώρες αυτές.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν τα όρια στους αρωματικούς ρύπους και συγκεκριμένα το βενζόλιο, το τολουόλιο, το αιθυλοβενζόλιο και το ξυλένιο, γνωστά ως ΒΤΕΧ, στο έδαφος και στο υπόγειο νερό. Αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα για κάθε χώρα:

- Η Αυστρία κάνει διάκριση των ορίων σε τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης στο έδαφος και στο υπόγειο νερό. Για το έδαφος δεν έχει θεσμοθετήσει όρια για τους υπό εξέταση ρύπους της παρούσας εργασίας που είναι τα ΒΤΕΧ, ενώ, για το υπόγειο υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια.
- Το Βέλγιο έχει αναπτύξει τρία είδη ορίων για την αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους και των υπόγειων νερών σε ρυπασμένους χώρους: τιμές αναφοράς, τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης. Οι τιμές αυτές έχουν θεσμοθετηθεί ξεχωριστά σε τρεις περιοχές Βρυξέλλες, Βαλλωνική περιοχή και Φλαμανδική περιοχή. Για τις Βρυξέλλες, η διάκριση γίνεται για τρεις χρήσεις γης και με αναφορά σε τιμές ελέγχου. Για τη Φλαμανδική περιοχή η διάκριση γίνεται σε πέντε χρήσεις γης και έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς και επέμβασης, ενώ για τη Βαλλωνική περιοχή έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης για πέντε χρήσεις γης. Για το υπόγειο νερό γίνεται η ίδια διάκριση ως προς τις τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης και δεν γίνεται διάκριση ως προς τις χρήσεις γης.
- Η Δανία έχει θεσμοθετήσει τιμές ελέγχου για το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την Ευρωπαϊκή οδηγία για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/ΕΚ).
- Η Ολλανδία έχει θεσμοθετήσει τιμές επέμβασης για το έδαφος και για το υπόγειο νερό έχει θεσμοθετήσει τιμές στόχου και τιμές επέμβασης. Επιπλέον, στο υπόγειο νερό κάνει τη διάκριση ως προς το βάθος (<10 m και >10 m) αλλά η διάκριση αφορά μόνο τα βαρέα μέταλλα.
- Η Σουηδία έχει θεσμοθετήσει όρια για τους ρύπους ανάλογα με τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την Ευρωπαϊκή Οδηγία για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/ΕΚ)
- Το Ηνωμένο Βασίλειο κάνει τη διάκριση ανάλογα με τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/118/ΕΚ.
- Η Νορβηγία κάνει κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον βαθμό ρύπανσης και για το υπόγειο νερό δεν έχουμε διαθέσιμα δεδομένα.
- Η Γερμανία κάνει τη διάκριση ανάλογα με τη χρήση γης ως προς το έδαφος αλλά δεν έχει θεσμοθετήσει όρια για τα ΒΤΕΧ, ενώ για το υπόγειο νερό έχει θεσμοθετήσει τιμές ελέγχου.
- Η Τσεχία έχει θεσμοθετήσει όρια ανάλογα τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό χρησιμοποιεί τη νομοθεσία της χώρας, για την οποία όμως δεν έχουμε διαθέσιμα δεδομένα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι χώρες Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία και Τσεχία κάνουν διάκριση των ορίων βάσει των χρήσεων γης, ενώ υπάρχουν και χώρες όπου τα όρια είναι ενιαία και δεν λαμβάνεται υπόψη η χρήση της γης. Συγκεκριμένα, η Αυστρία κάνει τη διάκριση σε τιμές ελέγχου και επέμβασης, η Δανία σε τιμές ελέγχου

και η Ολλανδία σε τιμές επέμβασης. Τέλος, η Νορβηγία κάνει κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον βαθμό ρύπανσης και το Βέλγιο κάνει τη διάκριση σε τιμές αναφοράς, ελέγχου, επέμβασης και ανάλογα τη χρήση γης.

