

Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ

Σ.Τ.Ε.Φ

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: « ΚΑΘΑΡΙΣΜΟΣ ΡΥΠΑΣΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΜΕ
ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΕΣΕΩΝ ΑΤΜΟΥ »



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:

ΖΑΡΑΒΙΝΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Α.Μ 4188

ΚΑΡΑΜΗΤΣΟΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ - ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ

Α.Μ 4189

ΕΠΟΠΤΕΥΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ:

ΔΡ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΠΑΤΡΑ –ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
11-7-2008

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

- I. Περίληψη του Θέματος
- II. Εισαγωγή-Πρόλογος
- III. Κύριο Μέρος
- IV. Εισαγωγή (Introduction)
- V. Βασικές Αρχές (Basic Principles)
- VI. Μηχανισμοί Αποκατάστασης (Recovery Mechanisms)
- VII. Εκτιμήσεις των τύπων των Μολυσματικών Παραγόντων
(Contaminant and Soil Type Considerations)
- VIII. Εκτιμήσεις για το Σχέδιο (Design Considerations)
- IX. Εργαστηριακά Πειράματα (Laboratory Experiments)
- X. Υπαίθριες Δόκιμες (Field Trials)
- XI. Πληροφορίες Δαπανών (Cost Information)
- XII. Συμπεράσματα (Conclusions)
- XIII. Επίλογος
- XIV. Ευρετήριο-Βιβλιογραφία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στις σελίδες που ακολουθούν περιγράφεται μια τεχνολογική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον καθαρισμό του υπεδάφους από διάφορους οργανικούς ή μη , μολυσματικούς παράγοντες όπως είναι:

- Το πετρέλαιο
- Τα καύσιμα των αεροπλάνων (κηροζίνη)
- Τα βιοχημικά απόβλητα των εργοστάσιων
- Τα μολυσμένα NAPL
- Τα φυτοφάρμακα

Η τεχνολογική μέθοδος καθαρισμού του υπεδάφους ονομάζεται «STEAM INJECTION» που μεταφράζεται σαν : Ενέσεις Ατμού και είναι ακόμα σε πειραματικό στάδιο με λίγες εφαρμογές στον καθαρισμό του υπεδάφους. Στις παραγράφους που ακολουθούν αναπτύσσεται η διαδικασία καθαρισμού με «STEAM INJECTION» και ο τρόπος που εφαρμόζεται , τα τεχνολογικά μέσα που χρειάζονται και παράλληλα χρησιμοποιούνται, καθώς και πως επιδρά αποτελεσματικά για τον απόλυτο καθαρισμό ενός μολυσματικού παράγοντα που είναι συγκεντρωμένος στο υπέδαφος. Επίσης παρουσιάζεται με λεπτομερή ανάλυση η διαδικασία του καθαρισμού του υπέδαφος από την ποσότητα του μολυσματικού παράγοντα με την χρήση του ατμού και πως γίνεται αυτή η κάθαρση και η αποκατάσταση του χώματος. Επίσης περιγράφονται και αναλύονται όλοι οι παράγοντες που παίζουν πρωταρχικό ρόλο στον καθαρισμό και στην αποτελεσματικότερη αποκατάσταση του υπεδάφους και της περιοχής που είχε μολυνθεί από τους μολυσματικούς παράγοντες.

Τέλος καταγράφονται και κάποια εργαστηριακά πειράματα καθαρισμού , που έχουν γίνει σε Πανεπιστήμια του εξωτερικού που έχουν σαν σκοπό να αξιολογηθεί και να διαπιστωθεί η χρησιμότητα και η αποτελεσματικότητα της μεθόδου «STEAM INJECTION» σε διάφορες περιπτώσεις ρύπανσης του υπεδάφους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ξέφρενη ανάπτυξη της τεχνολογίας την τελευταία πενήνταετία είχε και έχει σαν επακόλουθο εκτεταμένες οικολογικές καταστροφές που προέρχονται από την ρύπανση και μόλυνση του περιβάλλοντος.

Ο όρος περιβάλλον περιλαμβάνει το έδαφος, το υπέδαφος, τα νερά υπόγεια και επιφανειακά (λίμνες και ποτάμια), τη θάλασσα, την ατμόσφαιρα, τα φυτά και τα ζώα, τους φυσικούς πόρους και τα δημιουργήματα του πολιτισμού. Όλα αυτά αλληλεπιδρούν μεταξύ τους διαμορφώνοντας οικοσυστήματα.

Τα οικοσυστήματα είναι σύνολα ζώντων οργανισμών που ζουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή καθώς και ο βίοτοπος στον οποίο κατοικούν και αναπτύσσονται. Παραδείγματα οικοσυστημάτων είναι τα δάση, τα έλη, οι λίμνες κλπ. Όλα τα στοιχεία ενός οικοσυστήματος επικοινωνούν μεταξύ τους με τρόπο ώστε να διατηρείται ισορροπία μεταξύ των διάφορων στοιχείων (ζώντων και αβιοτικών) που το αποτελούν.

Λέγοντας ρύπανση εννοούμε την εισαγωγή στο περιβάλλον ουσιών (χημικών ενώσεων, μικροοργανισμών κ.α.) οι οποίες προκαλούν την ποιοτική και αισθητική υποβάθμιση του και υποβιβάζουν την ποιότητα ζωής του ανθρώπου. Οι επιπτώσεις της ρύπανσης στον άνθρωπο αφορούν κυρίως την υγεία του.

Η ρύπανση του περιβάλλοντος οφείλεται σε φυσικές διεργασίες (εκρήξεις ηφαιστειών, πυρκαγιές κλπ.) και στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ανθρωπογενής ρύπανση είναι αποτέλεσμα της βιομηχανικής δραστηριότητας των διάφορων αστικών δραστηριοτήτων, κυρίως όπου υπάρχει συσσωρευμένος ανθρώπινος πληθυσμός, στις γεωργικές περιοχές, στα διάφορα συγκοινωνιακά

μέσα και στα διάφορα ατυχήματα μεγάλης κλίμακας όπως εκρήξεις σε πυρηνικά ή χημικά εργοστάσια , διαρροές σε δεξαμενόπλοια που δημιουργούν μεγάλης έκτασης ανεξέλεγκτη ρύπανση.

Η συνεχής υποβάθμιση της ποιότητας ζωής που οφείλεται στην ρύπανση του περιβάλλοντος καθιστά αναγκαία την λήψη μέτρων για τον περιορισμό της καθώς και την αποκατάσταση των ήδη ρυπασμένων περιοχών.

Τα μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος αφορούν:

- Την διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νερών, της ατμόσφαιρας και του εδάφους
- Την ανάπτυξη τεχνολογιών και δημιουργία εγκαταστάσεων για τον καθαρισμό ή και την αξιοποίηση υγρών και στερεών απόβλητων αστικής και βιομηχανικής προέλευσης
- Την προστασία του φυσικού πλούτου και των πολιτιστικών μνημείων μια περιοχής
- Την προστασία των πολιτών από τον θόρυβο
- Την προστασία από ακτινοβολίες κλπ.

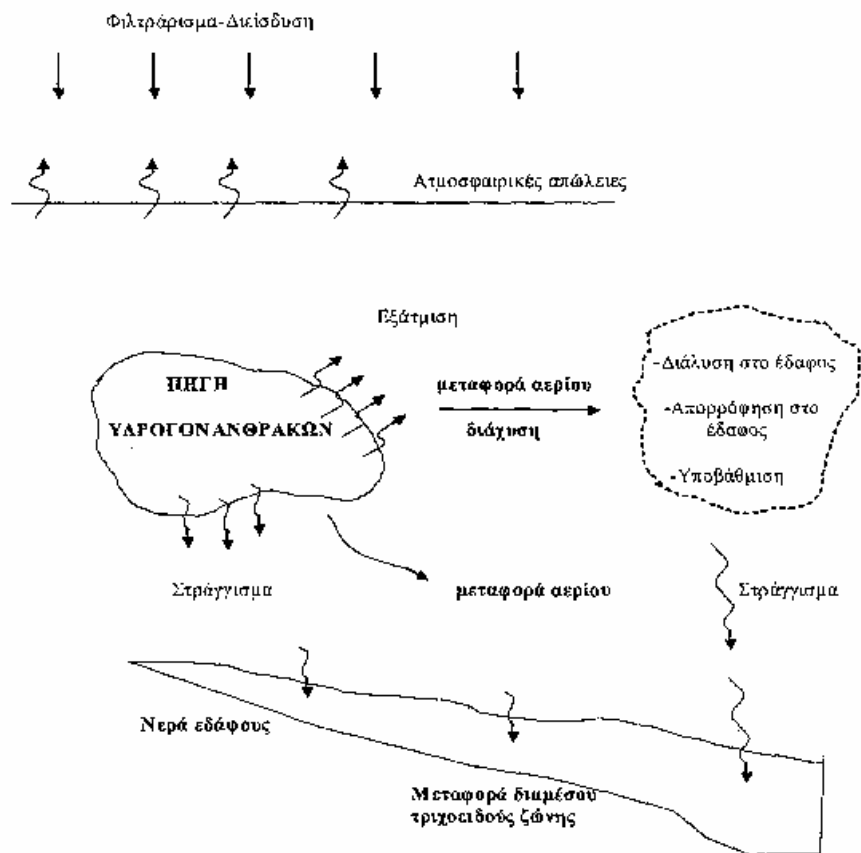
Τις τεχνολογίες αντιμετώπισης των ρύπων κατατάσσουμε σε δυο μεγάλες κατηγορίες :

- Τεχνολογίες αντιρρύπανσης που αναφέρονται στην αντιμετώπιση της ρύπανσης που έχει εισαχθεί ή εισάγεται στο περιβάλλον από διάφορες ανθρωπογενής πηγές και
- Αντιρρυπαντικές τεχνολογίες. Είναι τεχνολογίες των οποίων ο σχεδιασμός γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται ή να ελαχιστοποιείται η δημιουργία ρύπων.

Πράγματι τα τελευταία χρόνια γίνονται μεγάλες προσπάθειες προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης και της εφαρμογής αντιρρυπαντικών τεχνολογιών σε βιομηχανικό , αστικό, συγκοινωνιακό κλπ. επίπεδο, με σκοπό την σταδιακή αντικατάσταση συμβατικών ρυπογόνων τεχνολογιών.

Για τον περιορισμό της ρύπανσης όλες οι χώρες εισάγουν και εφαρμόζουν διάφορα νομοθετικά μέτρα και συνάπτουν μεταξύ τους διακρατικές συμφωνίες. Παρόλα αυτά το πρόβλημα της ρύπανσης παραμένει οξύτατο ειδικά σε περιοχές ή οικοσυστήματα με χρόνια επιβάρυνση.

ΣΧΗΜΑ 1



ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΑΠΟΡΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΩΝ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Η σωστή επιλογή της κατάλληλης μεθόδου απορρύπανσης που θα εφαρμοστεί σε μια μολυσμένη περιοχή είναι μια αρκετά δύσκολη διαδικασία. Η διαχείριση των μολυσμένων περιοχών στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες βασίζεται σε μεθόδους που έχουν αναπτυχθεί και υιοθετηθεί με βάση το είδος της μόλυνσης. Ποιο συγκεκριμένα κατά την διαδικασία επιλογής μιας μεθόδου απορρύπανσης, για να έχει η εφαρμογή της τα βέλτιστα αποτελέσματα θα πρέπει να μελετούνται οι εξής παράγοντες:

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

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

- Να προστατευτεί η ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Έτσι στις περισσότερες χώρες η νομοθεσία επιβάλλει άμεση απορρύπανση των περιοχών που παρουσιάζουν κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή απειλούν άλλους αποδεκτές της περιοχής.
- Να διευκολυνθεί η ανάπτυξη των ήδη κατεστραμμένων περιοχών, που πραγματοποιείται κυρίως για οικονομικούς λόγους.

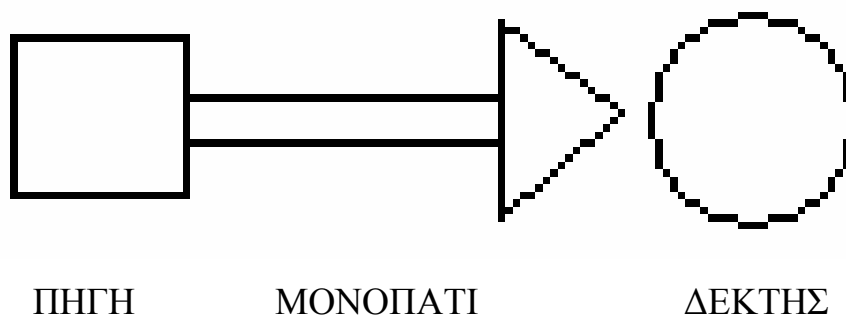
- Να αυξήσει της αξία μιας μολυσμένης περιοχής μέσω της καθαρότητας του εδάφους.

Αυτά τα σενάρια απευθύνονται σε περιοχές που είναι ήδη μολυσμένες και επιβάλλεται άμεση απορρύπανση. Σήμερα κύριος στόχος δεν είναι μονάχα η απορρύπανση μιας μολυσμένης περιοχής, αλλά κυρίως η πρόληψη και η αποφυγή της ανάπτυξης μόλυνσης.

Η αξιολόγηση και η διαχείριση των κινδύνων μιας μολυσμένης περιοχής βασίζεται στο πρότυπο του «δεσμού μόλυνσης» που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Αυτό περιλαμβάνει τρεις συνιστώσες :

- Τις αιτίες της μόλυνσης (πηγή)
- Τους αποδεκτές (δεκτής)
- Την πορεία με την οποία ο αποδεκτής έρχεται σε επαφή με τις ουσίες της μόλυνσης (μονοπάτι)

ΣΧΗΜΑ 2



Στις περισσότερες χώρες ο έλεγχος της επικινδυνότητας γίνεται σπάζοντας την αλυσίδα της μόλυνσης. Αυτό είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί με:

- Την μείωση ή την τροποποίηση της πηγής ρύπανσης.
- Σπάζοντας το μονοπάτι.
- Μετριάζοντας την έκθεση του αποδεκτή σε μολυσματικές ουσίες.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η κατάλληλη τεχνολογία απορρύπανσης μια περιοχής είναι αυτή που είναι σε αρμονία με τα τεχνικά και περιβαλλοντικά κριτήρια της περιοχής. Παρόλα αυτά όμως πολλές φορές είναι δυνατόν μια προτεινόμενη λύση να είναι κατάλληλη αλλά να μην είναι εφαρμόσιμη. Γενικά είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα η αποτελεσματικότητα των καινοτόμων προσεγγίσεων. Τις περισσότερες φορές αυτές οι προσεγγίσεις είναι σε θέση να επιτύχουν «αειφόρο» ανάπτυξη, και συνήθως έχουν μικρές αρνητικές επιπτώσεις.

Για την μελέτη της καταλληλότητας διαφορετικών μεθόδων απορρύπανσης και προσεγγίσεων για μια συγκεκριμένη περιοχή χρησιμοποιείται το παρακάτω ερωτηματολόγιο.

- Τι πραγματικά προσδοκούμε από την εφαρμογή μιας μεθόδου απορρύπανσης σε σχέση με τον έλεγχο του μονοπατιού (σχήμα) της μόλυνσης και την προστασία του αποδεκτή της μόλυνσης ;
- Από αυτά που προσδοκούμε τι είναι εφικτό να πραγματοποιηθεί; Για παράδειγμα πολλές φορές είναι αδύνατο να εφαρμοστεί μια συγκεκριμένη μέθοδος λόγω των χαρακτηριστικών της περιοχής.
- Ποιες είναι οι γενικότερες επιπτώσεις από την εφαρμογή της μεθόδου;
- Ποια κριτήρια κατά την διάρκεια εφαρμογής της μεθόδου θα καθορίσουν την ενδεχόμενη επιτυχία ή αποτυχία της μεθόδου;
- Με το πέρας της εφαρμογής της μεθόδου μπορούμε να επιβεβαιώσουμε την επιτυχία της;

Ποιες διαδικασίες έλεγχου και αποτίμησης απαιτούνται;

Η χρήση των παραπάνω ερωτήσεων παρέχει ένα πλαίσιο εργασίας με το οποίο μπορεί να εκτιμηθεί:

- Ποτέ μια μέθοδος απορρύπανσης μπορεί να εφαρμοστεί αποτελεσματικά σε μια μολυσμένη περιοχή.
- Τις τεχνικές προφύλαξης μπορεί να χρειάζεται να συμπεριληφθούν στην εφαρμογή της μεθόδου.
- Που υπάρχουν σημαντικά κενά γνώσεων τα οποία επηρεάζουν την απόδοση της μεθόδου απορρύπανσης.
- Που υπάρχουν κενά γνώσεων που αφορούν τις τεχνικές επιτόπιας (in situ) εφαρμογής της μεθόδου, την αποτίμηση και τον έλεγχο.

ΕΔΑΦΟΣ

Το έδαφος είναι το ανώτατο στρώμα του φλοιού της γης, δηλαδή το επιφανειακό στρώμα σε πάχος καλλιεργήσιμο 35 έως 50 πόντους. Το κάτω από το έδαφος στρώμα λέγεται υπέδαφος. Το υπέδαφος φτάνει στο 1,5 ως 2 μ. ως εκεί δηλαδή που προχωρούν οι ρίζες των φυτών και μπορεί να γίνει γεωργική εκμετάλλευση του. Όταν το έδαφος εξαντληθεί από την εντατική καλλιέργεια, με βαθύ σκάψιμο 1 ως 1,5 μ. το υπέδαφος φέρνεται στην επιφάνεια (οι γεωργοί το λένε γύρισμα), όποτε σε 5-6 μήνες γίνεται κατάλληλο για καλλιέργεια.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το έδαφος προήλθε από την αποσάθρωση (διάβρωση) των πετρωμάτων της γήινης επιφάνειας. Η αποσάθρωση αυτή οφείλεται σε πολλές αιτίες: Στη θάλασσα, τη βροχή, τον ήλιο, το κρύο, τον αέρα, τα φυτά, και τα ζώα. Το έδαφος, όταν δεν καλλιεργείται, πλουτίζεται ακατάπαυστα: Τα αυτοφυή φυτά (χόρτα, θάμνοι, δέντρα) με τις ρίζες τους το αποσαθρώνουν κάθε μέρα και το πλουτίζουν με τροφές που παίρνουν απ' τον αέρα (άζωτο κλπ.) και με τα φύλλα τους και τους κορμούς τους, που, όταν σαπίζουν, μεταβάλλονται σε τροφές για τα νέα φυτά.

Ανάλογα το πλουτίζουν και τα ζώα. Όσα απ' αυτά ζουν «υπόγεια» ζωή (σκουλήκια, μυρμηγκιά και αλλά έντομα και μικρόσωμα ζώα), το τρυπούν και έτσι το νερό, ο ήλιος, ο αέρας, μπαίνουν ευκολότερα στο έδαφος και κουβαλούν μέσα τους οργανικές ουσίες. Τέλος με τα απορρίμματα τους και τη σήψη των σωμάτων τους μετά τον θάνατο τους ολοκληρώνουν τον εμπλουτισμό του. Όσα ζουν «υπέργεια» ζωή, το αποσαθρώνουν με τις φωλιές τους και τα σκαλίσματα τους και το πλουτίζουν με τα υπολείμματα των τροφών τους, με τα κόπρανα τους, και με τα ίδιο το σώμα τους, μετά το θάνατο τους. Όλες αυτές οι οργανικές ουσίες που προέρχονται από τους ζωικούς οργανισμούς,

παρασέρνονται ευκολότερα από τα νερά των βροχών και αποθέτονται όπου λιμνάζουν τα ρυάκια και οι ποταμοί. Γι' αυτό το έδαφος στις κοιλάδες, τους κάμπους, και τα δέλτα των ποταμών πιο πολύ, είναι προσφορότερο στην γεωργία.

Όμως και το νερό και οι ακτίνες του ήλιου και ο αέρας, με την «οξειδωση» που προκαλούν στα συστατικά του εδάφους, τα διασπών και τα διαλύουν μεταβάλλοντας τα σε θρεπτικές για τα φυτά ουσίες.

Όλες οι παραπάνω αλλοιώσεις, που γίνονται στο έδαφος, το κάνουν να διαφέρει από το υπέδαφος και σε συνεκτικότητα και σε απόχρωση. Λίγες βέβαια ουσίες κατεβαίνουν με τα νερά και ως το υπέδαφος, μα όταν αυτό, με το γύρισμα, ανεβαίνει στην επιφάνεια, πρέπει να σπέρνεται ύστερα από 5 ή 6 μήνες, για να γίνεται στο μεταξύ η εδαφική αποσάθρωση (διάβρωση).

ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι φυσικές ιδιότητες του εδάφους είναι :

- Σύσταση: Είναι η αναλογία των χημικών συστατικών του εδάφους που υπάρχουν και σχηματίζουν την μορφολογική εικόνα του εδάφους. Ανάλογα με την αναλογία των χημικών συστατικών που υπάρχουν στο υπέδαφος, έχουμε και διαφορετικά μορφολογικά χαρακτηριστικά του εδάφους.
- Υφή: Είναι ο τρόπος με τον οποίο ενώνονται μεταξύ τους τα μόρια, δίνοντας άμορφη κρυσταλλική δομή. Η υφή εξαρτάται κατά πολύ και από την θερμοκρασία του εδάφους καθώς και από την σύσταση του. Το έδαφος δεν έχει την ίδια υφή και σύσταση παντού. Σε αυτό παίζει ρόλο και τι είδους έδαφος έχουμε.(όπως θα δούμε πιο κάτω υπάρχουν

κατηγορίες εδαφών που ποικίλλουν και διαφέρουν ανάλογα με την σύσταση τους).

- Πορώδες και ειδικό βάρος: Το πορώδες καθορίζεται από τον όγκο που έχουν τα διάκενα του εδάφους. Το πραγματικό ειδικό βάρος είναι γύρω στα 2,5 εκατοστά. Πορώδες έδαφος είναι το έδαφος το οποίο έχει τη χαρακτηριστική ιδιότητα να απορροφάει διάφορες ουσίες (υγρής ή μη υγρής μορφής) που είναι στην επιφάνεια του. Όσο πιο μεγάλα είναι τα διάκενα ανάμεσα στα μόρια του εδάφους τόσο πιο ισχυρή είναι και η απορρόφηση των διάφορων ουσιών προς το εσωτερικό του υπεδάφους.
- Υγροσκοπικότητα του εδάφους: Όταν όλα τα διάκενα του εδάφους είναι γεμάτα νερό, η υγροσκοπικότητα του εδάφους φτάνει το μέγιστο.
- Ειδική θερμότητα: Η θερμοκρασία είναι ένας από τους συντελεστές της ανάπτυξης των φυτών και εξαρτάται από τα συστατικά, το χρώμα του, την υγρασία του κλπ. Η θερμοκρασία του εδάφους παίζει σημαντικό ρόλο για την ανάπτυξη των φυτών και την συμπεριφορά των συστατικών του που έρχονται σε αλληλεπίδραση με διάφορες χημικές μεταβολές που γίνονται στο υπέδαφος λόγω διαφόρων περιπτώσεων.

ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Οι χημικές ιδιότητες του εδάφους είναι:

- Η απορροφητική του ικανότητα και τα φαινόμενα των ανταλλαγών.
- Η οξύτητα.
- Η ανόργανη θρέψη των φυτών.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Μορφολογικά, εάν εξετάσουμε το έδαφος, διακρίνουμε τις εξής τρεις κατηγορίες:

- Το πεδινό έδαφος.
- Το λοφώδες έδαφος.
- Το ορεινό έδαφος.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΕΔΑΦΩΝ

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

- Σε αμμώδη. Αυτά έχουν για κύριο συστατικό τους την άμμο. Είναι χαλαρά και αφράτα και το νερό και ο αέρας περνούν μέσα τους εύκολα και σε μεγαλύτερο βάθος. Όμως δε συγκρατούν υγρασία και οι θρεπτικές ουσίες της επιφάνειας τους ξεπλένονται εύκολα. Ακόμα τον χειμώνα ψύχονται γρήγορα και το καλοκαίρι θερμαίνονται πολύ. Τα φυτά που δεν έχουν βαθιές ρίζες, δε βρίσκουν πολλές θρεπτικές ουσίες στα εδάφη αυτά. Τα αμμώδη εδάφη χάνουν τα μειονεκτήματα τους αυτά, αν τα ανακατέψουμε με αργιλόχωμα γίνονται αργιλοαμμώδη ή με χωνεμένη κοπριά.



- Σε αργιλώδη ή κοκκινοχώματα. Σε αυτά η άργιλος (χώμα που χρησιμοποιούν στην κεραμοποιία). Τα εδάφη αυτά έχουν μεγάλη συνεκτικότητα και δύσκολα περνούν μέσα τους βαθιά το νερό, ο ήλιος, και ο αέρας. Το χειμώνα δεν τα διαπερνά το κρύο, αλλά στην επιφάνεια τους είναι ψυχρά. Το καλοκαίρι κρατούν υγρασία, αλλά στις μεγάλες ζεστές σκάζουν, δημιουργώντας μεγάλες ρωγμές. Οι ρίζες των φυτών δυσκολεύονται να προχωρήσουν βαθιά.



- Σε ασβεστολιθικά ή ασπροχώματα. Αυτά προέρχονται από ασβεστολιθικά πετρώματα και έχουν τα μειονεκτήματα των αργιλωδών εδαφών. Διορθώνονται, αν τους προσθέσουμε άμμο ή κοπριά, όπως στα αργιλώδη. Όχι όμως άσβεστη γιατί έχουν παρά πολύ.

- Σε χουμώδη ή κηποχώματα ή μαυροχώματα. Αυτά έχουν πολλές οργανικές ουσίες και το χρώμα τους είναι σκούρο (καστανό). Είναι αφράτα και διατηρούν την ζεστή το χειμώνα και την δροσιά το καλοκαίρι. Απορροφούν και κρατούν τα νερά σαν σφουγγάρια, τα διαπερνά εύκολα ο ήλιος και ο αέρας και μέσα τους ζούν σκουλήκια, και μικρόβια που μεγαλώνουν την γονιμότητα τους.



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

ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Το υπέδαφος μπορεί να χαρακτηριστεί από δύο κύριες υδρολογικές ζώνες: την **ακόρεστη ζώνη** (επίσης αποκαλούμενη ως ζώνη vadose), και την **κεκορεσμένη ζώνη**. Η **ακόρεστη ζώνη** αναφέρεται στην περιοχή μέσα και κάτω από την

επιφάνεια της γης, όπου τα κενά διαστήματα μεταξύ των εδαφολογικών κόκκων ή των ρωγμών των πετρωμάτων δεν γεμίζουν εξ ολοκλήρου με νερό. Η **ακόρεστη ζώνη** είναι σπάνια απολύτως ξηρά, επειδή το νερό βρίσκεται σχεδόν πάντα υπό μορφή σταγονιδίων υγρασίας και υδάτινων φιλμ στα κενά (πόρους) που βρίσκονται στο χώμα και τους βράχους. Επειδή αυτά τα κενά δεν γεμίζουν εξ ολοκλήρου με νερό (το υπόλοιπο του διαστήματος γεμίζει με τον αέρα), ένα φρέαρ εγκατεστημένο στην **ακόρεστη ζώνη** δεν θα παρήγαγε νερό. Στην πραγματικότητα, η υγρασία στην **ακόρεστη ζώνη** παραμένει παγιδευμένη στο χώμα ή το βράχο με τον ίδιο τρόπο που μια στήλη ύδατος ,που τοποθετείται στην επιφάνεια ενός πορώδους υλικού, απορροφάται από αυτήν. Η "προσρόφηση" ή "η αναρρόφηση" είναι το αποτέλεσμα τριχοειδών δυνάμεων.

Σε αντίθεση με την ακόρεστη ζώνη, η **κεκορεσμένη ζώνη** είναι η περιοχή κάτω από την επίγεια επιφάνεια όπου τα κενά διαστήματα μεταξύ των εδαφολογικών μορίων ή οι ρωγμές των πετρωμάτων είναι διαποτισμένα ή εξ ολοκλήρου γεμισμένα με νερό. Το ανώτερο μέρος της **κεκορεσμένης ζώνης**, καλούμενο ζώνη τριχοειδών, είναι μια λεπτή ζώνη όπου τα κενά είναι διαποτισμένα με το ύδωρ που παγιδεύεται από τις τριχοειδείς δυνάμεις. Το πάχος αυτής της ζώνης εξαρτάται από την κατανομή του μεγέθους των πόρων και κόκκων του εδάφους στο δίκτυο των υδροφόρων στρωμάτων. Το αμμοχάλικο και ο ρωγματώδης βράχος έχουν γενικά μικρές έως ανύπαρκτες ζώνες τριχοειδών, η άμμος έχει ζώνη τριχοειδών πάχους αρκετών

εκατοστών, ενώ οι άργιλοι έχουν πολύ παχύτερη ζώνη τριχοειδών. Κάτω από τη ζώνη τριχοειδών, το νερό είναι ελεύθερο να ρεύσει στο κενό διάστημα. Επομένως, εάν εγκατασταθεί ένα πηγάδι στη **κεκορεσμένη ζώνη**, το ύδωρ θα ρεύσει σε αυτό κάτω από τη ζώνη τριχοειδών. Η κορυφή της υδάτινης στήλης σε έναν τέτοιο υποθετικό φρέαρ αναφέρεται ως στάθμη νερού και θεωρείται συνήθως ότι αντιπροσωπεύει την κορυφή της ζώνης. Εντούτοις, η κορυφή της

διαποτισμένης ζώνης αντιστοιχεί πραγματικά στην κορυφή της τριχοειδούς ζώνης που βρίσκεται επάνω από τη στάθμη νερού.

ΜΟΛΥΝΣΗ ΤΗΣ ΑΚΟΡΕΣΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Ένα οργανικό υγρό που απελευθερώνεται στην ακόρεστη ζώνη σε επαρκή ποσότητα για να διαποτίσει το χώμα (για να γεμίσει όλους τους ανοιχτούς χώρους μεταξύ των εδαφολογικών μορίων) τείνει να βυθιστεί προς τη στάθμη του υπόγειου νερού από τη βαρύτητα, ανεξάρτητα από την πυκνότητα του. Το υγρό ακολουθεί τις ζώνες της υψηλότερης διαπερατότητας και τείνει να διαδοθεί πλευρικά στα λιγότερο διαπερατά στρώματα. Δεδομένου ότι το υγρό μεταναστεύει μέσω της ακόρεστης ζώνης, κάποια ποσότητα από αυτό παγιδεύεται από τριχοειδείς δυνάμεις στους εδαφολογικούς πόρους. Το ποσό του υγρού που παραμένει αναφέρεται ως κορεσμένο ίζημα και εκφράζεται γενικά ως ποσοστό επί τοις εκατό του κενού μέρους του χώματος που καταλαμβάνεται από το υγρό. Το κορεσμένο ίζημα αυξάνεται γενικά όσο μειώνεται το μέγεθος της μάζας πετρωμάτων και πόρων.

Η μετανάστευση μολυσματικών παραγόντων στο υπέδαφος μετά από μία διαρροή μπορεί να χαρακτηριστεί από τρεις διαδοχικές διαδικασίες: (1) διήθηση μέσω της ακόρεστης ζώνης, (2) προσρόφηση και διάδοση στη διαποτισμένη ζώνη, και (3) τη διάλυση στη διαποτισμένη ζώνη.

Ανάλογα με το βάθος της στάθμης των υπόγειων νερών κάτω από την περιοχή διαρροής, τον όγκο διαρροής, τη φύση των κάτω από την επιφάνεια υλικών, και το ιξώδες του προϊόντος υδρογονανθράκων, η μόλυνση μπορεί γρήγορα να φθάσει στη διαποτισμένη ζώνη. Εάν η στάθμη νερού εμφανίζεται σε μεγάλο βάθος κάτω από την περιοχή διαρροής ή και ο όγκος διαρροής είναι χαμηλός, οι υδρογονάνθρακες μπορούν να παγιδευτούν στην ακόρεστη ζώνη πριν φθάσουν στη στάθμη νερού.

Δεδομένου ότι οι υδρογονάνθρακες μεταναστεύουν προς τα κάτω μέσω της ακόρεστης ζώνης, μερική ποσότητα από αυτό μπορεί να εξατμιστεί και να σχηματίσει ατμό γύρω από τον υγρό πυρήνα. Εάν όλα τα υγρά υπολείμματα παγιδεύονται στο χώμα ως μάζα κορεσμού και δεν φθάνουν στο επίπεδο του υπόγειου νερού (όπως είναι κοινό με μια μικρή διαρροή), οι ατμοί μπορούν να συνεχίσουν να μεταναστεύουν και να διαλύονται στα υπόγεια νερά, μολύνοντας τα. Επιπλέον, η επανατρόφοδοση μπορεί να διαλύσει τις υπόλοιπες οργανικές ουσίες και να επιτρέψει την διήθηση τους στη στάθμη του υπόγειου νερού.

Η μακροχρόνια διάρκεια καθαρισμού πολλών προγραμμάτων επανόρθωσης και επεξεργασίας υπόγειων νερών έχει χρεωθεί, εν μέρει, την αποτυχία να αφαιρέσει τους υπολειμματικούς ρύπους από τη διαποτισμένη ζώνη vadose. Τα διορθωτικά μέτρα για την απορρύπανση μολυσμένων εδαφών περιλαμβάνουν ανασκαφή και εξωτερική εναπόθεση, ανασκαφή και επί τόπου επανόρθωση, και τεχνικές όπως η εξαγωγή ατμού. Η ανασκαφή και η εξωτερική εναπόθεση είναι μια προσφιλής τεχνική όταν η μόλυνση είναι 'ρηχή' και οφείλεται σε υδρογονάνθρακες όπως diesel ή καύσιμα αεριωθούμενων. Οι πιο πρόσφατες έρευνες έχουν τεκμηριώσει τη δυνατότητα των φρεατίων διεξόδων ατμού στο να υποβιβάζουν βιολογικά αυτά τα προϊόντα καυσίμων.

ΔΙΑΧΥΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Τα υπόγεια ύδατα αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο του υδρολογικού κύκλου. Για παράδειγμα το νερό της ατμόσφαιρας επιστρέφει στην γήινη επιφάνεια μέσω βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων τροφοδοτώντας ποτάμια ή διαπερνώντας το έδαφος και τροφοδοτώντας τους ταμειυτήρες υπογείων υδάτων (κορεσμένη ζώνη). Η εξάτμιση επαναφέρει το νερό στην ατμόσφαιρα κ.ο.κ. Από την άλλη πλευρά, υπάρχει συνεχής αλληλεπίδραση επιφανειακών (ποτάμια, λίμνες) και υπογείων υδάτων, με αποτέλεσμα η ποιότητα του ενός να είναι στενά συνδεδεμένη με την ποιότητα του άλλου.

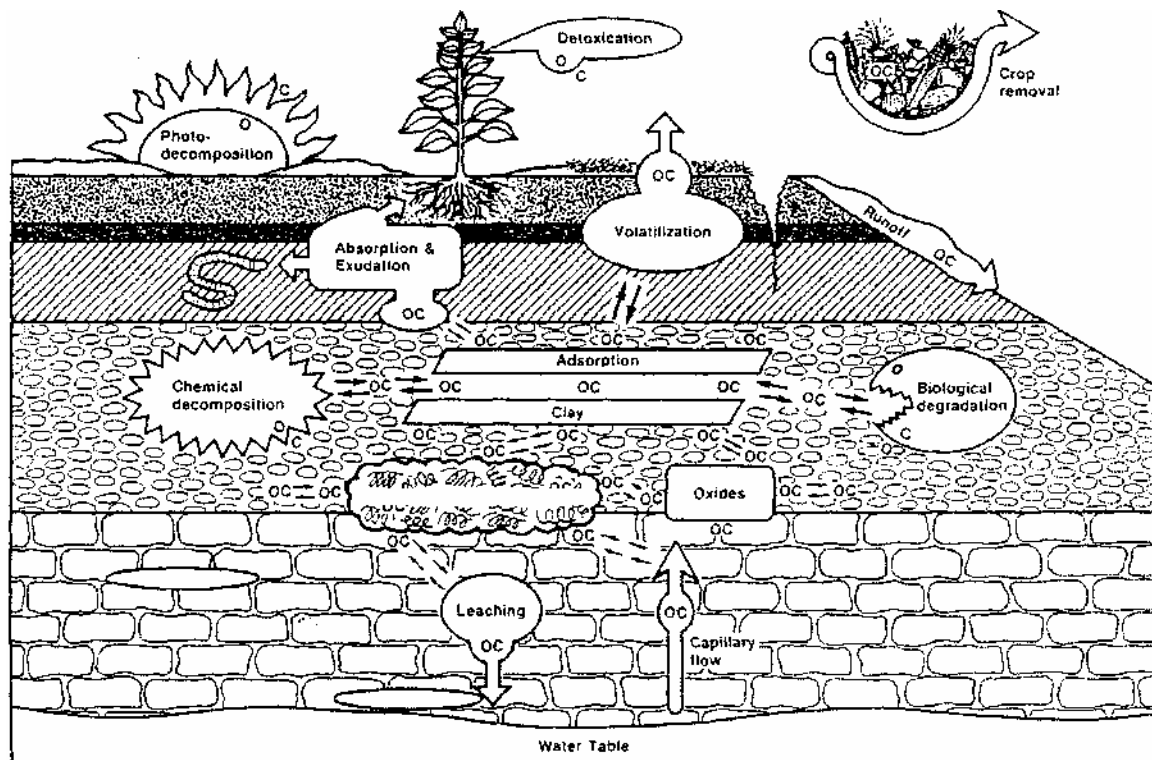
Όμως, τα υπόγεια ύδατα έχουν κάποιες ιδιαίζουσες διαφορές σε σχέση με τα επιφανειακά:

- δεν μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα,
- μπορεί να ρυπανθούν χωρίς αυτό να γίνει αντιληπτό από τον αίτιο ή τον χρήστη,
- δεν έχουν ιδιότητες αυτοκαθαρισμού,
- εφόσον ρυπανθούν είναι δύσκολο να επιστρέψουν στην προηγούμενη κατάσταση.

Τα παραπάνω έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα των επιφανειακών υδάτων όταν τα υπόγεια ύδατα εισέρχονται στο σύστημα των επιφανειακών και όταν χρησιμοποιούνται σαν πηγή πόσιμου νερού ή για άρδευση. Εν γένει η μεταφορά ρύπων δια μέσου της ακόρεστης και κορεσμένης ζώνης του υπεδάφους εξαρτάται από την τοπική υδρογεωλογία, την ορυκτολογική σύσταση του εδάφους καθώς και από τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των υπό διερεύνηση ρύπων.

Από την άλλη πλευρά, η τελική κατάληξη των ρύπων που εισέρχονται στο υπέδαφος είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης ενός σημαντικού αριθμού φυσικών, χημικών, βιολογικών διεργασιών (Σχήμα 1) όπως είναι η ελεύθερη ροή λόγω βαρύτητας ή εξαναγκασμένη ροή με το νερό της βροχής, ρόφηση στην οργανική φάση της στερεάς επιφάνειας των κόκκων του υπεδάφους, διαλυτοποίηση και υδροδυναμική διασπορά στη ρέουσα υδατική φάση του ταμιευτήρα και στο νερό διείσδυσης της ακόρεστης ζώνης (infiltrating water), εξάτμιση, βιοχημική αποικοδόμηση με την παρουσία συμφύων βακτηρίων, χημική αποικοδόμηση μέσω αβιοτικής υδρόλυσης, κτλ.

ΣΧΗΜΑ 3



ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΑΠΟ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ

Η μόλυνση εδάφους και υπόγειων νερών προκύπτει συνήθως από τις διαρροές ή τις απορρίψεις των χημικών ουσιών στην επιφάνεια της γης ή από τις υπόγειες διαρροές δεξαμενών αποθήκευσης. Οι πιο κοινές χημικές ουσίες που περιλαμβάνονται σε τέτοιες διαρροές είναι προϊόντα καυσίμων πετρελαίου. Υπό κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, αυτά τα προϊόντα εμφανίζονται ως υγρά (υγρή φάση). Επειδή οι ενώσεις σε αυτά τα καύσιμα έχουν χαμηλά σημεία βρασμού, μπορούν επίσης να εμφανιστούν ως ατμοί (αέρια φάση). Επειδή πολλές οργανικές ενώσεις που περιλαμβάνονται στα προϊόντα καυσίμων υδρογονανθράκων είναι διαλυτές στο νερό, μπορούν επίσης να εμφανιστούν σε υδατοδιαλυτή κατάσταση (υδατική φάση). Εντούτοις, η διαλυτότητα αυτών των ενώσεων είναι περιορισμένη. Εάν ένα σημαντικό ποσό υδρογονάνθρακα έρθει

σε επαφή με το νερό, θα διαλυθεί μόνο ένα μέρος. Το υπόλοιπο θα παραμείνει ως ξεχωριστό υγρό, σε επαφή με το νερό αλλά όχι αναμεμειγμένο με αυτό. Το χωριστό αυτό υγρό αναφέρεται ως NAPL. Εάν το NAPL έχει μια υψηλότερη πυκνότητα από το νερό (π.χ., οι περισσότεροι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες), αναφέρεται κι αυτό ως πυκνό DNAPL. Ομοίως, LNAPL όπως η βενζίνη, το diesel, τα καύσιμα αεριοθούμενων κ.λ.π., συνίστανται από ενώσεις ελαφρύτερες από το νερό.

Η απομάκρυνση των καυσίμων των υπολειμμάτων από καύσιμα υδρογονανθράκων που επιπλέουν στη επιφάνεια του νερού ή που διατηρούνται στην ακόρεστη ζώνη (ζώνη vadose) επάνω από την επιφάνεια του νερού, έχει πραγματοποιηθεί με ποικίλες μεθόδους.

ΜΕΘΟΔΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ ΑΠΟ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ.

Τα πετρελαιοειδή χρησιμοποιούνται εκτενώς στη χημική και μεταφορική βιομηχανία. Απαραιτήτως, αυτά τα υλικά επεξεργάζονται πολλές φορές από την παραγωγή στην τελική αγορά. Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς και χρήσης των υλικών αυτών απελευθερώνεται σημαντικό πόσο ρύπων στο χώμα και τα υπόγεια νερά που μπορεί να αντιπροσωπεύουν μια σημαντική απειλή στην περιβαλλοντική ποιότητα.

Οι υπάρχουσες γνώσεις της τύχης και των μηχανισμών μεταφοράς αυτών των προϊόντων και των θυγατρικών μεμονωμένων ενώσεων είναι περιορισμένη, λόγω της έλλειψης ενιαίων μεθόδων για τον προσδιορισμό της ποσότητας αυτών των υλικών στα χώματα, τα ύδατα, και τους ιστούς. Σε αυτό το κεφαλαίο αναφέρονται διάφορες αναλυτικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο για να αξιολογήσουν την μόλυνση από την παρουσία υδρογονανθράκων στα περιβαλλοντικά δείγματα, και συζητά τις εφαρμογές και τους περιορισμούς κάθε μιας. Οι αναλυτικές μέθοδοι που αναπτύσσονται

παρακάτω είναι: 1) η χρησιμοποίηση υψηλής ευκρίνειας Χρωματογραφία Αερίου (HPLC) 2) με την Ανίχνευση Ιονισμού Φλόγας (GC/FID) και 3) την υψηλής ευκρίνειας Χρωματογραφία Αερίου με την ανίχνευση Μαζικής Φασματομετρίας (GC/MS).

ΥΓΡΑ ΜΗ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ (NON-AQUEOUS PHASE LIQUIDS)- NAPLS.

Τα υγρά μη υδατικής φάσης είναι υγρά που είναι διαλυτά στο νερό. Επειδή δεν αναμιγνύονται με το νερό, διαμορφώνουν μια ξεχωριστή φάση. Παραδείγματος χάριν, το πετρέλαιο είναι NAPL επειδή δεν αναμιγνύεται με το νερό, το λαδί, και το ύδωρ, σε ένα δοχείο θα χωρίσουν σε δυο φάσεις. Τα NAPLs μπορούν να είναι ελαφρύτερα από το νερό (LNAPL) ή πυκνότερα από το νερό (DNAPL). Οι υδρογονάνθρακες, όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη, και οι χλωριωμένοι διαλυτές, όπως το τρίχλωροαιθυλένιο, είναι NAPLs.

ΕΛΑΦΡΙΑ ΥΓΡΑ ΜΗ ΥΔΑΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ (LIGHT NON-AQUEOUS PHASE LIQUIDS).

Τα ελαφριά υγρά μη υδατικής φάσης είναι υγρά που είναι ελαφρώς διαλυτά στο νερό και λιγότερα πυκνά από το νερό. Παραδείγματος χάριν, το λαδί είναι ένα LNAPL επειδή επιπλέει πάνω από το νερό και δεν αναμιγνύεται με το νερό. Οι υδρογονάνθρακες όπως το πετρέλαιο και η βενζίνη, είναι παραδείγματα κάποιων LNAPLs. Σε περιοχές οι οποίες είναι μολυσμένες από LNAPL μπορεί να διαμορφωθεί μια λίμνη από LNAPL στην υποεπιφάνεια του νερού. Το ακόλουθο διάγραμμα είναι μια διατομική άποψη για τον σχηματισμό LNAPL.

ΠΥΚΝΑ ΥΓΡΑ ΜΗ ΔΙΑΛΥΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ (DENSE NON-AQUEOUS PHASE LIQUIDS).

