




Ρύπανση Φυσικού Περιβάλλοντος



ΣΧΟΛΗ
ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ,
ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΜΗΜΑ
ΔΑΣΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ
ΦΥΣΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Ο όρος "**ρύπανση**" του εδάφους αναφέρεται στη μείωση της ικανότητας του εδαφικού οικοσυστήματος να επιτελέσει τις βασικές του λειτουργίες, ως αποτέλεσμα της εναπόθεσης οργανικών ή ανόργανων ουσιών.


Η ρύπανση του εδάφους είναι μια ειδική περίπτωση της ευρύτερης έννοιας του όρου υποβάθμιση της ποιότητας του εδάφους και αναφέρεται στην χημική του υποβάθμιση.

Οι διάφορες χημικές ουσίες που προκαλούν τη ρύπανση του εδάφους μπορεί να προέρχονται είτε από διάφορες φυσικές διεργασίες (φυσικοί ρύποι), είτε να είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (ανθρωπογενείς ρύποι). Η είσοδος ρύπων στο έδαφος είναι επίσης πολύ πιθανό να προκαλέσει ρύπανση νερών.

► **Ρύπανση:** Το αποτέλεσμα της σύγκρουσης μεταξύ των φυσικών οικοσυστημάτων και της ανθρώπινης δραστηριότητας

► **Ρύπανση Περιβάλλοντος:** Η κατάσταση εκείνη κατά την οποία οι δραστηριότητες του ανθρώπου έχουν ως άμεσο ή έμμεσο αποτέλεσμα την αλλοίωση της σύστασης ή της φυσικής κατάστασης του περιβάλλοντος χώρου.





▶ Όλες οι ενέργειες που μπορούν να γίνουν για να διατηρήσουμε τους φυσικούς πόρους (αέρα, νερό, έδαφος) σε καλή κατάσταση και να τους παραδώσουμε στις επόμενες γενιές για να έχουν και εκείνες τη βάση να χτίσουν το δικό τους μέλλον εντάσσονται στη λογική της **αειφόρου ανάπτυξης**

Πηγές Ρύπανσης Του εδάφους

Ατμοσφαιρική ρύπανση
από βιομηχανία,
μεταφορές κ.ά.

etc.

Ατμοσφαιρικές
εναποθέσεις και
όξινη βροχή

Άμεση απόρριψη από
από τις βιομηχανίες

Τα βαριά μέταλλα
εισέρχονται στις
τροφικές αλυσίδες
από το έδαφος ή την
ατμόσφαιρα

Τα βαριά μέταλλα που εισέρχονται στο
έδαφος απομακρύνονται μετά από
χιλιάδες χρόνια





Διάβρωση


Η εδαφική διάβρωση αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες μορφές εδαφικής υποβάθμισης και προκαλεί δυσμενή αποτελέσματα στη φυτική παραγωγή γιατί χάνεται το γονιμότερο τμήμα του εδάφους.

Διάβρωση είναι η παράσυρση του εδάφους που βρίσκεται στο ανώτερο στρώμα της γήινης επιφάνειας από το νερό της βροχής ή τον άνεμο. Εξαρτάται από το είδος του εδάφους, την κλίση, τη μορφολογία του, την ένταση των βροχών και των ανέμων και το είδος της βλάστησης.

Οι συνέπειες της διάβρωσης είναι καταστρεπτικές γιατί απομακρύνεται το επιφανειακό έδαφος που έχει τις καλύτερες φυσικές και χημικές ιδιότητες και χάνονται τα θρεπτικά συστατικά, ιδίως το ασβέστιο, το κάλιο και το μαγνήσιο.

Κυριότερες πηγές ρύπανσης

- ▶ Το έδαφος, μαζί με τα υδάτινα συστήματα, είναι ο κυριότερος αποδέκτης της ανθρωπογενούς ρύπανσης. Οι **βιομηχανικές, βιοτεχνικές και εμπορικές δραστηριότητες** ρυπαίνουν σε μεγάλο βαθμό το έδαφος.
- ▶ Γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, λιπάσματα και φυτοφάρμακα ρυπαίνουν καλλιεργημένες εκτάσεις. Ατυχήματα και διαρροές πετρελαίου, απόβλητα ορυχείων και λατομείων είναι μερικές άλλες αιτίες ρύπανσης εδαφών. Επίσης το έδαφος γίνεται αποδέκτης και των ατμοσφαιρικών ρύπων που κατακρημνίζονται ανάλογα με τις συνθήκες και τη γεωμορφολογία των περιοχών.
- ▶ Το έδαφος δέχεται όλες αυτές τις ουσίες, παρασκευάσματα ή απόβλητα, τα οποία ανάλογα με τη γεωμορφολογία του εδάφους και άλλες εξωγενείς συνθήκες ρυπαίνουν τοπικά το έδαφος, ή διασκορπίζονται σε άλλα περιβαλλοντικά διαμερίσματα (πχ υπόγεια νερά) ή εκπλύονται σε υδάτινα συστήματα.

- 
- ▶ Η ρύπανση του εδάφους αφορά στη συγκέντρωση σ' αυτό ρυπογόνων ουσιών σε ποσότητες που αλλοιώνουν τη σύσταση του και συνεπώς προκαλούν βλάβες στους οργανισμούς και διαταραχές στα οικοσυστήματα. Οι ρυπογόνες ουσίες συγκεντρώνονται απευθείας στο έδαφος ή καταλήγουν στο έδαφος από τον αέρα (αφού η επιφάνεια του εδάφους είναι διαρκώς εκτεθειμένη στους ρύπους που περιέχει η ατμόσφαιρα) και το νερό (αφού με την κυκλοφορία των νερών στα εδάφη οι ρύποι διασκορπίζονται στη βιόσφαιρα).
 - ▶ Η ρύπανση του εδάφους προέρχεται κυρίως από τα λιπάσματα (βλ. *Αγροοικοσυστήματα*) και τα φυτοφάρμακα, από τα στερεά απόβλητα (απορρίμματα), τα βιομηχανικά απόβλητα και τα ραδιενεργά κατάλοιπα καθώς και από την όξινη βροχή.

► Λιπάσματα και βελτιωτικά του εδάφους

Όταν λιπαίνεται το έδαφος, ένα μέρος των λιπασμάτων στραγγίζει προς τον ελεύθερο υδροφόρο. Τα κύρια λιπάσματα είναι ενώσεις του αζώτου, του φωσφόρου και του καλίου. Τα φωσφορικά και καλιούχα λιπάσματα προσροφούνται εύκολα από τους κόκκους του εδάφους και σπάνια δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης του νερού.

Το διαλυμένο άζωτο χρησιμοποιείται εν μέρει από τα φυτά ή προσροφάται από το έδαφος και καταλήγει στο υπόγειο νερό. Το ποσό του αζώτου που χρησιμοποιούν τα φυτά στις καλλιεργούμενες περιοχές, ανέρχεται στο 40-80% του προστιθέμενου με τα λιπάσματα. Μέρος από το 20-60% του αζώτου που δεν χρησιμοποιείται από τα φυτά, επιστρέφει μερικά στην ατμόσφαιρα, με τη διαδικασία της απαζώτωσης. Το υπόλοιπο άζωτο, μετατρέπεται στην ακόρεστη ζώνη σε νιτρικά και εισέρχεται έτσι στους υδροφόρους ορίζοντες.

Λιπάσματα και βελτιωτικά του εδάφους

Το ποσό του αζώτου που χρησιμοποιούν τα φυτά εξαρτάται από την εναλλακτική ικανότητα του εδάφους. Μέρος του αζώτου που δεν χρησιμοποιείται από τα φυτά, επιστρέφει στην ατμόσφαιρα ή εισέρχεται στους υδροφόρους ορίζοντες.



Κύριο χαρακτηριστικό της βιολογικής καλλιέργειας είναι η απουσία χημικών λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων, φυτοφαρμάκων, ορμονών και άλλων εξίσου επικίνδυνων χημικών ουσιών σε όλα τα στάδια της παραγωγής.

Η βιολογική καλλιέργεια είναι ένα ολοκληρωμένο σύστημα παραγωγής και διαχείρισης αγροτικών προϊόντων, που προστατεύει το περιβάλλον σε όλα τα στάδια διαχείρισης του οικοσυστήματος, προασπίζοντας ταυτόχρονα την υγεία των καταναλωτών.

Οι πρακτικές της βιολογικής καλλιέργειας είναι τέτοιες που προστατεύουν το περιβάλλον, προφυλάσσοντας έτσι την βιοποικιλότητα του οικοσυστήματος.



•Ραδιενεργά κατάλοιπα

Περισσότερο επικίνδυνα θεωρούνται τα ραδιενεργά κατάλοιπα γιατί δημιουργούν σοβαρά προβλήματα όχι μόνο σε τοπικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα ραδιενεργά κατάλοιπα προέρχονται από τις πυρηνικές δοκιμές, από τη χρήση πυρηνικών όπλων και από τις πυρηνικές εγκαταστάσεις (π.χ. πυρηνικά εργοστάσια). Τα ραδιενεργά κατάλοιπα μεταφέρονται από το έδαφος στα φυτά.

Το πέρασμα τους στις τροφικές αλυσίδες και η βιολογική τους συσσώρευση και μάλιστα επιλεκτικά (π.χ. ιώδιο στο θυρεοειδή αδένα, στρόντιο στα οστά, καίσιιο στους ιστούς) αποτελούν φοβερή απειλή για κάθε είδους ζωή και κυρίως για τα ανώτερα ζώα και τον άνθρωπο (προκαλούν καρκίνο και γενετικές μεταλλάξεις).

► Κτηνοτροφικά απόβλητα

► Στις μεγάλες κτηνοτροφικές μονάδες, σε περιορισμένο χώρο συγκεντρώνεται μεγάλος αριθμός ζώων, δημιουργούνται τεράστιες ποσότητες αποβλήτων (π.χ. Ένα μοσχάρι σε 120–140 μέρες διατροφής παράγει πάνω από μισό τόνο κοπριάς), οι οποίες συνήθως απορρίπτονται στο έδαφος.

► Με τη μεγάλη συγκέντρωση όμως ζώων σε ένα περιορισμένο μέρος, ξεπερνιέται η φέρουσα ικανότητα του εδάφους να δεχθεί τόσες μεγάλες ποσότητες αποβλήτων.

► Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι πλούσια σε άλατα, οργανικές ενώσεις και βακτήρια. Ο πιο βασικός και ανθεκτικός ρύπος είναι τα ιόντα αζώτου και τα νιτρικά.



Οι επιπτώσεις από τη ρύπανση του εδάφους συνήθως εμφανίζονται πολύ αργότερα από τη στιγμή της ρύπανσης αφού κάθε ρυπογόνος ουσία που διασκορπίζεται στο έδαφος εισχωρεί στα τροφικά δίκτυα των οικοσυστημάτων όπου κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων δημιουργούνται φαινόμενα *βιολογικής συσσώρευσης των ουσιών αυτών*.



Με τον τρόπο αυτό, δηλ. μέσω της τροφικής αλυσίδας, οι ρυπογόνες ουσίες μεταφέρονται από τα κατώτερα τροφικά επίπεδα στα ανώτερα και η σταδιακή συσσώρευση τους είναι τόσο μεγαλύτερη όσο το τροφικό επίπεδο είναι υψηλότερο.



Η απορρύπανση εδαφών και υπόγειων υδροφορέων αλλά και η προστασία τους από τη ρύπανση αποτελούν αντικείμενα με ιδιαίτερο ενδιαφέρον από γεωτεχνική άποψη. Ενδεικτικά αναφέρονται ορισμένες κατηγορίες θεμάτων απορρύπανσης και προστασίας εδαφών και υπόγειων υδροφορέων.

Τα θέματα απορρύπανσης αφορούν την ανάληψη ενεργειών για την περιβαλλοντική αποκατάσταση εδαφών και υδροφορέων που έχουν ήδη ρυπανθεί, ενώ τα θέματα προστασίας αφορούν τη λήψη μέτρων για να αποφευχθεί η περαιτέρω επέκταση της ρύπανσης από περιοχές που έχουν ρυπανθεί προς άλλες περιοχές (π.χ. μέσω της κίνησης του υπόγειου νερού).



Αποκατάσταση εδαφών και υδροφορέων

1. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την ανεξέλεγκτη ταφή χημικών, αποβλήτων, όπως παραπροϊόντων της διύλισης πετρελαιοειδών, τοξικών αποβλήτων, γεωργικών φαρμάκων βαρέων μετάλλων (υδράργυρος, μόλυβδος, κάδμιο) κλπ.

2. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από τυχαίες διαρροές υδρογονανθράκων (π.χ. σε διυλιστήρια πετρελαιοειδών, δεξαμενές καυσίμων, βιομηχανιών αλλά και κατοικιών), τυχαίες διαρροές επικίνδυνων και τοξικών ουσιών από τους ταμιευτήρες αποθήκευσής τους ή σε ατυχήματα κατά τη μεταφορά τους κλπ.

3. Καθαρισμός εδαφών που έχουν ρυπανθεί από την απόθεση αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων σε παλαιότερες εποχές χωρίς να ληφθούν ειδικά μέτρα προστασίας έναντι διαρροής του υγρού στραγγίσματος στο υπέδαφος.

4. Προστασία από τη ρύπανση υδροφορέων που γειτνιάζουν με περιοχές που έχουν ρυπανθεί μέσω κάποιας από τις παραπάνω αιτίες.

