



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων

Τεχνολογίες εξυγίανσης ρυπασμένων εδαφών & υπογείων υδάτων από πετρελαιοειδή

Καθ. Ευάγγελος Γιδαράκος

E-mail: gidarako@mred.tuc.gr



ΗΤΗΚ



ΤΜΗΜΑ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ενημερωτική ημερίδα απορρύπανσης εδαφών από πετρελαιοειδή

Κύπρος
Ιούνιος 2019

Πολυτεχνείο Κρήτης



Greece



Crete



Chania



Πολυτεχνείο Κρήτης



Greece



Crete



Chania



Πολυτεχνείο Κρήτης



Greece



Crete



Chania

- Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης (1984)
- Σχολή Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (1986)
- Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών (1990)
- **Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος (1997)**
- Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών (2004)



www.enveng.tuc.gr

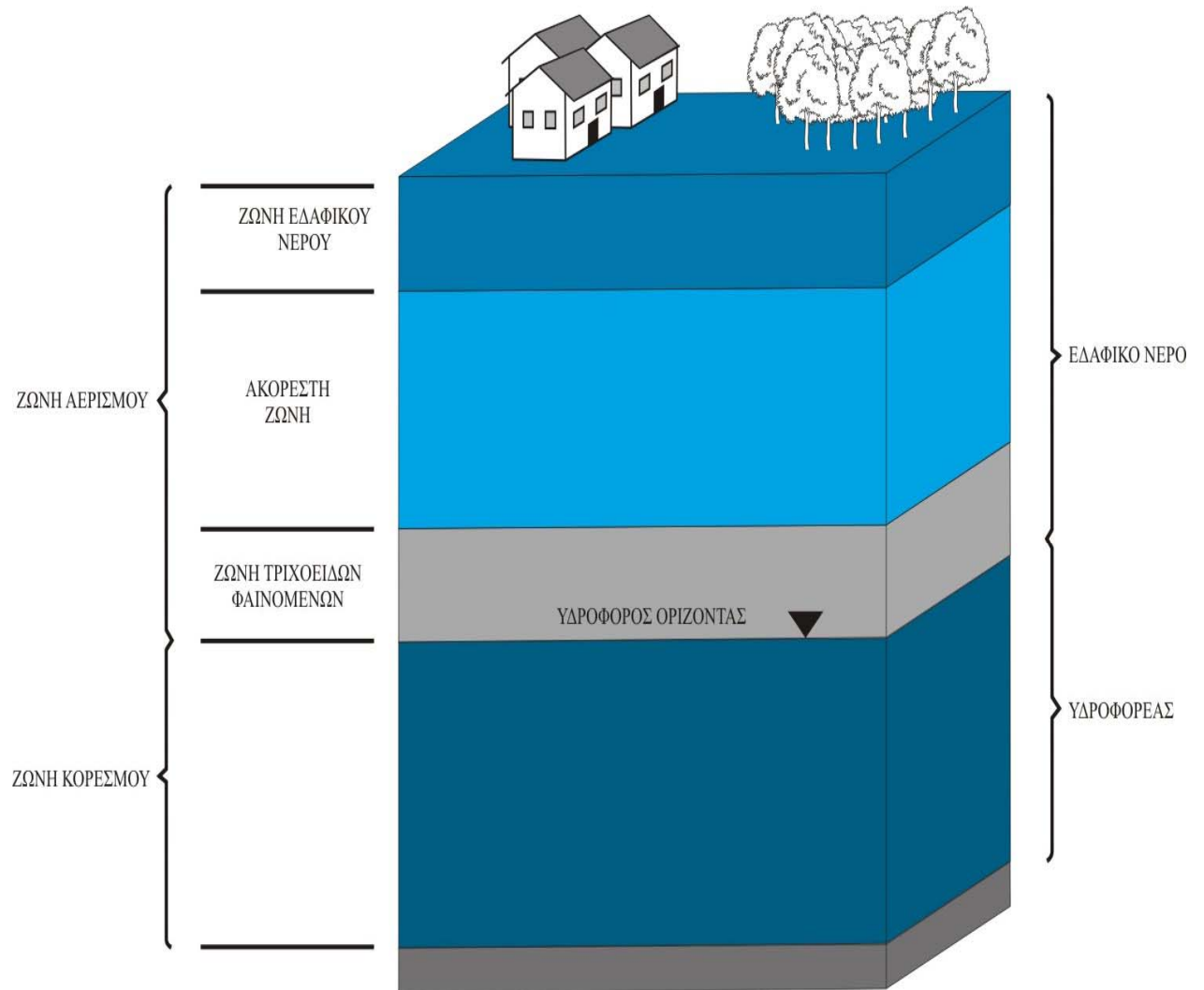


Ανάπτυξη Τεχνολογιών Εξυγίανσης



☐ Ακόρεστη ζώνη

☐ Κορεσμένη ζώνη



ΑΔΙΑΠΕΡΑΤΟ ΣΤΡΩΜΑ

Τεχνολογίες αποκατάστασης Εδαφών



Φυσικοχημικές

- Ηλεκτροκινητική μέθοδος
- Σταθεροποίηση - στερεοποίηση
- Εδαφική έκπλυση
- Εδαφική πλύση
- Άντληση εδαφικού αέρα

Βιολογικές

- Βιοαερισμός
- Βιοαντιδραστήρας
- Εδαφική επεξεργασία
- Κομποστοποίηση
- Φυτοεξυγίανση

Θερμικές

- In situ θερμική επεξεργασία
- Αποτέφρωση
- Πυρόλυση
- Θερμική εκρόφηση

Επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας αποκατάστασης



Γίνεται με βάση:

- Τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του υφιστάμενου **ρύπου**
- Τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση **πεδίου** (π.χ. τύπος εδάφους, διαπερατότητα, τοπογραφία, υδρογεωλογία, κλίμα κ.α)
- Τον εκάστοτε **στόχο** εξυγίανσης
- Το **κόστος** της προτεινόμενης τεχνολογίας (κόστος αρχικό, λειτουργικό και συντήρησης)



Φυσικοχημικές μέθοδοι



Εδαφική έκπλυση ⁽¹⁾



Περιλαμβάνει την εισαγωγή - διήθηση ενός υδατικού διαλύματος μέσα στην υφιστάμενη ζώνη ρύπανσης, με στόχο τη μεταφορά των εδαφικών ρύπων στο χρησιμοποιούμενο διάλυμα και τη μετέπειτα απομάκρυνσή τους με την άντληση του ρυπασμένου πλέον διαλύματος. Εφαρμόζεται in-situ, πολλές φορές συγχέεται με την εδαφική πλύση, η οποία είναι ex-situ διεργασία, μιας και απαιτεί την εκσκαφή του ρυπασμένου εδάφους για την αποκατάστασή του.



Εφαρμόζεται :

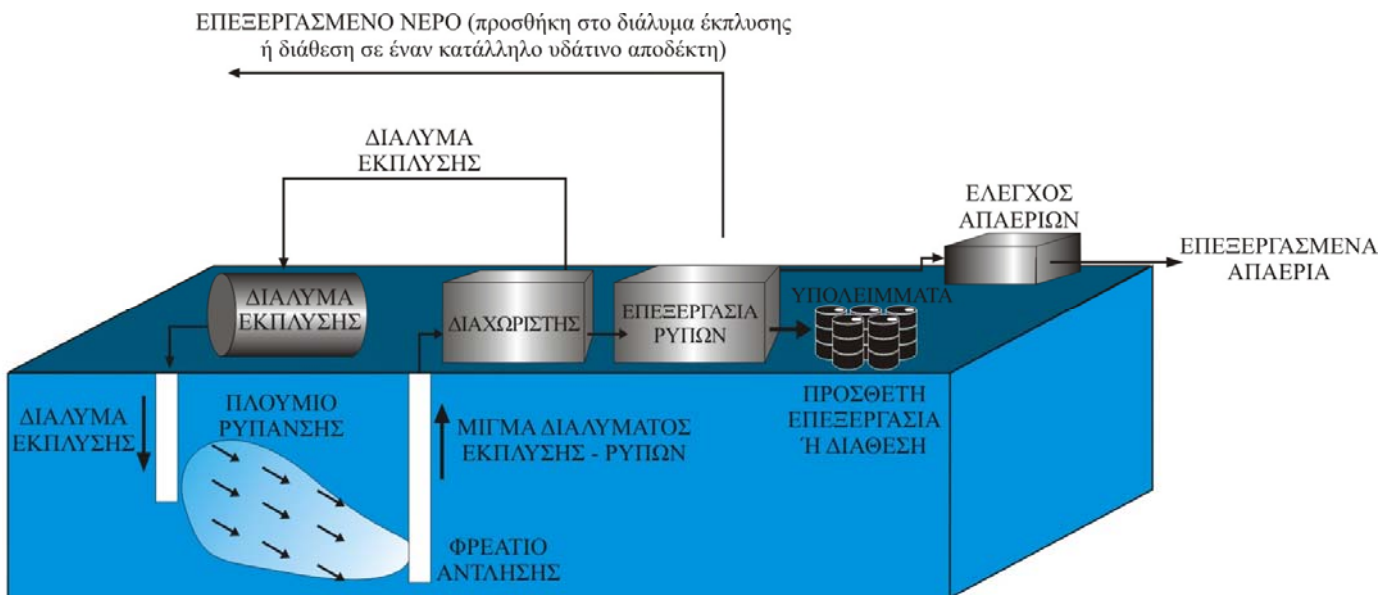
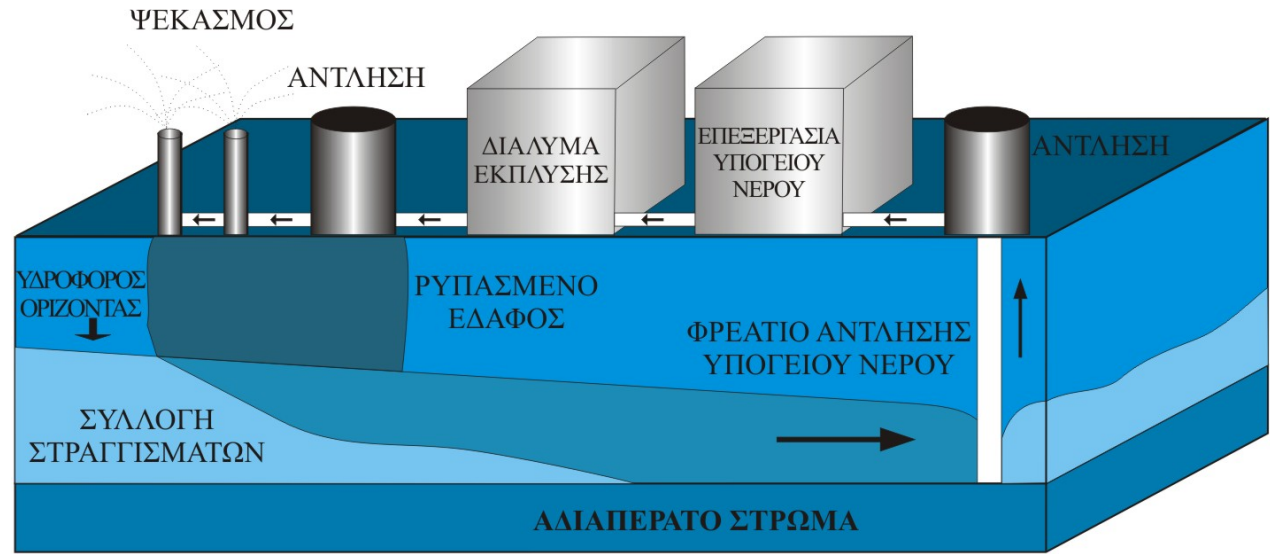
- πτητικά και μη πτητικά μέταλλα
- ραδιενεργά στοιχεία (Cs, Sr, Co, Ur)
- NAPL
- διοξίνες και φουράνια

Τόσο οργανικούς όσο και ανόργανους ρύπους.

Εδαφική έκπλυση (2)



Επιφανειακή εφαρμογή



Εισαγωγή μέσα στο έδαφος

Εδαφική έκπλυση ⁽³⁾



Το διάλυμα μπορεί να περιέχει:

- διαλυτές οργανικές ενώσεις (cosolvents)
- οξέα ή βάσεις
- απορρυπαντικά

ανάλογα με τον υφιστάμενο ρύπο.

Οι μηχανισμοί με τους οποίους το χρησιμοποιούμενο διάλυμα έκπλυσης απομακρύνει τους ρύπους από το έδαφος είναι :

- η διάλυση
- οι χημικές αντιδράσεις
- ο σχηματισμός γαλακτωμάτων

Εδαφική έκπλυση (4)



Αφού ο ρύπος μεταφερθεί στο υπόγειο νερό ή στο διάλυμα έκπλυσης, θα μεταφερθεί προς το φρεάτιο άντλησης υπό την επίδραση των ακόλουθων μηχανισμών μεταφοράς μάζας:

- συμμεταφορά
 - διασπορά
 - διάχυση
 - εξάτμιση
-

Η δυνατότητα εφαρμογής της εδαφικής έκπλυσης εξαρτάται από :

- τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση εδάφους (διαπερατότητα, υδραυλική αγωγιμότητα)
- τα χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ρύπων (διαλυτότητα, τάση για προσρόφηση)

Εδαφική έκπλυση (5)



Πλεονεκτήματα

- ❑ Είναι in-situ διεργασία, η οποία δεν απαιτεί την εκσκαφή και τη μεταφορά του ρυπασμένου εδάφους σε ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας, μειώνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.
- ❑ Μπορεί να εφαρμοστεί και στην κορεσμένη ζώνη του εδάφους.
- ❑ Μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες αποκατάστασης (π.χ. άντλησης και επεξεργασίας – pump-and-treat), επιτυγχάνοντας πιο ολοκληρωμένη εξυγίανση ενός ρυπασμένου πεδίου.
- ❑ Μπορεί να αντιμετωπίσει ένα μεγάλο αριθμό εδαφικών ρύπων.

Εδαφική έκπλυση ⁽⁶⁾



Μειονεκτήματα

- ❑ Δεν είναι αποτελεσματική στην εξυγίανση εδαφών χαμηλής διαπερατότητας.
- ❑ Απαιτεί σχετικά μεγάλους χρόνους εξυγίανσης.
- ❑ Οι υδρογεωλογικές συνθήκες του προς επεξεργασία πεδίου πρέπει να είναι πλήρως γνωστές.
- ❑ Απαιτεί προσεκτικό σχεδιασμό.
- ❑ Το εισαγόμενο διάλυμα έκπλυσης είναι δυνατόν να επηρεάσει αρνητικά τις χημικές και φυσικές ιδιότητες του εδάφους.
- ❑ Αντιμετωπίζει νομοθετικούς περιορισμούς στην εφαρμογή του.
- ❑ Η παρουσία κατασκευών (υπόγειων σωλήνων, δεξαμενών, κτιρίων, κτλ) μπορεί να περιορίσει ή να αποτρέψει την εφαρμογή της.
- ❑ Μετατρέπει ουσιαστικά το πρόβλημα εξυγίανσης εδάφους σε πρόβλημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων.

Εδαφική πλύση ⁽¹⁾



Χρησιμοποιεί υγρά διαλύματα (συνήθως νερό με πρόσθετες χημικές ενώσεις) και μηχανικές διεργασίες, με στόχο την απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων από μέρος του επεξεργαζόμενου εδάφους και τη συγκέντρωσή τους στο χρησιμοποιούμενο διάλυμα. Εφαρμόζεται ex-situ και μειώνει την ποσότητα του ρυπασμένου εδάφους. Είναι περισσότερο μια μέθοδος διαχωρισμού παρά μια μέθοδος επεξεργασίας των εδαφικών ρύπων.