Τα πυκνά υγρά μη διαλυτικής φάσης (DNAPL) είναι υγρά τα οποία είναι πυκνότερα από το νερό και δεν διαλύονται ή δεν αναμιγνύονται εύκολα στο νερό (είναι άμμεικτα). Παρουσία του ύδατος διαμορφώνει μια χωριστή φάση από το νερό. Πολλοί χλωριωμένοι διαλυτές, όπως το τρίχλωροαιθυλένιο, είναι DNAPLs.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ LNAPL

Παρακάτω δίνονται πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των LNAPL, τον κορεσμό των LNAPL, τη διανομή του στην περιοχή αποκατάστασης με διπλή αντλία και στην περιοχή με συστήματα πολυφασικής εξαγωγής. Στο υποεπιφανειακό περιβάλλον το DNAPL μπορεί να υπάρξει σε περιοχές παγιδευμένων περιοχών ή σε λίμνες. Οι λίμνες διαμορφώνονται όταν μετακινείται στους πόρους του εδάφους. Οι λίμνες DNAPL είναι περιοχές στις οποίες το DNAPL είναι μια συνεχής μάζα μεταξύ των εδαφολογικών πόρων του υπεδάφους. Τα υπόγεια νερά που διατρέχουν μέσω της ζώνης πηγής DNAPL μολύνονται, διαμορφώνοντας μια στήλη μόλυνσης διαλυμένης - φάσης κατηφορίζοντας από την πηγή. Για να αποτραπεί η έκθεση στη μόλυνση ή για απαλλαγή από τη μόλυνση των υπόγειων νερών, η ζώνη πηγής DNAPL πρέπει είτε να περιοριστεί είτε να αποκατασταθεί. Ενισχυμένο ISB είναι μια καινοτόμος τεχνολογία που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μειώσει (ή διαμορφώσει) τους μολυσματικούς παράγοντες στις ζώνες πηγής DNAPL και συνεπώς να μειώσει τη μάζα DNAPL.

ΤΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΩΝ DNAPL

Η μεγάλη εμπειρία στην αποκατάσταση των υπόγειων υδάτων και του υπεδάφους έδειξε ότι η αποκατάσταση συγκεκριμένων τύπων μολυσματικών υλικών ήταν πολύ πιο δύσκολη απ' ό,τι οι μηχανικοί είχαν προβλέψει. Πολλά από τα υλικά τα οποία ήταν δύσκολο να χαρακτηριστούν και να αποκατασταθούν, μπορούσαν να ταξινομηθούν σε μια από τις τέσσερις βασικές μεγάλες κατηγορίες:

- Χλωριούχα διαλυτικά που χρησιμοποιούνται στο φινίρισμα μετάλλων, κατασκευή ημιαγωγών, στεγνό καθάρισμα, κατασκευή χημικών και εξοπλισμό συντήρησης.
- Μείγματα κρεοζότου που χρησιμοποιούνται για την προστασία ξύλινων προϊόντων.
- Πολυχλωριούχο διφαινύλιο (PCBs) που χρησιμοποιούνται πρωτίστως σε ηλεκτρικούς μετασχηματιστές και συμπυκνωτές.
- Υποπροϊόντα (π. χ γαιάνθρακας και πετρέλαια) από κατασκευασμένες εγκαταστάσεις αεριού.

Τα περισσότερα από τα υλικά που ανήκουν σε αυτές τις τέσσερις κατηγορίες είναι σχετικά άμμεικτα με το νερό και έχουν συγκεκριμένη βαρύτητα περισσότερο από ένα. Η αμμεικτικότητά τους, τους επιτρέπει προνομιακά να διατηρούν την μη υδατική φάση τους, διαλύονται αργά με το πέρασμα του χρόνου. Εφόσον η συγκεκριμένη βαρύτητα τους είναι μεγαλύτερη από ένα, αυτά τα υλικά τείνουν να προχωρήσουν προς τα κάτω, μέσα στα υπόγεια ύδατα και κάτω από την επίδραση της βαρύτητας και της στρωματογραφίας παρά να παρασυρθούν από την δυναμική της ροής των υπόγειων υδάτων. Η εξαίρεση σε αυτόν τον κανόνα είναι ότι τα DNAPLs έχουν συγκεκριμένη βαρύτητα κοντά στο ένα. Για αυτά η κατεύθυνση της υπόγειας ροής των υδάτων μπορεί να

επηρεαστεί από την κάθετη κλίση των υπόγειων υδάτων. Εξαιτίας αυτών των χαρακτηριστικών, αυτές οι ουσίες καλούνται DNAPLs. Η ικανότητα πολλών DNAPLs να κινούνται σαν μια μάζα, σχεδόν ανεξάρτητη από την ροή των υπόγειων υδάτων συχνά τα κάνει δύσκολα να εντοπιστούν και, σε σχέση με τη στρωματογραφία, δύσκολο να αποκατασταθούν (REMEDIATION). Η ικανότητα τους να διαλύονται μέσα σε υλικά λεπτότερης υφής περιορίζει τη δραστηριότητα των συστημάτων αντλίας, διότι ο μηχανισμός ανάκτησης των σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται με ελεγχόμενη διάχυση ατμού. Ωστόσο στο σημείο όπου η πίεση είναι ανεπαρκής ώστε να οδηγήσει το ρευστό μακρύτερα μέσα στη μήτρα του εδάφους ή σε ένα βράχο, η υπόλοιπη μάζα γίνεται μια συνεχής πηγή μόλυνσης του υπεδάφους. Συνεπώς αν το αντικείμενο της εργασίας είναι να θεραπεύσουμε ή να αφαιρέσουμε την πηγή μόλυνσης στο μολυσμένο υπέδαφος.

Τις παρακάτω ιδιότητες των DNAPL πρέπει να τις έχουμε υπ' όψη για την εύρεση τοποθεσίας των μολυσματικών παραγόντων.

- Σε χημικό επίπεδο τα DNAPLs είναι ηλεκτρικά μη αγώγιμα.
- Τα χλωριούχα διαλύματα είναι γενικά πτητικά και μπορούν να βρεθούν σε ταμιευτήρες.
- Η διαλυμένη φάση του χλωριούχου διαλύματος είναι σχετικά κινητική και επαρκώς διαλυτή για να είναι εύκολα ανιχνεύσιμη.
- Τα περισσότερα PCBs (μολυσματικοί οργανικοί παράγοντες) δεν είναι πτητικά και επαρκώς διαλυτά για να είναι εύκολα ανιχνεύσιμα στο υπέδαφος. Τα ελαφρύτερα PCBs έχουν κάποια διαλυτότητα (3mg/l) και θα ρευστοποιηθούν σε μερική έκταση του χώματος.
- Υποπροϊόντα άνθρακα πίσσας είναι ένα μείγμα φαινόλης όπως: βενζίνη, τουολόλη, αιθυλική βενζίνη και ξυλένιο. Τα αρωματικά και μικρότερα πολυπυρινικά αρωματικά είναι πτητικά και επαρκώς διαλυτά για να είναι

εύκολα ανιχνεύσιμα στα υπόγεια ύδατα του υπεδάφους. Η πίσσα και τα βαριά έλαια είναι ασθενές φθορίζοντα.

- Μείγματα άνθρακα πίσσας κρεοζώτου είναι ποίκιλλα και μπορούν ή δεν μπορούν να σχετίζονται με υπόγεια ύδατα.

ΦΥΣΙΚΗ / ΓΕΩΧΗΜΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ NAPL

Τα πυκνά υγρά μη υδατικής φάσης (DNAPL) είναι πυκνότερα από το νερό και είναι σχετικά άμμεικτα στο νερό, και τους επιτρέπει να παραμείνουν σε μη υδατική φάση. Ενώ αυτοί καθορίζουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των DNAPLs, υπάρχουν διάφορες άλλες φυσικές και χημικές ιδιότητες που επηρεάζουν την πραγματική μετακίνηση στην υποεπιφάνεια και την φυσική / γεωχημική συμπεριφορά τους. Η συμπεριφορά τους καθορίζεται από σύνθετες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των χημικών ουσιών DNAPL και των υδρογεωλογικών σχηματισμών μέσω των οποίων οι χημικές ουσίες DNAPL κινούνται.

Τα DNAPL υπόκεινται στις ακόλουθες διαδικασίες:

- Μετακίνηση προς τα κάτω λόγω βαρύτητας.
- Απορρόφηση και προσρόφηση στο χώμα.
- Πτητικότητα σε αέρια εδάφους.
- Διάλυση και διασπορά στα υπόγεια νερά.
- Προτιμώμενη διάλυση των συστατικών.
- Χωρισμός φάσης ή σχηματισμός γαλακτωμάτων.
- Μετασχηματισμός σε άλλες χημικές ουσίες με μικροβιολογικές ή και χημικές διαδικασίες.

Το πώς αυτές οι διαδικασίες εμφανίζονται και σε πιο βαθμό επηρεάζουν τη μετακίνηση των NAPL εξαρτάται από το χημικό σχηματισμό των NAPL και

των υποεπιφανειακών εδαφολογικών ιδιοτήτων. Όταν τα NAPL αποτελούνται από πολλαπλάσιες ενώσεις με διαφορετικά φυσικά χαρακτηριστικά τότε τα χαρακτηριστικά του μίγματος θα είναι διαφορετικά από εκείνα των καθαρών ουσιών.

ΕΙΔΙΚΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ

Η ειδική πυκνότητα χαρακτηρίζει τα DNAPLs τα οποία έχουν συγκεκριμένη βαρύτητα, μεγαλύτερη από ένα (1). Λαμβάνοντας υπόψη τα σχετικά ίσα ιξώδη, όσο μεγαλύτερη η συγκεκριμένη πυκνότητα, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η τάση της μολυσμένης ουσίας να μετακινείται κάτω από την επιρροή της βαρύτητας μέσω της υποεπιφάνειας. Υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει ικανοποιητική μάζα για να οδηγήσει την μετακίνηση, το DNAPL θα συνεχίσει να κινείται προς τα κάτω στο υπέδαφος μέσω των προτιμότερων διαβάσεων.

ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗ ΤΩΝ DNAPL ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ

Στην ζώνη vadose, τα τριχοειδή φαινόμενα είναι οι κυρίαρχοι μηχανισμοί που ελέγχουν τη μετακίνηση και την διανομή των μολυσμένων DNAPL. Σε αυτήν την κατάσταση, το DNAPL μπορεί να είναι υδατικό είτε μη υδατικό ρευστό, ανάλογα με την περιεκτικότητα των μέσων σε υγρασία. Στα ξηρά μέσα όπου το DNAPL και ο αέρας καταλαμβάνουν τα διαστήματα των πόρων του υπεδάφους τότε το DNAPL είναι συνήθως το υδατικό ρευστό το οποίο θα καλύψει τα γεωλογικά μέσα και θα καταλάβει κατά προτίμηση τα μικρότερα διαστήματα των πόρων του χώματος. Όπου το DNAPL είναι υδατικό ρευστό, οι τριχοειδείς δυνάμεις ενισχύουν την είσοδο DNAPL μέσα στα λεπτόκοκκα μέσα.

Πιο χαρακτηριστικά, η ζώνη vadose είναι εν μέρει κορεσμένη ή ύδωρ-υγρή, με συνέπεια το DNAPL, το νερό, και ο αέρας να καταλαμβάνουν τα διαστήματα πόρων. Το νερό θα είναι συνήθως το υδατικό ρευστό όσον αφορά το DNAPL θα καλύψει τα γεωλογικά μέσα και θα καταλάβει κατά προτίμηση τα μικρότερα

διαστήματα των πόρων. Το DNAPL θα είναι υδατικό όσον αφορά τον αέρα και θα καλύψει το νερό, και εγκαθίσταται μεταξύ των φάσεων ύδατος και αέρα.

Δυο διαδικασίες στην ζώνη vadose λειτουργούν για να μειώσουν μια μάζα DNAPL: αεριοποίηση στη φάση αέρα και διάλυση στο νερό. Η άμεση αεριοποίηση τους στο αέριο του υπεδάφους είναι γενικά ο σημαντικότερος μηχανισμός για την μείωση των μολυσματικών παραγόντων στην ζώνη vadose. Όσο υψηλότερη είναι η πίεση του ατμού τόσο ευκολότερη είναι η αποκατάσταση του υπεδάφους από των μολυσματικό παράγοντα. Στην συνέχεια ο απορροφημένος μολυσματικός παράγοντας μπορεί να ξανά κινητοποιηθεί μέσω της αεριοποίησης ή της διάλυσης. Η μόλυνση στην φάση του ατμού, είτε από την άμεση αεριοποίηση ή διάλυση και έπειτα την αεριοποίηση είναι μια πηγή για μια λίμνη διαλυμένης φάσης στο υπόγειο νερό, είτε από την διάλυση λόγω διήθησης του ύδατος είτε της διάχυσης στην επιφάνεια του νερού.

Η μόλυνση στη φάση ατμού θα κινηθεί λόγω διάχυσης και θα βυθίσει λόγω της μετατόπισης της πυκνότητας. Όσο ψηλότερη είναι η σχετική πυκνότητα ατμού, τόσο μεγαλύτερη είναι η τάση της μολυσμένης φάσης ατμού να απορροφηθεί. Αυτές οι διαδικασίες θα διαδώσουν την μόλυνση σε μια μεγαλύτερη περιοχή. Μπορεί να εμφανιστεί διάχυτη απώλεια ατμών στην ατμόσφαιρα, αλλά θα περιοριστεί εάν η επιφάνεια του υπεδάφους καλυφθεί με βλάστηση ή εάν υπάρχουν λεπτά – κοκκιώδη στρωματά που θα περιορίσουν την μετακίνηση του ατμού.

Η ακόλουθη εξίσωση χρησιμοποιείται συνήθως για να υπολογιστεί η μάζα μολυσματικών παραγόντων:

$$A_{ft} = Y_s \sum A_i B C_i \times 0.000006$$

όπου:

A_i = περιοχή μεταξύ των περιγραμμάτων συγκέντρωσης B = επιλεγμένο βάθος

C_i = μέσος όρος της οριοθέτησης των περιγραμμάτων συγκέντρωσης για την περιοχή i (mg/kg)

Y_s = βάρος μονάδων του χώματος, L = αριθμός τμημάτων περιοχής που αθροίζονται, M_t = συνολική μάζα σε όλα τα τμήματα (lb) 0.000006 = παράγοντας μετατροπής.

Εφόσον γίνει γνωστή η μάζα των υδρογονανθράκων, μπορούν να αναπτυχθούν εναλλακτικές στρατηγικές επανόρθωσης και μπορούν να υπολογιστούν οι δαπάνες και οι γενικές χρονικές απαιτήσεις για τον καθαρισμό του υπεδάφους.

Μέθοδοι όπως η 418.1 της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος (EPA), (συνολικά ανακτήσιμοι υδρογονάνθρακες πετρελαίου από υπέρυθρη φασματοσκοπία), έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάλυση του ύδατος και έχουν τροποποιηθεί, για να μετρήσουν τους συνολικούς ανακτήσιμους υδρογονάνθρακες πετρελαίου. Αυτό το εργαλείο διαλογής συχνά γίνεται αποδεκτό ως ακριβής αναλυτική μέτρηση χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιορισμοί της μεθόδου. Η μέθοδος 418.1 μέτρα την υπέρυθρη απορροφητικότητα των εξαγόμενων από φρέον υδρογονανθράκων σε σχέση με μικτά πρότυπα βαθμολόγησης του χλωροβενζολίου, ίσο-οκτανίου και κανονικού δεκαεξανίου.

Άλλες μέθοδοι της EPA χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό ορισμένων υδρογονανθράκων παρόντων στα πετρελαιοειδή. Οι μέθοδοι της EPA 602, 624, και 840 για την ανάλυση των πτητικών υδρογονανθράκων είναι επαρκώς ευαίσθητες αλλά προσδιορίζουν μόνο έναν περιορισμένο αριθμό των ενώσεων στο πετρέλαιο, καθιστώντας κατά συνέπεια δύσκολο το να προσδιορίσουν την πηγή. Οι ημιπτητικές οργανικές μέθοδοι 8270 και 625 EPA GC/MS συχνά χρησιμοποιούνται σε τόπους διαρροών πετρελαίου, αλλά στερούνται ευαισθησίας καθώς επίσης και επιλεκτικότητας στον προσδιορισμό κατάλοιπων πετρελαίου για να προσδιορίσουν την τύχη και την διαδικασία μεταφοράς του πετρελαίου στα περιβαλλοντικά δείγματα. Παραδείγματα των δεδομένων που παράγονται για να μετρήσουν τους Πολυκυκλικούς Αρωματικούς Υδρογονάνθρακες (PAH) στα Υδροδιαλυτά Μέρη (WSF) του πετρελαίου και των καύσιμων αεριοθούμενων (JP5), την χρησιμοποίηση της

τυποποιημένης EPA GC/MS μεθόδου (8270) και με την χρησιμοποίηση της GC/MS μεθόδου που προτείνεται σε αυτήν την μελέτη. Είναι σαφές ότι οι περισσότερες από τις PAH ενώσεις που περιλαμβάνουν τα καύσιμα JP5 και πετρελαίου δεν μετριοούνται με αυτήν την μέθοδο EPA.

Πολλά εργαστήρια έχουν τροποποιήσει τα πρωτοκολλά GC/MS της EPA και του Αμερικανικού Οργανισμού Δοκίμων και Υλικών (ASTM) για να βελτιώσουν τις τεχνικές μέτρησης για τα πετρελαιοειδή και τους μεμονωμένους υδρογονάνθρακες στα χώματα και τα ύδατα. Αυτές οι τροποποιημένες μέθοδοι είναι μια σαφής πρόοδος, πέρα από τις τυποποιημένες μεθόδους της EPA, γιατί ένα GC/FID χρωματογράφημα παρέχει πολύ περισσότερες πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να χαρακτηρίσουν τα προϊόντα υδρογονανθράκων και να υπολογίσουν τις συνολικές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων. Η αναλυτική ευαισθησία για τις περισσότερες τροποποιημένες μεθόδους GC/FID για τους συνολικούς Ανακτήσιμους Υδρογονάνθρακες Πετρελαίου (PHC) κυμαίνεται από 1 έως 10 mg/kg ξηρού βάρους για τα χώματα και από 10 έως 50 mg/L για τα ύδατα. Τα μεμονωμένα κατάλοιπα μπορούν να ανιχνευθούν περίπου ένα μέγεθος χαμηλότερο στη συγκέντρωση. Τα καταγεγραμμένα όρια για τους PHC στο χώμα είναι γενικά μέσα στο εύρος τιμών των περιβαλλοντικών συγκεντρώσεων. Εντούτοις, τα όρια για τους PHC στο νερό είναι 2 έως 3 μεγέθη μεγαλύτερα από τις συγκεντρώσεις που παρατηρούνται γενικά στην φύση. Επιπλέον, οι περισσότερες τροποποιημένες μέθοδοι EPA και ASTM δεν είναι τυποποιημένες, και τα κριτήρια ποιοτικού έλεγχου και οι αναλυτικοί όροι ποικίλλουν, με συνέπεια τα φτωχά αποτελέσματα σύγκρισης.

Το GC/FID χρωματογράφημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει τον τύπο προϊόντων βασισμένο στην κατανομή των ενώσεων n-αλκανίων, τις αναλογίες των ενώσεων pristane και phytane, το πλάτος του σύνθετου μίγματος, καθώς και τη μη αναγνωρισμένη σύνθεση μέγιστη ένωση στην περιοχή "χλόης" του χρωματογραφήματος. Η ελαφριά προς μέτρια διάσπαση προϊόντων ως

αποτέλεσμα της διάβρωσης, μπορεί να ελεγχθεί με την μέτρηση της αναλογίας του n-C17/pristine και του n-C18/phytane. Εάν το δείγμα περιέχει το φρέσκο ή απαλά διασπασμένο προϊόν, η ανάλυση κύριων τμημάτων των συγκεντρώσεων αλκανίων και ισοπρένιου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει την ύποπτη πηγή ρύπανσης.

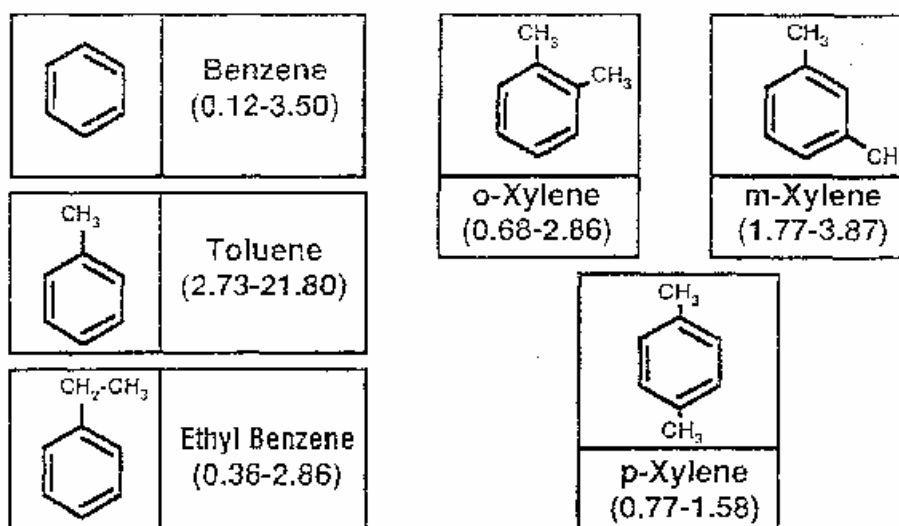
ΜΕΘΟΔΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ BENZINΗΣ ΚΑΙ DIESEL ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ.