5. Προστασία υδροφορέων από την υφαλμύρυνση (δηλαδή την αύξηση της περιεκτικότητας σε άλατα) λόγω υπερεκμετάλλευσης, ανάμειξης με το θαλάσσιο νερό, έντονης εξάτμισης, κλπ.



Ανακύκλωση απορριμμάτων είναι η διαδικασία με την οποία επαναχρησιμοποιείται εν μέρει ή ολικά οτιδήποτε αποτελεί έμμεσα ή άμεσα αποτέλεσμα της ανθρώπινης δραστηριότητας και το οποίο στην μορφή που είναι δεν αποτελεί πλέον αγαθό για τον άνθρωπο. Στην διαδικασία αυτή συνήθως τα απορρίμματα μετατρέπονται σε πρώτες ύλες από τις οποίες παράγονται νέα αγαθά.



Με τον τρόπο αυτό γίνεται ομαλότερα η επανένταξή τους στο φυσικό περιβάλλον το οποίο ουσιαστικά ολοκληρώνει την διαδικασία την ανακύκλωσης με φυσικό τρόπο. Παράδειγμα μιας τέτοιας περίπτωσης είναι η μετατροπή οικιακών λυμάτων σε τέτοια μορφή ώστε να είναι λιγότερο βλαβερά σε αντίθεση με την κατευθείαν εναπόθεσή τους π.χ. στην θάλασσα.



WCS

Antigoldgr.org

Επιπτώσεις της ρύπανσης

Η ρύπανση του εδάφους και του υπόγειου νερού μπορεί να έχει σημαντικές άμεσες ή έμμεσες αρνητικές επιπτώσεις τόσο στην ανθρώπινη υγεία όσο και σε γειτονικούς οικολογικούς αποδέκτες του ρυπασμένου πεδίου.

Η ρύπανση του εδάφους έχει ως αποτέλεσμα τη δυσλειτουργία του εδαφικού οικοσυστήματος και τη μείωση της ικανότητάς του να επιτελεί κάποιες από τις λειτουργίες του. Επίσης η ικανότητα του εδάφους να στηρίζει την τροφική αλυσίδα είναι δυνατό να επηρεαστεί από τις επιπτώσεις ορισμένων ρύπων στη χλωρίδα και στην πανίδα του εδάφους.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον συνοδεύονται και από οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις. Αυτές δεν συνδέονται μόνο με το κόστος αποκατάστασης, αλλά και με την αξία της γης, την χρήση της, και τον τρόπο που επηρεάζονται οι γύρω περιοχές από το ρυπασμένο πεδίο.



Επίδραση των οργανικών ενώσεων στο έδαφος

Οι βιομηχανοποιημένες κοινωνίες έχουν δημιουργήσει χιλιάδες οργανικές ενώσεις (που περιέχουν άνθρακα) για χιλιάδες χρήσεις.

Μια τεράστια ποσότητα οργανικών χημικών ουσιών παράγεται κάθε έτος-περισσότερα από 60 εκατομμύρια Mg μόνο στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Στα προϊόντα αυτά περιλαμβάνονται πλαστικά και πλαστικοποιητές, λιπαντικά και ψυκτικές ουσίες, καύσιμα και διαλύτες, φυτοφάρμακα και συντηρητικά.

Ορισμένες από αυτές τις οργανικές ενώσεις είναι εξαιρετικά τοξικές για τους ανθρώπους και για άλλους ζώντες οργανισμούς.

Μέσω διαρροής και διασποράς τους λόγω ατυχήματος ή μέσω προγραμματισμένων ψεκασμών ή άλλων επεμβάσεων, οι οργανικές συνθετικές χημικές ενώσεις μπορούν να βρεθούν ουσιαστικά σε κάθε δομικό στοιχείο του περιβάλλοντος - στο έδαφος, στα υπόγεια νερά, στα φυτά και στον ανθρώπινο οργανισμό.

Συμπεριφορά των οργανικών χημικών ουσιών στα εδάφη

Μόλις φθάσουν στο έδαφος, οι οργανικές χημικές ουσίες, όπως τα φυτοφάρμακα ή οι υδρογονάνθρακες, κατευθύνονται σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες επτά κατευθύνσεις:

- (1) μπορούν να εξατμιστούν στην ατμόσφαιρα χωρίς καμία χημική μετατροπή
- (2) μπορούν να προσροφηθούν στα εδάφη
- (3) μπορούν να μετακινηθούν σε μεγαλύτερα βάθη μέσω του εδαφικού διαλύματος και τελικά να απομακρυνθούν από το έδαφος
- (4) μπορούν να συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις εντός του εδάφους ή στην επιφάνειά του

Συμπεριφορά των οργανικών χημικών ουσιών στα εδάφη

(5) μπορούν να αποικοδομηθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους

(6) μπορούν να καταλήξουν σε ρέματα και ποταμούς λόγω επιφανειακής απορροής

(7) μπορούν να προσληφθούν από φυτά ή από ζώα του εδάφους και να εισαχθούν στην τροφική αλυσίδα. Η συγκεκριμένη πορεία των χημικών αυτών ουσιών θα καθοριστεί, τουλάχιστον εν μέρει, από τη χημική τους δομή, η οποία εμφανίζει μεγάλες διαφοροποιήσεις.



Σύμφωνα με το άρθρο 2 του Νόμου 1650/1986

Ως **ρύπανση** καθορίζεται η παρουσία στο περιβάλλον ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου, ακτινοβολίας ή άλλων μορφών ενέργειας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια που μπορούν να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καταστήσουν το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.



Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ορίζει

Ως **ρύπανση του περιβάλλοντος** την άμεση ή έμμεση εισαγωγή στην ατμόσφαιρα, το νερό και το έδαφος, ως αποτέλεσμα ανθρώπινης δραστηριότητας, ουσιών, κραδασμών, θερμότητας ή θορύβου που ενδεχομένως μπορούν να θίξουν την ανθρώπινη υγεία ή το περιβάλλον, να υποβαθμίσουν υλικά αγαθά, να βλάψουν ή να εμποδίσουν την ψυχαγωγική λειτουργία του καθώς και τις άλλες νόμιμες χρήσεις του (Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2006)

Ρύπανση υδάτων

Με τον όρο ρύπανση υδάτων εννοούμε την οποιαδήποτε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του νερού των θαλασσών, λιμνών ή ποταμών, η οποία είναι ή μπορεί υπό προϋποθέσεις να γίνει ζημιογόνος για τον άνθρωπο, τους υπόλοιπους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς αλλά και τις βιομηχανικές διαδικασίες και τις συνθήκες ζωής.



Πως δημιουργείται η ρύπανση των υδάτων

Η ρύπανση των υδάτων δημιουργείται με την απελευθέρωση σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες ουσιών οι οποίες είτε διαλύονται, είτε κατακάθονται στον πυθμένα. Οι ρύποι αυτοί είναι πάρα πολύ και αυτό γιατί στο υδάτινο ορίζοντα καταλήγουν και οι ρύποι από την ρύπανση της ατμόσφαιρας και του εδάφους μέσω των βροχών και της απορροής.

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



Ρύπανση του νερού



Επιπτώσεις από την ρύπανση των υδάτων

Η ρύπανση των υδάτων έχει μεγάλες επιπτώσεις στην ζωή του ανθρώπου και των υπόλοιπων ζωικών και φυτικών οργανισμών αφού η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού υπονομεύει την υγεία τους αλλά και γίνεται ακατάλληλο για άλλες γεωργικές ή βιομηχανικές χρήσεις.

Η **άνοδος της θερμοκρασίας** από την θερμική ρύπανση έχει τραχικές συνέπειες για τους υδρόβιους οργανισμούς, οι οποίοι έχουν μικρές ανοχές στις αλλαγές της θερμοκρασίας.

Βρώμικες παραλίες.....





Όξινα μετεωρικά κατακρημνίσματα (όξινη βροχή)

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



Επίδραση της όξινης βροχής στα δάση

Η όξινη βροχή και η ρύπανση γενικά προκαλούν στα δασικά δένδρα ελάττωση της αύξησης επειδή προκαλεί βλάβη στα στομάτια των φύλλων και φυλλόπτωση, με αποτέλεσμα η ζωτικότητα των δένδρων να ελαττώνεται, και τελικά να έχουμε νέκρωση των δένδρων.



Επίδραση της όξινης βροχής στα δάση

Ακόμη η ρύπανση του εδάφους προκαλεί έκπλυση των θρεπτικών στοιχείων του εδάφους. Βρέθηκε ότι σε χρονιές με μεγάλη ρύπανση και ξηρασία, τα κατώτερα τμήματα των δένδρων, παύουν να δημιουργούν ετήσιους δακτυλίους. Οι προβολές των δασών της Ευρώπης από την όξινη βροχή έχουν πάρει μεγάλες διαστάσεις και απειλούν τα δάση των ανεπτυγμένων χωρών της Ευρώπης.



Όξινη βροχή

Η επίδραση της όξινης βροχής στα εδάφη εντοπίζεται στην αποσάθρωση (φυσική και χημική) των πετρωμάτων και συνεπώς στην απελευθέρωση βαρέων μετάλλων. Τα μέταλλα αυτά στη συνέχεια περνούν στα νερά και στο έδαφος και έτσι επηρεάζεται άμεσα η ζωή των φυτών και των υδρόβιων οργανισμών.

Τα **αρχιλικά εδάφη**, για παράδειγμα, λόγω της επίδρασης της όξινης βροχής, χάνουν τη συνοχή τους και διαλυόμενα ελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες αλουμινίου (Al) ενώ με την αποσάθρωση των αβεστολιθικών πετρωμάτων δημιουργείται θειικό αβέστιο (γύψος) και νιτρικό αβέστιο που είναι ενώσεις υδροδιαλυτές.



Όξινη βροχή

Ταυτόχρονα η όξινη βροχή προσβάλλει το ριζικό σύστημα των φυτών με την εξουδετέρωση οργανισμών που προσλαμβάνουν άζωτο και άλλα χρήσιμα συστατικά όπως αβέβτιο και νάτριο. Στη θέση τους ενεργοποιούνται βαρέα μέταλλα (όπως αλουμίνιο) που είναι τοξικά και επηρεάζεται η βασική λειτουργία της φωτοσύνθεσης και η καρποφορία των φυτών.

Έτσι αποδυναμώνονται οι μηχανισμοί άμυνας των φυτών έναντι των ξηρασιών, παχιδιών, παρασίτων και εντόμων και τα φυτά οδηγούνται στο θάνατο.





Οι κύριοι παράγοντες της νέκρωσης των δασών είναι :

1. Η αλλαγή του <χημικού > κλίματος. Στη Γερμανία από το 1850 έως το 1990 η έκλυση διοξειδίων του θείου και οξειδίων αζώτου αυξήθηκε κατά 10-100 φορές.
2. Αποσταθεροποίηση των δασικών οικοσυστημάτων. Στα δασικά οικοσυστήματα ο κύκλος των θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος είναι σταθερός. Με την εισαγωγή όμως όξινης βροχής δημιουργείται αποσταθεροποίηση του κύκλου.
3. Βλάβες δένδρων και αλλαγές αύξησης. Το 1971 παρατηρήθηκε μεγάλη νέκρωση κορυφών ερυθρελάτης σε περιοχή της Γερμανίας, το 1980 παρουσιάστηκε εκτεταμένη πτώση των βελονών ενώ το 1984 στα μισά δάση της Γερμανίας υπήρχαν ορατές απώλειες βελονών. Η ελάττωση της ετήσιας αύξησης των δένδρων άρχισε από το 1950, δηλαδή μετά την βιομηχανική έκρηξη.

Οι κύριοι παράγοντες της νέκρωσης των δασών είναι :

4. Αλλαγή στη χημική σύσταση του εδάφους. Με την εισροή όξινων κατακρημνισμάτων στο δάσος έχουμε έκπλυση των βασικών θρεπτικών στοιχείων ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου και μερικές φορές αύξηση τοξικών κατιόντων αλουμινίου, σιδήρου και άλλων βαρέων μεταλλικών ιόντων. Βρέθηκε σε δάσος οξιάς που φύεται σε ασβεστολιθικά εδάφη (τα εδάφη αυτά είναι αλκαλικά) ότι από την απορροή των όξινων βροχών που ξεπλένουν τους κορμούς και εισέρχονται στο έδαφος, επήλθε τελικά όξυνση του εδάφους στην περιοχή της ριζόσφαιρας.

5. Αλλαγή της δραστηριότητας των μικροοργανισμών. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση του πάχους του δασικού τάπητα, που οφείλεται στο ότι οι αποσυνθέτες μικροοργανισμοί επηρεάστηκαν από τις όξινες βροχές δυσμενώς.