Πίνακας 27: Μέθοδολογία ορίων στο έδαφος και στο υπόγειο νερό σε διάφορες χώρες

ΧΩΡΕΣ		ΕΛΑΦΟΣ	ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ
<i>ΑΥΣΤΡΙΑ</i>		Τιμή ελέγχου & επέμβασης - ΟΧΙ BTEX	Τιμή ελέγχου & επέμβασης
<i>ΒΕΛΓΙΟ</i>	<i>ΒΡΥΞΕΛΛΕΣ</i>	Τιμή ελέγχου	Τιμή ελέγχου
		Χρήσεις γης	
	<i>ΦΛΑΜΑΝΔΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ</i>	Τιμή αναφοράς & επέμβασης	Τιμή αναφοράς & επέμβασης
		Χρήσεις γης	
<i>ΒΑΛΛΩΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ</i>	Τιμή αναφοράς, ελέγχου & επέμβασης	Τιμή αναφοράς, ελέγχου & επέμβασης	
	Χρήσεις γης		
<i>ΔΑΝΙΑ</i>		Τιμή ελέγχου	Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/EK)
<i>ΟΛΛΑΝΔΙΑ</i>		Τιμές επέμβασης	Τιμές στόχου & τιμές επέμβασης Βάθος <10μ. & >10μ.
<i>ΣΟΥΗΔΙΑ</i>		Τιμές επέμβασης - Χρήσεις γης	Ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/EK)
<i>ΗΝΩΜΕΝΟ ΒΑΣΙΛΕΙΟ</i>		Τιμές επέμβασης - Χρήσεις γης	Ευρωπαϊκή οδηγία 2006/118/EK
<i>ΝΟΡΒΗΓΙΑ</i>		Κατηγοριοποίηση ανάλογα το βαθμό ρύπανσης	Μη διαθέσιμα δεδομένα
<i>ΓΕΡΜΑΝΙΑ</i>		Χρήσεις γης - ΟΧΙ BTEX	Τιμή ελέγχου
<i>ΤΣΕΧΙΑ</i>		Χρήσεις γης	Νομοθεσία της χώρας τους

4.3.1 Σύγκριση ορίων ανά χρήση για το έδαφος

Παρακάτω γίνεται σύγκριση των τιμών των ορίων που θεσμοθετούνται σε διάφορες χώρες ανά χρήση. Για τις χώρες Δανία, Ολλανδία και Νορβηγία, οι οποίες δεν κάνουν τη διάκριση ανά χρήση, έγινε η παραδοχή ότι χρησιμοποιούν τα όρια για το έδαφος για όλες τις χρήσεις γης. Η Σουηδία από την άλλη, κάνει διάκριση σε ευαίσθητη χρήση γης και σε λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης. Η πρώτη περίπτωση αντιστοιχεί στην αστική χρήση και η δεύτερη στη βιομηχανική χρήση. Με τις παραδοχές αυτές γίνονται τρεις συγκρίσεις ως προς τη χρήση γης: την αστική, την αγροτική και τη βιομηχανική.

➤ *Αστική χρήση*

Από τον πίνακα 28 προκύπτει ότι το Ηνωμένο Βασίλειο έχει τα υψηλότερα όρια με διαφορά από τις άλλες χώρες για τις ουσίες τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο και ξυλένιο, ενώ η Φλαμανδική περιοχή του Βελγίου έχει τις χαμηλότερες τιμές για τις ίδιες ουσίες. Το βενζόλιο έχει τις χαμηλότερες τιμές από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,012 mg/kg στη Σουηδία έως 1,5 mg/kg στην Δανία. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 10 mg/kg στη Σουηδία έως 610 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 5 mg/kg στη Φλαμανδική περιοχή έως 350 mg/kg στο Ηνωμένο

Βασίλειο. Τέλος, το ξυλένιο χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενώσεις μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο και ο μέσος όρος των τριών ενώσεων, των ορίων, είναι 240 mg/kg. Αντίστοιχα, για το ξυλένιο οι τιμές του κυμαίνονται από 10 mg/kg στη Σουηδία και στη Βαλλωνική περιοχή έως 240 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Πίνακας 28: Όρια εδάφους για την αστική χρήση σε mg/kg

Χώρες	Ηνωμένο Βασίλειο	Τσεχία	Σουηδία	Δανία	Ολλανδία	Νορβηγία	Βέλγιο Βαλλωνική περιοχή	Βέλγιο Φλαμανδική περιοχή
Ουσίες/Χρήση	Αστική χρήση							
Βενζόλιο	0,33	0,8	0,012	1,5	1,1	0,05	0,4	0,5
Τολουόλιο	610	100	10	-	32	-	33	15
Αιθυλοβενζόλιο	350	50	10	-	110	-	28	5
ο-Ξυλένιο	250	30	10	-	17	-	10	15
μ-Ξυλένιο	240							
π-Ξυλένιο	230							