Οι τρέχουσες μέθοδοι για την αναγνώριση μολυσμένων περιοχών περιλαμβάνουν την ανάλυση βενζόλιου, τολουολίου, ξυλόλιου, και αιθυλικού βενζόλιου (BTX&E) και την ανάλυση για τους συνολικούς υδρογονάνθρακες πετρελαίου (TPH). Και οι δύο μέθοδοι απαιτούν την εργαστηριακή ανάλυση με χρωματογραφία αερίου και μακρές χρονικές περιόδους παρακολούθησης. Έχουν χρησιμοποιηθεί συσκευές ανάλυσης ατμού υδρογονανθράκων επιτόπου για να καθορίσουν εάν ένα εδαφολογικό δείγμα πρέπει να ληφθεί για εργαστηριακή ανάλυση, αλλά έχει αποδειχθεί ότι τα αποτελέσματα των συσκευών αυτών ελάχιστα σχετίζονται με τα εργαστηριακός παραγόμενα αποτελέσματα. Μερικοί από τους παράγοντες που επιδρούν στη μεταβλητότητα των αποτελεσμάτων αφορούν το χρόνο της απόκρισης οργάνων, την ευαισθησία, τις διαδικασίες βαθμονόμησης, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, και την επιρροή της ηλικίας του δείγματος. Για αυτόν τον λόγο, οι συσκευές ανάλυσης ατμού δεν συστήνονται για επιβεβαίωση της απουσίας εδαφολογικής μόλυνσης. Επιπλέον, οι συσκευές ανάλυσης ατμού υδρογονανθράκων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το diesel, λόγω των σχετικά χαμηλών ποσών περιεχόμενων αρωματικών υδρογονανθράκων. Τα προβλήματα αυτά λύνει η εισαγωγή και χρήση της ανοσολογικής δοκιμής για την ανάλυση μολυσμένων από πετρέλαιο δειγμάτων ύδατος και χώματος. Αν και μέθοδοι όπως η χρωματογραφία αερίου θα παραμείνουν ένα κρίσιμο εργαλείο για την εξέταση

δειγμάτων που μολύνονται από πετρελαιοειδή, οι ανοσολογικές αναλύσεις έχουν μοναδικές ιδιότητες. Οι αναλύσεις αυτές παρουσιάζουν μεγάλο βαθμό εξειδίκευσης στις αρωματικές και πολυκυκλικές αρωματικές ενώσεις. Προσφέρουν διακριτικότητα και ευαισθησία, είναι γρήγορες και σχετικά ανέξοδες. Επιπλέον, μπορούν να εκτελεστούν χωρίς πολύπλοκες προετοιμασίες των δειγμάτων και είναι εύκολα προσαρμόσιμες στις επί τόπου δοκιμές .

Η μέθοδος της ανοσολογικής δοκιμής βασίζεται στην εξειδικευμένη ανάπτυξη αντισωμάτων μέσω ενζυμικής σύζευξης που εμφανίζουν ορισμένοι μικροοργανισμοί αντιδρώντας έτσι στην παρουσία συγκεκριμένων ενώσεων από κατάλοιπα πετρελαιοειδών στο υπέδαφος

ΣΧΗΜΑ 4



Εργαστηριακές μέθοδοι ανάλυσης και μέτρησης ρυπογόνων ουσιών σε νερά και εδάφη για την περιβαλλοντική εκτίμηση επικινδυνότητας και περιβαλλοντική αποκατάσταση.

Παρακάτω αναφέρονται διάφορες αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να αξιολογήσουν τη μόλυνση από την παρουσία ρύπων στα περιβαλλοντικά δείγματα. Μια αναλυτική μέθοδος χρησιμοποιεί την υψηλής ευκρίνειας Χρωματογραφία Αερίου με την Ανίχνευση Ιονισμού Φλόγας (GC/FID) και την

υψηλής ευκρίνειας Χρωματογραφία Αερίου με την ανίχνευση Μαζικής Φασματομετρίας (GC/MS). Τα αποτελέσματα των μεθόδων αυτών αφορούν τον προσδιορισμό και την ποσολόγηση των ρύπων στα περιβαλλοντικά δείγματα και κατά την φάση της αποθεραπείας και στην αξιολόγηση της επανόρθωσης.

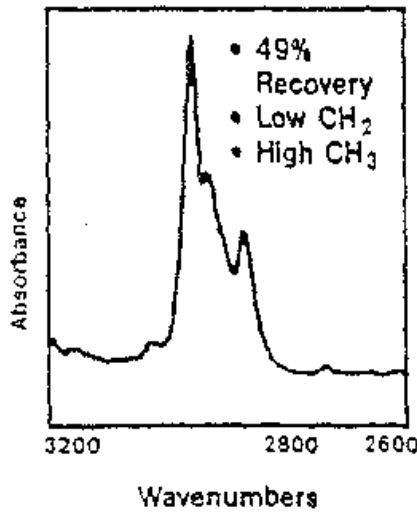
Οι χημικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται στην περιβαλλοντική εκτίμηση για να:

- Προσδιορίσουν τη συγκέντρωση των περιβαλλοντικά επικίνδυνων ενώσεων
- Προσδιορίσουν τη σύνθεση των ρυπογόνων ενώσεων, γνώση που χρησιμοποιείται περαιτέρω για να καθοριστεί αξιόπιστα η πηγή και οι ιδιότητες μεταφοράς των ρύπων.

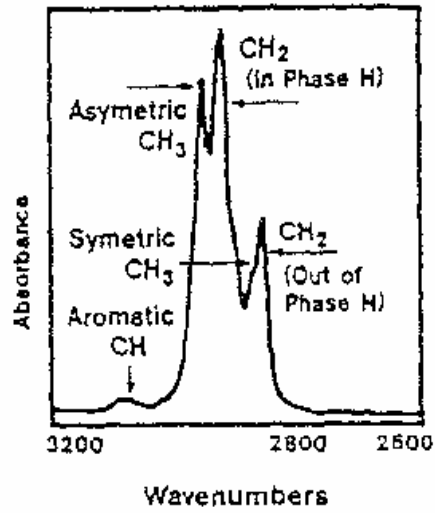
Άλλες μέθοδοι της EPA χρησιμοποιούνται επίσης για τον προσδιορισμό ορισμένων υδρογονανθράκων παρόντων στα πετρελαιοειδή. Οι μέθοδοι EPA 602, 624 και 8240 για την ανάλυση των πτητικών υδρογονανθράκων είναι επαρκώς ευαίσθητες αλλά προσδιορίζουν μόνο έναν περιορισμένο αριθμό ενώσεων του πετρελαίου, καθιστώντας κατά συνέπεια δύσκολο το να προσδιορισθεί η πηγή ρύπανσης. Οι μέθοδοι για τον προσδιορισμό ημιπτητικών ουσιών όπως οι μέθοδοι 8270 και 625 EPA GC/MS συχνά χρησιμοποιούνται in-situ σε τόπους διαρροών πετρελαίου, αλλά στερούνται ευαισθησίας καθώς επίσης και επιλεκτικότητας στον προσδιορισμό κατάλοιπων πετρελαίου στα περιβαλλοντικά δείγματα.

Total Recoverable Hydrocarbons By Infrared Analysis - EPA Method 418.1

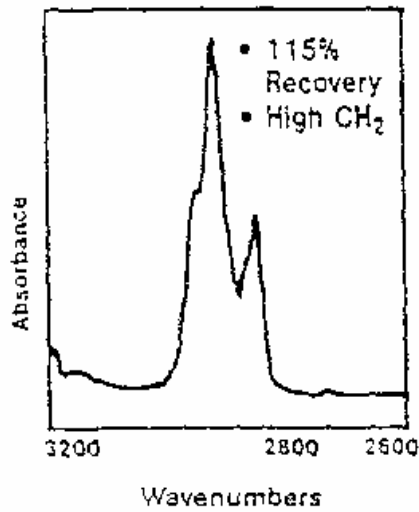
Gasoline



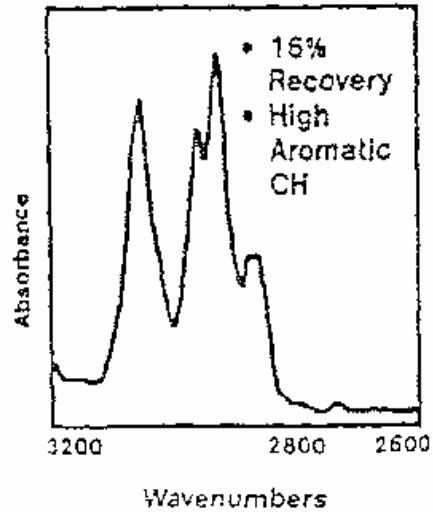
Calibration Standard



Fuel Oil #6



Creosote Oil



Το GC / FID χρωματογράφημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει προϊόντα NAPL. Βασίζεται κυρίως στην κατανομή των ενώσεων n-αλκανίων και τις αναλογίες των ενώσεων pristane και phytane. Έτσι η ελαφρά προς μέτρια διάσπαση προϊόντων ως αποτέλεσμα της διάβρωσης, μπορεί να ελεγχθεί με τη μέτρηση της αναλογίας του n-C17/prisiane και του η-C18/phytane. Εάν το δείγμα περιέχει το φρέσκο ή ελαφρά διασπασμένο προϊόν, η ανάλυση των συγκεντρώσεων αλκανίων και ισοπρένιου μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσει την ύποπτη πηγή ρύπανσης.

ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΑΠΟ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΩΝ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Ο όρος «φυτοφάρμακα» περιλαμβάνει μια ευρεία κατηγορία χημικών ουσιών που αποσκοπούν στην παρεμπόδιση, καταστροφή ή αντιμετώπιση οποιασδήποτε εντομών, τρωκτικών, παράσιτων ή άλλων μορφών ζωής που μπορεί να είναι επιβλαβή για την ανάπτυξη των φυτών. Κατ' αυτό τον τρόπο τα φυτοφάρμακα χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες όπως παρασιτοκτόνα, εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, τρωκτικοκτόνα κλπ. Μια άλλη ταξινόμηση των φυτοφαρμάκων- (ρύπων) (ο συνολικός αριθμός τους υπολογίζεται σε 20.000) βασίζεται στην χημική τους σύσταση και ορισμένες από τις πιο σημαντικές κατηγορίες αναφέρονται πιο κάτω.

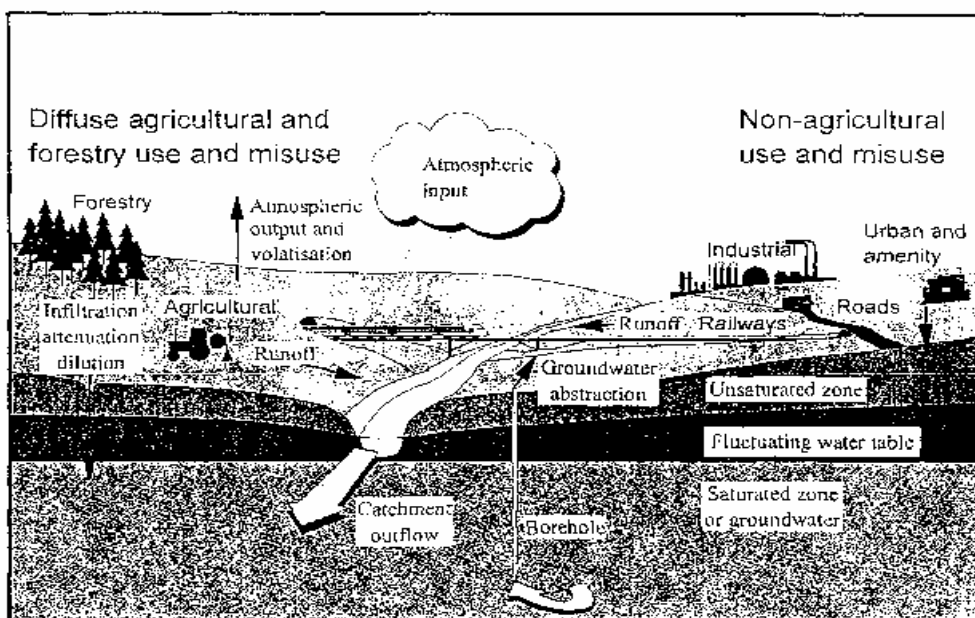
- Χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (π.χ. DDT, aldrin, dieldrin, heptachlor, chlordane, κλπ), με σχετικά μικρή διαλυτότητα στο νερό, μεγάλη τοξικότητα στα θηλαστικά, παραμονή στο περιβάλλον (persistence) και διέλευση μέσω της τροφικής αλυσίδας στους ιστούς.
- Οργανοφωσφορικά (π.χ. Malathion, diazinon, κλπ). Έχουν μικρότερο χρόνο παραμονής σε σχέση με τα προηγούμενα και χαρακτηρίζονται από πολύ μεγάλη τοξικότητα ως προς τους ζωικούς οργανισμούς.
- Καρβαμίδια (carbonyl, zactran, arprocarb, dimetilan, κλπ). Είναι τοξικά, με μεγαλύτερη παραμονή στο περιβάλλον σε σχέση με τα οργανοφωσφορικά και τείνουν να χρησιμοποιούνται ως ευρέως φάσματος φυτοφάρμακα δρώντας εναντίον ενός αριθμού ειδών παρά εκλεκτικά εναντίον μερικών.

- Πυρεθροειδή (π.χ. allethrin isomers, cyclothrin, phthalthrin, NRDC104, κλπ.) Αν και έχουν μικρή τοξικότητα στα θηλαστικά μπορεί να είναι εξαιρετικά τοξικά για τα ψαριά και την υδρόβια ζωή.

ΚΙΝΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Γενικά τα φυτοφάρμακα δεν παραμένουν σταθερά έπ' άπειρο αλλά αποικοδομούνται σε διάφορες χημικές ενώσεις μέσα σε μικρή ή μεγάλη χρονική περίοδο. Τα προϊόντα της αποικοδόμησης τους λέγονται μεταβολίτες και σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες) μπορεί να είναι εξίσου ή πιο τοξικά από τα αρχικά συστατικά.

ΣΧΗΜΑ 6



Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η σύνδεση μεταξύ όλων των χρήσεων των ρύπων (γεωργία, δασοκομία, μη καλλιεργήσιμη γη) και του υδάτινου περιβάλλοντος. Παρουσία στρωμάτων εδάφους (αγροτικές και δασικές περιοχές) οι ρυπαντές αυτοί μπορούν να παραμείνουν, αποικοδομηθούν, διαλυτοποιηθούν και διασπαρθούν στο υπέδαφος. Η μεταφορά τους ως προς τα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα μπορεί να επιταχυνθεί είτε από την εγκατάσταση συστημάτων αποστράγγισης ή από την αργή απορροή του νερού (run-off) πάνω σε διαπερατές επιφάνειες. Απουσία στρωμάτων εδάφους (αστικές περιοχές) μειώνεται η πιθανότητα παραμονής, αποικοδόμησης και διάσπασης των φυτοφαρμάκων και μπορεί να συμβεί γρήγορη διείσδυση των χημικών συστατικών στο υπέδαφος, σε τεχνητά συστήματα αποστράγγισης ή σε υποκείμενο ταμιευτήρια. Επίσης, η παρουσία ρύπων σε εδάφη και υπόγεια νερά μπορεί να οφείλεται σε σημειακές πηγές ρύπανσης (π.χ. ατυχήματα, ακατάλληλες συνθήκες διαχείρισης, αποθήκευσης, κλπ.) Για την πραγματοποίηση σωστού έλεγχου και την εφαρμογή των πλέον κατάλληλων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος είναι σημαντικό να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των σημειακών πηγών ρύπανσης και πηγών διάχυτης ρύπανσης μέσου του αγροτικού περιβάλλοντος. Η διάχυτη ρύπανση δεν είναι εύκολο να ανιχνευθεί και για αυτό γίνονται πολλές μελέτες ώστε να ταυτοποιηθούν και χαρακτηριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη κινητικότητα των ρύπων και να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι εκτεταμένης μόλυνσης.

Τα «μονοπάτια» και οι ρυθμοί μεταφοράς ρύπων είτε από διάλυση στην υδατική φάση ή απορροφημένα στην στέρεα φάση των κόκκων προσδιορίζονται από φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά των εδαφών. Η στέρεα μήτρα των εδαφών αποτελείται συνήθως από άμμο, λάσπη, άργιλο, και οργανική ύλη, ενώ ο πορώδης χώρος μπορεί να καταλαμβάνεται είτε μόνο από νερό (κορεσμένη ζώνη) ή νερό και αέρα (ακόρεστη ζώνη). Οι ρυπαντές μπορούν να υφίστανται

σε κάθε φάση σε συγκεντρώσεις που εξαρτώνται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Όπως αναφέραμε το υπέδαφος είναι ένα ετερογενές πορώδες μέσο, με πλέον σημαντικές ιδιότητες μεταφοράς την απόλυτη διαπερατότητα (υδραυλική αγωγιμότητα), τις καμπύλες τριχοειδούς πίεσης, τις καμπύλες σχετικών διαπερατοτήτων και τους συντελεστές υδροδυναμικής διασποράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τα τελευταία 15 χρόνια έχουν αναπτυχθεί μηχανιστικά – στοχαστικά μοντέλα τα οποία επιτρέπουν τον απευθείας υπολογισμό των ιδιοτήτων μεταφοράς πορωδών μέσων από πληροφορίες αναφορικά με μικροσκοπικές ιδιότητες της πορώδους δομής (π.χ. κατανομή μεγέθους πόρων) και τις συνθήκες ροής. Άλλοι δομικοί παράγοντες των εδαφών που μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά την κινητικότητα των ρύπων είναι η παρουσία διακλάσεων (ρωγμών) που δρουν σαν παρακαμπτήριοι οδοί μεγάλης υδραυλικής αγωγιμότητας και μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά την μεταφορά ρύπων προς το υπέδαφος.

Για την εκτίμηση της κινητικότητας των ρύπων, πραγματοποιούνται άπειρες πειραματικές μελέτες με στόχο τη μέτρηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων και των αλληλεπιδράσεων τους με το έδαφος. Οι εργαστηριακές μελέτες περιλαμβάνουν:

- Προσδιορισμό φυσικοχημικών ιδιοτήτων, όπως ο συντελεστής κατανομής οκτανόλης / ύδατος, η διαλυτότητα στο νερό, η τάση, κλπ
- Αξιολόγηση της κινητικότητας με χρωματογραφία λεπτού και το πάχος του στρώματος εδάφους και στήλης, ασυνεχή πειράματα προσρόφησης και μέτρηση του ρυθμού εξάτμισης.
- Μέτρηση αποικοδόμησης και διασκορπισμού για αερόβιο και αναερόβιο μεταβολισμό, υδρόλυση και φωτόλυση.

Πειραματικές δόκιμες στράγγισης ρύπων (leaching tests) πραγματοποιούνται είτε σε στήλες εδάφους το οποίο έχει ξηραθεί, διαταραχθεί, κοσκινιστεί και επανατοποθετηθεί ή σε λυσίμετρα όπου χρησιμοποιούνται αδιατάρακτες στήλες εδάφους και αναπαράγονται καλύτερα οι πραγματικές συνθήκες ροής. Τέλος δόκιμες πεδίου (field-tests) που πραγματοποιούνται σε μια συγκεκριμένη περιοχή αποτελούν την πλέον ιδανική κατάσταση παρακολούθησης της εξέλιξης της ρύπανσης αλλά είναι δύσκολος ο έλεγχος των πειραματικών συνθηκών. Ο χρόνος που απαιτείται για την απόκτηση μιας πλήρους εικόνας της κινητικότητας των ρύπων χρησιμοποιώντας δεδομένα από τις προαναφερθείσες μελέτες είναι σημαντικός (1-2 χρόνια) ενώ τα δεδομένα αφορούν μόνο την συγκεκριμένη τοποθεσία. Το κόστος εγκατάστασης – πραγματοποίησης πειραμάτων πεδίου σε διάφορες τοποθεσίες είναι πολύ μεγάλο ενώ παράλληλα είναι ανάγκη να χαρακτηριστεί η κινητικότητα των ρύπων για διάφορα σενάρια ρύπανση. Για τους ανωτέρω λόγους είναι αναγκαία η χρήση υπολογιστικών εργαλείων σαν φθινών και αποτελεσματικών μεθόδων απόκτησης πληροφοριών για τη χώρο – χρονική εξάπλωση της ρύπανσης στο υπέδαφος. Στο παρελθόν έχει αναπτυχθεί ένας μεγάλος αριθμός μακροσκοπικών εξομοιωτών της μεταφοράς ρύπων στο υπέδαφος. Οι εξομοιωτές αυτοί έχουν ταξινομηθεί σε τρεις κατηγορίες: (1) Κοσκινίσματος, (2) Διαχείρισης, (3) Προσομοίωσης. Αν και πιο πρόσφατα έχουν αναπτυχθεί αρκετοί νέοι εξομοιωτές, το μεγαλύτερο μέρος της ερευνάς επικεντρώνεται στην επαλήθευση συγκριτική – αξιολόγηση των υπαρχόντων με στόχο την περαιτέρω βελτίωση τους. Το βασικό μειονέκτημα για την μεγάλη πλειοψηφία των εξομοιωτών είναι η έλλειψη ικανοποιητικών μεθοδολογιών για τον προσδιορισμό αξιόπιστων τιμών για τις ιδιότητες μεταφοράς των εδαφών καθώς επίσης και για τις κινητικές σταθερές διεργασιών μεταφοράς μάζας, ρόφησης, αποικοδόμησης, κλπ.

ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

Για την χημική ανάλυση των ρύπων σε νερά, χρησιμοποιούνται τεχνικές υγρής και αέριας χρωματογραφίας σε συνδυασμό με φασματοσκοπικές τεχνικές ανίχνευσης. Για τη μείωση της ποσότητας των χρησιμοποιούμενων οργανικών διαλυτών για εκχύλιση, καθώς επίσης και του χρόνου υγρής και στερεής φάσης τείνουν να αντικατασταθούν από αντίστοιχες τεχνικές μικροεκχύλισης υγρής και στερεής φάσης. Αναφορικά με την εκτίμηση επικινδυνότητας μολυσμένων εδαφών, έχει γίνει πρόσφατα μια καταγραφή των πρακτικών και μεθόδων που χρησιμοποιούνται στην Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια της συντονισμένης δράσης CARACAS. Όσον αφορά την Ελλάδα, μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχε κάποιος οδηγός για την εκτίμηση επικινδυνότητας μολυσμένων τοποθεσιών και συνήθως ακολουθούνται πρωτοκολλά των ΗΠΑ (US EPA) ή αντιστοιχών υπηρεσιών Ευρωπαϊκών χωρών. Η διάχυτη και προοδευτική φύση της συσσώρευσης ρύπων καθιστά δύσκολο τον έλεγχο όσο και την διαχείριση αυτού του είδους της ρύπανσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι πρόσφατες έρευνες των οργανισμών του υπουργείου περιβάλλοντος της Δανίας (όπου το 98% του πόσιμου νερού προέρχεται από υπόγειους ταμιευτήρες) έδειξαν την παρουσία ρύπων και προϊόντων αποικοδόμησης στο 30% των φρεατίων που ελέγχθηκαν. Αξίζει να αναφερθεί ότι η οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το πόσιμο νερό διατυπώνει ότι η μέγιστη αποδεκτή συγκέντρωση για ένα ρύπο είναι 0,1 μg/l και η συνολική είναι 0,1 μg/l. Δεδομένου ότι η εγκατάσταση ενός εκτεταμένου συστήματος παρακολούθησης της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων μέσω φρεατίων είναι μια πολύ δαπανηρή και χρονοβόρα λύση, θα έπρεπε σε πρώτη φάση να εξεταστούν φθηνές, γρήγορες και γενικής χρήσης μεθοδολογίες συλλογής και αξιολόγησης στοιχείων για την εκτίμηση των κινδύνων που εγκυμονεί για τον άνθρωπο και το οικοσύστημα, η διάχυτη ρύπανση ρύπων στο υπέδαφος και στα υπόγεια ύδατα.