Δραστηριότητες που μπορούν να ρυπαίνουν το έδαφος

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες

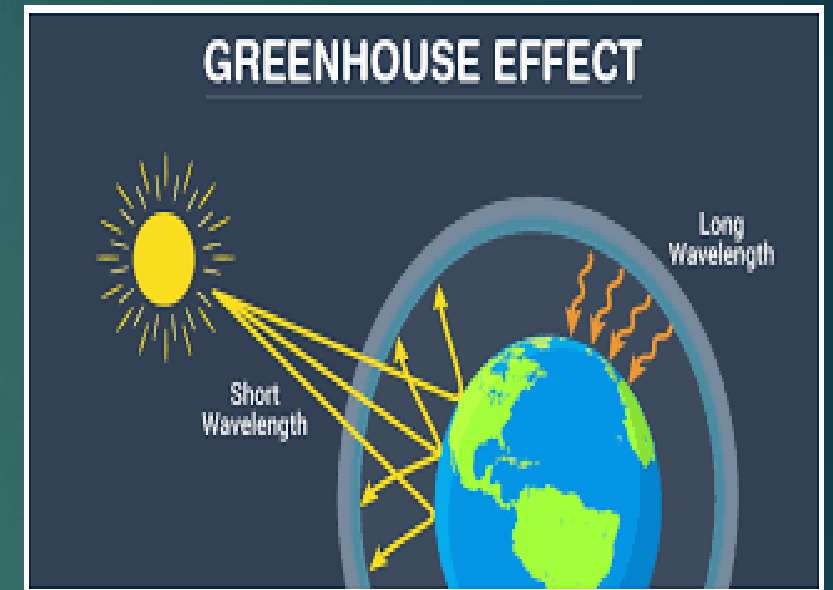
1. Εξόρυξη μεταλλευμάτων και εκκαμίνευση
2. Αγροτικά και κηπευτικά υλικά
3. Ιλύς καθαρισμού λυμάτων
4. Καύση ορυκτών καυσίμων
5. Μεταλλουργικές βιομηχανίες-Χρήση και διάθεση μεταλλικών προϊόντων
6. Βιομηχανίες ηλεκτρονικών-Χρήση και διάθεση ηλεκτρονικών προϊόντων
7. Χημικές και άλλες βιομηχανίες
8. Διάθεση απορριμμάτων
9. Κυκλοφορία τροχοφόρων οχημάτων
10. Κατασκευαστικά έργα
11. Αθλήματα σκοποβολής και κυνηγίου
12. Στρατόπεδα, πόλεμοι και στρατιωτικές ασκήσεις

Φαινόμενο θερμοκηπίου

Διάφοροι ρυπαντές όπως διοξείδιο του άνθρακα, οξείδια του αζώτου, μεθάνιο και το όζον σχηματίζουν ένα είδος φράγματος που καλύπτει τη γη και λειτουργεί σαν την γυάλινη οροφή του θερμοκηπίου, το φράγμα αυτό επιτρέπει την είσοδο της ηλιακής ακτινοβολίας και αποτρέπει την διαφυγή θερμικής ακτινοβολίας προς το διάστημα.

Η παραπάνω λειτουργία συμβάλει στην αύξηση της μέσης ατμοσφαιρικής θερμοκρασίας.

Σημαντική ευθύνη από όλους τους ρυπαντές έχει το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο είναι υπεύθυνο για το 50% της αύξησης, ενώ για το υπόλοιπο ευθύνονται οι άλλοι ρυπαντές.



Φαινόμενο θερμοκηπίου

Έχει υπολογισθεί ότι από το τέλος του περασμένου αιώνα μέχρι σήμερα έχει αυξηθεί η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία κατά 0,6 βαθμούς Κελσίου. Προβλέπεται από πολλούς επιστήμονες ότι το 2070 θα έχει αυξηθεί κατά 3 βαθμούς Κελσίου, αυτή η αύξηση θα καταστήσει τη γη θερμή όσο ήταν πριν από 2 εκατομμύρια χρόνια.

Η αύξηση αυτή της θερμοκρασίας θα προκαλέσει λιώσιμο των πάχων και αύξηση της στάθμης των ωκεανών κατά ένα μέτρο.



Περιβαλλοντική καταστροφή από οργανικές χημικές ενώσεις

Αυτές οι τεχνητά δημιουργούμενες ενώσεις καλούνται ξενοβιοτικές ενώσεις (xenobiotics), επειδή δεν είναι συμβατές με τις βιολογικές λειτουργίες.

Επειδή δεν είναι φυσικές, πολλές από τα ξενοβιοτικές ενώσεις είναι τοξικές για τους ζώντες οργανισμούς και ανθεκτικές στη βιολογική αποικοδόμηση.

Οι χημική δομή των ξενοβιοτικών ενώσεων μπορεί να είναι αρκετά παρόμοια με εκείνη ενώσεων που βρίσκονται στη φύση και παράγονται από μικροοργανισμούς και φυτά.

Μερικές ξενοβιοτικές ενώσεις είναι σχετικά αδρανείς και αβλαβείς, άλλες όμως έχουν καταστροφικές επιπτώσεις σε βιολογικά συστήματα, ακόμη και σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Όσες από αυτές τις ενώσεις φτάνουν στα εδάφη μπορεί να είναι τοξικές για τους εδαφικούς οργανισμούς, διαταράσσοντας έτσι την ισορροπία του εδαφικού οικοσυστήματος.

Συμπεριφορά των οργανικών χημικών ουσιών στα εδάφη

Μόλις φθάσουν στο έδαφος, οι οργανικές χημικές ουσίες, όπως τα φυτοφάρμακα ή οι υδρογονάνθρακες, κατευθύνονται σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες επτά κατευθύνσεις:

- (1) μπορούν να εξατμιστούν στην ατμόσφαιρα χωρίς καμία χημική μετατροπή
- (2) μπορούν να προσροφηθούν στα εδάφη
- (3) μπορούν να μετακινηθούν σε μεγαλύτερα βάθη μέσω του εδαφικού διαλύματος και τελικά να απομακρυνθούν από το έδαφος
- (4) μπορούν να συμμετέχουν σε χημικές αντιδράσεις εντός του εδάφους ή στην επιφάνειά του

Συμπεριφορά των οργανικών χημικών ουσιών στα εδάφη

Μόλις φθάσουν στο έδαφος, οι οργανικές χημικές ουσίες, όπως τα φυτοφάρμακα ή οι υδρογονάνθρακες, κατευθύνονται σε μια ή περισσότερες από τις ακόλουθες επιτά κατευθύνσεις:

(5) μπορούν να αποικοδομηθούν από τους μικροοργανισμούς του εδάφους

(6) μπορούν να καταλήξουν σε ρέματα και ποταμούς λόγω επιφανειακής απορροής

(7) μπορούν να προσληφθούν από φυτά ή από ζώα του εδάφους και να εισαχθούν στην τροφική αλυσίδα. Η συγκεκριμένη πορεία των χημικών αυτών ουσιών θα καθοριστεί, τουλάχιστον εν μέρει, από τη χημική τους δομή, η οποία εμφανίζει μεγάλες διαφοροποιήσεις.



Οργανικές χημικές ουσίες

Άλλες χημικές ουσίες μπορούν να μεταφερθούν μέσω του εδάφους στον αέρα, στο νερό ή στη βλάστηση, από όπου μπορούν να προβληφθούν με επαφή ή εισπνοή από πλήθος οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και των ανθρώπων.

Είναι επομένως σημαντικό, να ελέγχουμε την απελευθέρωση των οργανικών χημικών ουσιών στο περιβάλλον και να μελετούμε την πορεία τους και τις τυχόν επιδράσεις τους μετά την είσοδό τους στα εδάφη.

Οι οργανικές χημικές ουσίες που βρίσκονται στα εδάφη μπορεί να προέρχονται από την εφαρμογή βιομηχανικών και αστικών οργανικών αποβλήτων, από την ανεξέλεγκτη διάθεση ανταλλακτικών μηχανημάτων στα εδάφη, από μικρές ή μεγάλες διαρροές καυσίμων και λιπαντικών, από στρατιωτικές εκρηκτικές ύλες ή από ψεκαστικά υγρά που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο διάφορων οργανισμών στα χερσαία οικοσυστήματα.

Τα **φυτοφάρμακα** είναι πιθανώς οι πιο διαδεδομένοι οργανικοί ρύποι που σχετίζονται με τα εδάφη, ενώ η ρύπανση των εδαφών από άλλες οργανικές χημικές ουσίες είναι συνήθως εντοπισμένη χωρικά.

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται σε περίπου 150 εκατομμύρια εκτάρια εδάφους, τα τρία τέταρτα των οποίων είναι αγροτική γη.

Κατά συνέπεια θα πρέπει να δοθεί έμφαση στο πρόβλημα της χρήσης των φυτοφαρμάκων.



Η φύση του προβλήματος της χρήσης των φυτοφαρμάκων

Τα φυτοφάρμακα είναι χημικές ουσίες που σχεδιάζονται για την εξουδετέρωση των παρασίτων (δηλαδή οποιονδήποτε οργανισμό που ο χρήστης φυτοφαρμάκων θεωρεί ότι πρέπει να εξαλειφθεί).

Περίπου 600 χημικές ουσίες σε περίπου 50.000 διαφορετικές ενώσεις χρησιμοποιούνται εκτενώς σε όλα τα μέρη του κόσμου για να ελέγξουν πληθυσμούς παρασίτων.



Η φύση του προβλήματος της χρήσης των φυτοφαρμάκων

Περίπου 600.000 Mg=τον Megagrams φυτοφαρμάκων χρησιμοποιούνται ετησίως στις Ηνωμένες Πολιτείες, ενώ τρεις φορές μεγαλύτερη είναι η ποσότητα που χρησιμοποιείται στον υπόλοιπο κόσμο.

Αν και η συνολική ποσότητα των χρησιμοποιούμενων φυτοφαρμάκων έχει παραμείνει σχετικά σταθερή ή και έχει μειωθεί από τη δεκαετία του '80, οι χημικές ενώσεις που περιέχονται σε αυτά σήμερα είναι γενικά πιο ισχυρές, έτσι ώστε να εφαρμόζονται μικρότερες ποσότητες ανά εκτάριο για να επιτύχουν την επιθυμητή τοξική επίδραση στο παράσιτο.



Οφέλη από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Η χρήση των φυτοφαρμάκων έχει προσφέρει πολλά στην κοινωνία. Τα φυτοφάρμακα έχουν βοηθήσει στον έλεγχο των πληθυσμών κουνουπιών και άλλων οργανισμών που μεταδίδουν ανθρώπινες ασθένειες, όπως τον κίτρινο πυρετό και την ελονοσία.



Οφέλη από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Έχουν βοηθήσει στην προστασία του φυτικού και του ζωικού κεφαλαίου από έντομα και ασθένειες. Χωρίς τον έλεγχο των ζιζανίων με τα ζιζανιοκτόνα, η πρακτική της συντηρητικής άρωσης (ειδικά αυτή της μη άρωσης) θα ήταν δύσκολο να υιοθετηθεί και ένα σημαντικό μέρος της εξέλιξης που σημειώνεται στον έλεγχο της διάβρωσης των εδαφών πιθανώς δεν θα είχε επιτευχθεί χωρίς τα ζιζανιοκτόνα.

Επίσης, τα φυτοφάρμακα περιορίζουν την αλλοίωση των τροφίμων κατά τη μεταφορά τους από τον αγρό μέχρι τον τελικό καταναλωτή.



Προβλήματα από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Η επιλογή των φυτοφαρμάκων πρέπει να γίνεται με κριτήρια

1. τη χαμηλή τοξικότητα στους ανθρώπους και στην άγρια ζωή,
2. τη μικρή κινητικότητα στα εδάφη και
3. τη χαμηλή υπολειμματικότητα τους.

Ακόμη όμως και αν εφαρμοστούν αυτά τα κριτήρια, η χρήση των φυτοφαρμάκων έχει συχνά εκτεταμένα καταστροφικά αποτελέσματα στην πανίδα και στις μικροβιακές κοινότητες των εδαφών.

Στην πραγματικότητα, η βλάβη που προκαλείται, αν και δεν είναι πάντα προφανής, μπορεί να υπερκεράσει τα όποια οφέλη.



Προβλήματα από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Σχετικά παραδείγματα περιλαμβάνουν εντομοκτόνα που μαζί με το παράσιτο στόχο σκοτώνουν τους φυσικούς εχθρούς κάποιων ειδών παρασίτων και μυκητοκτόνα που σκοτώνουν τόσο τους ωφέλιμους όσο και τους επιβλαβείς μυκοριζικούς μύκητες.

Λαμβάνοντας υπόψη τα γεγονότα αυτά, δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός ότι παρά τη διαδεδομένη χρήση των φυτοφαρμάκων, τα έντομα, οι ασθένειες και τα ζιζάνια προκαλούν ακόμα απώλεια του ενός τρίτου της παραγωγής, που είναι περίπου η ίδια απώλεια παραγωγής στις ΗΠΑ από τα ίδια παράσιτα στην περίοδο πριν από τη χρήση των συνθετικών οργανικών φυτοφαρμάκων.



Εναλλακτικές λύσεις στη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Τα φυτοφάρμακα δεν πρέπει να θεωρούνται ως πανάκεια ή ως απολύτως απαραίτητα. Ορισμένοι αγρότες, ένας μικρός αλλά αυξανόμενος αριθμός καλλιεργητών που εφαρμόζουν πρακτικές βιολογικής γεωργίας, εμφανίζουν κερδοφορία παράγοντας υψηλής ποιότητας προϊόντα χωρίς τη χρήση συνθετικών φυτοφαρμάκων.

Στη διαχείριση των πληθυσμών παρασίτων σε οποιοδήποτε τύπο φυτικής κοινότητας (γεωργικό, διακοσμητικό-καλλωπιστικό, ή δασικό), η χρήση των χημικών φυτοφαρμάκων πρέπει να επιλέγεται ως η τελευταία παρά ως η πρώτη λύση.