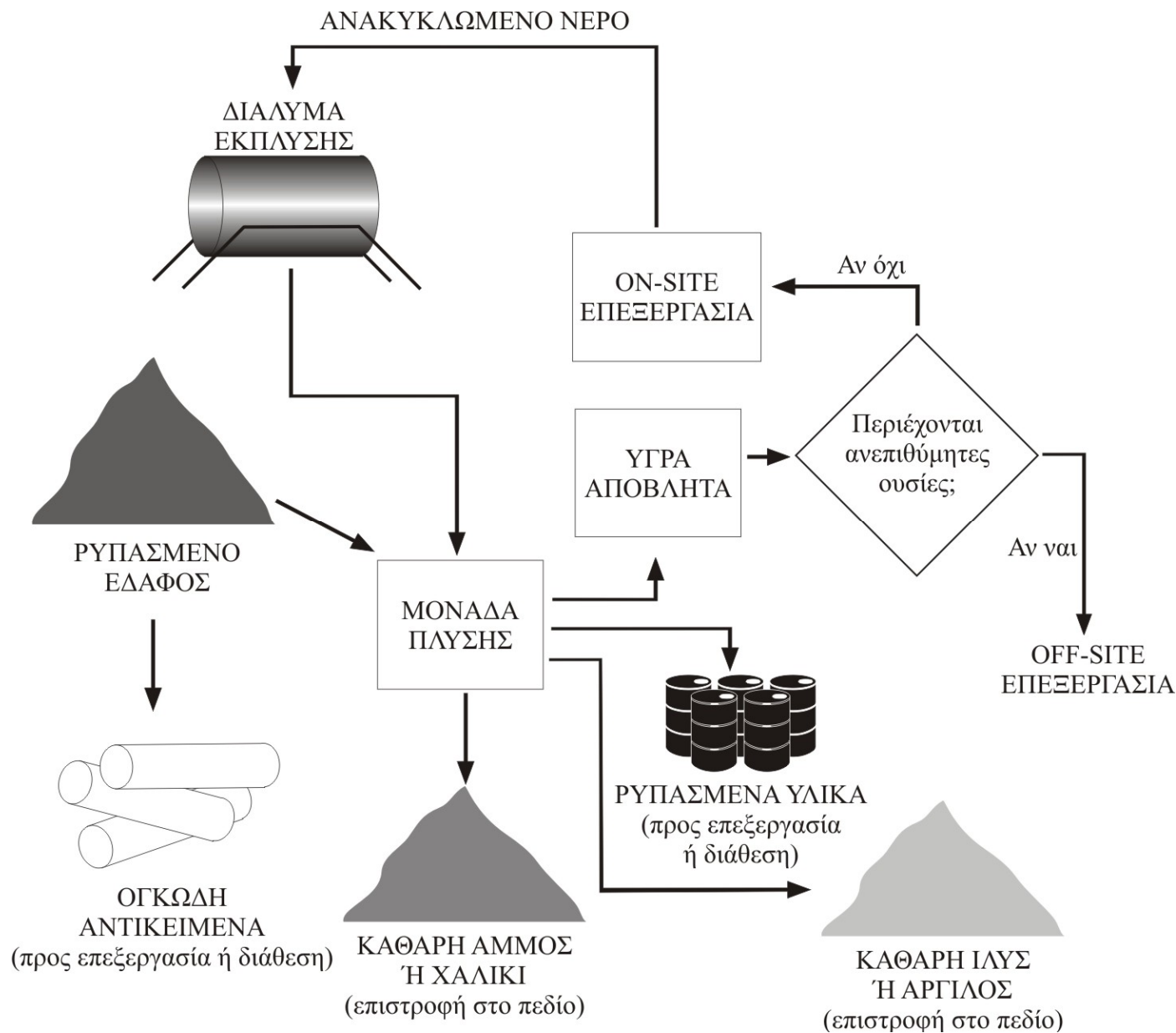


Εφαρμόζεται για:

- βενζίνη
- μέταλλα
- καύσιμα
- φυτοφάρμακα
- ζιζανιοκτόνα

Μπορεί να εφαρμοστεί και on-site.

Εδαφική πλύση (2)



Εδαφική πλύση ⁽³⁾



Τα δεδομένα που πρέπει να είναι γνωστά περιλαμβάνουν:

- τον τύπο του προς επεξεργασία εδάφους
 - την κατανομή του μεγέθους των εδαφικών σωματιδίων
 - την περιεχόμενη υγρασία και οργανική ύλη του εδάφους
 - το είδος και τη συγκέντρωση των εδαφικών ρύπων.
-

Ο απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- το ποσοστό ιλύος, αργίλου και ογκωδών αντικειμένων του εδάφους
- το είδος και την ποσότητα των υφιστάμενων εδαφικών ρύπων
- το μέγεθος της κεντρικής μονάδας πλύσης

Εδαφική πλύση (4)



Πλεονεκτήματα

- ❑ Χρησιμοποιεί ένα κλειστό ex-situ σύστημα επεξεργασίας, το οποίο μπορεί να ελεγχθεί πλήρως (π.χ. ως προς το pH και τη θερμοκρασία).
- ❑ Επιτρέπει την επεξεργασία του εδάφους on-site, χωρίς την ανάγκη μεταφοράς του σε μακρινές ειδικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας.
- ❑ Με τη χρήση διαφορετικού διαλύματος πλύσης, επιτρέπει την απομάκρυνση μεγάλης ποικιλίας εδαφικών ρύπων.
- ❑ Στην περίπτωση που χρησιμοποιείται ως προεπεξεργασία ρυπασμένου εδάφους, παρέχει σημαντικό οικονομικό όφελος καθώς μειώνει τον όγκο που τελικά θα καταλήξει στην κύρια μέθοδο επεξεργασίας.



Μειονεκτήματα

- ❑ Δεν μπορεί να αντιμετωπίσει επιτυχώς περίπλοκα μίγματα εδαφικών ρύπων, δεδομένου ότι σε αυτήν την περίπτωση η εύρεση κατάλληλου διαλύματος πλύσης είναι δύσκολη.
- ❑ Δεν είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην απομάκρυνση προσροφημένων οργανικών ρύπων.
- ❑ Παράγει υγρά απόβλητα, από τα οποία είναι δύσκολο να απομακρυνθούν τα πολύ μικρά εδαφικά σωματίδια και απαιτούν κατάλληλη επεξεργασία.
- ❑ Απαιτεί την εγκατάσταση μεγάλου εξοπλισμού.
- ❑ Συνήθως δε συμφέρει οικονομικά για την επεξεργασία ελαφριά ρυπασμένου εδάφους.

Άντληση εδαφικού αέρα - SVE ⁽¹⁾



Περιλαμβάνει την απομάκρυνση του εδαφικού αέρα από την ακόρεστη ζώνη μιας ρυπασμένης περιοχής, ο οποίος περιέχει αέριους ρύπους. Ουσιαστικά αφορά στην άντληση πτητικών ρύπων υπό εφαρμογή κενού, ενισχύοντας τη μεταφορά τους από τη διαλυμένη, προσροφημένη ή ελεύθερη φάση στην αέρια φάση.

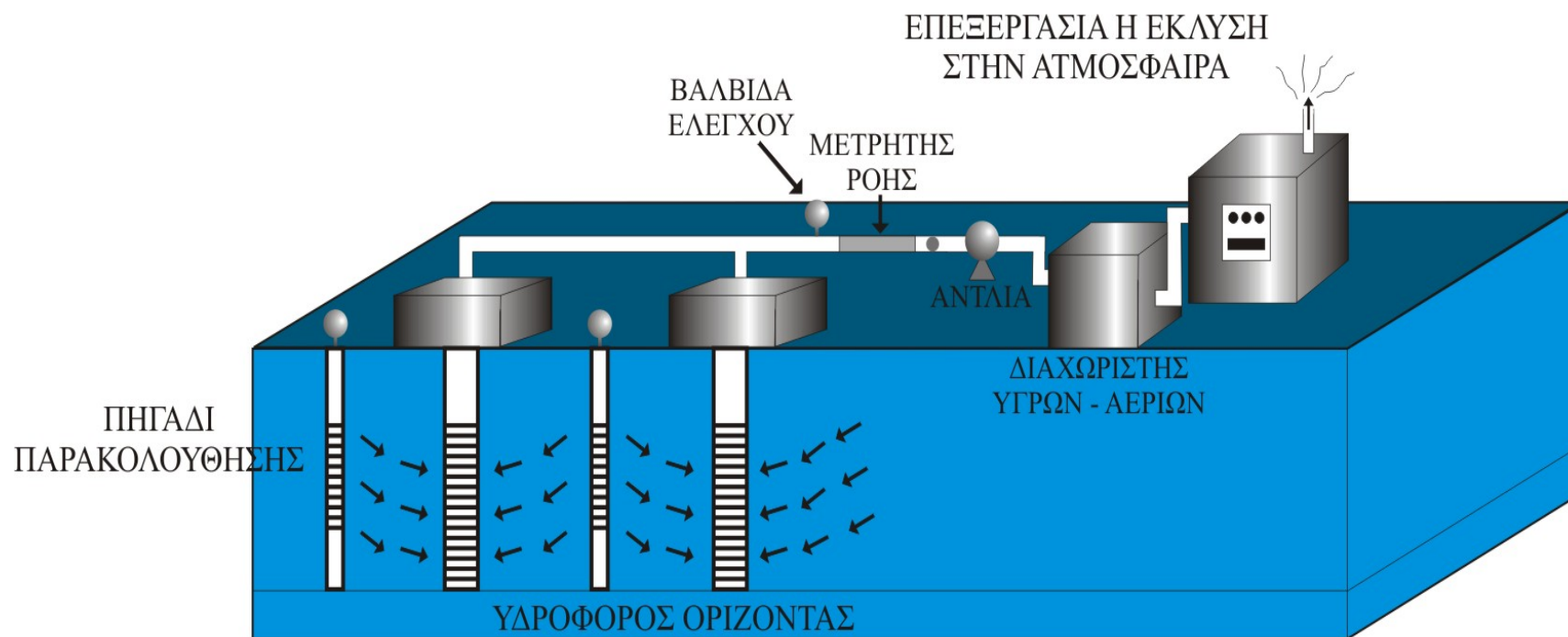


Εφαρμόζεται για:

- ελαφρούς υδρογονάνθρακες (βενζόλιο, τολουόλιο, TCE, κα.)
- βιοαποικοδομήσιμους ρύπους

Γενικά για όλα τα είδη πτητικών ρύπων.

Άντληση εδαφικού αέρα – SVE (2)



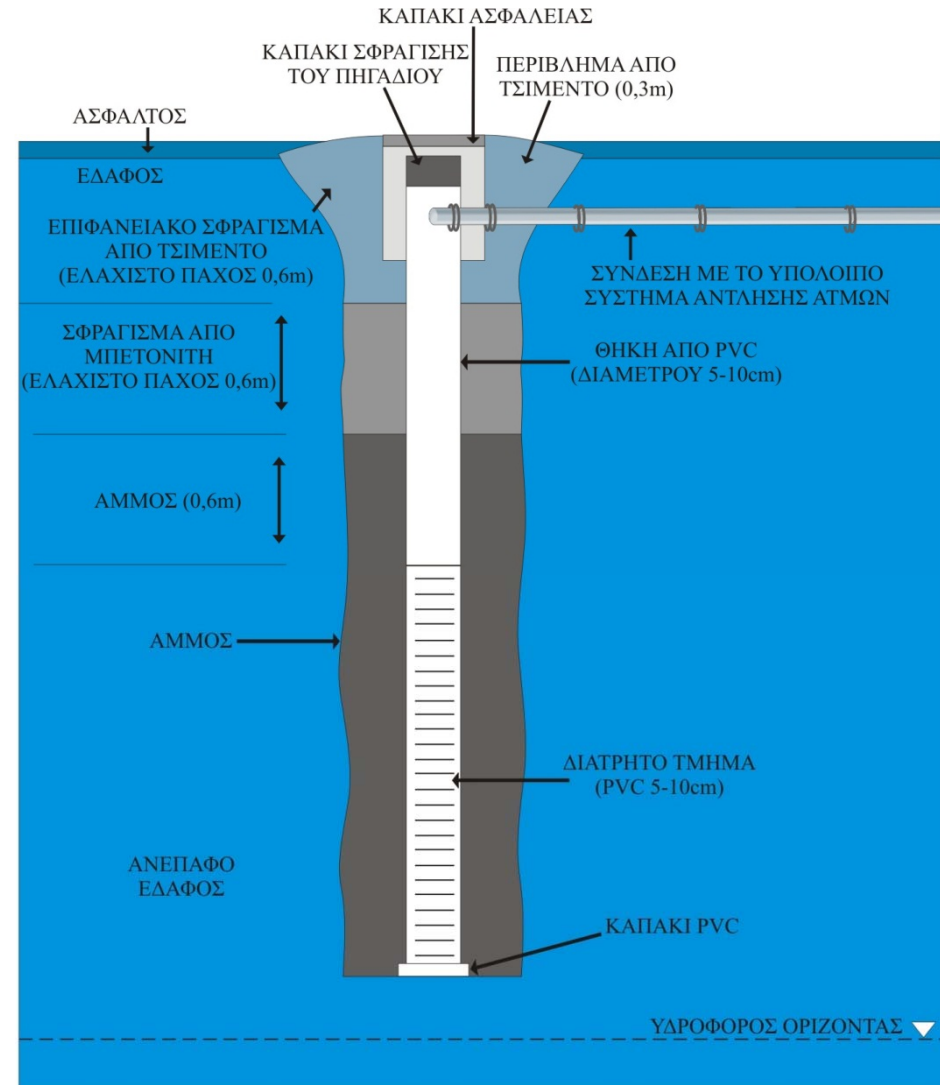
Άντληση εδαφικού αέρα – SVE (3)



□ Ανάλογα με το υφιστάμενο πλούμιο ρύπανσης, το σύστημα άντλησης εδαφικού αέρα μπορεί να αποτελείται είτε από οριζόντια είτε από κάθετα πηγάδια.