Μακροπρόθεσμα, οι μεθοδολογίες αυτές σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα κλιματολογικά, γεωμορφολογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά διάφορων περιοχών της Ελλάδος θα επιτρέψουν στις κατά τόπους υπηρεσίες περιβάλλοντος να αντλήσουν πολύτιμες πληροφορίες αναφορικά με το επίπεδο ρύπανσης των υπόγειων υδάτων με ρύπους και να πάρουν αποφάσεις σχετικά με την λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

ΔΙΑΧΥΤΗ ΡΥΠΑΝΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΩΝ

Στο παραπάνω σχήμα φαίνεται η σύνδεση μεταξύ όλων των χρήσεων ρύπων (γεωργία, δασοκομία, μη καλλιεργήσιμη γη) και του υδάτινου περιβάλλοντος. Παρουσία στρωμάτων εδάφους (αγροτικές και δασικές περιοχές) οι ρυπαντές μπορούν να παραμείνουν, αποικοδομηθούν, διαλυτοποιηθούν και διασπαρθούν στο υπέδαφος. Η μεταφορά τους προς τα υπόγεια ή επιφανειακά ύδατα μπορεί να επιταχυνθεί είτε από την εγκατάσταση συστημάτων αποστράγγισης ή από την αργή απορροή του νερού (run-off) πάνω σε διαπερατές επιφάνειες. Απουσία στρωμάτων εδάφους (αστικές περιοχές) μειώνεται η πιθανότητα παραμονής, αποικοδόμησης και διάσπασης των ρύπων και μπορεί να συμβεί γρήγορη διείσδυση των χημικών συστατικών στο υπέδαφος, σε τεχνητά συστήματα αποστράγγισης ή σε υποκείμενο ταμιευτήρα. Επίσης, η παρουσία ρύπων σε εδάφη και υπόγεια νερά μπορεί να οφείλεται σε σημειακές πηγές ρύπανσης (π.χ. ατυχήματα, ακατάλληλες συνθήκες διαχείρισης, αποθήκευσης, κλπ). Για τη πραγματοποίηση σωστού ελέγχου και την εφαρμογή των πλέον κατάλληλων μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος είναι σημαντικό να γίνει διαχωρισμός μεταξύ των σημειακών πηγών ρύπανσης και πηγών διάχυτης ρύπανσης μέσω του αγροτικού περιβάλλοντος. Η διάχυτη ρύπανση δεν είναι εύκολο να ανιχνευθεί και γι αυτό γίνονται πολλές μελέτες ώστε να ταυτοποιηθούν και χαρακτηριστούν οι παράγοντες που επηρεάζουν τη κινητικότητα των ρύπων και

να ελαχιστοποιηθούν οι κίνδυνοι εκτεταμένης μόλυνσης.

Τα «μονοπάτια» και οι ρυθμοί μεταφοράς ρύπων είτε υπό διάλυση στην υδατική φάση ή απορροφημένα στη στερεά φάση των κόκκων προσδιορίζονται από φυσικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά των εδαφών. Η στερεά μήτρα των εδαφών αποτελείται συνήθως από άμμο, λάσπη, άργιλο και οργανική ύλη, ενώ ο πορώδης χώρος μπορεί να καταλαμβάνεται είτε μόνο από νερό (κορεσμένη ζώνη) ή νερό και αέρα (ακόρεστη ζώνη). Οι ρυπαντές μπορούν να υφίστανται σε κάθε φάση σε συγκεντρώσεις που εξαρτώνται από πολλούς περιβαλλοντικούς παράγοντες.

Το υπέδαφος είναι ένα ετερογενές πορώδες μέσο, με πλέον σημαντικές ιδιότητες μεταφοράς την απόλυτη διαπερατότητα (υδραυλική αγωγιμότητα), τις καμπύλες τριχοειδούς πίεσης, τις καμπύλες σχετικών διαπερατοτήτων και τους συντελεστές υδροδυναμικής διασποράς. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τα τελευταία 15 χρόνια έχουν αναπτυχθεί μηχανιστικά-στοχαστικά μοντέλα τα οποία επιτρέπουν τον απευθείας υπολογισμό των ιδιοτήτων μεταφοράς πορωδών μέσων από πληροφορίες αναφορικά με μικροσκοπικές ιδιότητες της πορώδους δομής.

ΦΥΤΟΦΑΡΜΑΚΑ: ΡΥΠΑΝΤΕΣ ΤΟΥ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ

Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή είναι μια σημαντική πηγή ρύπων για την μόλυνση των πηγών στο υπόγειο νερό και στο υπέδαφος με την αποβολή του εθνικού επιφανειακού νερού μπορεί να είναι ένας συμβάλλοντας παράγοντας προς την πτώση των πόρων διαβίωσης και την επιδείνωση των οικοσυστημάτων. Μια πρόσφατη ερευνά από το αμερικανικό US EPA (SEPAL 1993) βρήκε ρυπαντές ανιχνεύοντας 16.606 φρεάτια σε 45 κράτη, συγκεντρώνοντας 10.000 αυτά που υπερβαίνουν τα συμβουλευτικά όρια υγείας. Τα οικονομικώς αποδοτικά εργαλεία αξιολόγησης χρησιμοποιούνται για να ρυθμίσουν την χρήση των γεωργικών χημικών ουσιών, να προσδιορίσουν τις

περιοχές που είναι ενδεχομένως τρωτές στη ρύπανση μη σημειακής - πηγής, και στοχεύουν στην αποκατάσταση του οικοσυστήματος υποστήριξης με την βελτίωση της ποιότητας νερού.

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΡΥΠΩΝ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ

Τα φυσικά βασισμένα περιβαλλοντικά πρότυπα προσομοίωσης μπορούν να είναι οικονομικώς αποδοτικά εργαλεία για τις πηγές ως εναλλακτική λύση στις δαπανηρές και παρατεταμένες στρατηγικές έλεγχου τομέων. Τα περιβαλλοντικά πρότυπα προσομοίωσης fate και μεταφορών ποικίλουν στη σύνθεση τους και τους σκοπούς τους, από τις απλές συσσωρευμένες παραμέτρους στις διανεμημένες παραμέτρους. Τα τελευταία είναι περιεκτικότερα στο επίπεδο λεπτομέρειας και αποτελούν την ετερογένεια του διαμορφωμένου περιβάλλοντος. Η χρήση τους στην πράξη, εντούτοις μπορεί να εμποδιστεί από την έλλειψη ικανοποιητικών στοιχείων που δικαιολογούν την πολυπλοκότητα τους. Με την εφαρμογή του forward μετασχηματισμού του Lap lace σε ένα διφασικό πρότυπο μεταφορών διαλυτής ουσίας, αναπτύσσουμε τις σχέσεις μαζικού μέρους, οι οποίες περιγράφουν τη διύλιση και τη μορφή των ρύπων στο χώμα και τα υπόγεια νερά.

Οι σχέσεις βελτιώνονται επάνω στην υπάρχουσα ευπάθεια-αξιολόγηση των πρότυπων δεικτών του ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ.

Τα πρότυπα αναπτύσσονται για να περιγράψουν τη διύλιση των ρύπων στη ζώνη ρίζας και την ενδιάμεση ζώνη vadose, και το ξέπλυμα της υπόλοιπης μάζας διαλυτής ουσίας στο υδροφόρο στρώμα. Οι διαβάσεις απώλειες των ρύπων στο χώμα, όπως η αεριοποίηση, η λήψη συγκομιδών, και η βιοχημική αποσύνθεση, τονίζονται ιδιαίτερα, και η επίδραση της τοπικής μεταφοράς διασποράς και μη ισορροπίας στις κινητές-ακίνητες φάσεις αναλύεται. Αποδεικνύεται ότι η επίδραση της διάχυτης μεταφοράς στα διωλισμένα μαζικά μέρη εξαρτάται από το μέρος όγκου της ακίνητης φάσης, από την προσρόφηση,

από τον προφανή συντελεστή ποσοστού μάζας μεταφοράς, και από την πρώτη κατηγορία του ποσοστού αποσύνθεσης στην ακίνητη ζώνη. Η ανάλυση λάθους δείχνει ότι η πλήρης μίξη των πρότυπων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μιμηθεί τη διύλιση των μερών του ρύπου όταν ο αριθμός Peclet, Pr , είναι μεγαλύτερος από την μονάδα. Εντούτοις αγνοώντας την επίδραση της διασποράς μπορεί να υποτιμήσει να διυλίσει σημαντικά όταν $Pr < 1$, όπως για τις πτητικές ενώσεις. Η πιθανή εφαρμογή των πρότυπων στο σχέδιο των ζωνών προστασίας υπόγειων νερών και υπεδάφους ερευνάται, τα αποτελέσματα ανάλυσης και εφαρμογής καταδεικνύουν την εξάρτηση του μεγέθους του προστατευτικού απομονωτή στις πιθανές διαβάσεις απώλειας στο εδαφολογικό περιβάλλον, του μεγέθους της περιοχής πηγής, και των γεωμετρικών, υδραυλικών και βιοχημικών ιδιοτήτων υδροφόρων στρωμάτων. Η πιθανή χρήση των πρότυπων για την διαχείριση των ρύπων ερευνάται επίσης με την επίπτωση επιβλαβών απόβλητων στην επεξεργασία του εδάφους.

Η έκταση της προσρόφησης από το χώμα (ίζημα) είναι επακόλουθη στη δραστηριότητα και την καταγραφή των οργανικών ρύπων και των ρύπων στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στο υπέδαφος. Ενώ οι έρευνες για τους παράγοντες που ελέγχουν την λήψη των οργανικών ενώσεων από τα χώματα έχουν αποκαλύψει μερικά σημαντικά γεγονότα μεταξύ της δεκαετίας του '50 και του '70, εν τω μεταξύ υπήρξε μια αυξανόμενη χρήση των φυτοφαρμάκων, καμία γενική συμφωνία δεν επιτεύχθηκε σχετικά με τον μηχανισμό. Από την δεκαετία '70 αυτός ο τομέας της ερευνάς έχει γίνει πιο σημαντικός λόγω της δημόσιας ανησυχίας σχετικά με την πιθανότητα της περιβαλλοντικής μόλυνσης από μια ευρεία ποικιλία των οργανικών μολυσματικών παραγόντων. Ως αποτέλεσμα αυτής της συνεχόμενης προσπάθειας, αυτός ο τομέας της ερευνάς παρέχει τώρα μια παγιωμένη άποψη της προσροφητικής αλληλεπίδρασης μεταξύ των οργανικών ενώσεων και των χωμάτων.

Προκείμενου να εκτιμηθεί πλήρως η ευρεία ποικιλία των φαινομένων προσρόφησης για τις οργανικές ενώσεις στο χώμα, είναι σημαντικό να

αναγνωρίζεται η ετερογενής φύση του χώματος (δηλ. τη σύνθεση της οργανικής ουσίας και του ορυκτού θέματος στις διάφορες αναλογίες) σε απάντηση στους μεταβλητούς όρους συστημάτων. Είναι γνωστό από μελέτες ότι η προσρόφηση των μη ιονικών οργανικών ενώσεων από το χώμα στα υδάτινα συστήματα καθώς και στο υπέδαφος ελέγχεται κυρίως από το περιεχόμενο οργανικής ουσίας του χώματος. Σε αντίθεση η προσρόφηση από ξηρά και σχεδόν κορεσμένα χώματα από τους μη πολικούς οργανικούς διαλυτές καθορίζεται κυρίως από τον ορυκτό τύπο και το περιεχόμενο τους. Το επίκεντρο του προβλήματος βρίσκεται, επομένως στον χαρακτηρισμό των μηχανικών λειτουργιών της εδαφολογικής οργανικής ουσίας του ορυκτού στη λήψη του οργανικού μίγματος υπό τις διάφορες συνθήκες συστημάτων.

Στο ακόλουθο κείμενο που πραγματεύεται την μηχανική λειτουργία της εδαφολογικής οργανικής ουσίας και των μεταλλευμάτων, μερικοί συγκεκριμένοι όροι αναφέρονται συχνά στις σχετικές περιπτώσεις. Ο όρος απορρόφηση χρησιμοποιείται για να δείξει τη λήψη μιας διαλυτής ουσίας από το χώμα (ή από ένα συστατικό του χώματος) χωρίς αναφορά σε έναν συγκεκριμένο μηχανισμό. Ο όρος προσρόφηση αναφέρεται στην συμπύκνωση των ατμών (και τα δυο αναφέρονται ως προσροφούμενες ουσίες) στις επιφάνειες ή τους εσωτερικούς πόρους ενός στέρεου (προσροφητικό) από τις φυσικές ή χημικές συνδεμένες δυνάμεις. Σε αντίθεση με την προσρόφηση, ο όρος διαχωρισμός ή χωρισμός χρησιμοποιείται για να δείξει μια λήψη στην οποία η απορροφούμενη οργανική ουσία διαπερνά το δίκτυο ενός οργανικού μέσου από δυνάμεις κοινές με την λύση (π. χ από δυνάμεις Van Der Waals). Ο διαχωρισμός είναι ανάλογος με την εξαγωγή μιας οργανικής ένωσης από το νερό σε μια οργανική φάση. Όταν η οργανική φάση είναι ένα στέρεο (π. χ εδαφολογική οργανική ουσία), ο διαχωρισμός διακρίνεται για την προσρόφηση από την ομοιογενή διανομή του απορροφημένου υλικού (μολυσματικού παράγοντα) μέσω του ολικού όγκου της στέρεας φάσης.

Στις προηγούμενες μελέτες της προσρόφησης των ρύπων από το χώμα θεωρήθηκε συχνά ως ενιαίο προσροφητικό, ή μικό προσροφητικό σε αναλογία με μερικά σαφώς καθορισμένα προσροφητικά. Παρ' όλο που αυτή η άποψη αφορά ένα μεγάλο μέρος των στοιχείων προσρόφησης (των μη ιονικών) ρύπων με ξηρά (ή σχεδόν κορεσμένα) χώματα, συναντά δυσκολία στην προσπάθεια να ερμηνευθούν τα αποτελέσματα με τα διαποτισμένα με νερό χώματα (σημειώστε εδώ ότι η περιεκτικότητα του κορεσμένου μολυσματικού χώματος σε νερό δεν καθορίζεται με βάση τη χωρητικότητα του υπεδάφους αλλά από την περιεκτικότητα του σε υγρασία σε ισορροπία με τους υδρατμούς στην 100% σχετική υγρασία). Ο προσροφητικός χαρακτήρας του χώματος αναγνωρίστηκε αναμφίβολα, παραδείγματος χάριν, από μη – γραμμικούς ισόθερμους, και καταστολή από το νερό, στη λήψη ατμού του μεθυλίου βρωμιδίου, βενζόλιο και μονοχλωροβενζόλια από τα ξηρά χώματα και τους αργίλους. Ομοίως, η λήψη παραθείου και λιντανίου (εντομοκτόνου) από το εξάνιο των χωμάτων αποδείχτηκε ότι επηρεάζεται από την υγρασία του εδάφους. Αυτά τα αποτελέσματα είναι χαρακτηριστικά της επιφάνειας προσρόφησης.

Τα στοιχεία προσρόφησης στο υδάτινο σύνολο των συστημάτων (ή για τα διαποτισμένα με νερό χώματα) επιδεικνύουν μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα. Ειδικότερα, όπως δηλώνεται η λήψη ποσότητας του χώματος για τις δεδομένες ενώσεις συσχετίζεται πολύ με το περιεχόμενο οργανικής μολυσματικής ουσίας του χώματος. Η λήψη των οργανικών μολυσματικών ατμών από τα υγρά χώματα παρουσιάζει παρόμοια αποτελέσματα. Οι ισόθερμες ισορροπίας προσρόφησης του μίγματος στα ενυδατωμένα χώματα είναι όλες ουσιαστικά γραμμικές, και δεν εξαρτώνται άμεσα από την θερμοκρασία, δίνοντας μόνο την σχετική μικρή εξωθερμική θερμότητα. Επιπλέον, η εδαφολογική λήψη των δυαδικών οργανικών διαλυτών ουσιών από το νερό δεν παρουσιάζει κανένα προφανή ανταγωνισμό μεταξύ, της διαλυμένης ύλης σε αντίθεση με τα ισχυρά ανταγωνιστικά αποτελέσματα που αναγνωρίζονται από την λήψη του χώματος στη φάση εξαέρωσης ή από οργανικούς διαλυτές.

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά προσρόφησης όπως περιγράφονται, είναι σαφές ότι το χόμα συμπεριφέρεται διαφορετικά στις ξηρές και υγρές περιοχές, στις οποίες τα εδαφολογικά ορυκτά και οργανικά συστατικά παρουσιάζουν διαφορετικά αποτελέσματα στην εδαφολογική λήψη. Ενώ τα στοιχεία προσρόφησης με ξηρά και σχεδόν κορεσμένα χόματα είναι αναμφισβήτητα σε συμφωνία με την προσροφητική φύση της ορυκτής ουσίας, τα στοιχεία στα υδάτινα συστήματα (δηλ. για τα ενδεχόμενα χόματα) δεν είναι συμβατά με τα κριτήρια μιας διαδικασίας προσρόφησης.

Ο επιστήμονας Chiu το 1979 έλαβε υπόψιν του τα στοιχεία προσρόφησης στα υδάτινα συστήματα και παρουσίασαν τα στοιχεία για τον θεωρούμενο χωρισμό (αύξηση της διαλυτότητας) των μη ιονικών οργανικών μολυσματικών παραγόντων στην οργανική ουσία του χόματος ως σημαντικότερη διαδικασία της εδαφολογικής λήψης από το νερό. Εκτός από την αναγνωρισμένη εξάρτηση της εδαφολογικής προσρόφησης στο περιεχόμενο της οργανικής μολυσματικής ουσίας, παρατηρήθηκε ότι οι ισόθερμες ισορροπίας στο νερό είναι ουσιαστικά γραμμικές μέχρι τις υψηλές σχετικές συγκεντρώσεις (αναλογίες των συγκεντρώσεων ισορροπίας στις διαλυτότητες της διαλυτής ουσίας) επιπλέον, οι θερμοότητες ισορροπίας της προσρόφησης για τις διαλυτές ουσίες είναι λιγότερο εξωθερμικές από τις θερμοότητες της συμπύκνωσης διαλυτής ουσίας από το νερό (δηλ. η αντίστροφη θερμοότητα της λύσης), και το σύστημα παρουσιάζει μια έλλειψη ανταγωνισμού της διαλυτής ουσίας. Η ανικανότητα του εδαφολογικού ορυκτού μέρους να προσροφηθούν οι μη ιονικές οργανικές ενώσεις από το νερό αποδίδεται στην ισχυρή αλληλεπίδραση δίπολων των ορυκτών με το νερό, το οποίο αποκλείει τις οργανικές ενώσεις από αυτήν την μερίδα του μολυσμένου χόματος. Σύμφωνα με την υπόθεση της διαλυτής ουσίας που χωρίζεται σε οργανική ουσία ως κυρίαρχος μηχανισμός της εδαφολογικής λήψης, οι διαλυτές ουσίες με τις χαμηλότερες διαλυτότητες σε νερό ως υγρά ή ως υπερψυγμένα υγρά παρουσιάζουν τους υψηλότερους

συντελεστές ισορροπίας προσρόφησης (K_{om}) αλλά χαμηλότερες περιοριστικές ικανότητες προσρόφησης.

Με την εφαρμογή του πρότυπου Flory - Hyggins για να αποτελέσουν τη διαλυτότητα της διαλυτής ουσίας (άμορφη) εδαφολογική οργανική φάση, καθιέρωσαν μια εξίσωση χωρισμάτων για να αποτελέσουν τα μεγέθη των παρατηρηθέντων συντελεστών προσρόφησης. Αυτή η ανάλυση οδήγησε στην αναγνώριση ότι ο αρχικός παράγοντας που έχει επιπτώσεις στους συντελεστές προσρόφησης των ελαφρώς υδροδιαλυτών μολυσματικών οργανικών ενώσεων είναι η διαλυτότητα του μίγματος (ως υγρά ή υπερψυγμένα υγρά) στο νερό. Ο συχνά παρατηρηθείς Εμπειρικός συσχετισμός μεταξύ του συντελεστή προσρόφησης (K_{om}) και του συντελεστή χωρισμάτων οκτανόλης – ύδατος (K_{ow}) αναγνωρίστηκε για να είναι μόνο μια συνέπεια του γεγονότος ότι η διαλυτότητα του νερού είναι ο σημαντικότερος καθοριστικός παράγοντας των τιμών K_{om} και K_{ow} .

Τα διαφορετικά χαρακτηριστικά προσρόφησης με ξηρό και υγρό χώμα μπορούν έτσι να συμφιλιωθούν με το γεγονός ότι το χώμα συμπεριφέρεται ως διπλό απορροφητικό υλικό, στο οποίο η ορυκτή ουσία λειτουργεί ως συμβατικό προσροφητικό στέρεο και η οργανική ουσία ως μέσο χωρισμάτων. Στο υδατικό διάλυμα, η προσρόφηση των οργανικών ενώσεων από τα ορυκτά εμποδίζεται από το νερό και ως τούτο η εδαφολογική λήψη αποτελείται κυρίως από το διαχωρισμό της διαλυτής ουσίας στην εδαφολογική οργανική ουσία. Η ισχυρή προσρόφηση ατμού από το ξηρό χώμα και την διαδοχική καταστολή από την υγρασία αποδίδεται στην ορυκτή προσρόφηση που υπερισχύει της ταυτόχρονης λήψης με το χωρισμό στην εδαφολογική οργανική ουσία.

ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΠΑΝΟΡΘΩΣΗ

Ένα καλό ερώτημα είναι τι είναι εδαφολογική επανόρθωση ; Για να γίνει πιο κατανοητή η έννοια αυτή , εδαφολογική επανόρθωση εννοούμε: α) Αναπτυσσόμενες τεχνικές για να αφαιρεθούν ή να μειωθούν τα επίπεδα υδρογονανθράκων και βαριών μετάλλων από το μολυσμένο χώμα με την βοήθεια των ειδικά επιλεγμένων σχεδίων, μικροοργανισμοί και διαλυτών, β) η μοντελοποίηση πως οι υδρογονάνθρακες και άλλοι μολυσματικοί παράγοντες μετακινούνται στο χώμα και πως μπορούν να εντοπιστούν μετά από πολύ καιρό, και τέλος γ) είναι η διαδικασία μετακίνησης, μείωσης ή εξουδετέρωσης βιομηχανικών απόβλητων, ιζημάτων και μολυσμένου νερού που απειλούν την ανθρώπινη υγεία ή και την παραγωγικότητα και την ακεραιότητα του οικοσυστήματος .