Εναλλακτικές λύσεις στη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Πριν προσφύγουμε στη χρήση ενός εντομοκτόνου ή ενός ζιζανιοκτόνου, πρέπει να καταβληθεί κάθε προσπάθεια ώστε να ελαχιστοποιήσουμε τα επιβλαβή αποτελέσματα των εντόμων και των ζιζανίων μέσω της πολυκαλλιέργειας (αποφυγή μονοκαλλιέργειας), της δημιουργίας ενός φιλικού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη ευεργετικών εντόμων, της εφαρμογής οργανικών βελτιωτικών εδάφους, της εφαρμογής καλλιεργητικών πρακτικών ώστε να μειωθεί ο ανταγωνισμός των ζιζανίων και της επιλογής ποικιλιών φυτών που είναι ανθεκτικές στα παράσιτα.

Πάρα πολύ συχνά όμως, επειδή τα φυτοφάρμακα είναι άμεσα διαθέσιμα, αυτές οι πιο περίπλοκες εναλλακτικές προεργασίες δεν αξιοποιούνται κατάλληλα στη διαχείριση της φυτικής παραγωγής.



Μη στοχευμένες βλάβες.

Αν και μερικά φυτοφάρμακα εφαρμόζονται στοχευμένα στα εδάφη, τα περισσότερα φτάνουν στο έδαφος επειδή **δεν επιτυγχάνουν το στόχο της εφαρμογής τους**, που είναι κάποιο έντομο ή φύλλο φυτού.

Όταν τα φυτοφάρμακα διασπείρονται/ψεκάζονται στον αγρό, το μεγαλύτερο μέρος της δραστικής χημικής ουσίας δεν πετυχαίνει τον οργανισμό στόχο. Για τα φυτοφάρμακα που εφαρμόζονται με εναέριο ψεκασμό στα δάση, περίπου το 25% φθάνει στο φύλλωμα των δέντρων και λιγότερο από το 1% φθάνει στο έντομο στόχο.



Μη στοχευμένες βλάβες.

Περίπου το 30% μπορεί να φθάσει στο έδαφος, ενώ σχεδόν το μισό της δραστικής ουσίας που εφαρμόζεται είναι πιθανό να χαθεί στην ατμόσφαιρα ή στα νερά απορροής.

Σχεδιασμένες να θανατώνουν ζώντες οργανισμούς, πολλές από αυτές τις χημικές ουσίες είναι ενδεχομένως τοξικές και για άλλους οργανισμούς, εκτός από τα παράσιτα για τα οποία προορίζονται.

Ορισμένες από τις ενώσεις αυτές είναι καταστρεπτικές για οργανισμούς μη-στόχους, όπως ευεργετικά έντομα και ορισμένοι οργανισμοί του εδάφους.





Μη στοχευμένες βλάβες.

Για ορισμένες χημικές ουσίες που δεν αποικοδομούνται γρήγορα μπορεί να εμφανισθεί το φαινόμενο της βιοσυσώρευσης, καθώς αυτές οδεύουν προς τα υψηλότερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας.

Για παράδειγμα, όταν οι γεωσκώληκες καταπίνουν μολυσμένο έδαφος, οι χημικές ουσίες συγκεντρώνονται στο σώμα τους και έτσι όταν τα πουλιά και τα ψάρια τρώνε τους γεωσκώληκες, η συσθέντρωση των φυτοφαρμάκων φτάνει σε θανατηφόρα για αυτά επίπεδα.



Μη στοχευμένες βλάβες.

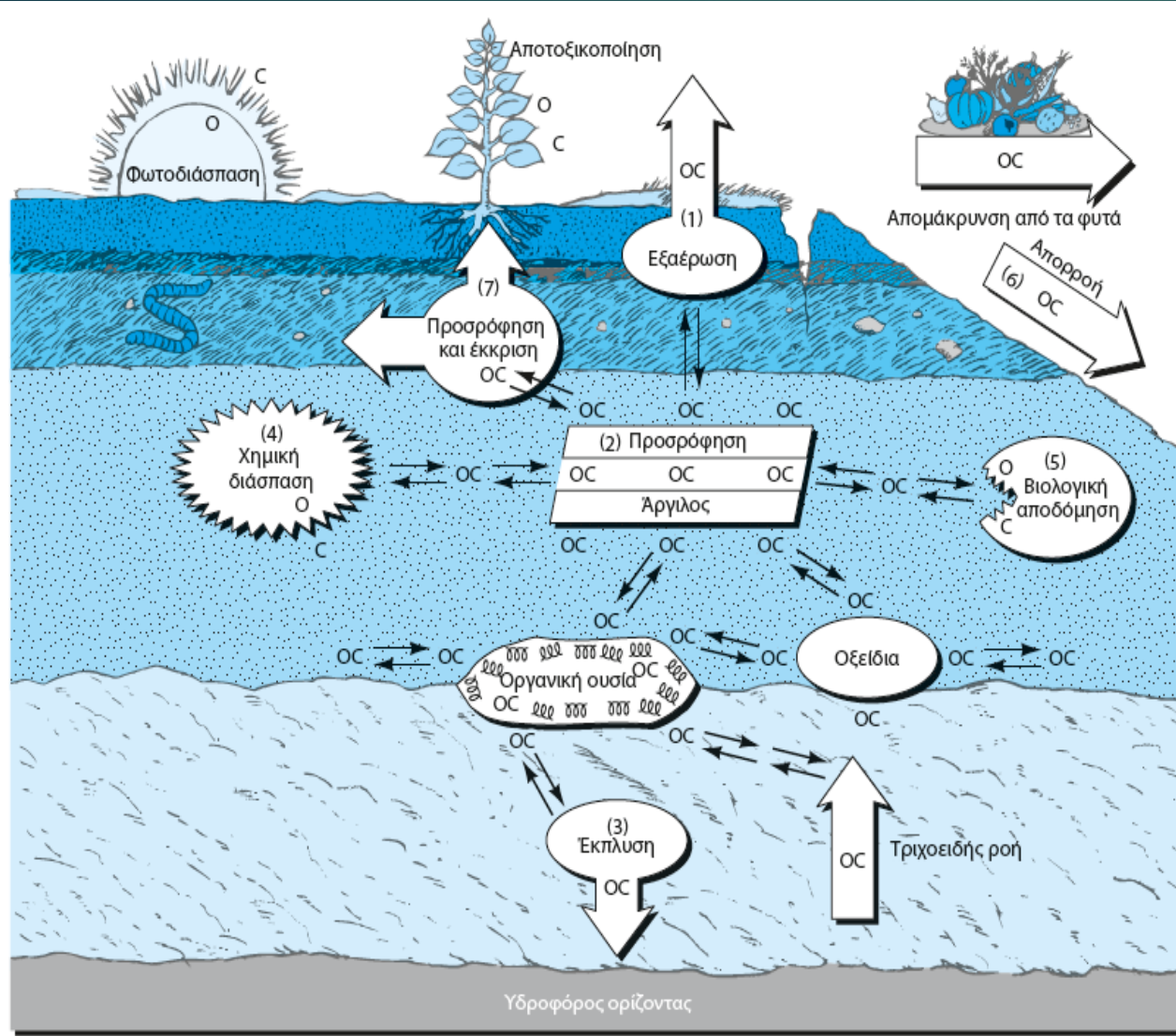
Η εξαφάνιση σχεδόν ορισμένων αρπακτικών πουλιών (συμπεριλαμβανομένου του αμερικανικού φαλακρού αετού) κατά τη διάρκεια των δεκαετιών του '60 και του '70 προκάλεσε το δημόσιο ενδιαφέρον για τις καταστρεπτικές περιβαλλοντικές συνέπειες που οφείλονται στη χρήση φυτοφαρμάκων.

Πρόσφατα, πληθαίνουν οι ενδείξεις πως η ορμονική ισορροπία στον άνθρωπο μπορεί να διαταραχθεί από την παρουσία ορισμένων φυτοφαρμάκων σε ίχνη στο νερό, στον αέρα και στα τρόφιμα.









Διαδικασίες που έχουν επιπτώσεις στη διάσπαση των οργανικών χημικών ενώσεων (OC) στα εδάφη. Σημειώστε ότι το σύμβολο OC χωρίζεται λόγω διάσπασης (από το φως και από χημική αντίδραση) και αποδόμησης από τους μικροοργανισμούς, δείχνοντας ότι αυτές οι διαδικασίες αλλάζουν ή καταστρέφουν την οργανική χημική ένωση. Στις διαδικασίες μεταφοράς, το OC παραμένει άθικτο. [Από τους Weber και Miller (1989)]

Ρύπανση των υπόγειων νερών από φυτοφάρμακα

Μέχρι πρόσφατα οι ειδικοί υποστήριζαν ότι ρύπανση των υπόγειων νερών από φυτοφάρμακα μπορεί να προκύψει μόνο από ατυχήματα όπως οι διαρροές, αλλά είναι πλέον γνωστό ότι πολλά φυτοφάρμακα φθάνουν στα υπόγεια νερά εξαιτίας των συνήθων γεωργικών πρακτικών.

Αναλογιζόμενοι ότι το πόσιμο νερό για πολλούς ανθρώπους προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς (π.χ., για το 40% των Αμερικανών), η μετακίνηση των φυτοφαρμάκων μέσω των εδαφών προς τους υπόγειους υδροφορείς προκαλεί σημαντική ανησυχία.

Σε μερικές περιπτώσεις, η ποσότητα φυτοφαρμάκου που βρέθηκε στο πόσιμο νερό ήταν αρκετά υψηλή ώστε να προκαλέσει μακροπρόθεσμες διαταραχές υγείας (για παράδειγμα, η ατραζίνη και το dieldrin βρέθηκαν πάνω από τα όρια ασφάλειας για την προστασία της υγείας).



Πρόσληψη των φυτοφαρμάκων από τα φυτά

Τα φυτοφάρμακα προσλαμβάνονται συνήθως από τα ανώτερα φυτά. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για εκείνα τα φυτοφάρμακα (π.χ., τα διασυστηματικά εντομοκτόνα και τα περισσότερα ζιζανιοκτόνα) που **πρέπει να προσληφθούν από τα φυτά προκειμένου να εκδηλωθεί η δράση τους.**

Οι προσληφθείσες χημικές ουσίες είτε παραμένουν αναλλοίωτες μέσα στα φυτά, ή διασπώνται (αποσυντίθενται). Μερικά από τα προϊόντα της αποσύνθεσης είναι αβλαβή, κάποια όμως είναι πιο τοξικά για τους ανθρώπους από την αρχική χημική ουσία.

Δικαιολογημένα, η κοινωνία ανησυχεί για τα υπολείμματα φυτοφαρμάκων που βρίσκονται στα εδάδιμα μέρη των φυτών, όπως τα φρέσκα φρούτα και τα λαχανικά, άλλα και στα επεξεργασμένα τρόφιμα.



Η χρήση των φυτοφαρμάκων όπως και τα επίπεδα των υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων στα τρόφιμα **ρυθμίζονται αυστηρά από τη νομοθεσία** με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

Παρά τη διάχυτη ανησυχία που υπάρχει, πολύ λίγα στοιχεία συνηγορούν στο ότι οι μικρές ποσότητες υπολειμμάτων που επιτρέπονται στα τρόφιμα βάσει νομοθεσίας, έχουν οποιαδήποτε επιβλαβή αποτελέσματα στη δημόσια υγεία.

Εντούτοις, οι τυπικοί έλεγχοι αρμοδίων υπηρεσιών έχουν δείξει ότι περίπου 1-2% των δειγμάτων τροφίμων που εξετάζονται περιέχουν υπολείμματα φυτοφαρμάκων **πάνω από τα επιτρεπτά όρια.**



Παραμονή των χημικών ουσιών στα εδάφη

Η παραμονή των χημικών ουσιών στο έδαφος είναι το αποτέλεσμα όλων των αντιδράσεων, των μετακινήσεων και των διεργασιών της αποικοδόμησής τους. Κατά κανόνα παρατηρούνται αξιοσημείωτες διαφορές στη διάρκεια παραμονής τους στο έδαφος.

Για παράδειγμα, τα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα μπορούν να παραμείνουν μόνο μερικές ημέρες στα εδάφη. Το ευρέως χρησιμοποιημένο ζιζανιοκτόνο 2,4-D παραμένει στα εδάφη για δύο έως τέσσερις εβδομάδες μόνο. Τα PCBs, το DDT και άλλοι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες μπορούν να παραμείνουν για 3 έως 20 χρόνια ή και περισσότερο.

Ο χρόνος παραμονής άλλων φυτοφαρμάκων και βιομηχανικών οργανικών ενώσεων στα εδάφη κυμαίνεται γενικά μεταξύ των παραπάνω ορίων. Η πλειοψηφία των φυτοφαρμάκων αποικοδομείται αρκετά γρήγορα ώστε να αποφευχθεί συσσώρευση στα εδάφη λόγω της κατ' έτος εφαρμογής τους.

Παραμονή των χημικών ουσιών στα εδάφη

Εκείνα που αποικοδομούνται δύσκολα έχουν μεγαλύτερη δυναμική στην περιβαλλοντική επιβάρυνση και υποβάθμιση.

Η συνεχής χρήση ενός συγκεκριμένου φυτοφαρμάκου στην ίδια έκταση μπορεί να αυξήσει το ρυθμό αποδόμησής του από τους μικροοργανισμούς του εδάφους. Προφανώς, η σταθερή παροχή «τροφής» οδηγεί σε αύξηση του πληθυσμού των μικροοργανισμών που παράγουν τα ένζυμα που απαιτούνται για την αποικοδόμηση της συγκεκριμένης χημικής ένωσης.