➤ **Αγροτική χρήση**

Από τον πίνακα 29 προκύπτει ότι το Ηνωμένο Βασίλειο έχει τα υψηλότερα όρια με διαφορά από τις άλλες χώρες για τις ουσίες τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο και ξυλένιο, ενώ η Τσεχία έχει τις χαμηλότερες τιμές για τις ίδιες ουσίες. Το βενζόλιο έχει τις χαμηλότερες τιμές από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα, τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,05 mg/kg στην Τσεχία και στη Νορβηγία και 1,5 mg/kg στη Δανία. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 5 mg/kg στη Φλαμανδική περιοχή του Βελγίου και 120 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 5 mg/kg στη Τσεχία έως 110 mg/kg στην Ολλανδία. Τέλος, το ξυλένιο χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενώσεις μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο και ο μέσος όρος των τριών ενώσεων των ορίων είναι 166 mg/kg. Αντίστοιχα, για το ξυλένιο οι τιμές του κυμαίνονται από 0,05 mg/kg στη Τσεχία έως 166 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Πίνακας 29: Όρια εδάφους για την αγροτική χρήση σε mg/kg

	Ηνωμένο Βασίλειο	Τσεχία	Δανία	Ολλανδία	Νορβηγία	Βέλγιο Βαλλωνική περιοχή	Βέλγιο Φλαμανδική περιοχή
Ουσίες	Αγροτική χρήση						
Βενζόλιο	0,07	0,05	1,5	1,1	0,05	0,4	0,5
Τολουόλιο	120	-	-	32	-	12	5

Αιθυλοβενζόλιο	90	0,05	-	110	-	17	1,5
ο-Ξυλένιο	160	0,05	-	17	-	2,5	3,5
μ-Ξυλένιο	180						
π-Ξυλένιο	160						

➤ Βιομηχανική χρήση

Από τα δεδομένα του πίνακα 30 προκύπτει ότι το Ηνωμένο Βασίλειο έχει τα υψηλότερα όρια με διαφορά από τις άλλες χώρες για όλες τις ουσίες (βενζόλιο, τολουόλιο, αιθυλοβενζόλιο και ξυλένιο). Το βενζόλιο έχει τις χαμηλότερες τιμές από όλες τις ουσίες. Πιο συγκεκριμένα τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,04 mg/kg στη Σουηδία έως 95 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 32 mg/kg στην Ολλανδία έως 4400 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 50 mg/kg στη Σουηδία έως 2800 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τέλος, το ξυλένιο χωρίζεται σε τρεις επιμέρους ενώσεις μόνο στο Ηνωμένο Βασίλειο και ο μέσος όρος των τριών ενώσεων, των ορίων, είναι 3100 mg/kg. Αντίστοιχα, για το ξυλένιο οι τιμές του κυμαίνονται από 17 mg/kg στην Ολλανδία έως 3100 mg/kg στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Πίνακας 30: Όρια εδάφους για τη βιομηχανική χρήση σε mg/kg

	Ηνωμένο Βασίλειο	Τσεχία	Σουηδία	Δανία	Ολλανδία	Νορβηγία	Βέλγιο Βαλλωνική περιοχή	Βέλγιο Φλαμανδική περιοχή
Ουσίες	Βιομηχανική χρήση							
Βενζόλιο	95	5	0,04	1,5	1,1	0,05	0,6	1
Τολουόλιο	4400	150	40	-	32	-	85	200
Αιθυλοβενζόλιο	2800	75	50	-	110	-	76	70
ο-Ξυλένιο	2600	75	50	-	17	-	20	190
μ-Ξυλένιο	3500							
π-Ξυλένιο	3200							

4.3.2 Περαιτέρω έρευνα για τα υπόγεια νερά

Από την ανάλυση που έγινε παραπάνω για τις εννέα χώρες καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι θεσμοθετημένα όρια ρύπανσης εδάφους και υπόγειου νερού έχουν οι χώρες Ολλανδία, Αυστρία, και από το Βέλγιο, η Φλαμανδική και η Βαλλωνική περιοχή. Οι χώρες Δανία και Σουηδία χρησιμοποιούν την Οδηγία 98/83/ΕΚ όταν πρόκειται τα υπόγεια νερά να χρησιμοποιηθούν ως πόσιμο νερό και το όριο για το βενζόλιο είναι 1μg/l.

Στον πίνακα 31 απεικονίζονται συγκεντρωτικά οι τιμές επέμβασης για το υπόγειο νερό στις χώρες Ολλανδία, Αυστρία και από το Βέλγιο, στη Φλαμανδική και στη Βαλλωνική περιοχή. Στη Βαλλωνική περιοχή οι τιμές των ΒΤΕΧ είναι μεγαλύτερες απ' ότι στις άλλες χώρες. Το βενζόλιο παρουσιάζει το χαμηλότερο όριο για όλες τις χώρες, κάτι το οποίο είναι λογικό διότι είναι έντονα τοξικό και καρκινογόνο.