Τυπικό κάθετο πηγάδι άντλησης εδαφικού αέρα



Άντληση εδαφικού αέρα – SVE ⁽⁴⁾



Η εν λόγω τεχνολογία βασίζεται στα ακόλουθα φαινόμενα:

- ❑ ο σταθερός εδαφικός αέρας εμπλουτίζεται με ατμούς των υφιστάμενων πτητικών ρύπων
- ❑ οι συγκεκριμένοι ατμοί μπορούν να απομακρυνθούν με άντληση υπό κενό μέσω ενός κατάλληλου πηγαδιού
- ❑ όταν απομακρυνθούν οι ατμοί, ο εδαφικός αέρας ανανεώνεται με «φρέσκο» ατμοσφαιρικό αέρα από την επιφάνεια του εδάφους
- ❑ η ισορροπία μεταξύ της υγρής και της αέριας φάσης των υφιστάμενων ρύπων διαταράσσεται και η εξάτμισή τους ευνοείται
- ❑ λαμβάνει χώρα συμμεταφορά και διασπορά, μεταφέροντας τους εξατμισμένους ρύπους

Άντληση εδαφικού αέρα – SVE ⁽⁵⁾



Είναι πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί το πεδίο ροής του αέρα γύρω από ένα πηγάδι άντλησης εδαφικού αέρα, το οποίο εξαρτάται από:

- την εφαρμοζόμενη υποπίεση
- το μήκος του διάτρητου τμήματος του πηγαδιού
- το πορώδες και η υγρασία του εδάφους
- διαπερατότητα του εδάφους και χωρική κατανομή αυτού
- βάθος υδροφόρου ορίζοντα

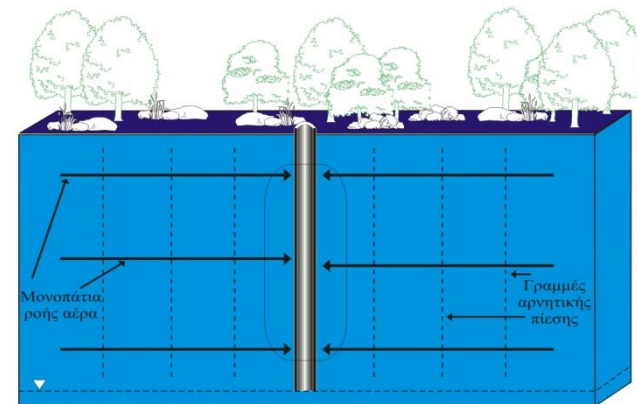
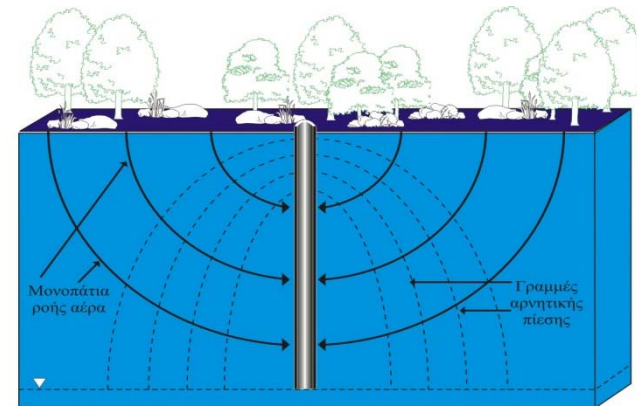
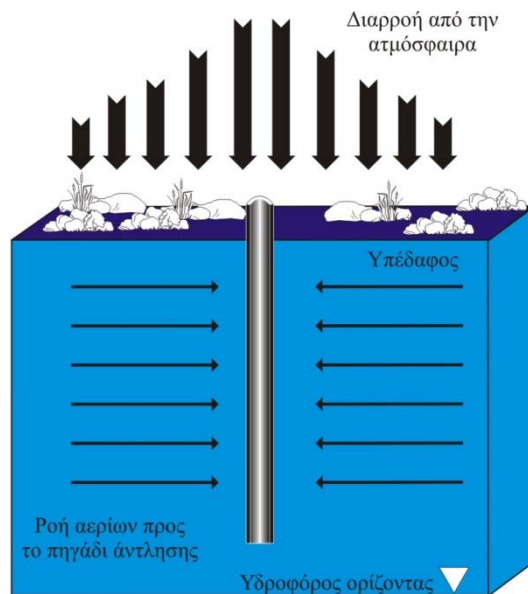
Κατά το σχεδιασμό ενός συστήματος άντλησης εδαφικού αέρα είναι σημαντικό να προσδιοριστούν:

- το βάθος, η έκταση και η συγκέντρωση του υφιστάμενου ρύπου
- το βάθος του υδροφόρου ορίζοντα
- ο τύπος του εδάφους και τα χαρακτηριστικά του (π.χ. Διαπερατότητα, υγρασία, σύσταση, κα.)

Άντληση εδαφικού αέρα – SVE (6)



□ Είναι επίσης πολύ σημαντικό να προσδιοριστεί η ακτίνα επιρροής ενός πηγαδιού άντλησης εδαφικού αέρα, προκειμένου να σχεδιαστεί ένα πλήρως κλίμακας σύστημα με πολλά πηγάδια, που θα καλύπτουν μια μεγάλη ρυττασμένη περιοχή.



ηση εδαφικού αέρα – SVE ⁽⁷⁾



απαιτούμενος χρόνος εξυγίανσης στην περίπτωση της
ολογίας άντλησης εδαφικού αέρα εξαρτάται από:

στο στόχο εξυγίανσης (τελική συγκέντρωση ρύπου)

όγκος του ρυπασμένου εδάφους

συγκέντρωση και η κατανομή των υφιστάμενων ρύπων

χαρακτηριστικά του ρυπασμένου πεδίου (π.χ. διαπερατότητα,
ποροτικότητα, κα.)

ηση εδαφικού αέρα – SVE ⁽⁸⁾



πλεονεκτήματα

απόδοση και η επιτυχία της έχει αποδειχθεί ευρέως

απαιτείται ελάχιστη παρέμβαση στο πεδίο

μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλους όγκους εδάφους με μικρό κόστος

μπορεί να συνδυαστεί με άλλες τεχνολογίες εξυγίανσης (π.χ. air drying), επιτυγχάνοντας άριστα αποτελέσματα εξυγίανσης

ηση εδαφικού αέρα – SVE ⁽⁹⁾



Προβλεπόμενα

η εφαρμοσιμότητά της και η απόδοσή της εξαρτάται κατά πολύ από τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (π.χ. υγρασιμότητα)

Οι προσροφημένοι ρύποι δεν μπορούν να απομακρυνθούν πλήρως ή και καθόλου με χρήση αυτής

Είναι δύσκολο να πετύχει απόδοση μεγαλύτερη από 90%

Η επεξεργασία του αντλούμενου αέρα είναι δυνατόν να αυξήσει σημαντικά το κόστος της τεχνολογίας και κατ' επέκταση την εφαρμοσιμότητά της



Βιολογική επεξεργασία





Βιολογική επεξεργασία (1)



είναι μια ελεγχόμενη ή μια αυθόρμητη διεργασία, κατά την οποία πραγματοποιούνται βιοτικές διαδικασίες για την αποδόμηση ή το σχηματισμό των υφιστάμενων ρύπων σε λιγότερο ή καθόλου κίνδυνη μορφή, περιορίζοντας ή εξαλείφοντας τελείως την υπάρχουσα κίνδυνη παρουσία οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών

Όταν με το αν η επεξεργασία γίνεται παρουσία οξυγόνου, οι υφιστάμενοι ρύποι μετατρέπονται σε:

- | | |
|--|--|
|  |  |
| <ul style="list-style-type: none">- νερό- διοξείδιο του άνθρακα- βιομάζα | <ul style="list-style-type: none">- μεθάνιο- διοξείδιο του άνθρακα- υδρογόνο |

Οργανική επεξεργασία (2)



Η βιοαποικοδόμηση λαμβάνει χώρα φυσικά ονομάζεται φυσική «μείωση». Στην πράξη, η φυσική «μείωση» των οργανικών εδαφικών ουλών δεν επαρκεί από μόνη της, συνήθως απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση για την βελτιστοποίηση των επικρατούντων συνθηκών και ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης (πχ. ρύθμιση pH, θερμοκρασίας, υγρασίας, κτλ).

Οι πιο σημαντικοί οργανικοί ρύποι που έχουν αποδειχθεί επιρρεπείς στη βιοαποικοδόμηση είναι οι ακόλουθοι:

• Ορελαϊκοί υδρογονάνθρακες

• Αρωματικοί υδρογονάνθρακες

• Χλωριωμένοι διαλύτες

• ...

Οξική επεξεργασία (3)

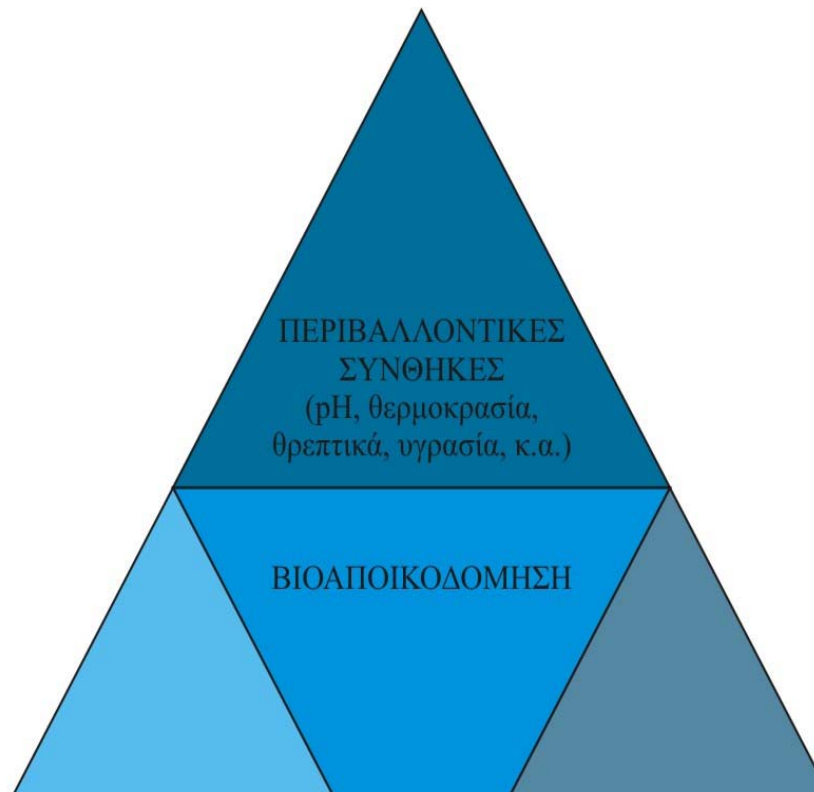


Η διαδικασία της βιοαποικοδόμησης είναι αρκετά ευαίσθητη και είναι δύσκολο να περιοριστεί από έναν μεγάλο αριθμό φαινομένων, μεταξύ των οποίων είναι τα εξής:

• Ημμένη συγκέντρωση ρύπων, η οποία ενδέχεται να έχει τοξική επίδραση στους υφιστάμενους οργανισμούς

• Απαρκής πληθυσμός απουσία ανταγωνιστικών συστατικών ή οξυγόνου

• Ακράτηση μη ευνοϊκών συνθηκών (π.χ. pH, θερμοκρασίας, υγρασίας, κα) για την επιβίωση και



Οργική επεξεργασία (4)



τοιχεία που πρέπει να συλλέγονται πριν την εφαρμογή της οργικής επεξεργασίας περιλαμβάνουν:

τη βιοδιαθεσιμότητα (ικανότητα βιοαποικοδόμησης) των υφιστάμενων ρύπων

την κατανομή και τη χημική αντιδραστικότητα των υφιστάμενων ρύπων

το βάθος και την έκταση του πλουμίου ρύπανσης

το είδος και τα χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση εδάφους (π.χ. περιεχόμενο σε οργανικό άνθρακα, pH, πορώδες, διαπερατότητα, υγρασία, περιεκτικότητα σε θρεπτικά, κα)

συγκέντρωση οξυγόνου

παρουσία τοξικών συστατικών για τους μικροοργανισμούς

ικανότητα των υφιστάμενων μικροοργανισμών να αποικοδομήσουν

ξερισμός (1)

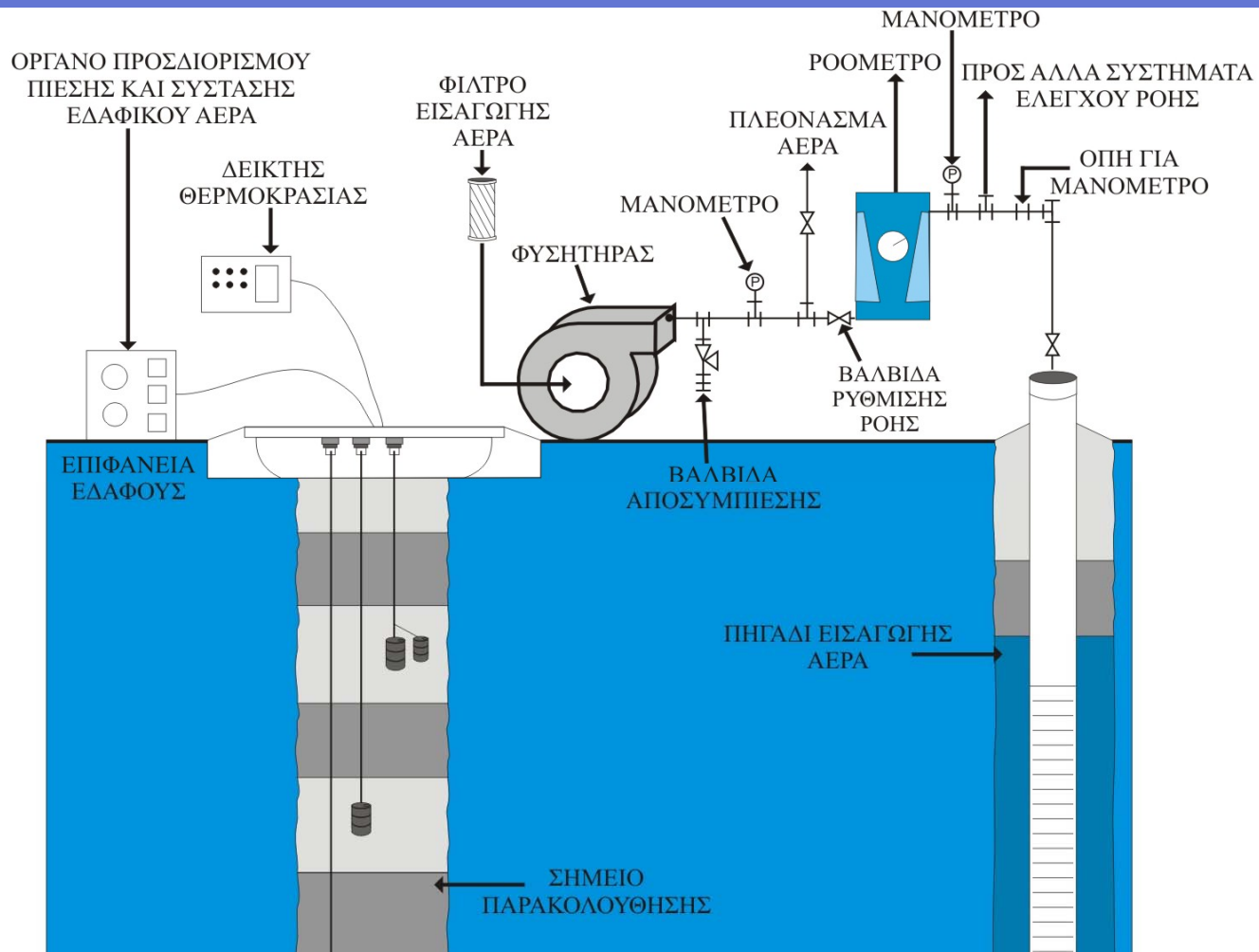


μβάνει τη διοχέτευση αέρα στην ακόρεστη ζώνη του εδάφους με την ενεργοποίηση της μικροβιακής δράσης και τη ρυθμολογία των υφιστάμενων ρύπων.

ξερισμός ροής του εισαγόμενου αέρα είναι μικρός ώστε να μην συμβαίνει η εξάτμιση των ρύπων. Παρόλα αυτά αρκετές φορές απαιτείται ανάγκη άντλησης εδαφικού αέρα.