Αυτό αποτελεί ένα πλεονέκτημα όσον αφορά την ποιότητα του περιβάλλοντος και είναι μια αρχή που ακολουθείται μερικές φορές στον καθαρισμό του περιβάλλοντος από τοξικές οργανικές ενώσεις. Ωστόσο ο ρυθμός αποικοδόμησης του φυτοφαρμάκου μπορεί να αυξηθεί σημαντικά, με συνέπεια τη μείωση της αποτελεσματικότητάς του



Επιπτώσεις στην πανίδα του εδάφους

Τα αποτελέσματα της χρήσης των φυτοφαρμάκων στα ζώα του εδάφους ποικίλλουν πολύ ανάλογα με τη χημική ουσία και τον οργανισμό.

Γενικά, οι **νηματώδεις** δεν επηρεάζονται, εκτός από συγκεκριμένα καπνογόνα, τα **άκαρα** είναι ευαίσθητα στα περισσότερα οργανοφωσφορικά και στους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες.

Γεωσκώληκες. Πολλά φυτοφάρμακα έχουν αρνητικά αλλά ήπια αποτελέσματα στους πληθυσμούς των γεωσκωλήκων, υπάρχουν όμως και εξαιρέσεις. Οι συγκεντρώσεις των φυτοφαρμάκων στο σώμα των γεωσκωλήκων σχετίζονται στενά με τα επίπεδα των φυτοφαρμάκων στο έδαφος.

Κατά συνέπεια, οι γεωσκώληκες μπορούν να ενισχύσουν την έκθεση πουλιών, τρωκτικών και άλλων πλασμάτων για τα οποία αποτελούν τροφή. Τα φυτοφάρμακα επιδρούν σημαντικά στους αριθμούς ορισμένων αρπακτικών ζώων, με συνέπεια να επιδρούν και στους αριθμούς κάποιων θηραμάτων.

Επιπτώσεις στους μικροοργανισμούς του εδάφους

Ο συνολικός αριθμός των βακτηρίων στα εδάφη δεν επηρεάζεται σημαντικά από τη χρήση των φυτοφαρμάκων.

Οι νιτροποιητικοί όμως και οι αζωτοδεσμευτικοί μικροοργανισμοί πολλές φορές επηρεάζονται αρνητικά.

Τα εντομοκτόνα και τα μυκητοκτόνα επιδρούν και στις δύο αυτές διαδικασίες πιο έντονα απ' ό,τι τα πιο πολλά ζιζανιοκτόνα, αν και ορισμένα ζιζανιοκτόνα μπορούν να μειώσουν τους αριθμούς των μικροοργανισμών που εμπλέκονται σε αυτές τις αντιδράσεις.



Επιπτώσεις στους μικροοργανισμούς του εδάφους

Πρόσφατα στοιχεία υποδηλώνουν ότι ορισμένα φυτοφάρμακα μπορούν να ενισχύσουν τη βιολογική δέσμευση του αζώτου, εξαιτίας της μείωσης της δραστηριότητας των πρωτόζωων και άλλων οργανισμών που είναι ανταγωνιστές ή και θηρευτές των αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων.

Τα μυκητοκτόνα, ειδικά εκείνα που χρησιμοποιούνται ως καπνογόνα, μπορεί να έχουν αξιοσημείωτες δυσμενείς επιδράσεις στους μύκητες του εδάφους και στα ακτινοβακτήρια, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση των διαδικασιών σχηματισμού χούμου στα εδάφη.



Επιπτώσεις στους μικροοργανισμούς του εδάφους

Από την άλλη, είναι ενδιαφέρον ότι η διαδικασία της αμμωνιοποίησης ενισχύεται συχνά από τη χρήση φυτοφαρμάκων.

Οι αρνητικές επιδράσεις των περισσότερων φυτοφαρμάκων στους μικροοργανισμούς του εδάφους είναι προσωρινές και μετά από μερικές ημέρες ή εβδομάδες οι αριθμοί μικροοργανισμών επανακάμπτουν. Υπάρχουν όμως και αρκετές εξαιρέσεις που επιβάλλουν αυξημένη προσοχή στη χρήση των χημικών αυτών ουσιών. Πρέπει να ληφθεί πρόνοια ώστε τα φυτοφάρμακα να χρησιμοποιούνται μόνο όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμοι εναλλακτικοί τρόποι διαχείρισης των παρασίτων.

Γνωρίζοντας τις σχετικές διεργασίες στο έδαφος, είναι φανερό πως είναι επιτακτική η ανάγκη, πριν από την έγκριση νέων χημικών ουσιών για ευρεία χρήση στα εδάφη, να υπάρχει λεπτομερής αξιολόγηση των πιθανών επιδράσεών τους στο περιβάλλον



Αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με οργανικές χημικές ουσίες

Εδάφη που ρυπαίνονται με οργανικούς ρύπους υπάρχουν σε όλο τον κόσμο. Το πρόβλημα της ρύπανσης πολύ μεγάλων εκτάσεων με οργανικά φυτοφάρμακα μπορεί να αντιμετωπισθεί με αλλαγές στη διαχείριση των αγρο-οικοσυστημάτων που θα επιτρέψουν είτε τη μείωση / παύση της χρήσης φυτοφαρμάκων, ή τη χρήση φυτοφαρμάκων που είναι λιγότερο τοξικά, λιγότερο κινητικά και γρηγορότερα αποικοδομήσιμα.



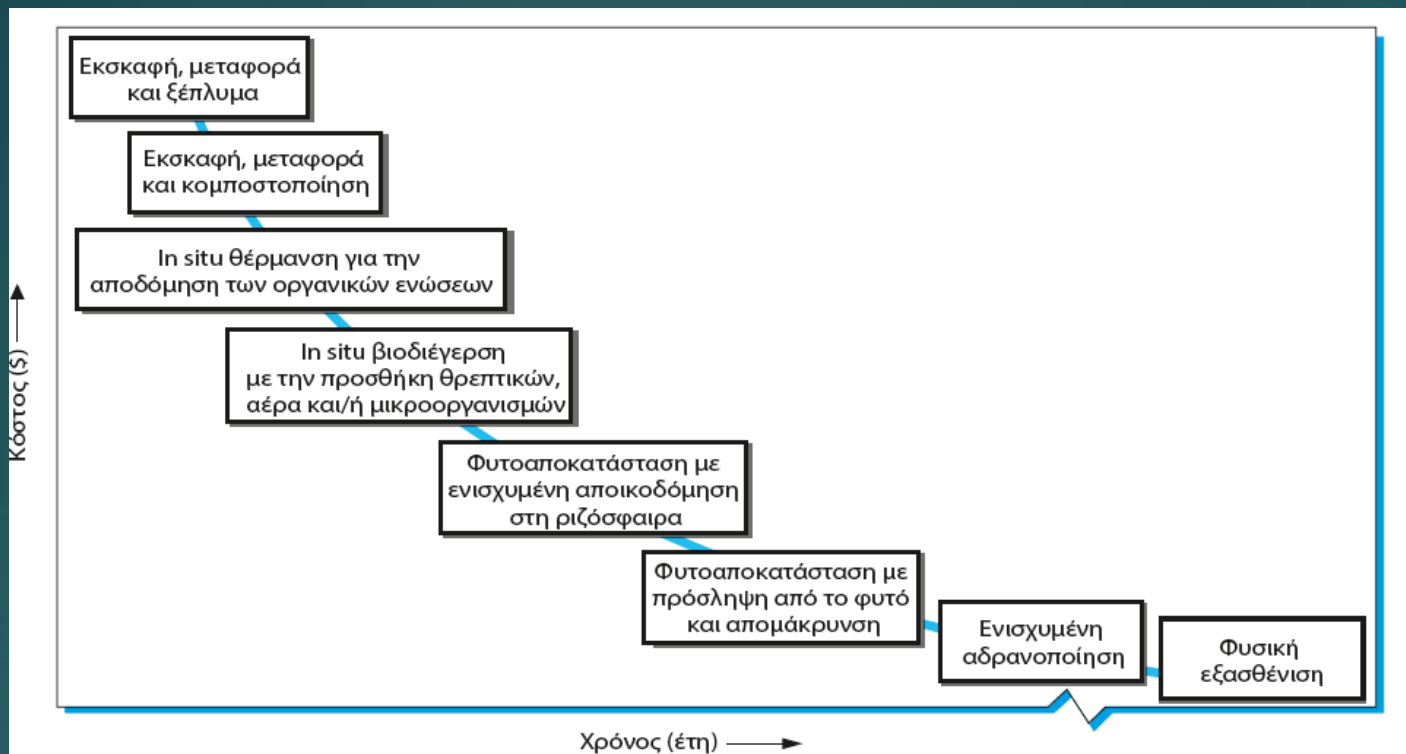
Αποκατάσταση ρυπασμένων εδαφών με οργανικές χημικές ουσίες

Σε πολλές περιπτώσεις, μέσα σε εύλογο χρονικό διάστημα, το εδαφικό οικοσύστημα θα μπορέσει να ανακάμψει στο επίπεδο των λειτουργιών και της βιοποικιλότητάς του μέσω της διαδικασίας της φυσικής αποκατάστασης.

Ίσως πιο προβληματικές, να είναι οι περιοχές όπου λόγω ατυχήματος έχουν χυθεί στα εδάφη τοξικά οργανικά υλικά ή περιοχές όπου για δεκαετίες, βιομηχανίες πετούσαν στα εδάφη οργανικά απόβλητα.

Τα επίπεδα μίας τέτοιας έντονης ρύπανσης είναι συχνά αρκετά υψηλά, με αποτέλεσμα η ανάπτυξη φυτών να παρεμποδίζεται ή να είναι απαγορευτική.





Ένα ευρύ φάσμα μεθόδων είναι διαθέσιμες για την αποκατάσταση (καθαρισμό) ρυπασμένων εδαφών. Στο ένα άκρο βρίσκονται τεχνικές αποκατάστασης που είναι πολύ ακριβές και οχλούσες, αλλά συνήθως αρκετά γρήγορες. Οι τεχνολογίες στο άλλο άκρο μπορεί να απαιτούν λιγότερα έξοδα και να μην προκαλούν όχληση, αλλά συνήθως χρειάζονται πολύ περισσότερο χρόνο για την ολοκλήρωση της αποκατάστασης. [Από τους Reynolds και άλλοι. (1999), τροποποιημένο σχήμα]

Βαρέα μέταλλα

Στα βαρέα μέταλλα κατατάσσονται αυτά που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από 5g/cm^3 και ατομική μάζα μεγαλύτερη από την αντίστοιχη του Fe (55,847)

Από τα 92 γνωστά στοιχεία που βρίσκονται στο στερεό φλοιό της γης, στην κατηγορία αυτή των βαρέων μετάλλων ανήκουν 43 στοιχεία.

Μερικά από τα βαριά μέταλλα όπως τα Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Mo θεωρούνται βασικά θρεπτικά στοιχεία.

Μέταλλα όπως τα Pb, Cr, Ag, Hg, As, Se συνήθως είναι τοξικά για τους διάφορους οργανισμούς.

Τα βαρέα μέταλλα είναι μη βιοδιασπώμενα και δεν αποβάλλονται από τους οργανισμούς με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται στους διάφορους ιστούς τους.

Το πρόβλημα με τη ρύπανση του εδάφους με βαριά μέταλλα συνδέεται με το γεγονός ότι αυτά δεν αποδιοργανώνονται, όπως συμβαίνει με τους οργανικούς ρύπους οι οποίοι και αποδιοργανώνονται είτε βιολογικώς (από μικροοργανισμούς), είτε χημικώς.