Γενικά, δεν παρατηρούνται έντονες διαφορές μεταξύ των χωρών, εκτός της Βαλλωνικής περιοχής. Πιο συγκεκριμένα τα όρια του βενζολίου κυμαίνονται από 0,001 mg/l στην Αυστρία έως 0,04 mg/l στη Βαλλωνική περιοχή. Αναφορικά με το τολουόλιο οι τιμές κυμαίνονται μεταξύ 0,01 mg/l στην Αυστρία έως 5,85 mg/l στη Βαλλωνική περιοχή. Αντίστοιχα οι τιμές του αιθυλοβενζολίου κυμαίνονται από 0,15 mg/l στην Ολλανδία έως 1,52 mg/l στη Βαλλωνική περιοχή. Τέλος, για το ξυλένιο οι τιμές του κυμαίνονται από 0,07 mg/l στην Ολλανδία έως 2,175 mg/l στη Βαλλωνική περιοχή.

Πίνακας 31: Τιμές επέμβασης στο υπόγειο νερό για Ολλανδία, Αυστρία, Φλαμανδική και Βαλλωνική περιοχή σε mg/l

Ουσίες	Ολλανδία	Αυστρία	Βέλγιο Φλαμανδική περιοχή	Βέλγιο Βαλλωνική περιοχή
Βενζόλιο	0,03	0,001	0,01	0,04
Τολουόλιο	1	0,01	0,7	5,85
Αιθυλοβενζόλιο	0,15	-	0,3	1,52
Ξυλένιο	0,07	-	0,5	2,175

5. Συμπεράσματα

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, στόχος της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι μέσα από την ανάλυση των ορίων ρύπανσης στο έδαφος και στο υπόγειο νερό που χρησιμοποιούνται στην Ευρώπη και τη σύγκριση των τιμών και των μεθόδων που χρησιμοποιούνται, να προταθεί για την Ελλάδα μια αντίστοιχη μέθοδος αξιολόγησης. Είναι προφανές ότι η παρούσα εργασία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή. Στο σημείο αυτό πρέπει επίσης να τονιστεί ότι η συλλογή των δεδομένων της νομοθεσίας μιας σειράς χωρών ήταν μια δύσκολη διαδικασία και ο έλεγχος των θεσμοθετημένων τιμών που εμφανίζονταν στη βιβλιογραφία όχι πάντα δυνατός. Για τον λόγο αυτό τα όρια ρύπων στο έδαφος και στο υπόγειο νερό διαφόρων χωρών που παρουσιάζονται στην παρούσα διπλωματική χρησιμοποιήθηκαν περισσότερο για να δείξουν την τάση που κάθε χώρα έχει στο θέμα της θεσμοθέτησης ορίων αλλά όχι για να προταθούν συγκεκριμένα όρια ρύπων. Ωστόσο, ακόμα και με τον τρόπο αυτό η αξία τους είναι σημαντική, καθώς σκιαγραφούν τη γενικότερη κατάσταση που επικρατεί σήμερα στην Ευρώπη σε αυτό το αντικείμενο. Ίδια θε πρέπει να είναι η προσέγγιση του αναγνώστη της διπλωματικής.

Πιο συγκεκριμένα, στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν τα όρια ρύπανσης στο έδαφος και στο υπόγειο νερό σε εννέα χώρες της Ευρώπης και συγκεκριμένα στις Γερμανία, Ολλανδία, Νορβηγία, Αυστρία, Βέλγιο, Δανία, Τσεχία, Σουηδία και Ηνωμένο Βασίλειο. Μέσα από την έρευνα, συμπεραίνεται ότι κάθε χώρα έχει θεσμοθετήσει δικά της αποδεκτά όρια ρύπανσης ως προς το έδαφος και το υπόγειο νερό, πιθανόν λόγω της οικονομίας που έχει αναπτύξει και λόγω της διαφορετικής πολιτικής που ακολουθεί ως προς το περιβάλλον. Ανάλογα τον σκοπό, τη χρήση και τη μέθοδο υπολογισμού τα όρια ποικίλουν. Σε όλες τις περιπτώσεις στόχος είναι η προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας.