- Χρησιμοποιείται για:
- πετρελαϊκούς υδρογονάνθρακες
 - μη χλωριωμένους διαλύτες
 - ορισμένα ζιζανιοκτόνα
 - μερικά οργανικά χημικά

Κρισιμός (2)



αερισμός (3)



σχεδιασμό ενός συστήματος βιοαερισμού ρυθασμένων εδαφών
αναγκαίο να προσδιοριστούν:

τα υδρογεωλογικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του προς
επεξεργασία εδάφους (π.χ. διαπερατότητα, πορώδες, κατανομή
μεγέθους σωματιδίων, υγρασία, κα)

τα χαρακτηριστικά (π.χ. πτητικότητα, βιοαποικοδομησιμότητα, κα), η
κατανομή και η συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων

η απαιτούμενη παροχή αέρα στο έδαφος

η ακτίνα επιρροής οξυγόνου των εγκατεστημένων πηγαδιών
διοχέτευσης αέρα

ο αριθμός, η χωροθέτηση και τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά (π.χ.
ο μήκος) των αναγκαίων πηγαδιών διοχέτευσης αέρα στο έδαφος

ο αριθμός βιοαποικοδόμησης των υφιστάμενων ρύπων



Σχεδιαστικά κριτήρια συστημάτων βιοαερισμού

Παράμετρος	Σημασία
κατακόρυφη και οριζόντια έκταση του πλουμίου	Εκτίμηση της μάζας του υφιστάμενου ρύπου
απόσταση από την ρυπασμένη περιοχή	Πρόβλεψη της ροής του αέρα στο έδαφος και υπολογισμός των απαιτούμενων ρυθμών διοχέτευσης αέρα
απόσταση από την παραμονή του αέρα στο έδαφος και απόσταση από τον εναλλασσόμενο αέρα	Προσδιορισμός ρυθμών αποικοδόμησης και ρυθμού άντλησης εδαφικού αέρα (αν είναι αναγκαίο)
απόσταση από την εγκατάσταση των μηχανημάτων διοχέτευσης αέρα και απόσταση από την ανάγκη εγκατάστασης των αντλητών εδαφικού αέρα	Σχεδιασμός του συστήματος βιοαερισμού
απόσταση από την εγκατάσταση των θρεπτικών συστατικών στο έδαφος και περιεχόμενη υγρασία	Σχεδιασμός συστημάτων ρύθμισης της υγρασίας και της συγκέντρωσης των

επιρισμός (5)



αιτούμενος χρόνος εξυγίανσης ρυθασμένων εδαφών εξαρτάται

εκάστοτε στόχο εξυγίανσης

όγκο του προς επεξεργασία εδάφους

συγκέντρωση και την κατανομή των υφιστάμενων ρύπων

ς επιτεύξιμους ρυθμούς αποικοδόμησης

χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (ιδιαίτερα τη

εξουσιοδότηση (6)



Πλεονεκτήματα

Επιτρέπει άμεσα παραδοτέο εξοπλισμό, ο οποίος είναι εύκολο να εγκατασταθεί.

Απαιτεί ελάχιστη παρέμβαση στο προς εξυγίανση πεδίο.

Μπορεί να εφαρμοστεί και σε δύσκολα προσβάσιμες περιοχές (π.χ. κάτω από κτίρια).

Απαιτεί σχετικά μικρούς χρόνους εξυγίανσης (από 6 μήνες έως 2 χρόνια) υπό βέλτιστες συνθήκες.

Παρουσιάζει λογικό κόστος αποκατάστασης (περίπου 30-140€ ανά τετραγωνικό μέτρο ρυπασμένου εδάφους).

Συνδυάζεται εύκολα με άλλες τεχνολογίες αποκατάστασης (π.χ. μεμβράνες και υπογείων υδάτων (π.χ. τεχνολογία άντλησης εδαφικού

ρισμός (7)



νεκτήματα

είναι αποτελεσματική στην αποκατάσταση πολύ ρυπασμένων
ών, καθώς η μεγάλη συγκέντρωση των υφιστάμενων ρύπων
εικνύεται τοξική για τους μικροοργανισμούς και δεν είναι δυνατή
αποικοδόμηση.

λλές φορές απαιτεί την προσθήκη θρεπτικών στοιχείων για την
υση της βιοαποικοδόμησης.

παρουσία ρηχού υδροφόρου ορίζοντα και/ ή η αυξημένη
μανσή του μπορεί να μειώσει σημαντικά την απόδοσή της.

εισαγόμενος αέρας μπορεί να προκαλέσει σταδιακά πρόβλημα

επισμός (8)



επιπτώσεις

επιπτώσεις ετερογένειας και χαμηλής διαπερατότητας στο έδαφος
δεν μπορεί να αποτρέψει τελείως την εφαρμογή της.

επιπτώσεις μειωμένη παρουσία υγρασίας και οι χαμηλές θερμοκρασίες
επιπτώσεις ελάττωσαν άμεσα την απόδοσή της, καθώς είναι δυνατόν να
επιπτώσεις κρίνουν σημαντικά την βιοαποικοδόμηση των υφιστάμενων
επιπτώσεις υ.ν.

επιπτώσεις μπορεί να εφαρμοστεί για την εξυγίανση βαρέων μετάλλων και
επιπτώσεις ιδιαίτερα μη βιοαποικοδομήσιμων εδαφικών ρύπων.



Θερμική Επεξεργασία



Ολογίες Θερμικής Επεξεργασίας



Ο κύριος στόχος τους είναι:

η αποκατάσταση οργανικών κυρίως ρύπων και η μετατροπή τους σε διοξείδιο του άνθρακα, υδρατμούς και ανόργανα τελικά προϊόντα μέσω της εξάτμισής τους και ο φυσικός διαχωρισμός τους από το έδαφος.

Οι διαδικασίες μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε in-situ ή ex-situ οπότε και λαμβάνονται υπόψη διάφορα διαφορετικά συστήματα ανάλογα με τους τύπους ρύπων και την θερμοκρασία που πραγματοποιείται η επεξεργασία.

Οι πιο συχνότερες ex-situ θερμικές διεργασίες αποκατάστασης είναι:

1. Αποψύξη

Θερμική Επεξεργασία (1)



αμβάνει τη θέρμανση του προς εξυγίανση εδάφους είτε σε
ερα υψηλές θερμοκρασίες, με στόχο την τήξη του εδάφους και
αταστροφή των υφιστάμενων ρύπων (π.χ. in-situ υαλοποίηση),
σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, με στόχο την ενίσχυση της
ισης των πτητικών ρύπων.

ομανση του εδάφους μπορεί να πραγματοποιηθεί :

χρήση ηλεκτρικού ρεύματος

χρήση ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας

Ηλεκτρική Επεξεργασία (2)



Ηλεκτρικό ρεύμα

Παράγεται ηλεκτρικό ρεύμα στο έδαφος το οποίο λόγω της ηλεκτρικής αντίστασης που παρουσιάζει προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας. Επιτυγχάνεται:

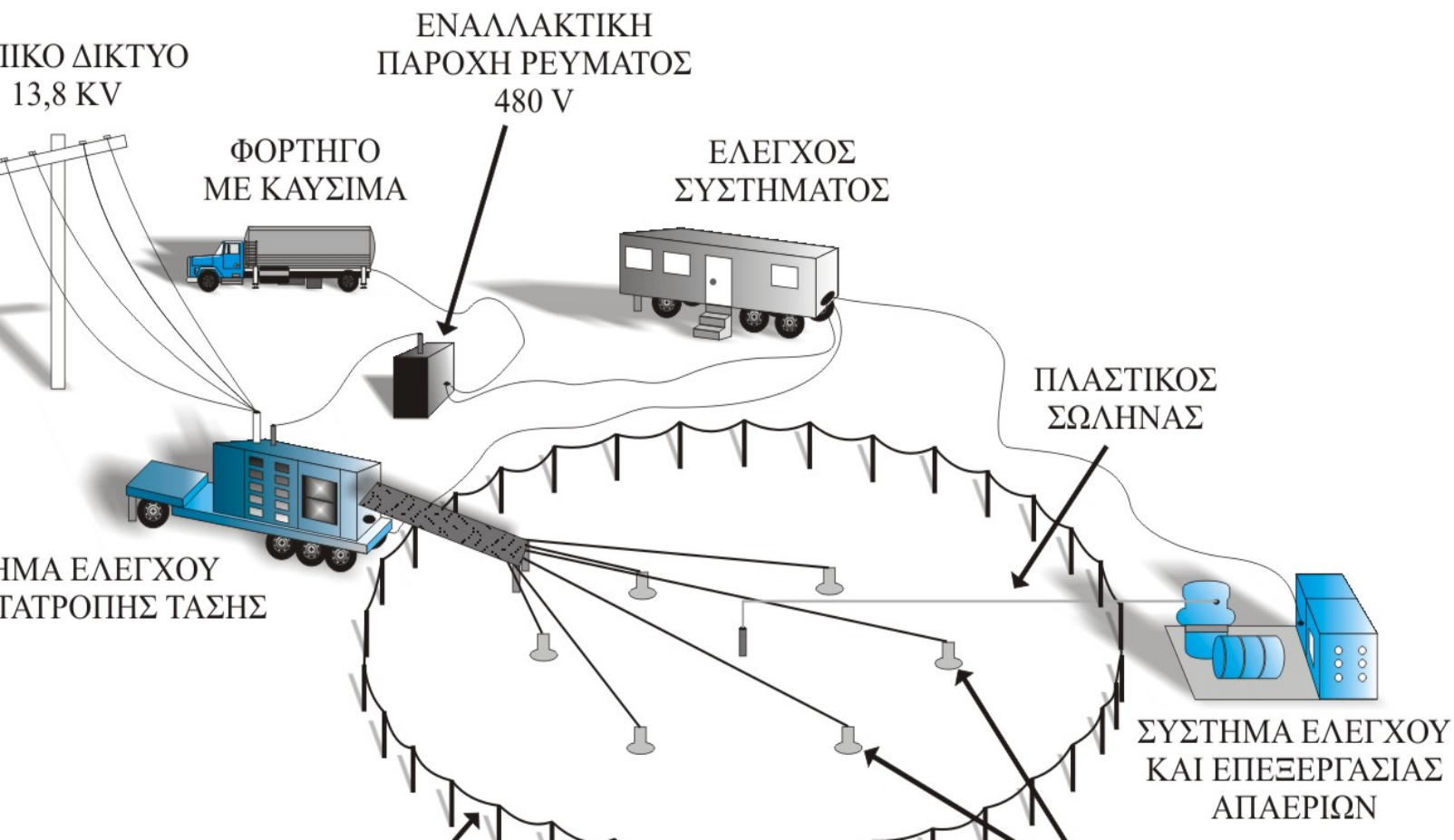
θέρμανση του εδάφους

απομάκρυνση ρωγμών και αύξηση του πορώδους και της αερατότητας

απομάκρυνση των υφιστάμενων ρύπων

Ηλεκτρική θέρμανση
πολλά υποσχόμενη εφαρμογή της ηλεκτρικής θέρμανσης
αποτελεί η λεγόμενη «θέρμανση εδαφών έξι φάσεων» (Six
Phase Soil Heating – SPSH) κατά την οποία διονετείται ναυπηλής

Θερμική Επεξεργασία (3)



Μηχανική Θερμική Επεξεργασία (4)



Παγωγή θερμού αέρα/ ατμών

Παράγει μια παραλλαγή της τεχνολογίας του βιοαερισμού, η οποία βέβαια προοχεύει στην ενίσχυση της βιοαποικοδόμησης των υφιστάμενων ρύπων, αλλά της εξάτμισης και της εκφύσησής τους από το έδαφος.

Αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην απομάκρυνση πτητικών και ημι-πτητικών ρύπων, για ορισμένα ζιζανιοκτόνα και καύσιμα. Είναι κατάλληλη για εδάφη χαμηλής διαπερατότητας και μικρής υγρασίας.

Τα δεδομένα που πρέπει να προσδιοριστούν είναι τα εξής:

Βάθος και η έκταση του πλουμίου ρύπανσης

Συγκέντρωση των υπαρχόντων ρύπων

μ Θερμική Επεξεργασία (5)



ασικότεροι περιορισμοί της in-situ θερμικής επεξεργασίας
σμένων εδαφών σχετίζονται με τα εξής φαινόμενα:

η παρουσία ογκωδών αντικειμένων στο προς επεξεργασία έδαφος
είναι δυνατόν να προκαλέσει σημαντικά λειτουργικά προβλήματα στο
εγκατεστημένο σύστημα

η απόδοσή της ποικίλει σημαντικά, ανάλογα με τη θερμοκρασία που
τελικά επιτυγχάνεται στο έδαφος

η παρουσία πολύ πυκνών και υγρών εδαφών μπορεί να αυξήσει κατά
πολύ την απαιτούμενη ενέργεια και θερμοκρασία για την επεξεργασία
τους

η απόδοσή της είναι σχετικά χαμηλή για την απομάκρυνση
προσροφημένων εδαφικών ρύπων από εδάφη με υψηλό περιεχόμενο
οργανικής ύλης

Τεχνολογίες αποκατάστασης υπογείων υδάτων



Ex-situ

Απομάκρυνση και επεξεργασία

Αερίωση με αέρα

Διεργασίες προηγμένης
οξείδωσης (AOPs)

In-situ

- Διαπερατά αντιδρώντα φράγματα
- Air sparging
- Βιοαναρρόφηση



Ex-situ διεργασίες

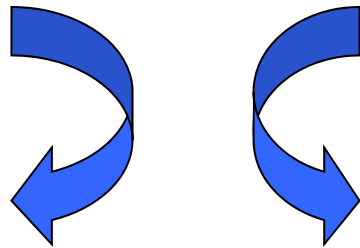


ηση και επεξεργασία (1)



πασμένο υπόγειο νερό μεταφέρεται στην επιφάνεια του εδάφους (ατάλληλα πηγάδια άντλησης), όπου επεξεργάζεται και στη συνέχεια επανατοποθετείται στο υπέδαφος ή καταλήγει σε επιφανειακούς υδάτινους αποδέκτες.