ΠΙΝΑΚΑΣ 18.7 Πηγές ορισμένων ανόργανων ρύπων του εδάφους

Χημική ουσία	Κυριότερες χρήσεις και πηγές προέλευσης της ρύπανσης του εδάφους	Οργανισμοί που κυρίως βλάπτονται ^a	Επιδράσεις στην υγεία του ανθρώπου
Αρσενικό	Εντομοκτόνα, αποξηραντικά φυτών, πρόσθετα ζωοτροφών, λιγνίτης και πετρέλαιο, απόβλητα ορυχείων, απορρυπαντικά, αρδευτικό νερό	A, Z, Ψ, Π	Δηλητήριο με σωρευτική δράση, καρκίνος, μώλωπες δέρματος
Κάδμιο	Επιμετάλλωση με ηλεκτρόλυση, χρώματα για πλαστικά και βαφές, σταθεροποιητές πλαστικών, μπαταρίες και φωσφορικά λιπάσματα	A, Z, Ψ, Π, Φ	Παθήσεις καρδιάς και νεφρών, εύθρυπτα οστά
Χρώμιο	Ανοξειδωτος χάλυβας, επιχρωμίωση μετάλλων, χρώματα, κατασκευή πυρίμαχων τούβλων και δέψη δερμάτων	A, Z, Ψ, Π	Γενετικές παθήσεις. Απαραίτητο θρεπτικό
Χαλκός	Απόβλητα ορυχείων, ιπτάμενη τέφρα, λιπάσματα, αερομεταφερόμενη σκόνη που περιέχει χαλκό, σωλήνες ύδρευσης	Ψ, Φ	Σπάνια αναφέρονται αρνητικές επιδράσεις. Διανοητικά προβλήματα, κούραση. Απαραίτητο θρεπτικό
Μόλυβδος	Καύση πετρελαίου, βενζίνης και λιθάνθρακα, παραγωγή σιδήρου και χάλυβα, καλái σωλήνων ύδρευσης, χρώμα μπογιάς	A, Z, Ψ, Π	Εγκεφαλικές παθήσεις, μυικοί σπασμοί
Υδράργυρος	Εντομοκτόνα, καταλύτες συνθετικών πολυμερών, μεταλλουργία και θερμόμετρα	A, Z, Ψ, Π	Παθήσεις νευρικού συστήματος
Νικέλιο	Καύση λιθάνθρακα, βενζίνης και πετρελαίου, κατασκευή κραμάτων, επιμετάλλωση με ηλεκτρόλυση, μπαταρίες και εξόρυξη μεταλλευμάτων	Ψ, Φ	Καρκίνος πνευμόνων
Σελήνιο	Γεωλογικοί σχηματισμοί με υψηλό Se και νερό στραγγιστικών δικτύων όπου το Se συσσωρεύεται	A, Z, Ψ, Π	Σπάνια αναφέρονται αρνητικές επιδράσεις. Τριχόπτωση, παραμόρφωση νυχιών. Απαραίτητο θρεπτικό
Ψευδάργυρος	Γαλβανισμός σιδήρου και χάλυβα, κράματα, μπαταρίες, ορείχαλκος, κατασκευή ελαστικών υλικών, εξόρυξη μεταλλευμάτων και παλιά ελαστικά	Ψ, Φ	Σπάνια αναφέρονται αρνητικές επιδράσεις. Απαραίτητο θρεπτικό

^aA = άνθρωποι, Z = ζώα, Ψ = ψάρια, Π = πουλιά, Φ = φυτά



ΠΙΝΑΚΑΣ 18.9 Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια ανόργανων ρύπων (βαρέων μετάλλων) σε καλλιεργούμενα εδάφη όπου γίνεται εφαρμογή ιλύος βιολογικών καθαρισμών

Στοιχείο	Μέγιστη συγκέντρωση στην ιλύ, USEPA, ^a mg/kg	Ετήσια δόση φορτίου ρύπου, USEPA, kg/ha/έτος	Σωρευτικό επιτρεπόμενο φορτίο ρύπου kg/ha		
			USEPA	Γερμανία	Οντάριο
As	75	2.0	41	—	28
Cd	85	1.9	39	3.2	3.2
Cr	3000	150.0	3000	200	240
Cu	4300	75.0	1500	120	200
Hg	57	0.85	17	2	1.0
Mo	75	—	—	—	8
Ni	420	21	420	100	64
Pb	840	15	300	200	120
Se	100	5.0	100	—	3.2
Zn	7500	140	2800	400	440

^a U.S. EPA (Φορέας Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ) (1993).

Ρυπογόνες ουσίες (Παράρτημα III της Οδηγίας 96/61/ΕΚ) Ατμόσφαιρα

- διοξείδιο του θείου και άλλες ενώσεις του θείου,
- οξείδια του αζώτου και άλλες ενώσεις του αζώτου,
- μονοξείδιο του άνθρακα,
- πτητικές οργανικές ενώσεις,
- μέταλλα και οι ενώσεις τους,
- σκόνη,
- αμίαντος,
- χλώριο και οι ενώσεις του χλωρίου,
- φθόριο και οι ενώσεις του φθορίου,
- αρσενικό και οι ενώσεις του αρσενικού,
- κυανιούχες ενώσεις,
- ουσίες και παρασκευάσματα που έχουν αποδεδειγμένα ιδιότητες καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες.

Νερό

- αλογονωμένες οργανικές ουσίες,
- οργανοφωσφορικές ενώσεις,
- οργανοκασσιτερικές ενώσεις,
- ουσίες και παρασκευάσματα που έχουν αποδεδειγμένα ιδιότητες καρκινογόνες, μεταλλαξιογόνες,
- ανθεκτικοί υδρογονάνθρακες και ανθεκτικές και βιοσυσσωρευόμενες τοξικές ουσίες,
- κυανιούχες ενώσεις,
- μέταλλα και οι ενώσεις τους,
- αρσενικό και οι ενώσεις του,
- βιοκτόνα και φυτοϋγειονομικά προϊόντα,
- αιωρούμενες ουσίες,
- ουσίες που συμβάλλουν στον ευτροφισμό (ιδίως νιτρικά και φωσφορικά άλατα).
- ουσίες που έχουν αρνητική επίδραση στον ισοζύγιο του οξυγόνου

Πώς ρυπαίνουμε το έδαφος;

1. Εξόρυξη μεταλλευμάτων και εκκαμίνευση



Λάρκο, περιοχή Λάριμνας



Πώς ρυπαίνουμε το έδαφος;

2. Αγροτικά και κηπευτικά υλικά



- ▶ Πολλές φορές γίνεται και απ' ευθείας απόρριψη στο έδαφος τοξικών υλικών (διαλύτες, βαφές, καθαριστικά σπιτιών κλπ) .



Ρύπανση εδάφους με τα απορρίμματα

- Ολόκληρα βουνά από απορρίμματα ιδιαίτερα στις βιομηχανικά αναπτυγμένες χώρες καταλήγουν στο έδαφος



Οι αγροτικές δραστηριότητες ρυπαίνουν με
τα χημικά λιπάσματα

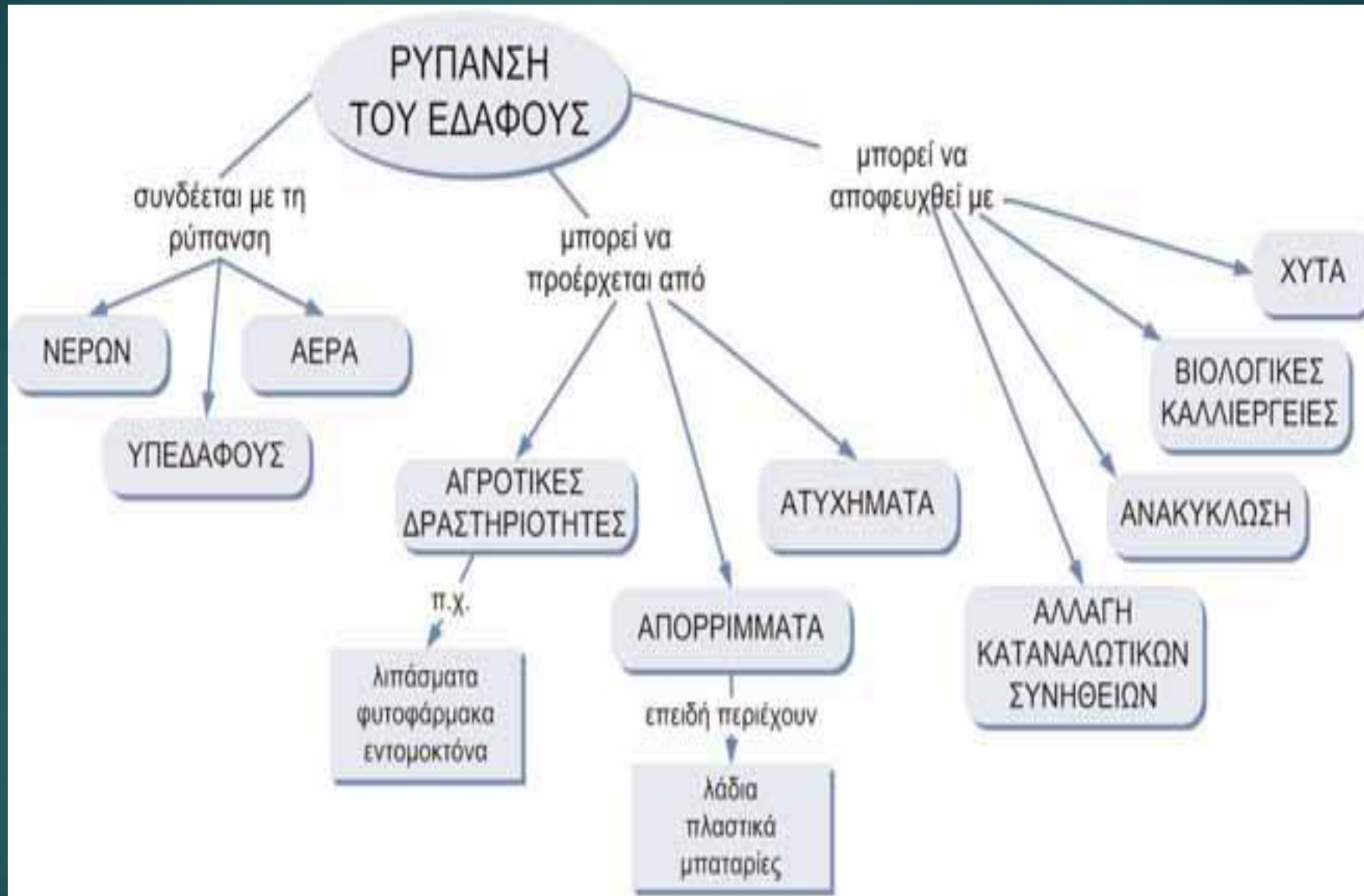
Συνηθέστερα: νιτρικά και φωσφορικά



Ευτροφισμός

- Οι ποσότητες των λιπασμάτων που δεν χρησιμοποιούνται από τα φυτά με τα νερά της βροχής εισέρχονται στα ρέματα, τα ποτάμια, τις λίμνες και τις θάλασσες.
- Αυτές οι θρεπτικές ουσίες ευνοούν την ανάπτυξη των φυτών και αυξάνονται σε μεγάλο βαθμό.
- Για να αποδομηθούν τα νεκρά τμήματα των φυτών αυξάνονται πολύ και οι μικροοργανισμοί και έτσι ξοδεύεται το οξυγόνο στο νερό και τα ψάρια





Ιδιότητες του εδάφους επηρεάζουν τη μορφή και τη συμπεριφορά των ρύπων στο εδαφικό περιβάλλον

- η κοκκομετρική σύσταση του εδάφους ,
- η περιεκτικότητά του σε ανθρακικά άλατα,
- η ρυθμιστική ικανότητά του,
- οι συνθήκες οξύτητας,
- η μορφή και η ποσότητα της οργανικής ουσίας του εδάφους,
- οι μικροοργανισμοί

Σχέση οργανικής ουσίας του εδάφους και της ρύπανσης

- Η οργανική ουσία παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων με αποτέλεσμα να συγκρατεί τα μέταλλα και
- Οι οργανικές ενώσεις σχηματίζουν μαζί με τα κατιόντα των μετάλλων οργανομεταλλικές σύμπλοκες ενώσεις γνωστές και ως *χηλικές ενώσεις*.
- Η προσθήκη οργανικής ουσίας στο έδαφος, κάτω από ορισμένες συνθήκες αυξάνει την ποσότητα των βαρέων μετάλλων που προσλαμβάνονται από τα φυτά, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ακόμη και προβλήματα τοξικότητας ορισμένων στοιχείων όπως των Zn, Cu, B, Ni κ.ά.

Για τη μείωση του κινδύνου που προέρχεται από τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων στα φυτά χρησιμοποιούνται διάφορα εδαφοβελτιωτικά

- καολινιτική άργιλος,
- CaCO_3 και MgCO_3 ,
- πλούσια και λεπτόκοκκα υλικά σε οξείδια του σιδήρου,
- προερχόμενα από χυτήρια σιδήρου,
- ZnSO_4 , και CaSO_4 .
- Ζεόλιθος κά.

▪ Τοξικότητα

- Όταν η συγκέντρωση ενός στοιχείου στους φυτικούς ιστούς υπερβεί κάποιο όριο, τότε δημιουργούνται τοξικές για την ανάπτυξη των οργανισμών συνθήκες, οι οποίες και προκαλούν ανεπιθύμητες επιδράσεις σε οποιοδήποτε βιολογικό σύστημα.
- **Τοξικότητα** καλείται το ανεπιθύμητο αποτέλεσμα της δράσης μιας ή περισσοτέρων χημικών ουσιών στο βιολογικό υλικό (αντιστρεπτό ή μη).

Η τοξική δράση των μετάλλων και μεταλλοειδών στους οργανισμούς εκδηλώνεται:

- αντικαθιστούν άλλα απαραίτητα ιόντα μετάλλων από διάφορες βιολογικά λειτουργικές μονάδες,
- εμποδίζουν τη δημιουργία των απαραίτητων λειτουργικών ομάδων, συμπεριλαμβανομένων των ενζύμων και
- μεταβάλλουν και διαταράσσουν τη δομή των βασικών μορίων, όπως των ενζύμων

Αποκατάσταση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος

να επιτευχθεί μέσω της επαναφοράς του περιβάλλοντος στην αρχική του κατάσταση με τη βοήθεια διαφόρων δράσεων,

- *αποκλειστικής (πρωτογενούς),*
- *συμπληρωματικής και*
- *αντισταθμιστικής μορφής.*

Αποκλειστική ή πρωτογενής αποκατάσταση

- Χαρακτηρίζεται κάθε μέτρο που μπορεί να ληφθεί και το οποίο μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την επαναφορά των λειτουργιών των φυσικών πόρων που υπέστησαν ζημία στην αρχική τους κατάσταση. Μάλλον η προσέγγιση αυτή που θεωρείται και ως η περισσότερο απαιτητική, ταυτίζεται με την αναδημιουργία του ενδιαιτήματος (rehabilitation).