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας εξετάστηκαν τα όρια στους αρωματικούς ρύπους και συγκεκριμένα το βενζόλιο, το τολουόλιο, το αιθυλοβενζόλιο και το ξυλένιο, γνωστά ως BTEX, στο έδαφος και στο υπόγειο νερό. Αναφέρονται συνοπτικά τα αποτελέσματα για κάθε χώρα:

- Η Αυστρία κάνει διάκριση των ορίων σε τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης στο έδαφος και στο υπόγειο νερό. Για το έδαφος δεν έχει θεσμοθετήσει όρια για τους υπό εξέταση ρύπους της παρούσας εργασίας, BTEX. Ενώ, για το υπόγειο νερό θεσμοθετούνται όρια.
- Το Βέλγιο έχει αναπτύξει τρία είδη ορίων για την αξιολόγηση της ποιότητας του εδάφους και των υπόγειων νερών σε ρυπασμένους χώρους: τιμές αναφοράς, τιμές ελέγχου και τιμές επέμβασης. Οι τιμές αυτές έχουν θεσμοθετηθεί ξεχωριστά σε τρεις περιοχές: Βρυξέλλες, Βαλλωνική περιοχή και Φλαμανδική περιοχή. Για τις Βρυξέλλες η διάκριση γίνεται για τρεις χρήσεις γης και με αναφορά σε τιμές ελέγχου. Για τη Φλαμανδική περιοχή η διάκριση γίνεται σε πέντε χρήσεις γης και έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς και επέμβασης, ενώ για τη Βαλλωνική περιοχή

- έχουν θεσμοθετηθεί τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης για πέντε χρήσεις γης. Για το υπόγειο νερό γίνεται η ίδια διάκριση ως προς τις τιμές αναφοράς, ελέγχου και επέμβασης και δεν γίνεται διάκριση ως προς τις χρήσεις γης.
- Η Δανία έχει θεσμοθετήσει τιμές ελέγχου για το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την οδηγία για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/EK).
 - Η Ολλανδία έχει θεσμοθετήσει τιμές επέμβασης για το έδαφος και για το υπόγειο νερό έχει θεσμοθετήσει τιμές στόχου και τιμές επέμβασης. Επιπλέον, στο υπόγειο νερό κάνει τη διάκριση ως προς το βάθος (<10 m και >10 m), αλλά η διάκριση αφορά μόνο τα βαρέα μέταλλα.
 - Η Σουηδία έχει θεσμοθετήσει όρια για τους ρύπους ανάλογα με τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την οδηγία για την ποιότητα νερού ανθρώπινης κατανάλωσης (98/83/EK)
 - Το Ηνωμένο Βασίλειο κάνει τη διάκριση ανάλογα τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό ακολουθεί την Ευρωπαϊκή Οδηγία 2006/118/EK.
 - Η Νορβηγία κάνει κατηγοριοποίηση ανάλογα με τον βαθμό ρύπανσης και για το υπόγειο νερό δεν έχουμε διαθέσιμα δεδομένα.
 - Η Γερμανία κάνει τη διάκριση ανάλογα με τη χρήση γης ως προς το έδαφος αλλά δεν θεσμοθετεί όρια για τα ΒΤΕΧ, ενώ για το υπόγειο νερό θεσμοθετεί τιμές ελέγχου.
 - Η Τσεχία θεσμοθετεί όρια ανάλογα τη χρήση γης ως προς το έδαφος και για το υπόγειο νερό χρησιμοποιεί τη νομοθεσία της χώρας, για την οποία όμως δεν έχουμε διαθέσιμα δεδομένα.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι οι χώρες Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο, Γερμανία και Τσεχία κάνουν διάκριση των ορίων βάσει των χρήσεων γης, ενώ υπάρχουν και χώρες όπου τα όρια είναι ενιαία και δεν λαμβάνεται υπόψη η χρήση της γης.

6. Προτάσεις

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη και τις ιδιαιτερότητες της Ελλάδας, θεωρείται ορθότερο να θεσμοθετηθούν όρια ρύπανσης για το έδαφος και το υπόγειο νερό ανάλογα με τις χρήσεις γης. Ήδη τον Ιούνιο του 2018 καθορίστηκαν με το ΠΔ 59 οι κατηγορίες χρήσεων γης. Το νέο ΠΔ προβλέπει 15 γενικές κατηγορίες χρήσεων γης, οι οποίες καλύπτουν τον αστικό και αγροτικό χώρο, σε αντιστοιχία με το πεδίο εφαρμογής των πολεοδομικών σχεδίων.

Η διάκριση των χρήσεων γης προτείνεται να γίνει σε δύο τύπους, ευαίσθητη χρήση γης και λιγότερο ευαίσθητη χρήση γης για το έδαφος. Η πρώτη θα αφορά κυρίως χρήσεις όπου παιδιά και ενήλικες θα μπορούν να είναι μόνιμα στην περιοχή κατά τη διάρκεια ζωής τους και θα αντιστοιχεί γενικά σε κατοικίες, πάρκα, αγροτική χρήση κτλ. Η δεύτερη θα περιορίζει τη χρήση γης σε εμπορική και βιομηχανική ή σε άλλες λιγότερο ευαίσθητες χρήσεις και η εκτεθειμένη ομάδα ανθρώπων θα καταλαμβάνει την περιοχή κατά τη διάρκεια των ωρών εργασίας και τα παιδιά μόνο προσωρινά. Στις δύο αυτές κατηγορίες, θα μπορούσε να αντιστοιχηθούν υποκατηγορίες χρήσεων γης ανάλογα με τις χρήσεις γης που περιγράφονται στο ανωτέρω ΠΔ. Αντίστοιχα, για το υπόγειο νερό προτείνεται να ορισθούν τιμές ελέγχου και στην περίπτωση όπου θα έχουμε πόσιμο νερό προτείνεται να ισχύουν οι τιμές της ευαίσθητης χρήσης γης.