ΜΑΖΑ Η ΟΓΚΟΣ ΤΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΠΡΟΣ ΘΕΡΑΠΕΙΑ

Ένας σημαντικός παράγοντας στον καθορισμό του κόστους και της αποδοτικότητας της επανόρθωσης εδαφών μολυσμένων από υδρογονάνθρακες είναι η μάζα των οργανικών ενώσεων του υπεδάφους. Στις περιοχές αυτές για να είναι αποτελεσματική η όποια μέθοδος αποθεραπείας που εφαρμόζεται θα πρέπει να καθοριστεί η μάζα των μολυσματικών παραγόντων που προσροφώνται στο χώμα στη ζώνη vadose και η μάζα των μολυσματικών παραγόντων που επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού. Τα εδαφολογικά δείγματα πρέπει να συλλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπουν τον ικανοποιητικό προσδιορισμό των στοιχείων εκείνων με τα οποία μπορούν να γίνουν οι κατάλληλοι υπολογισμοί. Η γνώση της συνολικής μάζας των υδρογονανθράκων στο υπέδαφος είναι αναγκαία για να υπολογισθεί η

αποδοτικότητα και η χρονική διάρκεια ενός καθαρισμού και για να καθοριστεί ο τύπος και το μέγεθος του εξοπλισμού που απαιτείται για την επεξεργασία του ατμού εφόσον εφαρμοστεί.

Για να υπολογιστεί η μάζα των υδρογονανθράκων στο έδαφος, απαιτείται η γνώση της συγκέντρωσης των ρυπογόνων παραγόντων και η πυκνότητα του χώματος. Υπάρχουν αρκετές εικασίες για τις πηγές λάθους στον υπολογισμό της μάζας των ρύπων. Κοινή πηγή λάθους προκύπτει από τη δυσκολία πειραματικών προσδιορισμών σε αντιπροσωπευτικά εδαφολογικά δείγματα και την έλλειψη επαναληψιμότητας της χημικής ανάλυσης των χωμάτων. Συνήθως για την εξάλειψη των παραπάνω πηγών λάθους χρησιμοποιούνται χάρτες περιγράμματος συγκέντρωσης ρύπων για τους υπολογισμούς των ρύπων στο υπέδαφος. Η περιοχή μεταξύ των διαδοχικών περιγραμμάτων υποτίθεται ότι αντιπροσωπεύει περιοχή του υλικού συγκέντρωσης ίσης με το μέσο όρο των διαδοχικών περιγραμμάτων.

Στα πλαίσια των μεθόδων εδαφολογικής επανόρθωσης υπάγεται η χρήση της χημικής ανάλυσης υδρογονανθράκων για την περιβαλλοντική εκτίμηση επικινδυνότητας και την περιβαλλοντική αποκατάσταση.

Τα αποτελέσματα χρησιμοποιούνται για να καταδείξουν την αποτελεσματικότητα αυτών των μεθόδων, στον προσδιορισμό και την ποσολόγηση των πετρελαιοειδών στα περιβαλλοντικά δείγματα και την δυνατότητα εφαρμογής τους στην ενίσχυση και αξιολόγηση της αποτελεσματικής επανόρθωσης διαρροών πετρελαίου. Οι χημικές μετρήσεις χρησιμοποιούνται στην περιβαλλοντική εκτίμηση των πετρελαιοειδών για να:

- Προσδιορίσουν τη συγκέντρωση των περιβαλλοντικά επικίνδυνων ενώσεων.
- Προσδιορίσουν τη σύνθεση των ενώσεων μέσα στο προϊόν, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καθορίσει αξιόπιστα την πηγή και τις ιδιότητες μεταφοράς του προϊόντος.

Η μέθοδος που επιλέγεται πρέπει να είναι συγκεκριμένη καθώς επίσης και ευαίσθητη για να είναι σε θέση να μετρήσει τους υδρογονάνθρακες στις περιβαλλοντικής συγκεντρώσεις.

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΗ ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΩΝ ΒΑΡΕΩΣ ΠΕΤΡΕΛΑΙΟΥ ΣΤΟ ΥΠΕΔΑΦΟΣ.

Σημαντικός μηχανισμός απορρύπανσης εδαφών ρυπασμένων από υδρογονάνθρακες είναι η ενισχυμένη βιοδιάσπαση. Ουσιαστικά κάθε οργανικό συστατικό είναι βιοδιασπάστο υπό τις κατάλληλες περιβαλλοντικές συνθήκες. Οι διαδικασίες βιοδιάσπασης περιλαμβάνουν την περιοδική ανάμειξη του εδάφους για να αυξηθεί η αλληλεπίδραση ρύπων-μικροβίων, να ενισχυθεί η συγκέντρωση οξυγόνου στο έδαφος, και να προωθηθεί η εδαφολογική ξήρανση. Επίσης, οι περιοδικές προσθήκες μικροτροφικών ουσιών για να ενισχυθεί περαιτέρω η μικροβιακή δραστηριότητα και προσθήκη μιας αραιής διάλυσης μέσω επιφανειακής δράσης για να αυξηθεί η δυνατότητα πρόσβασης ρύπων στους γηγενείς μικροοργανισμούς.

Ο στόχος της ενισχυμένης βιοθεραπείας είναι να υποκινηθεί η μικροβιακή δραστηριότητα έτσι ώστε οι μικροοργανισμοί να μεταβολίζουν τις οργανικές ενώσεις σε ένα ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό ενός αδιατάρακτου συστήματος. Δεδομένου ότι η μικροβιακή δραστηριότητα συσχετίζεται άμεσα με την περιβαλλοντική θερμοκρασία, οι κλιματολογικές συνθήκες θα αλλάζουν.

Τα βακτήρια διασπών τα n-αλκάνια γρηγορότερα από τους ισοπρενοειδής υδρογονάνθρακες. Εντούτοις, σε ένα μέτρια διαβρωμένο πετρέλαιο τα ισοπρενοειδή θα διασπαστούν επίσης, και οι ανωτέρω αναλογίες θα γίνουν λιγότερο αξιόπιστες ως δείκτης του βαθμού διάβρωσης. Για μέτρια προς βαριά διασπασμένα δείγματα, η ανάλυση GC/FID μπορεί να μην παρέχει αρκετές

πληροφορίες για να προσδιορίσει αξιόπιστα το προϊόν. Η πρόσθετη ανάλυση GC/MS των ανθεκτικών στην διάσπαση πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων (PAH) πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την ακρίβεια του προσδιορισμού προϊόντων. Η δυνατότητα να μετρηθεί ακριβώς η συγκέντρωση των διαποτισμένων και ακόρεστων υδρογονανθράκων στα πετρελαιοειδή και μη-πετρελαιοειδή προϊόντα σε χαμηλά περιβαλλοντικά επίπεδα, έχει βελτιώσει τη δυνατότητα μας να προσδιορίσουμε τα πετρελαιοειδή στις δειγματοληψίες χώματος και ύδατος. Αυτά τα αναλυτικά εργαλεία έχουν σημαντικές εφαρμογές στην αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και των μηχανισμών επανόρθωσης διαρροών ελαίων.

Τα προϊόντα αποστάγματος πετρελαίου που απελευθερώνεται στο περιβάλλον υπόκεινται άμεσα σε ποικίλες φυσικές, χημικές και βιολογικές μεταβολές. Η πλύση ύδατος του προϊόντος θα μεταφέρει τις ελαφρά διαλυτές αρωματικές ουσίες στο νερό. Η διαλυτότητα των αλκυλοποιημένων PAH είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τον αριθμό δαχτυλιών και της έκτασης αλκυλοποίησης. Η εξάτμιση θα μειώσει επίσης τη συγκέντρωση των χαμηλότερων σε μοριακό βάρος πτητικών ενώσεων στο πετρέλαιο. Τα ποσοστά βιοδιάσπασης υδρογονανθράκων εξαρτώνται από τον τύπο βακτηριδίων, την παρουσία θρεπτικών ουσιών, την θερμοκρασία, και του τύπους υδρογονανθράκων. Τα βακτηρίδια διασπούν γενικά τους υδρογονάνθρακες σύμφωνα με την ακόλουθη ακολουθία: n-αλκάνια > διακλαδισμένα αλκάνια > αρωματικοί υδρογονάνθρακες > κυκλικά αλκάνια. Μέσα στην ομόλογη σειρά των PAH, τα ποσοστά διάσπασης βακτηριδίων είναι γενικά αντιστρόφως ανάλογα με τον βαθμό αλκυλοποίησης.

ΜΕΘΟΔΟΣ 1

ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΗ ΒΙΟΔΙΑΣΠΑΣΗ ΜΟΛΥΣΜΕΝΩΝ ΕΔΑΦΩΝ ΑΠΟ ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΕΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΦΡΕΑΤΙΩΝ ΕΞΑΓΩΓΗΣ ΑΤΜΟΥ.

Αρχικά, η επιστήμη της επανόρθωσης του υπεδάφους δεν προχωρούσε γρήγορα λόγω νομικών αγκυλώσεων στα διάφορα κράτη. Οι καθαρισμοί ήταν σπάνιοι και γίνονταν μόνο όταν τα πετρελαιοειδή εμφανίζονταν στα επιφανειακά ύδατα ή επηρεάζονταν υπόγειες εγκαταστάσεις. Οι περισσότερες διαδικασίες καθαρισμού περιελάμβαναν φρεάτια, τάφρους κτλ και γίνονταν με κάποιο σύστημα άντλησης. Τα συστήματα επανόρθωσης εξελίχθηκαν έτσι ώστε η άντληση έγινε τελικά μια απλή κοινή τεχνική. Τα τελευταία χρόνια και έχουν αναπτυχθεί νέες τεχνικές επανόρθωσης και πολλοί νέοι τύποι αντλιών. Στο παρελθόν, η επανόρθωση συνεχιζόταν κανονικά έως ότου δεν ήταν πλέον δυνατή η άντληση των υδρογονανθράκων που ευρίσκονταν σε ελεύθερη φάση. Στις αρχές της δεκαετίας του '80, διάφορες επιχειρήσεις άρχισαν την αποκατάσταση αυτού του κορεσμένου ιζήματος χρησιμοποιώντας συστήματα εξαγωγής ατμού. Αυτή η τεχνική έγινε δημοφιλής και έχει ευρεία διάδοση στην επανόρθωση εδαφών ρυπασμένων από υδρογονάνθρακες από τα μέσα της δεκαετίας του '80. Οι πρώτες προσπάθειες προς την κατεύθυνση αυτή ήταν καθαρά εμπειρικές. Εγκαταστάθηκαν φρεάτια εξαγωγής ατμού, και οι ατμοί που εξήχθησαν διοχετεύτηκαν άμεσα στην ατμόσφαιρα. Δεδομένου ότι η εξαγωγή ατμού έγινε δημοφιλέστερη, διάφορες αντιπροσωπείες άρχισαν να εξετάζουν την δυνατότητα επεξεργασίας των ατμών έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται η ατμόσφαιρα. Την πιο κοινή πρακτική αποτέλεσε η προσρόφηση σε άνθρακα. Τα τελευταία έτη, οι ατμοί έχουν επίσης αντιμετωπιστεί με αποτέφρωση, καταλυτική ή μη, ή με καύση.

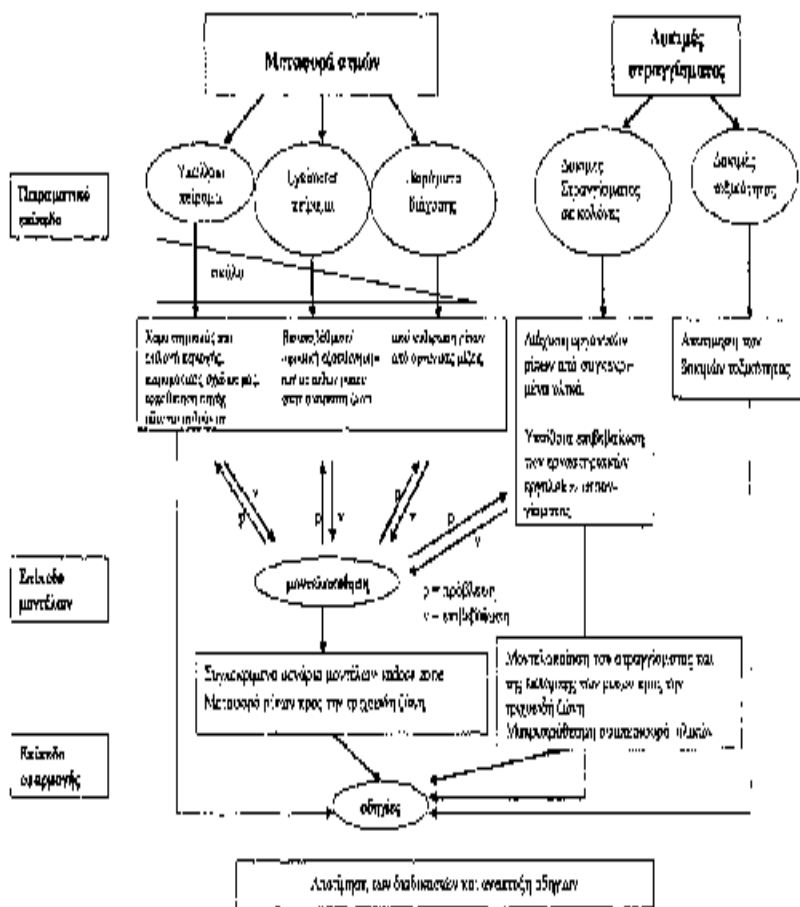
Αργότερα, δεδομένου ότι η τεχνική εξαγωγής ατμού διαδόθηκε ευρέως, δόθηκε περισσότερη προσοχή στις θεωρητικές πτυχές της μεθόδου. Αναπτύχθηκαν

μέθοδοι ικανές να προβλέψουν και την ακτίνα της επιρροής των φρεατίων εξαγωγής ατμού και τη συγκέντρωση των υδρογονανθράκων στο αέριο.

Η τεχνολογία εξαγωγής εδαφολογικού ατμού (SVE) είναι βασισμένη στην αρχή ότι οι πτητικές οργανικές ενώσεις ατμοποιούνται σε μια κατάσταση ισορροπίας στα διάκενα που περιβάλλουν τα μόρια του εδάφους. Εάν ο αέρας μέσα στους πόρους δεν αντικαθίσταται, αυτές οι ενώσεις παραμένουν παγιδευμένες μέχρι να διαλυθούν από το νερό ή μεταναστεύουν λόγω άλλων φαινομένων μεταφοράς που λαμβάνουν χώρα. Η διαδικασία SVE δημιουργεί μια μετακίνηση του αέρα μέσω του δικτύου πόρων του εδάφους.

Η μετακίνηση αέρα παράγεται από ένα κενό σύστημα που συνδέεται με μια σειρά κάθετων ή οριζόντιων φρεατίων που ολοκληρώνονται στη ζώνη vadose.

ΣΧΗΜΑ 7



Η διαδικασία SVE έχει τεκμηριωθεί καλά με πολυάριθμες εφαρμογές. Εντούτοις, η SVE είναι κατάλληλη μόνο όταν οι οργανικοί ρύποι έχουν χαμηλό σημείο βρασμού. Ρύποι όπως η βενζίνη και το τριχλωροαιθυλένιο (TCE) είναι καλοί υποψήφιοι για SVE. Για πολλά καύσιμα όμως όπως το diesel και τα καύσιμα αεροπλάνων που περιέχουν ενώσεις με υψηλότερα σημεία βρασμού, η SVE είναι μόνο μερικώς αποτελεσματική.

Η μέθοδος SVE παρέχει αποδοτικά και ευέλικτα μέσα φυσικής επανόρθωσης του χώματος της ακόρεστης ζώνης που έχει μολυνθεί με πτητικές ενώσεις, αν και δεν είναι αποτελεσματική στο να αφαιρέσει φυσικά τις αδρανείς ενώσεις από το χώμα. Η διαδικασία εξαγωγής ατμού αντικαθιστά το μολυσμένο εδαφολογικό αέριο με φρέσκο. Στις ρηχές εφαρμογές, το αέριο αντικατάστασης είναι αέρας από την ατμόσφαιρα. Στις βαθιές εφαρμογές, το αέριο αντικατάστασης θεωρείται ότι θα προέλθει από το μη μολυσμένο χώμα που οριοθετεί τη μολυσμένη περιοχή. Σε κάθε περίπτωση, στη μολυσμένη περιοχή γίνεται ανεφοδιασμός φρέσκου οξυγόνου.

Η μεταφορά του οξυγόνου είναι το πρώτο βήμα στην αύξηση της βιολογικής διάσπασης των υδρογονανθράκων. Απλή εφαρμογή οξυγόνου στο μολυσμένο χώμα της ζώνης vadose έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει σημαντικά την επανόρθωση του μολυσμένου εδάφους. Η απουσία ή μικρή συγκέντρωση οξυγόνου δεν είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να περιορίσει τη βιοθεραπεία. Οι συγκεντρώσεις των ανόργανων θρεπτικών ουσιών (αμμωνία και φωσφορικό άλας) και η υγρασία πρέπει να είναι ικανοποιητικές έτσι ώστε να επιτρέπουν την πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών, ενώ το PH πρέπει να είναι περίπου 6 έως 8.

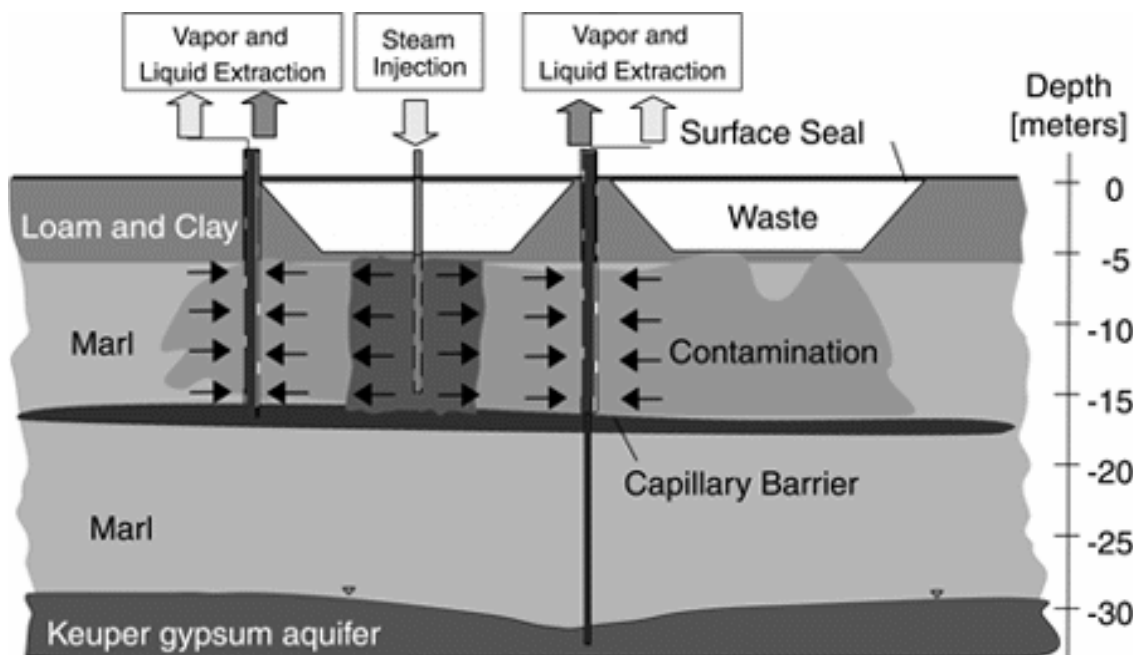
Το να ελεγχθούν αυτές οι παράμετροι σε μια 'ανενόχλητη' ζώνη vadose είναι πρόκληση, αλλά η ανάπτυξη των τεχνολογιών ελέγχου για την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, υγρασία, θρεπτική συγκέντρωση, και PH των εδαφών της ζώνης vadose επιτρέπει την ανάπτυξη μεθόδων για την επεξεργασία εδαφών που δεν

μπορούν εύκολα να ανασκαφθούν ή αποκατασταθούν.

ΜΕΘΟΔΟΣ 2

Μια άλλη αποτελεσματική μέθοδος εδαφολογικής επανόρθωσης είναι η αποκαλούμενη «steam injection for soil and Aquifer Remediation» που μεταφράζεται: Ενέσεις ατμού για τον καθαρισμό και την εδαφολογική επανόρθωση του υπεδάφους . Στο σχήμα που ακολουθεί απεικονίζεται μια διεργασία ενέσεων ατμού, και δείχνει το πώς λειτουργεί:

ΣΧΗΜΑ 8



Η τεχνολογία εξαγωγής εδαφολογικού ατμού (SVE) είναι βασισμένη στην αρχή ότι οι πτητικές οργανικές ενώσεις ατμοποιούνται σε μια κατάσταση ισορροπίας στα διάκενα που περιβάλλουν τα μόρια του εδάφους. Εάν ο αέρας μέσα στους πόρους δεν αντικαθίσταται, αυτές οι ενώσεις παραμένουν παγιδευμένες μέχρι να διαλυθούν από το νερό ή μεταναστεύουν λόγω άλλων φαινομένων μεταφοράς που λαμβάνουν χώρα. Η διαδικασία SVE δημιουργεί μια μετακίνηση του αέρα

μέσω του δικτύου πόρων του εδάφους.

Η μετακίνηση αέρα παράγεται από ένα κενό σύστημα που συνδέεται με μια σειρά κάθετων ή οριζόντιων φρεατίων που ολοκληρώνονται στη ζώνη vadose.

Η διαδικασία SVE έχει τεκμηριωθεί καλά με πολυάριθμες εφαρμογές. Εντούτοις, η SVE είναι κατάλληλη μόνο όταν οι οργανικοί ρύποι έχουν χαμηλό σημείο βρασμού. Ρύποι όπως η βενζίνη και το τριχλωροαιθυλένιο (TCE) είναι καλοί υποψήφιοι για SVE. Για πολλά καύσιμα όμως όπως το diesel και τα καύσιμα αεροπλάνων που περιέχουν ενώσεις με υψηλότερα σημεία βρασμού, η SVE είναι μόνο μερικώς αποτελεσματική.

Η μέθοδος SVE παρέχει αποδοτικά και ευέλικτα μέσα φυσικής επανόρθωσης του χώματος της ακόρεστης ζώνης που έχει μολυνθεί με πτητικές ενώσεις, αν και δεν είναι αποτελεσματική στο να αφαιρέσει φυσικά τις αδρανείς ενώσεις από το χώμα. Η διαδικασία εξαγωγής ατμού αντικαθιστά το μολυσμένο εδαφολογικό αέριο με φρέσκο. Στις ρηχές εφαρμογές, το αέριο αντικατάστασης είναι αέρας από την ατμόσφαιρα. Στις βαθιές εφαρμογές, το αέριο αντικατάστασης θεωρείται ότι θα προέλθει από το μη μολυσμένο χώμα που οριοθετεί τη μολυσμένη περιοχή. Σε κάθε περίπτωση, στη μολυσμένη περιοχή γίνεται ανεφοδιασμός φρέσκου οξυγόνου.