Συμπληρωματική αποκατάσταση

- Ως «**συμπληρωματική αποκατάσταση**», χαρακτηρίζεται κάθε μέτρο ή δράση αποκατάστασης των λειτουργιών των φυσικών πόρων που λαμβάνεται στις περιπτώσεις στις οποίες η πρωτογενής αποκατάσταση δεν είναι δυνατή

Αντισταθμιστική αποκατάσταση

- Ως «αντισταθμιστική αποκατάσταση», χαρακτηρίζονται τα μέτρα ή οι δράσεις που λαμβάνονται για να αντισταθμισθούν οι προσωρινές απώλειες των φυσικών πόρων κατά την περίοδο που μεσολαβεί από την ημερομηνία της ζημίας μέχρι την επίτευξη της πρωτογενούς αποκατάστασης.

Η εξορυκτική δραστηριότητα θεωρείται υπεύθυνη για τη ρύπανση και υποβάθμιση των εδαφών σε πολλές περιοχές της γης

- Αν και σε ορισμένες περιπτώσεις οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στην εξόρυξη και στον εμπλουτισμό των μεταλλευμάτων έχουν βελτιωθεί εντούτοις η ανάπτυξη μεθόδων και τεχνικών που μειώνουν τον κίνδυνο απελευθέρωσης βαρέων μετάλλων και μεταλλοειδών στο έδαφος και στο νερό θεωρείται επιτακτική γιατί το πρόβλημα εξακολουθεί να υπάρχει.
- Τα προβλήματα της ρύπανσης των εδαφών στις μεταλλευτικές περιοχές γίνονται ακόμη μεγαλύτερα στις περιοχές στις οποίες αποθέτονται τα απόβλητα.

✓ Προβλήματα που παρουσιάζονται στις μεταλλευτικές περιοχές

✓ Ακραίες τιμές pH.

✓ Αυξημένη τοξικότητα που οφείλεται στις υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων και μεταλλοειδών.

✓ Έλλειψη λεπτόκοκκων υλικών και ακατάλληλη για την ανάπτυξη των φυτών κατανομή μεγέθους των κόκκων.

✓ Έλλειψη διαθέσιμων μορφών θρεπτικών στοιχείων και οργανικής ουσίας.

✓ Μικρή βιολογική δραστηριότητα.

✓ Μικρή ικανότητα υδατοσυγκράτησης, μικρή ή μεγάλη ταχύτητα διήθησης του νερού.

✓ Μικρή ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων.

✓ Δημιουργία αποσκληρημένων (hardpan) ή τσιμεντοποιημένων (cemented) οριζόντων.

✓ Ισχυρή αιολική διάβρωση και επιφανειακή αστάθεια.

Η χημική σύσταση των αποβλήτων εξαρτάται από:

- τη χημική σύσταση του μεταλλεύματος,
- τη ορυκτολογική σύσταση του μεταλλεύματος
- τη μέθοδο επεξεργασίας που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία εμπλουτισμού.
- τη χημική σύσταση του νερού που χρησιμοποιείται κατά τη διαδικασία εμπλουτισμού.

Φέρουσα ικανότητα του εδάφους να διασπά ή να ακινητοποιεί τους ρύπους εξαρτάται από:

- τις φυσικές,
- τις χημικές ,
- τις βιολογικές ιδιότητες του εδάφους και
- τη χημική σύσταση και τις ιδιότητες των ρύπων
- την ικανότητα των ρύπων να αντιδρούν με τα συστατικά του εδάφους και σταδιακώς να ακινητοποιούνται

Η αδρανοποίηση των ρύπων μπορεί να επιτευχθεί:

- τη βελτίωση ή ενίσχυση των παραγόντων που επηρεάζουν την αδρανοποίηση ή τη διάσπαση των ρύπων, όπως για παράδειγμα
 - τη βελτίωση των συνθηκών αερισμού,
 - τη βελτίωση των συνθηκών υγρασίας,
 - τη μεταβολή του pH,
 - τη προσθήκη θρεπτικών στοιχείων, ή ακόμη και
 - την εισαγωγή τροποποιημένων γενετικά μικροοργανισμών στο έδαφος.

Η εξυγίανση του εδάφους πρέπει να γίνεται στις περιπτώσεις

- Για την προστασία της υγείας του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.
- Για να καταστεί εκ νέου δυνατή η ανάπτυξη μιας περιοχής ή μιας έκτασης που προηγουμένως έχει υποστεί ισχυρή ρύπανση.
- Για να επιδιορθωθούν ή να ενισχυθούν προηγούμενες προσπάθειες αποκατάστασης που εκτιμούνται είτε ως ανεπαρκείς είτε ως ακατάλληλες.
- Για να περιοριστούν οι ενδεχόμενες ευθύνες και υποχρεώσεις του φυσικού ή νομικού προσώπου που προκάλεσε το πρόβλημα.

Στη μέθοδο της βιοαπορρύπανσης με τη χρήση μικροοργανισμών χρησιμοποιούνται δύο κυρίως μέθοδοι ή προσεγγίσεις, η άμεση και η έμμεση.


- Στην **άμεση προσέγγιση** εισάγονται στο έδαφος μικροοργανισμοί που είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην αποδιοργάνωση των ρύπων.
- Στην **έμμεση προσέγγιση** γίνεται προσπάθεια χρησιμοποίησης αυτόχθονων πληθυσμών μικροοργανισμών ενισχύοντας το μεταβολισμό τους με τη βελτίωση των συνθηκών ανάπτυξής τους, όπως με την προσθήκη λιπασμάτων ή άλλων εδαφοβελτιωτικών, την αύξηση της οργανικής ουσίας ή τη βελτίωση των συνθηκών αερισμού (Atlas R,1995)


Φυτοαποκατάστασης των ρυπασμένων εδαφών

- Η φυτοαποκατάσταση είναι μια υποκατηγορία της μεθόδου της βιοεξυγίανσης .
- Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιούνται φυτά και μικροοργανισμοί που συνδέονται με αυτά, για τη μερική ή πλήρη εξυγίανση των ρυπασμένων περιοχών και η οποία βασίζεται σε πολλούς μηχανισμούς που δρουν παράλληλα.

Στη φυτοεξυγίανση χρησιμοποιούνται φυτικά είδη της περιοχής.

- Η προσοχή εστιάζεται στο γεγονός ότι σε παρακείμενες των διαταραγμένων εδαφών περιοχές αναπτύσσονται πολλά είδη μαζί, ως μια σταθερή βιοκοινότητα που είναι το αποτέλεσμα των μακροχρόνιων αλληλεπιδράσεων μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων.
- Στην ουσία η βιοεξυγίανση μπορεί να θεωρηθεί ως και μία πράσινη τεχνολογία.

- 
- Για το σχεδιασμό της φυτοαποκατάστασης μια ρυπασμένης περιοχής απαιτούνται γνώσεις:
 - τη χημεία του εδάφους,
 - τη βιολογία των φυτών,
 - την οικοτοξικολογία,
 - τις πρακτικές παραγωγής και σκληραγώγησης των φυτών,
 - την τεχνική των φυτεύσεων κ.ά.

- 
- Η ιδέα της χρησιμοποίησης φυτών για την εξυγίανση των ρυπασμένων εδαφών ξεκίνησε από την ανακάλυψη ότι ορισμένα φυτά, ενδημικά, που αναπτύσσονται σε ανόργανα, πλούσια σε βαρέα μέταλλα εδάφη, συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες μετάλλων.
 - Θεωρείται κατάλληλη για περιοχές με μικρή ρύπανση με μέταλλα.
 - Αποκαλείται ως μία αναδυόμενη, ευέλικτη και ελκυστική, λόγω του μικρού κόστους τεχνολογία αντιμετώπισης των ρυπασμένων περιοχών

Φυτοεξυγίανση

Η φυτοεξυγίανση είναι η αλληλεπίδραση των φυτών με το ρυπασμένο έδαφος και το νερό με τις διάφορες ανόργανες και οργανικές ενώσεις που περιέχονται σε αυτά για να επιτευχθεί η αποκατάσταση ενός υποβαθμισμένου από τη ρύπανση οικοσυστήματος.

Φυτοεξυγίανση είναι η χρήση φυτών για την απομάκρυνση των ρύπων από το περιβάλλον ώστε να το καταστήσουν ακίνδυνο για τους οργανισμούς που εξαρτώνται από αυτό και αναφέρει ότι τα φυτά πρέπει να επιβιώνουν ή να ανέχονται τις υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων.

Περιορισμοί στη χρήση των φυτών στη μέθοδο της φυτοεξυγίανσης

Το βάθος διείσδυσης του ριζικού συστήματος,

- Ο μεγάλος χρόνος που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εξυγίανσης,
- Η συγκέντρωση των ρύπων,
- Οι χειρισμοί των φυτών που χρησιμοποιούνται στην αποκατάσταση μετά από τη συλλογή τους κ.ά.
- Όταν στο έδαφος περιέχονται πολλά είδη μετάλλων απαιτείται χρησιμοποίηση ταυτόχρονα πολλών φυτικών ειδών που δυσκολεύουν την εφαρμογή. Η λύση αυτή απαιτεί σημαντική έρευνα και πιλοτικές εφαρμογές πριν από τη γενικευμένη χρήση της μεθόδου της φυτοεξυγίανσης

■ *Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φυτοεξυγίανσης*

- Παράγονται λιγότερα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.
- Εφαρμόζεται επί τόπου και δεν είναι αναγκαία η εκσκαφή ή άντληση για περαιτέρω επεξεργασία. Για αυτό το λόγο δεν διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της ρυπασμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να εξυγιανθούν μεγάλοι όγκοι εδάφους ή νερού, που είναι ρυπασμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρύπων. Σύμφωνα με τον Glass (1999) το κόστος εφαρμογής σε σχέση με τις άλλες μεθόδους μπορεί να είναι έως και 100 φορές μικρότερο.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους (συμπύκνωση).

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της φυτοεξυγίανσης

- Ως μέθοδος γίνεται περισσότερο αποδεκτή από την κοινή γνώμη.
- Αποτρέπει την εξάπλωση των υφιστάμενων ρύπων, προστατεύοντας παράλληλα το έδαφος από τον άνεμο, τη βροχή και γενικότερα τη διάβρωση.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες εκτάσεις και σε περιοχές με πολλούς ρύπους.

Μειονεκτήματα της μεθόδου της φυτοεξυγίανσης

- Οι ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης. Για το λόγο αυτό μπορεί να απαιτούνται συνεχόμενες καλλιέργειες των φυτών μέχρι να εξυγιανθεί τελείως το έδαφος από τους ρύπους.
- Είναι πιθανό να εισέλθουν οι τοξικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα, μετά από πιθανή βρώση των φυτών από ζώα.
- Οι κλιματικές ή οι υδρολογικές συνθήκες στη μολυσμένη περιοχή, μπορεί να μην επιτρέπουν την καλλιέργεια και ανάπτυξη των κατάλληλων, για την φυτοεξυγίανση, φυτικών ειδών.
- Το κόστος της είναι δυνατόν να αυξηθεί, λόγω της ανάγκης ειδικής επεξεργασίας και διάθεσης των συγκομισμένων ιστών.
- Οι υψηλές συγκεντρώσεις των ρύπων μπορεί να έχουν τοξική επίδραση στα χρησιμοποιούμενα φυτά, καθιστώντας αδύνατη την εφαρμογή της τεχνολογίας ιδιαίτερα σε εδάφη ρυπασμένα τόσο με ανόργανους όσο και με οργανικούς ρύπους.
- Απαιτεί σχετικά μεγάλους χρόνους αποκατάστασης, ανάλογα πάντα με το είδος και την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων φυτών, το είδος και τον αριθμό των μετάλλων, την έκταση του ρυπασμένου εδάφους και τις φυσικές και χημικές ιδιότητές του.

Μεταλλόφυτα και εξυγίανση του εδάφους

Τα φυτικά είδη που αναπτύσσονται σε εδάφη πλούσια σε μέταλλα απορροφούν, αφομοιώνουν ή αντέχουν ασυνήθιστα υψηλές ποσότητες μετάλλων.

Η πρόσληψη των μετάλλων στην περίπτωση αυτή γίνεται από το εκτεταμένο ριζικό σύστημα που καταλαμβάνει μεγάλο εδαφικό χώρο, δηλαδή οι ρίζες των φυτών δρουν ως “ηλιακές αντλίες”.

Μεταλλόφυτα που δεν βιοσυσσωρεύουν βαριά μέταλλα είναι τα είδη

- *Viola calaminaria* και
- *Armeria maritime* spp. *halleri*

Αντίθετα ορισμένα σερπεντινιόφιλα είδη θεωρούνται καλοί υπερβιοσυσσωρευτές Ni

- *Streptanthus polygaloides*,
- *Thlaspi montanum*
- Ορισμένα είδη του γένους *Alyssum*.

Viola calaminaria



Armeria maritima susp. *Halleri*



Brassica juncea



Alyssum murale



Arabidopsis haleri



Euphorbia cyparissias



Thlaspi careulescens



Στη φύση εμφανίζονται τρεις τύποι βλάστησης μεταλλόφυτων

- **Πρωτογενής** Στην περίπτωση αυτή η βλάστηση αναπτύσσεται σε περιοχές στις οποίες το έδαφος περιέχει σημαντικές ποσότητες βαρέων μετάλλων η παρουσία των οποίων οφείλεται στη φύση του μητρικού υλικού και δεν είναι ανθρωπογενούς προέλευσης.
- **Δευτερογενής** Στην περίπτωση αυτή η βλάστηση αναπτύσσεται σε περιοχές στις οποίες η υψηλή συγκέντρωση των βαρέων μετάλλων στο έδαφος προέρχεται από μεταλλευτική δραστηριότητα και
- **Τριτογενής** Στην περίπτωση αυτή οι περιοχές στις οποίες αναπτύσσεται η βλάστηση αυτή έχει γίνει απόθεση βαρέων μετάλλων (ρύπανση από χυτήρια, μεταφορά και απόθεση υλικών πλούσιων σε βαριά μέταλλα κά.