Λόγω της ιδιαιτερότητας της χώρας μας, όπου υπάρχει παραπάνω από μία χρήση, θα επικρατεί η δυσμενέστερη και σύμφωνα με αυτήν θα γίνεται η κατηγοριοποίηση των ορίων. Για παράδειγμα στα Οινόφυτα, που αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα άτυπης βιομηχανικής περιοχής, όπου συνυπάρχει η αγροτική, η αστική και η βιομηχανική χρήση, τα όρια που θα λαμβάνονται υπόψη θα είναι αυτά της αγροτικής, όπου είναι και η δυσμενέστερη.

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι λόγω της ιδιαιτερότητας της Ελλάδας, για τον καθορισμό των ορίων των αρωματικών ρύπων στο έδαφος και στο νερό, απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να προσδιοριστούν κατάλληλες τιμές ανάλογα τη χρήση και τη θέση της γης και τις συνθήκες που επικρατούν, σε κάθε περίπτωση.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- Appenroth, K.J., (2010). «Definition of “Heavy Metals” and their role in biological systems». Soil heavy metals, Springer, pp. 19 - 29.
- Boogaard PJ, van Sittert NJ, (2004), ‘Suitability of S-phenyl mercapturic acid and trans-trans-muconic acid as biomarkers for exposure to low concentrations of benzene’, Environ Health Perspect. 104(6): 1151-1157.
- Bradl, H.B., (2004). «Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents». Journal of Colloid and Interface Science, 277 (1), pp. 1 - 18.
- Cairney, T. (1995). The re-use of contaminated land: A Handbook of Risk Assessment, Willey & Sons, UK.
- Claudio Carlon, Marco D’Alessandro, Frank Swartjes, (2007), Derivation methods of soil screening values in Europe, a review and evaluation of national procedures towards harmonization
- Common Forum, (12/2009) Compilation of standards for contamination of surface water, ground water, sediments and soil,
- Daniel, D.E. (1993) Introduction, In: Geotechnical Practice for Waste Disposal, D.E. Daniel (Ed.), Chapman & Hall.
- Devathasan G, Low D, Teoh PC, Wan SH, Wong PK (1984). «Complications of chronic glue (toluene) abuse in adolescents». Aust N Z J Med 14 (1): 39–43. PMID 6087782.
- Devathasan, G.; Low, D.; Teoh, P. C.; Wan, S. H.; Wong, P. K. (1984). "Complications of chronic glue (toluene) abuse in adolescents". Aust N Z J Med 14 (1): 39–43. doi:10.1111/j.1445-5994.1984.tb03583.x. PMID 6087782.
- Duffus, J.H., (2002). «Heavy metals: a meaningless term?». Pure and Applied Chemistry. 74 (5), pp. 793 - 807.
- Eqs limitand guideline values for contaminated sites, 2012
- Evangelou, V., (2008). «Environmental soil and water chemistry». John Wiley and Sons Ltd, Canada.
- ExternE - Externalities of Energy (2005). Methodology 2005 Update. Published by European Commission, Directorate-General for Research, Sustainable Energy Systems, Office of Publications for the European Communities, Luxembourg.
- Hogan, C. M. (2011), "Sulfur", in Jorgensen, A.; Cleveland, C. J., Encyclopedia of Earth, Washington DC: National Council for Science and the Environment, retrieved 26 October 2012
- Johnson et al. 2009
- ~~John~~-Jensen J, ~~Tom~~-Birch Hansen ,-T (2012), Ecological risk assessment of contaminated sites
- Löffler, F., E. and Edwards E., A., (2006). «Harnessing microbial activities for environmental cleanup». Current Opinion in Biotechnology, 17, pp.274 - 284.
- Mantis D., Voutsas and Samara C., (2005). «Assessment of the environmental hazard from municipal and industrial wastewater treatment sludge by employing chemical and biological method». Ecotoxicology and Environmental Safety.