Η μεταφορά του οξυγόνου είναι το πρώτο βήμα στην αύξηση της βιολογικής διάσπασης των υδρογονανθράκων. Απλή εφαρμογή οξυγόνου στο μολυσμένο χώμα της ζώνης vadose έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει σημαντικά την επανόρθωση του μολυσμένου εδάφους. Η απουσία ή μικρή συγκέντρωση οξυγόνου δεν είναι ο μόνος παράγοντας που μπορεί να περιορίσει τη βιοθεραπεία. Οι συγκεντρώσεις των ανόργανων θρεπτικών ουσιών (αμμωνία και φωσφορικό άλας) και η υγρασία πρέπει να είναι ικανοποιητικές έτσι ώστε να επιτρέπουν την πραγματοποίηση βιοχημικών διεργασιών, ενώ το PH πρέπει να είναι περίπου 6 έως 8.

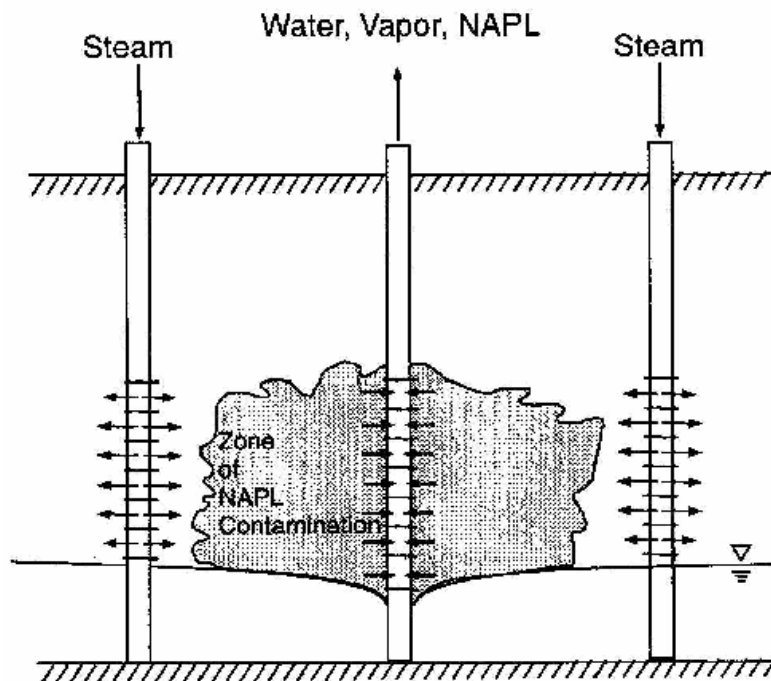
Το να ελεγχθούν αυτές οι παράμετροι σε μια 'ανενόχλητη' ζώνη vadose είναι

πρόκληση, αλλά η ανάπτυξη των τεχνολογιών ελέγχου για την περιεκτικότητα σε οξυγόνο, υγρασία, θρεπτική συγκέντρωση, και ΡΗ των εδαφών της ζώνης vadose επιτρέπει την ανάπτυξη μεθόδων για την επεξεργασία εδαφών που δεν μπορούν εύκολα να ανασκαφθούν ή αποκατασταθούν.

Στους παραγράφους που ακολουθούν αναλύουμε την έννοια «steam injection» με το ιστορικό, την αρχή εφαρμογής της μεθόδου, τους μηχανισμούς και τον τρόπο που λειτουργεί αυτή η τεχνολογική διαδικασία.

Η έγχυση ατμού πρωτόαναπτύχθηκε στην βιομηχανία πετρελαίου για την ενισχυμένη αποκατάσταση των πετρελαίων από τις δεξαμενές. Στις εφαρμογές της πετρέλαιοβιομηχανίας, ο ατμός εγχέεται για να χαμηλώσει το ιξώδες των βαρέων στοιχείων του πετρελαίου, και για να αυξήσει την αστάθεια των ελαφριών στοιχείων του πετρελαίου τουλάχιστον το 50% του αρχικού πετρελαίου σε ισχύ, μπορεί να παραμείνει στην δεξαμενή όταν η διαδικασία γίνεται αντισυμβατική και διακόπτεται. Στο παρελθόν αρκετά χρόνια πριν η έγχυση ατμού «steam injection» είχε συνδυαστεί (σχεδιαστεί) για την αποκατάσταση των μολυσματικών οργανικών παραγόντων από την υπό-επιφάνεια. Όταν η έγχυση ατμού χρησιμοποιείται για την επανόρθωση (Remediation) του υπεδάφους, ο στόχος είναι να αφαιρεθεί όσο το δυνατόν περισσότερο μέρος της μόλυνσης, μειώνοντας κατά συνέπεια το υπόλοιπο μέρος της μόλυνσης σε πολύ χαμηλά επίπεδα συγκέντρωσης. Εξετάζοντας την κατάσταση που παρουσιάζεται στο σχήμα 1 όπου ο ατμός που εγχέεται περιβάλλει (περικυκλώνει) μια ομάδα ενός πτητικού μολυσματικού παράγοντα στο υπεδάφος συμπεραίνουμε ότι η έγχυση ατμού γίνεται πάνω από την στάθμη του νερού και καταλήγει να είναι κάτω από την στάθμη του νερού, εκεί που είχε εντοπιστεί συγκέντρωση μολυσματικού παράγοντα NAPL.

ΣΧΗΜΑ 9



Οι βασικές αρχές της διαδικασίας αυτής είναι ότι αρχικά ο ατμός που εγχέεται θα θερμάνει το φρεάτιο και στην συνέχεια το χώμα γύρω από την περιοχή έγχυσης του φρεατίου.

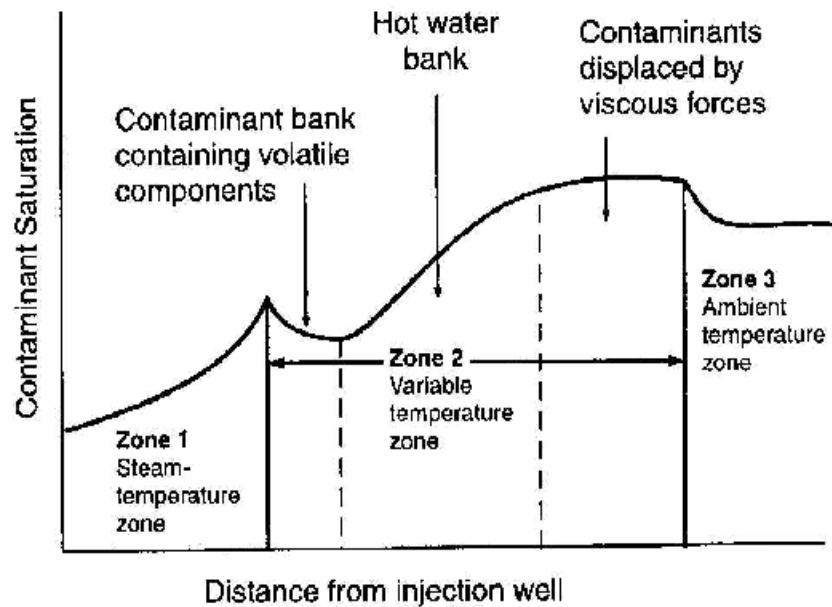
Στην συνέχεια ο ατμός συμπυκνώνεται καθώς η θερμότητα της εξάτμισης του νερού, μεταφέρεται από τον Θέρμο ατμό στον φρεάτιο, με αποτέλεσμα όσο περισσότερος ατμός εγχέεται , τόσο ζεστό νερό μετακινείται ως προς τον σχηματισμό της περιοχής του υπεδάφους που έχει μολυνθεί από τον μολυσματικό παράγοντα NAPL καθώς η ποσότητα του ζεστού νερού που ρέει πλησιάζουν την περιοχή που περιέχει τον μολυσματικό παράγοντα NAPL που είναι κορεσμένος σε μεγαλύτερη ποσότητα από την υπόλοιπη περιοχή που είναι λιγότερο κορεσμένη , τότε ο μολυσματικός παράγοντας μετατοπίζεται. Το πρώτο που έρχεται σε επαφή με τον μολυσματικό παράγοντα είναι το κρύο νερό , μετά η ποσότητα του ζεστού νερού και τέλος ο ζεστός ατμός. Το κρύο νερό θα ξεπλύνει τον κινούμενο μολυσματικό παράγοντα δηλαδή: (τον κορεσμένο

μολυσματικό παράγοντα που είναι παραπάνω από τον κανονικό) από του πόρους του εδάφους , έπειτα το ζεστό νερό θα μειώσει το ιξώδες του μολυσματικού παράγοντα , αναγκάζοντας τον να μετακινηθεί πιο εύκολα από τις ιξώδεις δυνάμεις, και μπορεί να μειώσει το υπόλοιπο κορεσμό του μολυσματικού παράγοντα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όταν φθάνει ο ατμός στην μολυσμένη περιοχή κανένας επιπλέον μολυσματικός παράγοντας δεν μπορεί να ανακτηθεί από τις ιξώδεις δυνάμεις και η επιπρόσθετη αποκατάσταση του μολυσμένου εδάφους επιτυγχάνεται από την αεριοποίηση , την εξάτμιση ή την απόσταξη του ατμού , της πτητικής ουσίας και των μολυσματικών παραγόντων. Κατά συνέπεια όταν εγχέεται ο ατμός στα πορώδη στρώματά , τρεις ζώνες μπορούν να αναπτυχθούν:

- Η ζώνη ατμού
- Η μεταβλητή ζώνη θερμοκρασίας
- Η ζώνη περιβαλλοντικής θερμοκρασίας

Αυτές οι τρεις ζώνες θερμοκρασίας φαίνονται στο σχήμα 10.

ΣΧΗΜΑ 10



Αυτό το σχήμα παρουσιάζει τις σχετικές συγκεντρώσεις των μολυσματικών παραγόντων σε κάθε μια από τις παραπάνω ζώνες. Το πιο κοντινό σημείο στην έγχυση ατμού είναι η ζώνη ατμού, όπου στην περιοχή γύρω από την έγχυση, η θερμοκρασία είναι ίδια περίπου με την θερμοκρασία του εγχυόμενου ατμού. Περαιτέρω, προς τα κάτω, μέσα στην ζώνη ατμού η θερμοκρασία μπορεί να μειωθεί κάπως λόγω των απωλειών θερμότητας από το υπέρφορτο και το ελάχιστο φορτίο. Εάν το ποσοστό έγχυσης ατμού είναι αρκετά ψηλό, τότε το ποσοστό της θερμότητας που χάνεται δεν θα είναι σημαντικό και αυτή η ζώνη μπορεί να θεωρηθεί ουσιαστικά ισόθερμη. Σε αυτήν την ζώνη η απόσταση του ατμού και η δύναμη του ατμού είναι οι κύριοι μηχανισμοί αποκατάστασης. Κάτω από την ζώνη αυτή είναι η ζώνη της περιβαλλοντικής θερμοκρασίας που είναι διαποτισμένη με νερό και τον «ρευστό» μολυσματικό παράγοντα. Το υπόλοιπο πόσο του κορεσμένου μολυσματικού παράγοντα που παραμένει μετά από την εκροή κρύου και ζεστού νερού εξαρτάται από τις τριχοειδείς ιδιότητες

των πορωδών στρωμάτων , τις ενδιάμεσες ιδιότητες των NAPL , και την κλίση πίεσης στο νερό που προκαλεί την μετατόπιση.

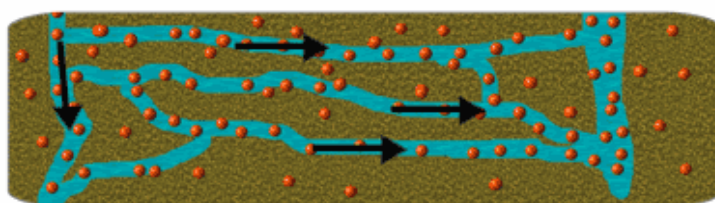
Έχει διαπιστωθεί ότι η σύσταση του χώματος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας στον καθαρισμό του υπόλοιπου ποσού του οργανικού μολυσματικού παράγοντα που παραμένει στο χώμα. Διάφοροι ερευνητές έχουν διαπιστώσει ότι η αύξηση της θερμοκρασίας μειώνει τον υπόλοιπο κορεσμό των μολυσματικών παραγόντων στο χώμα. Οι υπόλοιποι μολυσματικοί παράγοντες εξατμίζονται από τον ατμό και οι υπάρχοντες εξατμισμένοι NAPL μεταφέρονται στον ατμό που εξατμίζεται , που αυξάνει τον κορεσμό του μολυσματικού παράγοντα σε αυτήν την ζώνη που την προσθέτει στην περιοχή των μολυσματικών παραγόντων . Το ποσοστό της μολυσματικής περιοχής η οποία διαμορφώνεται από τις διαδικασίες εξατμικής και συμπύκνωσης είναι αντιστρόφως ανάλογη προς τον κορεσμό της ένωσης των μολυσματικών παραγόντων και άμεσα ανάλογος προς την αστάθεια του NAPL. Η πειραματική εργασία έχει δείξει ότι οι καθαροί χωρισμένοι και σε υγρή μορφή μολυσματικοί παράγοντες με σημείο βρασμού λιγότερο από του νερού. Έτσι θα αφαιρεθούν εντελώς από την ζώνη ατμού, εκτός από ένα μικρό ποσό που απορροφάται στις στερεές επιφάνειες ή διαλύεται στο υγρό νερό που μπορεί να εμφανιστεί στην ζώνη ατμού. Θεωρητικές μελέτες έχουν συμπεράνει ότι κάτω από ορισμένες συνθήκες οι υγροί υδρογονάνθρακες έχουν σημείο βρασμού πάνω από τους 175° (βαθμούς Κέλσιου) και μπορούν να αφαιρεθούν κατευθείαν , από την συμπυκνωμένη έγχυση του ατμού.

Αυτό το συμπέρασμα υποστηρίζεται από μια τρισδιάστατη πειραματική διαδικασία η οποία παρουσιάζει την πλήρη αφαίρεση του (τολουολίου) και της βενζίνης και την αποκατάσταση του εδάφους από τα καύσιμα των αεροπλάνων στο 96,8% και το 99,8% του πετρελαίου από την έγχυση ατμού. Τώρα σειρά έχει να αναλύσουμε και να αναπτύξουμε τους μηχανισμούς αποκατάστασης που χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό και την πλήρη εδαφολογική επανόρθωση.

Ο πρώτος μηχανισμός αποκατάστασης που ενεργεί στους μολυσματικούς παράγοντες κατά την διάρκεια έγχυσης ατμού είναι: μια φυσική μετατόπιση , του NAPL , πρώτα από το νερό κάτω από την επιφάνεια και δεύτερον από το καυτό νερό που σχηματίζεται από την συμπύκνωση του θερμού ατμού. Η φυσική μετατόπιση του μολυσματικού παράγοντα εμφανίζεται όταν υπάρχει ένα καλό σκληρό οργανικό υγρό στην σύσταση του μολυσματικού παράγοντα που υπερβαίνει σε ποσότητα τον υπόλοιπο μολυσματικό παράγοντα. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες που συνοδεύουν την διαδικασία έγχυσης ατμού , θα προκαλέσουν την μείωση στις τριχοειδείς και ενδιάμεσες δυνάμεις μεταξύ των ρευστών και των πορωδών στρωμάτων του εδάφους , που θα μειώσουν τον υπόλοιπο κορεσμό της οργανικής φάσης του NAPL μαζί με το ζεστό νερό. Επίσης η θερμική επέκταση της οργανικής φάσης των μολυσματικών παραγόντων μπορεί να αυξήσει τον κορεσμό τους. Μια άλλη επίδραση της αυξανόμενης θερμοκρασίας είναι μια μείωση στο ιξώδες της οργανικής φάσης του μολυσματικού παράγοντα όπου αυξάνει την κινητικότητα τους. Όλοι αυτοί οι παράγοντες συμβάλλουν στον σχηματισμό μιας ομάδας της οργανικής φάσης NAPL μπροστά από τον ατμό που μετατοπίζεται από τις φυσικές δυνάμεις.

Αυτά που προαναφερθήκανε φαίνονται στην παρακάτω εικόνα :

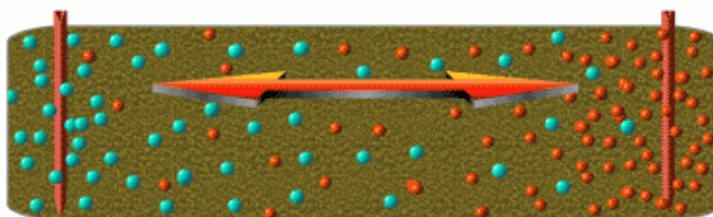
How to Clean Contaminated Soil



In "washing", a liquid that can dissolve the contaminant is pumped through the soil and used to carry the contaminants until they can be removed by pumping.

+ (attracts ●)

- (attracts ○)



Electric Fields can also be used to decontaminate soil:
Charged and polar molecules are attracted to the electrode of the opposite charge. The soil around the electrodes, which contains a high concentration of the contaminant, is then removed.

Οι κύριοι μηχανισμοί αποκατάστασης για τους μολυσματικούς παράγοντες στην ζώνη ατμού (όπου έχουμε αναφερθεί προηγουμένως για τις ζώνες) είναι: 1) η απόσταξη ατμού και 2) η μετατόπιση ατμού. Η απόσταξη ατμού εμφανίζεται όταν είναι παρόν ένα υγρό που είναι μικτό (immiscible) με το νερό δηλ. δεν μπορεί να αναμειχθεί όταν η συνολική πίεση ατμού του συστήματος (υγρό + νερό) γίνεται ίση με 1 ατμόσφαιρα. Δεδομένου ότι και τα δυο υγρά συμβάλλουν στην συνολική πίεση του ατμού, αυτό το σημείο επιτυγχάνεται σε μια χαμηλότερη θερμοκρασία από το κανονικό σημείο βρασμού των δυο υγρών ξεχωριστά. Αυτό έχει σαν συνέπεια μερικοί συμβατοί μολυσματικοί παράγοντες που έχουν ένα κανονικό σημείο βρασμού μεγαλύτερο από τους 100° (βαθμούς Κέλσιου) μπορούν επίσης να αφαιρεθούν εύκολα με την διαδικασία έγχυσης ατμού «steam injection».

Η διαδικασία απόσταξης ατμού εξαρτάται από την σύνθεση των υγρών μολυσματικών παραγόντων καθώς επίσης και από την θερμοκρασία και την πίεση του συστήματος. Η απορρόφηση του ατμού εμφανίζεται καθώς ο ατμός

που εγχέεται απορροφάει τους μολυσματικούς παράγοντες που έχουν συμπυκνωθεί και αυξάνοντας έτσι τον κορεσμό του υγρού μολυσματικού παράγοντα στην περιοχή συμπύκνωσης. Με αυτόν τον τρόπο πετυχαίνεται η προσθετή εξάτμιση του μολυσματικού παράγοντα στην ζώνη ατμού. Όταν ο κορεσμός του μολυσματικού παράγοντα υπερβαίνει την διαλυτότητα του σε σχέση με την περιβαλλοντική θερμοκρασία τότε διαμορφώνεται στην ζώνη ατμού μια περιοχή μολυσματικών παραγόντων. Όταν ο μολυσματικός παράγοντας είναι ένα μίγμα πτητικών και ημί-πτητικών συστατικών όπως είναι : η βενζίνη , η κηροζίνη , τότε τα χαμηλότερα σε σημείο βρασμού συστατικά θα εξατμιστούν πιο γρήγορα λόγω της μεγαλύτερης πίεσης του ατμού. Ως αποτέλεσμα της αφαίρεσης των πτητικών συστατικών από τους μολυσματικούς παράγοντες είναι οι υγρές συγκεντρώσεις τους που το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε μια αύξηση των ποσοστών εξάτμισης των συστατικών αυτών. Αυτή η διαδοχική ατμοποίηση των ενώσεων του μολυσματικού παράγοντα σημαίνει ότι η περιοχή των NAPL που καθαρίστηκε από το πέρασμα του ατμού θα εμπλουτιστεί (εφοδιάσει) την φλόγα με περισσότερα πτητικά συστατικά του μολυσματικού παράγοντα.

Ωστόσο ο όγκος των υγρών συστατικών που παραμένουν , υποχωρεί σε μικρότερους πόρους του εδάφους με αποτέλεσμα την ενδιάμεσα αύξηση της πίεσης του ατμού και την μείωση των μολυσματικών παραγόντων. Όσο ψηλότερη είναι η θερμοκρασία τόσο μεγαλύτερη είναι και η πίεση του ατμού με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη επανόρθωση του εδάφους.

Ένας άλλος μηχανισμός που μπορεί να ενισχύσει την αποκατάσταση ενός μολυσματικού παράγοντα κατά την διάρκεια της έγχυσης ατμού είναι: η ενισχυμένη «εκρόφηση» ή απορρόφηση του μολυσματικού παράγοντα από τα πορώδη στρωματά του υπεδάφους. Ο μηχανισμός αυτός για να απορροφήσει έναν μολυσματικό παράγοντα από μια στέρεα επιφάνεια πρέπει να απορροφήσει

θερμότητα. Το πόσο θερμότητας που πρέπει να λάβει εξαρτάται από τον μολυσματικό παράγοντα και τον τύπο του χώματος. Ένα παράδειγμα μολυσματικού παράγοντα που μπορούμε να αναφέρουμε σύμφωνα με πειραματικές μελέτες είναι το στρώμα Αργίλου. Η εκρόφηση αυτού του σκληρού στρώματος αργίλου είναι μια μακροχρόνια διαδικασία και απαιτεί θερμοκρασίες πάνω από το σημείο βρασμού του μολυσματικού παράγοντα για να έχουμε σαν αποτέλεσμα μια πλήρη αφαίρεση. Κατά συνέπεια οι μολυσματικοί παράγοντες μπορούν να απορροφηθούν στην λεγόμενη «φάση ατμού» ως χωριστό υγρό και στην συνέχεια να διαλυθούν. Το σχετικό πόσο των μολυσματικών παραγόντων που υπάρχουν σε κάθε φάση θα εξαρτηθεί από την αρχική συγκέντρωση του μολυσματικού παράγοντα και του σημείου βρασμού του.

Στην παράγραφο που ακολουθεί θα αναλύσουμε - παρουσιάσουμε λεπτομερώς τις μελέτες που έχουν γίνει για το σχέδιο της διαδικασίας «steam injection» καλούμενο σαν Ενέσεις Ατμού.