Η τεχνολογία άντλησης και επεξεργασίας μπορεί να σχεδιαστεί και να εφαρμοστεί σε ένα ρυπασμένο πεδίο με δυο βασικούς τρόπους:



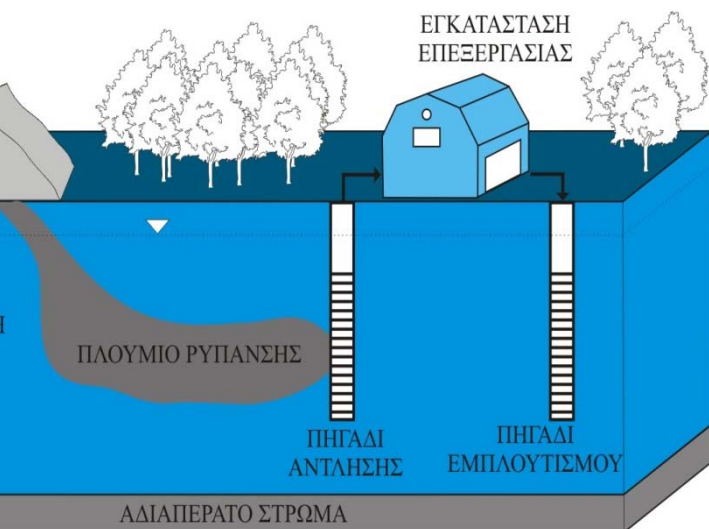
τον περιορισμό της
πρόσβασης

την εξυγίανση του υπογείου
νερού

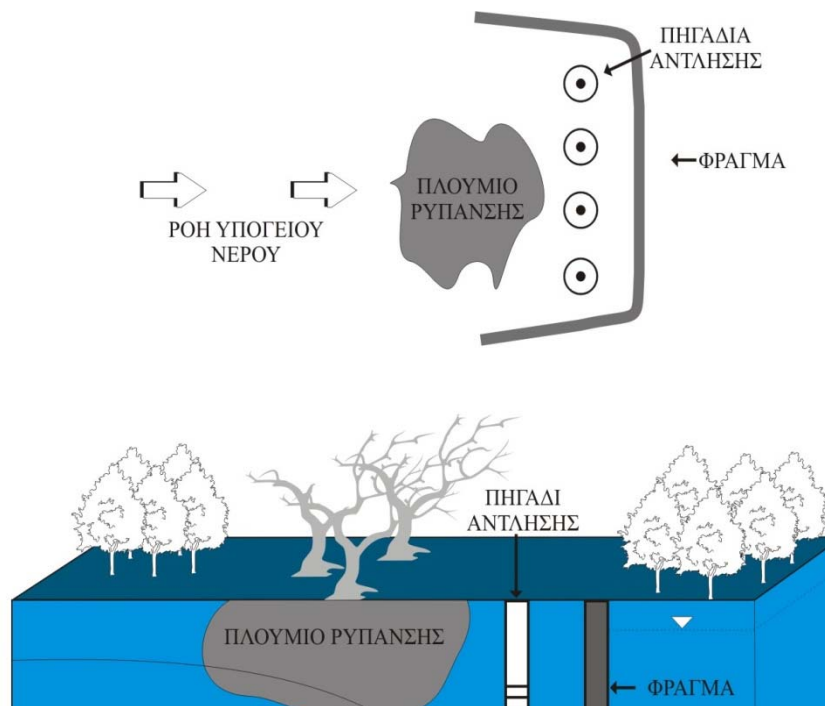
Πολύση και επεξεργασία (2)



Ανάτληση και επεξεργασία υπογείων υδάτων



Περιορισμός υφιστάμενου πλουμίου ρύπανσης



ηση και επεξεργασία (3)



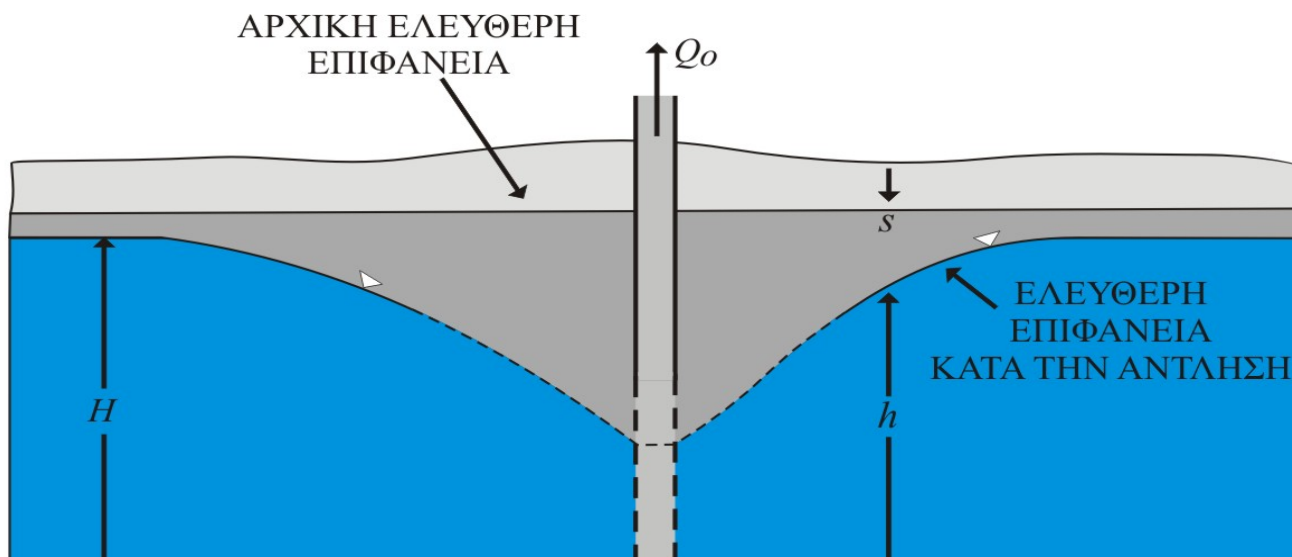
διασμός συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας είναι αρκετά
λοκος, καθώς προϋποθέτει πολύ καλή γνώση των επικρατούντων
ωλογικών συνθηκών του προς εξυγίανση πεδίου.

Παράμετρος	Σημασία
υλική αγωγιμότητα	Η ευκολία με την οποία κινείται το νερό στο υπέδαφος επηρεάζει το δυνατό ρυθμό άντλησής του.
υλική κλίση	Επηρεάζει τη διεύθυνση κίνησης των ρύπων.
βασισιμότητα (transmissivity)	Επηρεάζει το δυνατό ρυθμό άντλησης του υπόγειου νερού.
τητα ροής υπόγειου νερού	Επηρεάζει τη διεύθυνση και την ταχύτητα ροής των ρύπων.
ωδες	Επηρεάζει την υδραυλική αγωγιμότητα και την τύχη των ρύπων, βάση των διαφόρων φυσικών, χημικών και βιολογικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα.
γό πορώδες	Επηρεάζει την ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού.
λοπία αποθρομωτική	Επηρεάζει την ταχύτητα ροής του υπόγειου νερού.

ηση και επεξεργασία (4)



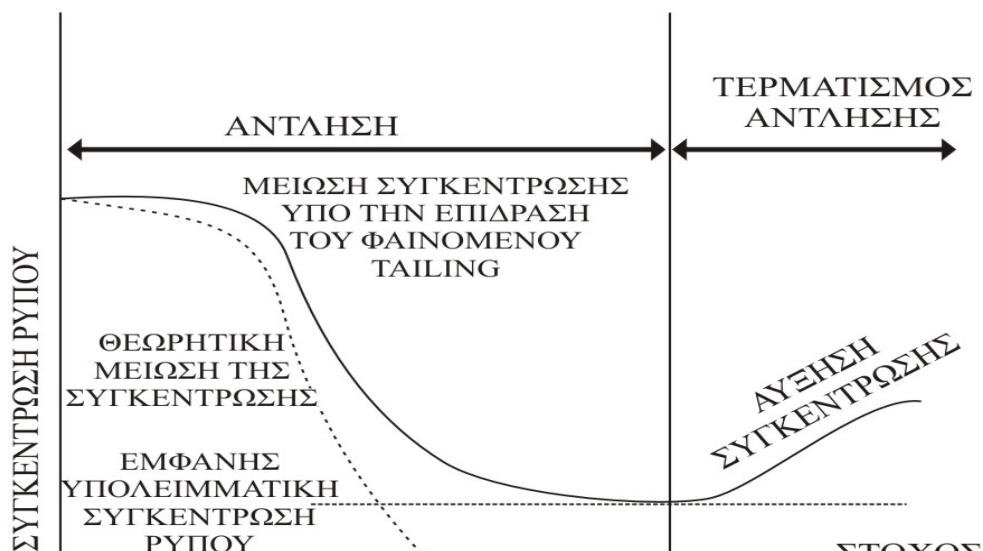
μαντικότερη σχεδιαστική παράμετρος συστημάτων άντλησης και επεξεργασίας υπογείων υδάτων είναι η ζώνη σύλληψης των πηγαδιών άντλησης η οποία είναι η απόσταση γύρω από ένα πηγάδι άντλησης στην οποία πραγματοποιείται ροή του υπόγειου νερού προς το πηγάδι και απαιτείται μείωση (καταβιβασμός) του υδροφόρου ορίζοντα.



ηση και επεξεργασία (5)



ς η συγκέντρωση των ρύπων στο υπόγειο νερό (δηλαδή σε μείνη μορφή) μειώνεται, παρουσιάζεται αυξημένη τάση διάλυσης προσροφημένων ρύπων στο υπόγειο νερό, με αποτέλεσμα την τείνση του απαιτούμενου χρόνου εξυγίανσης. Το φαινόμενο αυτό γνωστό ως φαινόμενο tailing και παρουσιάζεται χαρακτηριστικά σχήμα που ακολουθεί.



ηση και επεξεργασία (6)



Προβλήματα

Μπορεί να επεξεργαστεί μεγάλη ποικιλία ρύπων, καθώς η επεξεργασία του ρυπασμένου νερού γίνεται υπέργεια, εφαρμόζοντας την καλύτερη τεχνολογία.

Πτυγχάνει πολύ καλές αποδόσεις, όσον αφορά την μείωση της ποσότητας του υφιστάμενου ρύπου στο αντλούμενο νερό.

Πτυγχάνει περιορισμό της υφιστάμενης ρύπανσης, παράλληλα με την απολύμανση του ρυπασμένου εδάφους.

Μπορεί να επεμβαίνει «χημικά» ή «βιολογικά» στο υπέδαφος (π.χ. με την χρήση χημικών ουσιών ή μικροοργανισμών).

ηση και επεξεργασία (7)



νεκτήματα

απαιτείται σχετικά μεγάλος χρόνος εξυγίανσης, λόγω του ομένου tailing.

ετά την εφαρμογή της είναι πολύ πιθανό να παρατηρηθεί ση της συγκέντρωσης των υφιστάμενων ρύπων στο υπόγειο

αρουσιάζει υψηλό κόστος εφαρμογής σε σχέση με άλλες ολογίες εξυγίανσης υπογείων υδάτων.

ναι αποτελεσματική για την απομάκρυνση διαλυμένων κυρίως ον.

αρουσιάζει σχετικά δύσκολο σχεδιασμό.



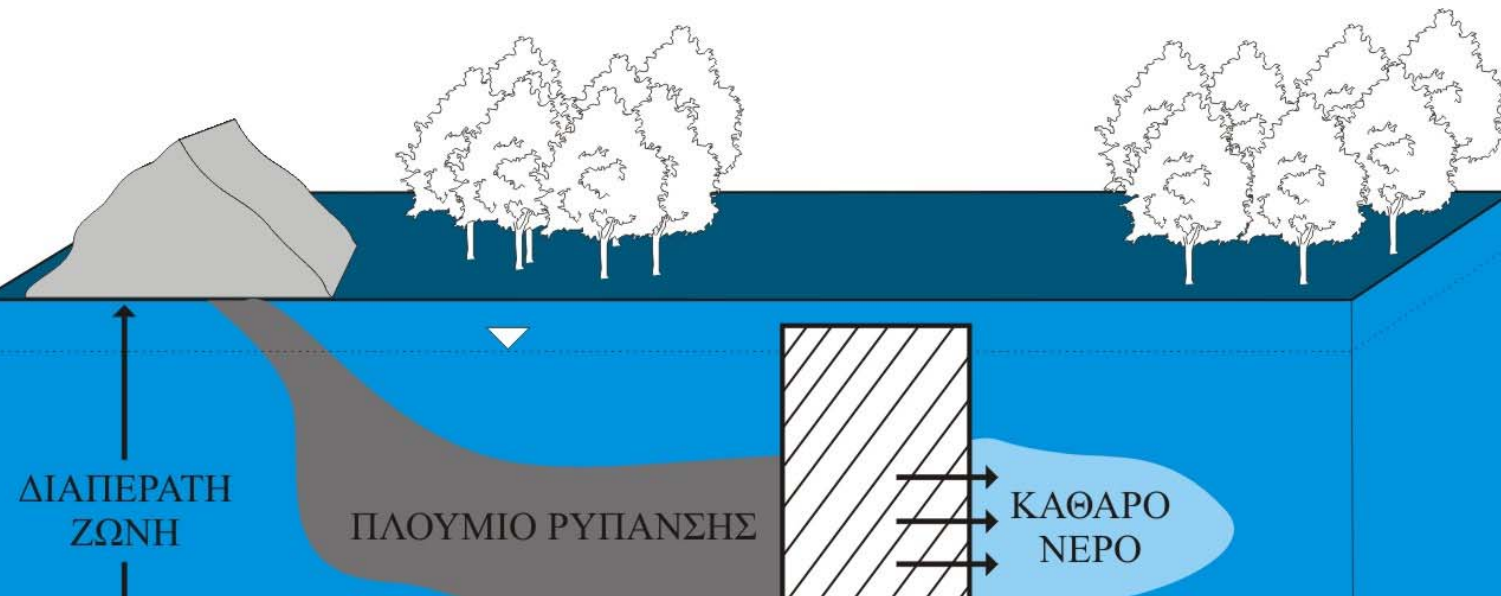
In-situ τεχνολογίες



Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (1)



Γίνονται για κάθετους «τοιίχους», οι οποίοι τοποθετούνται κατάντη της ρύπανσης και αποτελούνται από διαπερατά αντιδρώντα υλικά, που επιτρέπουν τη διέλευση του νερού μέσα από αυτά, αλλά ταυτόχρονα απορροφούν, μετασχηματίζουν και γενικότερα «εξουδετερώνουν» τους ρυπαντικούς ρύπους.



Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (2)



Υπάρχοντα συστήματα διαπερατών αντιδρώντων φραγμάτων
δύνανται να ταξινομηθούν σε δυο βασικές κατηγορίες:
- Φράγματα υψηλής διαπερατότητας
- Φράγματα και πύλες

Φράγματα υψηλής διαπερατότητας

Αναφέρεται για μια τάφρο, η οποία γεμίζεται με κατάλληλο διαπερατό υλικό και εκτείνεται σε όλο το πλάτος του υφιστάμενου πλουμίου ή οροφής. Τοποθετείται κατάντη της πηγής ρύπανσης, έτσι ώστε το ρυπαρό υπόγειο νερό να αναγκαστεί να περάσει μέσα από αυτήν και να αποβληθεί, με τη διεξαγωγή διαφόρων διεργασιών μεταφοράς μάζας όπως φυσικών ή χημικών αντιδράσεων.