- Ministry of Spatial Planning, Housing and Environment (2000) The Circular on Target, Values and Intervention Values for Soil Remediation, The Hague, The Netherlands.
- Pankow, J., F. and Cherry J.,A., (1996). «Dense chlorinated solvents and other DNAPLs in groundwater history, behavior, and remediation». Waterloo Press.
- Podgoršek, Ajda; Stavber, Stojan; Zupan, Marko; Iskra, Jernej (2006). «Free radical bromination by the H₂O₂–HBr system on water». Tetrahedron Letters 47 (40): 7245.
- Schnoor I., (2003). «Περιβαλλοντικά μοντέλα». Εκδόσεις Τζιόλα, Αθήνα
- Wild, A., (1995). «Soils and the environment: An introduction», Cambridge University Press, Cambridge/New York.
- Smith T (1996) The mechanism of benzene include leukemia: a hypothesis and speculation on the causes of leukemia’, Environ Health Perspect 104(Suppl6): 1219-1225.
- Soil Remediation Circular, 2013
- Steineck G, Plato N, Gerhardsson M, Norell SE, Hogstedt C(1990), ‘Increased risk of urothelial cancer in Stockholm during 1985-87 after exposure to benzene and exhausts’, International Journal of Cancer 45: 1012-1017
- Streicher HZ, Gabow PA, Moss AH, Kono D, Kaehny WD (1981). «Syndromes of toluene sniffing in adults». Ann. Intern. Med. 94 (6): 758–62. PMID 7235417.
- Streicher, H. Z.; Gabow, P. A.; Moss, A.H.; Kono, D.; Kaehny, W. D. (1981). "Syndromes of toluene sniffing in adults". Annals of Internal Medicine 94 (6): 758–62. PMID 7235417.
- The Environmental Protection Act of the United Kingdom, 1990
- U.S. Environmental Protection Agency - USEPA (2002) National Primary Drinking Water Regulations, EPA 816-F-02-013 και 40 CFR 141.
- U.S. EPA: - (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A), Washington, D.C., USA. - (1991) Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part B), Washington, D.C., USA. - (1991) Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part C), Washington, D.C., USA. - (1998) Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part D), Washington, D.C., USA. - (1996) Soil Screening Guidance: Technical Document, Washington, D.C., USA. - (1997) Exposure Factors Handbook-Volume I: General Factors, Washington, D.C., USA.
- U.S.EPA- Environmental Protection Agency (2008). Scientific and Ethical Approaches for Observational Exposure Studies. National Exposure Research Laboratory, Office of Research and Development. EPA 600/R-08/062, May.
- URL1: <http://epa.gov/riskassessment/basicinformation.htm#risk>
- WHO – World Health Organization (2014). Quantitative risk assessment of the effects of climate change on selected causes of death, 2030s and 2050s. ISBN 978 92 4 150769 1
- Αγγελόπουλος Κ., Παρασκευά Χ., Κανελλοπούλου Δ., Τενέντες Γ., Σταματελοπούλου Κ., Κουτσούκος Π., (2004). «Φυτικής προέλευσης προϊόντα και

ο ρόλος τους στην προστασία των καλλιεργειών – Η περίπτωση των υγρών αποβλήτων ελαιοτριβείων». 2ο επιστημονικό Συνέδριο, Βόλος.