Μια από τις σημαντικότερες εκτιμήσεις σχεδίου για μια διαδικασία εγχύσεων ατμού είναι το ποσοστό εγχύσεως ατμού, δηλαδή η ποσότητα του ατμού που κάθε φορά εγχύεται. Η πίεση εγχύσεως περιορίζεται από το βάθος της έγχυσης. Τι σημαίνει αυτό; Όταν οι πιέσεις εγχύσεως είναι μεγαλύτερες από την πίεση του υπερφορτίου, υπάρχει κίνδυνος ο ατμός να διαφύγει από το σπάσιμο στο φρεάτιο και να βγει στην επιφάνεια. Σύμφωνα με κάποιες πειραματικές μελέτες το πανεπιστήμιο UDELL συστήνει ότι η πίεση εγχύσεως ατμού πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερη αλλά και να μην υπερβαίνει την πίεση του εδαφολογικού ορίου που υπολογίζεται ως 1,65 PSI κάτω από την επίγεια επιφάνεια, που θα είχε σαν αποτέλεσμα το εδαφολογικό «σπάσιμο». Κατά συνέπεια όσο πιο μικρή σε βάθος είναι η ζώνη ατμού που αντιμετωπίζεται, τόσο χαμηλότερη είναι η πίεση εγχύσεως. Υπάρχει μια άμεση σχέση της πίεσης εγχύσεως και του ποσοστού εγχύσεως, οι οποίες σχετίζονται από την διαπερατότητα των μέσων του εδαφολογικού στρώματος. Όσο περισσότερο

διαπερατά είναι τα μέσα, τόσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό έγχυσης ατμού, που μπορεί να επιτευχθεί σε μια δεδομένη περιορισμένη πίεση. Όσο μεγαλύτερο είναι το ποσοστό έγχυσης ατμού, τόσο μεγαλύτερο είναι και το ποσοστό θέρμανσης εδάφους της υπό-επιφάνειας. Επιστήμονες όπως ο NEWMARK και ο AINES σύστησαν μεγάλα ποσά ατμού για την καθιέρωση μιας πλήρους ζώνης ατμού, στα πιο διαπερατά μέσα του εδάφους. Εντούτοις όμως μόλις φθάσει ο ατμός στο φρεάτιο προσαγωγής, όσο υψηλότερο είναι το ποσοστό έγχυσης ατμού τόσο περισσότερος ατμός παράγεται. Κατά συνέπεια μπορούμε να αποκτήσουμε μεγάλη θερμική αποδοτικότητα με την μείωση της έγχυσης ατμού. Μεγαλύτερα ποσοστά θέρμανσης σημαίνουν γενικά μεγαλύτερες ανακτήσεις μολυσματικών παραγόντων από το υπέδαφος και επίσης καλύτερη ενεργειακή αποδοτικότητα.

Αυξάνοντας την θερμοκρασία του ατμού που εγχέεται δεν αυξάνεται απαραίτητως και το ποσοστό θέρμανσης της περιοχής. Ο επιστήμονας BAKER το 1969 ανακάλυψε ότι για ένα δεδομένο ποσοστό έγχυσης ατμού, το ποσοστό ύπαρξης θερμότητας στο φρεάτιο δημιουργείται με τον καιρό καθώς η περιοχή επαφής τους με τον ατμό αυξάνεται. Σε κάποιο σημείο το ποσοστό εισαγωγής του ατμού θα είναι ίσο με το ποσοστό απώλειας της θερμότητας και η αύξηση της ζώνης ατμού θα σταματάει. Κατά συνέπεια, υπάρχει ένα μέγιστο μέγεθος στην ζώνη ατμού για ένα δεδομένο ποσοστό έγχυσης ατμού.

Ένα φυσικό χαρακτηριστικό των διαδικασιών έγχυσης ατμού που πρέπει να εξεταστεί είναι η συμπληρωματική προμήθεια ατμού λόγω των δυνάμεων της βαρύτητας. Η συμπληρωματική προμήθεια βαρύτητας προκαλείται από το γεγονός ότι ο ατμός είναι λιγότερο πυκνός από τα υγρά και επομένως θα τείνει να αυξηθεί. Συγχρόνως το καυτό νερό που παράγεται από την συμπύκνωση του ατμού είναι πυκνότερο από μερικούς μολυσματικούς παράγοντες. Ένας μετωπικός μηχανισμός μετατοπίσεων θα μετατοπίσει τα αρχικά ρευστά σωματίδια του μολυσματικού παράγοντα από τις ιξώδεις δυνάμεις. Όταν η

συμπληρωματική προμήθεια ατμού εμφανίζεται, η αποτελεσματικότητα της μετωπικής μετατόπισης μειώνεται. Οι διάφορες ιδιότητες του συστήματος , καθορίζουν το ποσοστό συμπληρωματικής προμήθειας ατμού που χρειάζεται. Όταν ο ατμός διαχέεται σε ένα πορώδες ακόρεστο μολυσματικό μέσο το μέτωπο ατμού είναι ουσιαστικά κάθετο προς αυτή την περιοχή και όταν υπάρχει μια διάφορα στην πυκνότητα μεταξύ του αρχικού ρευστού και του εγχεόμενου ρευστού η κλίση της διεπαφής μεταξύ αυτών των ρευστών , είναι ίση με την διάφορα μεταξύ του ατμού και των υγρών δυνάμεων φάσης που διαιρούνται με τις δυνάμεις βαρύτητας .

Οι σημαντικότερες απαιτήσεις εξοπλισμού για ένα σύστημα έγχυσης ατμού «STEAM INJECTION» είναι:

- Η Γεννήτρια ατμού.
- Το Σύστημα διανομής ατμού στα φρεάτια.
- Το Σύστημα εξαγωγής του ατμού από τα φρεάτια.
- Τα Δοχεία ψύξης /συμπυκνωτές για τα αποσταγμένα ρευστά.

Οι κινητές εγκαταστάσεις ατμού τροφοδοτούνται από το φυσικό αέριο, το προπάνιο ή αλλά διαθέσιμα καύσιμα. Οι Γεννήτριες ατμού απαιτούν ένα υψηλής ποιότητας νερό για να αποφύγουμε την συγκέντρωση αλάτων στον κινητήρα. Φυσικά η λειτουργία ενός συστήματος έγχυσης ατμού απαιτεί την συνεχόμενη τροφοδότηση του λέβητα που είναι σημαντικός τομέας του προγράμματος. Οι πνευματικές αντλίες ανελκυστήρων αέρα και οι ανυψωτικές αντλίες χρησιμοποιούνται στα φρεάτια εξαγωγής για να αφαιρέσουν το υγρό νερό καθώς και τους μολυσματικούς παράγοντες. Οι ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται για να αφαιρέσουν τον ατμό και τους μολυσματικούς παράγοντες που έχουν εξατμιστεί και είναι σε κατάσταση ατμού. Οι πυκνωτές

θερμότητας, χρησιμοποιούνται για να συμπυκνώνουν τους αποσταγμένους ατμούς και επίσης για να προθερμαίνουν το νερό της γεννήτριας ατμού.

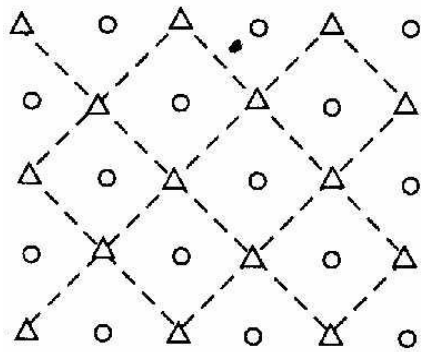
Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην κατασκευή των φρεατίων έγχυσης ατμού λόγω των πολύ υψηλών θερμοκρασιών και των πιέσεων που πρέπει τα φρεάτια να αντέξουν. Τα φρεάτια PVC ή FIRE GLASS που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο των υπόγειων νερών δεν είναι επαρκή για την διαδικασία έγχυσης του ατμού. Το περίβλημα χάλυβα χρησιμοποιείται συνήθως για τα φρεάτια εγχύσεως ατμού και εξαγωγής ατμού, αλλά η εγκατάστασή τους θα πρέπει να προβλέπει την αναμενόμενη επέκταση του περιβλήματος με την θερμοκρασία. Η εμπειρία στην βιομηχανία πετρελαίου έχει δείξει ότι οι αποτυχίες των σωλήνων στα προγράμματα έγχυσης ατμού εμφανίζονται στις συζεύξεις τους, λόγω των επαναλαμβανόμενων διαδικασιών επέκτασης και συστολής λόγω της θέρμανσης και της ψύξης.

Η τοποθέτηση των φρεατίων εγχύσεως ατμού και εξαγωγής είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την αποδοτικότητα του συστήματος επανόρθωσης και καθαρισμού του εδάφους. Οι ζώνες τοποθέτησης και έγχυσης ατμού πρέπει να βασιστούν σε μια λεπτομερή γνώση των χαρακτηριστικών κάτω από την επιφάνεια, συμπεριλαμβανομένης της σκιαγράφησης των ζωνών υψηλής διαπερατότητας, καθώς και της υψηλής συγκέντρωσης των μολυσματικών παραγόντων. Εάν η περιοχή που θέλουμε να καθαριστεί δεν είναι παρά πολύ μεγάλη τότε τα φρεάτια εγχύσεως ατμού μπορούν να περιβάλλουν την μολυσμένη ζώνη με ένα ή περισσότερα φρεάτια εξαγωγής. Όταν η περιοχή μόλυνσης είναι παρά πολύ μεγάλη σε συγκέντρωση μολυσματικών παραγόντων τα επιθυμητά ποσοστά εγχύσεως δεν μπορούν να επιτευχθούν από τα απομακρυσμένα φρεάτια έγχυσης ατμού.

Αυτό φαίνεται στα παρακάτω σχέδια που μας βοηθούν να καταλάβουμε τον σχηματισμό ανάμεσα στα φρεάτια και την μεταξύ τους απόσταση:

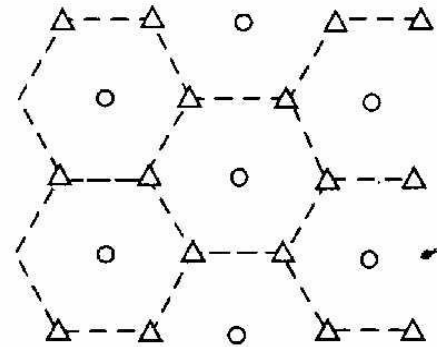
ΣΧΗΜΑ 11

ΣΧΕΔΙΟ 1



Five Spot

ΣΧΕΔΙΟ 2



Seven Spot

Το σχέδιο 5 σημείων (FIVE SPOT) εναλλάσσει φρεάτια έγχυσης και εξαγωγής ατμού , έτσι ώστε όλα τα φρεάτια περιβάλλονται από τέσσερα φρεάτια του αντίθετου τύπου. Το σχέδιο 7 σημείων έγχυσης ατμού στο υπέδαφος έχει χρησιμοποιηθεί επίσης από την βιομηχανία πετρελαίου για να ανακτήσει τα ιξώδη πετρέλαια. Τα σχέδια αυτά μπορούν να γίνουν αποτελεσματικά όταν η διανομή των υπό-επιφανειών και μολυσματικών παραγόντων είναι ουσιαστικά ομοιογενής. Κάποιοι επιστήμονες διαπίστωσαν ότι καλύτερα αποτελέσματα υπάρχουν με κοντά διαστήματα στο έδαφος και έναν άφθονο αριθμό φρεατίων παραγωγής ατμού και επίσης ότι τα διαστήματα 5-6 μέτρων είναι καλύτερα από τα διαστήματα των 12 μέτρων.

Εργαστηριακά πειράματα δισδιάστατης μορφής έγχυσης ατμού έχουν γίνει για να αξιολογήσουμε τις αντιδράσεις του καθένα ξεχωριστά συστατικού. Όταν ο ατμός εγχέεται σε ένα δυσδιαστατικό ομοιογενές πακέτο άμμου που περιέχει το ξυλόλιο, τότε το ξυλόλιο μετατοπίστηκε ως ελεύθερη μάζα προϊόντων μπροστά από τον συμπυκνωμένο ατμό με αποτέλεσμα την αποκατάσταση του άμμου. Αυτός ο καθαρισμός επιτεύχθηκε με την έγχυση 350 όγκων ατμού. Επίσης όταν ο ατμός περιέβαλε μια συγκέντρωση άμμου που περιείχε καύσιμα diesel , τότε

δεν υπήρξε καμία σημαντική φυσική μετατόπιση του diesel από τον ατμό. Όμως ο όγκος της αρχικής συγκέντρωσης των μολυσματικών παραγόντων μειώθηκε από το ζεστό ατμό. Αυτό μας δείχνει ότι η συνεχής έγχυση και η κενή εξαγωγή παράγουν μια κλασματική απόσταξη των τμημάτων καύσιμων diesel με τα πιο πτητικά συστατικά να αφαιρούνται πρώτα.

Ένα πρόγραμμα επίδειξης πειραματικής κλίμακας εκτελέστηκε στο ναυτικό σταθμό LEMOORE στην Καλιφόρνια το 1994 για να ανακτήσει τον μολυσματικό παράγοντα JP-5, το σύστημα είχε δυο φρεάτια εγχύσεων ατμού που ήταν ενισχυμένα από 8 φρεάτια εξαγωγής ατμού μέσα στην μολυσμένη ζώνη. Κατά συνέπεια ένα μεγάλο μέρος των ανακτημένων ρευστών της τάξης 80% συμπεριλαμβανομένου και των ανακτημένων JP-5 μολυσματικών παραγόντων. Η συγκέντρωση του JP-5 μέσα στην περιοχή επεξεργασίας στην υπό-επιφάνεια μειώθηκε από 100.000 PPM (μονάδα μόλυνσης σε 20 έως 50 PPM). Οι συστάσεις για την μείωση ή την εξάλειψη της ανοδικής διάδοσης των μολυσματικών ατμών περιέλαβαν τον έλεγχο της ανύψωσης των υπόγειων νερών του εδάφους για να αποφύγουν κατά την διάρκεια έγχυσης ατμού και την εκχύλιση περισσότερων μολυσματικών JP-5 παραγόντων. Αυτές οι τεχνολογικές διαδικασίες – πειράματα θα μπορούσαν να επιτύχουν με την εγκατάσταση των φρεατίων που είναι και για την έγχυση ατμού και για την εξαγωγή των υγρών και ατμών που επιτρέπουν την μεγαλύτερη ευελιξία των συστημάτων και τον συνεχή έλεγχο των ανυψώσεων των υπόγειων νερών για να βελτιστοποιήσουν τα ρευστά ποσοστά της αφαίρεσης των μολυσματικών παραγόντων.

Μια πειραματική επίδειξη για τα οποία προαναφέραμε για ένα σύστημα διπλών περιστροφικών τρυπανιών ατμού πραγματοποιήθηκε τον Δεκέμβριο του 1996 στην Φλόριδα στις εγκαταστάσεις PINELLAS. Ο στόχος αυτής της επίδειξης ήταν να μειωθούν οι υψηλές συγκεντρώσεις μολυσματικών παραγόντων (500-

5000 PPM) ΜΕ ΤΗΝ «αναερόβια» βιοθεραπεία, η οποία ήταν η επιλεγμένη θεραπευτική τεχνική για να την περιοχή αυτή. Το συμπέρασμα που βγήκε ήταν ότι οι αφαιρέσεις 75-95% των μολυσματικών παραγόντων από το χώμα και το υπόγειο νερό επιτεύχθηκαν γενικά, αλλά οι πρώτιστος στόχος για τον εδαφολογικό καθαρισμό 100-200 PPM μολυσματικών παραγόντων δεν πέτυχε. Αυτό το πείραμα έδειξε ότι η αποτελεσματικότητα του συστήματος έγχυσης ατμού με τρυπάνια δεν λειτουργεί όπως είχε σχεδιαστεί , γιατί υπάρχουν περιορισμοί που τοποθετούνται στην λειτουργία των συστημάτων λόγω μικρών διαστάσεων.

Στην παράγραφο που ακολουθεί θα αναπτύξουμε-παρουσιάσουμε τις πληροφορίες δαπανών που υπάρχουν βία αυτές τις μεθόδους επανόρθωσης και καθαρισμού του υπεδάφους «STEAM INJECTION».

Οι πληροφορίες δαπανών για τις καινοτόμες μεθόδους επανόρθωσης είναι αραιές λόγω της περιορισμένης εμπειρίας για την εφαρμογή αυτών των μεθόδων .

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Επειδή κάθε περιοχή είναι μοναδική από την άποψη:

- Γεωλογίας.
- Τύπου χώματος.
- Των ποσοτήτων των μολυσματικών παραγόντων.

και άλλων χαρακτηριστικών , που μπορούν να έχουν επιπτώσεις σε μια κανονική τεχνολογία επεξεργασίας όπως η έγχυση ατμού με ενέσεις ατμού «STEAM INJECTION» , οι δαπάνες που αναλαμβάνονται κατά την διάρκεια της εφαρμογής αυτής της τεχνολογίας επί ενός τόπου δεν ισχύουν άμεσα στην χρήση της ίδιας τεχνολογίας – δαπανών επί ενός άλλου τόπου. Επίσης ένα μεγάλο – σημαντικό μέρος των διαθέσιμων στοιχείων των δαπανών , συλλέχθηκε κατά την διάρκεια των δοκίμων επίδειξης. Άλλες δαπάνες είναι η παραγωγή ατμού που εξαρτάται πολύ από τον όγκο του χώματος που πρέπει να καθαριστεί. Όσο βαθύτερη είναι η ζώνη μόλυνσης στο έδαφος τόσο μεγαλύτερες είναι και οι δαπάνες για την χρησιμοποίηση περισσότερων συστημάτων και την κατασκευή φρεατίων.

Τα συμπεράσματα καθώς και οι εργαστηριακές μελέτες έχουν δείξει την σημαντικότητα της έγχυσης ατμού για να καταπολεμηθούν οι πτητικοί μολυσματικοί παράγοντες από την υπό-επιφάνεια. Προκείμενου όμως να εφαρμοστεί αποτελεσματικά αυτή η διαδικασία είναι σημαντικό να χαρακτηριστεί η περιοχή για να καθορίσουν επαρκώς την οριζόντια και κάθετη διανομή του μολυσματικού παράγοντα καθώς και οι καλύτερες και αποδοτικότερες πορείες ροής του ατμού εγχύσεως. Η αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος θα περιλαμβάνει την κυκλική λειτουργία της

έγχυσης ατμού και της κενής εξαγωγής αφού έχει εμφανιστεί σημαντική ποσότητα ατμού στην εξαγωγή.

Τα πλεονεκτήματα της έγχυσης ατμού σε σύγκριση με άλλες τεχνικές επανόρθωσης του εδάφους περιλαμβάνουν το γεγονός ότι δεν χρειάζεται ανασκαφή του χώματος , οπότε οι πιθανοί μολυσματικοί παράγοντες δεν εγγέονται στην υπό-επιφάνεια και είναι δυνατές και γρηγορότερες επανορθώσεις για καθαρισμό περισσότερων μολυσμένων εδαφών.

Χωρίς καμία αμφιβολία οι δαπάνες κεφαλαίου για την έγχυση ατμού είναι μεγαλύτερες από ένα σύστημα που υποστηρίζεται στην αφαίρεση των εδαφολογικών αέριων χωρίς θέρμανση όπως είναι η κενή εξαγωγή. Τα επιταχυνόμενα όμως ποσοστά αποκατάστασης μολυσματικών περιοχών μπορούν να χαμηλώσουν το συνολικό κόστος καθαρισμού του υπεδάφους και έτσι μειώνονται οι λειτουργικές δαπάνες. Επιπλέον οι υψηλότερες θερμοκρασίες μπορούν να αυξήσουν το πόσο των οργανικών ουσιών που ανακτούνται , καθώς και την αεριοποίηση τους. Στα συστήματα όπου η αεριοποίηση των οργανικών ουσιών περιορίζεται από μια χαμηλή αστάθεια του μολυσματικού παράγοντα ή της ισχυρής απορρόφησης πάνω σε μια στέρεα φάση όπου η θερμοκρασία του συστήματος μπορεί πραγματικά να επιτύχει. Τότε θα υπάρξουν αναμφισβήτητα ανταλλαγές μεταξύ της αποδοτικότητας του καθαρισμού και του κόστους της διαδικασίας της επεξεργασίας.

Στην παρακάτω φωτογραφία παρουσιάζεται μια εγκατάσταση της τεχνολογικής διαδικασίας «STEAM INJECTION» - ΕΝΕΣΕΙΣ ΑΤΜΟΥ, στην οποία φαίνονται διάφορες πληροφορίες όπως είναι: η έκταση που καταλαμβάνει , οι αποστάσεις ανάμεσα στις τρύπες που έχουν γίνει, και γενικά μας δίνει μια ιδέα για το πώς είναι μια περιοχή στην οποία εφαρμόζεται η διαδικασία «STEAM INJECTION FOR SOIL REMEDIATION» - ΕΝΕΣΕΙΣ ΑΤΜΟΥ ΓΙΑ ΚΑΘΑΡΙΣΜΟ ΥΠΕΔΑΦΟΥΣ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΑ:



BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Πηγες από διαδίκτυο:

California Environmental Protection Agency Technology Certification Program. Provides downloadable reports of the results of testing carried out on, among other things, SCAPS and online hydrocarbon monitoring.

[http://www.calepa.ca.gov/calcert/partner.htm#Tech Partnership](http://www.calepa.ca.gov/calcert/partner.htm#Tech%20Partnership)

Case studies of demonstrations and applications of technologies and streamlined strategies. <http://www.frtr.gov>

Center for Public Environmental Oversight. Provides a searchable database of characterization and remediation technology descriptions.

<http://www.cpeo.org/techtree/about.htm>

Cluin. EPA Office of Superfund Remediation and Technology Innovation sponsored web site: Provides wide of downloadable reports and updates on characterization and remediation technologies as well as links to other environmental sites. <http://www.cluin.org>

EPA Environmental Technology Verification Program. Provides downloadable reports on the results of testing carried out on, among other things, monitoring and characterization equipment.

<http://www.epa.gov/etv/>

EPA Triad Internet Site. Provides information on the Triad approach to site characterization, which can be used for DNAPL site investigations.

<http://www.triadcentral.org/>

Field Analytical Technologies Encyclopedia (FATE). Provides information on theory of operation, strengths, weaknesses, and general operating costs for selected technology classes and vendors. <http://www.fate.cluin.org>

EPA: Superfund Dynamic Field Activities Internet Site. Provides resources to support a streamlined, dynamic approach to measurement and monitoring. Resources include a Superfund guidance document and links to resources on numerous field-based analytical and sampling methods. <http://epa.gov/superfund/programs/dfa/index.htm>

DOE Office of Science and Technology. Under the “publications” button, provides extensive listing of publications and reports on innovative characterization, monitoring, and sensor technologies.
<http://www.apps.em.doe.gov/ost/itsrall.html>

Σημειώσεις Μαθήματος: Τεχνολογία Ρύπανσης.
Εισηγητής: Δρ. Μαρία Θεοδοροπούλου

Άρθρο για το αντικείμενο της Περιβαλλοντικής Γεωτεχνικής.