Πιο σημαντικό είναι ο προσδιορισμός της θέσης και της έκτασης

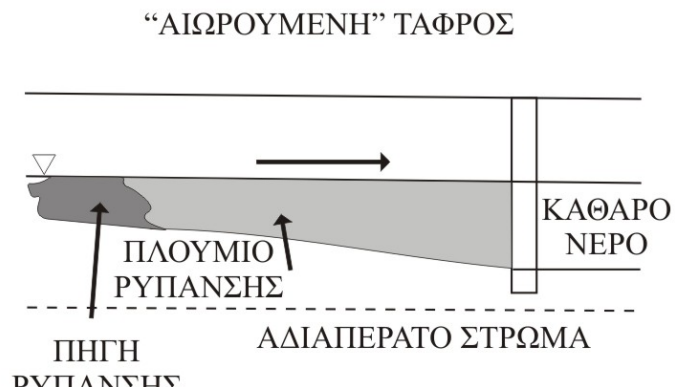
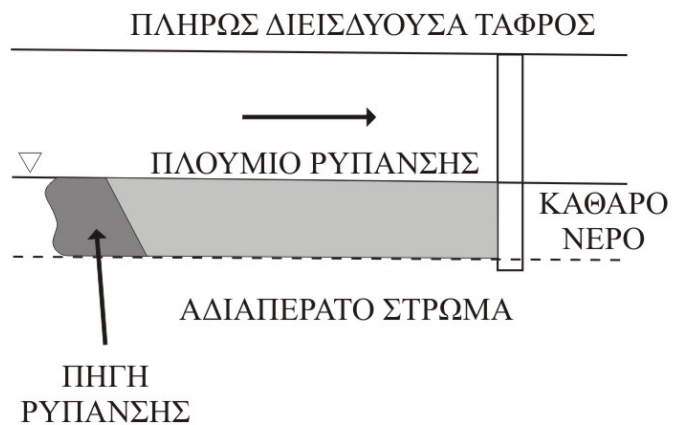
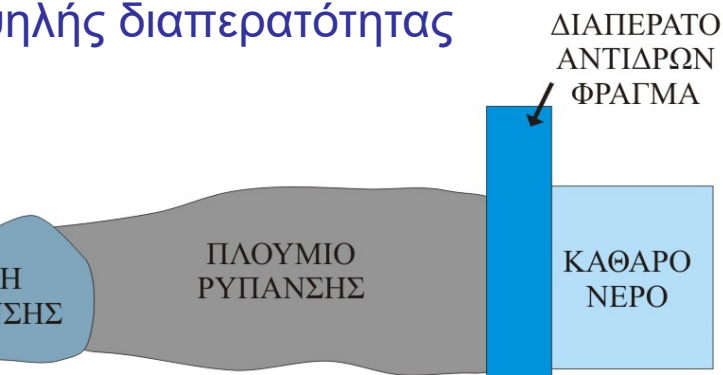
ερατά Αντιδρώντα Φράγματα (3)



Πιθανό βάθος διαπερατών τάφρων



Προβλεπόμενο σύστημα τάφρων
με υψηλής διαπερατότητας

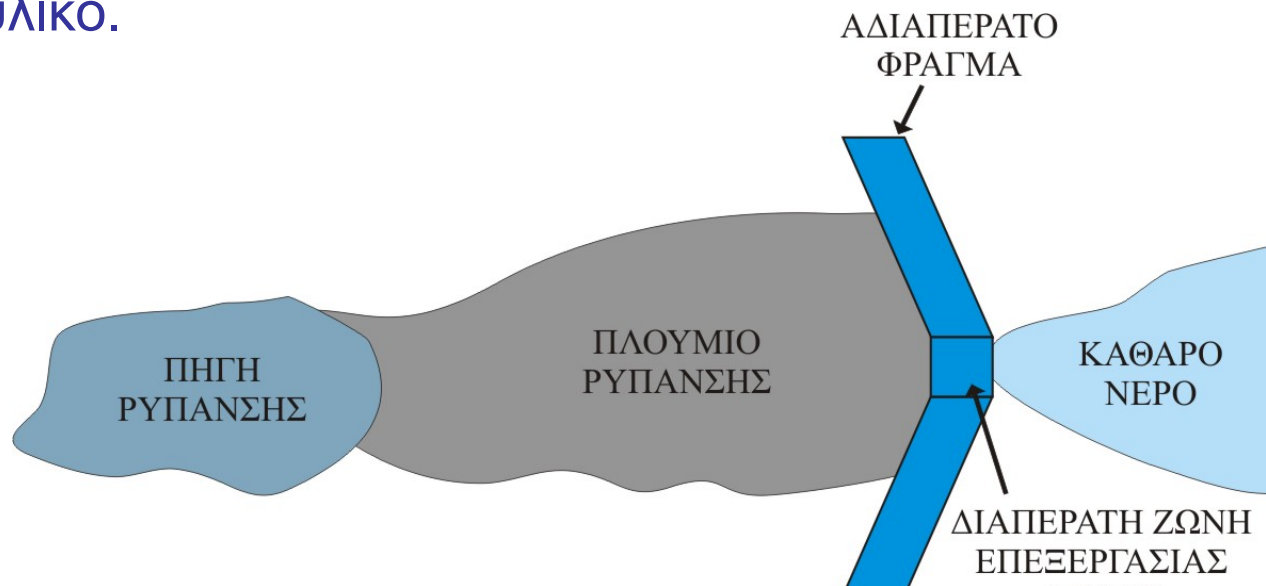


Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (4)



Πύλες και Πύλες

έχουν, εκτός από την εξυγίανση των υπογείων υδάτων, τον έλεγχο και την αλλαγή της υπόγειας ροής. Αποτελούνται από δυο τάφρους, οι οποίες όμως συνίστανται από υλικό χαμηλής διαπερατότητας και συνδέονται με μια διαπερατή τάφρο, η οποία είναι κατασκευασμένη από λεπτό υλικό.



Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (5)



Αδιαπέρατες τάφροι υποχρεώνουν το υπόγειο νερό να περάσει μέσα σε μια «ζώνη» υψηλής διαπερατότητας (πύλη), όπου επεξεργάζεται το νερό. Με τον έλεγχο της υπόγειας ροής, αποτρέπεται η διαφυγή του νερού περιφερειακά του συστήματος, καθώς επίσης μειώνεται το απαιτούμενο μήκος της διαπερατής τάφρου με το αντιδρών υλικό.

Βασικότερες σχεδιαστικές παράμετροι των συστημάτων φραγμάτων και περιλαμβάνουν τα εξής:

- Μήκος και την περιεχόμενη γωνία των αδιαπέρατων φραγμάτων
- Μήκος και το πάχος της πύλης
- Διαπερατότητα της πύλης

Πρέπει παρατηρηθεί ότι:

Μεγαλύτερο μήκος αδιαπέραστων φραγμάτων → μεγαλύτερη ζώνη

Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (6)

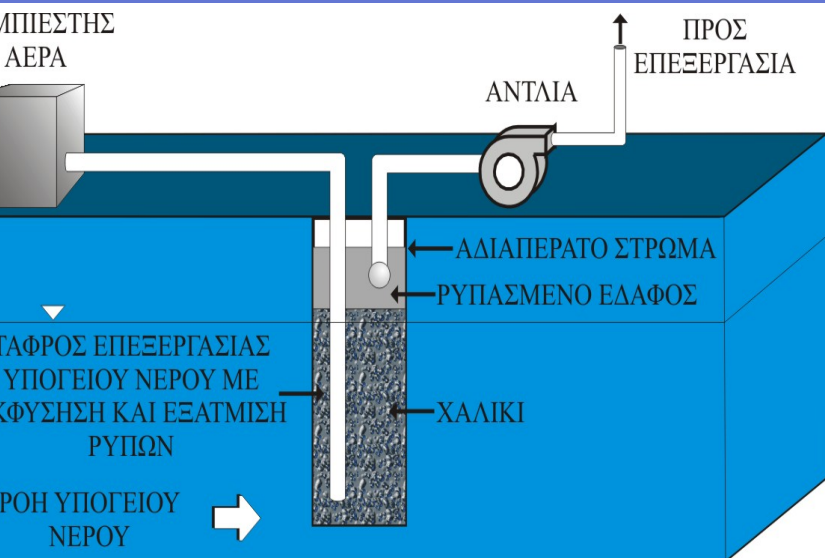


Ουστό σχεδιασμό και μια επιτυχή χρήση συστημάτων διαπερατών ανδώντων φραγμάτων για την εξυγίανση υπογείων υδάτων πρέπει οσδιοριστούν δυο ειδών παράμετροι:

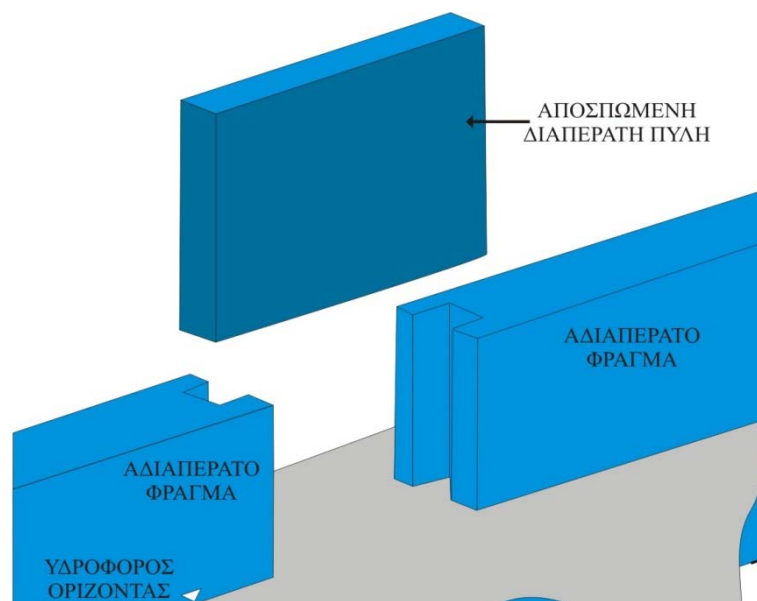
Χαρακτηριστικά των υφιστάμενων ρύπων (πηγή, έκταση, χωρική ομή, χημικές και φυσικές ιδιότητες, συγκέντρωση, κτλ)

Ιδιότητες του ρυπασμένου υδροφορέα (γεωλογικά χαρακτηριστικά, διεύθυνση ροής υπόγειου νερού, υδραυλική μότητα, διαπερατότητα, γεωχημικά χαρακτηριστικά, ομοιογένεια, οπία, κτλ)

Διαπερατά Αντιδρώντα Φράγματα (7)



Σύστημα διαπερατής τάφρου με στόχο την εξάτμιση των ρύπων του υπογείου νερού



Εύκολα αντικαταστήσιμη κασέτα

Ερατά Αντιδρώντα Φράγματα (8)



Αντιδρώντα πληρωτικά υλικά για την αντιμετώπιση οργανικών ρύπων

Πληρωτικό υλικό	Ρύπος	Διεργασία	Εφαρμογή
Al ⁰ /Al ³⁺ , Fe ⁰ /Pd	CHC, FCHC	Αβιοτική αναγωγική αφαλογόνωση	Εργαστηριακή/ Πιλοτική
Ακτινοδωρητοπυρίτης,	Χλωριωμένα αρωματικά συστατικά	-	Εργαστηριακή
Μετανοτροφικά υλικά	CHC	Αβιοτική αναγωγική αφαλογόνωση και μικροβιακή αποδόμηση	Εργαστηριακή
Ακτινοδωρητοπυρίτης και μεθανο-βασίδια βακτήρια	TCE	Προσρόφηση και μικροβιακή Αποδόμηση	Εργαστηριακή
Ακτινοδωρητοπυρίτης	MTBE, CHCl ₃ , TCE	Προσρόφηση	Εργαστηριακή
Ακτινοδωρητοπυρίτης	PCE, PAH	Προσρόφηση	Πιλοτική
Ακτινοδωρητοπυρίτης	PCE	Προσρόφηση/ Αναγωγή	Εργαστηριακή
Ακτινοδωρητοπυρίτης	TCE, Βενζόλιο, Φαινόλες	Προσρόφηση	Εργαστηριακή
Ακτινοδωρητοπυρίτης	PCE, TCE	Οξειδωτική και μικροβιακή	Εργαστηριακή/

Αερατά Αντιδρώντα Φράγματα (9)



Εκκρήματα

τελούν in-situ τεχνολογία, η οποία δεν προϋποθέτει την άντληση πασμένου νερού και τη μεταφορά του σε ειδικές εγκαταστάσεις εργασίας, μειώνοντας σημαντικά το απαιτούμενο κόστος οργής.

τελούν παθητική τεχνολογία επεξεργασίας, η οποία δεν απαιτεί ανάληψη ενέργειας, αλλά μόνο περιοδική παρακολούθηση.

φέρουν σχεδόν μηδενική επέμβαση στην επιφάνεια του εδάφους, αποφεύγοντας τη χρήση του προς εξυγίανση πεδίου.

απαιτούν τον ακριβή προσδιορισμό της πηγής ρύπανσης και μπορούν να αντιμετωπίσουν μεγάλο εύρος ρύπων.

έχουν ελάχιστες απαιτήσεις σε συντήρηση και ιδιαίτερα να μην

Περατά Αντιδρώντα Φράγματα (10)



Πλεονεκτήματα

αποτελούν πολύ λεπτομερή και ακριβή χαρακτηρισμό του προς ρύπανση υδροφορέα και των υφιστάμενων ρύπων.

Μπορούν να αντιμετωπίσουν επιτυχώς κυρίως ρηχά πλούμια ρύπανσης (πλάτος < 16m).

Παρουσιάζουν υψηλό κόστος κατασκευής και εγκατάστασης.

Η μικροβιακή δραστηριότητα είναι δυνατόν να περιορίσει την απόδοσή τους λόγω φαινομένων «φραξίματος».

Παρουσιάζουν υπερβολικό κόστος εφαρμογής στην περίπτωση ρύπανσης μεγάλου πλούμιου ρύπανσης.

Είναι αποτελεσματικά όταν επικρατούν πολύ χαμηλές ή πολύ υψηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου διαλυμένου στο νερό.

charging (1)



α στην διοχέτευση αέρα μέσα στο υπέδαφος με στόχο την
ση των υφιστάμενων ρύπων και την ενίσχυση της
οικοδόμησης.

Οι βασικοί ρύποι που επεξεργάζεται η μέθοδος είναι οι εξής:

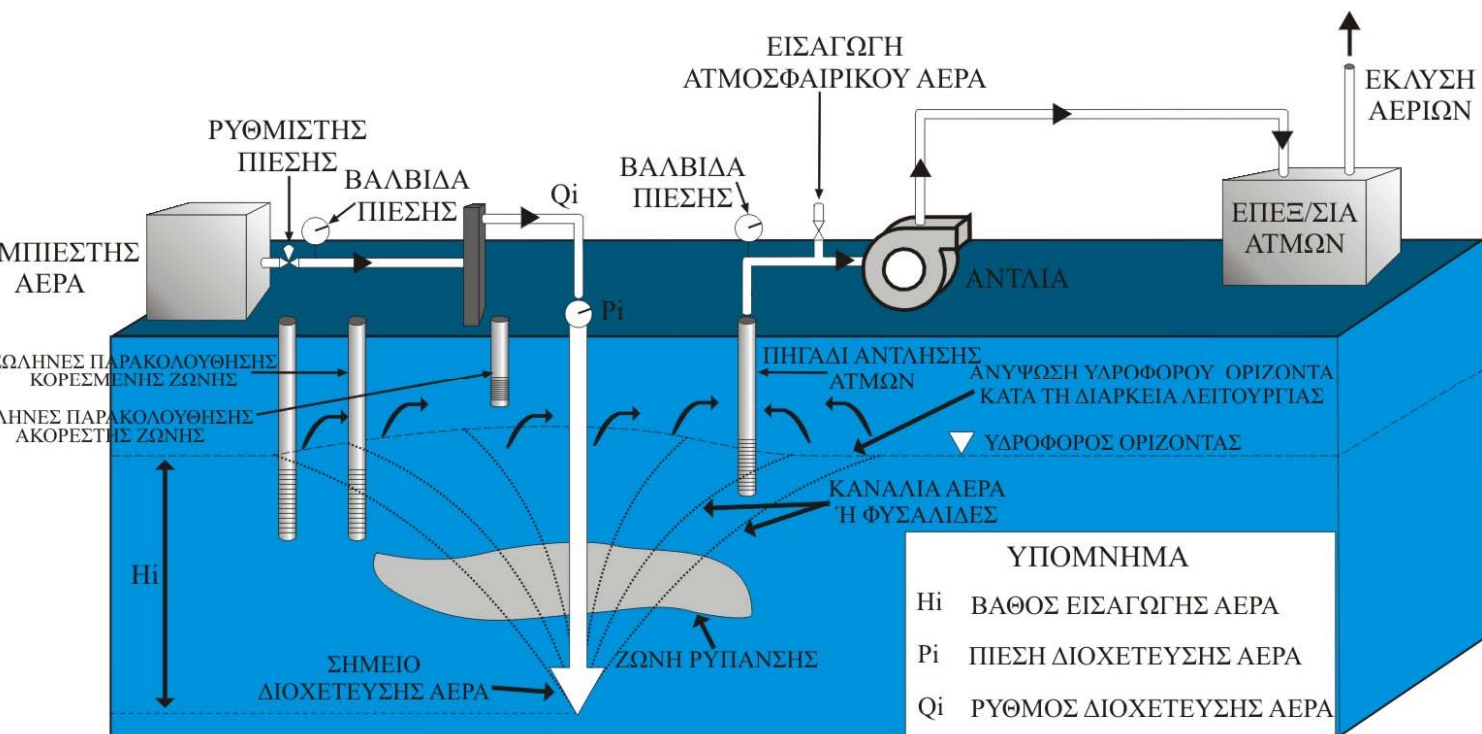
- ▣ διάφορα καύσιμα, όπως βενζίνη, ντίζελ, κτλ
- ▣ πετρέλαιο και λιπαντικά
- ▣ συστατικά BTEX
- ▣ χλωριωμένοι διαλύτες (PCE, TCE, DCE, κτλ)