- Βαλαβανίδης, Α., (2007). «Οικοτοξικολογία και περιβαλλοντική τοξικολογία». Τμήμα Χημείας, Εθνικού & Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών, Αθήνα.
- Βασιλείου, Ε., (2013). «Διερεύνηση της παρουσίας βαρέων μετάλλων και ιδιαίτερα των μορφών τρισθενούς και εξασθενούς χρωμίου, στα υπόγεια νερά των οφιολιθικών μαζών και των χαλαρών σχηματισμών Κεντρικής Εύβοιας». Μεταπτυχιακή εργασία, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Γούναρης, 2013
- Δερματάς Δ., (2008). «Ρύπανση του υπεδάφους και των υπόγειων υδροφορέων». Σημειώσεις μαθήματος Διαχείριση επικίνδυνων αποβλήτων, ΕΜΠ-ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος, 2011
- Ζαχαροπούλου Α., (2005). «Φυσικοχημική μελέτη αλληλεπίδρασης φυτοφαρμάκων με φορτισμένες επιφάνειες». Διπλωματική Εργασία, σελίδα 31, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Αγρίνιο.
- Κιτσάτογλου, Α., (2013). «Προσδιορισμός απομάκρυνσης μετάλλων (Cd, Zn) μέσω πειραμάτων στήλης με χρήση ζεόλιθου, πυρηνόξυλου και κόμποστ». Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- Κουιμιτζή, Θ., Φυτιάνου, Κ., Σαμαρά-Κωνσταντίνου, Κ., (1998). « Χημεία περιβάλλοντος». University studio press, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη.
- Κουρουτού, Π., Κάλης, Σ., Χατζησταύρου, Κ., Λίνου, Α., (2012). «Επίδραση της επαγγελματικής έκθεσης σε βαρέα μέταλλα στη νοσηρότητα και στη θνησιμότητα». Archives of Hellenic Medicine, Athens Medical Society. Διαθέσιμο στην ιστοσελίδα: <http://www.mednet.gr/archives/2012-1/pdf/70>.
- Μήτσιος, Ι., (2004). «Γονιμότητα Εδαφών Θρεπτικά στοιχεία φυτών: Μακροθρεπτικά, μικροθρεπτικά και βαρέα μέταλλα. Μέθοδοι και εφαρμογές», Εκδόσεις: Zymel, Αθήνα.
- Παναγιωτάκης, Η., (2010). «Επιτόπου βιολογική εξυγίανση υπόγειων υδροφορέων ρυπασμένων με χλωριωμένα αιθυλένια: επίδραση δότη ηλεκτρονίων και θεικών». Διδακτορική Διατριβή, Πολιτικών Μηχανικών ΕΜΠ, Τομέας Υδρολογίας και Υδατικών Πόρων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Παπασιώπη, Ν., (2008α). “Ανάλυση διακινδύνευσης”, ΕΜΠ-ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Παπασιώπη, Ν., (2008β). “Βιολογικές μέθοδοι”, ΕΜΠ-ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Παπασιώπη, Ν., (2008γ). “Φυσικές μέθοδοι απομάκρυνσης οργανικών ρύπων”, ΕΜΠ- ΔΠΜΣ Επιστήμη & Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

- Χαμηλάκης, Σ., (2015). «Οργανική χημεία: θεμελιώδεις έννοιες και μηχανισμοί οργανικών αντιδράσεων». Χημικοί Μηχανικοί ΕΜΠ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
- Χατζηιωάννου, Ι., Ε., Φερδινάνδου, Ε., Σ., (2013). «Διερεύνηση των τοξικών ρυπαντών στο θαλάσσιο περιβάλλον με έμφαση τις νέες κατηγορίες ενώσεων», Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.
- Ηλεκτρονική
- Στοιχεία Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος (2006) : <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/progress-in-management-ofcontaminated-sites/progress-in-management-of-contaminated-1>).
- Στοιχεία Ευρωπαϊκής Επιτροπής Περιβάλλοντος (2011):
- http://eusoiils.jrc.ec.europa.eu/ESDB_Archive/eusoiils_docs/other/EUR26376EN.pdf).
- Κ.Υ.Α.36060/1155/Ε.103/2013:(http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?item_id=9848&cat_id=918).
- Μητρώο Έκλυσης και Μεταφορών Ρύπων (Ε – PRTR): <http://prtr.ec.europa.eu/#/home>).
- Κατευθυντήριες γραμμές της Ε.Ε σχετικά με τις βασικές εκθέσεις βάσει του άρθρου 22 παράγραφος 2 της οδηγίας 2010/75/ΕΕ περί βιομηχανικών εκπομπών: <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=ZN1ohDE74b8%3D&tabid=804&language=el-GR>).
- Κανονισμός 1272/2008/ΕΚ (CLP):
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1272&from=EL>).
- Κανονισμός 1907/2006 (REACH):
- <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1907-20140410&from=EL>).
- Κ.Υ.Α 50910/2727/2003 (ΦΕΚ 1909 Β):
- http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?item_id=3736&cat_id=2864).
- Κ.Υ.Α 13588/725/2006 (ΦΕΚ 383 Β):
- http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?item_id=6537&cat_id=2864).
- Κ.Υ.Α 8668/2007: http://www.elinyae.gr/el/item_details.jsp?item_id=6962&cat_id=927).
- Αποφάσεις Έγκρισης Περιβαλλοντικών όρων (ΑΕΠΟ):
- http://aepo.ypeka.gr/?filter_4=&filter_41=%CE%B4%CE%B5%CE%B7&page_id=21).
- Δελτίο Δεδομένων Ασφαλείας για το αργό πετρέλαιο:
- <http://www.jpmpdf.com.cn/jmpdf/1320691764265.pdf>).
- Δελτίο Δεδομένων Ασφαλείας για το στυρένιο:
- <https://www.sciencelab.com/ΔΔΑ.php?ΔΔΑId=9925112>).
- ΥΠΕΧΩΔΕ - Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων (1995) Η Ελλάδα, Οικολογικό και Πολιτιστικό Απόθεμα: Δεδομένα, Δράσεις, Προγράμματα για την Προστασία του Περιβάλλοντος.