Βιολογικοί μηχανισμοί αντοχής των μεταλλόφυτων σε τοξικές συνθήκες

- **Ο αποκλεισμός.** Στην περίπτωση αυτή τα βαρέα μέταλλα δεν μεταφέρονται στο υπέργειο τμήμα των φυτών. Όταν η συγκέντρωση ενός μετάλλου υπερβεί κάποιο όριο, με ορισμένες φυσιολογικές διεργασίες του φυτού, αποτρέπεται η μεταφορά στο υπέργειο τμήμα ενώ οι ρίζες εξακολουθούν να περιέχουν σημαντικές ποσότητες.
- **Η απομόνωση.** Τα φυτά συσσωρεύουν μέταλλα σε κάποιους υπέργειους ιστούς. Στην περίπτωση αυτή η συγκέντρωση των μετάλλων στους διάφορους ιστούς αντικατοπτρίζει τη συγκέντρωση των μετάλλων στο έδαφος.
- **Η υπερβιοσυσσώρευση.** Βιοσυσσώρευση είναι η σταδιακή αύξηση της συγκέντρωσης μιας χημικής ουσίας ή ενός στοιχείου σε ένα οργανισμό σε επίπεδα μεγαλύτερα από τη συγκέντρωση της χημικής ουσίας στον αντίστοιχο οργανισμό όταν αυτός αναπτύσσεται σε μη ρυπασμένο έδαφος.

Υπερβιοσυσσωρευτές

- Τα φυτά προσλαμβάνουν διάφορα στοιχεία απευθείας από το έδαφος, τα μετατρέπουν σε άλλες μορφές, τα μεταφέρουν ή τα συσσωρεύουν στους διάφορους ιστούς σε μη τοξικές για αυτά μορφές, αν και μερικές από αυτές μπορεί να θεωρηθούν τοξικές για τον άνθρωπο.
- Μερικά είδη φυτών, συνήθως σπάνια στην εμφάνισή τους, έχουν αναπτύξει ειδικούς φυσιολογικούς μηχανισμούς αντοχής με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν συγκριτικά πλεονεκτήματα όταν αναπτύσσονται σε πλούσια σε βαρέα μέταλλα εδάφη, που τα βοηθούν να συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες βαρέων μετάλλων στους διάφορους ιστούς τους που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπερβαίνουν ακόμη και το 2% της ξηρής βιομάζας τους.

Κριτήρια καθορισμού υπερβιοσυσσωρευτών

Εκτός από την ικανότητα συσσώρευσης μεγάλων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων στους διάφορους ιστούς, δύο επιπρόσθετα κριτήρια που χρησιμοποιούνται για να χαρακτηριστεί ένα είδος ως υπερβιοσυσσωρευτής είναι:

Ως **συντελεστής βιοσυσσωρεύσης** ορίζεται ο λόγος της συγκέντρωσης ενός στοιχείου στους φυτικούς ιστούς προς τη συγκέντρωση του στοιχείου αυτού στο έδαφος,

Ως **συντελεστής μεταφοράς** ορίζεται ο λόγος της συγκέντρωσης ενός στοιχείου στους βλαστούς σε σχέση με την αντίστοιχη συγκέντρωση του ίδιου στοιχείου στις ρίζες.

Η υπερβιοσυσσωρευση βαρέων μετάλλων στα φυτικούς ιστούς εξαρτάται

- το είδος του φυτού,
- τις συνθήκες του εδάφους (pH, περιεκτικότητα σε οργανική ουσία, ικανότητα ανταλλαγής κατιόντων, κά),
- καθώς και από το είδος και τη μορφή του βαρέως μετάλλου που βρίσκεται στο έδαφος.

Πλεονεκτήματα μεθόδου της φυτοεξυγίανσης

- Παράγονται λιγότερα δευτερογενή απόβλητα από ότι σε άλλες τεχνολογίες.
- Εφαρμόζεται επί τόπου και δεν είναι αναγκαία η εκσκαφή ή άντληση για περαιτέρω επεξεργασία. Για αυτό το λόγο, δε διαταράσσεται καθόλου το φυσικό τοπίο της ρυπασμένης περιοχής.
- Είναι οικονομική, ιδιαίτερα όταν πρόκειται να εξυγιανθούν μεγάλοι όγκοι εδάφους ή νερού, που είναι ρυπασμένα με μικρές ποσότητες τοξικών ρυπαντών.
- Επιτυγχάνεται η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών σε πολύ μικρούς όγκους (συμπύκνωση)
- Γίνεται περισσότερο αποδεκτή από την κοινή γνώμη.
- Αποτρέπει την εξάπλωση των υφιστάμενων ρύπων, προστατεύοντας παράλληλα το έδαφος από τον άνεμο, τη βροχή και γενικότερα τη διάβρωση.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες εκτάσεις και σε περιοχές με πολλούς ρύπους.

Μειονεκτήματα της φυτοεξυγίανσης

- Μπορεί να παρουσιαστούν ιδιαίτερα αργοί ρυθμοί φυτοεξυγίανσης. Για το λόγο αυτό μπορεί να απαιτούνται συνεχόμενες καλλιέργειες των φυτών, μέχρι να εξυγιανθεί τελείως το περιβάλλον από τους ρυπαντές.
- Είναι πιθανό να μεταδοθούν οι τοξικές ουσίες στην τροφική αλυσίδα, μετά από πιθανή βρώση των φυτών από ζώα.
- Οι κλιματικές συνθήκες στην μολυσμένη περιοχή, μπορεί να μην επιτρέπουν την καλλιέργεια και ανάπτυξη των κατάλληλων, για την φυτοεξυγίανση, φυτών.
- Το κόστος της είναι δυνατόν να αυξηθεί, λόγω της ανάγκης ειδικής επεξεργασίας και διάθεσης των φυτών.
- Υψηλές συγκεντρώσεις των ρύπων μπορεί να έχουν τοξική επίδραση στα χρησιμοποιούμενα φυτά, καθιστώντας αδύνατη την εφαρμογή της τεχνολογίας ιδιαίτερα σε εδάφη ρυπασμένα με συνυπάρχοντες ανόργανους και οργανικούς ρύπους.
- Απαιτεί σχετικά μεγάλους χρόνους αποκατάστασης, ανάλογα πάντα με το είδος και την ποσότητα των χρησιμοποιούμενων φυτών, το είδος και τον αριθμό των μετάλλων, την έκταση του ρυπασμένου εδάφους και τις φυσικές και χημικές ιδιότητές του.

- **Ανάλογα με τους μηχανισμούς με τους οποίους τα διάφορα φυτικά είδη δρουν στα ρυπασμένα περιβάλλοντα η μέθοδος της φυτοεξυγίανσης περιλαμβάνει:**
- *τη φυτοεξαγωγή* των ρύπων από το έδαφος και συσσώρευση τους στον ιστό του φυτού για την απομάκρυνση τους (phytoextraction),
- *τη ριζοαποδόμηση* των οργανικών ρύπων στη ζώνη του ριζικού συστήματος από μικροοργανισμούς (rhizodegradation),
- *τη φυτοαποδόμηση*-δηλαδή την πρόσληψη των ρύπων από τις ρίζες των φυτών και την αποδόμηση τους στα διάφορα τμήματά τους (phytodegradation),
- *την φυτοεξάτμιση και φυτοεξαέρωση* που περιλαμβάνει τη μεταφορά των διαφόρων ρύπων από τα φυτά στον αέρα (phytonovolatilisation),

Υπολογισμός της ποσότητας μετάλλου που πρέπει να απομακρυνθεί

Για τον υπολογισμό της ποσότητας ενός βαρέως μετάλλου που πρέπει να απομακρυνθεί από ένα συγκεκριμένο βάθος χρησιμοποιείται ο μαθηματικός τύπος:

$$A = V \cdot D \cdot C_v$$

όπου **A** είναι η ποσότητα του μετάλλου που πρέπει να απομακρυνθεί από μια συγκεκριμένη επιφάνεια (mg/ha),

V είναι ο όγκος του εδάφους ο οποίος πρέπει να εξυγιανθεί (m³/ha),

D είναι η φαινόμενη πυκνότητα του εδάφους (kg/m³) και

C_v είναι η προκαθορισμένη μείωση της συγκέντρωσης (mg/kg).

Υπολογισμός του χρόνου εξυγίανσης

Ο χρόνος που απαιτείται για την απομάκρυνση ενός μετάλλου εξαρτάται άμεσα από την ποσότητα της βιομάζας που παράγεται και απομακρύνεται καθώς και από τη μέση συγκέντρωση του μετάλλου στους υπέργειους ιστούς, υπολογίζεται με τον τύπο :

$$T=A/P \cdot B \quad \text{όπου}$$

- **T** είναι ο χρόνος σε έτη,
- **P** είναι η συγκέντρωση του μετάλλου στα φυτά σε mg/kg ξηρής οργανικής ουσίας και
- **B** είναι η ετήσια παραγωγή βιομάζας.
- **A** είναι η ποσότητα του μετάλλου που πρέπει να απομακρυνθεί από μια συγκεκριμένη επιφάνεια (mg/ha)

Φυτοσταθεροποίηση (phytostabilisation)

Η φυτοσταθεροποίηση (γνωστή και ως αδρανοποίηση ή φυτοακινητοποίηση), συνδέεται με τη χρήση ορισμένων φυτικών ειδών που βοηθούν στην ακινητοποίηση των ρύπων του εδάφους (συνήθως μετάλλων).

Η ακινητοποίηση αυτή συνδέεται με την πρόσληψη των ρύπων και τη συσσώρευσή τους στις ρίζες των φυτών όπου και ακινητοποιούνται

Η ακινητοποίηση των μετάλλων στην περίπτωση της φυτοσταθεροποίησης γίνεται

- στις κυτταρικές μεμβράνες
- στα κυτταρικά τοιχώματα
- στο κυτόπλασμα
- στα χυμοτόπια

Τα βασικά πλεονεκτήματα της φυτοσταθεροποίησης


- δεν απαιτείται διάθεση επικίνδυνου υλικού/βιομάζας με υψηλές συγκεντρώσεις μετάλλων,
- το έδαφος δε χρειάζεται να απομακρυνθεί από την περιοχή,
- το κόστος εφαρμογής είναι χαμηλό,
- δεν επηρεάζονται οι άλλες δραστηριότητες στην περιοχή
- είναι πολύ αποτελεσματική και τέλος
- περιορίζει σημαντικά τη διάβρωση του εδάφους και ελαττώνει την ποσότητα του διηθούμενου νερού.

Το βασικότερο μειονέκτημα της φυτοσταθεροποίησης συνδέεται με το γεγονός ότι οι ρύποι παραμένουν στο έδαφος. Για το λόγο αυτό πρέπει να διασφαλίζεται η μακροχρόνια κάλυψη της επιφάνειας με βλάστηση.

Τα φυτά στην περίπτωση αυτή δεν πρέπει να συσσωρεύουν ρύπους στους υπέργειους φυτικούς ιστούς γιατί με τον τρόπο αυτόν περιορίζεται η πιθανότητα να αποτελέσουν και αυτά επικίνδυνα απόβλητα μετά από τη συγκομιδή τους.

Κριτήρια επιλογής των φυτικών ειδών στα ρυπασμένα εδάφη

- η σύσταση των αποβλήτων,
- οι κλιματικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία και υγρασία,
- πρόδρομα αυτόχθονα είδη που ανήκουν στην σύνθεση της φυτοκοινότητας των περιοχών που βρίσκονται κοντά στις ρυπασμένες περιοχές,
- πρόδρομα αλλά ξενικά φυτικά είδη με ικανότητα προσαρμογής, είδη αυτόχθονα που αναπτύσσονται στην περιοχή,
- μη πρόδρομα είδη, ξένα προς την τοπική φυτοκοινότητα, προσαρμοσμένα,
- είδη που δεν καταναλώνονται από τα ζώα.
- Η προσαρμοστικότητα σε συνθήκες τοξικότητας.
- Η μορφή, δηλαδή το υπέργειο σχήμα και μέγεθος των ειδών,
- Η ικανότητα αναπαραγωγής
- Η μορφή του ριζικού συστήματος.
- Προτιμώνται είδη που πολλαπλασιάζονται με σπόρους

- 
1. Ρύπανση εδάφους και νερού από γεωργικές δραστηριότητες μέσα στα δασικά οικοσυστήματα.
 2. Αλλαγή στη χημική σύσταση των δασικών εδαφών, με την εισροή όξινων κατακρημνισμάτων κοντά σε βιομηχανικές περιοχές.
 3. Μεταβολή στη δραστηριότητα των μικροοργανισμών του εδάφους εξ αιτίας της ρύπανσης των δασών.
 4. Ρύπανση των δασικών εδαφών από την ανεξέλεγκτη εξόρυξη μεταλλευμάτων.
 5. Φυτοαποκατάσταση των ρυπασμένων εδαφών