φαρμόζεται επιτυχώς σε εδάφη :

- ▣ με υψηλή διαπερατότητα / υδραυλική αγωγιμότητα
- ▣ με σχετικά μεγάλα πάχη κορεσμένης ζώνης και βάθος υδροφορέα
μεγαλύτερο του 1,5m



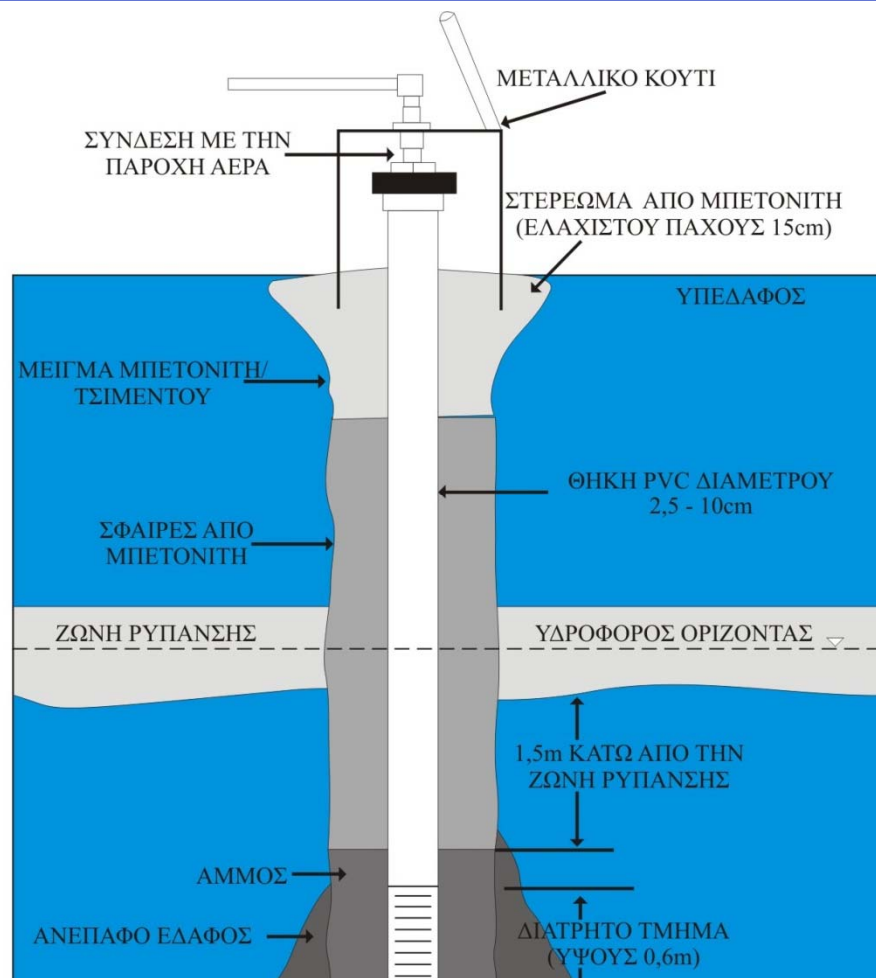
Γραφική απεικόνιση της τεχνολογίας air sparging



air sparging (3)



τομή τυπικού πηγαδιού
air sparging



charging (4)



ινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την εφαρμογή της μεθόδου
α εξής:

ημένη οξυγόνωση: ενισχύεται η βιοαπικοδόμηση

ημένη διάλυση: μεταφορά των προσροφημένων ρύπων στην υγρή

ημένη: μεταφορά των ρύπων στην αέρια φάση

ημένη: μεταφορά των ρύπων από την υγρή στην αέρια φάση

ημένη μετατόπιση: ανάμιξη, μετατόπιση, μεταφορά και διασπορά των
ρύπων

Sparging (5)



Κύριες σχεδιαστικές παράμετροι:

Κατανομή αέρα (ζώνη επιρροής)

Ρυθμός εισαγωγής αέρα

Ρυθμός παροχής αέρα και πίεση διοχέτευσης

Επίπεδος λειτουργίας συστήματος

Κατασκευή πηγαδιών air sparging

Ρυθμός και κατανομή ρύπων



Καθοριστικοί παράγοντες εφαρμοσιμότητας της τεχνολογίας

Παράγοντας	Παράμετρος	Όρια/ Επιθυμητές τιμές
Ρύπος	Πτητικότητα	> 5mm Hg
	Διαλυτότητα	< 20.000 mg/L
	Βιοαποικοδομησιμότητα	BOD ₅ > 0,1mg/L
Γεωλογία	Ομοιογένεια	Απουσία αδιαπέρατων στρωμάτων. Αν υπάρχει στρωματοποίηση αυξάνεται η υδραυλική αγωγιμότητα πάνω από το σημείο εισαγωγής του αέρα
	Υδραυλική αγωγιμότητα	> 10 ⁻⁵ cm/s αν ο λόγος οριζόντιας προς κάθετης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι < 2:1 > 10 ⁻⁴ cm/s αν ο λόγος οριζόντιας προς κάθετης υδραυλικής αγωγιμότητας είναι > 3:1

soarging (7)



πλεονεκτήματα:

απομακρύνει πολύ αποτελεσματικά την υπολειμματική ρύπανση από την αεριοποιημένη ζώνη του εδάφους.

η in-situ εφαρμογή έχει την ανάγκη ελάχιστου επιφανειακού χώρου για την εγκατάσταση βοηθητικού εξοπλισμού.

μπορεί να εφαρμοστεί σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες, όπως τις μεθόδους bioslurping, pump-and-treat και soil vapor extraction.

απαιτεί σχετικά μικρούς όγκους αποβλήτων, τα οποία απαιτούν μικρό χώρο στη ή και καθόλου επεξεργασία.

απαιτεί μικρούς χρόνους εξυγίανσης, συνήθως λιγότερο από 1 χρόνο, λόγω με τις συνθήκες που επικρατούν.

είναι δυνατόν υπάρχουν πηνάδια παρακολούθησης να μετατραπούν

charging (8)



Προβλήματα:

... είναι αποτελεσματική η εφαρμογή του για την απομάκρυνση
...ών μη υδατικής φάσης υγρών (LNAPL).

... παρουσία και η λειτουργία πηγαδιών άντλησης ατμών είναι
...ως αναγκαίες, προκειμένου να προστατευθεί το κοντινό
...άλλον από τυχόν τοξικούς ή εκρηκτικούς ατμούς.

... γιλώδη εδάφη και διαστρωματωμένες περιοχές περιορίζουν την
...οση της μεθόδου, παρεμποδίζοντας την ομοιόμορφη κατανομή του
...τευόμενου αέρα.

... μπορεί να εφαρμοστεί σε περιορισμένους υδροφορείς, λόγω
...ής μεταφοράς των πτητικών ρύπων σε περιοχές εκτός του πεδίου
...νσης.

... είναι απαραίτητη η κατασκευή και η λειτουργία μιας πιλοτικής μονάδας

αερίωση (1)



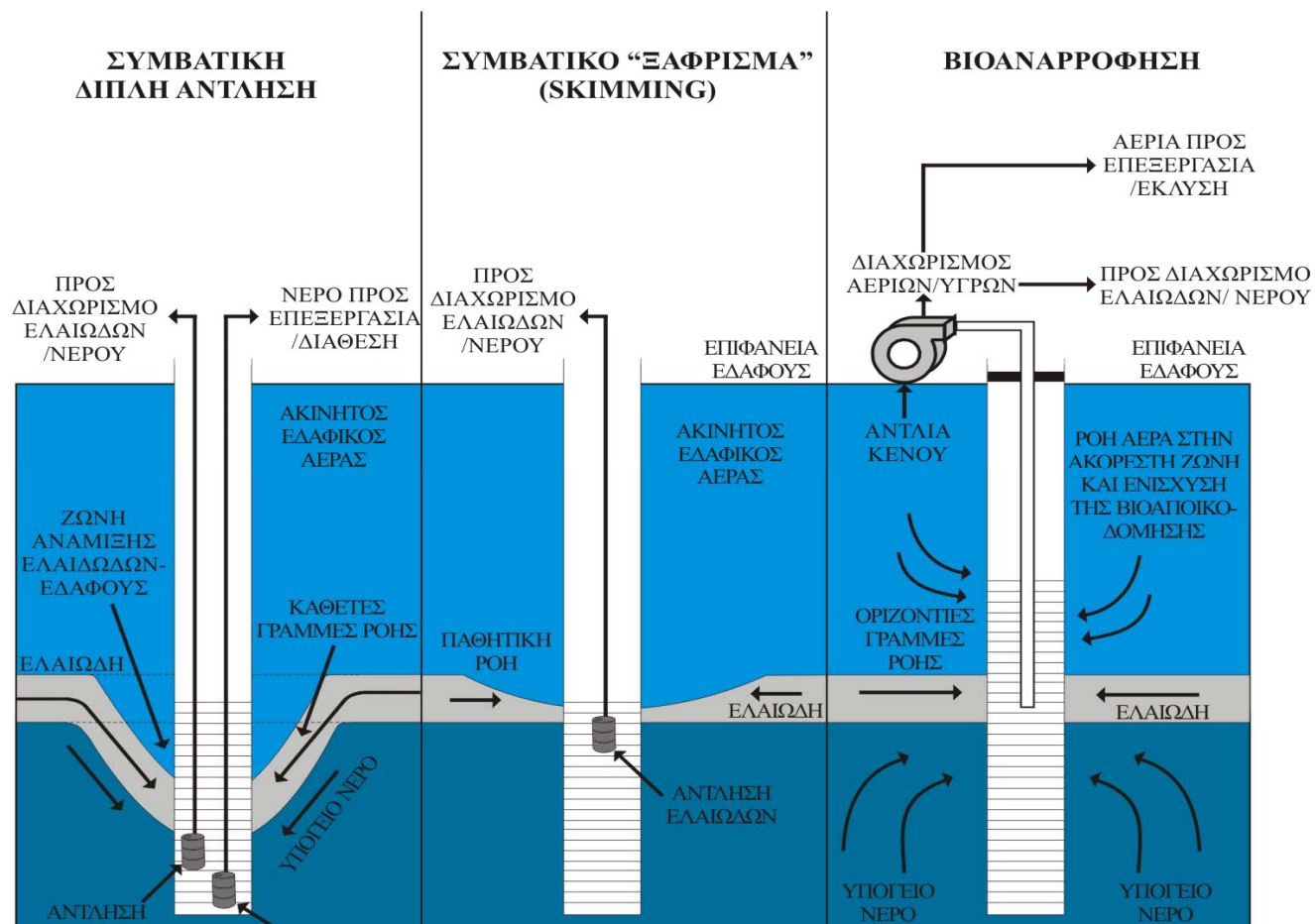
αερίωση περιλαμβάνει στοιχεία τριών διαφορετικών διεργασιών:

1. άντλησης ελεύθερης φάσης (LNAPL) υπό κενό

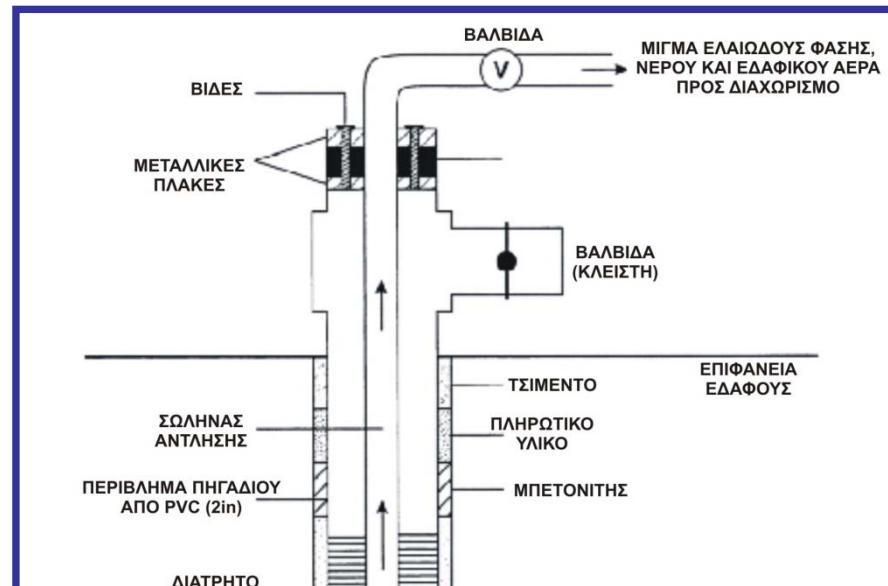
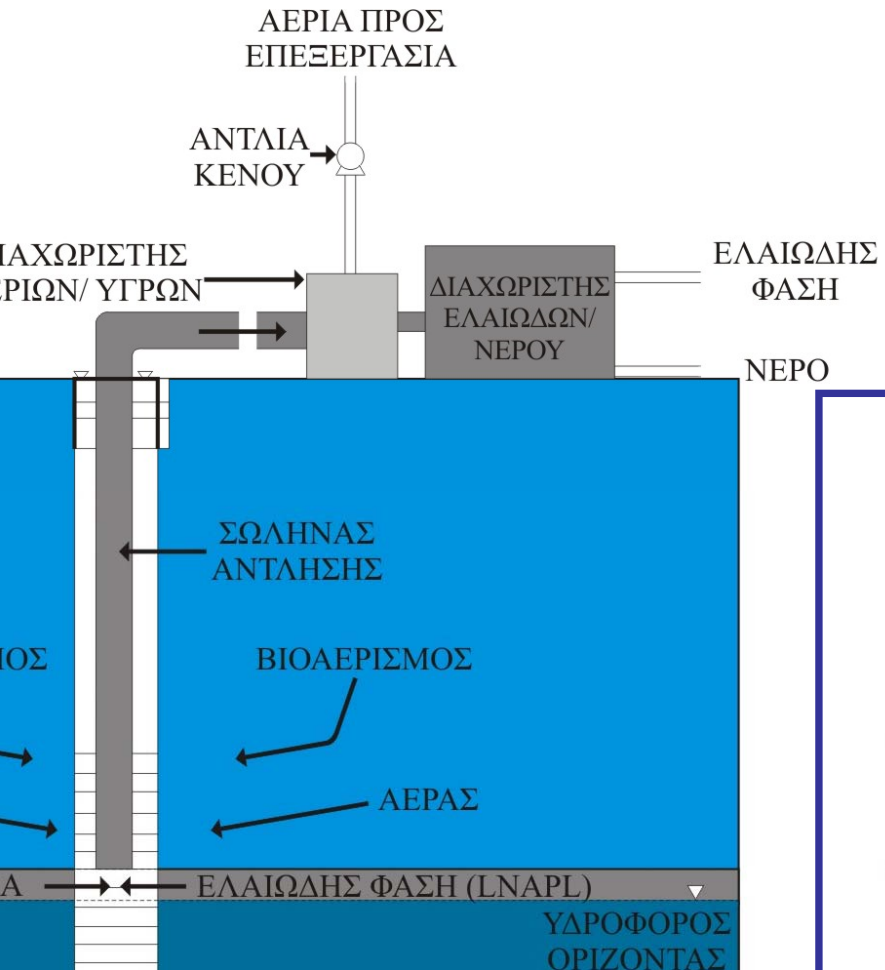
2. άντλησης του εδαφικού αέρα (soil vapor extraction)

3. βιοαερισμού (bioventing)

αρρόφηση (2)



αερίωση (3)



Βιοαναρρόφηση (4)



Ένα τυπικό σύστημα βιοαναρρόφησης αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

Ανάστραση

Ανάστραση άντλησης ελεύθερης φάσης και εδαφικού αέρα

Ανάστραση αερίων– υγρών

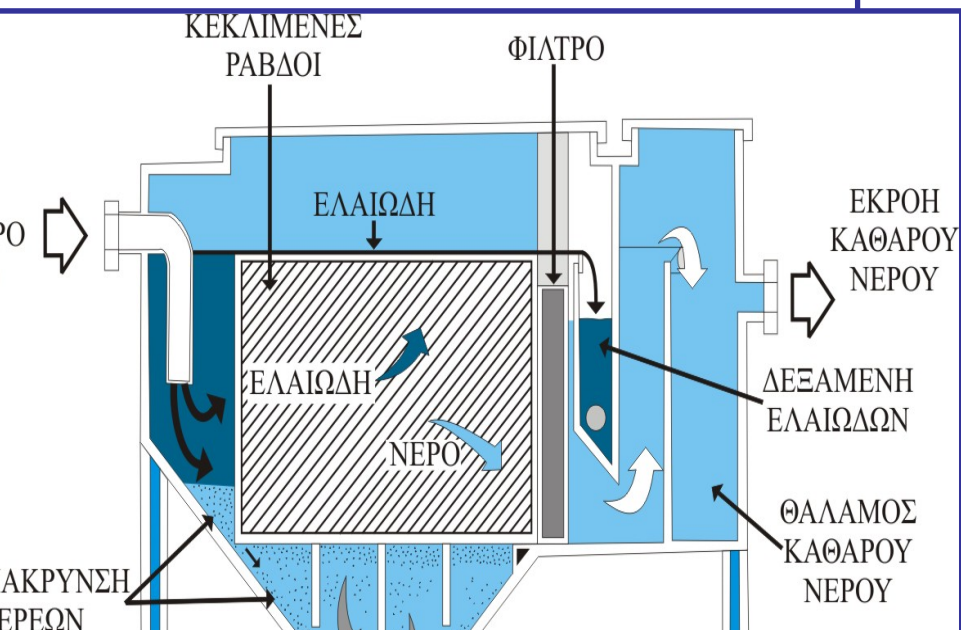
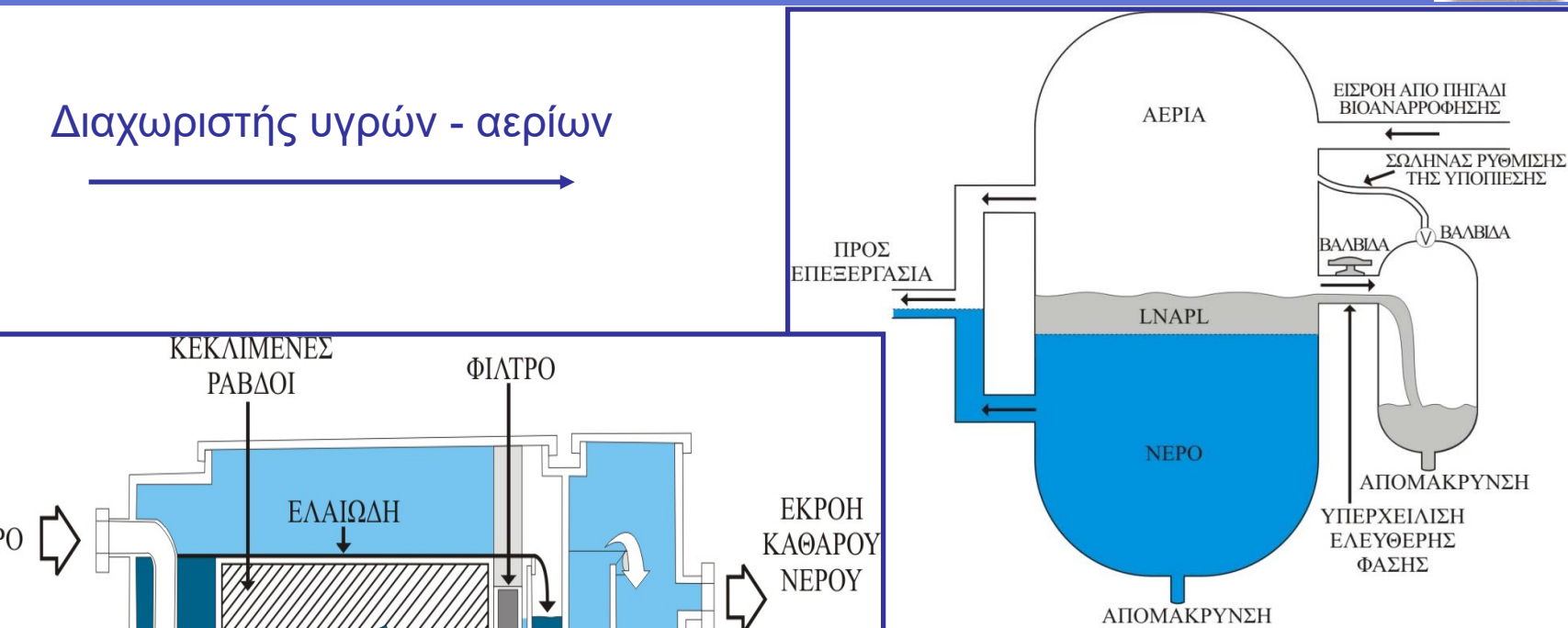
Ανάστραση ελαιωδών – νερού

Σύστημα επεξεργασίας αερίων - νερού

αερίωση (5)



Διαχωριστής υγρών - αερίων



Διαχωριστής ελαιωδών - νερού

αερίων απορρόφηση (6)



Βασικοί παράγοντες που καθορίζουν την ανάγκη και τα χαρακτηριστικά της επεξεργασίας του αντλούμενου εδαφικού αέρα είναι:

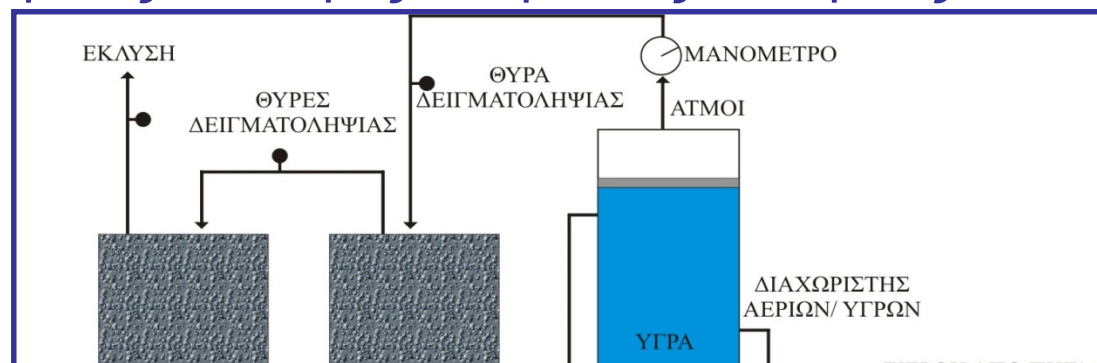
1. Ο όγκος και η παροχή των προς επεξεργασία αερίων

2. Το είδος και η συγκέντρωση των πτητικών υδρογονανθράκων στα αντλούμενα αέρια

3. Η θέση και η περιοχή εγκατάστασης του συστήματος απορρόφησης

4. Η υπάρχουσα νομοθεσία σχετικά με τις ανώτερες επιτρεπτές εκπομπές των αντλούμενων ρύπων

5. Η επεξεργασία απαερίων με ενεργό άνθρακα



Παροχρηστικότητα (7)



Ο σωστό σχεδιασμό και την αποδοτική λειτουργία συστημάτων της παροχρηστικής τεχνολογίας απαιτείται η γνώση δυο ειδών μέτρων:

- 1 υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά του προς εξυγίανση πεδίου (π.χ. βάθος και διακύμανση υδροφόρου ορίζοντα, διεύθυνση υπόγειας ροής, υγρασία και διαπερατότητα εδάφους, κα)
- 2 χαρακτηριστικά της υφιστάμενης ελεύθερης ελαιώδους φάσης (π.χ. έκταση, όγκος, κατεύθυνση και ταχύτητα ροής, σύσταση, κα)

Για τον προσδιορισμό της ροής της ελεύθερης ελαιώδους φάσης, αναπτύχθει ειδικά τεστ ανάκτησης, τα λεγόμενα bail-down tests. Ωνα με αυτά, πραγματοποιούνται τα ακόλουθα βήματα:

- 1 καταγραφή του πάχους της ελεύθερης ελαιώδους φάσης
- 2 πλήρης άντληση των ελαιωδών

Βιοαναρρόφηση (8)



Για την παρακολούθηση συστημάτων βιοαναρρόφησης, τα βασικά μέτρα που πρέπει να ελέγχονται τακτικά είναι τα ακόλουθα:

1. Η κατάσταση των ελαιωδών, του υπόγειου νερού και του εδαφικού αέρα που αντλούνται

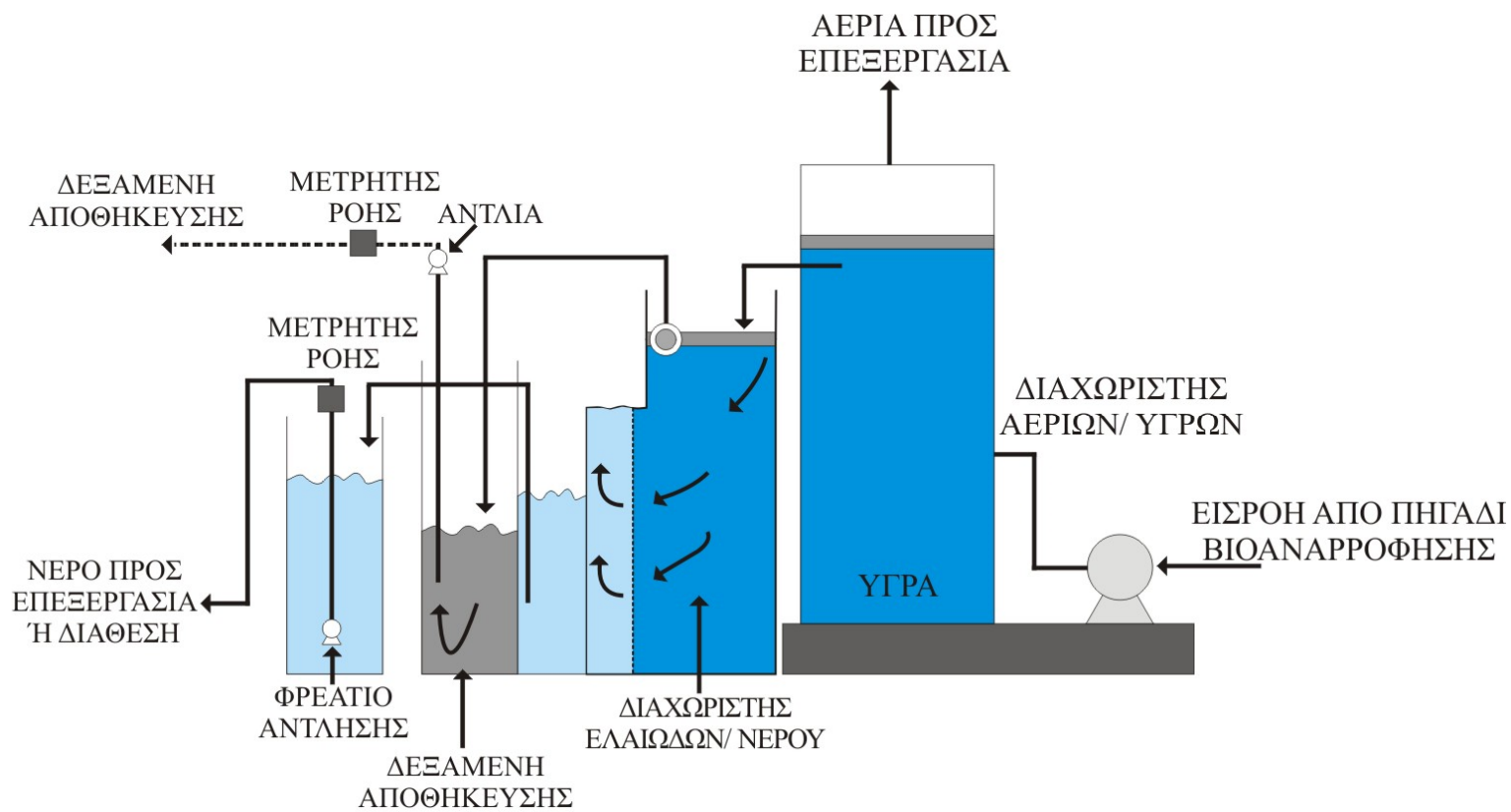
2. Η κατάσταση των ελαιωδών, του υπόγειου νερού και του εδαφικού αέρα που παραμένουν στο υπέδαφος

3. Η αναπτυσσόμενη υποπίεση στο υπέδαφος

4. Η κατάσταση των υδροφόρων οριζόντων στην περιοχή εξυγίανσης και γύρω από αυτήν

Για να αναπτυχθεί κινητά συστήματα βιοαναρρόφησης, τα οποία μπορούν να συνδεθούν με κατάλληλα διαμορφωμένα πηγάδια, απαιτείται η έπαιξη της εναλλακτικής και περιοδικής άντλησης ελαιωδών και

Βιοαερόφηση (9)



Αναρρόφηση (10)



Πλεονεκτήματα

Αποτελεσματική ανάκτηση της υφιστάμενης ελεύθερης ελαιώδους φάσης, λόγω της ασκούμενης υποπίεσης.

Επιτρέπει τη διεύθυνση της ελεύθερης φάσης στον υδροφορέα και ελαττώνει την πτώση της στάθμης του υδροφορέα, λόγω της απουσίας ροής της κατά τη διάρκεια της άντλησής της.

Μαχιστοποιεί την ποσότητα του αντλούμενου υπόγειου νερού, μειώνοντας σημαντικά τον όγκο του προς επεξεργασία υγρού και το κόστος της όλης διεργασίας.

Επιτρέπει τη διεργασία της βιοαποικοδόμησης στην ακόρεστη ζώνη.

Τα συστήματά της μπορούν εύκολα να τροποποιηθούν και να εφαρμοσθούν για την εφαρμογή της διεργασίας του βιοαερισμού.

Προσεί να ερευναστεί με νεότερη κινητήρια μονάδα...

αερόφηση (11)



Πλεκτήματα

αρμοζεται μόνο για LNAPL.

είναι αποτελεσματική στην περίπτωση που ο υδροφόρος
βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 7,5m.

προυσιάζει χαμηλή απόδοση σε εδάφη με μικρή διαπερατότητα και
από 10% υγρασίας.

απαιτεί την επεξεργασία του αντλούμενου νερού και του εδαφικού
αυξάνοντας σημαντικά το κόστος εφαρμογής της.

απαιτεί στενή παρακολούθηση και συχνή συντήρηση των
επισημασμένων συστημάτων.

πηγάδια που χρησιμοποιούνται κατά την εφαρμογή της είναι
πρόσβλητα να παρουσιάσουν προβλήματα «φραξίματος».

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Εργαστήριο Διαχείρισης Τοξικών και Επικίνδυνων Αποβλήτων

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Καθ. Ευάγγελος Γιδαράκος

E-mail: gidarako@mred.tuc.gr